

Auswertung der Stichprobeninventur 2012 im Naturwaldreservat Aletschwald

Report

Author(s):

Heiri, Caroline; Henkner, Jessica; Tinner, Raphaela; Wunder, Jan; Brang, Peter

Publication date:

2014

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010190229>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:

WSL Berichte 16



Heft 16, 2014

WSL Berichte

ISSN 2296-3448



Auswertung der Stichprobeninventur 2012 im Naturwaldreservat Aletschwald



Jessica Henkner, Caroline Heiri, Raphaela Tinner, Jan Wunder
und Peter Brang



Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
CH-8903 Birmensdorf



Eidg. Technische Hochschule, Professur Waldökologie
Zürich

Heft 16, 2014

WSL Berichte

ISSN 2296-3448

Auswertung der Stichprobeninventur 2012 im Naturwaldreservat Aletschwald

Jessica Henkner, Caroline Heiri, Raphaela Tinner, Jan Wunder
und Peter Brang

Herausgeberin
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
CH-8903 Birmensdorf

Verantwortlich für die Herausgabe der Schriftenreihe
Prof. Dr. Konrad Steffen, Direktor WSL

Verantwortlich für dieses Heft
Prof. Dr. Marc Hanewinkel, Leiter Forschungseinheit Waldressourcen und Waldmanagement

Schriftleitung: Sandra Gurzeler, WSL
Layout: Caroline Heiri, WSL

AutorInnen

Jessica Henkner¹, Caroline Heiri¹, Raphaela Tinner¹, Jan Wunder^{1,2}, Peter Brang¹

¹Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf

²Wunder Consulting, Heferenstr. 7, CH-8636 Wald

Zitierung

Henkner J., Heiri C., Tinner R., Wunder J., Brang P. 2014. Auswertung der Stichprobeninventur 2012 im Naturwaldreservat Aletschwald. WSL Ber. 16: 66 S.

Ein Bericht aus dem Projekt «Naturwaldreservate Schweiz» (www.waldreservate.ch), einer Forschungs Kooperation zwischen der ETH Zürich, Professur Waldökologie, und der Eidg. Forschungsanstalt WSL.

Bezugsquelle: Im pdf-Format zu beziehen über www.waldreservate.ch und e-collection.ethz.ch oder direkt unter www.wsl.ch/publikationen/pdf/13790.pdf

Dank

Isabel Ballmer, Lukas Glanzmann, Jonas Wicky und Peer Appelfelder führten die Datenerhebung durch. Mitarbeitende des Pro Natura Zentrums Aletsch stellten die Infrastruktur bereit. Adrian Lanz gab wertvolle Hinweise zur statistischen Auswertung. Ein weiterer Dank geht an Harald Bugmann, welcher das Projekt stets mit Rat und Tat begleitet.

Dem Bundesamt für Umwelt BAFU danken wir für die finanzielle Unterstützung der Waldreservatsforschung, und Pro Natura für die finanzielle Unterstützung der Inventur im Aletschwald.

Umschlag

Impressionen aus dem NWR Aletschwald (Fotos: J. Henkner).

Kartengrundlagen

Die topographischen Grundlagen der GIS Karten sind reproduziert mit Bewilligung der swisstopo (DV033492) © 2014

© Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 2014

Inhaltverzeichnis

| | |
|---|----|
| Zusammenfassung | 4 |
| Abstract..... | 5 |
| Abkürzungen | 6 |
| Baumarten | 7 |
| 1 Einleitung..... | 8 |
| 1.1 Projektrahmen und Fragestellung | 8 |
| 1.2 Grundlagen zum Aletschwaldresevat | 8 |
| 2 Inventurmethode | 10 |
| 2.1 Inventurperimeter und Stichprobendesign | 10 |
| 2.2 Aufbau einer Probefläche und Aufnahmeobjekte..... | 11 |
| 2.3 Stratenbildung..... | 11 |
| 2.4 Gewichtung der unterschiedlich dichten PF-Netze | 14 |
| 2.5 Aufnahmeprozent | 14 |
| 2.6 Durchführung der Stichprobeninventur im Feld..... | 15 |
| 2.7 Datenbearbeitung und Auswertung | 15 |
| 3 Resultate..... | 19 |
| 3.1 Hangneigung und Standortstypen im Inventurperimeter | 19 |
| 3.2 Höhenverteilung der Straten | 20 |
| 3.3 Lebende Bäume..... | 21 |
| 3.4 Totholz..... | 29 |
| 3.5 Verjüngung | 31 |
| 3.6 Habitatstrukturen..... | 39 |
| 4 Diskussion | 43 |
| 4.1 Bestandesstruktur | 43 |
| 4.2 Naturnähe des NWR Aletschwald | 54 |
| 4.3 Methodendiskussion | 55 |
| 5 Ausblick..... | 56 |
| 6 Literatur | 57 |
| 7 Anhang: Weitere Tabellen und Abbildungen | 61 |

Zusammenfassung

Das Naturwaldreservat Aletschwald ist eines der ältesten Waldreservate der Schweiz und liegt innerhalb des UNESCO-Welterbes «Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch». Ziel des Reservats ist es, den in der Schweiz einzigartigen Wald zu erhalten und eine natürliche Waldentwicklung zu ermöglichen. Im Sommer 2012 wurde im Aletschwaldreservat – parallel zu einer Vollkluppierung – eine Stichprobeninventur durchgeführt, um ein repräsentatives Bild der Waldstruktur des erweiterten Reservatperimeters Aletsch- und Teiffewald zu erhalten. Insgesamt wurden auf dem Perimeter von 422 ha 107 permanente Stichprobenflächen von 500 m² eingerichtet und Kennzahlen zum Baumbestand, Totholz, zu Habitatstrukturen und zur Verjüngung erfasst. Die im vorliegenden Bericht präsentierten Kennzahlen beschreiben einerseits den gesamten Stichprobenperimeter (Aletschwald), und andererseits separat jeden einzelnen Waldtyp (Lärchen-Arven-Wald, Fichtenwald und Lärchen-Pionierwald).

Die Bestandesdichte ist in weiten Teilen des Aletschwaldes relativ tief, am ausgeprägtesten im Lärchen-Arven-Wald (293 Bäume ha⁻¹ [±37]) gefolgt vom Lärchen-Pionierwald (557 ha⁻¹ [±112]). Der Fichtenwald weist mit 895 ha⁻¹ [±201] die höchste Stammzahl auf, wovon auffällig viele Bäume (49%) einen BHD unter 16 cm aufweisen. Giganten finden sich lediglich im Lärchen-Arven-Wald, wo sie mit 6,9 ha⁻¹ [±2,0] relativ häufig sind. Kaum nennenswert sind die 0,7 Giganten pro ha [±1,1] im Fichtenwald, und im Lärchen-Pionierwald fehlen Giganten vollständig. Der Totholzvorrat liegt im Lärchen-Arven-Wald mit 23,8 m³ha⁻¹ und im Fichtenwald mit 19,7 m³ha⁻¹ erst am unteren Rand der in Urwäldern gefundenen Totholzvorräte. Auffällig ist im Aletschwald, dass der Grossteil der Dürrständer aus Bäumen mit einem BHD < 36 cm besteht, also aus dünnen Bäumen. Ökologisch besonders wertvoll wären vermehrt dicke Dürrständer, da sie mehr Platz für Totholzbewohner bieten und üblicherweise auch länger als Habitat zur Verfügung stehen. Insbesondere der Lärchen-Arven-Wald ist reich an wertvollen Habitatstrukturen (HS); 10,7 Bäume pro ha haben hier mindestens ein Loch im Stamm oder eine Höhle mit Mulm, aber auch Kronentotholz, Gipfelbrüche und Rindenverletzungen sind häufig. Im Fichtenwald haben 5,9 Bäume pro ha Löcher oder Höhlen, im Lärchen-Pionierwald noch 1,4. Hinsichtlich der Verjüngung liegen die Stammzahlen insbesondere im Lärchen-Arven-Wald deutlich unter Sollwerten, welche für eine nachhaltige Waldverjüngung nötig sind und die Durchmesservertelung unterscheidet sich in den kleinen Durchmessern sehr deutlich von den negativ exponentiellen Durchmessercurven, welche für Natur- und Urwälder im Gleichgewicht typisch sind.

Hinsichtlich Bestandesstruktur, Baumartenmischung, Totholz und Vorkommen typischer Habitatstrukturen hat sich der Aletschwald – insbesondere im Lärchen-Arven-Wald – bereits deutlich Richtung Naturwald entwickelt. Die Waldverjüngung – im Speziellen der Aufwuchs – wird jedoch durch den hohen Wildbestand merklich beeinflusst. Sollte sich die Dichte des Aufwuchses bis zur nächsten Inventur in rund 20 Jahren nicht deutlich erhöhen, schätzen wir die nachhaltige Walderhaltung als gefährdet ein.

Abstract

Henkner J., Heiri C., Tinner R., Wunder J., Brang P. 2014. Analysis of the sample plot inventory 2012 in the natural forest reserve Aletschwald. WSL Ber. 16: 66 p.

The natural forest reserve Aletschwald is one of the oldest forest reserves of Switzerland and lies within the UNESCO world heritage «Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch». The aim of the reserve is to protect one of the most unique forests in Switzerland and to allow a natural development. During the summer of 2012, a sample plot inventory was carried out to complement the full cruise of parts of the Aletschwald with representative information on the forest structure of the larger perimeter Aletschwald and Teiffewald. Within this area of 422 ha, 107 permanent sample plots of 500 m² each were installed, and traits on stand structure, dead wood, habitat structures and tree regeneration were recorded. In this report, key figures are presented for the entire perimeter (called Aletschwald) as well as for the three main forest types separately (European larch-Swiss stone pine forest, Norway spruce forest and European larch pioneer-forest).

Stand density in the Aletschwald is generally low, most pronounced in the larch-stone pine forest (293 stems ha⁻¹ [±37]), followed by the larch pioneer forest (557 ha⁻¹ [±112]). The spruce forest shows the highest stem density with 895 ha⁻¹ [±201]), of which the amount of trees with a dbh of less than 16 cm is strikingly high (49%). Giant trees are only present in the larch-stone pine forest, with 6.9 ha⁻¹ [±2.0] they are already quite abundant. Almost negligible are giant trees in the spruce forest (0.7 ha⁻¹ [±1.1]), and they are lacking completely in the larch pioneer forest. Dead wood volumes only reach the lower limits of values found in virgin forests, with 23.8 m³ha⁻¹ in the larch-stone pine forest and 19.7 m³ha⁻¹ in the spruce forest. It is worth noting that snags in the Aletschwald consist mainly of small diameter trees with a dbh < 36 cm. Ecologically, it would be valuable to have more thick snags, because they provide more habitats for xylobiontic species and take longer to decay, providing their ecosystem service for a longer time span. The larch-stone pine forest is especially rich in habitat structures: 10.7 trees per ha have at least one hole or cavity in the trunk, but also dead branches, broken tops and bark injuries are frequent. The spruce forest features 5.9 trees per ha with holes or cavities, the larch pioneer forest only 1.4. The density of tree regeneration lies clearly below thresholds needed for a sustainable forest regeneration, this especially pronounced in the larch-stone pine forest. Additionally, the diameter distribution differs strongly from the negative exponential diameter curves typically found in undisturbed virgin forests – this divergence is especially distinct in the lower diameter ranges.

With respect to stand structure, tree species mixture, dead wood and the presence of habitat structures, the Aletschwald, and in particular the larch-stone pine forest, has clearly developed towards a natural forest. Tree regeneration, however, is noticeably influenced by the high ungulate population. If there is no change towards an increased density of tree regeneration until the next inventory in about 20 years, the original aims of the forest reserve 'forest conservation and natural forest development' will be at risk.

Abkürzungen

| | |
|----------------|--|
| AW | Aletschwald |
| BHD | Brusthöhendurchmesser (Stammdurchmesser 1,3 m ab Boden) |
| BAFU | Bundesamt für Umwelt |
| EK | Ellenberg und Klötzli |
| ETHZ | Eidgenössische Technische Hochschule Zürich |
| Fi-Wald | Fichtenwald |
| GWL | Gesamtwuchsleistung in kg Trockengewicht pro ha und Jahr |
| HS | Habitatstruktur |
| KF | Kernfläche |
| Lä-Ar-Wald | Lärchen-Arvenwald |
| LFI(3) | (drittes) Schweizerisches Landesforstinventar |
| Lä-Pionierwald | Lärchen-Pionierwald |
| NA | Not available (fehlender Datenwert) |
| NWR | Naturwaldreservat |
| PF | Probefläche |
| SF | Standardfehler des Mittelwerts |
| SP-Inventur | Stichprobeninventur |
| SPI | Stichprobeninventur |
| TW | Teiffe Wald |
| VK | Vollkluppierung |
| VP | Versicherungspunkt |
| WG | Waldgesellschaft |
| WSL | Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft |
| \bar{x} | Mittelwert |

Baumarten

Tabelle 1. Lateinische Artnamen und deren deutsche Entsprechungen und Abkürzungen.

| Lateinischer Artname | Deutscher Name | Abkürzung |
|------------------------------|--------------------------------|-----------|
| <i>Picea abies</i> | Fichte | Fi |
| <i>Pinus</i> L. ¹ | Wald- oder Bergföhre | Fö |
| <i>Pinus cembra</i> | Arve, Zirbelkiefer | Ar |
| <i>Larix decidua</i> | europäische Lärche | Lä |
| | übrige Nadelbäume ² | üN |
| <i>Populus tremula</i> | Zitterpappel, Aspe | ZPa |
| <i>Betula pendula</i> | Hängebirke | HBi |
| <i>Alnus viridis</i> | Alpenerle | AEr |
| <i>Salix</i> L. ³ | Weide | Wd |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | Vogelbeere | VBe |

¹ Neben den deutlich erkennbaren Arven kommen Waldföhren und Bergföhren vor, deren Artbestimmung besonders bei kleinen Bäumen schwierig war. Sie wurden daher nur als *Pinus* L. aufgenommen.

² Übrige Nadelbäume beinhaltet insbesondere nicht bestimmbares Nadelholz, hauptsächlich für tote Bäume.

³ Weiden sind sehr wahrscheinlich Salweiden (*Salix caprea*), wurden jedoch nur auf Gattungsebene erfasst.

1 Einleitung

1.1 Projektrahmen und Fragestellung

In Naturwaldreservaten (NWR) unterbleibt die forstliche Nutzung, und der Wald kann sich natürlich entwickeln. Ein Ziel des Projektes «Forschung und Wirkungskontrolle in Naturwaldreservaten» ist ein verbessertes Verständnis der natürlichen Waldentwicklung, mit den Prozessen Wachstum, Mortalität und Verjüngung. Ausserdem können in ungenutzten Wäldern häufiger für die Biodiversität wichtige Habitate wie Totholz und alte Bäume entstehen. Die Bildung und Veränderung dieser Habitate und die diesbezüglichen Unterschiede zu bewirtschafteten Wäldern besser zu verstehen, ist ein weiteres Ziel (Brang et al. 2008, Bugmann et al. 2011).

Im Rahmen ihrer Reservatsforschung führen die WSL-Forschungsgruppe «Bestandesdynamik und Waldbau» und die Professur für Waldökologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) Waldinventuren in 49 Schweizer NWR durch. Im Sommer 2012 gehörte dazu eine Stichprobeninventur (SP-Inventur) im Aletschwald, die ein repräsentatives Bild der Waldstruktur im Reservat liefern soll. Die Inventur selbst ist im technischen Bericht dokumentiert (Ballmer 2013). Der vorliegende Bericht stellt die Resultate der SP-Inventur dar. Die Leitfragen dabei sind:

- Wie ist der Wald insgesamt strukturiert, und wie unterscheiden sich dabei Teiffe Wald (TW) und Aletschwald (AW) bzw. die Straten Fichtenwald (Fi-Wald), Lärchen-Arvenwald (Lä-Ar-Wald) und Lärchen-Pionierwald (Lä-Pionierwald)?
- Wie häufig sind für die Artenvielfalt wichtige Habitatstrukturen (HS) wie z.B. Höhlen mit Mulm, Löcher und Risse im Stamm und wieviel Totholz ist vorhanden, und in welcher Qualität?
- Wie unterscheidet sich der Aletschwald von anderen NWR oder Wirtschaftswäldern bezüglich Waldstruktur und deren Entwicklung sowie bezüglich HS?

Vorlagen zur Erstellung dieses Berichts waren die Auswertungen der SP-Inventur im NWR Josenwald (Temperli et al. 2008) sowie im NWR Val Cama/Val Leggia (Fuchs et al., in Vorbereitung).

1.2 Grundlagen zum Aletschwaldresevat

Lage, Relief und Eigentumsverhältnisse

Das NWR Aletschwald liegt am nordexponierten Hang oberhalb des Grossen Aletschgletschers im Wallis (46° 23' 12" N, 8° 1' 7" E) in der Gemeinde Riederalp. Waldeigentümer sind die Burgergemeinde Ried-Mörel und die Alpengenossenschaft Riederalp, die den Wald seit 1933 an Pro Natura verpachtet haben. Die Höhe erstreckt sich von 1600 bis etwa 2330 m ü.M., vom Fluss Massa bzw. vom Hangfuss am Gletscher bis hinauf zum Grat der Hohfluh und Moosfluh. Seit 1933 steht der Aletschwald unter Schutz. Das Reservat wurde im Jahr 1999 von ursprünglich 245 ha

auf 422 ha vergrössert⁴. Dabei wurde der Teiffe Wald in das Reservat integriert und vom Gletscher freigegebene Flächen vergrössern ständig die Fläche des Reservats. Die Erweiterung von 2011, bei welcher tiefer gelegene Teile im Westen dazukamen, vergrösserte die NWR-Fläche noch einmal auf heute 730 ha.

Geologie und Böden

Geologisch gehört der Aletschwald zum Kristallin des Aaremassivs. Als Gesteine kommen Granit, Gneis und Glimmerschiefer vor (Halder 1976). Dazu treten einzelne Gänge aus Aplit und Granitintrusiva auf (URL: map.geo.admin.ch, Geologie, Nov. 2012). Der Rhone- und der Aletschgletscher hinterliessen mächtige Schichten von Schutt- und Moränenmaterial. Kalkstein steht nicht an, obwohl Lokalnamen wie «Kalkofen» dies vermuten lassen. Kalk wurde vom Gletscher an die Hänge des Aletschwaldes transportiert und im Aletschwald gebrannt. Die Böden sind Rohböden und saure Podsole (Halder 1976).

Vegetation

Das Reservat umfasst Wälder, baumfreie oder baumarme Grasfluren, Blockschutthalden und felsige Partien. Die Wälder sind teils nur locker bestockt. In Heiri und Brang (2011) wird die Vegetation, aufbauend auf früheren Arbeiten von Richard (1968) und einer Kartierung der Waldgesellschaften von Frehner und Burnand (2010), wie folgt beschrieben: «Bezüglich Vegetation kann der Aletschwald in zwei deutlich verschiedene Zonen unterteilt werden. Im unteren Teil des Reservates bis zum Gletscherrand dominiert Pionierwald des Lärchen-Arvenwaldes [...] mit Alpenrose (*Larici-Pinetum cembrae*, EK 59⁵) und des Torfmoos-Fichtenwaldes mit Landschilf (*Sphagno-Piceetum calamagrostietosum villosae*, EK 57⁶). Der obere Teil wird geprägt durch Altbestände [...] aus Arven und Lärchen mit Alpenrosen- und Heidelbeer-Untewuchs (*Larici-Pinetum cembrae*, EK 59). Diese deutlich sichtbare Unterteilung ist auf den letzten Höchststand des Grossen Aletschgletschers zurückzuführen, dessen Rand um 1860 mehr als 250 m höher lag als heute».

Die Kartierung von Frehner und Burnand (2010) umfasste nur den Perimeter des Aletschwaldes von 1933. Für den Teiffe Wald existiert keine aktuelle pflanzensoziologische Kartierung.

⁴ Die Flächenangaben variieren; Gründe dafür sind eine ungenaue Vermessung und die fehlende Vermachung der unteren Reservatsgrenze, welche am – zurückweichenden – Gletscherrand liegt.

⁵ EK 59 = Waldgesellschaft Nr. 59 nach Ellenberg & Klötzli (1972), LÄ-Ar-Wald (Tabelle 33)

⁶ EK 57 = Waldgesellschaft Nr. 57 nach Ellenberg & Klötzli (1972), Fi-Wald (Tabelle 33)

2 Inventurmethode

2.1 Inventurperimeter und Stichprobendesign

Der Perimeter der SP-Inventur wird im Osten und Süden durch die Grenzen des Reservats von 1999 begrenzt. Im Norden in Gletschernähe und im Westen (Massa-Schlucht) und Süden (Stockflue) wurden Teile des Reservats ausgeschlossen, da anzunehmen war, dass die meisten Probeflächen (PF) dort unzugänglich sein würden. Diese Unzugänglichkeit bestätigte sich bei den Felderhebungen; zusätzlich erwiesen sich auch im Südwesten (Massa-Schlucht) die meisten PF als unzugänglich, weshalb dieser Bereich bei der Auswertung ebenfalls ausgeschlossen wurde. Die Inventur deckt also nicht den Reservatsperimeter mit 422 ha ab, sondern nur den Teil, der als zugänglich ausgeschieden wurde. Dieser Teil umfasst eine Gesamtfläche⁷ von 336 ha, wovon 71,58 ha im Teiffe Wald und 264,45 ha im Aletschwald liegen.

Das PF-Netz wurde in einem quadratischen Gitter in Nord-Südausrichtung so gelegt, dass es die drei im Aletschwaldreservat liegenden PF des Landesforstinventars (LFI) trifft. Bei der Planung wurde angenommen, dass der Teiffe Wald und der Aletschwald als je ein Stratum behandelt werden können: Der Teiffe Wald als Fi-Wald-Stratum und der Aletschwald als LÄ-Ar-Wald-Stratum. Das Ziel war, pro Stratum rund 60 PF aufzunehmen, was einem intensiven Monitoring entspricht (Brang et al 2008). Dazu wurden als Maschenweiten im Stratum Aletschwald 200 m gewählt und im Stratum Teiffe Wald 125 m.

Es waren 119 PF im Inventurperimeter geplant. Dieser Perimeter wurde während der Feldarbeiten auf 112 PF reduziert, weil 7 PF ausgeschlossen wurden (in Abbildung 3 westlich der blauen Fläche liegend). Dies geschah wegen der schwierigen Zugänglichkeit dieser Flächen. Von den verbleibenden 112 PF waren 5 wegen Felswänden oder Felsstufen, extremer Hangneigungen oder losem Geröll unzugänglich. Von den zugänglichen 107 PF wiesen 16 PF keine Bäume mit Brusthöhendurchmesser (BHD) ≥ 7 cm auf, womit 91 bestockte PF übrig bleiben. Unbestockte PF wurden zum Verfolgen der Sukzession (Verjüngungsaufnahmen) und des liegenden Totholzes ebenfalls aufgenommen. Bei 14 PF war nur ein Teil des Probekreises zugänglich; bei diesen PF wurde nur der begehbare Teil aufgenommen (Tabelle 4).

Als «unbestockte» PF galten im Aletschwald PF ohne Baumbestand. Dies bedeutet jedoch nicht, dass Baumkronen eine unbestockte PF nicht teilweise übersichern können, sondern nur, dass sich der Stammmittelpunkt des betreffenden Baumes (bzw. der betreffenden Bäume) in horizontaler Distanz ausserhalb der PF befindet. Unbestockte PF kamen v.a. im Stratum LÄ-Ar-Wald in Kretennähe vor, was wohl auf die frühere Beweidung zurückzuführen ist. In Gletschernähe und im Osten kommen auch baumfreie PF vor, die aufgrund des frühen Sukzessionsstadiums noch unbestockt sind.

⁷Die 336 ha ergeben sich aus dem Perimeter gemäss GIS. Dieser verläuft entlang der Reservatsgrenze des Aletschwaldes und der südlichen Reservatsgrenze im Teiffe Wald. Im Westen und Norden des Teiffe Waldes ergab sich der Perimeter, indem man rund um die PF eine Linie zog, welche von den äussersten PF so weit entfernt war, wie die halbe Distanz zwischen benachbarten PF von 62,5 m.

Auf allen unbestockten PF trat Verjüngung auf und auf einer unbestockten PF auch liegendes Totholz. Daher wurden für die Auswertungen der Verjüngung und des Totholzes nicht nur die bestockten 91 PF, sondern alle 107 aufgenommenen PF verwendet (für Verjüngung nur 106 PF, da auf PF 205 wegen Unzugänglichkeit des Verjüngungs-Subplots keine Verjüngungsaufnahme möglich war).

2.2 Aufbau einer Probefläche und Aufnahmeobjekte

Die PF sind in der Horizontalprojektion kreisförmig und bestehen aus einem kleinen 200 m² Kreis mit 7,98 m Radius, in dem alle Bäume mit BHD \geq 7 cm aufgenommen werden, und einem 500 m² grossen Kreis mit 12,62 m Radius (mit gleichem Zentrum), in dem alle Bäume mit BHD \geq 36 cm erfasst werden. Es werden sowohl lebende als auch tot stehende Bäume erfasst. Baumstümpfe werden nur erfasst, wenn sie mindestens 50 cm hoch sind und in 50 cm Höhe noch min. 75% des ursprünglichen Stammquerschnitts erhalten ist. Dies ist im Aletschwald selten der Fall. Baumverjüngung wurde in drei Grössenklassen (Tabelle 2) auf konzentrischen kreisförmigen PF ausgezählt, deren gemeinsames Zentrum üblicherweise in westlicher Richtung 10 m entfernt vom PFZ lag. Hier werden in je nach Geländeneigung unterschiedlichen Radien Bäume von 10 cm Höhe bis BHD $<$ 7 cm erfasst. Für die ganze SP-Inventur wurden die Probekreisradien für «spärliche» Verjüngung nach Aufnahmeanleitung (Tinner et al. 2012) verwendet und alle lebenden Bäume ungeachtet ihrer Entstehung (generativ oder vegetativ) erfasst. Das liegende Totholz wird ab einem Mindestdurchmesser von 7 cm entlang von drei in unterschiedlichen Richtungen verlaufenden Transekten aufgenommen. Weitere methodische Hinweise finden sich in Kapitel 2.6 und im Detail in der Aufnahmeanleitung (Tinner et al. 2012).

Tabelle 2. Verjüngungsklassen und Radien der Verjüngungs-Subplots.

| Baumgrösse | Verjüngungskreis | Radius [cm] | Fläche [m ²] |
|-----------------------------------|------------------|-------------|--------------------------|
| Höhe 10–39 cm | 1 | 178,0 | 10,0 |
| Höhe 40–129 cm | 2 | 252,0 | 20,0 |
| Höhe \geq 130 cm bis BHD 6,9 cm | 3 | 399,0 | 50,0 |

2.3 Stratenbildung

Ursprünglich war geplant, die Inventurdaten in zwei Straten, Teiffe Wald und Aletschwald, auszuwerten. Der Aletschwald umfasst den ursprünglichen Reservatsperimeter von 1933 und damit auch die Fläche, welche bei den bisherigen Inventuren (Vollkluppierung) der ETH erfasst wurde, der Teiffe Wald kam hingegen erst 1999 zum Reservat dazu. Nach genauerem Studium der räumlichen Abgrenzung der Vegetationseinheiten im Zuge der Auswertung wurde jedoch klar, dass die administrativen Einheiten «Aletschwald» und «Teiffe Wald» nicht mit den Grenzen von Fi- und LÄ-Ar-Wald übereinstimmen. Die Stratifizierung und die Zuordnung der PF zu den einzelnen Straten wurde daher auf Grundlage der Standortskartierung von 2009 (Frehner & Burnand 2010; Abbildung 1) sowie der Vegetationskartierung von Richard (1968, Abbildung 2) revidiert.

Die Standortskartierung von Frehner und Burnand (2010) legte die Bildung der Straten Fi-Wald und LÄ-Ar-Wald nahe. Vom LÄ-Ar-Wald wurde aufgrund der frühen Entwicklungsphase der LÄ-Pionierwald abgetrennt. Dieser ist auf der Jungmoräne entstanden, welche seit etwa 1850 kontinuierlich vom Gletscher frei gegeben wurde.

Der La-Pionierwald setzt sich aus Pionierwaldgesellschaften des La-Ar- und Fi-Waldes zusammen. Die Grenze gegen Westen bildet die kartierte Waldgesellschaft 57BIPi (Alpenlattich-Fichtenwald Blockausbildung Pionierstadium). Geringe Anteile weiterer Waldgesellschaften (z.B. Alpenerlen-Gesellschaften) wurden vernachlässigt.

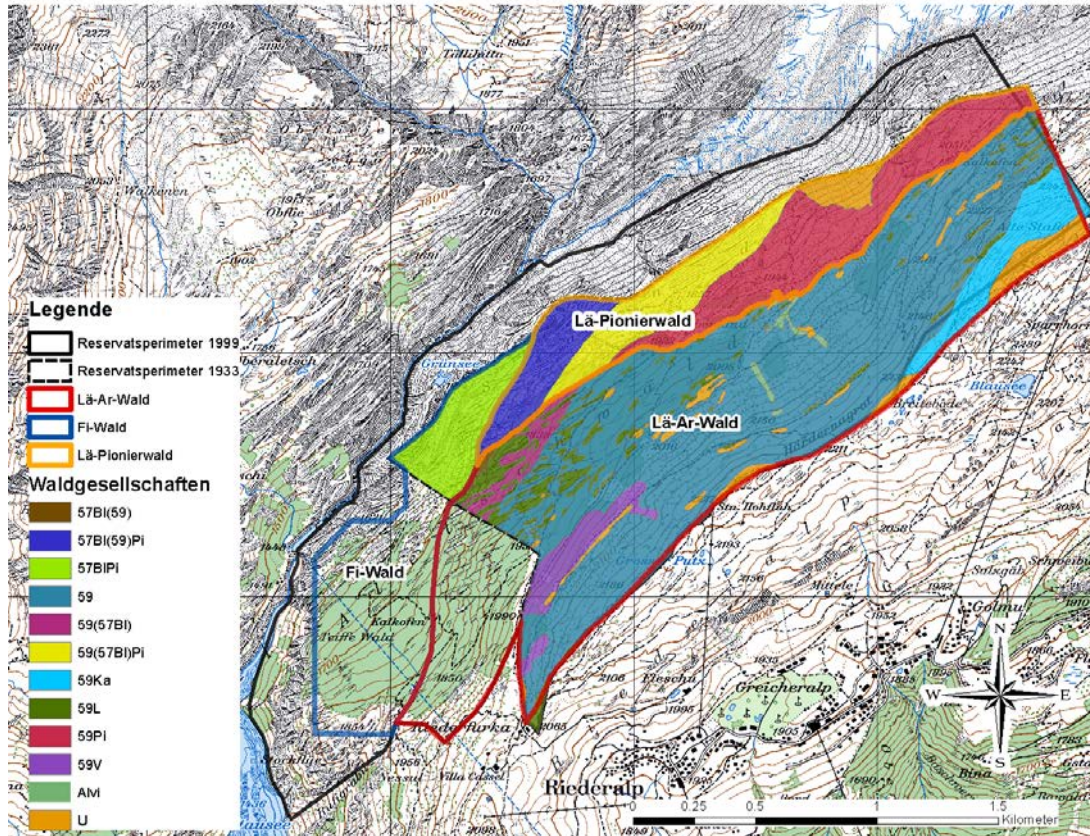


Abbildung 1. Waldgesellschaften im Aletschwald (Frehner & Burnand 2010) und Straten der SP-Inventur von 2012. Die Signaturen der Kartierung 2009 nach Ellenberg & Klötzli (1972) sind in Tabelle 33 erläutert.

Da die Standortkartierung von Frehner und Burnand (2010) nur für den Aletschwald vorliegt, mussten im Teiffe Wald die Straten Fi-Wald und La-Ar-Wald näherungsweise aufgrund der pflanzensoziologischen Kartierung von Richard (1968, Abbildung 2) abgegrenzt werden, welche ebenfalls subalpinen Fi-Wald (Signatur b) und La-Ar-Wald (Signatur c) unterscheidet. Dabei wurde ein Grenzverlauf gewählt, der der Ausbuchtung des Fi-Waldes nach oben in der Karte von Richard nicht nachfahrt, sondern der von Nord nach Süd etwa linear von 1700 m bis auf 1900 m ansteigt.

Mit dieser Stratifizierung liegen drei Straten vor (Tabelle 3): Der La-Ar-Wald, der den höheren Lagen im Reservatsperimeter von 1933 entspricht sowie die höchsten Lagen der Reservatserweiterung von 1999 einschliesst; der Fi-Wald, der die tieferen Lagen des Teiffe Waldes und einen kleinen Teil des tief gelegenen Aletschwaldes umfasst, und der La-Pionierwald auf der Jungmoräne. Die Benennung der Straten folgt beim La-Ar-Wald und beim Fi-Wald der Benennung der Waldgesellschaften, beim Stratum La-Pionierwald hingegen dem Entwicklungsstadium und der dominanten Baumart. Der La-Pionierwald dürfte sich vor allem in Richtung des Stratums La-Ar-Wald entwickeln.

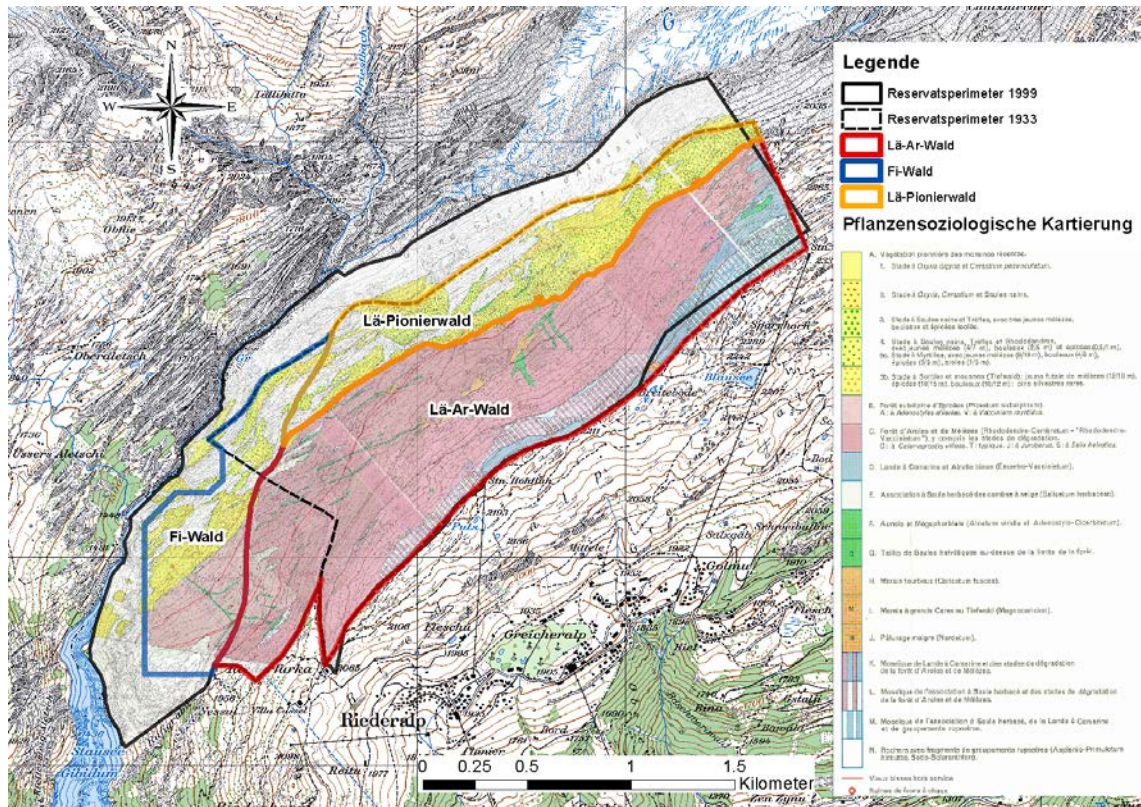


Abbildung 2. Pflanzensoziologische Karte des Aletsch- und Teiffe Waldes (Richard 1968).

Tabelle 3. Anzahl PF pro Stratum im Teiffe Wald (TW) und Aletschwald (AW) nach Zugänglichkeit und Bestockung.

| Stratum | Waldgesellschaften im AW (TW ist nicht kartiert) | Alle PF | | | Zugängliche PF | | | Bestockte PF | | |
|----------------|--|---------|----|----|----------------|----|----|--------------|----|----|
| | | Total | AW | TW | Total | AW | TW | Total | AW | TW |
| Lä-Ar-Wald | 59, 59L, 59Ka, 59V, 59(57Bl), 57Bl(59), Alvi bzw. nicht kartiert | 68 | 48 | 20 | 64 | 46 | 18 | 51 | 33 | 18 |
| Fi-Wald | 57BIPi bzw. nicht kartiert | 28 | 2 | 26 | 27 | 2 | 25 | 26 | 2 | 24 |
| Lä-Pionierwald | 59Pi, 59(57Bl)Pi, 57Bl(59)Pi | 16 | 16 | - | 16 | 16 | - | 14 | 14 | - |
| Total PF | | 112 | 66 | 46 | 107 | 64 | 43 | 91 | 49 | 42 |

Abbildung 3 stellt den Reservatsperimeter, die gewählten Straten und die Lage der PF-Netze dar und gibt Informationen über die Zugänglichkeit der PF und deren Bestockung. Die Zuordnung der PF zu den Straten wurde für jede PF aufgrund der Luftbilder und der Inventurdaten geprüft, wobei sich keine Widersprüche ergaben. Insgesamt wurden 107 PF aufgenommen (Tabelle 3), wobei das Stratum LÄ-Ar-Wald mit 64 PF am meisten PF aufweist und das Stratum LÄ-Pionierwald mit 16 PF am wenigsten.

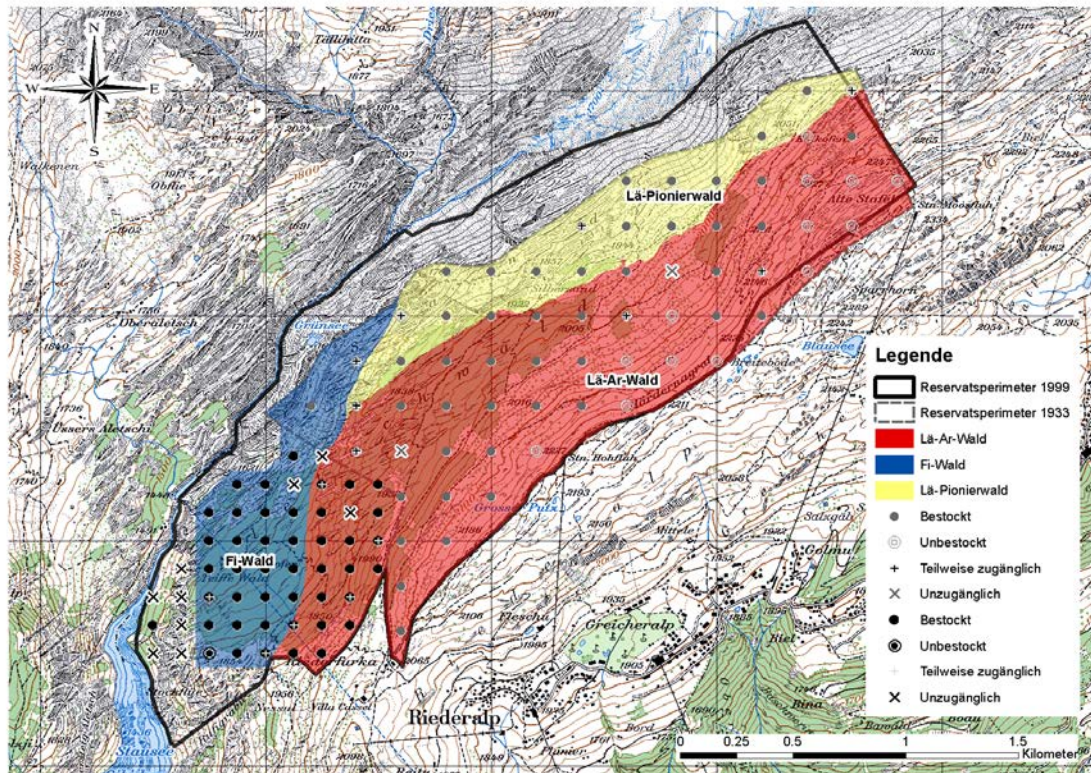


Abbildung 3. Straten und Probeflächen-Netze der Stichprobeninventur 2012 im Aletschwaldreserve (schwarz: PF Netz Teiffe Wald; grau: PF Netz Aletschwald).

2.4 Gewichtung der unterschiedlich dichten PF-Netze

Bei Auswertungen über den ganzen Inventurperimeter müssen die Daten proportional zur repräsentierten Fläche gewichtet werden. Auf den Aletschwald entfallen 66 PF, auf den Teiffe Wald 46 PF. Damit repräsentiert eine PF im Aletschwald $40068,6 \text{ m}^2$ (4,01 ha) und im Teiffe Wald $15560,8 \text{ m}^2$ (1,56 ha), was einem Verhältnis von 1 zu 0,39 entspricht (Henkner et al. 2013).

2.5 Aufnahmeprozent

Von den 112 PF im Inventurperimeter waren 107 PF zugänglich und davon wiederum 91 PF mit Bäumen bestockt. Die 64 im Aletschwald aufgenommenen PF decken eine Fläche von 3,05 ha ab, die 43 im Teiffe Wald aufgenommenen PF eine Fläche von 2,04 ha (jeweils nach Abzug von unzugänglichen Teilen in 15 PF, Tabelle 3). Zusammen entsprechen die 5,09 ha 1,52% der Fläche des Inventurperimeters (336,03 ha). Das Aufnahmeprozent von 1,52% gilt für die Berechnungen zum liegenden Totholz, zur Verjüngung und zum Relief. Für die Analyse des lebenden Bestands inklusive der Habitatstrukturen und des stehenden Totholzes wurden nur 91 PF genutzt; damit reduziert sich die Gesamtfläche der PF um 0,09 ha auf 5,0 ha und das Aufnahmeprozent auf 1,49% (Henkner et al. 2013).

Tabelle 4. Restflächen der unvollständig erhobenen PF mit Begehbarkeitsgrenzen.

| PF | kleiner Kreis [m ²] | grosser Kreis [m ²] |
|-----|------------------------------------|------------------------------------|
| 108 | 200,00 | 431,59 |
| 114 | 160,30 | 363,47 |
| 121 | 133,19 | 309,70 |
| 130 | 105,30 | 215,80 |
| 135 | 139,50 | 311,27 |
| 146 | 185,73 | 455,85 |
| 148 | 86,74 | 204,44 |
| 166 | 104,23 | 251,89 |
| 205 | 46,59 | 67,23 |
| 213 | 151,46 | 346,95 |
| 218 | 164,32 | 350,12 |
| 223 | 151,31 | 349,43 |
| 238 | 146,62 | 338,27 |
| 249 | 200,00 | 443,96 |

2.6 Durchführung der Stichprobeninventur im Feld

Die Stichprobeninventur wurde nach der Anleitung «Stichprobeninventur in schweizerischen Naturwaldreservaten – Anleitung zu Feldaufnahmen», Version 2.0 vom 2.7.2012 (Tinner et al. 2012), durchgeführt. Die an der Methode vorgenommenen Änderungen, die technischen Hilfsmittel und der Zeitaufwand sind im technischen Bericht beschrieben (Ballmer 2013).

Die Aufnahmen wurden meist in Zweierteams durchgeführt. Ein ständiges Feldteam von 5 Personen bildete regelmässig wechselnde Zweierteams. Auf gute Schulung und Qualitätskontrollen wurde viel Wert gelegt: Es wurde auf immer gleiches Vorgehen und Einschätzen von Merkmalen geachtet und oft über die Methoden diskutiert.

Die erhobenen Daten wurden direkt im Feld in Feldcomputern mit der Field-Map® Software Version 12 (IFER – Monitoring and Mapping Solutions Ltd., Areal 1. Jilovske a.s., 254 01 Jilove u Prahy, Tschechische Republik) erfasst. Diese Software erlaubt das Navigieren im Gelände hin zum PF-Zentrum und das Erfassen der Daten inkl. einer Daten-Vollständigkeitskontrolle beim Abschluss der Aufnahme einer PF. Die erhobenen Daten wurden in eine Microsoft Access-Datenbank übertragen.

2.7 Datenbearbeitung und Auswertung

Die Bearbeitung der Daten und deren Auswertung mit der Statistiksoftware R sind in Henkner et al. (2013) beschrieben.

Verwendete Software

Die Daten wurden mit der Statistiksoftware «R», Version 3.0.1 (R Development Core Team 2013) und «RStudio», Version 0.97.551 (RStudio 2013) ausgewertet. Dazu wurden vorhandene Auswertungsroutinen (Skripte), welche für SP-Inventuren im Josenwald (Temperli, et al. 2008) und Val Cama/Val Leggia (Fuchs et al. in Vorb.) erstellt worden waren, weiter entwickelt. Für das weitere Arbeiten mit den Skripten

sei auf die Dokumentation zur Durchführung der Auswertung von SP-Inventuren mit den Skripten verwiesen (Henkner et al. 2013).

Hochrechnung

Stammzahlen, Grundflächen und Schaftholzvolumina wurden für jedes Stratum und jede BHD-Klasse getrennt berechnet und auf 1 ha hochgerechnet. Dabei wurde beachtet, dass Bäume mit BHD ≥ 36 cm immer und Bäume < 36 cm BHD nur innerhalb des kleinen Radius von 7,98 m aufgenommen wurden. Manche PF konnten zudem nur unvollständig aufgenommen werden. Bei diesen teilweise aufgenommenen PF wurden die effektiv aufgenommenen Flächen mit Hilfe von Knickpunkten und Grenzlinien berechnet. PF mit reduzierter Fläche gingen mit dem gleichen Gewicht⁸ in die Auswertung ein wie vollständig aufgenommene PF. Dies entspricht der Praxis im LFI und hat zur Folge, dass die Informationen dieser Flächen überproportionalen Anteil an der Gesamtfläche haben, was sich jedoch kaum auf die Ergebnisse auswirkt. Die Gewichtung der PF erfolgte aufgrund der Zugehörigkeit zu den unterschiedlich dichten SP-Netzen.

Im Aletschwald gibt es den Sonderfall, dass vollständig unbestockte Probeflächen ebenfalls aufgenommen wurden, um zu einem späteren Zeitpunkt einen Methodenvergleich zwischen der Vollkluppierung und der Stichprobeninventur zu ermöglichen. Unbestockte Flächen beeinflussen die Mittelwertberechnung der Inventurstatistik bei SP-Inventuren. Für die vorliegende SP-Auswertung wurden für die Mittelwerte zum stehenden Bestand (lebend und Dürrständer) sowie HS nur die bestockten Probeflächen verwendet (N=91). Für die Basisanalysen (Geländeneigung, Waldtypen) sowie die Analysen des liegenden Totholzes (N=107) und der Verjüngung (N=106) wurden alle aufgenommenen PF herangezogen, da auf unbestockten PF dennoch liegendes Totholz oder Verjüngung vorkommen kann. Im Resultateteil werden zwei Werte für das liegende Totholz präsentiert, über alle PF gerechnet und nur für die bestockten PF. Dies ermöglicht die Schätzung des gesamten Totholzvorrates, inkl. Dürrständern, welche ja nur auf bestockten PF erhoben werden konnten.

Umgang mit fehlenden Werten

Fehlende Werte (NA) in den Datensätzen wurden, falls nicht anders erwähnt, nicht ersetzt. Bei der Bildung von Summen, Mittelwerten und anderen Kalkulationen wurden diese ignoriert.

Nomenklatur der Straten

Die Kennzahlen werden einerseits pro Stratum präsentiert (Lä-Ar-Wald, Fi-Wald, Lä-Pionierwald), andererseits aggregiert über den gesamten SP-Inventurperimeter. Vereinfachend werden die Kennzahlen über alle Straten unter der Bezeichnung NWR-Aletschwald oder Aletschwaldreservat geführt. Dieser Begriff bezieht sich in diesem Bericht nur auf den im Inventurperimeter erfassten Teil des Aletschwaldreservates.

⁸ Beispiel: Auf einer PF sind 250 m² begehbar. Es stehen 3 Bäume mit BHD ≥ 36 cm darauf. Die Dichte auf der reduzierten Fläche wird dann auf die ganze Fläche von 500 m² angewendet, d.h. es wird von 6 Bäumen mit BHD ≥ 36 cm ausgegangen.

BHD-Klassenbildung

Bei der Berechnung von Stammzahlen, Grundflächen und Schaftholzvolumina wurden BHD-Klassen gebildet. Die Klasse «Alle BHD» schliesst alle Bäume ab 7,0 cm BHD ein. Die Klasse «BHD <12» oder «dünne Bäume» umfasst Bäume von 7 cm bis 11,9 cm BHD, die Klasse «BHD 12 bis 35,9» oder «mittlere Bäume» umfasst die Bäume ab 12 cm bis <36 cm BHD und die Klasse «BHD ≥36» oder «dicke Bäume» solche mit BHD 36 cm und mehr.

Stehender Bestand (lebend und tot)

Stammzahl [$N \text{ ha}^{-1}$]: Für jede Baumart werden die Stammzahl pro ha (Mittelwerte, Standardfehler) und deren prozentualer Anteil an der Stammzahl aller Baumarten berechnet.

Stammzahlverteilung nach Durchmesserstufen: Die aufgenommenen Bäume werden pro Stratum nach BHD in 12 Durchmesserstufen à 4 cm eingeteilt. Die erste Klasse umfasst dabei alle BHD von 7 bis 11 cm, die letzte Klasse bilden alle Bäume mit BHD ≥60 cm.

Grundfläche [$\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$]: Für jeden Baum wird die Fläche des Kreises berechnet, dessen Durchmesser dem BHD entspricht. Die Grundflächen pro Baumart, PF, BHD-Klasse und Stratum werden durch Addition der Grundflächen der Einzelbäume berechnet. Für jede Baumart werden Mittelwerte und deren Standardfehler sowie Anteile an der Gesamtgrundfläche aller Baumarten berechnet.

Holzvorrat [$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$]: Die Berechnung des Holzvorrats (Schaftholzvolumens in Rinde) basiert auf dem Lokaltarif. Für eine ausführliche Beschreibung der Methode siehe Henkner et al. (2013).

Liegendes Totholz

Das Volumen des liegenden Totholzes wurde nach der Methode von Böhl und Brändli (2007), welche im Rahmen des LFI 3 verwendet wurde, mit Formel 1 berechnet.

Formel 1: Schätzung des liegenden Totholzvolumens auf einer PF in $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Böhl & Brändli 2007).

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

mit

| | |
|-------------------------|---|
| V_j : | Geschätztes Volumen des liegenden Totholzes auf der PF j |
| L_j : | Totale horizontale Transektlänge [m] auf der PF j |
| d_{1i} und d_{2i} : | Zwei übers Kreuz am Schnittpunkt des Totholzstücks i mit der Transektlinie gemessene Durchmesser [cm] |
| α_i : | Winkelabweichung des Totholzstückes i von der Horizontalebene [Grad] |

Neben Volumenmittelwerten wurde der Anteil jeder Totholz-Festigkeitsstufe am gesamten liegenden Totholz berechnet. Zusätzlich wurde das Volumen des liegenden

Totholzes ab 12 cm Durchmesser ermittelt, um die Resultate mit LFI-Auswertungen (Brändli et al. 2010) vergleichbar zu machen.

Verjüngung

Die Verjüngung – erfasst in den Verjüngungssubplots – wurde nach ihrer Stammzahl [N ha^{-1}] pro Grössenklasse und Stratum und dem Anteil [%] und der Dichte [N ha^{-1}] des Verbisses ausgewertet.

Habitatstrukturen

Es wurden die Anzahl Bäume ohne Habitatstrukturen (HS), mit einer HS und mit mehr als einer HS für den toten und für den lebenden Bestand berechnet. Folgende HS wurden ausgewertet:

- Baum mit BHD ≥ 80 cm
- Dürrständer mit BHD ≥ 36 cm
- Dürrständer mit BHD ≥ 80 cm
- Strunk mit BHD ≥ 36 cm
- Wurzelteller
- Kronentotholz (Kronentotholz $< 50\%$ bzw. $\geq 50\%$)
- Gipfelbruch (Gipfelbruch $< 50\%$ bzw. $\geq 50\%$)
- Kronenbruch (Stammbruch einfach, gesplittert, mit Ersatzkrone bzw. kombiniert)
- Risse und Spalten (Risse/Spalten 1–2 m bzw. > 2 m)
- Flächige Rindenverletzung (< 1 , 1–4 bzw. > 4 Handflächen)
- Stammhöhle mit Mulmkörper
- Löcher am Stamm (eins oder mehrere)
- Harzfluss oder Saftfluss
- Hohler Stamm
- Konsolenpilze (Vorkommen und Art)

Im Gegensatz zum lebenden Bestand wurden an tot stehenden Bäumen nur die HS «Höhle mit Mulmkörper», «Löcher am Stamm», «Hohler Stamm» und «Konsolenpilze» sowie die Art der Pilze aufgenommen. Entsprechend konnte für tot stehende Bäume nur ein reduzierter HS-Satz ausgewertet werden. Nach Berechnung der absoluten Anzahl HS wurden Hektarwerte nach Art und Stratum bestimmt. Bei der HS Harzfluss/Saftfluss ist davon auszugehen, dass es sich dabei vor allem um Harzfluss an Nadelbäumen handelt.

3 Resultate

3.1 Hangneigung und Standortstypen im Inventurperimeter

Die mittlere gemessene Neigung über alle PF liegt bei 50,5% [$\pm 1,9$] (Mittelwert [\pm Standardfehler], Minimum 14%, Maximum 98%). Die mittlere Neigung unterscheidet sich zwischen den Straten grafisch kaum (Abbildung 4), was auch statistisch bestätigt wird (ANOVA, $p > 0,5$).

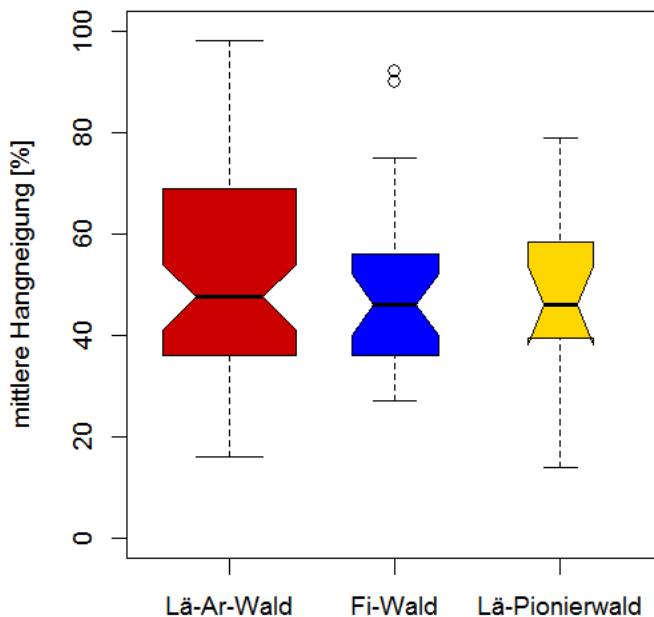


Abbildung 4. Hangneigung der PF nach Straten im Aletschwaldreservat. Die Boxplots zeigen den Median (fette horizontale Linie), die Box wird von den oberen und unteren Quartilen begrenzt. Die Whiskers erstrecken sich von den Quartilen zu Extremwerten, die weniger als 1,5 Mal die Interquartildistanz entfernt sind. Weiter entfernte Werte werden als Kreise dargestellt. Die Kerben rund um den Median zeigen dessen 95%-Vertrauensbereich an. Die Breite der Plots ist proportional zur Quadratwurzel der pro Stratum zugrundeliegenden Anzahl PF. Datengrundlage: alle zugänglichen PF, auf welchen Daten zur Neigung zur Verfügung stehen (N=106).

Die Neigungsmessung auf jeder PF beschreibt das kleinräumig sehr variable Gelände nicht ausreichend, manchmal war die Neigungsmessung nach Anleitung sogar unmöglich. Daher wurde das Relief der PF zusätzlich in fünf Klassen aufgenommen (Abbildung 5). Die Klasse «Mittelhang» ist mit 63% am stärksten vertreten, aber es kommen auch Kuppen und Mulden vor. 11% der PF wiesen ein kleinräumig stark wechselndes Relief mit vielen Rundhöckern auf, was sich in nicht bestimmbar Relief äusserte. Diese Flächen waren durch den hohen Felsanteil zudem häufig ganz oder teilweise unzugänglich.

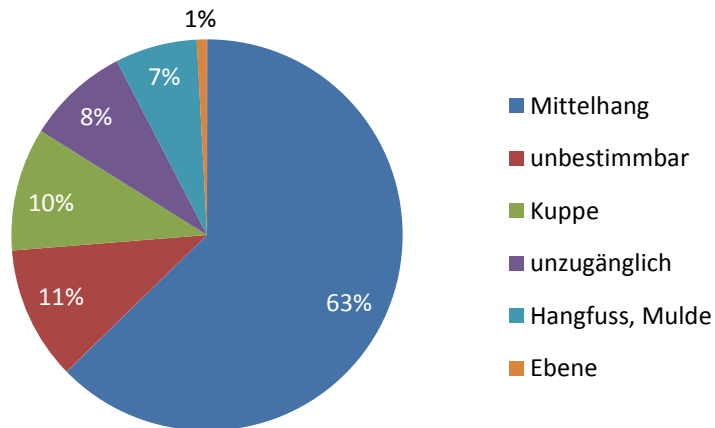


Abbildung 5. Häufigkeit der Relieftypen im Aletschwald. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

3.2 Höhenverteilung der Straten

Die aufgenommenen PF weisen vor allem im Stratum Lä-Ar-Wald eine sehr grosse Spannweite der Höhe ü.M. auf (Abbildung 6). Dieses Stratum zieht sich von der Kuppe bis in die tiefer gelegenen Bereiche im Westen; im Mittel beträgt die Höhe 1900 m ü.M. [$\pm 18,6$]. Der Fi-Wald und der Lä-Pionierwald unterscheiden sich mit mittleren Höhen von 1757 bzw. 1742 m ü.M. kaum. Statistisch unterscheidet sich die Meereshöhe im Stratum Lä-Ar-Wald hoch signifikant von jenen der beiden anderen Straten (ANOVA gefolgt von TukeyHSD Test; $p < 0,001$), die Höhe von Fi-Wald und Lä-Pionierwald ist nicht signifikant verschieden.

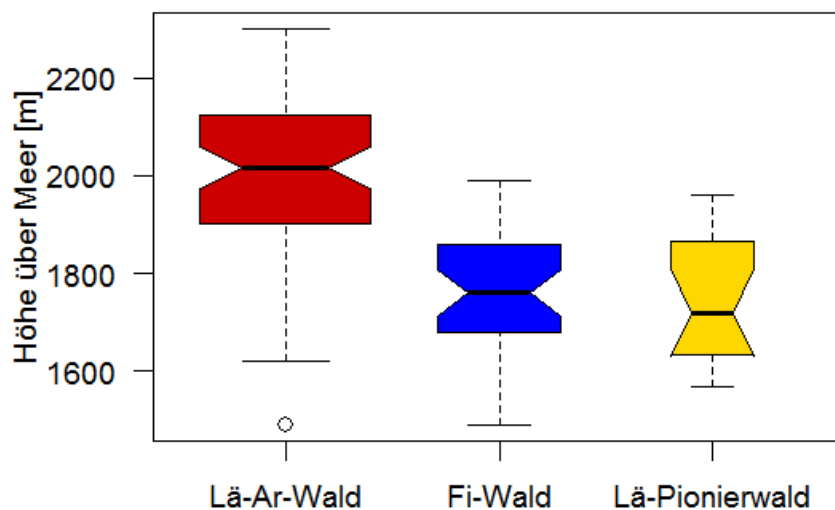


Abbildung 6. Höhenverteilung der Straten im Aletschwaldreservat. Die Signaturen der Boxplots sind in Abbildung 4 erläutert. Datengrundlage: alle zugänglichen PF (N=107).

3.3 Lebende Bäume

Datengrundlage

Zur Berechnung des lebenden Bestands standen auf den bestockten PF 1111 lebende Bäume zur Verfügung, wobei Fichten, Arven und Lärchen ähnlich häufig waren. Pro PF waren es durchschnittlich 13 Bäume, mit einer Spannweite von 1 bis 41 Individuen. Im Lä-Ar-Wald wurden 470 Bäume aufgenommen, im Fi-Wald 560 und im Lä-Pionierwald 160 (Tabelle 5).

Tabelle 5. Gehölzartenzusammensetzung in den Straten, Artenzahl und Anzahl der erfassten Bäume. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Stratum | Anzahl Arten | Arten | Anzahl Bäume |
|------------------|--------------|---|--------------|
| 1 Lä-Ar-Wald | 6 | Arve, Lärche, Fichte, unbekanntes Nadelholz, Hängebirke, Vogelbeere | 470 |
| 2 Fi-Wald | 9 | Arve, Föhre, Lärche, Fichte, unbekanntes Nadelholz, Hängebirke, Vogelbeere, Weide, Zitterpappel | 560 |
| 3 Lä-Pionierwald | 6 | Arve, Lärche, Fichte, Weide, Hängebirke, Alpenerle | 160 |

Gehölzarten

Insgesamt wurden neun Gehölzarten im Aletschwald aufgenommen und zusätzlich als zehnte Art «unbestimmbares Nadelholz» (Tabelle 6). In allen drei Straten – Lä-Ar-Wald, Fi-Wald und Lä-Pionierwald – wurden Arven, Fichten, Lärchen und Hängebirken erfasst, während Föhren, Vogelbeeren, Weiden, Zitterpappeln und Alpenerlen nur in ein bis zwei Straten vorkamen. Lebend stehende Weiden sind höchst wahrscheinlich Salweiden, was auch konsistent mit Daten aus älteren Vollkluppierungen (VK) ist. Bei der VK 2012 und bei der SP-Inventur wurde nur die Gattung Weide aufgenommen, da bei den Verjüngungsaufnahmen Unsicherheiten über das Vorkommen anderer Weidenarten aufkamen. Föhren sind wahrscheinlich Bergföhren, konnten aber nicht mit letzter Gewissheit von Waldföhren unterschieden werden.

Tabelle 6. Anzahl der aufgenommenen Bäume nach Art und Zustand (lebend/tot). Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Art | Lebend | | | Stehend tot | | | Total | |
|-------|---------|---------|--------------|------------------|-----------------|---------------|-----------|------|
| | stehend | liegend | Total lebend | mit ganzer Krone | mit Aststummeln | Nur Stammteil | Total tot | |
| Fi | 415 | 2 | 417 | 15 | 1 | 5 | 21 | 438 |
| Fö | 3 | - | 3 | - | - | - | - | 3 |
| Ar | 299 | 1 | 300 | - | 4 | 5 | 9 | 309 |
| Lä | 330 | 2 | 332 | 3 | 4 | 12 | 19 | 351 |
| üN | - | - | - | - | 2 | 16 | 18 | 18 |
| ZPa | 3 | - | 3 | - | 1 | - | 1 | 4 |
| HBi | 14 | - | 14 | 1 | - | 4 | 5 | 19 |
| AEr | 7 | - | 7 | - | - | - | - | 7 |
| Wd | 4 | 1 | 5 | - | 2 | 2 | 4 | 9 |
| VBe | 30 | - | 30 | - | - | 2 | 2 | 32 |
| Total | 1105 | 6 | 1111 | 19 | 14 | 46 | 79 | 1190 |

Stammzahl

Im Aletschwaldreservat (gesamter Inventurperimeter) stehen 454 [± 55] lebende Bäume pro ha mit BHD ≥ 7 cm (Tabelle 7). Davon sind je etwa 1/3 Lärchen, Fichten und Arven, wobei die Lärchen mit 35% den grössten Stammzahlanteil aufweisen. 322 [± 34] Bäume pro ha haben einen BHD von mindestens 12 cm (Tabelle 7). Die Straten unterscheiden sich bezüglich Stammzahl deutlich: Im LÄ-Ar-Wald stehen 293 [± 37] lebende Bäume pro ha, im Fi-Wald 895 [± 200] und im LÄ-Pionierwald 557 [± 112].

Tabelle 7. Stammzahl pro ha [$\bar{x} \pm SF$] von allen Bäumen und der Bäume mit BHD ≥ 12 cm über alle Straten und deren Anteile [%]. Datengrundlage: lebende Bäume auf bestockten PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD ≥ 12 cm | | |
|---------|----------|-----------|------|------------------|-----------|------|
| | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF |
| Fi | 29,9 | 135,8 | 30,9 | 29,1 | 93,7 | 22,2 |
| Fö | 0,2 | 0,7 | 1,2 | 0,2 | 0,7 | 1,2 |
| Ar | 29,0 | 131,8 | 24,4 | 30,6 | 98,5 | 13,7 |
| Lä | 35,0 | 159,2 | 26,9 | 36,3 | 117,0 | 19,3 |
| ZPa | 0,3 | 1,4 | 1,2 | 0,4 | 1,4 | 1,2 |
| HBi | 2,0 | 9,2 | 3,6 | 1,4 | 4,5 | 2,2 |
| AEr | 1,2 | 5,4 | 5,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Wd | 0,3 | 1,6 | 1,5 | 0,2 | 0,7 | 0,8 |
| VBe | 2,1 | 9,4 | 5,2 | 1,8 | 5,7 | 3,4 |
| Total | 100,0 | 454,4 | 55,0 | 100,0 | 322,1 | 34,2 |

Stammzahl nach Straten, Baumarten und BHD-Klassen

Im LÄ-Ar-Wald (Tabelle 8) stellen Arven mit 54% der Stammzahl über die Hälfte der Bäume, gefolgt von Lärchen mit 28% und Fichten mit 12%. Bei Bäumen mit BHD ≥ 36 cm sind Arven mit 64% der Stammzahl noch dominanter, Vogelbeeren und Birken fehlen.

Im Fi-Wald dominieren Fichten mit 60% der Stammzahl deutlich (Tabelle 9). Ihnen folgen Lärchen mit 21% und Arven mit 14%. Bei kleinen und mittleren Bäumen ist die Artzusammensetzung ähnlich, bei Bäumen mit BHD ≥ 36 cm nehmen Lärchen mit 33% einen grösseren Anteil ein als in den anderen BHD-Klassen.

Im Stratum LÄ-Pionierwald dominieren Lärchen mit 64% Stammzahlanteil, gefolgt von Fichten und Arven mit 19% resp. 8% (Tabelle 10). Die seltenen dicken Bäume mit BHD ≥ 36 cm (9 ha^{-1} [± 6]) sind ausschliesslich Lärchen.

Tabelle 8. Stammzahl pro ha [$\bar{x} \pm SF$] der lebenden Bäume im Stratum LÄ-Ar-Wald (51 PF) nach BHD-Klassen und Baumarten sowie deren Anteil [%] pro Klasse. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD < 12 cm | | | BHD 12–35,9 cm | | | BHD ≥ 36 cm | | |
|---------|----------|-----------|------|---------------|-----------|------|----------------|-----------|------|------------------|-----------|-----|
| | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF |
| Fi | 11,6 | 33,7 | 14,0 | 9,0 | 5,2 | 3,2 | 12,2 | 19,9 | 11,0 | 12,3 | 8,7 | 3,0 |
| Ar | 53,9 | 165,7 | 18,6 | 52,8 | 28,7 | 8,3 | 49,7 | 83,5 | 13,9 | 64,3 | 53,5 | 6,6 |
| Lä | 27,6 | 81,3 | 24,6 | 20,9 | 13,7 | 5,4 | 32,1 | 51,1 | 19,0 | 23,3 | 16,5 | 4,5 |
| HBi | 0,9 | 3,0 | 2,6 | 4,5 | 3,0 | 2,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| VBe | 6,0 | 9,6 | 6,6 | 12,9 | 4,2 | 3,2 | 6,1 | 5,3 | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 100,0 | 293,3 | 37,0 | 100,0 | 54,7 | 13,4 | 100,0 | 159,9 | 27,9 | 100,0 | 78,7 | 9,0 |

Tabelle 9. Stammzahl pro ha [$\bar{X} \pm SF$] der lebenden Bäume im Stratum Fi-Wald (26 PF) nach BHD-Klassen und Baumarten sowie deren Anteil [%] pro Klasse. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD <12 cm | | | BHD 12–35,9 cm | | | BHD ≥36 cm | | |
|---------|----------|-----------|-------|------------|-----------|-------|----------------|-----------|-------|------------|-----------|------|
| | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF |
| Fi | 59,7 | 530,7 | 95,3 | 58,1 | 162,1 | 49,6 | 60,7 | 317,8 | 66,6 | 59,0 | 50,8 | 20,7 |
| Fö | 0,5 | 4,1 | 6,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 3,4 | 5,5 | 0,8 | 0,7 | 1,1 |
| Ar | 13,5 | 117,6 | 118,2 | 22,5 | 60,2 | 83,1 | 10,0 | 51,3 | 38,6 | 7,2 | 6,2 | 4,8 |
| Lä | 21,2 | 189,4 | 68,5 | 13,0 | 34,7 | 27,4 | 23,4 | 123,4 | 48,9 | 33,1 | 31,3 | 10,3 |
| ZPa | 0,4 | 3,4 | 5,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 3,4 | 5,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| HBi | 1,3 | 20,6 | 11,3 | 1,9 | 7,8 | 5,5 | 1,2 | 12,7 | 7,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Wd | 1,0 | 9,0 | 8,2 | 1,9 | 5,1 | 6,1 | 0,7 | 3,8 | 4,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| VBe | 2,4 | 20,6 | 18,9 | 2,6 | 6,9 | 6,6 | 2,7 | 13,7 | 14,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 100,0 | 895,4 | 200,3 | 100,0 | 276,9 | 124,2 | 100,0 | 529,6 | 105,4 | 100,0 | 89,0 | 24,1 |

Tabelle 10. Stammzahl pro ha [$\bar{X} \pm SF$] der lebenden Bäume im Stratum Lä-Pionierwald (14 PF) nach BHD-Klassen und Baumarten sowie deren Anteil [%] pro Klasse. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD <12 cm | | | BHD 12–35,9 cm | | | BHD ≥36 cm | | |
|---------|----------|-----------|-------|------------|-----------|------|----------------|-----------|------|------------|-----------|-----|
| | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF | % | \bar{X} | SF |
| Fi | 19,2 | 107,1 | 46,5 | 21,1 | 50,0 | 15,7 | 18,3 | 57,1 | 33,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ar | 8,3 | 46,4 | 23,1 | 10,6 | 25,0 | 13,6 | 6,9 | 21,4 | 11,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Lä | 64,1 | 357,2 | 62,8 | 54,8 | 129,7 | 38,4 | 70,2 | 218,9 | 38,8 | 100,0 | 8,6 | 5,8 |
| ZPa | 0,6 | 3,6 | 3,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 3,6 | 3,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| HBi | 3,2 | 17,9 | 11,3 | 3,0 | 7,1 | 4,9 | 3,4 | 10,7 | 7,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| AEr | 4,5 | 25,0 | 25,0 | 10,6 | 25,0 | 25,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 100,0 | 557,2 | 111,8 | 100,0 | 236,8 | 49,6 | 100,0 | 311,8 | 74,3 | 100,0 | 8,6 | 5,8 |

Die Hauptbaumarten Arve, Fichte und Lärche sind in allen Straten am häufigsten und weisen zusammen in allen BHD-Klassen Stammzahlanteile von über 80% auf, bei den dicken Bäumen mit BHD ≥36 cm sogar nahezu 100% (Abbildung 7). Laubbaumarten nehmen mit zunehmendem BHD deutlich ab. Insgesamt variieren die Baumartenanteile zwischen den BHD-Klassen wenig.

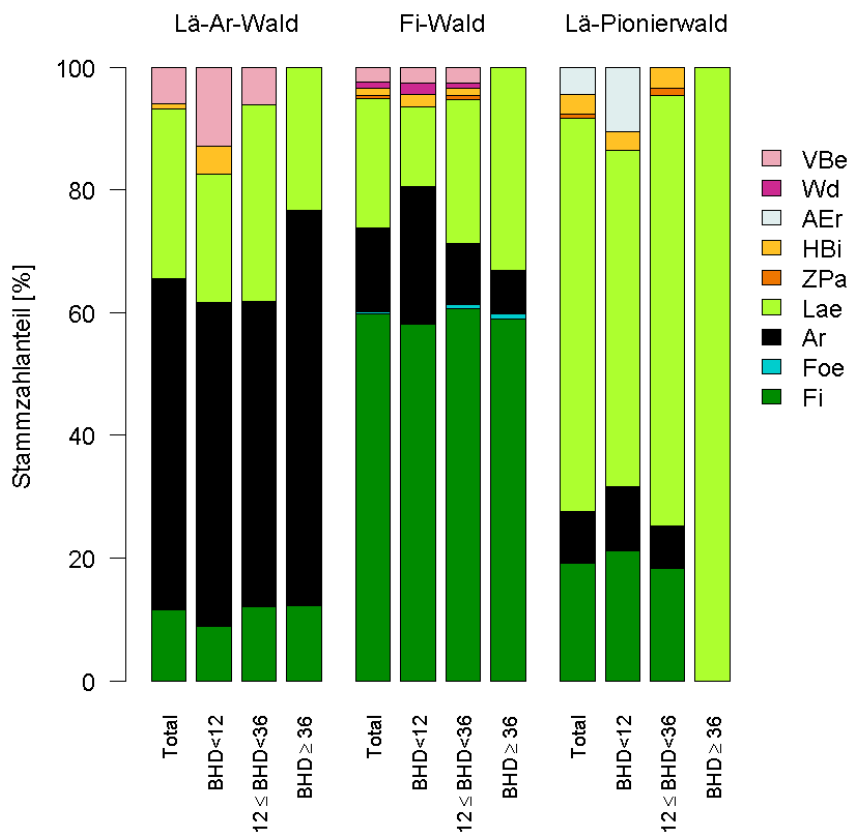


Abbildung 7. Stammzahlanteile der Baumarten nach Straten und BHD-Klassen. Datengrundlage: nur bestockte PF.

Stammzahlverteilung nach BHD-Stufen

In allen drei Straten nimmt die Stammzahl mit zunehmendem BHD ab (Abbildung 8, Tabelle 11). Die Abnahme ist im Fi-Wald und im Lä-Pionierwald deutlich (hoher Anteil kleiner BHD), im Lä-Ar-Wald hingegen sehr schwach ausgeprägt (nur leicht höhere Stammzahlen in kleinen BHD-Klassen). Der Nachwuchs ist also im Lä-Ar-Wald nur spärlich vertreten. Resultate zu Bäumen mit BHD < 7 cm sind in Kapitel 3.5 dargestellt. Im Lä-Pionierwald hingegen fehlen Bäume mit BHD ≥ 40 cm.

Die Stammzahl nimmt im Fi- und Lä-Pionierwald mit zunehmendem BHD von der Stufe 7–11 cm bis 12–15 cm stark ab. Im Lä-Ar-Wald ist dieser starke Rückgang nicht zu erkennen. In allen Straten bleibt die Stammzahl ab etwa BHD 30–40 cm konstant und nimmt nicht weiter ab; Bäume dieser BHD-Stufen kommen in etwa ähnlich häufig vor.

Der dickste gemessene Baum ist eine Arve im Lä-Ar-Wald mit einem BHD von 117 cm. Die nächst kleineren vier Bäume sind ebenfalls Arven, erst der 6. dickste Baum ist eine Fichte mit BHD 92 cm. Im gesamten Aufnahmeperimeter wurden 69 lebend stehende Bäume mit einem BHD von mindestens 60 cm gemessen, die meisten davon sind Arven im Lä-Ar-Wald.

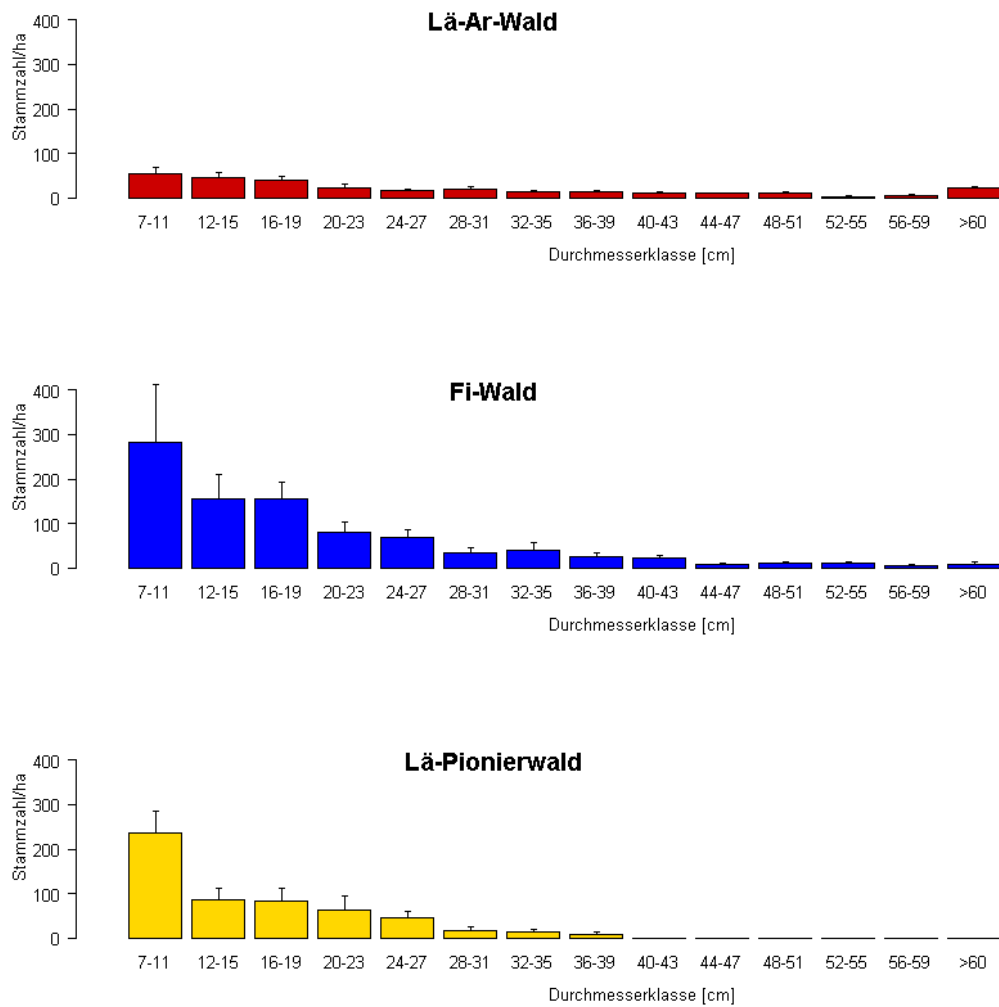


Abbildung 8. Stammzahl pro ha nach Straten, dargestellt in 4 cm BHD-Stufen. Die Säulen zeigen Mittelwerte und die Balken den einfachen Standardfehler. Datengrundlage: nur bestockte PF.

Tabelle 11. Stammzahlen pro ha [$\bar{x} \pm SF$] nach Straten, gruppiert in 4 cm BHD-Stufen. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| BHD-Klasse [cm] | Lärwald | | Fichtenwald | | Lär-Pionierwald | |
|--------------------|-----------|------|-------------|-------|-----------------|-------|
| | \bar{x} | SF | \bar{x} | SF | \bar{x} | SF |
| 7-11 | 54,7 | 13,4 | 281,2 | 130,3 | 236,8 | 49,6 |
| 12-15 | 45,7 | 12,5 | 154,9 | 55,4 | 86,8 | 26,0 |
| 16-19 | 40,5 | 9,2 | 154,0 | 40,1 | 82,1 | 29,0 |
| 20-23 | 23,5 | 7,6 | 81,6 | 22,0 | 64,3 | 29,4 |
| 24-27 | 15,7 | 4,8 | 67,9 | 17,7 | 46,4 | 14,3 |
| 28-31 | 20,2 | 5,8 | 34,7 | 11,4 | 17,9 | 8,5 |
| 32-35 | 14,1 | 3,8 | 39,5 | 16,6 | 14,3 | 6,3 |
| 36-39 | 14,4 | 3,1 | 24,3 | 9,5 | 8,6 | 5,8 |
| 40-43 | 11,3 | 3,0 | 22,3 | 7,5 | 0,0 | 0,0 |
| 44-47 | 9,8 | 2,3 | 7,6 | 4,9 | 0,0 | 0,0 |
| 48-51 | 12,6 | 2,9 | 10,0 | 5,2 | 0,0 | 0,0 |
| 52-55 | 3,0 | 1,4 | 10,3 | 4,1 | 0,0 | 0,0 |
| 56-59 | 5,8 | 2,1 | 4,8 | 3,0 | 0,0 | 0,0 |
| ≥60 | 21,9 | 4,0 | 9,7 | 4,7 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 293,3 | 37,0 | 895,4 | 200,3 | 557,2 | 111,8 |

Grundfläche

Im L-Ar-Wald beträgt die mittlere Grundfläche $25,3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} [\pm 2,5]$ (Tabelle 12). Arven haben daran mit 63% den grössten Anteil, gefolgt von Lärchen (25%) und Fichten (12%). Im Fi-Wald beträgt die mittlere Grundfläche $35,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} [\pm 5,4]$, woran Fichten mit 59% den grössten Anteil haben (Tabelle 13), gefolgt von Lärchen (28%) und Arven (10%). Der L-Pionierwald hat mit $12,8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} [\pm 2,9]$ die tiefste Grundfläche; Lärchen haben daran 78% Anteil, gefolgt von Fichten (14%) und Arven (4%; Tabelle 14). Bäume mit $\text{BHD} \geq 36 \text{ cm}$ nehmen im L-Ar-Wald rund drei Viertel der Grundfläche ein. Im Fi-Wald haben Bäume mit BHD zwischen 12 und 36 cm und dickere Bäume ähnliche Grundflachenanteile. Im L-Pionierwald hingegen machen Bäume mit 12 bis 36 cm BHD den Grossteil der Grundfläche aus. Die Baumartenanteile an den Grundflächen (Abbildung 9) sind ähnlich verteilt wie die Stammzahlanteile (Abbildung 7).

Tabelle 12. Grundfläche [$\text{m}^2 \text{ ha}^{-1} \pm \text{SF}$] der lebenden Bäume im Stratum L-Ar-Wald (51 PF) nach BHD-Klassen und Arten und deren Anteile [%]. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD<12,0 cm | | | BHD 12,0–35,9 cm | | | BHD≥36,0 cm | | |
|---------|----------|-----------|-----|-------------|-----------|-----|------------------|-----------|-----|-------------|-----------|-----|
| | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF |
| Fi | 11,6 | 2,5 | 0,8 | 8,4 | 0,0 | 0,0 | 10,7 | 0,6 | 0,3 | 11,9 | 1,9 | 0,7 |
| Ar | 62,5 | 17,1 | 2,1 | 50,2 | 0,2 | 0,0 | 55,4 | 3,5 | 0,6 | 65,1 | 13,5 | 2,0 |
| L | 24,5 | 5,5 | 1,3 | 24,8 | 0,1 | 0,0 | 29,1 | 1,7 | 0,6 | 23,0 | 3,6 | 1,1 |
| HBi | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 4,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| VBe | 1,3 | 0,2 | 0,1 | 11,9 | 0,0 | 0,0 | 4,8 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 100,0 | 25,3 | 2,5 | 100,0 | 0,3 | 0,1 | 100,0 | 5,9 | 1,0 | 100,0 | 19,1 | 2,4 |

Tabelle 13. Grundfläche [$\text{m}^2 \text{ ha}^{-1} \pm \text{SF}$] der lebenden Bäume im Stratum Fi-Wald (26 PF) nach BHD-Klassen und Arten und deren Anteile [%]. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD<12,0 cm | | | BHD 12,0–35,9 cm | | | BHD≥36,0 cm | | |
|---------|----------|-----------|-----|-------------|-----------|-----|------------------|-----------|-----|-------------|-----------|-----|
| | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF |
| Fi | 59,2 | 20,5 | 4,8 | 59,2 | 1,0 | 0,3 | 56,9 | 10,2 | 2,3 | 61,9 | 9,2 | 3,8 |
| F | 1,1 | 0,4 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 0,1 |
| Ar | 9,9 | 3,4 | 1,9 | 22,8 | 0,4 | 0,5 | 9,4 | 1,7 | 1,1 | 9,0 | 1,3 | 1,3 |
| L | 27,5 | 10,3 | 2,8 | 11,1 | 0,2 | 0,1 | 28,1 | 5,1 | 2,1 | 28,6 | 5,0 | 1,5 |
| ZPa | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| HBi | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 2,0 | 0,1 | 0,0 | 1,1 | 0,4 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Wd | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| VBe | 1,2 | 0,4 | 0,5 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 100,0 | 35,6 | 5,4 | 100,0 | 1,7 | 0,7 | 100,0 | 18,3 | 3,4 | 100,0 | 15,6 | 4,3 |

Tabelle 14. Grundfläche [$\text{m}^2 \text{ ha}^{-1} \pm \text{SF}$] der lebenden Bäume im Stratum L-Pionierwald (14 PF) nach BHD-Klassen und Baumarten und deren Anteile [%]. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD<12,0 cm | | | BHD 12,0–35,9 cm | | | BHD≥36,0 cm | | |
|---------|----------|-----------|-----|-------------|-----------|-----|------------------|-----------|-----|-------------|-----------|-----|
| | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF |
| Fi | 13,5 | 1,7 | 0,9 | 22,7 | 0,3 | 0,1 | 13,4 | 1,4 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ar | 4,2 | 0,5 | 0,3 | 9,5 | 0,1 | 0,1 | 3,8 | 0,4 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| L | 78,2 | 10,0 | 2,0 | 56,6 | 0,9 | 0,2 | 79,4 | 8,2 | 1,7 | 100,0 | 0,9 | 0,6 |
| ZPa | 1,5 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,8 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| HBi | 1,6 | 0,2 | 0,1 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| AEr | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 8,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 100,0 | 12,8 | 2,9 | 100,0 | 1,5 | 0,3 | 100,0 | 10,4 | 2,4 | 100,0 | 0,9 | 0,6 |

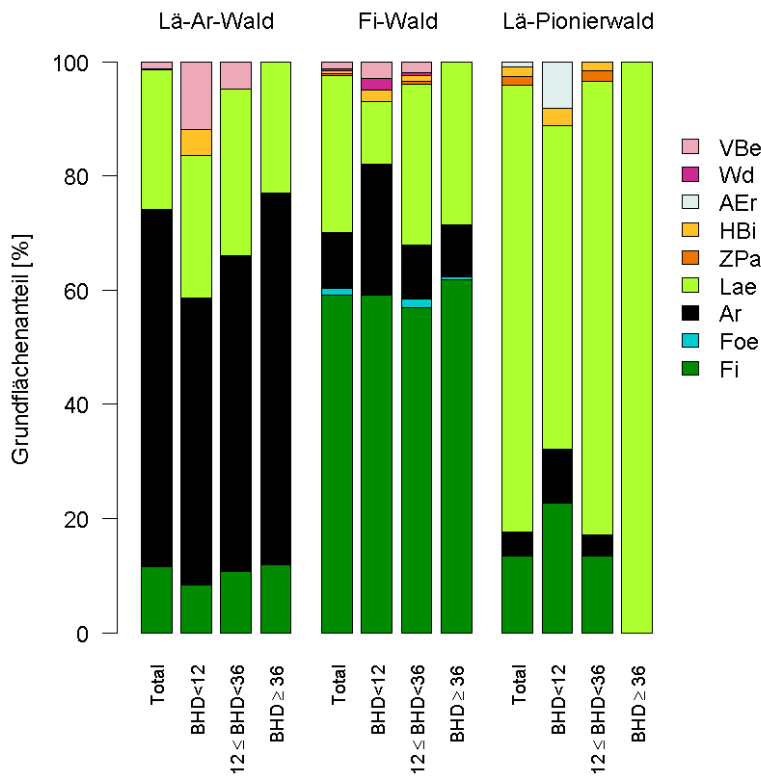


Abbildung 9. Grundflächenanteile der Baumarten nach Straten und BHD-Klassen. Datengrundlage: nur bestockte PF.

Holzvorrat

Im Aletschwaldreservat (über alle Straten betrachtet) beträgt der mittlere Vorrat (Schaftholzvolumen) $142,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 13,0]$. Im Stratum Fi-Wald sind es $199,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 33,4]$ (Tabelle 16), wozu Fichten 49% und Arven und Lärchen 19 resp. 20% beitragen. Dies ist der höchste Vorrat im Aletschwaldreservat. Im Lä-Ar-Wald beträgt der Vorrat $151,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 16,4]$, wozu Arven 61% beitragen, Lärchen 24% und Fichten 13% (Tabelle 15). Von den Bäumen mit BHD < 12 cm stellen Lärchen und Arven jeweils etwa 1/3 und Vogelbeeren 20% des Vorrats. Der Lä-Pionierwald (Tabelle 17) weist mit $70,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 15,4]$ einen geringen Vorrat auf. Hier tragen die Lärchen den grössten Teil bei (84%), gefolgt von den Fichten (9%). Die Anteile der Baumarten am Vorrat (Abbildung 10) ähneln den Grundflächenanteilen (Abbildung 9).

Tabelle 15. Vorrat [$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$] der lebenden Bäume im Stratum Lä-Ar-Wald (51 PF). Angegeben sind Anteile von Baumarten am gesamten Vorrat [%], Vorrats-Mittelwerte [\bar{x}] und deren Standardfehler [SF]. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD < 12,0 cm | | | BHD 12,0-35,9 cm | | | BHD ≥ 36,0 cm | | |
|---------|----------|-----------|------|---------------|-----------|-----|------------------|-----------|-----|---------------|-----------|------|
| | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF |
| Fi | 13,0 | 16,8 | 5,4 | 6,0 | 0,1 | 0,1 | 10,4 | 2,4 | 1,3 | 13,7 | 14,3 | 5,2 |
| Ar | 61,3 | 100,7 | 14,0 | 35,8 | 0,7 | 0,2 | 47,9 | 13,8 | 2,7 | 64,8 | 86,2 | 13,6 |
| Lae | 24,3 | 32,4 | 7,9 | 32,1 | 0,7 | 0,3 | 35,8 | 9,8 | 3,3 | 21,5 | 21,9 | 6,5 |
| HBi | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 7,1 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | - | - | - | - | - |
| VBe | 1,3 | 1,1 | 0,7 | 19,0 | 0,2 | 0,2 | 5,9 | 0,8 | 0,6 | - | - | - |
| Total | 100,0 | 151,1 | 16,4 | 100,0 | 1,9 | 0,5 | 100,0 | 26,8 | 4,5 | 100,0 | 122,4 | 16,3 |

Tabelle 16. Vorrat [$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$] der lebenden Bäume im Stratum Fi-Wald (26 PF). Angegeben sind Anteile von Baumarten am gesamten Vorrat [%], Vorrats-Mittelwerte [\bar{x}] und deren Standardfehler [SF].
Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD <12,0 cm | | | BHD 12,0–35,9 cm | | | BHD ≥36,0 cm | | |
|---------|----------|-----------|------|--------------|-----------|-----|------------------|-----------|------|--------------|-----------|------|
| | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF |
| Fi | 59,1 | 114,3 | 31,6 | 48,9 | 4,0 | 1,2 | 52,2 | 44,5 | 10,9 | 65,7 | 65,8 | 27,2 |
| Foe | 1,0 | 2,0 | 3,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,9 | 1,6 | 2,6 | 0,4 | 0,4 | 0,7 |
| Ar | 8,4 | 16,1 | 10,0 | 18,9 | 1,5 | 2,0 | 7,5 | 6,2 | 4,4 | 8,4 | 8,4 | 8,5 |
| Lae | 28,8 | 60,5 | 16,1 | 19,8 | 1,6 | 1,2 | 33,7 | 29,1 | 11,7 | 25,5 | 29,9 | 9,1 |
| ZPa | 0,2 | 0,4 | 0,7 | - | - | - | 0,5 | 0,4 | 0,7 | - | - | - |
| HBi | 0,7 | 2,8 | 1,7 | 3,6 | 0,4 | 0,3 | 1,2 | 2,3 | 1,5 | - | - | - |
| Wd | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 3,6 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | - | - | - |
| VBe | 1,3 | 2,5 | 2,8 | 5,1 | 0,4 | 0,4 | 2,5 | 2,1 | 2,6 | - | - | - |
| Total | 100,0 | 199,4 | 33,4 | 100,0 | 8,2 | 3,5 | 100,0 | 86,7 | 17,1 | 100,0 | 104,5 | 29,7 |

Tabelle 17. Vorrat [$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$] der lebenden Bäume im Stratum LÄ-Pionierwald (14 PF). Angegeben sind Anteile von Baumarten am gesamten Vorrat [%], Vorrats-Mittelwerte [\bar{x}] und deren Standardfehler [SF].
Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Baumart | Alle BHD | | | BHD <12,0 cm | | | BHD 12,0–35,9 cm | | | BHD ≥36,0 cm | | |
|---------|----------|-----------|------|--------------|-----------|-----|------------------|-----------|------|--------------|-----------|-----|
| | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF |
| Fi | 8,6 | 6,1 | 3,0 | 12,9 | 1,3 | 0,4 | 8,7 | 4,8 | 2,6 | - | - | - |
| Ar | 2,3 | 1,6 | 0,8 | 5,8 | 0,6 | 0,3 | 1,8 | 1,0 | 0,5 | - | - | - |
| Lae | 83,9 | 59,2 | 11,9 | 65,4 | 6,5 | 1,8 | 85,7 | 47,4 | 9,8 | 100,0 | 5,2 | 3,6 |
| ZPa | 1,6 | 1,1 | 1,1 | - | - | - | 2,0 | 1,1 | 1,1 | - | - | - |
| HBi | 1,9 | 1,4 | 0,9 | 4,0 | 0,4 | 0,3 | 1,7 | 1,0 | 0,7 | - | - | - |
| AER | 1,7 | 1,2 | 1,2 | 11,9 | 1,2 | 1,2 | - | - | - | - | - | - |
| Total | 100,0 | 70,6 | 15,4 | 100,0 | 10,0 | 2,2 | 100,0 | 55,4 | 12,3 | 100,0 | 5,2 | 3,6 |

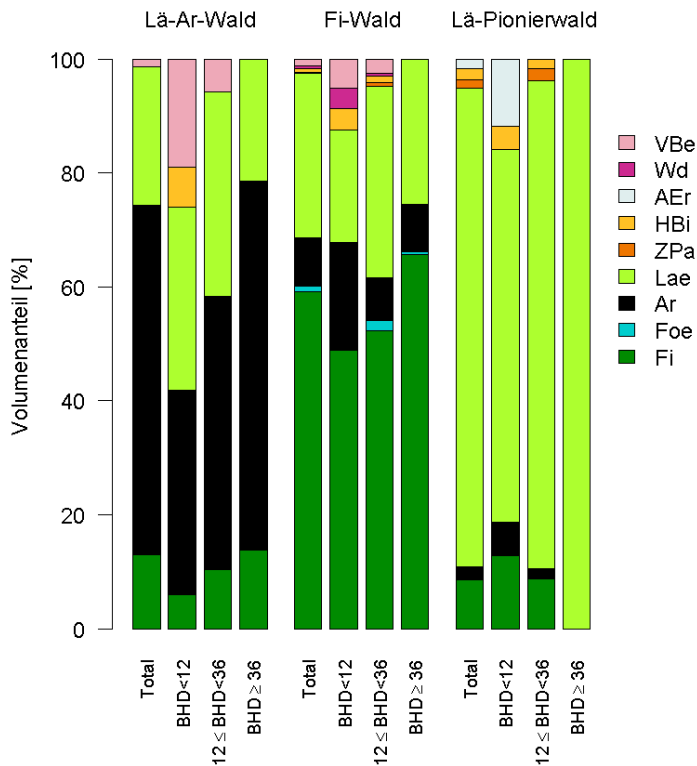


Abbildung 10. Vorratsanteile der Baumarten nach Stratum und BHD-Klasse. Datengrundlage: nur bestockte PF.

3.4 Totholz

Im Aletschwaldreservat sind durchschnittlich $18,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 4,4]$ Totholz vorhanden (liegendes und stehendes Totholz; nur bestockte PF; Tabelle 18). Der grösste Teil davon befindet sich im Stratum L-Ar-Wald ($23,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 6,6]$), gefolgt vom Fi-Wald ($19,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 8,5]$) und vom L-Pionierwald ($0,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 0,6]$). Nadelbäume haben den weitaus grössten Anteil am Totholz, Laubbäume machen im L-Ar-Wald lediglich $0,08 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 0,07]$ aus, im Fi-Wald $0,18 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 0,25]$ und im L-Pionierwald gerade mal $0,04 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 0,04]$ aus. Somit ist totes Laubholz mit 0,3% bzw. 0,9% und 5% Volumenanteil in den drei Straten äusserst selten und wird deshalb in den folgenden Ausfuhungen nicht speziell betrachtet.

Tabelle 18. Totholzvorrat und Anteile von lebenden Bäumen, Dürrständern und liegendem Totholz. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Zustand | L-Ar-Wald | | Fi-Wald | | L-Pionierwald | | NWR Aletschw. | |
|-------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| | $[\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}]$ | % | $[\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}]$ | % | $[\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}]$ | % | $[\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}]$ | % |
| stehend lebend | 151,1 | 86,4 | 199,4 | 91,2 | 70,6 | 98,9 | 142,3 | 88,7 |
| Dürrständer | 3,9 | 2,2 | 2,7 | 1,2 | 0,5 | 0,7 | 2,9 | 1,8 |
| liegendes Totholz | 19,9 | 11,4 | 16,6 | 7,6 | 0,3 | 0,4 | 15,2 | 9,5 |
| Total | 174,9 | 100,0 | 218,7 | 100,0 | 71,4 | 100,0 | 160,4 | 100,0 |

Dürrständer

Dürrständer (stehendes Totholz) wurden nur auf bestockten PF erhoben, diese bilden die Datengrundlage für die folgenden Auswertungen. Die höchsten Stammzahlen von Dürrständern sind im Fi-Wald zu finden ($71,4 \text{ ha}^{-1} [\pm 23,2]$), nur etwa 1/3 dieser Menge steht im L-Ar-Wald ($22,8 \text{ ha}^{-1} [\pm 6,7]$). Im L-Pionierwald ist die Dichte von

Dürrständern mit $10,7 \text{ ha}^{-1} [\pm 7,7]$ noch geringer. Im Mittel über das gesamte Reservat sind es $30,7 \text{ ha}^{-1} [\pm 6,5]$ Dürrständer.

Im Gegensatz zur Dürrständeranzahl weist der LÄ-Ar-Wald mit $3,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 1,7]$ den höchsten Dürrständervorrat auf, gefolgt vom Fi-Wald mit $2,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 1,9]$ (Tabelle 19). Im LÄ-Pionierwald ist der Dürrständervorrat vernachlässigbar klein ($0,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 0,5]$). Im Mittel des gesamten Aletschwaldreservats ergibt dies einen Dürrständervorrat von $3,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 1,1]$. Den grössten Teil (77,5%) macht festes Totholz aus (Festigkeitsstufe 2), 17,9% ist Morschholz (Festigkeitsstufe 3). Kaum vertreten sind Frischholz und Moderholz, Mulmholz kommt gar nicht vor.

Tabelle 19. Dürrständervorrat [$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$] der Nadelbäume nach Straten und Festigkeitsstufen. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Totholz-Festigkeitsstufe | NWR Aletschwald | | | LÄ-Ar-Wald | | | Fi-Wald | | | LÄ-Pionierwald | | |
|--------------------------|-----------------|-----------|-----|------------|-----------|-----|---------|-----------|-----|----------------|-----------|-----|
| | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF |
| 1 Totholz frisch | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2 Totholz fest | 77,5 | 2,4 | 1,1 | 81,1 | 3,2 | 1,7 | 66,1 | 1,8 | 1,5 | 100,0 | 0,5 | 0,5 |
| 3 Morschholz | 17,9 | 0,4 | 0,3 | 12,8 | 0,4 | 0,3 | 32,6 | 0,9 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 4 Moderholz | 4,6 | 0,2 | 0,1 | 6,0 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 5 Mulmholz | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 100,0 | 3,0 | 1,1 | 100,0 | 3,9 | 1,7 | 100,0 | 2,7 | 1,9 | 100,0 | 0,5 | 0,5 |

Unter den Dürrständern mit einem BHD <36 cm macht die Festigkeitsstufe 2 («Totholz fest») etwa die Hälfte aus (Tabelle 20). Bei Dürrständern mit BHD ≥ 36 cm liegt der Anteil von «Totholz fest» zwischen 90 bis 100%.

Tabelle 20. Anteil [%] des Dürrständervorrates [$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$] der Nadelbäume, nach BHD-Klassen und Totholz-Festigkeitsstufen. Datengrundlage: nur bestockte PF.

| Totholz | Stratum | Anteil Totholz-Festigkeitsstufen [%] | | | | | Total [%] | N PF |
|------------------|----------------|--------------------------------------|-------|------|-----|-----|-----------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Alle BHD | LÄ-Ar-Wald | 0,1 | 81,1 | 12,8 | 6,0 | 0,0 | 100,0 | 18 |
| | Fi-Wald | 0,0 | 66,1 | 32,6 | 1,3 | 0,0 | 100,0 | 14 |
| | LÄ-Pionierwald | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 1 |
| BHD < 36 cm | LÄ-Ar-Wald | 0,6 | 48,3 | 45,8 | 5,3 | 0,0 | 100,0 | 11 |
| | Fi-Wald | 0,0 | 54,1 | 44,2 | 1,7 | 0,0 | 100,0 | 14 |
| | LÄ-Pionierwald | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 1 |
| BHD ≥ 36 cm | LÄ-Ar-Wald | 0,0 | 89,9 | 3,9 | 6,2 | 0,0 | 100,0 | 11 |
| | Fi-Wald | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 1 |
| | LÄ-Pionierwald | - | - | - | - | - | - | - |

Liegendes Totholz

Liegendes Totholz wurde auf allen PF erhoben (bestockt und unbestockt). Je nach Aussageeinheit wurde in den Auswertungen das liegende Totholz aller erhobener PF oder nur der bestockten PF verwendet. Die verwendete PF-Auswahl ist nachfolgend bei der Präsentation der Resultate explizit angegeben. Insgesamt wurden 137 Totholzstücke mit einem Durchmesser von mindestens 7 cm auf 47 von den insgesamt 107 PF aufgenommen.

Der mittlere Vorrat des liegenden Totholzes beträgt $12,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 3,4]$ basierend auf

allen PF bzw. $15,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 4,2]$ wenn nur die bestockten PF berücksichtigt werden (Tabelle 21). Aufgeschlüsselt auf die einzelnen Straten zeigen sich im L-Ar-Wald mit $15,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 4,3]$ (alle PF) bzw. $19,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 6,3]$ (nur bestockte PF) und im Fi-Wald mit $16,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 5,2]$ (alle PF) bzw. $16,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 7,6]$ (nur bestockte PF) hnliche Werte. Im L-Pionierwald hingegen gibt es mit $0,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 0,3]$ (keine unbestockten PF in diesem Stratum) kaum liegendes Totholz. Damit ist der liegende Totholzvorrat anteilmässig sehr ähnlich über die drei Straten verteilt wie der stehende, allerdings mit einem wesentlich höheren Vorrat.

Rund die Hälfte macht Totholz der Festigkeitsstufe 4 («Moderholz») aus, knapp 30% weisen eine Festigkeit von 2 («Totholz fest») auf. «Frischholz» fehlt fast ganz. Mit 88% tragen Totholzstcke mit einem Durchmesser von $\geq 12 \text{ cm}$ am meisten zum Vorrat bei, wobei diese im L-Pionierwald fehlen.

Tabelle 21. Vorrat [$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$] des liegenden Totholzes nach Festigkeitsstufen und Durchmesserklassen. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte, wenn nicht anders angegeben.

| Festigkeitsstufe | L-Pionierwald | | | L-Ar-Wald | | | Fi-Wald | | | NWR Aletschwald | | |
|--|----------------|-----------|-----|------------|-----------|-----|---------|-----------|-----|-----------------|-----------|-----|
| | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF | % | \bar{x} | SF |
| 1 Totholz frisch | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 0,5 | 1,0 | 2,1 | 0,3 | 0,4 | 3,1 | 0,4 | 0,5 |
| 2 Totholz fest | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 30,3 | 4,7 | 1,9 | 23,0 | 3,7 | 2,2 | 28,8 | 3,6 | 1,5 |
| 3 Morschholz | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,4 | 0,7 | 0,4 | 25,1 | 4,1 | 2,2 | 8,2 | 1,0 | 0,6 |
| 4 Moderholz | 100,0 | 0,3 | 0,3 | 55,2 | 8,6 | 3,6 | 46,3 | 7,5 | 3,5 | 53,7 | 6,8 | 2,8 |
| 5 Mulmholz | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,8 | 1,1 | 0,7 | 3,5 | 0,6 | 0,5 | 6,2 | 0,8 | 0,5 |
| Total (alle PF) | 100,0 | 0,3 | 0,3 | 100,0 | 15,5 | 4,3 | 100,0 | 16,3 | 5,2 | 100,0 | 12,6 | 3,4 |
| Total (nur best. PF) | 100,0 | 0,3 | 0,3 | 100,0 | 19,9 | 6,3 | 100,0 | 16,9 | 7,9 | 100,0 | 15,2 | 4,2 |
| Anteil der Stcke mit $\varnothing \geq 12 \text{ cm}$ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 89,0 | 13,8 | 4,2 | 86,8 | 14,1 | 4,9 | 88,2 | 11,1 | 3,3 |

3.5 Verjüngung

Datengrundlage

Die Verjüngung wurde auf allen PF, inkl. den unbestockten, erfasst. Insgesamt wurden 655 junge Bäume auf 106 PF aufgenommen, davon 334 in der Grössenklasse 10–39 cm Höhe, 188 in der Grössenklasse 40–129 cm Höhe und 133 in der Grössenklasse 130 cm Höhe bis $< 7 \text{ cm}$ BHD (Tabelle 22). Die erfassten Arten sind Fichte, Arve, Lärche, Zitterpappel, Hängebirke, Weide und Vogelbeere. Fichte, Arve und Lärche zählen zu den Hauptbaumarten im Aletschwaldreservat, da sie bestandesbildend sind. Vor allem bei den Nicht-Hauptbaumarten ist die Datengrundlage teils sehr dünn (Tabelle 22), d.h. es sind nur sehr wenige Individuen vorhanden. Im Fi-Wald kam ebenfalls kaum Verjüngung vor. Die Weide scheint im L-Ar-Wald relativ häufig verjüngt zu sein, sie ist aber räumlich sehr heterogen verteilt und es konnte nicht immer zwischen baumförmig wachsenden und strauchfrmigen Arten unterschieden werden, da diese im Jungbaum-Stadium sehr ähnlich aussehen.

Tabelle 22. Anzahl der aufgenommenen Verjüngungspflanzen nach Baumart, Stratum und Grössenklasse (GK). GK 1: 10–39 cm Baumhöhe; GK 2: 40–129 cm Baumhöhe; GK 3: Baumhöhe ≥ 130 cm mit BHD 0 bis < 7 cm. Grau schattiert: Werte, die auf weniger als 20 erfasste Verjüngungspflanzen beruhen; -: keine Pflanzen aufgenommen. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

| Baumart | Lä-Ar-Wald | | | Fi-Wald | | | Lä-Pionierwald | | | NWR Aletschwald | | | Total |
|---------|------------|-----|----|---------|----|----|----------------|----|----|-----------------|-----|-----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| Fi | 3 | - | 3 | 20 | 20 | 28 | - | 9 | 12 | 23 | 29 | 43 | 95 |
| Ar | 90 | 38 | 25 | 4 | 2 | 6 | 10 | 8 | 10 | 104 | 48 | 41 | 193 |
| Lä | 12 | 9 | 9 | 18 | 13 | 11 | 11 | 25 | 27 | 41 | 47 | 47 | 135 |
| ZPa | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | 3 | - | - | 3 |
| HBi | - | - | - | 7 | 1 | - | - | 1 | 2 | 7 | 2 | 2 | 11 |
| Wd | 110 | 61 | - | - | - | - | 44 | 1 | - | 154 | 62 | - | 216 |
| VBe | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | 2 |
| Total | 217 | 108 | 37 | 52 | 36 | 45 | 65 | 44 | 51 | 334 | 188 | 133 | 655 |

Stammzahl

Die Dichte der Verjüngung mit 10-39 cm Höhe liegt im Lä-Pionierwald mit 4063 Bäumen ha^{-1} [± 1561] und im Lä-Ar-Wald mit 3966 ha^{-1} [± 1407] fast gleich hoch, im Fi-Wald mit 3128 ha^{-1} [± 1791] etwas tiefer, allerdings ohne sich signifikant von den beiden anderen Straten zu unterscheiden (Tabelle 23, Abbildung 11 und Abbildung 12; s. auch Anhang Tabelle 35). Die Streuung der Werte ist allerdings gross, und die Mittelwerte sind teils durch Ausreisser beeinflusst, besonders bei den Weiden. Mit zunehmender Pflanzengrösse nimmt deren Dichte deutlich ab, vor allem im Lä-Ar-Wald, wo nur 117 ha^{-1} [± 38] grössere Verjüngungspflanzen (Höhe ≥ 130 cm und BHD < 7 cm) vorhanden sind. Am dichtesten ist die Verjüngung im Lä-Pionierwald mit 6075 Bäumen ha^{-1} [± 1705] (v.a. Weiden 2781 ha^{-1} [± 1208] und Lärchen 1806 ha^{-1} [± 546]). Der Fi-Wald mit 4528 ha^{-1} [± 2489] und der Lä-Ar-Wald mit 4583 ha^{-1} [± 1447] liegen nahe beieinander. Im Lä-Ar-Wald sind Weiden (2207 ha^{-1} [± 1337]) und Arven (2057 ha^{-1} [± 606]) die häufigsten Gehölzarten in der Verjüngung. Im Fi-Wald ist die Lärche (2040 ha^{-1} [± 1694]) die häufigste Baumart in der Verjüngung. Die Standardfehler sind meist sehr hoch und zeigen damit die grosse Heterogenität und kleinräumige Varianz der Verjüngung im Aletschwald an.

Bezüglich Baumartenverteilung fallen die starke Vertretung der Weiden bei den kleinen Pflanzen auf sowie die Dominanz der Arven und das fast vollständige Fehlen von Lärche und insb. Fichten im Lä-Ar-Wald.

Tabelle 23. Dichte der Verjüngung [$N\ ha^{-1}$], der Pflanzen mit Jahresverbiss und derjenigen mit Mehrfachverbiss nach Straten, Pflanzengrösse und Hauptbaumarten. Grössenklasse (GK) 1: 10–39 cm Baumhöhe; GK 2: 40–129 cm Baumhöhe; GK 3: Baumhöhe ≥ 130 cm mit BHD 0 bis < 7 cm. Grauschattiert: Werte, die auf weniger als 20 erfassten Verjüngungspflanzen beruhen; -: keine Pflanzen aufgenommen. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte (siehe auch Tabelle 35).

| Stratum | Grössenklasse | Fichte | | | Arve | | | Lärche | | | Total (inkl. übrige Baumarten) | | | |
|-----------------|---------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|------|
| | | Alle Pflanzen | mit Jahres verbiss | mit Mehrfachverbiss | Alle Pflanzen | mit Jahres verbiss | mit Mehrfachverbiss | Alle Pflanzen | mit Jahres verbiss | mit Mehrfachverbiss | Alle Pflanzen | mit Jahres verbiss | mit Mehrfachverbiss | |
| Lä-Ar-Wald | 1 | \bar{X} | 22 | 0 | 0 | 1652 | 94 | 0 | 203 | 0 | 38 | 3966 | 94 | 811 |
| | | SF | 20 | 0 | 0 | 576 | 56 | 0 | 138 | 0 | 38 | 1407 | 56 | 773 |
| | 2 | \bar{X} | - | - | - | 318 | 32 | 0 | 50 | 0 | 0 | 500 | 32 | 0 |
| | | SF | - | - | - | 70 | 29 | 0 | 30 | 0 | 0 | 130 | 29 | 0 |
| | 3 | \bar{X} | 9 | 0 | 0 | 87 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 117 | 0 | 0 |
| | | SF | 6 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 |
| total | \bar{X} | 31 | 0 | 0 | 2057 | 126 | 0 | 274 | 0 | 38 | 4583 | 126 | 811 | |
| | SF | 21 | 0 | 0 | 606 | 62 | 0 | 159 | 0 | 38 | 1447 | 62 | 773 | |
| Fi-Wald | 1 | \bar{X} | 740 | 0 | 69 | 299 | 176 | 0 | 1370 | 34 | 34 | 3128 | 299 | 294 |
| | | SF | 502 | 0 | 111 | 261 | 172 | 0 | 1107 | 55 | 55 | 1791 | 188 | 239 |
| | 2 | \bar{X} | 397 | 0 | 88 | 34 | 0 | 0 | 519 | 44 | 0 | 994 | 88 | 88 |
| | | SF | 261 | 0 | 86 | 55 | 0 | 0 | 473 | 43 | 0 | 630 | 86 | 86 |
| | 3 | \bar{X} | 203 | 0 | 0 | 52 | 0 | 7 | 151 | 0 | 0 | 406 | 0 | 7 |
| | | SF | 96 | 0 | 0 | 38 | 0 | 11 | 121 | 0 | 0 | 153 | 0 | 11 |
| total | \bar{X} | 1340 | 0 | 157 | 385 | 176 | 7 | 2040 | 78 | 34 | 4528 | 387 | 389 | |
| | SF | 651 | 0 | 136 | 287 | 172 | 11 | 1694 | 68 | 55 | 2489 | 233 | 282 | |
| Lä-Pionierwald | 1 | \bar{X} | - | - | - | 625 | 0 | 63 | 688 | 0 | 63 | 4063 | 188 | 1188 |
| | | SF | - | - | - | 287 | 0 | 63 | 384 | 0 | 63 | 1561 | 136 | 510 |
| | 2 | \bar{X} | 281 | 31 | 94 | 250 | 0 | 0 | 781 | 0 | 125 | 1375 | 31 | 250 |
| | | SF | 120 | 31 | 50 | 102 | 0 | 0 | 258 | 0 | 97 | 343 | 31 | 102 |
| | 3 | \bar{X} | 150 | 0 | 0 | 125 | 0 | 0 | 338 | 0 | 0 | 638 | 0 | 0 |
| | | SF | 76 | 0 | 0 | 54 | 0 | 0 | 117 | 0 | 0 | 164 | 0 | 0 |
| total | \bar{X} | 431 | 31 | 94 | 1000 | 0 | 63 | 1806 | 0 | 188 | 6075 | 219 | 1438 | |
| | SF | 134 | 31 | 50 | 349 | 0 | 63 | 546 | 0 | 128 | 1705 | 137 | 526 | |
| NWR Aletschwald | 1 | \bar{X} | 119 | 0 | 10 | 1256 | 87 | 12 | 465 | 5 | 42 | 3867 | 142 | 813 |
| | | SF | 76 | 0 | 16 | 390 | 44 | 12 | 199 | 8 | 29 | 1005 | 53 | 520 |
| | 2 | \bar{X} | 112 | 6 | 31 | 264 | 21 | 0 | 262 | 6 | 25 | 744 | 40 | 62 |
| | | SF | 47 | 6 | 16 | 52 | 19 | 0 | 91 | 6 | 20 | 145 | 23 | 26 |
| | 3 | \bar{X} | 64 | 0 | 0 | 90 | 0 | 1 | 102 | 0 | 0 | 261 | 0 | 1 |
| | | SF | 22 | 0 | 0 | 26 | 0 | 2 | 33 | 0 | 0 | 52 | 0 | 2 |
| total | \bar{X} | 296 | 6 | 41 | 1610 | 108 | 13 | 828 | 11 | 67 | 4873 | 181 | 876 | |
| | SF | 108 | 6 | 22 | 413 | 47 | 13 | 292 | 10 | 37 | 1067 | 59 | 521 | |

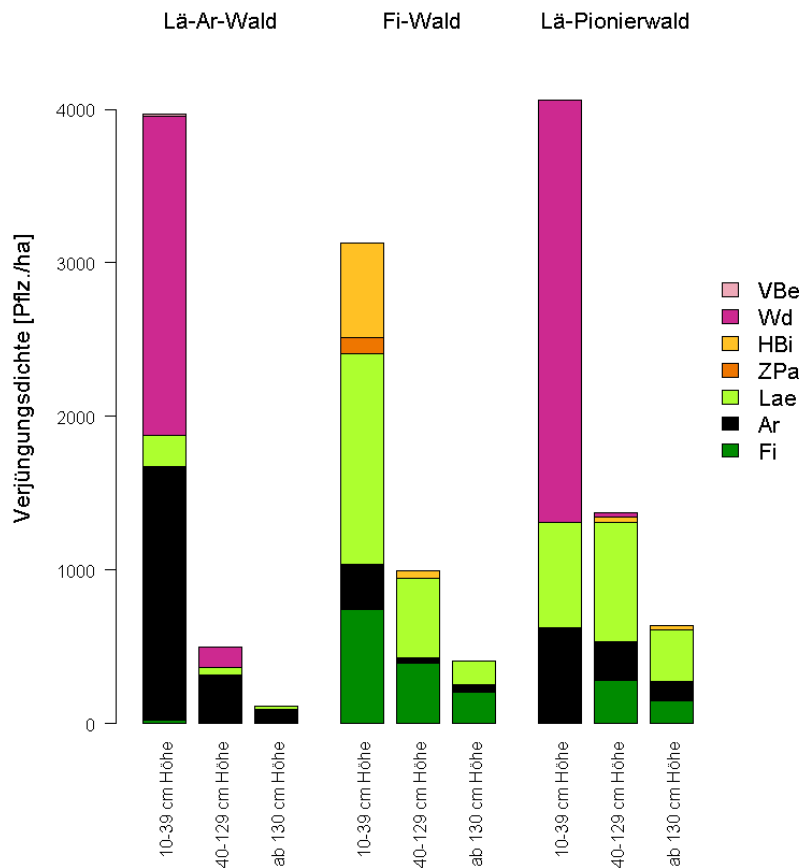


Abbildung 11. Dichte der Verjüngung in den drei Straten nach Baumarten und Grössenklassen. Die Grössenklassen sind 10–39 cm Höhe, 40–129 cm Höhe und 130 cm Höhe bis <7 cm BHD. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

Mit zunehmender Pflanzengrösse nimmt die Verjüngungsdichte von Klasse zu Klasse kontinuierlich ab (Abbildung 11). Betrachtet man nur die Hauptbaumarten, zeigt sich ein differenzierteres Bild (Abbildung 12). Für die Walderhaltung massgebend ist eine ausreichende Anzahl an bestandesbildenden Baumarten in der Verjüngung. Im Aletschwald sind dies Arve, Lärche und Fichte. Abbildung 12 zeigt die Verjüngungsdichte ohne Begleitbaumarten und insb. ohne die Weide, welche die Verjüngung im Lär-Ar- und im Lär-Pionierwald dominiert. Auch hier sind die kleinsten Bäumchen am häufigsten. Im Lär-Ar-Wald und Fi-Wald ist eine starke Abnahme von der kleinsten zur mittleren Grössenklasse ersichtlich, während sich im Lär-Pionierwald diese zwei Klassen, anders als erwartet, nicht unterscheiden. Bei der Betrachtung der Hauptbaumarten dominiert im Lär-Ar-Wald die Arve, im Fi- und im Lär-Pionierwald hingegen die Lärche.

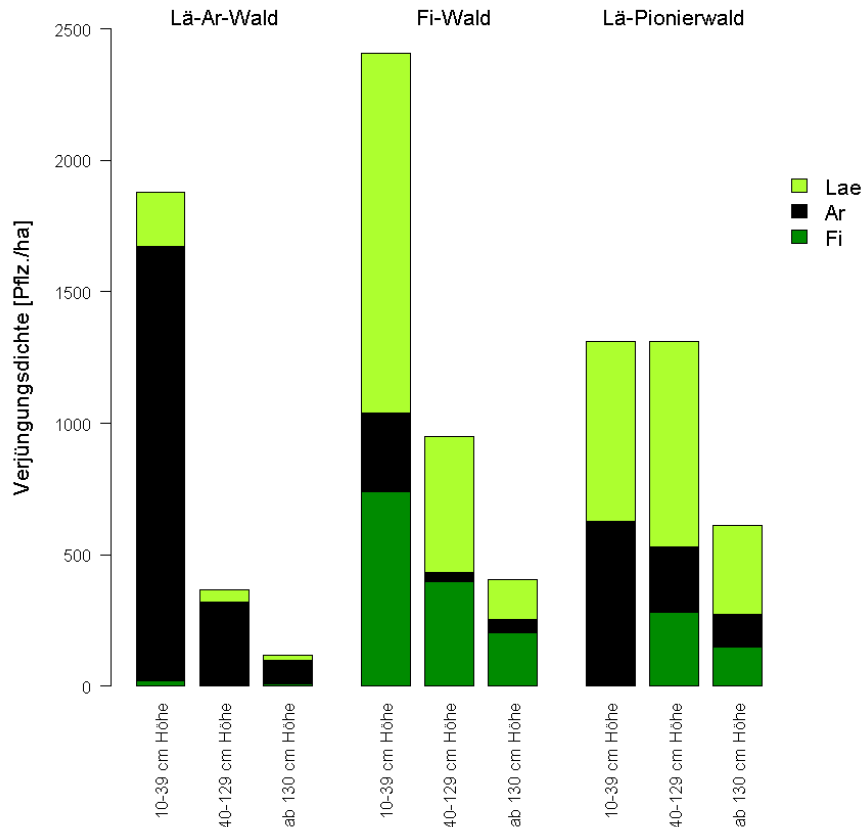


Abbildung 12. Dichte der Verjüngung der drei Hauptbaumarten Fichte, Arve und Lärche in den drei Straten nach Baumarten und Grössenklassen. Die Grössenklassen sind 10–39 cm Höhe, 40–129 cm Höhe und 130 cm Höhe bis <7 cm BHD. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

Standortbedingungen

Beschattung

Wie zu erwarten, ist die Beschattung durch umliegende Bäume, Felsen oder Hänge in den dichteren Waldbereichen z.B. im Teiffe Wald mit Werten $\geq 80\%$ deutlich höher als in den Kuppen-Bereichen von Hohfluh und Moosfluh mit Werten unter 20% (Abbildung 13). Dieser offene Bestandescharakter im Südosten des Reservats mit sehr tiefen Stammzahlen ist wahrscheinlich durch die ehemalige Beweidung entstanden. Richtung Nordwesten und Nordosten nimmt die Beschattung ebenfalls ab, hier ist dies aber auf die Nähe zum grossen Aletschgletscher bzw. das frühe Sukzessionsstadium zurückzuführen.

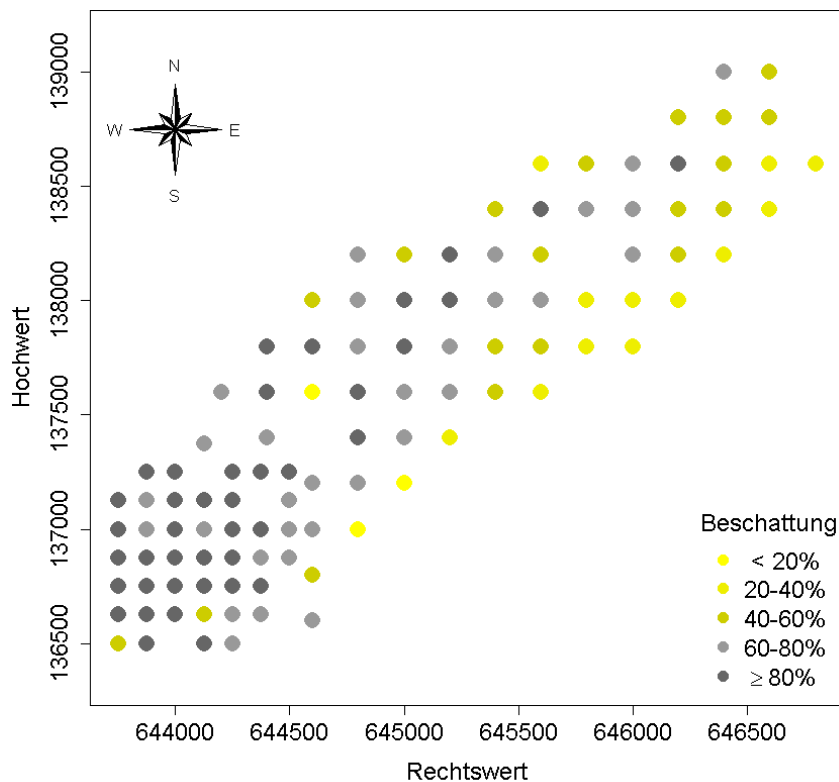


Abbildung 13. Beschattung des Bodens auf den PF im Aletschwaldreservat. Die Punkte stellen PF der Inventur dar. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

Substrat

Die Substrate der Verjüngungsplots sind vor allem Moder-Auflagen und Steine (Abbildung 14, Tabelle 24). Im La-Ar-Wald und Fi-Wald überwiegt der Anteil der Moderauflagen mit etwa 60%, im La-Pionierwald hat Stein mit etwa 40% einen leicht höheren Anteil als Moder. Totholz ist in allen Straten kaum oder gar nicht vertreten. Das Substrat Rohboden beschränkt sich nach den Beobachtungen im Gelände auf Wildwechsel. Im La-Pionierwald spielt aber auch der erst kürzlich erfolgte Gletscherrückzug und die damit verbundene geringe Bodenentwicklung eine grosse Rolle. Der Anteil der Humusform Mull ist im Fi-Wald am geringsten.

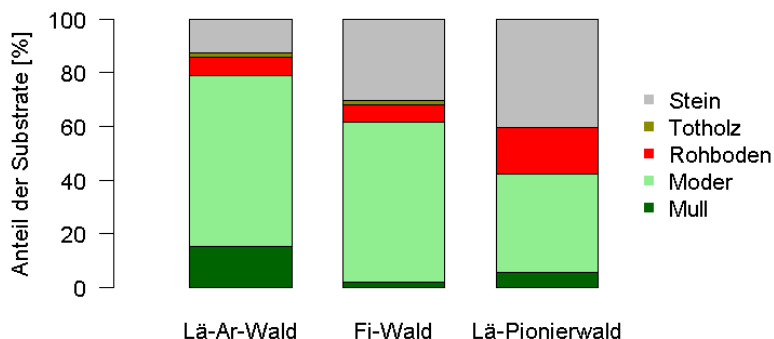


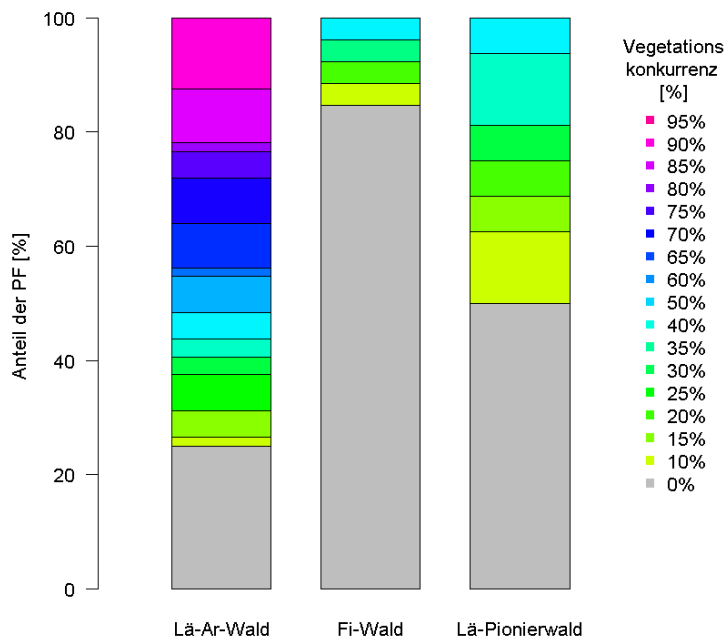
Abbildung 14. Substratanteile pro Stratum. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

Tabelle 24. Substratanteile [%] nach Stratum. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

| Substrat | Lä-Ar-Wald | Fi-Wald | Lä-Pionierwald |
|----------|------------|---------|----------------|
| Stein | 12,5 | 30,4 | 40,3 |
| Totholz | 1,6 | 1,5 | 0,0 |
| Rohboden | 7,1 | 6,6 | 17,5 |
| Moder | 63,5 | 59,9 | 36,6 |
| Mull | 15,3 | 1,7 | 5,6 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Vegetationskonkurrenz

Als Vegetationskonkurrenz wurden Vorkommen von dominierenden Arten aufgenommen: *Rubus*-Arten, Farne, Gräser, Hochstauden und Zwergsträucher. Diese Arten konkurrieren mit den Jungbäumen um Ressourcen (Boden, Licht, Nährstoffe) und können das Aufkommen von Gehölzen auch ganz verhindern. Der Konkurrenzdruck (Abbildung 15) auf die Baumverjüngung durch dominierende Pflanzenarten wurde als Deckungsgrad erfasst und die dominierende Pflanzengruppe (Abbildung 16) angegeben. Im Lä-Ar-Wald herrscht die grösste Konkurrenz auf die Verjüngung durch Bodenvegetation (nur 20% des Bodens sind frei von Vegetation), allerdings variieren die einzelnen PF im Lä-Ar-Wald stark: von solchen, die frei sind von Bodenvegetation bis zu solchen mit einem Deckungsgrad von 95%. Im Fi-Wald ist hingegen kaum konkurrierende Bodenvegetation vorhanden (<20%), was wohl hauptsächlich mit der hohen Beschattung im dichten Fi-Wald zu erklären ist. Der Grund für die auf etwa 50% der Fläche nur maximal 10%ige Bedeckung im Lä-Pionierwald ist wohl das Moränenmaterial mit relativ hohem Steingehalt. «Stein» bedeutet hier nicht nur grosse Felsen, sondern auch Blockschutt und Kies.

**Abbildung 15.** Deckungsgrad von Konkurrenzpflanzen je Stratum. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

Als Konkurrenzvegetation für nachwachsende Bäume spielen in allen drei Straten Gräser eine wichtige Rolle, im Lä-Ar-Wald und im Lä-Pionierwald auch Zwergsträucher

(Abbildung 16). Hochstauden sind nur von untergeordneter Bedeutung. *Rubus*-Arten und Farne kommen als dominierende Konkurrenzvegetation nicht vor. In der SPI nicht erfasst wird Moos, welches jedoch gemäss Beobachtungen der Feldteams in manchen Teilen des Aletschwaldes verbreitet vorkommt.

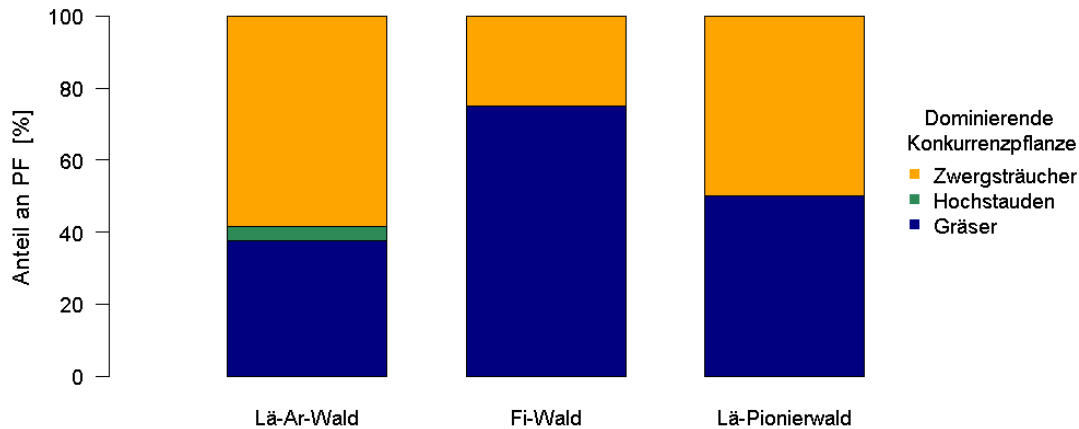


Abbildung 16. Dominierende Konkurrenz-Artengruppen pro Stratum. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

Verbiss von Jungbäumen

Verbiss (siehe auch Tabelle 23) wurde einerseits als Verbiss im Lauf des letzten Jahres (Verbissintensität, Tabelle 25), andererseits als Mehrfachverbiss entlang der Hauptstammachse (Tabelle 26) erfasst. Der Mehrfachverbiss beinhaltet immer auch den Jahresverbiss. Die Verbissintensität liegt im Lärwald bei 10 bis 39 cm grossen Arven bei rund 2,5%, bei 40 bis 129 cm grossen Pflanzen bei rund 6,5%. Im Fi-Wald sind rund 60% der 10 bis 39 cm grossen Arven und 14% der Hängebirken verbissen, grössere Arven sind selten. Der Verbiss im Lär-Pionierwald findet bei den kleinen Bäumen an Weiden und bei den mittleren Bäumen vor allem an Fichten statt. Im gesamten Aletschwaldreservat weisen etwa 4% der kleinen und 5% der mittleren Grössenklassen Jahresverbiss auf. Mehrfach verbissen sind dagegen schon 21% der kleinen und 8% der mittleren Grössenklassen der Verjüngung. Die Datengrundlage ist aber für einzelne Baumarten und Grössenklassen eher schmal, so dass die Hochrechnung dieser Werte teils wenig belastbar ist. Allerdings ist die Tatsache, dass für gewisse Baumarten und Grössenklassen keine oder nur sehr wenige Pflanzen erhoben wurden, für sich bereits ein wichtiges Resultat. In den Tabelle 25 und Tabelle 26 sind jene Werte, welche auf weniger als 20 erhobenen Pflanzen beruhen, grau hinterlegt.

Nur die Weide ist in grosser Anzahl in der Verjüngung vertreten, allerdings ist hier auch der Jahresverbiss gering. Eine PF mit insgesamt 65 kleinen Weiden, wovon 41 mit Jahresverbiss, ist eine grosse Ausnahme und zeigt die heterogene Verteilung mancher Arten.

Tabelle 25. Anteile [%] der Jungpflanzen, die innerhalb des letzten Jahres verbissen wurden, nach Straten, Grössenklassen und Baumarten. - : keine Bäume dieser Kategorie vorhanden. Grau hinterlegt: Werte, welche auf weniger als 20 erhobenen Pflanzen beruhen. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

| Baumart | Lä-Ar-Wald | | | Fi-Wald | | | Lä-Pionierwald | | | NWR Aletschwald | | |
|---------|-------------|------------------|------------|-------------|------------------|------------|----------------|------------------|------------|-----------------|------------------|------------|
| | 10–39 cm | 40– 129 cm | ≥130 cm | 10–39 cm | 40– 129 cm | ≥130 cm | 10–39 cm | 40– 129 cm | ≥130 cm | 10–39 cm | 40– 129 cm | ≥130 cm |
| Fi | 0,0 | - | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - | 11,1 | 0,0 | 0,0 | 5,6 | 0,0 |
| Ar | 5,7 | 10,1 | 0,0 | 59,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,9 | 8,0 | 0,0 |
| Lä | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,5 | 8,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 2,4 | 0,0 |
| ZPa | - | - | - | 0,0 | - | - | - | - | - | 0,0 | - | - |
| HBi | - | - | - | 14,3 | 100,0 | - | - | 0,0 | 0,0 | 14,3 | 50,0 | 0,0 |
| Wd | 0,0 | 0,0 | - | - | - | - | 6,8 | 0,0 | - | 1,9 | 0,0 | - |
| VBe | 0,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0 | - | - |
| Total | 2,4 | 6,4 | 0,0 | 9,5 | 8,9 | 0,0 | 4,6 | 2,3 | 0,0 | 3,7 | 5,3 | 0,0 |

Tabelle 26. Anteile [%] der Verjüngungspflanzen mit mehrfach verbissenem Gipfeltrieb nach Baumart, Stratum und Grössenklasse (inkl. Jahresverbiss). -: keine Bäume dieser Kategorie vorhanden. Grau hinterlegt: Werte, welche auf weniger als 20 erhobenen Pflanzen beruhen. Datengrundlage: alle PF, inkl. unbestockte.

| Baumart | Lä-Ar-Wald | | | Fi-Wald | | | Lä-Pionierwald | | | NWR Aletschwald | | |
|---------|-------------|------------------|------------|-------------|------------------|------------|----------------|------------------|------------|-----------------|------------------|------------|
| | 10–39 cm | 40– 129 cm | ≥130 cm | 10–39 cm | 40– 129 cm | ≥130 cm | 10–39 cm | 40– 129 cm | ≥130 cm | 10–39 cm | 40– 129 cm | ≥130 cm |
| Fi | 0,0 | - | 0,0 | 9,3 | 22,2 | 0,0 | - | 33,3 | 0,0 | 8,1 | 27,8 | 0,0 |
| Ar | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,2 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 1,1 |
| Lä | 18,6 | 0,0 | 0,0 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 9,1 | 16,0 | 0,0 | 9,1 | 9,5 | 0,0 |
| ZPa | - | - | - | 100,0 | - | - | - | - | - | 100,0 | - | - |
| HBi | - | - | - | 14,3 | 0,0 | - | - | 0,0 | 0,0 | 14,3 | 0,0 | 0,0 |
| Wd | 37,3 | 0,0 | - | - | - | - | 38,6 | 100,0 | - | 37,7 | 6,7 | - |
| VBe | 0,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0 | - | - |
| Total | 20,4 | 0,0 | 0,0 | 9,4 | 8,9 | 1,7 | 29,2 | 18,2 | 0,0 | 21,0 | 8,4 | 0,4 |

3.6 Habitatstrukturen

Die Datengrundlage zur Berechnung der HS umfasst lebende und tote Bäume der bestockten PF, in welchen insgesamt 387 HS aufgenommen wurden: 236 im Lä-Ar-Wald, 140 im Fi-Wald und 13 im Lä-Pionierwald. Sehr grosse Dürrständer können an sich schon als Habitat angesprochen werden. Die häufigste Baumart unter den erfassten Habitatbäumen ist Arve, gefolgt von Fichte und Lärche (Tabelle 27), wobei diese drei Baumarten ähnlich oft eine HS bzw. mehr als eine HS an einem einzelnen Baum aufweisen. An den anderen Baumarten sind HS selten.

Der Fi-Wald weist mit durchschnittlich 125 HS ha⁻¹ [±47] (an 37 Bäumen pro ha, was 4,1% der Bäume entspricht) am meisten HS auf (Tabelle 28). Ein Baum mit Habitatstrukturen hat hier durchschnittlich 3,3 HS. Im Lä-Ar-Wald kommen mit 94 HS ha⁻¹ [±14] verteilt auf 33 Bäume pro ha anzahlmässig etwas weniger HS und Habitatbäume vor, dies entspricht jedoch einem Habitatbaumanteil an der Stammzahl

von 11,3%, was deutlich höher ist als im Fi-Wald. Im La-Pionierwald sind HS hingegen mit $19 \text{ ha}^{-1} [\pm 8]$ an 5 Bäumen pro ha bzw. einem Stammzahlanteil von 0,9% wesentlich seltener.

Tabelle 27. Anzahl der aufgenommenen Habitatstrukturen nach Baumart und gegliedert nach einer oder mehr als einer HS am selben Baum. Datengrundlage: alle Bäume (lebend und tot) der bestockten PF.

| Art | 1 HS | >1 HS |
|-------|------|-------|
| Fi | 29 | 34 |
| Fo | 0 | 1 |
| Ar | 51 | 46 |
| La | 20 | 18 |
| uN | 4 | 5 |
| ZPa | 0 | 0 |
| HBi | 1 | 3 |
| AEr | 0 | 1 |
| Wd | 0 | 5 |
| VBe | 7 | 12 |
| Total | 112 | 125 |

Im La-Ar- und im Fi-Wald sind die HS «Kronentotholz», «flächige Rindenverletzung» und «Gipfelbruch <50%» am häufigsten, im Fi-Wald ist zusätzlich die HS «Harzfluss» häufig. Im La-Pionierwald ist die HS «flächige Rindenverletzung» am häufigsten. Die häufigen Rindenverletzungen dürften in erster Linie durch Schalenwild verursacht sein, wenn auch fallende Bäume und Steinschlag ebenso dazu beitragen dürften. Kronentotholz tritt v.a. bei Arven häufig auf.

In La-Ar- und Fi-Wald treten Wurzelteller mit einer Dichte von rund 5, resp. 8 Wurzelteller pro ha auf. Dies ist v.a. auf Abrutschen von Bäumen am Steilhang, auf Windwurf und Schneedruck zurückzuführen. Im La-Ar-Wald waren auch Baumgiganten (BHD $\geq 80 \text{ cm}$, $6,9 \text{ ha}^{-1}$), Strünke mit BHD $\geq 36 \text{ cm}$ ($5,7 \text{ ha}^{-1}$), Höhlen mit Mulm ($4,8 \text{ ha}^{-1}$) sowie ein oder mehrere Löcher im Stamm ($6,4 \text{ ha}^{-1}$) häufig. Alle übrigen HS traten selten auf.

HS waren je nach Baumart unterschiedlich häufig. Arven wiesen im Vergleich mit ihrem Stammzahlanteil (Dichte) überdurchschnittlich viele HS auf, Fichten und Lärchen unterdurchschnittlich viele (Abbildung 17). Andere Gehölzarten hatten an allen HS nur einen geringen Anteil. Die HS waren regelmässig über das Reservat verteilt; naturgemäss wiesen baumfreie PF keine HS auf (Abbildung 18). Bäume mit nur einer HS waren räumlich ähnlich verteilt wie solche mit zwei und mehr HS (nicht dargestellt). Die aufgrund des dichteren PF-Netzes grössere Informationsdichte im Teiffe Wald ist bei der Interpretation zu berücksichtigen, denn insbesondere bei seltenen Strukturen wie HS spielt die Netzdichte eine nicht unerhebliche Rolle.

Tabelle 28. Erfasste Habitatstrukturen und deren Dichte pro ha [$\bar{x} \pm SF$], unterteilt nach Stratum. An einem Baum können mehrere HS vorkommen. Datengrundlage: alle Bäume (lebend und tot) der bestockten PF.

| Habitatstruktur | Lä-Ar-Wald | | Fi-Wald | | Lä-Pionierwald | |
|----------------------------------|------------|------|-----------|------|----------------|-----|
| | \bar{x} | SF | \bar{x} | SF | \bar{x} | SF |
| Total Stämme pro ha mit HS | 33,1 | 6,4 | 37,2 | 22,2 | 5,1 | 3,7 |
| Total Stämme pro ha mit 1 HS | 15,7 | 4,2 | 19,9 | 12,1 | 1,7 | 1,7 |
| Total Stämme pro ha mit > 1 HS | 17,4 | 4,3 | 17,3 | 12,2 | 3,4 | 2,3 |
| Gesamtanzahl HS pro ha | 94,2 | 14,2 | 124,6 | 46,9 | 18,6 | 8,0 |
| Bäume BHD \geq 80 cm | 6,9 | 2,0 | 0,7 | 1,1 | - | - |
| Dürrständer mit BHD \geq 80 cm | 0,7 | 0,6 | - | - | - | - |
| Dürrständer mit BHD \geq 36 cm | 1,0 | 0,7 | - | - | - | - |
| Strunk mit BHD \geq 36 cm | 5,7 | 2,1 | 0,7 | 1,1 | - | - |
| Wurzelteller | 4,7 | 2,5 | 8,2 | 6,7 | - | - |
| Kronentotholz < 50% | 20,5 | 4,7 | 34,4 | 25,1 | 1,4 | 1,4 |
| Kronentotholz > 50% | 1,5 | 1,1 | 1,4 | 1,5 | - | - |
| Gipfelbruch < 50% | 14,9 | 3,7 | 17,8 | 9,4 | 1,4 | 1,4 |
| Gipfelbruch > 50% | 2,9 | 1,6 | 5,6 | 3,7 | 2,9 | 2,9 |
| Kronenbruch | 2,0 | 1,0 | - | - | 1,4 | 1,4 |
| Risse und Spalten < 2 m | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 1,1 | - | - |
| Risse und Spalten > 2 m | 1,0 | 0,7 | - | - | - | - |
| Flächige Rindenverletzung | 15,5 | 3,7 | 27,9 | 12,6 | 7,1 | 3,4 |
| Höhle mit Mulm | 4,8 | 1,4 | 0,7 | 1,1 | - | - |
| 1 Loch am Stamm | 3,7 | 1,4 | 3,8 | 2,4 | 1,4 | 1,4 |
| > 1 Loch am Stamm | 2,7 | 1,3 | 2,1 | 1,9 | - | - |
| Hohler Stamm | 1,1 | 0,7 | 1,4 | 2,2 | - | - |
| Konsolenpilze | 0,8 | 0,8 | 1,7 | 1,9 | - | - |
| Harzfluss, Saftfluss | 4,2 | 2,0 | 17,6 | 12,1 | 2,9 | 1,9 |

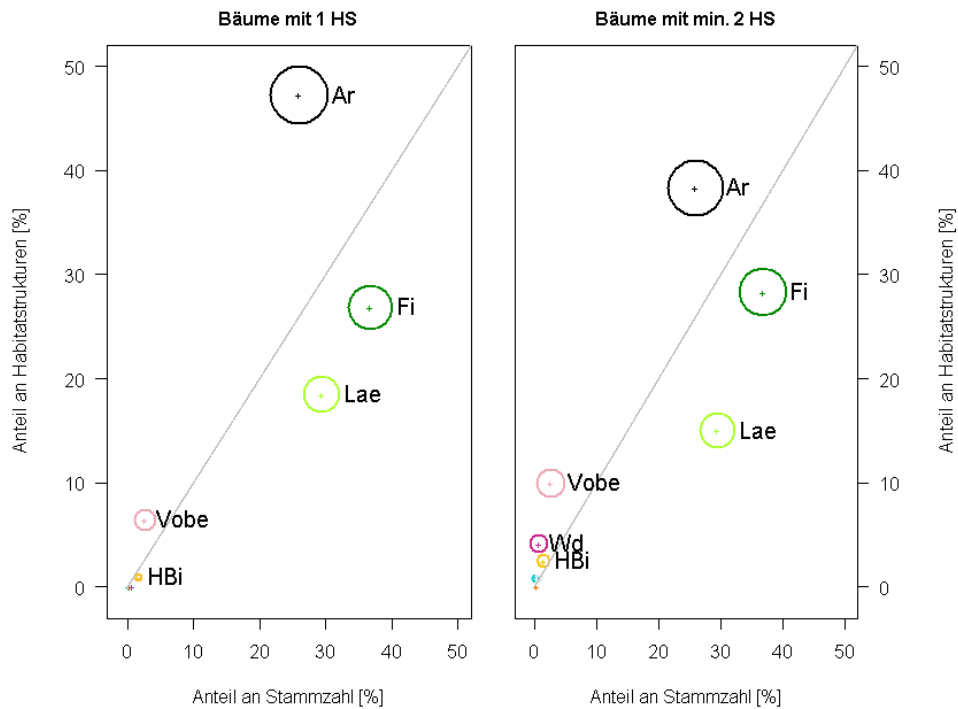


Abbildung 17. Anteil der Baumarten an den HS und an der Stammzahl. Die Kreisgröße entspricht der Wurzel aus der HS Anzahl, welche die jeweilige Art zu allen HS beiträgt. Oberhalb der Geraden liegende Arten tragen überdurchschnittlich zu HS bei, unterhalb liegende unterdurchschnittlich. In der Abbildung nicht aufgeführt ist unbekanntes Nadelholz mit mehr als einer HS. Datengrundlage: nur bestockte PF.

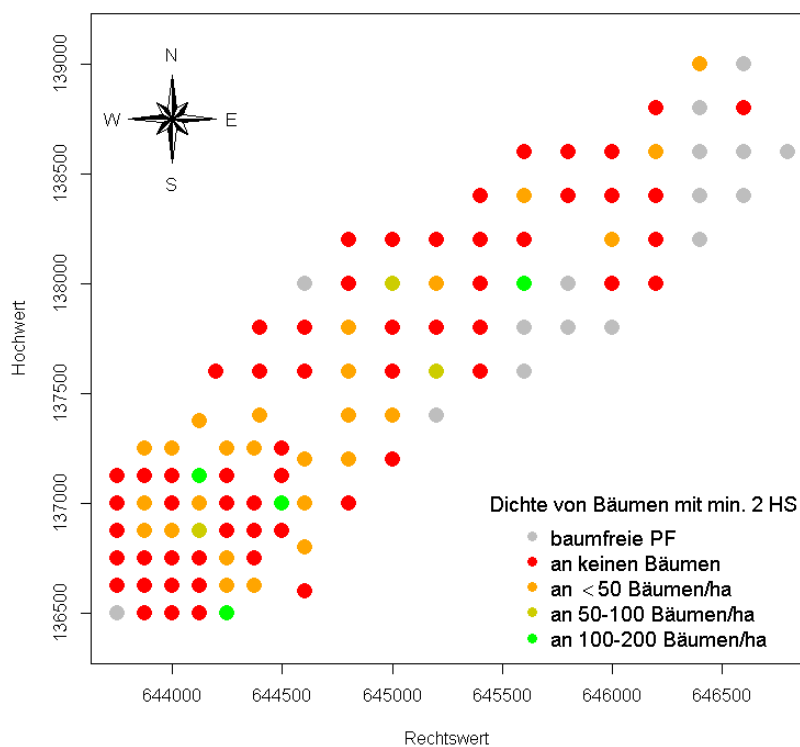


Abbildung 18. Räumliche Verteilung der Dichte der Bäume mit mindestens zwei HS auf den PF im Aletschwaldreservat. Datengrundlage: nur bestockte PF.

4 Diskussion

4.1 Bestandesstruktur

Lebender Bestand

Das Aletschwaldreservat präsentiert dem Besucher drei sehr unterschiedliche Waldbilder. Das wohl bekannteste ist der locker bestockte L-Ar-Wald, durchsetzt von dicken Arven, von denen viele die charakteristische knorrige Wuchsform alter Solitrbume aufweisen. Die Stammzahl von lediglich $293 \text{ ha}^{-1} [\pm 37]$ bestätigt diesen visuellen Eindruck eines locker bestockten Bestandes. Den grösten Anteil an der Stammzahl haben Bäume mit einem mittleren BHD (zwischen 12 und 36 cm), dünne Bäume haben einen Stammzahlanteil von 18% und dicke einen Anteil von 27% (Tabelle 8). Der kleine Anteil dünner Bäume sticht in der Stammzahlverteilung (Abbildung 8) ins Auge, und unterscheidet den L-Ar-Wald deutlich von den beiden anderen Straten. Eine negativ exponentielle Stammzahlverteilung ist charakteristisch für einen Naturwald im ungestörten Gleichgewicht (DeLiocourt 1898, Hough 1932, Cancino & Gadow 2002), oder auch für einen Plenterwald (sehr intensive, kleinflächige Bewirtschaftungsform traditioneller «Bauernwlder»). In beiden Waldarten ist die hohe Anzahl an dünnen Stämmen essentiell für eine nachhaltig gesicherte Bestandesverjungung. Im L-Ar-Wald finden sich in den untersten beiden BHD-Stufen (7–16 cm) lediglich $100,4 \text{ Bäume ha}^{-1}$, was im Hinblick auf die Walderhaltung – also eine erfolgreiche Verjüngung des heutigen Altbestandes – ein sehr tiefer Wert ist. Heute dominiert im L-Ar-Wald die Arve klar die Baumartenmischung, gefolgt von der Lärche, und mit dem geringsten Anteil, der Fichte.

Im Gegensatz dazu presentiert sich der Fi-Wald als ein stammzahlreicher, dichter Bestand mit einer Stammzahl von $895 \text{ ha}^{-1} [\pm 201]$, wovon $436,1 \text{ ha}^{-1}$ (oder 49%) in den zwei kleinsten BHD-Stufen liegen, also einen BHD unter 16 cm besitzen. In diesem Stratum ist das Kriterium einer negativ exponentiellen Stammzahlverteilung annähernd erfüllt (Abbildung 8). Dafür ist im Fi-Wald der Stammzahlanteil dicker Bäume (BHD ≥ 36 cm) mit 10% deutlich kleiner als im L-Ar-Wald, wo dicke Bäume 27% aller lebenden Bäume ausmachen. Der Fi-Wald ist zwar stammzahlreich, aber setzt sich grösstenteils aus Bäumen kleinerer Durchmesserdimensionen zusammen. Hinsichtlich Baumartenmischung dominiert klar die Fichte, gefolgt von der Lärche. Die Arve ist im Fi-Wald die am seltensten vertretene Hauptbaumart.

Im Unterschied zum L-Ar- und Fi-Wald zeigt sich im L-Pionierwald eine klassische Primarsukzession, wie sie typischerweise in von Gletschern freigegebenen Zonen beobachtet werden kann. Bis etwa 1860 waren die Flächen des Pionierwaldes auf der Jungmoräne noch von Eis bedeckt (Holzhauser 1993). Seither entwickelt sich auf den rohen Schuttboden das Pionierstadium des L-Ar-Waldes. Die Stammzahl von $557 \text{ ha}^{-1} [\pm 112]$ und sehr geringe Werte für Grundfläche ($12,8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} [\pm 2,9]$) bzw. Vorrat ($70,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} [\pm 15,4]$) weisen auf eine Bestockung aus vielen kleineren Bäumen hin, typisch für einen jungen Wald. Nur 1,5% der Bäume im L-Pionierwald haben einen BHD ≥ 36 cm. Erstbesiedelnde Geholzpflanzen waren Laubbäume wie Weide, Birke und vereinzelte Zitterpappeln (Ludi 1945), bald gefolgt von der Lärche, welche heute die dominierende Baumart im Pionierwald ist. Fichte und Arve sind erst vereinzelt beigemischt, und fehlen in der grösten Durchmesserklasse noch vollständig.

Im Jahr 1962 waren im alten Perimeter des Aletschwaldes (ohne Teiffe Wald) bei der Vollkluppierung 95% der Bäume Arven und 5% Lärchen (Müller 1966). Der Arvenanteil war also im Vergleich zur SP-Inventur von 2012 wesentlich grösser. Dies ist bedingt durch den starken Einwuchs von Lärchen, v.a. im unteren Teil des Gebiets. Im oberen Teil (Lä-Ar-Wald) dominieren hingegen weiterhin Arven die Verjüngung (Abbildung 11).

Von Natur aus wäre der Waldbestand wohl bis auf die Höhe von Hohfluh und Moosfluh geschlossen (Fischer 1966). Dass dies nicht so ist, liegt wahrscheinlich an der langen Nutzungsgeschichte des Aletschwaldes (Holzgewinnung, Beweidung). Heute beeinflusst der hohe Wildbestand die natürliche Verjüngung und die Wiederbestockung dieser Fläche. Insgesamt jedoch ist der Aletschwald seit der Reservatsgründung zugewachsen, er hat an Holzvorrat und Stammzahlen zugenommen (Heiri & Brang 2011).

Totholz

Totholz spielt im Ökosystem Wald eine wichtige Rolle, denn für viele Arten ist Totholz eine unverzichtbare Lebensgrundlage (Harmon et al. 1986, Samuelsson et al. 1994). Das Vorkommen einer breiten Palette von Pflanzen und Tieren konnte in verschiedenen Studien mit der Totholzverfügbarkeit in Zusammenhang gebracht werden. Aufgeführt werden beispielsweise Vogelarten, welche ihre Nesthöhlen in Dürrständern anlegen (bspw. Spechte), oder xylobionte Insektenarten, welche ihren gesamten Lebenszyklus, oder einen Teil davon, im Totholzsubstrat verbringen. Weltweit sind 20 bis 25% aller Waldarten auf Totholz angewiesen (Larrieu et al 2014). Neben der Menge ist auch die Art (stehend/liegend) und Qualität (Dimension, Zersetzungsgrad) des Totholzes bedeutsam, denn von Totholz abhängige Arten bevorzugen unterschiedliche Mikrohabitate (Heilmann-Clausen & Christensen 2003, Hövemeyer & Schauer mann 2003).

Im Mittel kommen im Aletschwald 30,7 Dürrständer ha^{-1} [$\pm 6,5$] und ein mittlerer Dürrständervorrat von $2,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ [$\pm 1,0$] vor. In Wäldern der Schweiz und der Region Alpen (Tabelle 29; Brändli et al. 2010) sind es etwa dreimal so viel. Gemäss der Studie von Nilsson et al (2002) beträgt der Anteil der Dürrständer an der Gesamtstammzahl in Urwäldern Mittel- und Nordeuropas rund 10%. Mit Werten von 7,5%, 7,9% und 1,8% für Lä-Ar-, Fi- und Lä-Pionierwald erreicht keines der drei Straten im Aletschwald diesen Wert.

Im Aletschwaldreservat setzt sich die gesamte Anzahl an dürren liegenden und stehenden Bäumen von 47 ha^{-1} aus 31 Dürrständern pro ha plus 16 liegenden Stämmen pro ha zusammen (nicht dargestellt). Im Aletschwald hat es also eine höhere Anzahl stehender toter Stämme als liegender. Dies ist ungewöhnlich für Naturwälder, in welchen Dürrständer üblicherweise lediglich 20 bis 40% des gesamten Totholzvorrates ausmachen (Nilsson et al. 2002; Herrmann et al. 2012). In der SPI werden allerdings auch Stöcke mit einer Höhe zwischen 0,5 und 1,3 m als stehendes Totholz erhoben. Diese tragen zwar zur Anzahl Dürrständer bei, leisten aber kaum einen Beitrag zum Dürrständervorrat. Im Lä-Ar-Wald beispielsweise, sind 50% der erhobenen Dürrständer kürzer als 2 m, und 38% kürzer als 1,3 m. Diese hohe Anzahl an sehr kurzen Dürrständern bzw. Baumstümpfen erklärt auch, weshalb sich das Verhältnis zwischen liegendem und stehendem Totholz beim Totholzvorrat deutlich kehrt. Im Lä-Ar-Wald tragen Dürrständer lediglich $3,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ oder 16% zum gesamten

Totholzvorrat von $23,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ bei. Im Fi-Wald beträgt der Dürrständeranteil am Totholzvorrat 14% ($2,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ von insgesamt $19,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), im LÄ-Pionierwald 63%, allerdings ist hier Totholz generell noch sehr spärlich ($0,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ Dürrständervorrat von insgesamt $0,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ Totholz). Im Vergleich mit der Region Alpen (LF13), wo das liegende und stehende Totholz in etwa den gleichen Anteil am Totholzvorrat haben (Brändli et al. 2010), zeigt sich im Aletschwald eine Totholzverteilung, die jener in Ur- und Naturwäldern entspricht, allerdings noch auf einem tiefen Vorrats-Niveau.

Tabelle 29. Totholzvorrat der Schweiz und der Region Alpen gemäss LF13 (Brändli et al. 2010, verändert).

| Totholzvorrat | Alpen | | Schweiz | |
|-------------------------------|------------------------------|----------|------------------------------|----------|
| | $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ | $\pm \%$ | $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ | $\pm \%$ |
| liegende tote Bäume (ab 7 cm) | 13,5 | 6 | 9,5 | 4 |
| Dürrständer (ab BHD 12 cm) | 12,3 | 6 | 12,0 | 4 |
| Total | 25,8 | 5 | 21,5 | 3 |

Der durchschnittliche Totholzvorrat in Naturwäldern liegt zwischen 20 bis $280 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Bütler et al. 2011). Um xylobionten Waldarten gerecht zu werden, schlagen Bütler et al. (2005) einen minimalen Totholzvorrat von 20 - $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ als Zielwert für Wälder in Europa vor. Im Aletschwald liegt der Totholzvorrat im LÄ-Ar-Wald und im Fi-Wald mit $23,8$ bzw. $19,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ erst am unteren Rand dieser Spannweite. Der Anteil des Totholzvorrats am gesamten Vorrat (Tabelle 18) variiert von $2,3\%$ im LÄ-Ar-Wald über $1,3\%$ im Fi-Wald bis $0,7\%$ im LÄ-Pionierwald. Diese Anteile liegen wesentlich tiefer als in Urwäldern Mittel- und Nordeuropas, in welchen der Totholzvorrat 8 bis 12% des Gesamtvorrates beträgt (Nilsson et al. 2002). Und auch in Schweizer Wäldern der oberen subalpinen Vegetationshöhenstufe, welche letztmals vor mindestens 50 Jahren genutzt wurden, beträgt der Totholzanteil immerhin etwa 8% des Gesamtvorrates (Brändli et al. 2010). Auffällig ist im Aletschwald, dass der Grossteil der Dürrständer aus Bäumen mit einem BHD < 36 cm besteht, also aus dünnen Bäumen. Im LÄ-Pionier- und im Fi-Wald sind dies 100% bzw. 99% der Dürrständer, im LÄ-Ar-Wald 70% .

Die meisten Dürrständer im Aletschwald weisen die Festigkeitsstufe 2 («Totholz fest») auf. Dies kann daran liegen, dass sich das stehende Holz im kühlen und trockenen Klima nur langsam zersetzt oder daran, dass die Stämme vor nicht allzu langer Zeit abgestorben sind. Im Aletschwald ist es wahrscheinlich eine Kombination beider Faktoren. Liegendes Totholz weist einen stärkeren Abbaugrad auf (meist Moderholz) als Dürrständer. Dies ist aufgrund der bodennahen Lage (feucht, kühl) nicht verwunderlich. Fortgeschrittene Abbaugrade (Moder- und Mulmholz) machen im LÄ-Ar-Wald bei Dürrständern 6% und beim liegenden Totholz 62% aus, im Fi-Wald sind dies entsprechend 1% und 50% . Da liegendes Totholz in diesen Straten rund 85% des gesamten Totholzvorrates ausmacht, sind die fortgeschrittenen Zersetzungsstadien im Aletschwald wesentlich häufiger vertreten als im Schweizer Durchschnitt. Im Schweizer Wald befindet sich nur etwa 10% des Totholzes in fortgeschrittenen Zersetzungsstadien, dafür über 70% im Stadium beginnender Zersetzung (Frisch- und Hartholz; Brändli et al. 2010).

Der Aletschwald kann nicht auf einem «ungestörten» Totholzvorrat aufbauen, da vor der Reservatsgründung im Aletschwald intensiv Holz genutzt wurde. Noch heute weisen zahlreiche Baumstümpfe mit auffällig glatter Schnittkante auf diese Epoche hin. Mit durchschnittlich $18,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (gesamter Inventurperimeter) liegt der Totholzvorrat

noch unter dem Wert von $25,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, welchen das LFI3 für die Region Alpen erhoben hat. Die Minimalwerte von 20 bis $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, welche für die Förderung von weniger anspruchsvollen Organismen wie Moose, Bodenfauna, xylobionter Arten und verschiedener Vögel nötig sind (Bütler & Lachat 2010) werden in zwei Straten des Aletschwaldes jedoch knapp erreicht – mit Ausnahme des LÄ-Pionierwaldes. Der hohe Anteil an fortgeschrittenen Zersetzungsstadien, welche ökologisch besonders wertvoll aber in bewirtschafteten Wäldern selten sind, hebt den Aletschwald dafür deutlich vom durchschnittlichen Schweizer Wald ab.

Verjüngung

Verjüngungsdichte

Der Schweizer Wald wird im Allgemeinen wegen mangelnder Verjüngung zunehmend dichter und älter, der Aufbau der Altersklassen ist daher nicht nachhaltig (Duc & Brang 2003). Schwierigkeiten der Verjüngung können vor allem in der Ansamlungs- und Aufwuchsphase auftreten, in der die Jungpflanzen mit Vegetationskonkurrenz, Pilzen, Frass durch Tiere, Licht- und Wärmemangel, Frost, Trockenheit und Schnee konfrontiert sind. Im Aletschwald sind wohl die Faktoren Schnee, Kälte und Tierfrass von Bedeutung, zu einem geringeren Mass Vegetationskonkurrenz. Dennoch gibt es total (über alle erhobenen PF gerechnet) etwa 4900 Jungbäume (zwischen 10 cm Höhe und BHD <7 cm) pro ha, wovon 33% Arven, 17% Lärchen und 6% Fichten sind; der Rest sind Nebenbaumarten wie Vogelbeere, Alpenerle oder Weiden. Die Artenanteile verändern sich, wenn nur der Aufwuchs (BHD 0,1 bis <7 cm) berücksichtigt wird, zu 35% Arven, 39% Lärchen und 25% Fichten – hier dominieren klar die drei Hauptbaumarten.

Duc & Brang (2003) schlagen für Gebirgspflenterwälder mit kleinflächiger Verjüngung und dauerhafter Schutzwirkung Verjüngungs-Sollwerte von 1080 Bäumchen pro ha (BHD 0–12 cm), 30 Einwüchsen pro ha und 10 Jahren über die Kluppschwelle von 12 cm sowie einen minimalen Jungwald-Deckungsgrad von 1 % vor, jeweils mit Baumartenanteilen von mindestens 20 % Lärche und 20 % Arve. Sie gehen dabei von einem Anteil von 60 % überhaupt von Bäumen bestockbarer Waldfläche im LÄ-Ar-Wald aus; die genannten Sollwerte berücksichtigen also bereits, dass im LÄ-Ar-Wald nicht die ganze Fläche waldfähig ist. Zur Festlegung solcher Sollwerte sind zwar immer teils unsichere Annahmen zu treffen, und in einem Waldreservat kann der Verjüngungsstandard niedriger sein als in einem Gebirgspflenterwald. Die Werte im Aletschwald liegen aber, was den Wert von 1080 ha^{-1} betrifft, etwa um das Fünffache unter dem Sollwert, wenn man die Daten der BHD-Stufe 7–11 cm (Abbildung 8, erste Säule) und die der Verjüngung von 130 cm Höhe bis BHD < 7 cm (Abbildung 12) kombiniert. Lediglich die Vorgabe, dass Lärche und Arve je mindestens 20% Stammzahlanteil an der Verjüngung haben sollen, wird im Aletschwald übertroffen.

Duc & Brang (2003) werteten zudem Jungwald-Stammzahlen des LFI2 aus. In LÄ-Ar-Wäldern in den Produktionsregionen Alpen Südwest und Alpen Südost fanden sie etwa 900 Bäumchen pro ha mit einer Baumhöhe von 10 bis 39 cm und etwa 700 ha^{-1} mit einer Höhe von 40 bis 129 cm. Nur etwa 500 ha^{-1} erreichten eine Baumhöhe von 130 cm und fielen damit in die Klasse der Bäumchen von 0 bis 12 cm BHD. Die Verjüngung im LÄ-Ar-Wald der Regionen Alpen Südwest und Südost verfehlte also den Sollwert von 1080 ha^{-1} . Im Vergleich zur Verjüngung in der Region Alpen Südwest und

Südost ist die Verjüngung in der kleinsten Klasse (10–39 cm Höhe) im LÄ-Ar-Wald im Aletschwald mit knapp 4000 Bäumchen pro ha sehr dicht. Jedoch haben nur noch 500 ha⁻¹ eine Grösse von bis zu 129 cm und sogar nur 172 ha⁻¹ erreichen eine Grösse von >130 cm bis und mit BHD <12 cm. Der Sollwert von 1080 ha⁻¹ wird also weit verfehlt. Auch der Sollwert für den Fi-Wald von 1120 Bäumchen pro ha (BHD 0–12 cm; Duc & Brang 2003) wird im Aletschwald mit 687 ha⁻¹ nicht erreicht.

Sollstammzahlen für kleine Bäumchen für Fi- und LÄ-Ar-Wälder können einer gutachterlichen Studie des Kantons Graubünden entnommen werden (Bühler 2005). Die Studie verlangt 2000 Bäumchen pro ha in der Höhenklasse 10 bis 130 cm, sowie dass die Hauptbaumarten der Waldgesellschaften mit mindestens 10% an der Stammzahl beteiligt sein sollen. Diese Stammzahl und der Anteil der Hauptbaumarten bei diesen kleinen Bäumchen werden im Aletschwald mit mehr als 4100 ha⁻¹ weit überschritten. Die Verjüngung im LÄ-Pionierwald liegt mit 5440 ha⁻¹ der Grösse 10 bis 129 cm sogar weit darüber. Diese Betrachtungsweise berücksichtigt jedoch nicht, dass für eine erfolgreiche Waldverjüngung die Bäumchen auch in den Klassen über 130 cm Höhe in ausreichender Anzahl vorhanden sein müssen.

In einer Bachelor-Arbeit wurde mittels SP-Inventur eine Verjüngungs- und Wildschadensanalyse im Aletschwald durchgeführt (Fuchs 2011). Fuchs' Vergleich der Ist- mit den Sollstammzahlen der Verjüngung zeigt – übereinstimmend mit unseren Resultaten aus der SP-Inventur – eine üppige Verjüngung in den kleinen Grössenklassen (in seiner Arbeit 5–100 cm Höhe), dies besonders ausgeprägt bei der Arve. Bei Bäumen >100 cm Höhe erreicht hingegen keine der drei Nadelbaumarten mehr die nötigen Sollstammzahlen. Die Analysen zur Stammzahlentwicklung decken sich mit den in seiner Verbissanalyse gefundenen Ergebnissen. Daraus schliesst Fuchs (2011), dass zwar der Anwuchs (Bäumchen mit 10–40 cm Gesamthöhe) im Aletschwald sehr gut funktioniert, die Mortalität beim Aufwuchs (Bäumchen von 40 cm Gesamthöhe bis 12 cm BHD) dagegen ausgesprochen hoch ist.

Die Stammzahl der Verjüngung nimmt also im Aletschwald von den kleinen zu den grossen Bäumchen viel stärker ab als in LÄ-Ar-Wäldern gemäss LFI2. Während die ökologischen Bedingungen für den Anwuchs überdurchschnittlich gut sind, findet der Aufwuchs kaum statt. Im Fi-Wald und verstärkt im LÄ-Pionierwald sind die Bedingungen für den Aufwuchs des Jungwaldes, gemessen an der Zahl der gefundenen Jungpflanzen, besser.

Spezialfall Weidenarten

In der kleinsten Grössenklasse der Verjüngung stellen Weiden im LÄ-Ar-Wald und LÄ-Pionierwald anteilig die meisten Bäumchen, allerdings bei ausgeprägter Heterogenität. In den höheren Grössenklassen kommt die Weide kaum noch vor. Ein Problem bei der Aufnahme der Weiden ist die korrekte Artbestimmung. Es ist davon auszugehen, dass das Vorkommen von Weidenverjüngung überschätzt wird, indem auch niedrig und strauchartig wachsende Weiden aufgenommen wurden, die eine Höhe von >40 cm erreichen können, aber nicht baumförmig werden. Dies ist aber im Stadium von Jungpflanzen kaum zu unterscheiden.

Standortbedingungen

Ein häufiger Grund, weshalb die Baumverjüngung im Schweizer Wald nicht in ausreichender Dichte vorkommt, ist Licht- und Wärmemangel. Die Inventurresultate aus dem Aletschwald zeigen aber, dass weder fehlendes Licht (offene Bestandesstrukturen, tiefe Stammzahlen), starke Konkurrenz durch die Bodenvegetation (viele PF ohne oder nur mit wenig Bodenbedeckung) noch das Fehlen von verjüngungsgünstigen Standorten (ausreichend liegendes Totholz und Wurzelstöcke) für den markanten Rückgang der Verjüngungsdichte mit zunehmender Pflanzengrösse verantwortlich sein können (vgl. Kap. 3.5 - STANDORTBEDINGUNGEN).

Wildeinfluss

Die Verbissintensität ist der Anteil verbissener Gipfeltriebe an der Gesamtstammzahl der Verjüngung im Vegetationsjahr vor dem Aufnahmezeitpunkt (Rüegg et al. 2010). Die kritische Verbissintensität bezeichnet den Grenzwert, bei dessen Überschreiten der Anteil einer Baumart im Aufwuchs Verbiss bedingt abnimmt (Rüegg et al. 2010). Um Verbiss bedingte Verschiebungen der Baumartenzusammensetzung oder Verluste einzelner Baumarten zu vermeiden, soll der Verbiss langfristig unterhalb der kritischen Verbissintensität liegen. Ob die unter montanen Verhältnissen abgeleiteten Grenzwerte auch für den subalpinen Aletschwald gelten, muss offen bleiben.

Eiberle & Nigg (1987) gehen von einem Grenzwert der Verbissintensität von 12% für die Fichte und 22% für die Lärche aus. Für Arve wurde noch kein belastbarer Grenzwert hergeleitet. Im Aletschwald liegt die Verbissintensität bei den Jungpflanzen (10 cm Höhe bis BHD < 7 cm) von Fichte und Lärche mit 3% bzw. 6% deutlich unter dem Grenzwert (Tabelle 30).

In der vorliegenden Arbeit wurde der Jahresverbiss nur als solcher angegeben, wenn der aktuelle Jahrestrieb abgefressen war. Wurde ein Leittrieb sichtbar mehrfach verbissen, wurde ausschliesslich Mehrfachverbiss angegeben, und nicht zusätzlich Jahresverbiss. Daher wurde Jahresverbiss unterschätzt. Mehrfachverbiss zeigen 17% aller Jungpflanzen (Tabelle 26), und er tritt besonders häufig auf bei den übrigen Baumarten (Weide, Hängebirke, Zitterpappel), wobei hier die Datengrundlage nicht ausreicht, um statistisch belastbare Aussagen zu treffen. Unter den Hauptbaumarten wurden Lärchen am häufigsten mehrfach verbissen (8%), gefolgt von Fichten (5%) und Arven (1%). Der häufige Jahresverbiss an Arven (60%) bei gleichzeitig seltenem Mehrfachverbiss ist nicht plausibel. Eventuell können Arven an etwa gleicher Stelle einen neuen Jahrestrieb bilden, ohne dass dies klar erkennbar ist, womit bei Arve der Mehrfachverbiss klar unterschätzt würde.

Im Vergleich zur Situation in der gesamten Region Alpen (Tabelle 30, Mittelwert 4%) ist die Verbissintensität bei Lärche und Arve im Aletschwald (wesentlich) geringer, bei Fichte jedoch fast doppelt so hoch. Zwischen den Straten zeigt sich aber ein sehr unterschiedliches Bild. Im Fi-Wald scheint die Verjüngung von Fichte und Lärche nicht stark durch das Wild beeinträchtigt zu werden. Obwohl im Fi-Wald Einstandsgebiete liegen, scheint hier die Verjüngung des Waldes recht natürlich und mit 4500 Bäumchen pro ha auch ausreichend zu sein. Die Lärche scheint sich im ganzen Aletschwald überall ausreichend zu verjüngen und der Verbiss bleibt weit unter dem kritischen Wert für das Aufwachsen von Verjüngung und unter der Verbissintensität in der Region Alpen. Im gesamten NWR können sich auch die Fichte und die Arve ausreichend verjüngen.

Diese Werte können darüber hinweg täuschen, dass der Wildeinfluss zwischen den Straten sehr unterschiedlich ist. So liegt beispielsweise die Verbissintensität von Arve im Fi-Wald und der Fichte im L-Pionierwald deutlich über den Werten, welche im LFI3 für den Alpenraum gefunden wurden (Tabelle 30).

Tabelle 30. Verbissintensität (Jahresverbiss) an den Hauptbaumarten (10–129 cm Höhe) in den Straten und im Vergleich zur Region Alpen. – = keine Bäume dieser Grösse und Art aufgenommen; grau hinterlegt = Datengrundlage N < 20 (Daten zu „Alpen“ aus LFI3 Brändli et al. (2010), kritischer Wert von Eiberle & Nigg 1987).

| | L-Ar-Wald [%] | Fi-Wald [%] | L-Pionierwald [%] | NWR Aletschwald [%] | Alpen [%] | Kritischer Wert [%] |
|-------|-------------------|----------------|-----------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| Fi | 0,0 | 0,0 | 11,0 | 9,5 | 5,0 | 12 |
| Ar | 6,4 | 52,9 | 0,0 | 2,2 | 3,5 | |
| L | 0,0 | 4,1 | 0,0 | 2,2 | 15,9 | 22 |
| Total | 2,8 | 9,4 | 4,0 | 3,9 | 18,5 | |

Gesamthaft betrachtet übersteigt der Jahresverbiss der Jungpflanzen den kritischen Schwellenwert von 12% verbissener Endtriebe pro Jahr (für Fichte und Weisstanne aus Eiberle & Nigg 1987) nicht. Von den 4873 Jungpflanzen ha⁻¹ (10 cm Höhe – BHD < 7 cm) sind 3,7% aktuell und 18% mehrfach verbissen. Aufgrund des starken Mehrfachverbisses ist anzunehmen, dass dieser zu einer dauerhaften Verminderung der Waldverjüngung führt. Darauf deutet die sehr ausgeprägte Stammzahlabnahme mit zunehmender Grösse der Verjüngungspflanzen hin (Abbildung 12). Nach Fuchs (2011) werden die Bäume vor allem von Hirsch und Gämse, aber auch von Schneehase und Birkwild verbissen.

Neben dem Verbiss beeinflusst Schalenwild die Waldverjüngung auch durch Schlagen und Fegen. Solche Schäden werden in der SPI zwar nicht separat ausgewiesen, allerdings wurden Schlag- und Fegschaden während den Erhebungen häufig beobachtet, und viele der als Rindenverletzung erfassten HS sind drauf zurück zu führen. Es ist davon auszugehen, dass der seit langem starke Wildeinfluss auf die Verjüngung (Albrecht 1987) die Wiederbewaldung des Reservats nach dem Ausschluss der Beweidung im Jahr 1933 stark verzögert hat und weiter verzögern wird. Ohne den jahrzehntelangen starken Wildeinfluss wäre der Wald heute sehr wahrscheinlich dichter.

Spezialfall Pyramidenfichte

Die Aufnahmemethode von Verbiss schliesst das Aufnehmen eines älteren einmaligen Verbisses aus, ebenso wie den seitlichen Verbiss. Seitlicher Verbiss ist vor allem bei Fichten im L-Pionierwald sehr ausgeprägt und führt zu Pyramiden-förmigen Fichten mit vielen Endtrieben, verzögertem Höhenwachstum und wahrscheinlich erhöhter Baummortalität. Gelingt es der Fichte, den unteren Kronenbereich genügend in die Breite wachsen zu lassen, verhindert sie damit, dass das Wild den Haupttrieb weiterhin abasen kann (Schutzmechanismus). Dies ermöglicht es dem Endtrieb, in die Höhe zu wachsen und eine reguläre Baumkrone zu entfalten; nur der Kronenbereich am Stammfuss wird weiterhin abgefressen (Abbildung 19).



Abbildung 19. Verbissene Pyramiden-förmige Fichten mit Fichtennadelblasenrost (*Chrysomyxa rhododendri*) im Lä-Pionierwald.

Habitatstrukturen

Naturwaldreservate wie der Aletschwald spielen aufgrund ihrer lückigen Bestandesstruktur und ihres vielfältigen Lebensraumangebotes eine Schlüsselrolle bei der Erhaltung der Biodiversität (Vuidot et al. 2011). Mittels der Betrachtung von HS in einem Waldbestand können Aussagen über dessen Habitateignung gemacht werden (Winter & Möller 2008). Im Vergleich zu bewirtschafteten Lärchen-Arvenwäldern kann der Aletschwald mit seiner ökologischen Ausstattung, wie beispielsweise den zahlreichen und diversen HS und einer grossen Dichte an Giganten als ökologisch sehr wertvoller Lebensraum betrachtet werden.

Der höchste Stammzahlanteil von Bäumen (lebend und tot) mit HS findet sich im Lä-Ar-Wald (10,5%), wo insbesondere Kronentotholz, Gipfelbrüche und Rindenverletzungen häufig sind. Die Rindenverletzungen sind zum Grossteil verursacht durch Wild und zu einem kleinen Teil auch durch Steinschlag, das Reiben von Ästen oder Stämmen aneinander oder frühere menschliche Nutzung der Bäume (insb. Schindelfenster). Gipfelbrüche werden vor allem durch Wind und Schneedruck verursacht. Kronentotholz kann aufgrund der generell harschen Bedingungen entstehen, an kleineren Bäumen zusätzlich durch Wild-Fegeschäden. Im Fi-Wald haben lediglich 3,8% aller Bäume mindestens eine HS, im Lä-Pionierwald 0,9%.

Die HS-Dichte ist im Fi-Wald am höchsten mit etwa 125 HS ha^{-1} , gefolgt vom LÄ-Ar-Wald mit 95 HS ha^{-1} . Im LÄ-Pionierwald ist natürlicherweise die Dichte wie auch schon der Anteil der Bäume mit HS gering, was auf das geringe Alter und somit den kleinen Umfang der Bäume zurückzuführen ist. Ökologisch wertvolle Baummerkmale wie raurissige Borke, dürre Äste, Bruch- und Faulstellen, starke Astgabeln und Höhlen bilden sich meist erst ab einem gewissen Baumalter und Stammdurchmesser (Larrieu et al. 2014). Die häufigste HS im LÄ-Pionierwald sind flächige Rindenverletzungen, von welchen in diesem Stratum $7,1 \text{ ha}^{-1}$ vorkommen. Die Ursache der Rindenverletzung im LÄ-Pionierwald ist meist Schlagen oder Fegen durch Wild.

Höhlen im Allgemeinen und v.a. Höhlen mit Mulmkörper gelten als besonders wertvolle Mikrohabitate (Winter & Möller 2008). Sie sind besiedelt von Pilzen, die in den Exkrementen und anderen Resten von Bewohnern wie Insekten, Vögeln und Säugetieren ihr Habitat finden. Die Entwicklung von Mulmhöhlen kann Jahrzehnte dauern (Jönsson et al. 2004). Eine Höhle pro ha sollte laut Vallauri et al. (2002) in einem Waldbestand vorhanden sein, um spezialisierten Arten ein Habitat zu sichern. Optimal wären 10 bis 20 Bäume/ha mit mindestens einer Höhle pro Baum, wobei Vallauri et al. (2002) nicht zwischen Höhlen mit/ohne Mulm und Löchern am Stamm unterscheiden. Im LÄ-Ar-Wald finden sich pro ha 4,8 Höhlen mit Mulm sowie mindestens 6,4 Löcher im Stamm (eines oder mehrere). Über alle drei Merkmale betrachtet (Höhle mit Mulm, ein Loch im Stamm bzw. mehr als eines) finden sich im LÄ-Ar-Wald 10,7 Bäume pro ha [$\pm 2,6$], welche mindestens eines dieser Merkmale aufweisen. Im Fi-Wald sind es 5,9 [$\pm 2,8$] und im LÄ-Pionierwald 1,4 [$\pm 1,4$]. Somit erfüllen alle drei Straten im Aletschwald die Minimalanforderung von Vallauri et al. (2002) von einer Höhle pro ha. Das von ihnen formulierte Optimum von 10 bis 20 Bäumen pro ha mit mindestens einer Höhle erreicht nur der LÄ-Ar-Wald, die beiden anderen Straten liegen klar unter diesem Schwellenwert. Die meisten der im Aletschwald gefundenen Höhlen und Löcher sind auf natürliche Weise entstanden, auffällig viele jedoch auch durch anthropogene Nutzung (Schindelfenster). Bei der Erfassung dieser Merkmale wurde jedoch nicht unterschieden, ob die Löcher natürlich oder anthropogen bedingt sind, weshalb dazu keine detaillierten Angaben gemacht werden können.

Bei einer Gegenüberstellung der HS der Straten im Aletschwald, der Region Alpen und der Schweiz (Tabelle 31) fällt auf, dass der Aletschwald weniger HS oder «Schäden» (Bezeichnung im LFI3) aufweist, als im LFI3 erfasst wurden. Allerdings ist ein direkter Vergleich nicht ganz zulässig, da in LFI3 Merkmale erhoben wurden, welche in den NWR nicht betrachtet werden, wie beispielsweise Krebs, Rindennekrose, Einschlüsse oder was im LFI unter «diverse Schäden» zusammengefasst wird. Diese Kategorien machen im LFI3 für die Region Alpen immerhin 3,4% aus, gesamtschweizerisch 3,5%. Zudem werden im LFI3 Dürrständer als HS erfasst, in der SPI jedoch separat als Totholzmerkmal, weshalb sich die Werte für «Bäume ohne HS» nicht direkt zwischen der SPI und dem LFI3 vergleichen lassen. Der Anteil Dürrständer ist in der Tabelle 31 für die SPI separat aufgeführt.

Tabelle 31. Stammzahlanteile an der Gesamtstammzahl (lebend und tot) wichtiger Habitatstrukturen der drei Straten im NWR Aletschwald sowie Vergleichswerte für die Region Alpen sowie der ganzen Schweiz aus dem LFI 3 (Schwyzer et al. 2010). In einzelnen Kategorien ist die direkte Vergleichbarkeit nicht gegeben, die jeweilige Einschränkung wird in der entsprechenden Fussnote erklärt.

| | Lä-Ar-Wald | Fi-Wald | Lä-Pionierwald | Alpen | Schweiz |
|--|------------|---------|----------------|-------|---------|
| | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] |
| Bäume ohne HS ¹ | 88,7 | 95,8 | 99,1 | 66,9 | 70,3 |
| eine sichtbare HS | 5,4 | 2,2 | 0,3 | 17,6 | 16,6 |
| zwei oder mehr sichtbare HS ² | 5,9 | 1,9 | 0,6 | 5,5 | 5,0 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| <i>Ausgewählte HS:</i> | | | | | |
| Flächige Rindenverletzung | 5,3 | 3,1 | 1,3 | 12,5 | 12,7 |
| Risse, Leiste | 0,5 | 0,1 | 0,0 | 0,7 | 0,8 |
| Gipfelbruch | 6,1 | 2,6 | 0,8 | 1,9 | 1,7 |
| Harzfluss | 1,4 | 2,0 | 0,5 | 7,2 | 4,6 |
| Gipfeldürr | 7,5 | 4,0 | 0,3 | 0,8 | 1,0 |
| Tote Bäume ³ | 7,0 | 7,4 | 1,8 | 9,1 | 7,6 |

¹ Die Kategorie «Bäume mit HS» beinhaltet im LFI3 auch Dürrständer, während diese in der SPI nicht direkt als HS geführt werden und für einen direkten Vergleich von «Bäumen ohne HS» abgezogen werden müssten.

² Im LFI3 werden höchstens zwei Schäden pro Baum erfasst, in der SPI hingegen alle sichtbaren HS.

³ Die Kategorie «tote Bäume» beinhaltet im LFI3 stehendes und liegendes Totholz, während in den angegebenen Werten der SPI nur der Stammzahlanteil des stehenden Totholzes berücksichtigt wird.

Die HS sind nicht an allen Baumarten gleich häufig. Basierend auf den jeweiligen Stammzahlanteilen, weisen im Aletschwaldreservat Arven überdurchschnittlich viele Habitatbäume auf, Fichten und Lärchen sind leicht unterdurchschnittlich vertreten.

Giganten, d.h. Bäume mit einem BHD von mindestens 80 cm, sind ökologisch besonders wertvoll. Wegen ihres grossen Holzvolumens, der dicken Borke und der meist sehr mächtigen und stark strukturierten Krone bieten sie Habitate für viele Tiere und Insekten (Bütler & Lachat 2010). Zudem weisen Giganten generell mehr HS auf als weniger mächtige Bäume (Vuidot et al. 2011, Larrieu et al. 2014), was zu ihrem grossen ökologischen Wert beiträgt.

Im Aletschwaldreservat finden sich Giganten lediglich im Lä-Ar-Wald, hier sind sie allerdings mit $6,9 \text{ ha}^{-1}$ [$\pm 2,0$] bereits relativ häufig. Kaum nennenswert sind die 0,7 Giganten pro ha [$\pm 1,1$] im Fi-Wald, und im Lä-Pionierwald fehlen Giganten vollständig. In vergleichbaren (d.h. nicht von Bergföhren dominierten) Kernflächen im Schweizerischen Nationalpark steht weniger als 1 Gigant pro ha (Kennzahlen aus Ertragskundedaten, Ertragskunde WSL 2013). Dies ist allerdings wenig erstaunlich, weil die Nutzungen im Nationalpark viel intensiver (Kahlschlagwirtschaft) waren als im Aletschwald (Brang et al. 2011). Der Wald im Nationalpark ist somit verhältnismässig jung. Der Aletschwald hat einen grossen Vorsprung in der Entwicklung des Stratums Lä-Ar-Wald, da die Nutzungsintensität aufgrund der topographischen Lage hier geringer war. Grosse Holzschläge wurden bis 1850 im unteren Bereich des Aletschwaldes ausgeführt, wobei der damalige untere Bereich heute im zentralen Teil des Waldreservates liegt. Die jetzigen unteren Pionierflächen waren um 1850 noch mit Eis bedeckt. Im oberen Waldbereich des Lä-Ar-Waldes war Flössung unmöglich, weshalb v.a. kleinere und mittlere Stämme genutzt wurden, die mit menschlicher Kraft oder Tieren aufwärts über die Riederfurka transportiert wurden (Fischer 1966). Bei

dieser selektiven Nutzung wurden mitteldicke, qualitativ hochwertige Bäume bevorzugt. Mächtige und kranke/geschädigte Bäume wurden damals stehen gelassen und stehen heute als wertvolle Habitatbäume im Aletschwald. Das Bild des markanten knorrigen Aletschwald-Bestandes entspricht somit nicht unbedingt einem natürlichen Waldbild für den Lärchen-Arven-Wald, sondern ist zu einem weiten Teil durch die Nutzungsgeschichte mitgestaltet worden (Fischer 1966).

In wirtschaftlich genutzten Wäldern sind Giganten wesentlich seltener als im Aletschwald. Im ganzen Schweizer Wald liegt die Gigantendichte bei $1,5 \text{ ha}^{-1}$ (Brändli et al. 2010), wird nur die obersubalpine Stufe betrachtet sind es $2,2 \text{ ha}^{-1}$. In Plenterwäldern können die Bäume je nach Zieldurchmesser ebenfalls BHDs von bis zu 130 cm erreichen. In Röthenbach i.E./BE, einem seit jeher durch Plenterung genutzten Weisstannenwald, stehen bis 10 Giganten pro ha, also ähnlich viele wie im Aletschwald. Im Fi-Lä-Ar-Wald Gian d'Alva bei St. Moritz/GR, welcher ebenfalls eine ausgeprägte Plenterstruktur aufweist, fehlen hingegen Giganten (Kennzahlen aus Ertragskundedaten, Ertragskunde WSL 2013). Der ökologische Wert der in Plenterwäldern vorhandenen Giganten ist jedoch im Vergleich zu Naturwaldreservaten gering. Nur Bäume mit guter Stammqualität ohne Löcher, Risse, Verletzungen und Totholz werden dort stehen gelassen, sie weisen somit wenig bis keine HS auf.

Die von der Höhenstufe, nicht aber vom Waldtyp her ähnlichen NWR Derborence ($9,8 \text{ Giganten pro ha}$) und Scatlè (8 ha^{-1}) erreichen ähnliche Giganten-Dichten wie der Lä-Ar-Wald im Aletschwald (Tabelle 32). Charakteristisch für mittel- und nordeuropäische Naturwälder sind 10-20 Giganten pro ha (Nilsson et al. 2002, Heiri et al. 2012). Die beobachteten Dichten in Schweizer Naturwäldern im Generellen bzw. im Lä-Ar-Wald im Aletschwaldreservat im Speziellen liegen somit noch knapp unter diesem Wertebereich. Die geringe Gigantendichte im Lä-Pionierwald und im Fi-Wald ist wohl auf die relativ jungen Baumalter zurückzuführen.

Tabelle 32: Kennzahlen ausgewählter NWR. KF = Kernflächenaufnahme, VK = Vollkluppierung, SP = Stichprobeninventur. Kluppschwelle: KF/VK BHD $\geq 12 \text{ cm}$; SP $\geq 7 \text{ cm}$ (aus Heiri et al. 2012, verändert).

| NWR (Waldtyp) | Inventur- methode | letzte Nutzung [Jahre] | Stammzahl lebend [N ha ⁻¹] | Grundfläche lebend [m ² ha ⁻¹] | Stammzahl Dürrständer [N ha ⁻¹] | Giganten BHD $\geq 80 \text{ cm}$ [N ha ⁻¹] |
|---------------------------------|----------------------|------------------------------|--|---|---|---|
| Bödmerenwald (Fi-Wald) | KF | >50 | 240 | 45,7 | 30 | 6,9 |
| Nationalpark (Fi-Wald) | KF | >50 | 403 | 32,5 | 18 | 0,0 |
| Scatlè (Fi-Wald) | KF | >50 | 269 | 42,0 | 32 | 8,0 |
| Derborence (Ta-Fi-Wald) | VK | >50 | 283 | 31,6 | 10 | 9,8 |
| Aletschwald (Fi-Wald) | SP | >50 | 619 | 33,9 | 71 | 0,7 |
| Aletschwald (Lä-Ar-Wald) | SP | >50 | 239 | 25,0 | 23 | 6,9 |
| Aletschwald (Lä-Pionierwald) | SP | >50 | 320 | 11,3 | 11 | 0,0 |

Die gefundenen Dichten der HS sind aus mehreren Gründen mit Vorsicht zu interpretieren. Erstens besteht bei der Ansprache der HS, trotz klaren Definitionen (Tinner et al. 2012), ein gewisser Ermessensspielraum. Zweitens hängt die Häufigkeit der HS stark von der Aufnahmegrenze ab. Mindestgrößen wurden 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 – sofern diese vom Boden aus sichtbar sind. Drittens unterscheiden sich der Katalog und die Definition der aufgenommenen HS in den meisten Studien leicht, was Vergleiche erschwert. Die vom LFI aufgenommenen Merkmale, dort als Schäden beschrieben, sind einigermaßen vergleichbar, obschon auch hier der Merkmalskatalog nicht ganz übereinstimmt, und die Kluppschwelle für die Erfassung bei 12 cm liegt, im Gegensatz zur SPI im Aletschwald, wo bei allen Bäumen ab 7 cm BHD auch HS erfasst werden. Bei den Aufnahmen des LFI wurden zudem maximal zwei HS pro Baum aufgenommen, bei der SPI im Aletschwald jedoch alle sichtbaren.

4.2 Naturnähe des NWR Aletschwald

Der Vergleich von Bestandeskennzahlen zwischen dem Aletschwald und bewirtschafteten sowie Ur- und Naturwäldern erlaubt eine Einschätzung seiner Naturnähe. Dabei sind Bestandesdichten und Baumartenzusammensetzung sowie Merkmale zur Habitatqualität von besonderem Interesse. Lebende Baumriesen («Giganten») und grosse Mengen an stehendem und liegendem Totholz sind dabei typische Merkmale von Urwäldern und können für die Beurteilung der Habitatqualität sowie als Indikator für die Naturnähe von Waldreservaten dienen (Christensen et al. 2005, McElhinny et al. 2005, Oheimb et al. 2005).

Der Aletschwald ist geprägt von den Baumarten des Naturwaldes (Arve, Lärche, Fichte, Laubbäume wie Hängebirke und Zitterpappel), wobei Arve und Lärche im LÄ-Ar-Wald dominieren, die Fichte und Lärche im Fi-Wald und die Lärche, zusammen mit diversen Laubbaumarten insb. in den kleinen Durchmesserbereichen im LÄ-Pionierwald. Die Bestandesstruktur ist vielfältig; es treten mehrere Entwicklungsphasen parallel auf. Es gibt viele Gebiete mit Jungwald und Wald in der Optimalphase, dem Altbestand, aber es gibt kleinräumig auch einige Stellen, die in der Zerfallsphase sind. Diese sind durch Windwurf, viel Totholz und stellenweise einer vielfältigen Verjüngung geprägt. Dieses Nebeneinander ist charakteristisch für die Entwicklung hin zu einer natürlichen Walddynamik. Insgesamt ist die Bestandesdichte in weiten Teilen des Aletschwaldes jedoch relativ niedrig, insbesondere im LÄ-Ar-Wald. Hinsichtlich der Verjüngung liegen die Stammzahlen insbesondere im LÄ-Ar-Wald deutlich unter Sollwerten, welche für eine nachhaltige Waldverjüngung nötig sind und die Durchmesserverteilung unterscheidet sich in den kleinen Durchmessern diametral von den stark negativ exponentiellen Durchmessercurven, welche für Natur- und Urwälder im Gleichgewicht typisch sind. Sollte sich die Verjüngungsdichte bis zur nächsten Inventur in rund 20 Jahren nicht deutlich erhöhen, schätzen wir die nachhaltige Walderhaltung als gefährdet ein.

Giganten sind im LÄ-Ar-Wald bereits relativ häufig. Mit knapp 7 Giganten pro ha ist die Gigantendichte hier ähnlich hoch wie in anderen Schweizer Gebirgswaldreservaten (Derborence und Scatlè) und sie liegt schon sehr nahe an Werten die typischerweise in Europäischen Urwäldern gefunden werden. Im Fi-Wald und insbesondere im LÄ-

Pionierwald sind Giganten noch kaum präsent. Mit zunehmendem Bestandesalter werden allerdings auch hier Bäume die Gelegenheit bekommen, grosse Dimensionen zu erreichen. Auch von den wertvollen Habitatstrukturen (HS) kann der LÄ-Ar-Wald bereits mehr aufweisen als die beiden anderen Straten. 10,7 Bäume pro ha haben im LÄ-Ar-Wald mindestens ein Loch im Stamm oder eine Höhle mit Mulm, aber auch Kronentotholz, Gipfelbrüche und Rindenverletzungen sind häufig. Im Fichtenwald haben 5,9 Bäume pro ha Löcher oder Höhlen, im Lärchen-Pionierwald noch 1,4.

Im Aletschwald liegt der Totholzvorrat im LÄ-Ar-Wald und im Fi-Wald mit 23,8 bzw. 19,7 m³ ha⁻¹ erst am unteren Rand der im Urwald vorkommenden Spannweite von 20-280 m³ ha⁻¹. Der Anteil des Totholzvorrats am gesamten Vorrat im Aletschwald variiert von 2,3% im LÄ-Ar-Wald über 1,3% im Fi-Wald bis 0,7% im LÄ-Pionierwald. Diese Anteile liegen wesentlich tiefer als in Urwäldern. Auch in Schweizer Wäldern der oberen subalpinen Vegetationshöhenstufe, welche letztmals vor mindestens 50 Jahren genutzt wurden, beträgt der Totholzanteil immerhin etwa 8% des Gesamtvorrates (Brändli et al. 2010). Auffällig ist im Aletschwald, dass der Grossteil der Dürrständer aus Bäumen mit einem BHD < 36 cm besteht, also aus dünnen Bäumen. Ökologisch besonders wertvoll wären Dürrständer dicker Dimensionen, da sie Platz für mehr Totholzbewohner bieten und üblicherweise auch länger als Habitat zur Verfügung stehen.

Insgesamt ist im Aletschwald die frühere Nutzung noch sehr sichtbar. Man sieht direkte Spuren der Holznutzungen (geschnittene Strünke, Axtspuren an Bäumen, etc.). Gegründet wurden das Reservat und das Jagdbanngebiet, um den Wald und das Wild zu schützen. Durch die Reservatsgründung ist der Aletschwald dem direkten Einfluss des wirtschaftenden Menschen entzogen worden und der Wald konnte sich vom Weideeinfluss und Holzschlag erholen. Zugenommen haben aber die «mittelbaren Einflüsse der Menschen, die sich aus ethisch achtbaren Gründen ergeben und die trotzdem waldschädigende Auswirkungen haben können» (Fischer 1966). Durch die Schaffung des Jagdbanngebiets wurde der Wildbestand so hoch, dass er heute die Waldentwicklung erkennbar beeinflusst. Für den spärlichen Aufwuchs ist der starke Wildeinfluss mit grosser Wahrscheinlichkeit die bestimmende Ursache. So hat sich das NWR Aletschwald hinsichtlich Bestandesstruktur, Baumartenmischung, Totholz und Vorkommen typischer Habitatstrukturen – insbesondere im LÄ-Ar-Wald – bereits deutlich Richtung Naturwald entwickelt, hinsichtlich der Waldverjüngung ist der Aletschwald jedoch durch den hohen Wildbestand nachhaltig geprägt.

4.3 Methodendiskussion

Ursprünglich war geplant, die Inventurdaten in zwei Straten, Teiffe Wald und Aletschwald, auszuwerten. Hierbei umfasst der Aletschwald den ursprünglichen Reservatsperimeter von 1933 und damit auch die Fläche, welche bei den bisherigen Inventuren (Vollkluppierung) der ETH erfasst wurde; der Teiffe Wald kam hingegen erst 1999 zum Reservat dazu. Nach genauerem Studium der räumlichen Abgrenzung der Vegetationseinheiten im Zuge der Auswertung wurde jedoch klar, dass die administrativen Einheiten «Aletschwald» und «Teiffe Wald» nicht mit den Grenzen von Fi- und LÄ-Ar-Wald übereinstimmen. Die Stratifizierung und die Zuordnung der PF zu den einzelnen Straten wurde daher auf Grundlage der Standortkartierung von 2009 (Frehner & Burnand 2010) sowie der Vegetationskartierung von Richard (1968) revidiert. Zudem wurde das Pionierstadium des LÄ-Ar-Waldes separat als LÄ-

Pionierwald ausgeschieden. Dies führte dazu, dass statt wie geplant je 60 PF in zwei Straten tiefere und zudem ungleich verteilte PF-Anzahlen in den neu definierten drei Straten für die Analysen zur Verfügung standen (68 PF im LÄ-Ar-Wald; 28 PF Fi-Wald; 16 PF LÄ-Pionierwald). Dies bedeutet, dass die Resultate für den LÄ-Ar-Wald gut durch die zugrundeliegende Stichprobenanzahl abgedeckt sind, jene im Fi-Wald entsprechen eher einem Minimum mit knapp 30 Stichproben, der LÄ-Pionierwald ist hingegen ungenügend abgedeckt. Da letzterer jedoch noch sehr homogen ist und bedingt durch sein frühes Entwicklungsstadium noch kaum seltene Strukturen aufweist, bei denen sich die geringe Belegungsdichte am deutlichsten bemerkbar machen würde, können die Resultate durchaus als repräsentativ angesehen werden.

Bei der SPI ist davon auszugehen, dass nur geklumpt oder sehr vereinzelt vorkommende Objekte wie seltene Baumarten (Alpenerlen oder Zitterpappeln) kaum repräsentativ erfasst werden. In der SPI kam die Alpenerle nur im Stratum LÄ-Pionierwald vor, in der VK aber hauptsächlich und mit nicht zu vernachlässigender Stammzahl im Stratum LÄ-Ar-Wald (v.a. Unterabteilungen 11, 12, 21, 31; Ballmer et al. 2014). In der SPI wurden die Vorkommen der Alpenerle zufälligerweise nicht vom SP-Netz erfasst. Zitterpappeln oder Föhren kamen nur vereinzelt vor, waren aber immer wieder auch in den PF zu finden, so dass das Vorkommen dieser Arten besser abgebildet ist.

5 Ausblick

Im Sommer 2013 wurden im Aletschwaldreservat zusätzlich zur VK und SPI drei Kernflächen (KF) von je rund 0,5 ha aufgenommen. Die Grundlage dazu bildeten die KF-Aufnahmen von 1962. Eine der alten KF konnte rekonstruiert und neu aufgenommen werden. Zusätzlich wurden zwei neue KF eingerichtet und erstmals aufgenommen (Brücker & Henkner 2013). Ziel der KF-Aufnahme ist es, die Entwicklung der Bestandesstruktur bis auf Ebene des Einzelbaums zu verfolgen und besser zu verstehen. Diese Aufnahmen werden aber nicht direkt vergleichbar sein mit Ergebnissen aus der SP-Inventur.

Ein Methodenvergleich zwischen der Vollkluppierung (VK) und der SPI ist geplant. Dies trägt zur Verifizierung der Ergebnisse der SPI bei, erlaubt einen Vergleich von Resultaten aus der SPI mit früheren VK und dient als Grundlage für den Entscheid über die Methode von Folgeinventuren.

6 Literatur

- Albrecht L. 1987. Beurteilung der Rothirschschäden im Aletschwald mit besonderer Berücksichtigung von Feg- und Schlagschäden. Mörel, Naturschutzzentrum Aletschwald.
- Ballmer I. 2013. Dokumentation der Feldarbeiten 2012 im Naturwaldreservat Aletschwald. Technischer Bericht. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 53 S.
- Ballmer I, Heiri C, Brücker R, Tinner R, Wunder J, Brang P. 2014. Auswertung der Vollkluppierung 2012 im Naturwaldreservat Aletschwald. WSL Ber. 15: 71 S.
- Böhl J, Brändli U-B. 2007. Deadwood volume assessment in the third Swiss National Forest Inventory: methods and first results. Eur J For Res 126: 449–457
- Brändli U-B, Abegg M, Duc P, Ginzler C. 2010. Biologische Vielfalt. In: Brändli U-B (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. S. 187–228.
- Brang P, Commarmot B, Rohrer L, Bugmann H. 2008. Monitoringkonzept für Naturwaldreservate in der Schweiz. [published online February 2008] Available from World Wide Web <<http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/8555.pdf>>. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL; Zürich, ETH Zürich, Professur für Waldökologie. 58 S.
- Brang P, Filli F, Bugmann H, Heiri C. 2011. Der Nationalpark – Das Reich der Bergföhre. In: Brang P, Heiri C, Bugmann H (Red.) Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Bern, Stuttgart, Wien, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; ETH Zürich, Zürich. Haupt Verlag, SS. 220–231.
- Brassel P, Lischke H. 2001. Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Birmensdorf, WSL Swiss Federal Research Institute.
- Brücker R, Henkner J. 2013. Kernflächeninventur 2013 im Naturwaldreservat Aletschwald. Technischer Bericht. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 25 S.
- Bugmann H, Commarmot B, Meyer P, Heiri C, Wunder J, Matter J-F, Brang P. 2011. Die Bedeutung von Naturwaldreservaten für die Forschung. In: Brang P, Heiri C, Bugmann H (Red.) Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Bern, Stuttgart, Wien, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; ETH Zürich, Zürich. Haupt Verlag, SS. 56–71.
- Bühler U. 2005. Jungwaldentwicklung als Eingangsgrösse in die Jagdplanung: Erfahrungen aus dem Kanton Graubünden. In: Wald und Huftiere – eine Lebensgemeinschaft im Wandel. Forum für Wissen 2005: 59–65.
- Bütler R, Lachat T, Schlaepfer R. 2005. Alt- und Totholzstrategie für die Schweiz: wissenschaftliche Grundlagen und Vorschlag. EPFL, Lausanne, im Auftrag des

Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. Unveröffentlicht.

Bütler R, Lachat T. 2010. www.totholz.ch, eingesehen am 16.5.2013.

Bütler R, Bolliger M, Senn-Irlet B, Wermelinger B. 2011. Naturwälder als Lebensraum. In: Brang P, Heiri C, Bugmann H (Red.) Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Bern, Stuttgart, Wien, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; ETH Zürich, Zürich. Haupt Verlag, SS. 38–55.

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

Christensen M, Hahn K, Mountford EP, Odor P, Strandovar T, Rozenbergar D, Diaci J, Wijdeven S, Meyer P, Winter S, Vrska T. 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. For Ecol Manage 210 : 267–282.

DeLiocourt F. 1898. De l'aménagement des Sapinières. Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort: 396–406.

Duc P, Brang P. 2003: Die Verjüngungssituation im Gebirgswald des Schweizerischen Alpenraumes. BFW Berichte 130: 31–49.

Eiberle K, Nigg H. 1987. Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweiz Z Forstwes 138 (9): 747–785.

Ellenberg H, Klötzli F. 1972. Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt Eidgenöss Forsch anst Wald Schnee Landsch 48: 587–930.

Fischer F. 1966. Der Aletschwald. Untersuchungen in einem Waldreservat. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins 41, 79 S.

Frehner M, Wasser B, Schwitter R. 2005. Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Vollzug Umwelt. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).

Frehner M, Burnand J. 2010. Bericht Standortskartierung Naturwaldreservate 2009 und 2010. Unveröffentlicht, 9 S.

Fuchs B. 2011. Verjüngungs- und Waldschadensanalyse im Aletschwald. Bachelorarbeit in Forstwirtschaft, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Zollikofen. 64 S.

Fuchs J, Brücker RL, Pellegrino R, Wunder J, Brang P, Heiri C., in Vorb. Stichprobeninventur 2009 im Naturwaldreservat Val Cama/Val Leggia. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.

Halder U. 1976. Aletsch: eine naturkundliche Einführung. Basel, Verlag Schweizerischer Bund für Naturschutz, 88 S.

Harmon ME, Franklin JF, Swanson FJ, Sollins P, Gregory SV, Lattin JD, Anderson NH, Cline SP, Aumen NG, Sedell JR, Lienkaemper GW, Cromack K, Cummins JR, Cummins KW. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Adv Ecol Res 15: 133–302.

- Heilmann-Clausen J, Christensen M. 2003 Fungal diversity on decaying beech logs – implications for sustainable forestry. *Biodivers Conserv* 12:953–973.
- Heiri C, Brang P. 2011. Aletschwald – Lärchen und Arven folgen dem Gletschereis. *In*: Brang P, Heiri C, Bugmann H. (Red.) *Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz*. Bern, Stuttgart, Wien, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; ETH Zürich, Zürich. Haupt Verlag. S. 243–251.
- Heiri C, Brändli UB, Bugmann H, Brang P. 2012. Sind Naturwaldreservate naturnäher als der Schweizer Wald? *Schweiz Z Forstwes* 163: 210–221.
- Henkner J, Ballmer I, Wunder J. 2013. Stichprobeninventur in Schweizer Naturwaldreservaten – Anleitung zur statistischen Auswertung. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Unveröffentlicht, 22 S.
- Herrmann S, Conder M, Brang P. 2012. Totholzvolumen und –qualität in ausgewählten Schweizer Naturwaldreservaten. *Schweiz Z Forstwes* 163: 222–231.
- Holzhauser H. 1993. Gletscherschwankungen innerhalb der letzten 3200 Jahre am Beispiel des Grossen Aletsch- und des Gornergletschers. *In*: Schweizerische Gletscherkommission (Hrsg.): *Gletscher im ständigen Wandel. Bericht über das Jubiläums-Symposium der Schweizerischen Gletscherkommission 1993 Verbier (VS)*. Publikationen der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften SANW, Band 6: 101–122.
- Hough FA. 1932. Some diameter distributions in forest stands of northwestern Pennsylvania. *J Forestry* 30: 933–943.
- Hövemeyer K, Schauerer J. 2003. Succession of Diptera on dead beech wood: a 10-year study. *Pedobiologia* 47: 6–75.
- Jönsson N, Mendez M, Ranius T. 2004. Nutrient richness of wood mould in tree hollows with the Scarabaeid beetle *Osmoderma eremita*. *Anim. Biodivers Conserv* 27: 79–82.
- Larrieu L, Cabanettes A, Brin A, Bouget C, Deconchat M. 2014. Tree microhabitats at the stand scale in montane beech-fir forests: practical information for taxa conservation in forestry. *Eur J For Res*, 133: 335–367.
- Lüdi W. 1944. Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des grossen Aletschgletschers, mit einem Vergleich der Besiedlung im Vorfeld des Rhonegletschers und des Oberen Grindelwaldgletschers. *Ber Geobot Forsch Inst Rübel in Zürich für das Jahr 1944*: 35–112.
- McElhinny C, Gibbons P, Brack C, Bauhus J. 2005. Forest and woodland stand structural complexity: its definition and measurement. *For Ecol Manage* 218: 1–24.
- Müller E. 1966. Das Aletschwaldreservat. *HESPA Mitteilungen* 16 (2): 2–9.
- Nilson SG, Niklasson M, Hedin J, Aronsson G, Gutowski JM, Linder P, Ljungberg H, Mikusinski G, Ranius T. 2002. Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. *For Ecol Manage* 161: 189–204.

Oheimb von G, Westphal C, Tempel H, Härdtle W. 2005. Structural pattern of a near-natural beech forest (*Fagus sylvatica* (Serrahn, North-east Germany). For Ecol Manage 212: 253–263.

R Development Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. V 3.0.1. [Computer software]. Vienna, Austria.

Richard J-L. 1968. Les groupements végétaux de la réserve d'Aletsch. Beitr geobot Landesaufn Schweiz 51. 30 S.

RStudio. 2013. RStudio: Integrated development environment for R. V 0.97.551 [Computer software]. Boston, MA.

Rüegg D, Burger T, Brang P. 2010. Methoden zur Erhebung und Beurteilung des Wildeinflusses auf die Waldverjüngung. In: Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.). Wald und Wild – Grundlagen für die Praxis. Wissenschaftliche und methodische Grundlagen zum integralen Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Umwelt-Wissen 1013, Bern. S. 67–91.

Samuelsson J, Gustafsson L, Ingelög T. 1994. Dying and dead trees: a review of their importance for biodiversity. Swedish Threatened Species Unit, Uppsala.

Schwyzer A, Abegg M, Keller M, Brang P. 2010. Gesundheit und Vitalität. . In: Brändli U-B (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. S. 115–142.

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.

Tinner R, Streit K, Commarmot B, Brang P. 2012. Stichprobeninventur in Schweizer Naturwaldreservaten – Anleitung zu Feldaufnahmen. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. 44 S.

Vallauri D, André J, Bondel J. 2002. Le bois mort, un attribut vital de labiodiversité de la forêt naturelle, une lacune de la forêt gérée. WWF-France, Paris.

Vuidot A, Paillet Y, Archauy F, Gosselin F. 2011. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. Biol Cons 144: 441–450.

Winter S, Möller GC. 2008. Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. For Ecol Manage 255: 1251–1261.

7 Anhang: Weitere Tabellen und Abbildungen

Tabelle 33. In der Kartierung von Frehner & Burnand (2010) identifizierte Waldgesellschaften nach NaiS (Frehner et al. 2005) und deren Zuordnung zu den Auswertestraten.

| Code | Stratum | Beschreibung |
|------------|----------------|--|
| 57Bl(59) | Fi-Wald | Alpenlattich-Fichtenwald Blockausbildung (59) <i>Homogyno-Piceetum</i> |
| 57Bl(59)Pi | Fi-Wald | Alpenlattich-Fichtenwald Blockausbildung (59) Pionierstadium <i>Homogyno-Piceetum</i> |
| 57BlPi | Fi-Wald | Alpenlattich-Fichtenwald Blockausbildung Pionierstadium <i>Homogyno-Piceetum</i> |
| 59 | Lä-Ar-Wald | Lärchen-Arvenwald mit Alpenrose <i>Larici-Pinetum cembrae typicum</i> |
| 59(57Bl) | Fi-Wald | Lärchen-Arvenwald mit Alpenrose (57Bl) <i>Larici-Pinetum cembrae typicum</i> |
| 59(57Bl)Pi | Lä-Pionierwald | Lärchen-Arvenwald mit Alpenrose (57Bl) Pionierstadium <i>Larici-Pinetum cembrae typicum</i> |
| 59Ka | Lä-Ar-Wald | Lärchen-Arvenwald mit Alpenrose Kampfzone <i>Larici-Pinetum cembrae typicum</i> |
| 59L | Lä-Ar-Wald | Lärchen-Arvenwald mit Laserkraut <i>Larici-Pinetum cembrae laserpitietosum halleri</i> |
| 59Pi | Lä-Pionierwald | Lärchen-Arvenwald mit Alpenrose Pionierstadium <i>Larici-Pinetum cembrae typicum</i> |
| 59V | Lä-Ar-Wald | Lärchen-Arvenwald mit Heidelbeere <i>Larici-Pinetum cembrae vaccinietosum myrtilli</i> |
| Alvi | Lä-Ar-Wald | Alpenerlen <i>Alnus viridis</i> |
| U | Lä-Ar-Wald | Unbestockt |

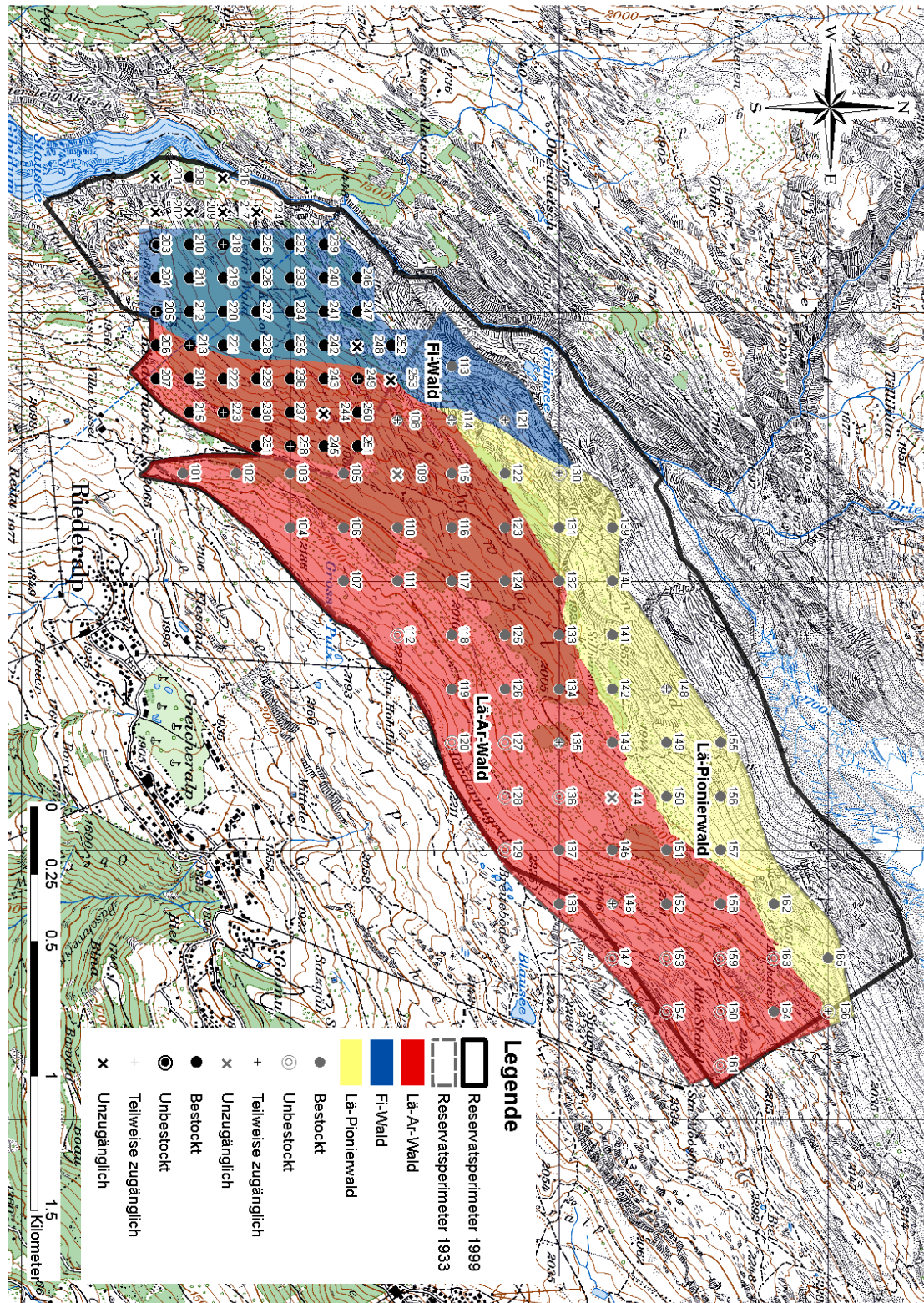


Abbildung 20. Lage und Nummern der Probestflächen und Straten.

Tabelle 34. Anzahl (#) der Bäume pro Probestrategie und Stratum (St). Ein Wert von 0 für die Anzahl bedeutet, dass die PF unbestockt war, ein Wert von -, dass die PF unzugänglich war. Die Straten sind LA = Lärch-Ar-Wald, Fi = Fichte-Wald, LP = Lärch-Pionierwald.

| PF | # | St | PF | # | St | PF | # | St | PF | # | St | PF | # | St |
|-----|----|----|-----|----|----|------------------|----|----|------------------|-----------------|----|-----|----|----|
| 101 | 9 | LA | 125 | 11 | LA | 149 | 29 | LP | 207 | 15 | LA | 231 | 6 | LA |
| 102 | 7 | LA | 126 | 14 | LA | 150 | 9 | LP | 208 ^a | 17 ^c | Fi | 232 | 15 | Fi |
| 103 | 8 | LA | 127 | 0 | LA | 151 | 14 | LA | 209 ^a | - | Fi | 233 | 25 | Fi |
| 104 | 4 | LA | 128 | 0 | LA | 152 | 3 | LA | 210 | 18 | Fi | 234 | 22 | Fi |
| 105 | 7 | LA | 129 | 0 | LA | 153 | 0 | LA | 211 | 23 | Fi | 235 | 10 | Fi |
| 106 | 16 | LA | 130 | 0 | LP | 154 | 0 | LA | 212 | 20 | Fi | 236 | 14 | LA |
| 107 | 2 | LA | 131 | 14 | LP | 155 | 4 | LP | 213 | 6 | LA | 237 | 12 | LA |
| 108 | 14 | LA | 132 | 23 | LA | 156 | 3 | LP | 214 | 10 | LA | 238 | 7 | LA |
| 109 | - | LA | 133 | 4 | LA | 157 | 18 | LP | 215 | 28 | LA | 239 | 32 | Fi |
| 110 | 5 | LA | 134 | 13 | LA | 158 | 6 | LA | 216 ^a | - | Fi | 240 | 26 | Fi |
| 111 | 5 | LA | 135 | 6 | LA | 159 | 0 | LA | 217 ^a | - | Fi | 241 | 33 | Fi |
| 112 | 0 | LA | 136 | 0 | LA | 160 | 0 | LA | 218 | 25 | Fi | 242 | 41 | Fi |
| 113 | 7 | Fi | 137 | 1 | LA | 161 | 0 | LA | 219 | 13 | Fi | 243 | 10 | LA |
| 114 | 10 | LA | 138 | 2 | LA | 162 | 6 | LP | 220 | 26 | Fi | 244 | - | LA |
| 115 | 18 | LA | 139 | 4 | LP | 163 | 0 | LA | 221 | 26 | Fi | 245 | 12 | LA |
| 116 | 9 | LA | 140 | 2 | LP | 164 | 3 | LA | 222 | 9 | LA | 246 | 18 | Fi |
| 117 | 12 | LA | 141 | 14 | LP | 165 | 7 | LP | 223 | 8 | LA | 247 | 25 | Fi |
| 118 | 5 | LA | 142 | 25 | LP | 166 | 0 | LP | 224 ^a | - | Fi | 248 | - | Fi |
| 119 | 1 | LA | 143 | 12 | LA | 201 ^a | - | Fi | 225 | 31 | Fi | 249 | 10 | LA |
| 120 | 0 | LA | 144 | - | LA | 202 ^a | - | Fi | 226 | 35 | Fi | 250 | 12 | LA |
| 121 | 3 | Fi | 145 | 5 | LA | 203 | 0 | Fi | 227 | 16 | Fi | 251 | 8 | LA |
| 122 | 23 | LP | 146 | 1 | LA | 204 | 20 | Fi | 228 | 16 | Fi | 252 | 17 | Fi |
| 123 | 12 | LA | 147 | 0 | LA | 205 ^b | 17 | Fi | 229 | 14 | LA | 253 | - | |
| 124 | 6 | LA | 148 | 2 | LP | 206 | 15 | LA | 230 | 6 | LA | | | |

^a PF nachträglich aus Inventurperimeter ausgeschlossen

^b PF ohne Verjüngungs-Subplot, da ausserhalb Begehrkeitsgrenze

Tabelle 35: Dichte der Verjüngung (mittlere Pflanzenanzahl pro ha und Standardfehler, siehe auch Tabelle 23).

| | Art | Fi | Ar | Lä | ZPa | HBi | Wd | VBe | Total | |
|----------------|-----------|-----------|------|------|------|-----|------|------|-------|------|
| Lä-Ar-Wald | 10–39 cm | \bar{x} | 22 | 1652 | 203 | 0 | 0 | 2075 | 15 | 3966 |
| | | SF | 20 | 576 | 138 | 0 | 0 | 1311 | 17 | 1407 |
| | 40–129 cm | \bar{x} | 0 | 318 | 50 | 0 | 0 | 132 | 0 | 500 |
| | | SF | 0 | 70 | 30 | 0 | 0 | 101 | 0 | 130 |
| | ≥130 cm | \bar{x} | 9 | 87 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 117 |
| | | SF | 6 | 35 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 |
| total | \bar{x} | 31 | 2057 | 274 | 0 | 0 | 2207 | 15 | 4583 | |
| | SF | 21 | 606 | 159 | 0 | 0 | 1337 | 17 | 1447 | |
| Fi-Wald | 10–39 cm | \bar{x} | 740 | 299 | 1370 | 103 | 616 | 0 | 0 | 3128 |
| | | SF | 502 | 261 | 1107 | 166 | 602 | 0 | 0 | 1791 |
| | 40–129 cm | \bar{x} | 397 | 34 | 519 | 0 | 44 | 0 | 0 | 994 |
| | | SF | 261 | 55 | 473 | 0 | 43 | 0 | 0 | 630 |
| | ≥130 cm | \bar{x} | 203 | 52 | 151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 406 |
| | | SF | 96 | 38 | 121 | 0 | 0 | 0 | 0 | 153 |
| total | \bar{x} | 651 | 287 | 1694 | 166 | 645 | 0 | 0 | 4528 | |
| | SF | 1340 | 385 | 2040 | 103 | 660 | 0 | 0 | 2489 | |
| Lä-Pionierwald | 10–39 cm | \bar{x} | 0 | 625 | 688 | 0 | 0 | 2750 | 0 | 4063 |
| | | SF | 0 | 287 | 384 | 0 | 0 | 1206 | 0 | 1561 |
| | 40–129 cm | \bar{x} | 281 | 250 | 781 | 0 | 31 | 31 | 0 | 1375 |
| | | SF | 120 | 102 | 258 | 0 | 31 | 31 | 0 | 343 |
| | ≥130 cm | \bar{x} | 150 | 125 | 338 | 0 | 25 | 0 | 0 | 638 |
| | | SF | 76 | 54 | 117 | 0 | 17 | 0 | 0 | 164 |
| total | \bar{x} | 431 | 1000 | 1806 | 0 | 56 | 2781 | 0 | 6075 | |
| | SF | 134 | 349 | 546 | 0 | 45 | 1208 | 0 | 1705 | |

Durchführung der statistischen Auswertung von SP-Inventurdaten

Datenverarbeitung

Die genaue Anleitung zur Durchführung der statistischen Auswertung einer SPI ist in Henkner et al. (2013) zu finden.

Im Folgenden werden nur Aletschwald spezifische Besonderheiten zur Auswertung genannt.

Besonderheiten der PF in den Dateien:

Die Tabelle **plotdata.xls** entsteht «von Hand» und wird mit den zusätzlichen Daten wie bspw. die Stratenzugehörigkeit oder Geländehöhe der PF gefüllt, die Zeilen mit der Restflächenberechnung werden aber durch das R-Skript automatisch eingefügt.

Ein Spezialfall ist die Spalte «PhSozStrat_alt»: Hier ist eine veraltete Stratifizierung eingetragen, auf die aber im Skript manchmal zurückgegriffen werden musste, da nur hier zwischen baumfreien und bestockten PF unterschieden wurde.

Die Geländehöhe der PF wurde aus der topografischen Karte (Swisstopo 2007, Landeskarte der Schweiz, Kartenblatt Alteschgletscher 1269, 1:25'000) auf 10 m genau herausgelesen und in die Tabelle **plotdata.xls** eingespeichert.

Die aus FieldMap exportierte Tabelle **qBaseJung.xls** wurde bearbeitet, da in manchen Feldern der dominierenden Konkurrenzpflanze und Anzahl der Verjüngung im Gelände keine Null (0) eingetragen worden war. Dies wurde nachgeholt, um fehlende Werte (NA) zu vermeiden. Der Verjüngungsplot der PF **SP205** wurde nicht aufgenommen, da er ausserhalb der Begehrkeitsgrenzen liegt, und deshalb aus den Analysen zur Verjüngung ausgeschlossen.

In den Tabellen **qBase.xls** und **qBaseBaum.xls** wurden bei SP119 in der Spalte Wurzelteller «0» eingefügt.

Bei **SP166** wurden die GL fehlerhaft aufgenommen. Dies fiel durch persönliche Erinnerung und Bestätigung im gezeichneten Kroki auf. Die Richtungswerte der GL 1 lauten: 294^g und 65^g anstatt 94^g und 65^g. Die Werte der GL 2 (80^g, 35^g) waren korrekt. Für **SP205** gilt Ähnliches. Die Werte der GL (GL1 = 55^g, 140^g und GL2 = 55^g, 260^g) wurden sehr wahrscheinlich falsch eingetragen und wurden anhand des Krokis und der Erinnerung korrigiert. Die Richtung der GL 1 wurde in 55^g und 240^g geändert, GL 2 blieb unverändert. Die Änderungen wurden in den .xlsx und .csv Dateien eingefügt.

SP224 wurde wegen Schlechtwetters und den dadurch entstandenen prekären Geländebedingungen nicht vollständig aufgenommen, daher wurde sie von der Auswertung ausgeschlossen. Da auch der Zugang zur PF ungünstig ist, wird sie als unzugänglich betrachtet. Die vorhandenen Daten wurden gelöscht. Die in der Nähe von SP224 liegende **SP208** wurde vollständig aufgenommen; es wurde aber nachträglich entschieden, sie wegen ihrer isolierten Lage aus der Auswertung auszuschliessen und so den Perimeter zu vereinfachen. Ihre Erhebung wird für zukünftige Erhebungen nicht empfohlen. SP208 wurde nachträglich als unzugänglich markiert (qBase) und die aufgenommenen Daten wurden ignoriert (bzw. aus den Dateien qBaseBaum, qBaseJung und qBaseTot gelöscht).

Bei der Verjüngung auf **SP107** wurde aus der unbekanntem Art (Code 177) eine Arve gemacht, da auf diesem Plot viele Arven wachsen und sich Arven in der Umgebung der PF dicht verjüngen.

Auf **SP239** wurden zwei Baumpilze als HS aufgenommen, die aber keine Konsolenpilze sondern Porlinge waren. Daher wurde diese HS nachträglich entfernt.

In **SP233** wird das Volumen einer Fichte nicht berechnet, mit unklarer Ursache. Dies wird daher mit 0 angenommen.

Auf den **SP118** und **SP250** gab es zwei tote, gebrochene Bäume, deren Höhe um ein Zehnfaches zu hoch und daher offensichtlich falsch angegeben war und im Skript Converter korrigiert wird.

Bei der Kontrolle auf Vollständigkeit der Daten ist zu beachten, dass bei toten abgebrochenen Bäumen häufig die Angaben Zwiesel und Kronenansatz fehlen, da dies nicht mehr bestimmt werden konnte.

Verzeichnis der Schriftenreihe WSL Berichte

- Auswertung der Stichprobeninventur 2012 im Naturwaldreservat Aletschwald
Henkner, J.; Heiri, C.; Tinner, R.; Wunder, J.; Brang, P., 2014. WSL Ber. 16: 66 S.
- Auswertung der Vollkluppierung 2012 im Naturwaldreservat Aletschwald. Aktueller Zustand und Bestandesdynamik seit 1962
Ballmer, I.; Heiri, C.; Brücker, R.; Tinner, R.; Wunder, J.; Brang, P., 2014. WSL Ber. 15: 71 S.
- Situazione fitosanitaria dei boschi 2013
Meier, F.; Engesser, R.; Forster, B.; Odermatt, O.; Angst, A., 2014. WSL Ber. 14: 28 S.
- Protection des forêts – Vue d’ensemble 2013
Meier, F.; Engesser, R.; Forster, B.; Odermatt, O.; Angst, A., 2014. WSL Ber. 13: 28 S.
- Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Hydrologisches Jahr 2011/12.
Techel, F.; Pielmeier, C.; Darms, G.; Teich, M.; Margreth, S., 2013. WSL Ber. 12: 87 S.
- Forstschutz-Überblick 2013
Meier, F.; Engesser, R.; Forster, B.; Odermatt, O.; Angst, A., 2014. WSL Ber. 11: 28 S.
- Schlüssel zur Bestimmung von nichtblühenden Seggen, Binsen und anderen Sauergräsern in der Schweiz. Cyperaceae, Juncaceae, Juncaginaceae, Scheuchzeriaceae
Graf, U.H., 2014. WSL Ber. 10: 129 S.
- Methoden zur quantitativen Beurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen
Rickenmann, D., 2014. WSL Ber. 9: 105 S.
- Flexible Murgangbarrieren - Bemessung und Verwendung
Volkwein, A., 2014. WSL Ber. 8: 31 S.
- Zukunftsbilder für die Landschaft in vier periurbanen Regionen der Schweiz
Tobias, S., 2014. WSL Ber. 7: 69 S.
- Bodenschutz im Wald: Ziele – Konflikte – Umsetzung. Forum für Wissen 2013
Edg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL (Hrsg.) 2013.
WSL Ber. 6: 116 S.
- Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Hydrologisches Jahr 2011/12
Techel, F.; Pielmeier, C.; Darms, G.; Teich, M.; Margreth, S., 2013. WSL Ber. 5: 118 S.
- Situazione fitosanitaria dei boschi 2012
Meier, F.; Engesser, R.; Forster, B.; Odermatt, O.; Angst, A., 2013. WSL Ber. 4: 28 S.
- Protection des forêts - Vue d’ensemble 2012
Meier, F.; Engesser, R.; Forster, B.; Odermatt, O.; Angst, A., 2013. WSL Ber. 3: 28 S.
- Forstschutz-Überblick 2012
Meier, F.; Engesser, R.; Forster, B.; Odermatt, O.; Angst, A., 2013. WSL Ber. 2: 28 S.
- Hochwasserschutz in der Stadt Zürich: Eine empirische Studie zur Riskokommunikation
Maidl, E.; Buchecker, M., 2013. WSL Ber. 1: 88 S.

Alle WSL Berichte sind als Download auf www.wsl.ch/berichte verfügbar.