Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL

Berner
Fachhochschule

Langfristige Strukturdynamik von Bergföhrenwäldern im Schweizerischen Nationalpark

24. Januar 2014

Bachelorarbeit

Bachelor of Science in Forstwirtschaft
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Autor: Roberto Paravicini
Referenten: Dr. Peter Brang, WSL; Lisa Hülsmann, WSL
Prof. Jean-Jacques Thormann, HAFL; Kathrin Kühne, HAFL

Verwendung von Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Alle Rechte an Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften sind im Besitz der Schule. Dritte können diese Arbeiten für private und interne Zwecke verwenden. Die auszugsweise oder vollständige Veröffentlichung sowie die kommerzielle Nutzung einer Arbeit oder von Teilen davon bedarf der vorgängigen Zustimmung durch die Direktion.
Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten sind Bestandteile des Ausbildungsprogramms und werden von den Studierenden selbständig verfasst. Die Schule übernimmt keine Verantwortung für eventuelle Fehler in diesen Arbeiten und haftet nicht für möglicherweise daraus entstehende Schäden.

Zollikofen, 30. April 2009

Eigenständigkeitserklärung

"Ich erkläre hiermit,

dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angegebenen Hilfsmittel verfasst habe -

dass ich sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln nach bestem Wissen und Gewissen korrekt zitiert habe."

Roberto Paravicini

Zusammenfassung

PARAVICINI Roberto, 2014. Langfristige Strukturdynamik von Bergföhrenwäldern im Schweizerischen Nationalpark.

Der Schweizerische Nationalpark überlässt die Wälder der Ofenpassregion seit 1914 ihrer natürlichen Entwicklung. Die Bergföhrenwälder dieser Region wurden auf ihre Strukturdynamik hin untersucht. Hierfür wurden Daten von 12 bergföhren-dominierten Dauerbeobachtungsflächen von 1946 bis 2013 statistisch ausgewertet. Die Analyse in der Programmiersprache R und die Dokumentation dazu stehen für weitere Untersuchungen zur Verfügung. Die Wichtigsten Struktur-Grössen wie die Stammzahl- und Basalfläche-Entwicklung sowie die Mortalität und der Einwuchs der untersuchten Flächen beschreiben diese und lassen eine Untersuchung der vergangenen Waldnutzung zu. Die historischen Belege der Holzschläge in der Ofenpassregion konnten grösstenteils anhand der Stammzahl-Verteilungen nach vollzogen werden.

Stichworte: Strukturdynamik, Schweizerischer Nationalpark, Waldnutzung

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **9**

2 Material und Methoden **10**
2.1 Untersuchungsgebiet 10
2.2 Strukturbegriff 14
2.3 Stichproben und statistische Methode 14
2.4 Die Bergföhre 17

3 Dokumentation der Daten-Auswertung **18**
3.1 Zweck 18
3.2 Datengrundlage 18
3.3 Rohdaten 19
3.4 Plausibilität 21
3.5 BHD-Entwicklung 23
3.6 Auswertung 27
3.7 Abkürzungen 29

4 Resultate **30**
4.1 Gesamtes Untersuchungsgebiet 31
4.2 Flächen 38
4.2.1 Fläche 004 40
4.2.2 Fläche 005 48
4.2.3 Fläche 8 und 9 55
4.2.4 Fläche 110 66
4.2.5 Fläche 11, 12 und 13 73
4.2.6 Fläche 116 89
4.2.7 Fläche 17 95
4.2.8 Fläche 122 100
4.2.9 Fläche 23 107

5 Diskussion **113**
5.1 Flächengruppen 113
5.1.1 Rahmenbedingungen 113
5.1.2 Exogene Einflussgrössen 113
5.1.3 Stammzahlverteilung 114
5.1.4 Basalflächen-Entwicklung und Sukzession 118
5.2 Waldnutzung im Untersuchungsgebiet 120
5.3 Hinweise zur ehemaligen Waldnutzung 120

6 Schlusswort **122**

7 Literatur und Quellen **123**

8 Appendix **127**

Abbildungsverzeichnis

1 Klimadiagramm Buffalora 11
2 Untersuchungsgebiet 12
3 Boxplot extremer Zuwachs ohne Korrektur 23
4 Boxplot extremer Zuwachs mit Korrektur 24
5 Boxplot extreme Abnahme ohne Korrektur 25
6 Kerndichteschätzung BHD-Entwicklung 26
7 N- und G-Entwicklung 31
8 N- und G-Entwicklung separat 32
9 Baumhöhen und BHD 35
10 Fläche 004; Entwicklung N/ha 40
11 Fläche 004; Entwicklung G/ha 40
12 Fläche 004; N- und G-Verteilung 41
13 Fläche 004; Entwicklung Durchmesserklassen 41
14 Fläche 004; Einwuchs und Mortalität 46
15 Fläche 005; Entwicklung N/ha 48
16 Fläche 005; Entwicklung G/ha 48
17 Fläche 005; N- und G-Verteilung 49
18 Fläche 005; Entwicklung Durchmesserklassen 49
19 Fläche 005; Einwuchs und Mortalität 53
20 Fläche 8; Entwicklung N/ha 55
21 Fläche 8; Entwicklung G/ha 55
22 Fläche 9; Entwicklung N/ha 56
23 Fläche 9; Entwicklung G/ha 56
24 Fläche 8; N- und G-Verteilung 57
25 Fläche 8; Entwicklung Durchmesserklassen 57
26 Fläche 9; N- und G-Verteilung 58
27 Fläche 9; Entwicklung Durchmesserklassen 58
28 Fläche 8; Einwuchs und Mortalität 64
29 Fläche 9; Einwuchs und Mortalität 65
30 Fläche 110; Entwicklung N/ha 66
31 Fläche 110; Entwicklung G/ha 66
32 Fläche 110; N- und G-Verteilung 67
33 Fläche 110; Entwicklung Durchmesserklassen 67
34 Fläche 110; Einwuchs und Mortalität 71
35 Fläche 11; Entwicklung N/ha 73
36 Fläche 11; Entwicklung G/ha 73
37 Fläche 12; Entwicklung N/ha 74
38 Fläche 12; Entwicklung G/ha 74
39 Fläche 13; Entwicklung N/ha 75
40 Fläche 13; Entwicklung G/ha 75
41 Fläche 11; N- und G-Verteilung 76
42 Fläche 11; Entwicklung Durchmesserklassen 76
43 Fläche 12; N- und G-Verteilung 77
44 Fläche 12; Entwicklung Durchmesserklassen 77
45 Fläche 13; N- und G-Verteilung 78
46 Fläche 13; Entwicklung Durchmesserklassen 78
47 Fläche 11; Einwuchs und Mortalität 85
48 Fläche 12; Einwuchs und Mortalität 85

49 Fläche 13; Einwuchs und Mortalität 86
50 Fläche 116; Entwicklung N/ha 89
51 Fläche 116; Entwicklung G/ha 89
52 Fläche 116; N- und G-Verteilung 90
53 Fläche 116; Entwicklung Durchmesserklassen 90
54 Fläche 116; Einwuchs und Mortalität 94
55 Fläche 17; Entwicklung N/ha 95
56 Fläche 17; Entwicklung G/ha 95
57 Fläche 17; N- und G-Verteilung 96
58 Fläche 17; Entwicklung Durchmesserklassen 96
59 Fläche 17; Einwuchs und Mortalität 99
60 Fläche 122; Entwicklung N/ha 100
61 Fläche 122; Entwicklung G/ha 100
62 Fläche 122; N- und G-Verteilung 101
63 Fläche 122; Entwicklung Durchmesserklassen 101
64 Fläche 122; Einwuchs und Mortalität 105
65 Fläche 23; Entwicklung N/ha 107
66 Fläche 23; Entwicklung G/ha 107
67 Fläche 23; N- und G-Verteilung 108
68 Fläche 23; Entwicklung Durchmesserklassen 108
69 Fläche 23; Einwuchs und Mortalität 112
70 Stammzahlverteilung Plenterwald 114
71 Altersklassenwald 115
72 Stammzahlverteilung Zweigipflig 115
73 ∅N-Verteilung ein Gipfel 116
74 ∅N-Verteilung Gipfel/D. Kl. 1 116
75 ∅N-Verteilung glatt 116
76 ∅N-Verteilung zwei Gipfel 116
77 Zu- und Abnahme N/ha 118

Tabellenverzeichnis

1 Flächen 13
2 Durchmesserklassen 15
3 Inventuren 15
4 Bergföhrenanteil 16
5 Durchmesserklassen 22
6 N- und G-Entwicklung 32
7 Baumhöhen und BHD 33
8 BHD- und Höhen-Zuwachs 34
9 Einwuchs und Mortalität 37
10 Fläche 004; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 42
11 Fläche 004; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 42
12 Fläche 004; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 43
13 Fläche 004; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 45
14 Fläche 004; Einwuchs und Mortalität 46
15 Fläche 005; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 50
16 Fläche 005; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 50
17 Fläche 005; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 51

18 Fläche 005; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 52
19 Fläche 005; Einwuchs und Mortalität 53
20 Fläche 8; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 59
21 Fläche 9; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 59
22 Fläche 8; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 60
23 Fläche 9; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 60
24 Fläche 8; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 61
25 Fläche 9; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 62
26 Fläche 8; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 63
27 Fläche 9; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 63
28 Fläche 8; Einwuchs und Mortalität 64
29 Fläche 9; Einwuchs und Mortalität 65
30 Fläche 110; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 68
31 Fläche 110; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 68
32 Fläche 110; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 69
33 Fläche 110; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 70
34 Fläche 110; Einwuchs und Mortalität 72
35 Fläche 11; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 79
36 Fläche 12; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 79
37 Fläche 13; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 79
38 Fläche 11; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 80
39 Fläche 12; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 80
40 Fläche 13; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 80
41 Fläche 11; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 81
42 Fläche 12; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 81
43 Fläche 13; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 82
44 Fläche 11; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 83
45 Fläche 12; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 83
46 Fläche 13; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 84
47 Fläche 11; Einwuchs und Mortalität 87
48 Fläche 12; Einwuchs und Mortalität 87
49 Fläche 13; Einwuchs und Mortalität 88
50 Fläche 116; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 91
51 Fläche 116; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 91
52 Fläche 116; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 92
53 Fläche 116; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 93
54 Fläche 116; Einwuchs und Mortalität 94
55 Fläche 17; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 97
56 Fläche 17; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 97
57 Fläche 17; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl 98
58 Fläche 17; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 98
59 Fläche 17; Einwuchs und Mortalität 99
60 Fläche 122; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 102
61 Fläche 122; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 102
62 Fläche 122; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 103
63 Fläche 122; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 104
64 Fläche 122; Einwuchs und Mortalität 106
65 Fläche 23; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur 109
66 Fläche 23; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a] 109
67 Fläche 23; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 110

68 Fläche 23; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl. 111
69 Fläche 23; Einwuchs und Mortalität 112
70 Stammzahlverteilung 117

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit möchte die langfristige Strukturdynamik von Bergföhrenwälder im Schweizerischen Nationalpark (SNP) untersuchen. Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) sammelt Daten in Dauerbeobachtungsflächen der Wälder des gesamten Nationalparks. Die Analyse der Strukturdynamik erfolgte mit diesen Daten von 1946 bis 2013 aus der WSL-Datenbank der Ertragskunde und aus der WSL-Datenbank für die Forschung in Naturwaldreservaten. Aus diesen Datenbanken wurden 12 bergföhrendominierte Flächen als systematische Stichprobe verwendet. Die Ziele der Arbeit sind eine deskriptive Analyse des Datenmaterials und die entsprechende graphische Darstellung dieser Analyse. Als weiteren integralen Teil der Arbeit versteht sich die Dokumentation der Datenanalyse. Die Analyse erfolgte in der Programmiersprache R und steht zusammen mit der Dokumentation für weitere Untersuchungen oder als Hilfe und Vorlage für ähnliche Untersuchungen zur Verfügung.

Der Schwrepunkt dieser Arbeit liegt bei der Bereinigung, Analyse und Darstellung von Rohdaten. Dies bedingt einen, etwas von der Norm abweichenden Aufbau: Ein Grossteil der Arbeit liegt im digitalen Appendix als R-Script vor. Die Dokumentation der Datenauswertung nimmt einen eigenen, gesonderten Teil im Aufbau der Arbeit ein. Somit kann diese Dokumentation auch einfach aus dem Kontext der gesamten Arbeit gelöst werden. Die grosse Menge an Resultaten in tabellarischer und graphischer Form machen einen beachtlichen Teil der Arbeit aus.

In der Diskussion der Resultate werden die Entwicklungen der Stammzahlen und der Basalfläche untersucht. Aufgrund der Dynamik der Stammzahl-Verteilungen wird versucht die historischen Angaben der Waldnutzung im Untersuchungsgebiet nach zu vollziehen.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich am Ofenpass im Schweizerischen Nationalpark (SNP) im östlichsten Teil des Kantons Graubünden. Der SNP erstreckt sich von 1'400 (Clemgia) bis 3'174 m ü. M. (Piz Pisoc) und umfasst eine Fläche von rund 17'000 Hektaren. Am Parkgebiet sind folgende Gemeinden im Unterengadin und der Val Müstair beteiligt: Zernez, S-chanf, Scuol, Val Müstair und Lavin (SNP 2013).
Seit der Parkgründung im Jahre 1914 wird die Natur im Parkgebiet sich selbst überlassen und vor menschlichem Einflüssen geschützt. Der Wald des Nationalparks wurde in den Jahrhunderten vor der Parkgründung stark genutzt und auch seit 1914 sind vereinzelt Nutzungen im Parkgebiet erfolgt. Vor allem in der Nähe von Alpen können Einzelbaumentnahmen vor gekommen sein und in einigen Gebieten, die erst nach 1914 dem Park vollständig angeschlossen wurden sind Holzschläge ausgeführt worden (Parolini 2012, Parolini 1995b).
Die untersuchten Bergföhrenbestände befinden sich im Gebiet nachweislicher, starker Nutzung durch Kahlschlag oder grosser Hiebe. Der genaue Verlauf dieser Nutzungen ist jedoch nicht immer klar und es ist Teil dieser Arbeit aufgrund der Struktur der Bestände Aussagen über die frühere Nutzung zu machen. Als Hauptgründe für frühere Waldnutzung im Ofenpass-Gebiet gilt die Eisenverhüttung und der Verkauf von Holz und Hiebsrechten an die Salinen Hall im Tirol. Eine sehr detaillierte historische Aufarbeitung der Waldnutzung findet sich in Parolini (2012). Die Gründe und Zusammenhänge dieser Waldnutzung stehen für die vorliegende Arbeit jedoch nicht im Vordergrund.

Das Klima im SNP ist kontinental geprägt. Starke jahreszeitliche Temperaturschwankungen und geringer Niederschlag zeichnen dieses Klima aus. Das Walter&Lieth-Klimadiagramm der Messstation von Buffalora für die Jahre 1961 bis 1990 zeigt diesen Sachverhalt. Das Diagramm wurde mit dem R-Package "climatol" generiert und wertet die Rohdaten der Messstation aus (Guijarro 2011, MeteoSchweiz 2013, Walter und Lieth 1960). Durch den etwas unterschiedlichen Berechnungsmodus können die Werte geringfügig von den offiziellen, aggregierten Daten von MeteoSchweiz abweichen.

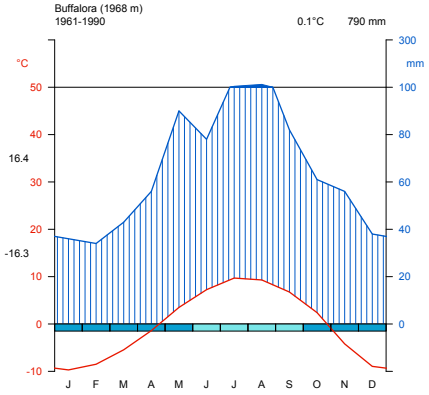

Abb. 1: Klimadiagramm Buffalora

Dolomit dominiert als Gesteinsunterlage. Stellenweise kann auch Verrucano auftreten (Pfiffner 2009). Die vorherrschenden Waldgesellschaften nach Ellenberg und Klötzli sind EK 58 (*Larici-Piceetum*), EK 59 (*Larici-Pinetum cembrae*), EK 69 (*Rhododendro hirsuti-Pinetum montanae*), EK 67 (*Erico-Pinetum montanae*) und *Carici humilis-Pinetum engadinensis*, eine EK 65 *Erico-Pinetum silvestris* sehr ähnliche Waldgesellschaft (Brang et al. 2011).
Die untersuchten Bestände wurden bei der Einrichtung der Beobachtungsflächen vegetationskundlich angesprochen. Tabelle 1 gibt die bestimmten Waldgesellschaften wieder. Die Bezeichnungen der Waldgesellschaften nach Trepp und Campell können folgendermassen in das System von Ellenberg und Klötzli übersetzt und einer vorherrschenden Waldgesellschaft zugeordnet werden: Die Waldgesellschaften *Erico-Mugetum-hylocomietosum* und *Erico-Mugetum-Caricetosum humilis* entsprechen am ehesten EK 67. Die Waldgesellschaft *Rhododendro hirsuti-Mugetum hylocomietosum* entspricht am ehesten EK 69. Diese beiden Waldgesellschften werden sehr stark von Bergföhre dominiert. *Carici Pinetum* entspricht der Waldgesellschaft *Carici humilis-Pinetum engadinensis*, welche etwa EK 65 entspricht.

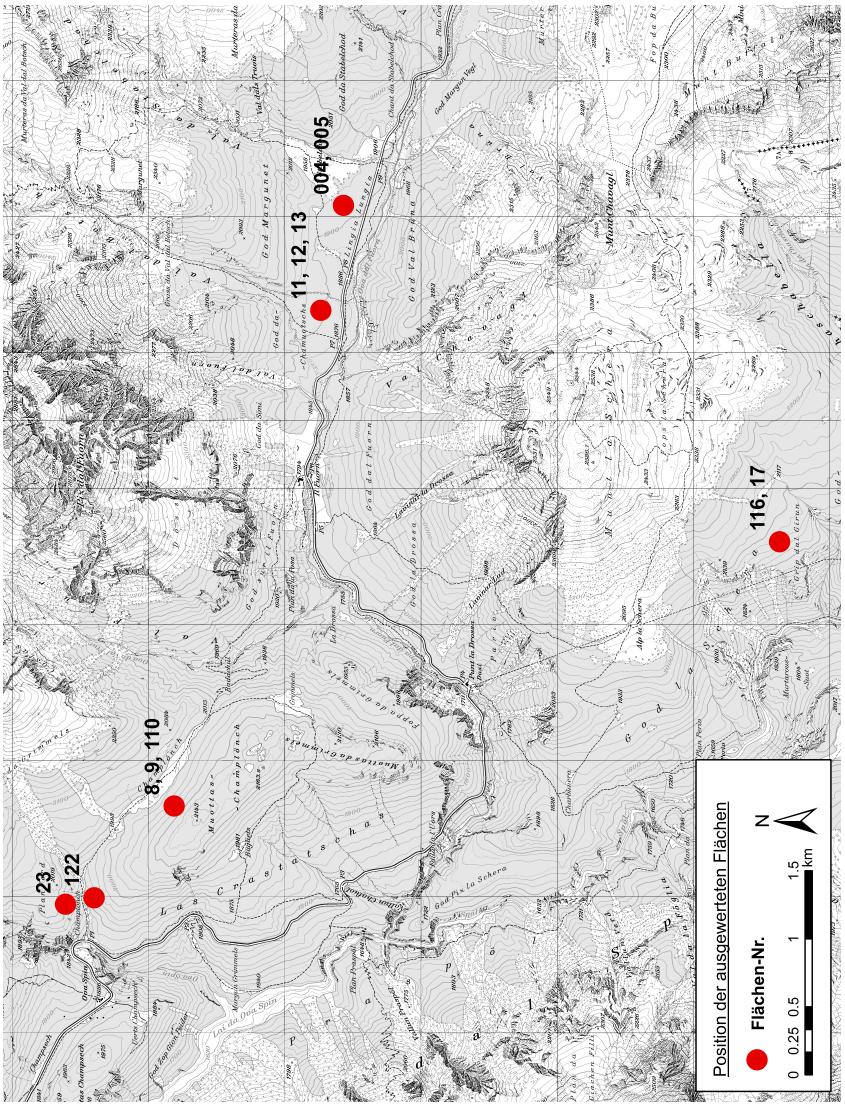

Abb. 2: Untersuchungsgebiet

Tab. 1: Flächen

Nr.	Lokalname	Waldgesellschaft[a]	H. ü. M.	Exposition	ha	Anz. Inv.
004	Stabelchod	Erico-Mugetum-hylocomietosum	1'910 m	S	0.250	6
005				S	0.250	6
8	Champlönch	Erico-Mugetum-Caricetosum humilis	2'050 m	NO	0.604	2
9				NO	1.084	2
110				NO	0.254	3
11	God da Chamuotschs	Erico-Mugetum-hylocomietosum	1'900 m	SW	0.778	2
12				SW	0.639	2
13				SW	0.798	2
116	Grip dal Girun	Erico-Mugetum-Caricetosum humilis	2'050 m	SW	0.274	3
17				SW	0.466	2
122	God Vdagnola	Rhododendro hirsuti-Mugetum hylocomietosum	1'950 m	N	0.274	3
23	Unterhalb Plan verd	Carici Pinetum	1'950 m	S	0.427	2

[a]Waldgesellschaften nach Trepp und Campell (Kurth et al. 1960, SNP 1977)

2.2 Strukturbegriff

Je nach Autor wird der Begriff Struktur weiter oder enger gefasst. Die Struktur eines Bestandes kann sich auf die Beschreibung des vertikalen Aufbaus und die Art und Weise, wie die Baumkronen im Raum angeordnet sind beschränken (Schütz 2003). Andere Definitionen legen dem Strukturbegriff vor allem räumliche Anordnungen der Individuen eines Bestandes zugrunde oder dendrometrische und beschreibende Grössen eines Bestandes. Hauenstein (2008) gibt eine Übersicht dieser und anderer Definitionen des Begriffes Struktur im forstlichen Sinne. In dieser Arbeit wird der Strukturbegriff als Summe dendrometrischer und beschreibender Grössen verstanden. Die Strukturdynamik bezeichnet folglich die Veränderung dieser Grössen mit der Zeit.
Die vorliegende Analyse wertet folgende Grössen zur Charakterisierung der Struktur eines Bestandes aus: Die Baumart, die Stammzahl (N), die Basalfläche (G), die Baumhöhe (H), den Brusthöhendurchmesser (BHD) und den Zustand "lebendig" oder "tot" eines Baumes. Die Kombination dieser Grössen und die Relation zur Fläche (A) des Bestandes lässt folgende Struktur-Grössen bestimmen: Stammzahldichte (N/ha), Basalfläche pro ha (G/ha), H_{dom} (durchschnittliche Baumhöhe der 100 dicksten Bäume. In casu ist diese Bedingung nicht immer erfüllt - es können auch weniger als 100 Messungen sein), BHD_{dom} (durchschnittlicher BHD der 100 dicksten Bäume), durchschnittlicher BHD. Zur genauen Erhebungsart dieser Daten gibt Tinner und Brang (2013) sowie Zingg et al. (2013) Aufschluss. Die Betrachtung mehrerer Inventuren erlaubt es die Veränderung oder eben Dynamik dieser Grössen mit der Zeit zu erheben. Aus den Angaben "lebendig" oder "tot" und der Stammzahl lassen sich zudem Aussagen über Einwuchs und Mortalität des Bestandes machen.

2.3 Stichproben und statistische Methode

Die Forschung an Naturwaldreservaten und die Ertragskunde an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) untersucht die gesamten Waldbestände im SNP. Hierfür wurde ein Netz von Flächen ausgeschieden, welche regelmässig eine Inventur erfahren. Die Flächen wurden gutachterlich so gewählt, dass ein möglichst repräsentatives Bild aller Standorte gewonnen werden kann (SNP 1960). Ausser in Legföhren-Beständen werden so möglichst alle Waldgesellschaften abgedeckt (Brang et al. 2011). Für diese statistische Analyse der Strukturdynamik werden jedoch nur Bergföhrenwälder herangezogen. Die Grundgesamtheit stellen die Bergföhrenwälder am Ofenpass dar und als Stichprobe werden die Inventuren ausgewählter Flächen gezogen. Somit handelt es sich um eine systematische Stichprobe, da bewusst Flächen mit einem besonders hohen Anteil Bergföhre an der Stammzahl und an der Basalfläche gewählt wurden. Tabelle 4 gibt Auskunft über diese Anteile.
Die Auswertung erfolgt als deskriptive Statistik. Die Struktur-Grössen werden stratifiziert aufbereitet. *Einzelbaum*, *Durchmesserklasse*, *Inventur*, *Fläche*, *Flächengruppen* und *Bergföhrenwälder im Ofenpassgebiet* können als Ebenen - aufsteigender Grössenordnung - der Auswertung betrachtet werden. Der Einzelbaum stellt den eigentlichen Informationsträger dar. Auf dieser Ebene werden die Struktur-Grössen erfasst. In den höheren Ebenen werden diese Grössen aggregiert und in Relation gestellt. Eine Vielzahl anderer Grössen als die, in der Auswertung sichtbaren, wie die soziale Stellung, IUFRO-Code und Bemerkun-

gen zur Datenerhebung werden ebenfalls auf der Ebene *Einzelbaum* erhoben (siehe dazu Tinner und Brang 2013). Diese Grössen können für die vorliegende Arbeit als Hilfsgrössen betrachtet werde: Sie erscheinen zwar nicht in der Auswertung, sind aber unabdingbare Hilfen bei der Bereinigung des Datensatzes und für die Plausibilitätstests. Die Resultate werden tabellarisch und graphisch aufbereitet. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Ebene *Fläche*. Zu jeder der 12 ausgewählten Flächen wird eine Zusammenstellung mehrerer standardisierter Graphiken und Tabellen erstellt. Im Sinne einer kommentierten Dokumentation können so alle Struktur-Grössen nachgeschlagen werden.
Tabelle 2 zeigt die die gewählten Schritte der Durchmesserklassen.

Tab. 2: Durchmesserklassen

D. Kl.		BHD	
0	0	≤mm<	40
1	40	≤mm<	80
2	80	≤mm<	120
3	120	≤mm<	160
4	160	≤mm<	200
5	200	≤mm<	240
6	240	≤mm<	280
7	280	≤mm<	320
8	320	≤mm<	360
9	360	≤mm<	400
10	400	≤mm	

Tabelle 3 zeigt die Verteilung der insgesamt 35 Inventuren auf die 12 ausgewerteten Flächen.

Tab. 3: Inventuren

Nr.	1946	1962	1977	1978	1979	1991	1992	1993	1994	2003	2013
004	x	x	x			x				x	x
005	x	x	x			x				x	x
8				x				x			
9				x				x			
110				x				x			x
11				x			x				
12				x			x				
13				x			x				
116					x				x		x
17					x				x		
122					x				x		x
23					x				x		

Tab. 4: Bergföhrenanteil

Nr.	Inventur	Aufnahmejahr	N [%]	G [%]
004	I	1946	100	100
	II	1962	100	100
	III	1977	100	100
	IV	1991	100	100
	V	2003	100	100
	VI	2013	100	100
005	I	1946	100	100
	II	1962	100	100
	III	1977	100	100
	IV	1991	100	100
	V	2003	100	100
	VI	2013	100	100
8	I	1978	98	96
	II	1993	98	96
9	I	1978	96	93
	II	1993	96	93
110	I	1978	97	94
	II	1993	98	94
	III	2013	98	93
11	I	1978	100	100
	II	1992	100	100
12	I	1978	100	100
	II	1992	100	100
13	I	1978	100	100
	II	1992	100	100
116	I	1979	100	100
	II	1994	100	100
	III	2013	100	100
17	I	1979	100	100
	II	1994	100	100
122	I	1979	98	96
	II	1994	98	96
	III	2013	98	96
23	I	1979	98	86
	II	1994	99	90

2.4 Die Bergföhre

Die Nomenklatur der Bergföhre ist bis heute umstritten und nicht abschliessend geklärt. Als Kollektivart kann *Pinus mugo* Turra verwendet werden (ETH 1995). Wuchsform, Farbe und Form der Zapfen oder auch die geographische Verbreitung führten zu einer Vielzahl unterschiedlicher Namensbezeichnungen. Im Zusammenhang mit dieser Arbeit spielen solche Unterscheidungen keine übergeordnete Rolle. Im gesamten Untersuchungsgebiet handelt es sich um Bestände aufrechter Bergföhren und vereinzelte Individuen von niederliegenden Legföhren. Bergföhren dominierte Waldstandorte sind EK 63 (*Cirisio tuberosi-Pinetum montanae*), EK 67 (*Erico-Pinetum montanae*), EK 69 (*Rhododendro hirsuti-Pinetum montanae*), EK 70 (*Rhododendro ferruginei-Pinetum montanae*) und EK 71 (*Sphagno-Pinetum montanae*). EK 70 kommt in erster Linie als Extremstandort der nördlichen Randalpen vor und EK 71 erscheint im Zusammenhang mit Hochmoorkomplexen oder auf hochmoorartigen Standorten (Ott et al. 1997). EK 63 beschränkt sich auf den Jura (Keller et al. 1998). Im Ofenpassgebiet stellt die aufrechte Bergföhre die häufigste Baumart dar und die vorkommenden Bergföhren-Waldgesellschaften sind EK 67 und 69 (SNP 2013, Brang et al. 2011). EK 67 kommt an trocken-warmen Hängen auf Kalk und Dolomit vor. EK 69 kommt an abgewandter Lage ebenfalls auf Kalk und Dolomit vor und hat teilweise mächtige organische Auflagen und der Waldboden ist praktisch lückenlos mit einem Moosteppich bedeckt. Somit bevorzugt die Bergföhre keine besondere Exposition. Charakteristisch dieser Bergföhrenwälder auf basischer Unterlage ist das Nebeneinander von Säure- (bspw. *Vaccinium vitis-idaea* L.) und Basenzeigern (bspw. *Erica carnea* L.). Die geographische Verbreitung der Bergföhre in der Schweiz schliesst die Alpen, Vor- und Südalpen ein. Der Anteil an der Gesamtstammzahl beträgt 0.9 % und am Gesamtvorrat 0.3 %. In Graubünden (ohne Alpensüdseite) beträgt der Anteil an der Gesamtstammzahl 6.1% (LFI 2013). Die Bergföhrenwälder im Ofenpassgebiet stellen die grössten zusammenhängenden Bestände dieser Baumart in der Schweiz dar (Hauenstein 1998). Die vertikale Hauptverbreitung der Bergföhre reicht von 600 bis 2'350 m ü. M. (die Legföhre auch etwas höher). Die subalpine Stufe ist also ihr Hauptverbreitungsgebiet. Die Bergföhre ist eine Pionierbaumart extremer Standorte und ist ausgesprochen anspruchslos. Sie gedeiht auf jedem Grundgestein, auf trockenen Standorten wie auch auf Moorböden. Sie ist indifferent bezüglich der Bodenstruktur, und stellt geringe Ansprüche an die Nährstoffversorgung und ist absolut frosthart (ETH 1995). Für die untersuchte Region erreicht die Bergföhre ihr maximales Alter mit etwa 200 Jahren und erreicht eine Baumhöhe von 15 m oder auch mehr als 20 m auf guten Standorten (Brang et al.2011)

3 Dokumentation der Daten-Auswertung

3.1 Zweck

Diese Dokumentation stellt einen integralen Teil der Arbeit zum Thema *Langfristige Strukturdynamik von Bergföhrenwäldern im Schweizerischen Nationalpark* dar. Dieser Teil der Arbeit steht absichtlich etwas gesondert im Aufbau, um besser aus dieser gelöst zu werden. Einige grundlegende Ausführungen wurden bereits im vorangehenden Kapitel erwähnt. Zum einen dient dieser Teil dem Nachvollzug der Datenstruktur, der Auswertungen und der angewandten Plausibilitäts-Tests. So kann die Dokumentation und das R-Script als Vorlage oder Hilfe für weitere Auswertungen mit Daten aus der Datenbank der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) herangezogen werden. Zum anderen werden die gefundenen Fehler nachvollziehbar und die tatsächlichen Korrekturen an der Datenbank fest gehalten. Dieser duale Zweck spiegelt sich auch im Aufbau wider. Die Gliederung und Nummerierung der einzelnen Abschnitte entsprechen dem Aufbau des R-Scriptes und es werden an den entsprechenden Stellen die gefundenen Fehler hervorgehoben. Die Überschriften mit römischen Ziffern entsprechen den Abschnitten im R-Script. Der Übersichtlichkeit halber ist das R-Script in vier Teile aufgeteilt:

I.	*Rohdaten*	Zusammenfassen und gliedern der Rohdaten
II.	*Plausibilität*	Plausibilitätstest
III.	*BHD-Entwicklung*	Entwicklung und Plausibilität der BHD
IV.	*Auswertung*	Auswertungen und Graphiken

3.2 Datengrundlage

Die Daten wurden so gewählt und aufbereitet, dass eine möglichst umfassende, lückenlose und korrekte Darstellung von Bergföhrenbeständen im Schweizerischen Nationalpark (SNP) möglich ist. Die Daten stammen einerseits aus der WSL-Datenbank der Ertragskunde und aus der WSL-Datenbank für die Forschung in Naturwaldreservaten. Die ältesten Inventuren stammen aus dem Jahr 1946 und die neusten aus dem Jahr 2013. Die Auswahl der Flächen erfolgte anhand des Anteils Bergföhren am Bestand. Die zwölf untersuchten Flächen weisen alle einen möglichst hohen Anteil Bergföhre - an der Stammzahl und an der Basalfläche gemessen - auf. Die beiden Flächen mit den Nummern 004 und 005 sind Flächen der Ertragskunde und sind so nummeriert, um eine Verwechslung mit den Flächen 4 und 5 der Naturwaldreservate zu vermeiden. Bei einer Ausgabe der Resultate in das .csv-Format ist darauf zu achten, dass beispielsweise MS Excel die doppelte 0 entfernt. An mehreren Stellen im R-Script mussten diese beiden Flächen beim erneuten Einlesen der Daten darum neu benannt werden Die Flächen 10, 16 und 22 werden im letzten Abschnitt zu den Flächen 110, 116 und 122 umbenannt, um bei Tabellen und Graphiken hervorzuheben, dass es sich um reduzierte Flächen handelt. Im gesamten Datensatz entsprechen sich die beiden Nummerierungen sobald die Reduktion der Daten dieser Flächen vorgenommen wurde.

3.3 Rohdaten

Im ersten R-Script (*I. Rohdaten*) werden die Rohdaten aus vier verschiedenen Quellen eingelesen und in eine einheitliche Form gebracht.

I.1 EINLESEN AUFNAHMEN 2013, FLÄCHEN 10, 16 UND 22,
I.2 EINLESEN ALTE DATEN und
I.3 ERTRAGSKUNDEFLÄCHEN EINLESEN
Die drei Flächen 10, 16 und 22 haben im Jahr 2013 eine Reduktion erfahren, darum werden sie einzelnen eingelesen. Alle nicht in der Inventur 2013 eingewachsenen Bäume wurden in den reduzierten Flächen auch in allen früheren Inventuren gefunden. Somit bietet es sich an, zuerst die Inventuren 2013 einzulesen und in einem späteren Schritt die älteren Inventuren dieser Flächen mit den neuen zu verschneiden, um so, die nicht beibehaltenen Teile der Flächen von der ersten Inventur an auszuschliessen. Der Abschnitt I.2 liest den grössten Datensatz ein. Er umfasst alle Naturwaldreservat-Daten vor 2013 zum SNP. Die Auswahl der relevanten Flächen erfolgt im R-Script. Die Spalten der Bemerkungen sind in diesem Datensatz leer. Das Hinzufügen der Bemerkungen erfolgt im Abschnitt I.6. Die Ertragskunde-Daten sind bereits komplett und umfassen alle Inventuren. Durch die einheitliche Ordnung der drei Datensätze wird eine korrekte Aggregation sicher gestellt.

I.4 AGGREGATION DER DATEN
In diesem Abschnitt werden die drei Datensätze zusammengeführt und die ersten Tests zur Bereinigung der Daten durchgeführt. Es wird untersucht, ob Bäume mehrfach vorkommen. Dies ist in der Flächen 10 mehrmals der Fall. Die Baumnummern 641, 756 und 943 kommen doppelt vor. Die doppelten Einträge wurden entfernt. Baumnummer 541 kommt im 2013 mit verschiedenen *d1*-Werten vor. Aus der Datenbank konnte der korrekte Wert von 92 mm gelesen werden und die falsche Zeile wurde gestrichen. Baumnummer 1325 kommt ein zusätzliches Mal ohne IUFRO-Code vor. Die fehlerhafte Zeile wurde gestrichen. In der Fläche 22 wurde die Baumnummer 1032 im Jahr 2013 acht Mal vergeben. Es handelt sich jedoch um nur zwei Individuen. Der korrekte Eintrag mit *d1*=54 mm bleibt Baumnummer 1032 und es wurde eine zusätzliche Baumnummer 1147 für das Individuum mit *d1*=40 mm vergeben. Die überzähligen Zeilen wurden gelöscht. Alle oben genannten Fehler konnten anhand von Datenbankabfragen einwandfrei korrigiert werden.
Der Brusthöhendurchmesser (BHD) der Ertragskundeflächen wird über Kreuz gemessen. Um einen einheitlichen Wert für alle Flächen zu haben wird das arithmetische Mittel von *d1* und *d2* (bei den Ertragskundedaten) sowie der Wert für *d1* bei den restlichen Daten in eine neue Spalte *bhd* eingeschrieben.
Ein Teil des aggregierten Datensatzes weist jeden erfassten Baum in jeder Inventur aus. Das heisst, dass Bäume auch schon vor ihrem Einwachsen in die Kluppschwelle oder Existieren als leere Zeilen auftreten. Diese Zeilen sollten keinen *bhd*-Wert (NA) ausweisen und auch keine sonstigen Angaben enthalten. Tote Bäume sollten hingegen einen *bhd*-Wert=0 enthalten, wenn dieser nicht mehr messbar ist. Es wurde überprüft, ob keine Bäume mit *bhd*-Wert=0, die noch nicht existieren oder lebendig sind vorkommen und, ob alle Bäume mit *bhd*-Wert=NA auch ohne Angaben in der *ahc_ id* vorkommen. Es wurden zwei Individuen (Baumnummer 1171 in Fläche 10 und Nummer 470 in Fläche 22

beide im Jahr 2013) gefunden, die *bhd*-Wert=NA aufweisen und laut *ahc_id* als abgestorben gelten. Beide Individuen wurden mit einem *bhd*-Wert=0 beibehalten.
Alle überflüssigen (leeren) Zeilen wurden gelöscht und die Zeilen mit *bhd*=0 neu als *bhd*=NA weitergeführt. Dies erleichtert später die Berechnungen, da keine Werte gleich 0 vorkommen.

I.5 REDUKTION DER FLÄCHEN 10, 16 und 22
In diesem Abschnitt erfolgt die Reduktion der oben genannten Flächen. Eine zusätzliche Spalte kennzeichnet die Bäume, die in der reduzierten Fläche vorkommen und erlaubt nur diese Baumnummern auch in den älteren Inventuren. Diese einfache Vorgehensweise ist natürlich nur zulässig, weil alle nicht in der Inventur 2013 eingewachsenen Bäume auch in allen früheren Inventuren gefunden wurden. Ein kurzer Exkurs in diesem Abschnitt rechnet das Ausmass der Reduktion in Bezug auf die Stammzahl und der Flächengrösse nach. Es zeigt sich, dass die Reduktion auf beide Grössen in etwa den gleichen Einfluss hat.

I.6 EINLESEN FILE MIT BEMERKUNGEN
Wie bereits erwähnt sind die Bemerkungen zum Datensatz der älteren Naturwaldreservatsflächen separat hinterlegt. Die möglichen fünf Bemerkungen sind jedoch nicht horizontal pro Baum erfasst sondern in mehreren Zeilen pro Baum. Die unterschiedliche Anzahl Zeilen pro Baum bedingt, dass die Bemerkungen mit einem Loop herausgelesen werden und horizontal in den Datensatz eingeschrieben werden müssen.

3.4 Plausibilität

Dieser Teil (*II. Plausibilität*) des R-Scripts führt mehrere Plausibilitätstest durch und korrigiert oder ergänzt, wenn nötig den Datensatz. Im Anschluss wurde der korrigierte Datensatz nochmals in das gleiche Script eingelesen und die gleichen Tests wurden (ohne die Korrektur-Befehle) nochmals durchgeführt. Bei erfolgreichem Bestehen der Test kann so nachgewiesen werden, dass die erfolgten Korrekturen richtig waren.

II.1 AUSGELASSENE BÄUME

Dieser Abschnitt prüft, ob Bäume in einer oder mehreren Inventuren ausgelassen wurden. Jedem Inventurzeitpunkt wird flächenweise die korrekte vorangehende Inventur zugeordnet und überprüft, ob es Individuen gibt, welche Lücken in der Inventurabfolge aufweisen. Es wurden insgesamt 74 Individuen gefunden, die ausgelassene Aufnahmejahre aufweisen. In der Fläche 004 betrifft dies folgende Baumnummern: 38, 65, 69, 78, 86, 123, 126, 172, 179, 198, 205, 252, 275, 298, 299, 314, 320, 327, 328, 346, 353, 359, 368, 405, 408, 415, 437, 451, 453, 454, 456, 458, 459, 460, 461, 462, 464, 490, 499, 505, 530, 537, 538, 546, 548, 549, 561, 562, 574, 575, 577, 580, 584, 597, 606, 610, 623, 624, 630, 641, 662, 675. In der Fläche 005 betrifft es folgende Baumnummern: 255, 424, 500, 538, 540, 543, 544, 547, 548, 549, 610, 611. Die fehlenden Zeilen wurden ergänzt und der BHD wurde interpoliert. Die *ahc_id* konnte ebenfalls einfach nachgeführt werden, da es sich nicht um Individuen handelt, die in der Inventur nach der ausgelassenen als neutot erfasst wurden.

II.2 VERSCHWUNDENE BÄUME

Bäume, welche nicht wieder gefunden werden können sind für weitere Auswertungen nutzlos. Da es sich nur um Aufnahmen der letzten Inventuren im Jahr 2013 handelt konnten die verschwundenen Bäume einfach gelöscht werden ohne den Datensatz zu beeinflussen. Insgesamt wurden 23 Individuen gelöscht. In der Fläche 004 waren es folgende Baumnummern: 732, 733, 746, 795, 796, 797. In der Fläche 005 waren es folgende Baumnummern: 65, 229, 235, 278, 306, 424, 425, 974, 1220, 1292, 1296, 1319, 1324, 1325, 2049, 2054, 2150.

II.3 ART, DKL, BHD
Dieser Abschnitt übersetzt den Code für die Art in gängige Abkürzungen für die Baumart. Der BHD wird in Durchmesserklassen eingeteilt. Es wurden 11 Durchmesserklassen von 0 cm bis über 40 cm in Schritten von 4 cm eingeführt. Untenstehende Tabelle zeigt alle Durchmesserklassen auf. Die Jahre zwischen den jeweiligen Inventuren wurden berechnet und die Entwicklung des BHD in dieser Zeit. Die Division der BHD-Entwicklung durch das Intervall zwischen den Inventuren liefert die Entwicklung pro Jahr.

Tab. 5: Durchmesserklassen

D. Kl.	BHD		
0	0	≤mm<	40
1	40	≤mm<	80
2	80	≤mm<	120
3	120	≤mm<	160
4	160	≤mm<	200
5	200	≤mm<	240
6	240	≤mm<	280
7	280	≤mm<	320
8	320	≤mm<	360
9	360	≤mm<	400
10	400	≤mm	

II.4 AUFERSTEHUNG
Die Überprüfung, ob ein Baum als tot erfasst und in einer späteren Inventur wieder als lebendig geführt wird ergab ein einziges betroffenes Individuum. Baumnummer 1832 in der Fläche 16 musste dementsprechend korrigiert werden und der fehlende BHD wurde interpoliert.

II.5 ZWEI MAL NEUTOT und
II.6 SOFORT ALT TOT
In Anbetracht einer späteren Auswertung des Einwuchses und der Mortalität ist es wichtig, dass jedes Individuum beim Absterben den normalen Verlauf von lebendig zu neutot und dann zu alttot aufweist. Diese beiden Abschnitte korrigieren in der Fläche 16 folgende Baumnummern, die mehrmals als neutot erfasst wurden: 184, 949, 950, 1130, 1131, 1965. Dasselbe gilt für die Baumnummern 216, 328 und 991 in der Fläche 22. Baumnummer 1274 in Fläche 005 und die Nummern 179, 1695 und 1938 in der Fläche 16 wurden sofort als alttot erfasst. Bei allen Bäumen konnte der Aushiebsscode korrigiert werden.

II.7 WECHSEL DER BAUMART
Kein Individuum weist einen Wechsel der Baumart auf.

3.5 BHD-Entwicklung

Die Entwicklung des BHD zu untersuchen stellt eine der grösseren Schwierigkeiten der Plausibilitätstests dar. Es ist nicht immer offensichtlich, ob ein Wert als falsch angesehen werden kann, oder ob es sich um einen korrekten aber extremen Wert handelt. Die Korrektur des Wertes wäre zudem in den meisten Fällen auch nicht möglich und logisch ableitbar, wie beispielsweise bei Tests bezüglich Fehlern im Aushiebscode. Es konnten anhand der Aufnahmeformulare mehrere Ausreisser identifiziert werden, die auf mehr oder minder offensichtliche Fehler bei der Digitalisierung der Daten zurückzuführen sind. Bei extremen Zunahmen ist dies relativ häufig gut nachvollziehbar. Extreme Abnahmen sind hingegen häufig auf den Zerfall zurück zu führen und ohne genauere Beschreibung des Zustandes des Baumes ist es nicht möglich deren Richtigkeit oder Fehlerhaftigkeit fest zu stellen. Eine Ausnahme bilden Fehler, die aufgrund der Konsultation der Aufnahmeformulare zweifelsfrei geklärt werden konnten - dort besteht kein Zweifel an der Richtigkeit der Korrektur. Es wurde ein eher konservativer Ansatz gewählt und nur Korrekturen vorgenommen, wenn mit grösster Sicherheit angenommen werden kann, dass der Fehler in den Daten dadurch verkleinert wird. Extreme Ausreisser in der Zunahme, die nicht korrigiert werden konnten wurden aus dem Datensatz gelöscht. Somit entsteht ein kleiner Fehler bei der Stammzahl und es kann ein grösserer Fehler bei der Grundfläche vermieden werden. Extreme Ausreisser in der Abnahme, die nicht korrigiert werden konnten wurden hingegen, in der Annahme, dass die Daten stimmen, beibehalten.

III.1 EXTREMER ZUWACHS

In diesem Abschnitt wird die jährliche, positive BHD-Entwicklung nach Durchmesserklassen stratifiziert betrachtet. Es bietet sich an alle Werte in einem Boxplot darzustellen.

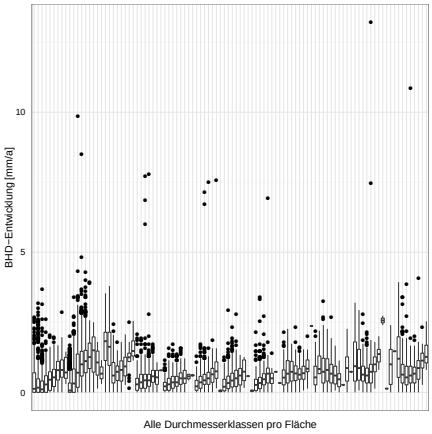

Abb. 3: Boxplot extremer Zuwachs ohne Korrektur

Es lassen sich eine Vielzahl von Ausreissern identifizieren, von denen jedoch nur 14 über der Marke von 5 mm BHD-Zuwachs pro Jahr liegen und genauer untersucht werden. Selbstverständlich ist diese Marke nicht allgemein anwendbar aber im Fall eines solch grossen Datensatzes scheint es ratsam die Grenze für

eine genauere Untersuchung von Ausreissern anhand der Datenstruktur zu bestimmen.
Bei der Konsultation der Aufnahmeformulare wurde jeweils in Betracht gezogen, ob ein Fehler beim Abschreiben der Werte vorliegt und es wurden die soziale Stellung und die Werte der Bäume in unmittelbarer Nähe mit ein bezogen. Für folgende Individuen konnte anhand der Aufnahmeformulare eine Korrektur vorgenommen werden (siehe Aufnahmeformulare im Appendix): Für die Baumnummern 134, 234, 1782, 1916 in Fläche 11 und die Baumnummern 137, 1194, 2169, 2300 in Fläche 13 wurde von einem Schreibfehler ausgegangen und die Werte um eine fehlende Ziffer korrigiert. Dasselbe gilt für Baum 661 in Fläche 17. Beim Baum 167 in Fläche 8 wurde der Wert falsch Digitalisiert - es wurde der Wert des Aufnahmeformulars übernommen. Bei den Baumnummern 287 und 289 in Fläche 8 liegt eine Verwechslung vor und die Werte wurden dem korrekten Baum zugeordnet. Für die Baumnummern 126 und 1273 in Fläche 005 und 790 in Fläche 9 konnte keine Lösung gefunden werden - die fehlerhaften Zeilen wurden gelöscht.
Bei erneuter Betrachtung des gleichen Boxplots sind die Ausreisser über 5 mm nach den Korrekturen verschwunden.

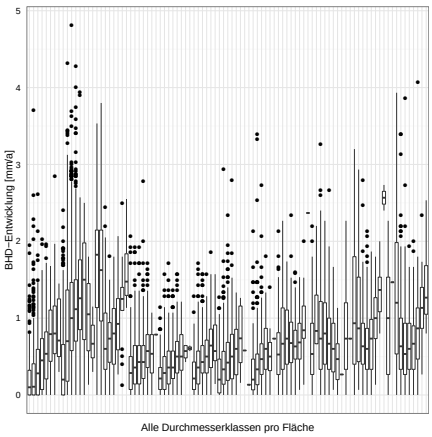

Abb. 4: Boxplot extremer Zuwachs mit Korrektur

III.2 RÜCKLÄUFIGE BHD

Die gleiche Vorgehensweise für extreme Abnahmen des BHD liefert folgendes Bild.

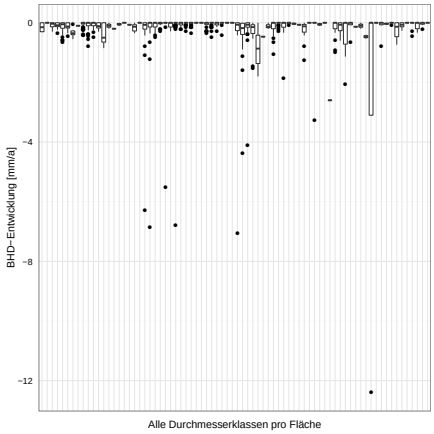

Abb. 5: Boxplot extreme Abnahme ohne Korrektur

Acht extreme Ausreisser über 4 mm BHD-Rückgang pro Jahr sind ersichtlich. Wie bereits erwähnt ist es bei extremen Rückgängen schwierig mit Sicherheit einen Fehler fest zu stellen. Zwei Individuen konnten anhand der Aufnahmeformulare korrigiert werden. Baumnummer 1127 in Fläche 11 und 1366 in Fläche 12 enthalten mit grosser Sicherheit einen Fehler bei der Aufnahme der Werte. Der BHD wurde bei diesen zwei Bäumen angepasst - die restlichen Ausreisser wurden so belassen.

III.3 KLUPPSCHWELLE

Dieser Abschnitt führt als erstes die Schritte aus Abschnitt II.3 nochmals aus, damit alle Korrekturen in die Berechnungen mit ein fliessen. Da nicht in allen Flächen die gleiche Kluppschwelle angewandt wurde muss diese auf den kleinsten gemeinsamen Wert gesetzt werden. In diesem Fall sind dies 40 mm. Von den ursprünglichen 11 Durchmesserklassen wird somit die kleinste (0 bis 4 cm) gestrichen. Die Individuen 305 in Fläche 004 und 1305 in Fläche 16 weisen eine BHD-Entwicklung aus, die unter die Kluppschwelle fällt und dann wieder über diese steigt. Solche Fälle lassen sich identifizieren indem alle Zeilen unter der Kluppschwelle entfernt werden und erneut ein Test für ausgelassene Aufnahmen durchgeführt wird - ihnen fehlt dann eine Inventur. Um diese Bäume im Datensatz bei zu behalten wurde ihr BHD korrigiert. Das Ausmass ist dermassen gering (1 mm und 6 mm), dass es korrekter erschien die Individuen mit verändertem BHD weiter zu führen, als sie aus dem Datensatz zu streichen.

III.4 BHD-VERTEILUNG

In diesem Abschnitt werden für jeden Baum die Abweichungen der jährlichen BHD-Entwicklung vom Durchschnitt der jährlichen BHD-Entwicklung für jede Fläche und Durchmesserklasse berechnet. Eine Kerndichteschätzung stellt diesen Sachverhalt graphisch dar.

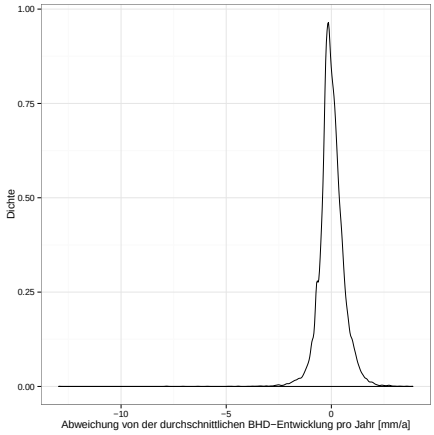

Abb. 6: Kerndichteschätzung BHD-Entwicklung

Es kann davon ausgegangen werden, dass der gesamte Datensatz relativ homogen ist und innerhalb der einzelnen Durchmesserklassen keine allzu extremen Abweichungen vorhanden sind. Dieser Sachverhalt ist jedoch nicht als ein Qualitätsmerkmal eines Datensatzes sondern als eine Ausprägung desselben zu verstehen.

3.6 Auswertung

Der letzte Teil des R-Scripts (*IV. Auswertung*) dient dem Berechnen und Aggregieren der Resultate und dem Erstellen von Tabellen und Graphiken. Es lassen sich zwei grundlegende Unterteilungen oder Stratifikationen unterscheiden: Die Werte können nach Inventuren oder nach Inventuren und Durchmesserklassen betrachtet werden. Die Auswertung beinhaltet folgende Grössen in Bezug auf die jeweilige Startifikation und Entwicklung: Baumart, Stammzahl (N), Basalfläche (G), Brusthöhendurchmesser (BHD), Baumhöhe (H) sowie Einwuchs, Mortalität und Zustand der Bäume (lebend oder tot).

IV.1 DATENSATZ UNTERTEILEN
Um ein einfacheres Abfragen und Berechnen der gewünschten Resultate zu ermöglichen wird der gesamte Datensatz unterteilt. So wird zum Beispiel ein Datensatz des lebenden Bestandes gebildet oder ein Datensatz, der nur die Art Bergföhre enthält.

IV.2 ZUSAMMENFASSUNG NACH DKL STRATIFIZIERT und
IV.3 ZUSAMMENFASSUNG NACH INVENTUREN
In diesen Abschnitten werden grundlegende Grössen der jeweiligen Inventur pro Fläche bzw. Inventur und Durchmesserklasse pro Fläche berechnet.

IV.4 EINWUCHS UND MORTALITÄT BFÖ NACH DKL UND INV und
IV.5 ZUWACHS
Um den Einwuchs und die Mortalität zu berechnen werden in den Datensatz zusätzliche Kategorien eingefügt, die sich aus der *ahc_id* und dem erscheinen des Baumes im Datensatz ableiten. Die Bäume können tot oder lebendig sein und erscheinen in einer Inventur zum ersten mal oder waren bereits in vorangehenden Inventuren vorhanden. Der Zuwachs der lebenden Bäume oder des gesamten Bestandes berechnet sich aus den jeweiligen BHD. Für diese Auswertung mussten einige Anpassungen gemacht werden: Bäume der Durchmesserklasse NA, das heisst absterbende Bäume, die unter die Kluppschwelle fallen wurden ihrer letzten Durchmesserklasse in lebendem Zustand zugewiesen. Bäume welche aufgrund der Plausibilitätstests gelöschte Inventuren haben müssen gänzlich aus dem Datensatz gestrichen werden, da ansonsten zu grosse Sprünge beim Einwuchs in eine neue Durchmesserklasse verzeichnet werden. Diese gelöschten Bäume (vier Individuen) führen zu einer minimalen Abweichung der gesamten Stammzahl gegenüber den restlichen Auswertungen.

IV.6 TABELLEN ALLE FLÄCHEN und
IV.7 TABELLEN EINZELNE FLÄCHEN
Eine Vielzahl von Tabellen fasst die berechneten Resultate in gewünschter Form zusammen und bereitet die Darstellung für das Setzen des Texts auf. Der jeweilige Inhalt der Tabelle ist der Überschrift zu entnehmen.

IV.8 PLOTS ALLE FLÄCHEN und
IV.9 PLOTS EINZELNE FLÄCHEN
Die Graphiken dienen dazu die grosse Anzahl an Resultaten in eine intuitiv erfassbare Form auf zu bereiten. Es werden einige Graphiken, die alle Flächen

berücksichtigen erstellt und 11 Graphiken zur Charakterisierung der einzelnen Fläche. Pro Fläche wird eine Graphik, die den Einwuchs und die Mortalität darstellt gebildet. Eine separate Darstellung der Mortalität pro Durchmesserklasse hat nur bei Flächen mit drei oder mehr Inventuren einen Sinn, da ansonsten die dazugehörige Tabelle einen besseren Eindruck ergibt. Der Vollständigkeit halber wird auch eine Graphik, die die Stammzahl von Berföhre und anderer Baumarten darstellt gebildet. Beim sehr hohen Anteil an Bergföhre hat diese Graphik aber keinen wirklichen Mehrwert und ist mit der Entwicklung der Stammzahl von Bergföhre praktisch deckungsgleich. Die Entwicklung der Basalfläche und der Stammzahl wird in verschiedenen Weisen dargestellt und bietet jeweils einen anderen Blickwinkel auf diese Resultate.

3.7 Abkürzungen

Folgende Liste gibt in alphabetischer Reihenfolge Auskunft über die im R-Script häufig verwendeten Abkürzungen. Aufgrund der verschiedenen Quellen der Daten kommen in *I. Rohdaten* einige Bezeichnungen in verschiedenen Abkürzungen vor. Ab dem aggregierten Datensatz sind diese jedoch eindeutig.

A	Fläche [ha]
ahc_dec_id	Aushieb- und Zerfallstadiencode
ahc_id	Aushiebcode
aj	Aufnahmejahr
art	Baumart
art_id	Code Baumart
b_id	Baumnummer
Bem1 bis *Bem5*	Bemerkung
bemtyp_id	Bemerkung (mehrere Zeilen pro Baum)
best	bestehend
bhd	Brusthöhendurchmesser [mm]
d1 und *d2*	Über Kreuz gemessener BHD [mm]
dec_id	Zerfallsstadiencode
delta_aj	Zeitabstand seit [a]
dkl	Durchmesserklasse
dschnitt	durchschnittliche jährliche BHD-Entwicklung pro Baum einer Fläche
einw	Einwuchs
entw_bhd	BHD-Entwicklung seit letzter Inventur [mm]
entw_bhd_pa	jährliche BHD-Entwicklung seit letzter Inventur [mm/a]
f_dkl	Kombination Fläche, Durchmesserklasse
f_I_dkl	Kombination Fläche, Inventur, Durchmesserklasse
f_id	Flächennummer
faj	Kombination Fläche, Aufnahmejahr
fb_id	Kombination Fläche, Baumnummer
fg_id	Flächengruppen-Nummer
G	Grundfläche [m^2]
G_ha	Grundfläche pro ha [m^2/ha]
I_dkl	Kombination Inventur, Durchmesserklasse
ic_1 bis *ic_6*	IUFRO-Code
ic_x_y_z	Kombinierter IUFRO-Code
IDKF	Kernflächennummer
Inv	Inventur
N	Stammzahl
N_ha	Stammzahl pro ha
neutot	neutoter Baum
toteinw	eingewachsener, neutoter Baum
u_id	Kombination Fläche, Baumnummer und Aufnahmejahr
ZBem	Zusatzbemerkung

4 Resultate

Die Darstellung der Resultate gliedert sich in zwei Schritten: Zuerst werden die wichtigsten Struktur-Grössen aller Flächen gemeinsam präsentiert, um eine Einordnung der einzelnen Flächen zu gewährleisten. Es folgt die Auflistung aller gewonnenen Resultate pro Fläche oder Flächen mit sehr ähnlicher Dynamik. Diese Charakterisierung jeder Fläche folgt dem gleichen Muster, da für jede Fläche standardisierte Tabellen und Graphiken erstellt wurden und stellt so sicher, dass ein einfaches Auffinden und Konsultieren der Ergebnisse möglich ist. Die Graphiken sind in ihrer Darstellung für die einzelne Fläche optimiert und nicht für einen Vergleich mit anderen Flächen. Komparative Graphiken folgen in der Betrachtung von Flächengruppen. Die Präsentation der Resultate beschränkt sich auf eine deskriptive Darstellung. Die Gruppierung von Flächen und die anschliessende Diskussion sollen so dann Platz für Interpretationen bieten.

4.1 Gesamtes Untersuchungsgebiet

Die zwölf untersuchten Flächen unterscheiden sich bezüglich Stammzahl und Basalfläche sowie deren Dynamik sehr stark. In Anlehnung an Brang et al. (2011) werden die Flächen in einer Graphik, welche die Stammzahl-Basalfläche-Kombination jeder Inventur aufzeigt gegenübergestellt. Abbildung 7 zeigt diese Entwicklung von N/ha und G/ha für den lebenden Bergföhrenbestand jeder Fläche.

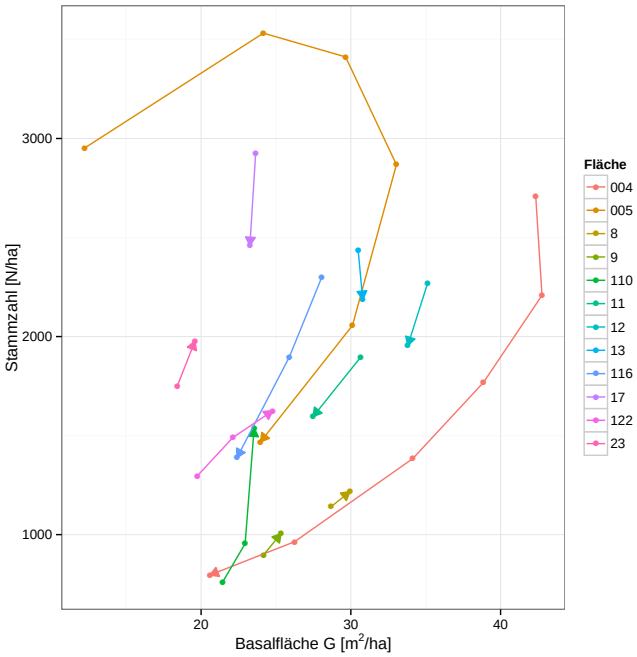

Abb. 7: N- und G-Entwicklung

Die zu erwartende Kurve eines Naturwaldes über eine lange Zeitspanne (mit oder ohne überlappenden Generationen) hätte die Form einer Glocke; ein starkes Ansteigen der Stammzahl bei geringer Basalfläche, eine Kuppe bei mittlerer Basalfläche und dann eine starke Reduktion der Stammzahl bei grosser Basalfläche (Schütz 2003). Dies entspricht der Vorstellung eines jungen Waldes mit starkem Einwuchs dünner, junger Bäume und einer Ausdünnung infolge der Konkurrenz zwischen den dicker werdenden Bäumen bis zu einem Bestand mit wenigen alten Bäumen starker Dimensionen. Die Inventuren der untersuchten Flächen decken nicht einen solchen kompletten Lebenszyklus ab. Sie zeigen einen Ausschnitt in der Entwicklung eines bereits bestehenden Waldes. Einzig Fläche 005 zeigt bereits die frühen Stadien einer einwachsenden Weide (Ersichtlich aus Photoserien der WSL). Es bedarf darum einer Interpretation, ob die gemessene Entwicklung einem Teil einer solchen glockenförmigen Entwicklung entspricht oder die gemessene Entwicklung einem anderen Muster folgt. Die separate Darstellung der Stammzahl- und Basalflächen-Entwicklung verdeutlicht nochmals diesen Zusammenhang.

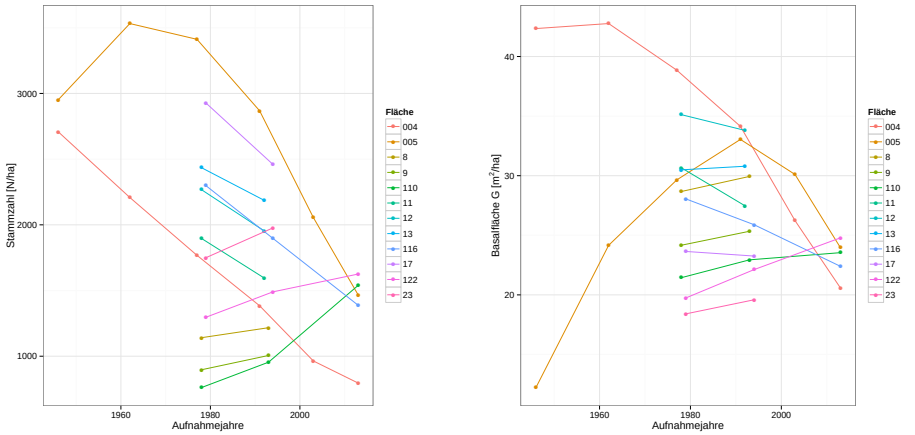

Abb. 8: N- und G-Entwicklung separat

Die Flächen 004, 11, 12, 116 und 17 weisen eine Abnahme der Stammzahl und der Basalfläche auf. Fläche 13 weist bei abnehmender Stammzahl eine leichte Erhöhung der Basalfläche auf. Die Flächen 8, 9, 110, 122, 23 verhalten sich genau umgekehrt und haben eine zunehmende Stammzahl und Basalfläche. Die Fläche 005 zeigt anfänglich eine Zunahme beider Grössen, um ab der 4 Inventur in eine Abnahme beider Grössen über zu gehen. Tabelle 6 zeigt diese Unterscheidung.

Tab. 6: N- und G-Entwicklung

Nr.	N/ha		G/ha	
	Abnahme	Zunahme	Abnahme	Zunahme
004	x		x	
005	(x)		(x)	
11	x		x	
12	x		x	
116	x		x	
17	x		x	
8		x		x
9		x		x
110		x		x
122		x		x
23		x		x
13	x			(x)

Die BHD und Baumhöhen sowie deren Zuwachs sind mögliche Indikatoren für die Wüchsigkeit eines Standortes. Die Zuwüchse hängen aber natürlich auch von der Ausgangslage oder vom Zeitpunkt der Messung im Lebenszyklus eines Bestandes ab. Somit können diese Struktur-Grössen herangezogen werden, um eine Einordnung der Daten aus Abbildung 7 vor zu nehmen. Tabelle 7 gibt die durchschnittliche Baumhöhe und der durchschnittliche BHD der 100 dicksten Bäume eines jeden Bestandes (H_{dom} und BHD_{dom}) pro Inventur wieder. Der durchschnittliche BHD (⌀BHD) aller Bäume ist ebenfalls in der Tabelle ent-

halten. Die Zuwüchse von H_{dom} und BHD_{dom} sind in Tabelle 8 aufgelistet. Alle Werte beziehen sich auf den lebenden Bergföhrenbestand.

Tab. 7: Baumhöhen und BHD

Nr.	Inv.	AJ.	H_{dom} [m]	BHD_{dom} [mm]	∅BHD [mm]
004	I	1946	11.78	207	133
	II	1962	12.08	219	149
	III	1977	12.56	224	159
	IV	1991	13.95	230	168
	V	2003	14.40	232	176
	VI	2013	14.77	225	167
005	I	1946	6.02	111	69
	II	1962	7.46	152	87
	III	1977	9.40	171	98
	IV	1991	11.43	190	112
	V	2003	13.27	200	127
	VI	2013	13.65	198	135
8	I	1978	9.07	270	162
	II	1993	8.28	282	157
9	I	1978	9.09	292	168
	II	1993	8.81	304	157
110	I	1978	7.33	241	169
	II	1993	7.30	247	149
	III	2013	12.97	239	113
11	I	1978	9.90	234	133
	II	1992	10.32	235	137
12	I	1978	9.06	234	130
	II	1992	9.75	240	138
13	I	1978	8.59	211	118
	II	1992	9.31	219	125
116	I	1979	7.01	194	115
	II	1994	7.43	195	123
	III	2013	11.08	199	134
17	I	1979	5.28	176	94
	II	1994	6.00	182	102
122	I	1979	7.61	204	125
	II	1994	7.55	214	121
	III	2013	12.28	225	122
23	I	1979	6.31	200	104
	II	1994	6.02	205	100

Tab. 8: BHD- und Höhen-Zuwachs

Nr.	Inv.	ΔBHD [mm/a]	ΔH_{dom} [cm/a]
004	II	0.71	1.88
	III	0.46	3.20
	IV	0.57	9.93
	V	0.51	3.75
	VI	0.43	3.70
005	II	1.67	9.00
	III	0.76	12.93
	IV	0.86	14.50
	V	0.73	15.33
	VI	0.48	3.80
8	II	0.83	-5.27
9	II	0.83	-1.87
110	II	1.03	-0.20
	III	1.22	28.35
11	II	0.44	3.00
12	II	0.37	4.93
13	II	0.46	5.14
116	II	0.33	2.80
	III	0.44	19.21
17	II	0.41	4.80
122	II	0.75	-0.40
	III	0.66	24.89
23	II	0.74	-1.93

Das Dickenwachstum wird aus den Einzelbaum-Daten zur BHD-Entwicklung berechnet und unterscheidet sich folglich vom Zuwachs des durchschnittlichen BHD, der aus Tabelle 7 berechnet werden könnte. Die Einzelbaum-Daten weisen für die Einwüchse nämlich keine BHD-Zunahme aus, da nicht bekannt ist, um wie viel es ein Baum nicht über das Mass der Kluppschwelle geschafft hat. Die Baumhöhenzunahme lässt sich hingegen aus den Daten der Tabelle 7 berechnen.

Abbildung 9 stellt die H_{dom}- und BHD_{dom}-Kombinationen aller Inventuren dar. Einzig die drei Flächen 8, 9 und 23 weisen eine Baumhöhen-Abnahme auf. Ansonsten entsprechen die Daten, der Erwartung, dass die Dicken und Höhen zunehmen.

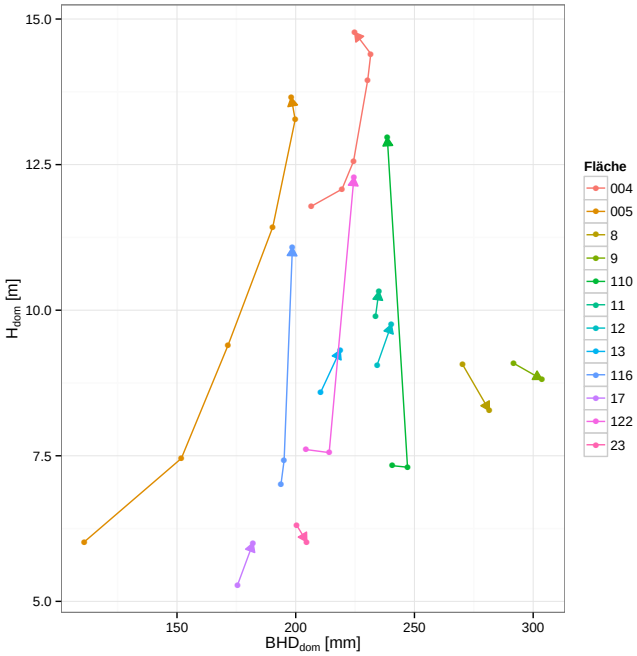

Abb. 9: Baumhöhen und BHD

Die drei reduzierten Flächen 110, 116 und 122 (ehemals 10, 16, 22) weisen einen sehr starken Höhenzuwachs von der zweiten zur dritten Inventur auf. Dieser Verlauf könnte einen Zusammenhang mit der Reduktion der Fläche haben. Da unter Umständen in der reduzierten Fläche neue Bäume eingemessen werden müssen, um den H_{dom} zu berechnen. Für die vorliegende Auswertung wurden in den Jahren vor der Reduktion somit die Höhenmessungen im ganzen Bestand berücksichtigt. Fläche 110 würde eine starke Zunahme an Messungen in der dritten Inventur aufweisen (I: 19, II: 23, III: 77 Messungen), wenn nur der reduzierte Datensatz verwendet würde. Die berechneten Zuwüchse der Höhe in Tabelle 8 sind auffällig hoch. Sie bewegen sich aber auch nicht im Bereich, der nicht erreicht werden könnte, wie die starken Zunahmen in Fläche 005 zeigen. Somit sind diese Werte mit Vorsicht zu verwenden aber werden im Weiteren als korrekt angenommen.

Zwei weitere charakterisierende Struktur-Grössen sind der Einwuchs und die Mortalität. Tabelle 9 zeigt eine Übersicht dieser Grössen für alle Flächen und Inventuren, bezogen auf den Bestand an Bergföhren. Als "bestehende Bäume" gelten Bäume, die in der letzten Inventur bereits vorhanden waren und auch in der auszuwertenden zum lebenden Bestand zählen. "Neutote Bäume" sind Bäume, die in der letzten Inventur zum lebenden Bestand zählten und in der Zwischenzeit gestorben sind. "Eingewachsene Bäume" sind Bäume, die in der letzten Inventur noch nicht vorhanden waren und jetzt zum lebenden Bestand zählen. "Toteingewachsene Bäume" sind Bäume, welche ebenfalls in der letzten Inventur noch nicht vorhanden waren und nun als tote Bäume vorliegen. Diese Individuen sind in der Zeitspanne zwischen zwei Inventuren eingewachsen und abgestorben. An dieser Stelle sei bereits auf die Abgrenzungen zu "eingewachsenen" und "toteingewachsenen Bäumen" in Auswertungen mit einer Stratifikation nach Durchmesserklassen gemacht: Werden die Durchmesserklassen unterschieden, so zählt ein Baum als "eingewachsener" respektive "toteingewachsener Baum", wenn er in der Zeitspanne zwischen zwei Inventuren von einer Durchmesserklasse in eine andere wechselt (bei abnehmendem oder zunehmendem BHD). Weiter ist zu beachten, dass die Kluppschwelle einen Teil des Bestandes ausblendet. Bei der Interpretation der Resultate in Tabelle 9 muss dieser Sachverhalt berücksichtigt werden. Die Daten können so zu sagen als stratifiziert gelten - ein Stratum bilden die Bäume über der Kluppschwelle und ein Stratum, die unter der Kluppschwelle. Da in Tabelle 9 die BHD unter der Kluppschwelle unberücksichtigt bleiben würden hat eine BHD-Abnahme eines (absterbenden) Baumes unter die Kluppschwelle einen Datenverlust zur Folge. Dies wurde dadurch vermieden, dass diesem "neutoten Baum" die letzte Durchmesserklasse im lebenden Zustand eingeschrieben wird.
Die Mortalität stellt den Anteil eines lebenden Bestandes dar, der zwischen zwei Inventuren stirbt. Da der Bestand zwischen zwei Inventuren jedoch einen Einwuchs (tot oder lebendig) erfahren kann, muss dieser ebenfalls berücksichtigt werden. Die Mortalität (M) für eine Inventur (I) wurde folgendermassen aus den Daten dieser Inventur und der vorangehenden Inventur (I-1) berechnet:

$$M = \frac{neutot_I + toteinw_I}{best_{I-1} + einw_{I-1} + einw_I + toteinw_I}$$

Auch bei der Mortalität und beim Einwuchs lassen sich zwischen den Flächen und zwischen den Inventuren grosse Unterschiede feststellen. Fläche 005 entspricht wiederum dem erwarteten Bild, welches den Stammzahl-Verlauf widerspiegelt. Nach einer Phase starken Einwuchses nimmt die Mortalität infolge der Konkurrenz zu. Die anderen Flächen bedürfen einer Interpretation der Werte aufgrund der Situierung der Inventuren im Lebenszyklus des Bestandes.

Tab. 9: Einwuchs und Mortalität

Nr.	Inv.	AJ.	N/ha					mort. [%]
			$\sum$	best.	neutot.	einw.	toteinw.	
004	I	1946	2708	2708				
	II	1962	2208	2156	552	52	4	20
	III	1977	1768	1752	456	16		21
	IV	1991	1384	1376	388	8		22
	V	2003	964	948	440	16		31
	VI	2013	796	696	268	100	8	26
005	I	1946	2952	2952				
	II	1962	3532	2828	124	700	20	4
	III	1977	3412	3264	252	144	8	7
	IV	1991	2868	2780	600	84	8	17
	V	2003	2056	2008	860	44		30
	VI	2013	1468	1436	592	28		28
8	I	1978	1141	1141	101			
	II	1993	1217	1030	111	187	3	9
9	I	1978	897	897	105			
	II	1993	1006	832	65	173	2	6
110	I	1978	761	761	75			
	II	1993	955	710	51	245		5
	III	2013	1538	813	142	726	4	9
11	I	1978	1897	1897	598			
	II	1992	1596	1516	378	80	4	19
12	I	1978	2268	2268	554			
	II	1992	1955	1923	338	31	2	15
13	I	1978	2435	2435	630			
	II	1992	2187	2152	282	35	1	11
116	I	1979	2298	2298	351			
	II	1994	1896	1882	413	15		18
	III	2013	1388	1323	566	66	4	29
17	I	1979	2927	2927	477			
	II	1994	2459	2380	533	79	2	18
122	I	1979	1297	1297	55			
	II	1994	1490	1231	66	259	7	5
	III	2013	1625	1388	99	237	4	6
23	I	1979	1750	1750	220			
	II	1994	1977	1459	286	518	61	15

4.2 Flächen

Jede Fläche wird durch insgesamt zehn Graphiken und fünf Tabellen beschrieben. Die Graphiken sind paarweise angeordnet und zählen als eine Abbildung. Alle Darstellungen beziehen sich auf den lebenden Bergföhrenbestand oder auf den gesamten Bergföhrenbestand, falls Aussagen über die Mortalität gemacht werden.

Die Abbildungen "Entwicklung N/ha" und "Entwicklung G/ha" zeigen die Entwicklung der jeweiligen Struktur-Grösse über die gemachten Inventuren. Die Durchmesserklassen sind farblich unterschieden. Im rechten Teil der Abbildung wird die Entwicklung der einzelnen (relevanten) Durchmesserklassen gelöst dargestellt. Dies vereinfacht den Nachvollzug einer Zu- oder Abnahme der jeweiligen Grösse pro Durchmesserklasse. Die Abbildung zur "N- und G-Verteilung" erlaubt es einen Eindruck der Dichte oder Verteilung der Stammzahl bzw. Basalfläche auf die Durchmesserklassen und deren Verschiebung mit der Zeit zu gewinnen. Die Darstellung der "Entwicklung der Durchmesserklassen" zeigt die Zu- oder Abnahme der Stammzahl und der Basalfläche nach Durchmesserklassen über einer Zeitreihe. Die Graphik "Einwuchs und Mortalität" zeigt auf der linken Seite pro Inventur den Bestand, der bereits vorhanden war, die neuen, lebenden Bäume und die Summe der abgestorbenen bzw. toteingewachsenen. Rechts folgt eine Darstellung der Mortalitätsraten pro Durchmesserklasse und Inventur. Mit schwarzen Balken werden in jeder Inventur die durchschnittliche Mortalität der gesamten Fläche angezeigt. Dieser rechte Teil der Abbildung präsentiert sich für Flächen mit bloss zwei Inventuren nicht sonderlich aussagekräftiger als die Tabelle zu "Einwuchs und Mortalität". Der Vollständigkeit halber wurden die Abbildungen aber beibehalten.

Die Tabelle "N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur" fasst kurz die Stammzahl und die Basalfläche pro Hektare sowie deren absolute und prozentuale Veränderung zusammen. Eine Tabelle "Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]" stellt die durchschnittlichen BHD, H_{dom} und BHD_{dom} dar. Auch hier wird die absolute und die prozentuale Veränderung dieser drei Grössen wiedergegeben. Der durchschnittliche BHD-Zuwachs, aus den Werten der Einzelbaumaufnahmen berechnet sich aus dem Durchschnitt der BHD-Entwicklung pro Jahr und berücksichtigt somit keine Einwüchse, von denen vorangehende BHD nicht bekannt sind. "N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl." schlüsselt die Resultate aus der Tabelle "N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur" nach Durchmesserklassen weiter auf. Die Grössen aus der zusammenfassenden Tabelle sind ebenfalls nochmals als Summe abgebildet. Die "Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl." zeigen welche Durchmesserklassen prozentual an der gesamten Stammzahl oder Basalfläche beteiligt sind. Erwartungsgemäss tragen dickere Bäume trotz geringer Stammzahl entscheident an der Basalfläche bei. Die Veränderung dieser Zahlenreihen kann jedoch Aufschluss über die Dynamik innerhalb einer Durchmesserklasse geben und dient als Mass dafür, ob eine Durchmesserklasse eher an der unteren BHD-Grenze oder an der oberen bestückt ist. Die Tabelle "Einwuchs und Mortalität" zeigt, die im vorangehenden Abschnitt erläuterten Berechnungen zum Einwuchs und zur Mortalität. Die Betrachtung dieser Grössen hängt, wie bereits ausgeführt davon ab, ob der gesamte oder der nach Durchmesserklassen stratifizierte Bestand berücksichtigt wird. Die Zeile "neu" zeigt

die tatsächliche Anzahl neuer, also in der vorangehenden Inventur nicht erfasster Bäume pro Hektare und verrät in welche Durchmesserklasse diese direkt eingewachsen sind.

4.2.1 Fläche 004

Die Fläche 004 ist von einer stetigen Abnahme der Stammzahl und der Basalfläche geprägt. Die Durchmesserklassen 3 und 4 tragen am meisten zur Stammzahl und der Basalfläche bei. Wobei in frühen Inventuren auch die Durchmesserklasse 2 stark vertreten ist. Die Durchmesserklassen 4 und 5 konnten noch am deutlichsten zulegen bevor auch diese in eine Abnahme übergehen, wie die meisten Durchmesserklassen.

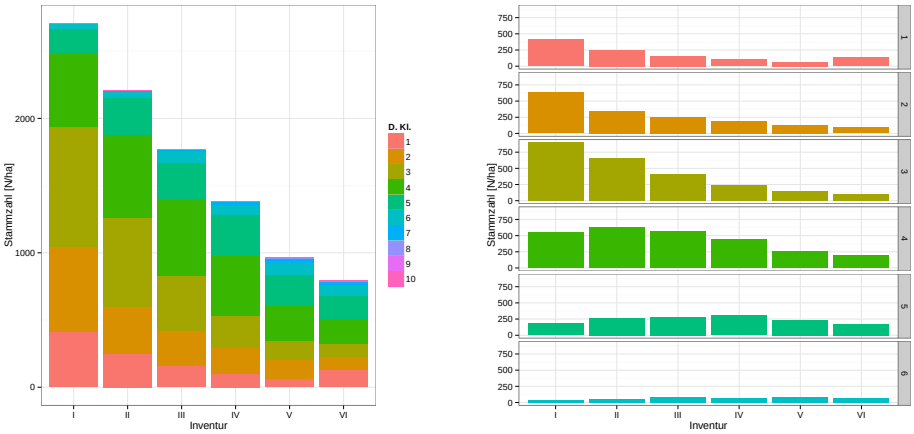

Abb. 10: Fläche 004; Entwicklung N/ha

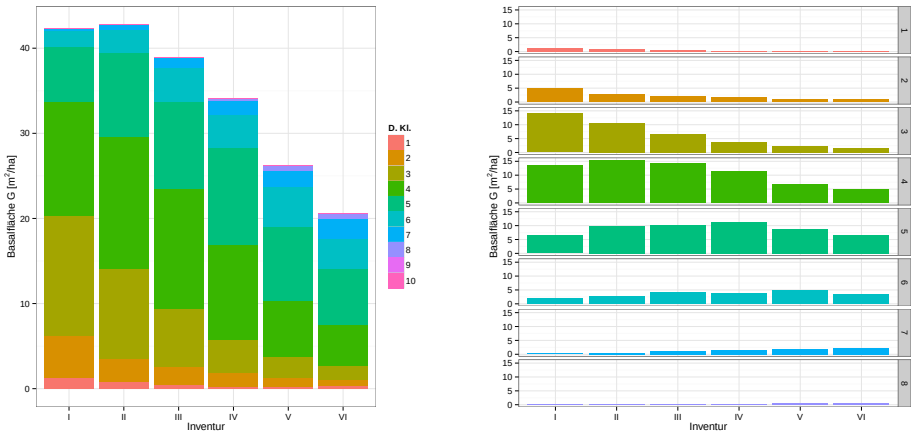

Abb. 11: Fläche 004; Entwicklung G/ha

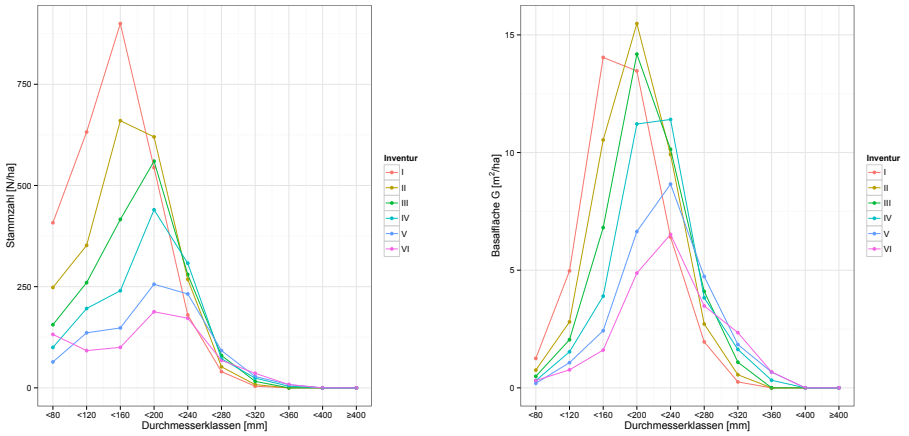

Abb. 12: Fläche 004; N- und G-Verteilung

Die Verteilung der Stammzahl und der Basalfläche erfährt eine kontinuierliche, wenn auch leichte Verschiebung in immer stärkere Durchmesserklassen.

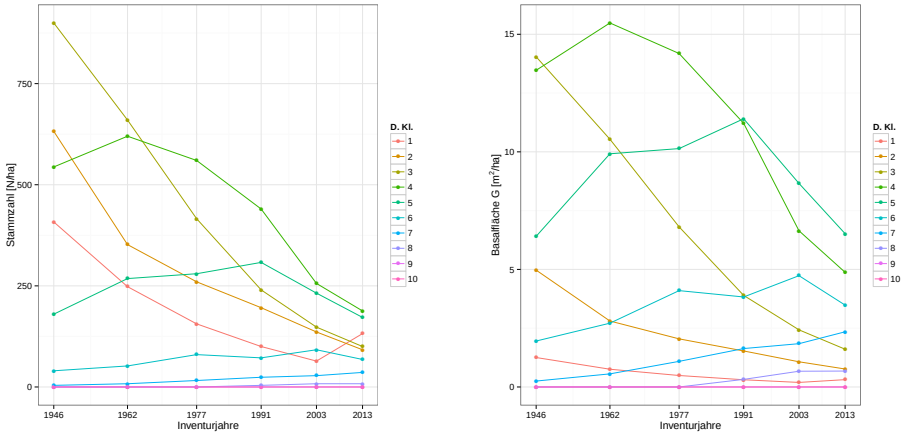

Abb. 13: Fläche 004; Entwicklung Durchmesserklassen

Seit der letzten Inventur scheint wieder ein viel stärkerer Einwuchs in die kleinste Durchmesserklasse vor zu herrschen. Es scheint so, dass die hohe Mortalität nicht nur zu einer Auslichtung führt, sondern, dass grossflächig Bäume absterben und Platz für neu schaffen.

Tab. 10: Fläche 004; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	2708	42.35				
II	2208	42.77	-500	0.42	-18.46	0.99
III	1768	38.85	-440	-3.92	-19.93	-9.17
IV	1384	34.14	-384	-4.71	-21.72	-12.12
V	964	26.24	-420	-7.90	-30.35	-23.14
VI	796	20.58	-168	-5.66	-17.43	-21.57

Während der BHD-Zuwachs beinahe kontinuierlich eine Abnahme erfährt hat der Höhenzuwachs eine sich verstärkende Phase in den mittleren Inventuren, um sich danach wieder zu verlangsamen.

Tab. 11: Fläche 004; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II	III	IV	V	VI
⌀BHD	133	149	159	168	176	167
Δ		16	10	9	8	-9
Δ%		12	7	6	5	-5
BHD_{dom}	207	219	224	230	232	225
Δ		13	5	6	1	-7
Δ%		6	2	3	1	-3
Zuwachs		0.71	0.46	0.57	0.51	0.43
H_{dom}	11.78	12.08	12.56	13.95	14.40	14.77
Δ		0.29	0.48	1.40	0.45	0.37
Δ%		2	4	11	3	3

Tab. 12: Fläche 004; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	408	1.25				
	2	632	4.97				
	3	900	14.04				
	4	544	13.47				
	5	180	6.41				
	6	40	1.95				
	7	4	0.25				
I	$\sum$	2708	42.35				
II	1	248	0.75	-160	-0.50	-39.22	-40.00
	2	352	2.80	-280	-2.17	-44.30	-43.66
	3	660	10.54	-240	-3.50	-26.67	-24.93
	4	620	15.48	76	2.01	13.97	14.92
	5	268	9.92	88	3.51	48.89	54.76
	6	52	2.71	12	0.76	30.00	38.97
	7	8	0.56	4	0.31	100.00	124.00
II	$\sum$	2208	42.77	-500	0.42	-18.46	0.99
III	1	156	0.49	-92	-0.26	-37.10	-34.67
	2	260	2.05	-92	-0.75	-26.14	-26.79
	3	416	6.81	-244	-3.73	-36.97	-35.39
	4	560	14.18	-60	-1.30	-9.68	-8.40
	5	280	10.14	12	0.22	4.48	2.22
	6	80	4.10	28	1.39	53.85	51.29
	7	16	1.09	8	0.53	100.00	94.64
III	$\sum$	1768	38.85	-440	-3.92	-19.93	-9.17
IV	1	100	0.31	-56	-0.18	-35.90	-36.73
	2	196	1.53	-64	-0.52	-24.62	-25.37
	3	240	3.90	-176	-2.91	-42.31	-42.73
	4	440	11.21	-120	-2.97	-21.43	-20.94
	5	308	11.41	28	1.27	10.00	12.52
	6	72	3.83	-8	-0.27	-10.00	-6.59
	7	24	1.63	8	0.54	50.00	49.54
	8	4	0.32	4	0.32	Inf	Inf
IV	$\sum$	1384	34.14	-384	-4.71	-21.72	-12.12
V	1	64	0.19	-36	-0.12	-36.00	-38.71
	2	136	1.07	-60	-0.46	-30.61	-30.07
	3	148	2.43	-92	-1.47	-38.33	-37.69
	4	256	6.64	-184	-4.57	-41.82	-40.77
	5	232	8.66	-76	-2.75	-24.68	-24.10
	6	92	4.73	20	0.90	27.78	23.50
	7	28	1.84	4	0.21	16.67	12.88
	8	8	0.67	4	0.35	100.00	109.38
V	$\sum$	964	26.24	-420	-7.90	-30.35	-23.14

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
VI	1	132	0.31	68	0.12	106.25	63.16
	2	92	0.76	-44	-0.31	-32.35	-28.97
	3	100	1.61	-48	-0.82	-32.43	-33.74
	4	188	4.88	-68	-1.76	-26.56	-26.51
	5	172	6.52	-60	-2.14	-25.86	-24.71
	6	68	3.48	-24	-1.25	-26.09	-26.43
	7	36	2.35	8	0.51	28.57	27.72
	8	8	0.68	0	0.01	0.00	1.49
VI	$\sum$	796	20.58	-168	-5.66	-17.43	-21.57

Tab. 13: Fläche 004; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	408	1.25	15.07	2.96
	2	632	4.97	23.34	11.74
	3	900	14.04	33.23	33.16
	4	544	13.47	20.09	31.81
	5	180	6.41	6.65	15.13
	6	40	1.95	1.48	4.61
	7	4	0.25	0.15	0.59
II	1	248	0.75	11.23	1.77
	2	352	2.80	15.94	6.56
	3	660	10.54	29.89	24.64
	4	620	15.48	28.08	36.20
	5	268	9.92	12.14	23.19
	6	52	2.71	2.36	6.35
	7	8	0.56	0.36	1.30
III	1	156	0.49	8.82	1.26
	2	260	2.05	14.71	5.27
	3	416	6.81	23.53	17.53
	4	560	14.18	31.67	36.50
	5	280	10.14	15.84	26.09
	6	80	4.10	4.52	10.55
	7	16	1.09	0.90	2.80
IV	1	100	0.31	7.23	0.90
	2	196	1.53	14.16	4.49
	3	240	3.90	17.34	11.41
	4	440	11.21	31.79	32.85
	5	308	11.41	22.25	33.41
	6	72	3.83	5.20	11.21
	7	24	1.63	1.73	4.79
	8	4	0.32	0.29	0.95
V	1	64	0.19	6.64	0.74
	2	136	1.07	14.11	4.08
	3	148	2.43	15.35	9.26
	4	256	6.64	26.56	25.32
	5	232	8.66	24.07	33.00
	6	92	4.73	9.54	18.04
	7	28	1.84	2.90	7.02
	8	8	0.67	0.83	2.55
VI	1	132	0.31	16.58	1.51
	2	92	0.76	11.56	3.71
	3	100	1.61	12.56	7.80
	4	188	4.88	23.62	23.69
	5	172	6.52	21.61	31.67
	6	68	3.48	8.54	16.92
	7	36	2.35	4.52	11.40
	8	8	0.68	1.01	3.29

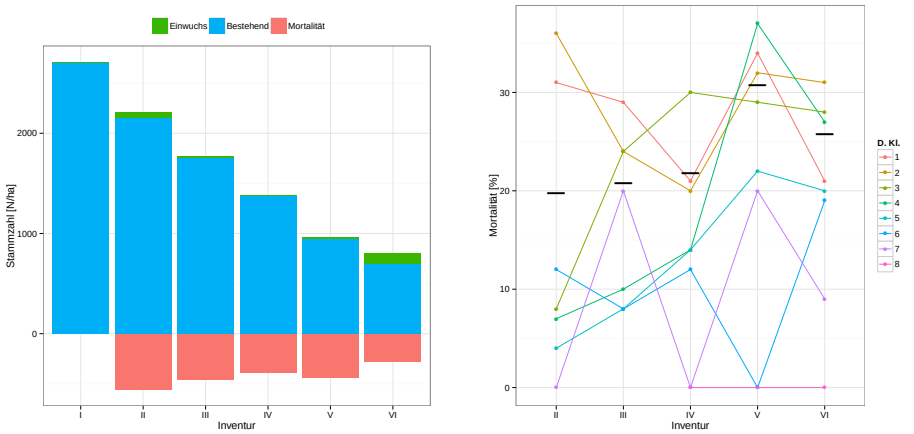

Abb. 14: Fläche 004; Einwuchs und Mortalität

Aus Abbildung 14 lässt sich die stetig hohe Mortalität, welche aber erst in der letzten Inventur mit einem höheren Einwuchs einhergeht ablesen. Die Stammzahl nimmt jedoch trotz vermehrtem Einwuchs zu allen Aufnahmezeitpunkten ab.

Tab. 14: Fläche 004; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	**N/ha**					mort. [%]
		best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	
I	1	408					
	2	632					
	3	900					
	4	544					
	5	180					
	6	40					
	7	4					
I	$\sum$	2708					
II	1	200	140	48	4	52	31
	2	292	244	60	12	4	36
	3	576	68	84	12		8
	4	364	56	256			7
	5	144	12	124			4
	6	28	8	24			12
	7	4		4			0
II	$\sum$	2156	552	52	4		20

Inv.	D. Kl.	**N/ha** best.	neutot	einw.	toteinw.	neu	mort. [%]
III	1	140	76	16		16	29
	2	232	84	28	12		24
	3	392	148	24	20		24
	4	456	64	104	12		10
	5	188	24	92	4		8
	6	36		44	8		8
	7	4	4	12			20
III	$\sum$	1752	456	16			21
IV	1	92	28	8	8	8	21
	2	164	56	32	4		20
	3	208	128	32	8		30
	4	372	72	68	16		14
	5	208	44	100	12		14
	6	52	12	20			12
	7	12		12			0
	8			4			0
IV	$\sum$	1376	388	8			22
V	1	48	40	16		16	34
	2	120	68	16			32
	3	140	68	8	4		29
	4	224	172	32	4		37
	5	192	76	40			22
	6	56		36			0
	7	12	8	16			20
	8	4		4			0
V	$\sum$	948	440	16			31
VI	1	32	28	100	8	108	21
	2	88	44	4			31
	3	96	40	4	4		28
	4	180	56	8	20		27
	5	160	40	12	12		20
	6	52	20	16			19
	7	24		12	4		9
	8	4		4			0
VI	$\sum$	696	268	100	8		26

4.2.2 Fläche 005

Die Fläche 005 zeigt die abwechslungsreichste Entwicklung aller Flächen. Auf frühe Inventuren mit Stammzahl- und vor allem Basalflächen-Zuwachs folgen Inventuren mit einer stetigen Abnahme dieser Grössen. Am ausgeprägtesten zeigt sich dies an der anfänglich sehr hohen Anzahl kleinster schwacher Bäume und dem Zusammenbruch dieser Durchmesserklassen.

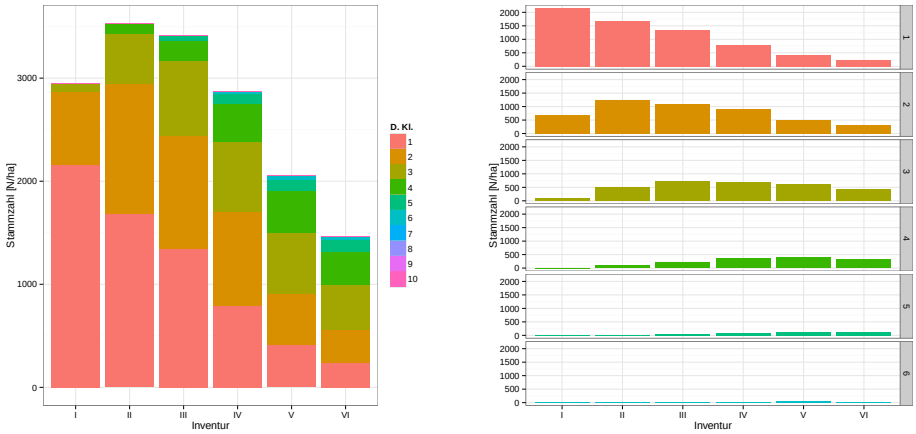

Abb. 15: Fläche 005; Entwicklung N/ha

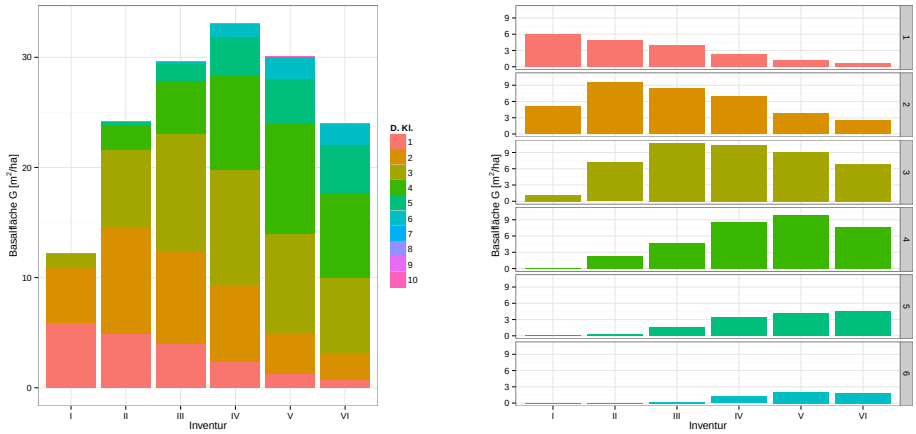

Abb. 16: Fläche 005; Entwicklung G/ha

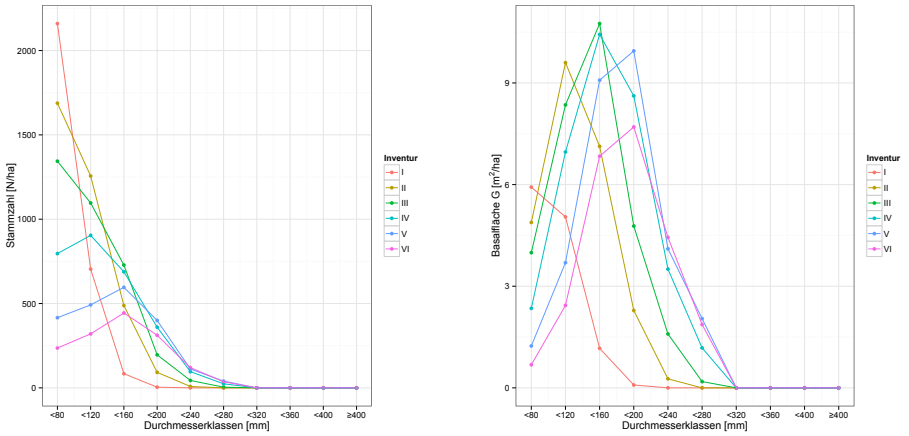

Abb. 17: Fläche 005; N- und G-Verteilung

Die N- und G-Verteilung der einzelnen Inventuren lassen vermuten, dass die Inventur tatsächlich in einem sehr frühen Stadium dieses Bestandes erfolgte. Es ist deutlich zu erkennen, wie sich die Kurve der ersten Inventur überhaupt erst in grössere Durchmesserklassen aufbauen muss bevor eine Verschiebung, ähnlich wie bei Fläche 004 beobachtet werden kann.

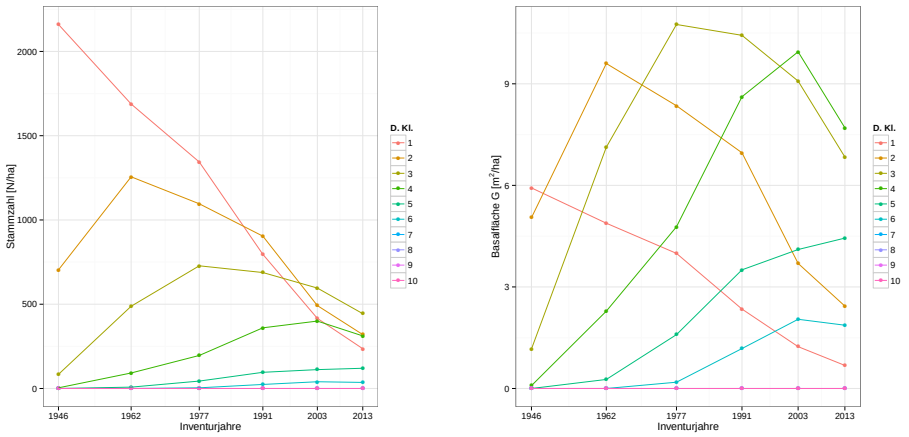

Abb. 18: Fläche 005; Entwicklung Durchmesserklassen

Tab. 15: Fläche 005; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	2952	12.22				
II	3532	24.16	580	11.94	19.65	97.71
III	3412	29.65	-120	5.49	-3.40	22.72
IV	2868	33.04	-544	3.39	-15.94	11.43
V	2056	30.11	-812	-2.93	-28.31	-8.87
VI	1468	23.96	-588	-6.15	-28.60	-20.43

Obwohl die Fläche 005 ein entschieden anderes Bild gibt als die Fläche 004 kommen beide Flächen in der letzten Inventur im Jahre 2013 auf sehr ähnliche BHD- und H_{dom}-Zuwüchse. Dies obwohl die Stammzahl in der Fläche 005 im Jahre 2013 beinahe doppelt so gross ist. Es ist jedoch auch anzumerken, dass Fläche 004 in der Inventur IV bereits einen ähnliche BHD-Zuwachs bei einer vergleichbaren Stammzahldichte wie Fläche 005 im Jahre 2013 hatte. Der H_{dom}-Zuwachs zeigt diese Parallele jedoch überhaupt nicht.

Tab. 16: Fläche 005; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II	III	IV	V	VI
⌀BHD	69	87	98	112	127	135
Δ		18	10	15	15	8
Δ%		26	12	15	13	6
BHD_{dom}	111	152	171	190	200	198
Δ		41	20	19	9	-2
Δ%		37	13	11	5	-1
Zuwachs		1.67	0.76	0.86	0.73	0.48
H_{dom}	6.02	7.46	9.40	11.43	13.27	13.65
Δ		1.44	1.94	2.03	1.84	0.38
Δ%		24	26	22	16	3

Tab. 17: Fläche 005; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	2160	5.93				
	2	704	5.05				
	3	84	1.17				
	4	4	0.08				
I	$\sum$	2952	12.22				
II	1	1688	4.88	-472	-1.05	-21.85	-17.71
	2	1256	9.60	552	4.55	78.41	90.10
	3	488	7.13	404	5.96	480.95	509.40
	4	92	2.28	88	2.20	2200.00	2750.00
	5	8	0.27	8	0.27	Inf	Inf
II	$\sum$	3532	24.16	580	11.94	19.65	97.71
III	1	1344	3.99	-344	-0.89	-20.38	-18.24
	2	1096	8.35	-160	-1.25	-12.74	-13.02
	3	728	10.75	240	3.62	49.18	50.77
	4	196	4.78	104	2.50	113.04	109.65
	5	44	1.59	36	1.32	450.00	488.89
	6	4	0.19	4	0.19	Inf	Inf
III	$\sum$	3412	29.65	-120	5.49	-3.40	22.72
IV	1	796	2.35	-548	-1.64	-40.77	-41.10
	2	904	6.96	-192	-1.39	-17.52	-16.65
	3	688	10.43	-40	-0.32	-5.49	-2.98
	4	360	8.62	164	3.84	83.67	80.33
	5	96	3.51	52	1.92	118.18	120.75
	6	24	1.18	20	0.99	500.00	521.05
IV	$\sum$	2868	33.04	-544	3.39	-15.94	11.43
V	1	416	1.24	-380	-1.11	-47.74	-47.23
	2	492	3.69	-412	-3.27	-45.58	-46.98
	3	596	9.08	-92	-1.35	-13.37	-12.94
	4	400	9.95	40	1.33	11.11	15.43
	5	112	4.11	16	0.60	16.67	17.09
	6	40	2.04	16	0.86	66.67	72.88
V	$\sum$	2056	30.11	-812	-2.93	-28.31	-8.87
VI	1	236	0.68	-180	-0.56	-43.27	-45.16
	2	320	2.43	-172	-1.26	-34.96	-34.15
	3	444	6.84	-152	-2.24	-25.50	-24.67
	4	312	7.70	-88	-2.25	-22.00	-22.61
	5	120	4.44	8	0.33	7.14	8.03
	6	36	1.87	-4	-0.17	-10.00	-8.33
VI	$\sum$	1468	23.96	-588	-6.15	-28.60	-20.43

Tab. 18: Fläche 005; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	2160	5.93	73.17	48.48
	2	704	5.05	23.85	41.28
	3	84	1.17	2.85	9.55
	4	4	0.08	0.14	0.69
II	1	1688	4.88	47.79	20.21
	2	1256	9.60	35.56	39.73
	3	488	7.13	13.82	29.50
	4	92	2.28	2.60	9.46
	5	8	0.27	0.23	1.10
III	1	1344	3.99	39.39	13.46
	2	1096	8.35	32.12	28.17
	3	728	10.75	21.34	36.27
	4	196	4.78	5.74	16.11
	5	44	1.59	1.29	5.37
	6	4	0.19	0.12	0.63
IV	1	796	2.35	27.75	7.10
	2	904	6.96	31.52	21.07
	3	688	10.43	23.99	31.57
	4	360	8.62	12.55	26.08
	5	96	3.51	3.35	10.61
	6	24	1.18	0.84	3.57
V	1	416	1.24	20.23	4.10
	2	492	3.69	23.93	12.27
	3	596	9.08	28.99	30.16
	4	400	9.95	19.46	33.03
	5	112	4.11	5.45	13.64
	6	40	2.04	1.95	6.79
VI	1	236	0.68	16.08	2.84
	2	320	2.43	21.80	10.16
	3	444	6.84	30.25	28.53
	4	312	7.70	21.25	32.13
	5	120	4.44	8.17	18.54
	6	36	1.87	2.45	7.80

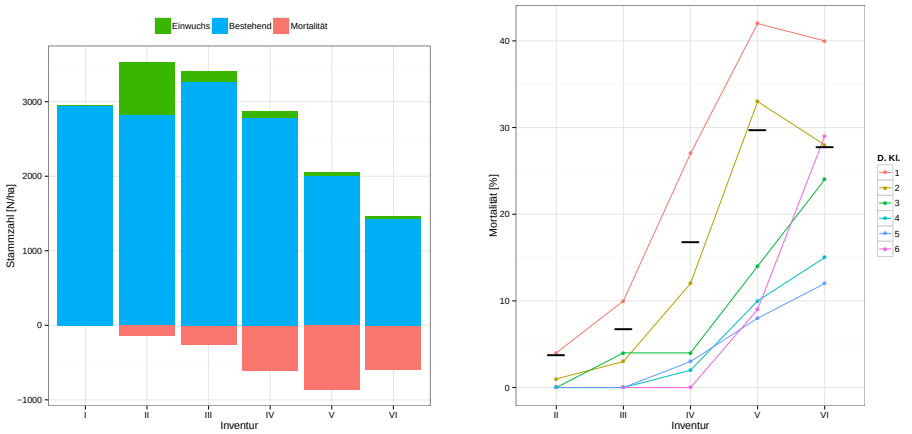

Abb. 19: Fläche 005; Einwuchs und Mortalität

Die anfänglich sehr tiefe Mortalität und der Zusammenbruch der schwachen Durchmesserklassen zeichnen zusammen mit den zunehmenden mittleren Durchmesserklassen das erwartete Bild des Durchwachsens der Bäume durch die Durchmesserklassen. Die Mortalitätsraten nehmen relativ schnell zu und zeigen in den letzten Inventuren ähnliche Werte wie Fläche 004.

Tab. 19: Fläche 005; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	**N/ha** best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	mort. [%]
I	1	2160					
	2	704					
	3	84					
	4	4					
I	$\sum$	2952					
II	1	988	108	700	20	720	4
	2	220	4	1036	12		1
	3			484			0
	4	4		88			0
	5			8			0
II	$\sum$	2828	124	700	20		4
III	1	1200	172	144	12	152	10
	2	796	32	300	8		3
	3	312	28	416	8		4
	4	52		140			0
	5	4		40			0
	6			4			0
III	$\sum$	3264	252	144	8		7

Inv.	D. Kl.	**N/ha** best.	neutot	einw.	toteinw.	neu	mort. [%]
IV	1	712	376	84	16	92	27
	2	680	148	224	12		12
	3	428	44	260			4
	4	112	4	244	4		2
	5	20	4	76			3
	6	4		20			0
IV	$\sum$	2780	600	84	8		17
V	1	368	356	48		44	42
	2	416	320	76			33
	3	432	120	164			14
	4	260	48	136			10
	5	64	12	48			8
	6	20	4	20			9
V	$\sum$	2008	860	44			30
VI	1	208	168	28	16	28	40
	2	292	140	24	8		28
	3	404	132	40	24		24
	4	264	64	48	4		15
	5	76	16	44	4		12
	6	24	12	12	4		29
VI	$\sum$	1436	592	28			28

4.2.3 Fläche 8 und 9

Diese beiden Flächen können als praktisch identisch bezeichnet werden. Aus diesem Grund werden sie im gleichen Abschnitt behandelt. Beide Flächen weisen in allen Durchmesserklassen eine hohe Konstanz aus. Einzig die Durchmesserklasse 1 hat eine grössere Zunahme zu verzeichnen. Auch die dicken Durchmesserklassen 8 und 9 verzeichnen zwar Zuwachs aber von einer kleinen Basis ausgehend. Das Spektrum an vertretenen Durchmesserklassen ist gross und deckt ausser Durchmesserklasse 10 alle ab.

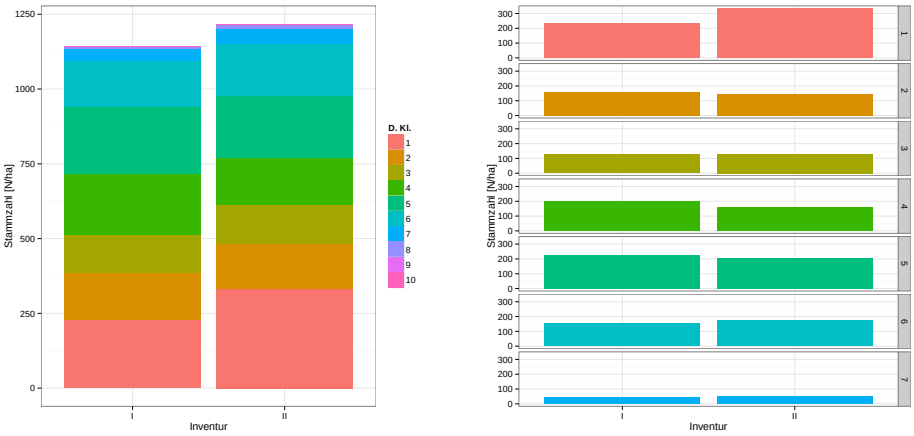

Abb. 20: Fläche 8; Entwicklung N/ha

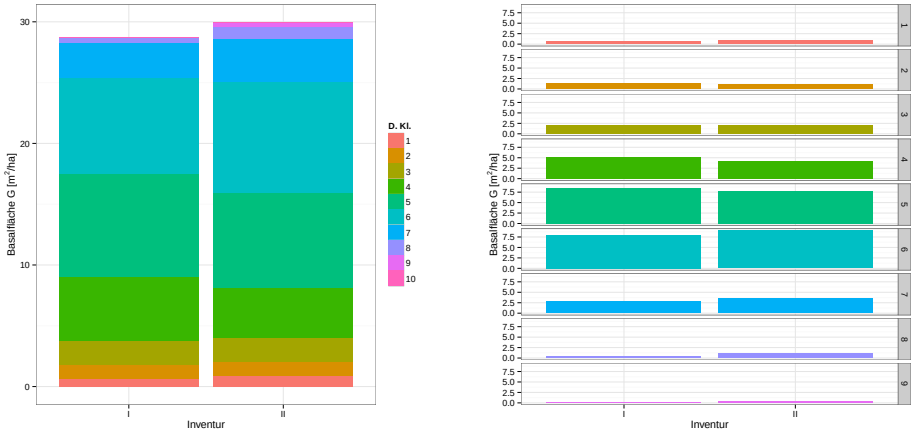

Abb. 21: Fläche 8; Entwicklung G/ha

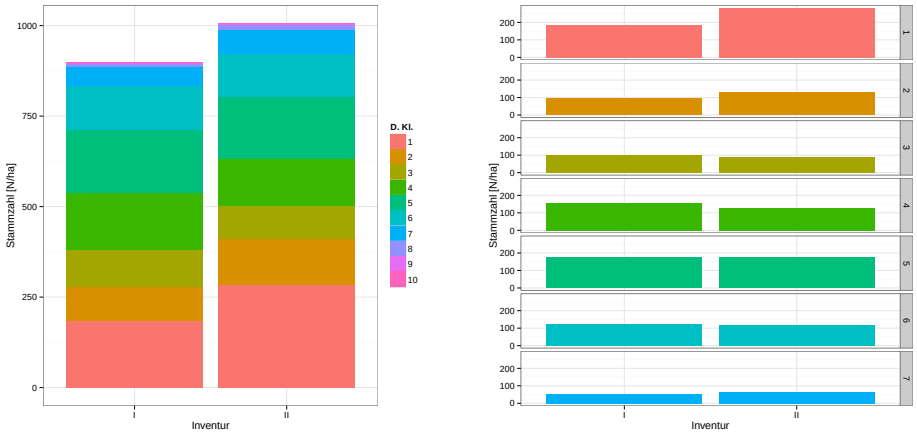

Abb. 22: Fläche 9; Entwicklung N/ha

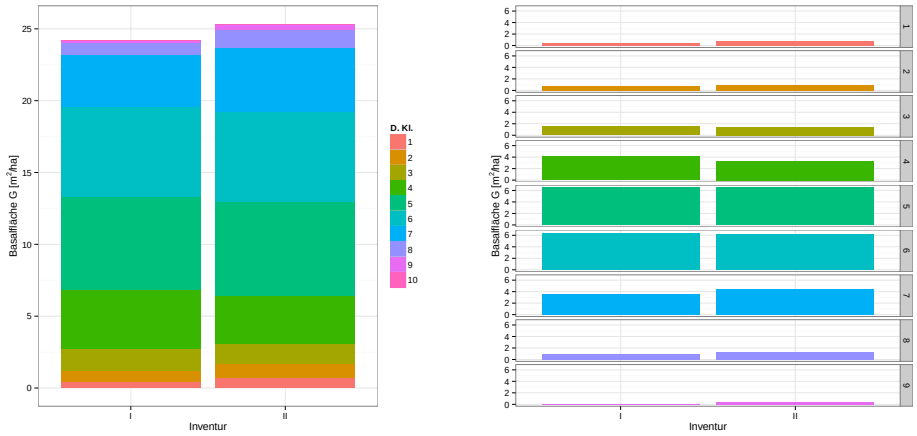

Abb. 23: Fläche 9; Entwicklung G/ha

Beide Flächen weisen einen auffälligen Knick in der Stammzahlverteilung auf. Die Durchmesserklassen 4, 5 und 6 sind bedeutend stärker vertreten als ihre angrenzenden Durchmesserklassen und widersprechen so dem sonstigen Verlauf der Kurve. Eine solche Verteilung legt die Vermutung nahe, dass eine externe Einwirkung zu einer Verschiebung der Verteilungen geführt hat.

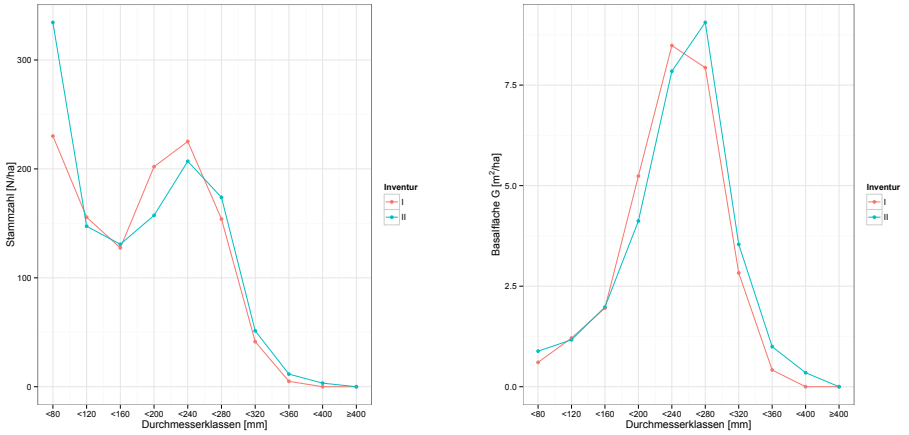

Abb. 24: Fläche 8; N- und G-Verteilung

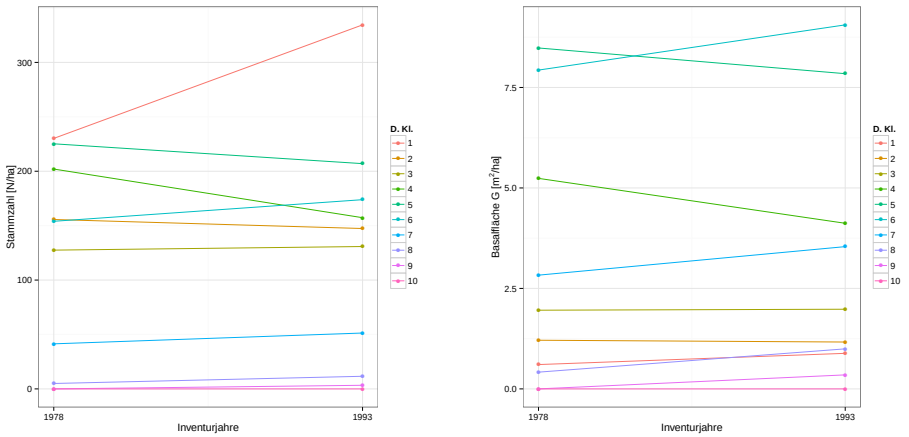

Abb. 25: Fläche 8; Entwicklung Durchmesserklassen

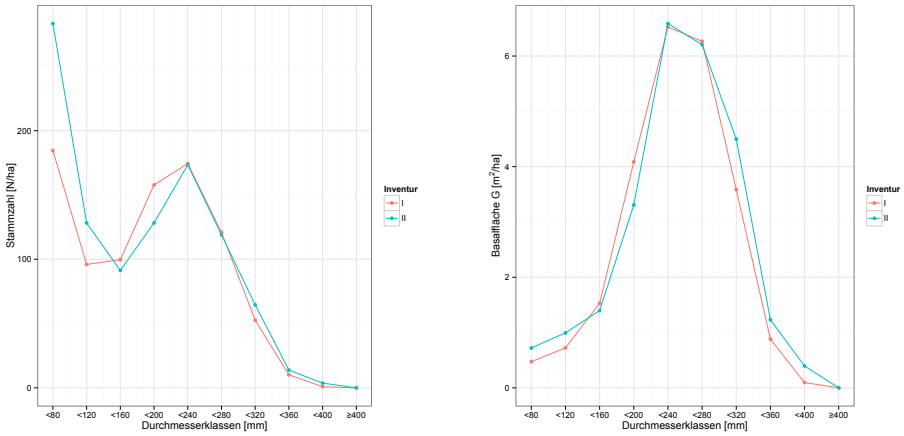

Abb. 26: Fläche 9; N- und G-Verteilung

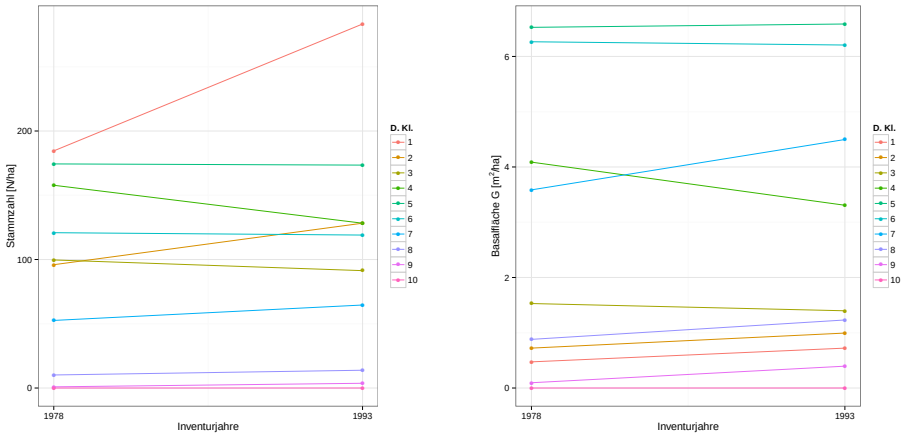

Abb. 27: Fläche 9; Entwicklung Durchmesserklassen

Tab. 20: Fläche 8; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1141	28.67				
II	1217	29.94	76	1.27	6.66	4.43

Die Stammzahldichte der Flächen 8 und 9 unterscheidet sich um rund einen Fünftel. Und auch die Basalfläche liegt nicht genau in der gleichen Grössenordnung. Der prozentuale Zuwachs von N/ha spiegelt dies wieder aber nicht die Veränderung der Basalfläche, die prozentual im gleichen Rahmen liegt. Dies deutet vor allem auf eine Dynamik in der schwächsten Durchmesserklasse hin, die sich nicht in der Basalfläche zu manifestieren weiss.

Tab. 21: Fläche 9; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	897	24.17				
II	1006	25.34	109	1.17	12.15	4.84

Tab. 22: Fläche 8; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II
⌀BHD	162	157
Δ		-6
Δ%		-3
BHD_{dom}	270	282
Δ		11
Δ%		4
Zuwachs		0.83
H_{dom}	9.07	8.28
Δ		-0.79
Δ%		-9

Der BHD-Zuwachs beider Flächen ist identisch. Auch der BHD_{dom} und H_{dom} sind verleichbar. Die Abnahme des durchschnittlichen BHD scheint in Fläche 9 ausgeprägter, wohingegen die Höhenabnahme in Fläche 8 grösser ist.

Tab. 23: Fläche 9; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II
⌀BHD	168	157
Δ		-10
Δ%		-6
BHD_{dom}	292	304
Δ		12
Δ%		4
Zuwachs		0.83
H_{dom}	9.09	8.81
Δ		-0.28
Δ%		-3

Tab. 24: Fläche 8; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	230	0.61				
	2	156	1.21				
	3	128	1.96				
	4	202	5.24				
	5	225	8.48				
	6	154	7.93				
	7	41	2.83				
	8	5	0.42				
I	$\sum$	1141	28.67				
II	1	334	0.88	104	0.27	45.22	44.26
	2	147	1.17	-9	-0.04	-5.77	-3.31
	3	131	1.98	3	0.02	2.34	1.02
	4	157	4.12	-45	-1.12	-22.28	-21.37
	5	207	7.84	-18	-0.64	-8.00	-7.55
	6	174	9.06	20	1.13	12.99	14.25
	7	51	3.54	10	0.71	24.39	25.09
	8	12	1.00	7	0.58	140.00	138.10
	9	3	0.35	3	0.35	Inf	Inf
II	$\sum$	1217	29.94	76	1.27	6.66	4.43

Die numerische Aufschlüsselung der Stammzahl- und Basalflächen-Dichten nach Durchmesserklassen bestätigt das Bild der Ähnlichkeit der zwei Flächen. Alle vertretenen Durchmesserklassen weisen relativ konstante Werte aus. Der Knick in der Stammzahlverteilung wird hier ebenfalls deutlich.

Tab. 25: Fläche 9; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	185	0.47				
	2	96	0.72				
	3	100	1.53				
	4	158	4.09				
	5	174	6.53				
	6	121	6.27				
	7	53	3.59				
	8	10	0.88				
	9	1	0.10				
I	$\sum$	897	24.17				
II	1	283	0.72	98	0.25	52.97	53.19
	2	128	0.99	32	0.27	33.33	37.50
	3	91	1.40	-9	-0.13	-9.00	-8.50
	4	128	3.31	-30	-0.78	-18.99	-19.07
	5	173	6.59	-1	0.06	-0.57	0.92
	6	119	6.21	-2	-0.06	-1.65	-0.96
	7	65	4.50	12	0.91	22.64	25.35
	8	14	1.23	4	0.35	40.00	39.77
	9	4	0.40	3	0.30	300.00	300.00
II	$\sum$	1006	25.34	109	1.17	12.15	4.84

Tab. 26: Fläche 8; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	230	0.61	20.17	2.11
	2	156	1.21	13.64	4.22
	3	128	1.96	11.18	6.83
	4	202	5.24	17.71	18.27
	5	225	8.48	19.74	29.58
	6	154	7.93	13.50	27.67
	7	41	2.83	3.63	9.87
	8	5	0.42	0.44	1.45
II	1	334	0.88	27.48	2.95
	2	147	1.17	12.11	3.90
	3	131	1.98	10.75	6.62
	4	157	4.12	12.93	13.76
	5	207	7.84	17.01	26.20
	6	174	9.06	14.29	30.25
	7	51	3.54	4.22	11.82
	8	12	1.00	0.95	3.33
	9	3	0.35	0.27	1.16

Tab. 27: Fläche 9; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	185	0.47	20.58	1.96
	2	96	0.72	10.70	2.99
	3	100	1.53	11.11	6.33
	4	158	4.09	17.59	16.91
	5	174	6.53	19.44	27.01
	6	121	6.27	13.48	25.93
	7	53	3.59	5.86	14.84
	8	10	0.88	1.13	3.64
	9	1	0.10	0.10	0.40
II	1	283	0.72	28.17	2.85
	2	128	0.99	12.75	3.92
	3	91	1.40	9.08	5.52
	4	128	3.31	12.75	13.05
	5	173	6.59	17.25	26.00
	6	119	6.21	11.83	24.50
	7	65	4.50	6.42	17.75
	8	14	1.23	1.38	4.86
	9	4	0.40	0.37	1.56

Auch die Mortalitätsraten und der deutliche Einwuchs in der zweiten Inventur sind bei beiden Flächen sehr ähnlich.

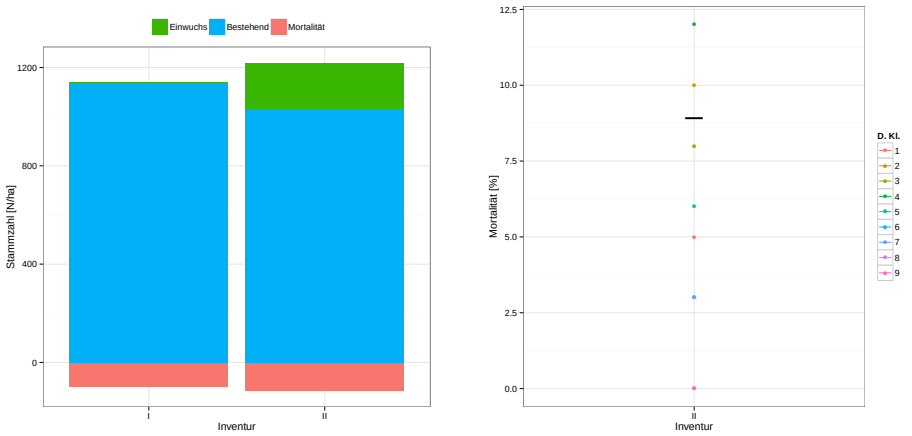

Abb. 28: Fläche 8; Einwuchs und Mortalität

Tab. 28: Fläche 8; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	**N/ha** best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	mort. [%]
I	1	230	22				
	2	156	33				
	3	128	17				
	4	202	20				
	5	225	8				
	6	154	2				
	7	41					
	8	5					
I	$\sum$	1141	101				
II	1	149	17	185	7	187	5
	2	79	23	68		3	10
	3	81	13	50	2		8
	4	124	28	33			12
	5	159	17	48			6
	6	124	5	50	2		3
	7	28	2	23			3
	8	2		10			0
	9			3			0
II	$\sum$	1030	111	187	3		9

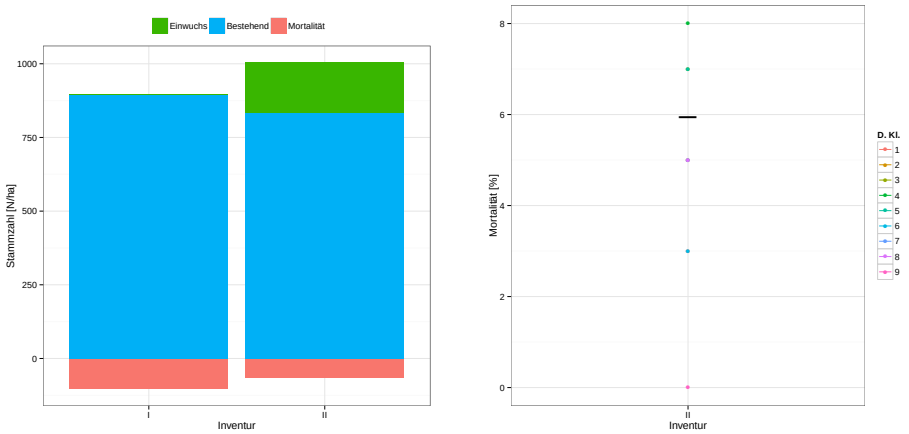

Abb. 29: Fläche 9; Einwuchs und Mortalität

Tab. 29: Fläche 9; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	**N/ha** best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	mort. [%]
I	1	185	21				
	2	96	23				
	3	100	20				
	4	158	11				
	5	174	23				
	6	121	6				
	7	53					
	8	10					
	9	1					
	10						
I	$\sum$	897	105				
II	1	111	8	173	3	173	3
	2	64	6	65	1	1	5
	3	67	8	24			7
	4	103	14	25	1		8
	5	132	16	41			7
	6	94	5	25			3
	7	42	4	23			5
	8	6	1	7			5
	9	1		3			0
	10						
II	$\sum$	832	65	173	2		6

4.2.4 Fläche 110

Die Fläche 110 weist in ihrer ersten Inventur die tiefste Stammzahldichte aller untersuchten Flächen aus und verdoppelt diese innerhalb der erfassten Zeitspanne von 1978 bis 2013. Wie schon in den Flächen 8 und 9 sind auch in dieser Fläche viele Durchmesserklassen an der gesamten Stammzahl und der Basalfläche beteiligt.

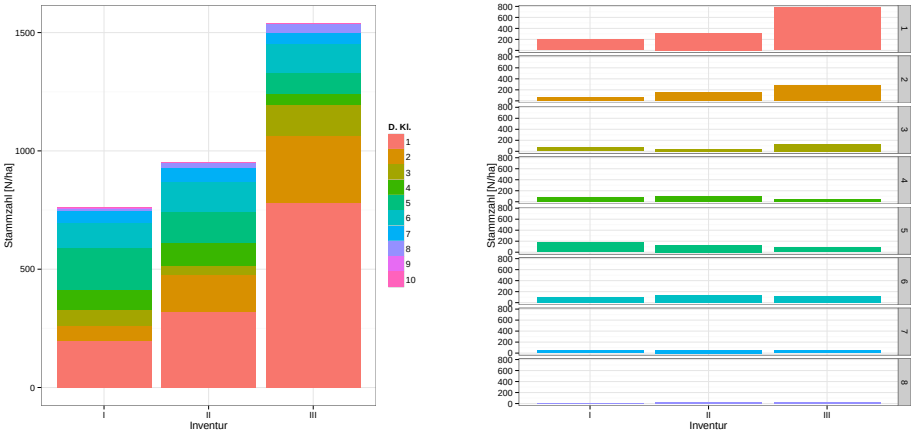

Abb. 30: Fläche 110; Entwicklung N/ha

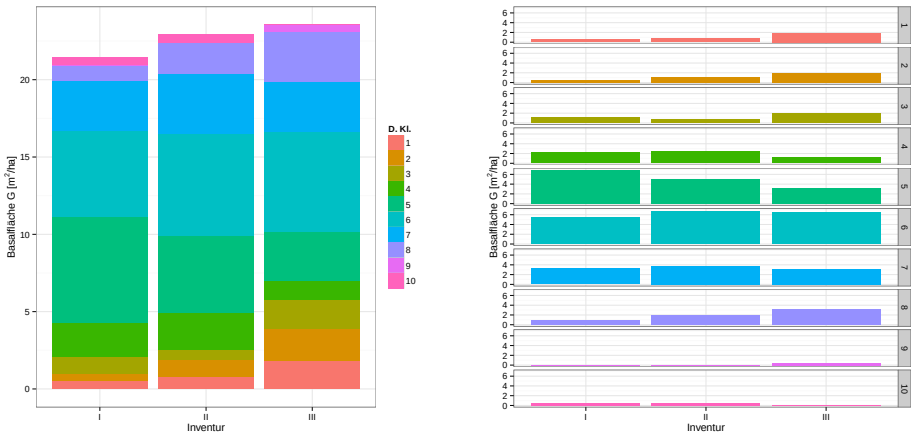

Abb. 31: Fläche 110; Entwicklung G/ha

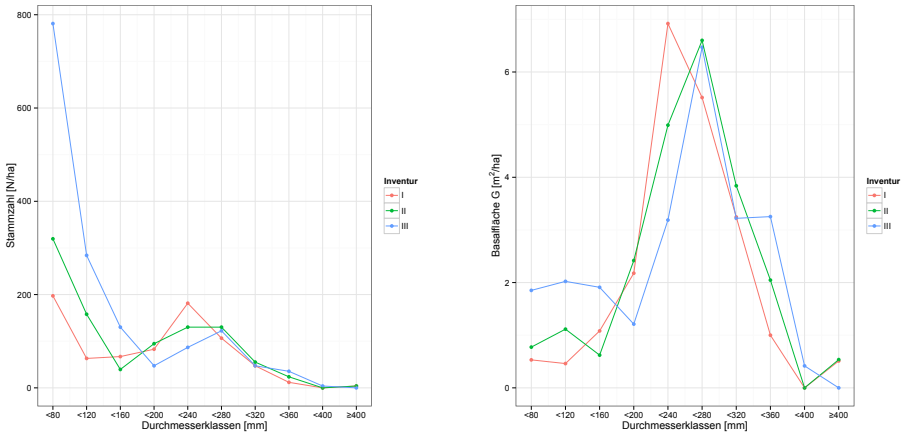

Abb. 32: Fläche 110; N- und G-Verteilung

Auch in dieser Fläche fällt eine stärkere Präsenz der Bäume um die Durchmesserklasse 5 auf, wie schon bei Fläche 8 und 9. Die dritte Inventur, welche den vorangehenden Flächen noch fehlt zeichnet das Bild des starken Einwuchses noch deutlicher weiter.

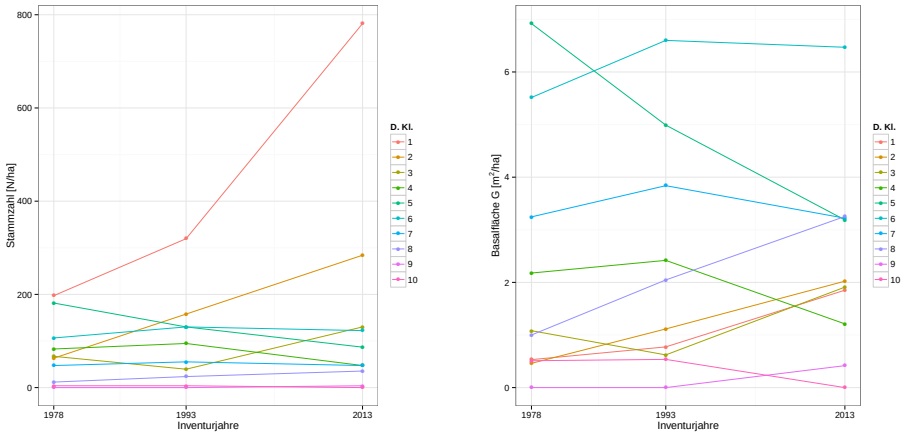

Abb. 33: Fläche 110; Entwicklung Durchmesserklassen

Tab. 30: Fläche 110; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	761	21.44				
II	955	22.94	194	1.50	25.49	7.00
III	1538	23.54	583	0.60	61.05	2.62

Bei den Baumhöhen fällt auf, dass zwischen Inventur I und II praktisch kein Wachstum zu verzeichnen ist. Die Flächen 8 und 9 weisen in dieser Zeitspanne sogar einen Rückgang aus. Einen grossen Wachstumsschub erfährt die Baumhöhe dafür in der letzten Inventur. Zur Unsicherheit gegenüber diesen Werten siehe den Abschnitt "Gesamtes Untersuchungsgebiet". Die Wüchsigkeit scheint auf diesem Standort jedoch vergleichsweise hoch zu sein: Ausser bei einer Inventur auf Fläche 005 finden sich in dieser Fläche die höchsten BHD-Zuwüchse. Der Rückgang des durchschnittlichen BHD weist wiederum auf die hohen Einwüchse in die Durchmesserklasse 1 hin.

Tab. 31: Fläche 110; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II	III
⌀BHD	169	149	113
Δ		-20	-37
Δ%		-12	-25
BHD_{dom}	241	247	239
Δ		6	-9
Δ%		3	-3
Zuwachs		1.03	1.22
H_{dom}	7.33	7.30	12.97
Δ		-0.03	5.67
Δ%		0	78

Tab. 32: Fläche 110; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	197	0.53				
	2	63	0.46				
	3	67	1.08				
	4	83	2.18				
	5	181	6.92				
	6	107	5.51				
	7	47	3.25				
	8	12	1.00				
	10	4	0.51				
I	$\sum$	761	21.44				
II	1	320	0.77	123	0.24	62.44	45.28
	2	158	1.12	95	0.66	150.79	143.48
	3	39	0.62	-28	-0.46	-41.79	-42.59
	4	95	2.42	12	0.24	14.46	11.01
	5	130	4.99	-51	-1.93	-28.18	-27.89
	6	130	6.60	23	1.09	21.50	19.78
	7	55	3.84	8	0.59	17.02	18.15
	8	24	2.05	12	1.05	100.00	105.00
	10	4	0.54	0	0.03	0.00	5.88
II	$\sum$	955	22.94	194	1.50	25.49	7.00
III	1	781	1.85	461	1.08	144.06	140.26
	2	284	2.02	126	0.90	79.75	80.36
	3	130	1.91	91	1.29	233.33	208.06
	4	47	1.21	-48	-1.21	-50.53	-50.00
	5	87	3.19	-43	-1.80	-33.08	-36.07
	6	122	6.47	-8	-0.13	-6.15	-1.97
	7	47	3.22	-8	-0.62	-14.55	-16.15
	8	36	3.25	12	1.20	50.00	58.54
	9	4	0.42	4	0.42	Inf	Inf
III	$\sum$	1538	23.54	583	0.60	61.05	2.62

Die Kombination von hohem BHD-Zuwachs und dem Einwuchs in der Inventur II manifestiert sich eindrücklich in einer prozentualen N/ha-Zunahme der Durchmesserklasse 3 in Inventur III, welche eine Veränderung um 230% erfährt.

Tab. 33: Fläche 110; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	197	0.53	25.91	2.48
	2	63	0.46	8.29	2.15
	3	67	1.08	8.81	5.04
	4	83	2.18	10.88	10.16
	5	181	6.92	23.83	32.27
	6	107	5.51	13.99	25.72
	7	47	3.25	6.22	15.13
	8	12	1.00	1.55	4.67
	10	4	0.51	0.52	2.38
II	1	320	0.77	33.47	3.37
	2	158	1.12	16.53	4.86
	3	39	0.62	4.13	2.71
	4	95	2.42	9.92	10.54
	5	130	4.99	13.64	21.75
	6	130	6.60	13.64	28.77
	7	55	3.84	5.79	16.73
	8	24	2.05	2.48	8.92
	10	4	0.54	0.41	2.34
III	1	781	1.85	50.77	7.86
	2	284	2.02	18.46	8.59
	3	130	1.91	8.46	8.11
	4	47	1.21	3.08	5.14
	5	87	3.19	5.64	13.54
	6	122	6.47	7.95	27.48
	7	47	3.22	3.08	13.68
	8	36	3.25	2.31	13.82
	9	4	0.42	0.26	1.77

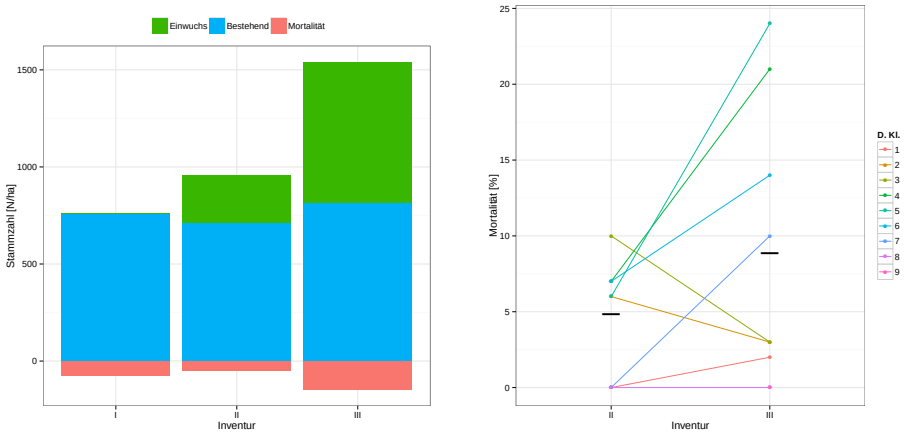

Abb. 34: Fläche 110; Einwuchs und Mortalität

Der extreme Einwuchs von 726 lebenden Bäumen pro Hektare in Kombination mit der relativ tiefen Mortalität zeigt hier deutlich den Grund für die Verdoppelung der Stammzahl. In der Darstellung rechts wurde die Mortalität der Durchmesserklasse 10 gelöscht, da sie eine aussagekräftige Darstellung der anderen Mortalitäten verhindern würde. Sie beträgt 0 und dann 100% und würde das Absterben der vier dicksten Bäume in der Inventur III darstellen.

Tab. 34: Fläche 110; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	N/ha best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	mort. [%]
I	1	197	4				
	2	63	12				
	3	67	16				
	4	83	24				
	5	181	16				
	6	107	4				
	7	47					
	8	12					
	9						
	10	4					
I	$\sum$	761	75				
II	1	75		245		245	0
	2	36	12	122			6
	3	24	8	16			10
	4	59	8	36			7
	5	114	12	16			6
	6	75	12	55			7
	7	36		20			0
	8	12		12			0
	9						
	10	4					0
II	$\sum$	710	51	245			5
III	1	99	20	682	4	686	2
	2	51	12	233		36	3
	3	24		107	4	8	3
	4	32	24	16			21
	5	51	28	36	16		24
	6	71	16	51	12		14
	7	20	8	28			10
	8	20		16			0
	9			4			0
	10		4				100
III	$\sum$	813	142	726	4		9

4.2.5 Fläche 11, 12 und 13

Auch die drei benachbarten Flächen 11, 12 und 13 können als eine Einheit betrachtet werden. Sie verfügen alle über zwei Inventuren in den Jahren 1978 und 1992 und weisen eine sehr ähnliche Strukturdynamik auf. Alle drei Flächen haben relativ gleichmässig vertretene Durchmesserklassen 1 bis 4, wobei die Durchmesserklassen 3 und 4 am stärksten an der Basalfläche beteiligt sind. Alle drei Flächen weisen einen Rückgang bezüglich Stammzahl aus. Bei der Grundfläche ist dieser Gleichschritt weniger ausgeprägt, so dass Fläche 13 sogar einen leichten Anstieg verzeichnet.

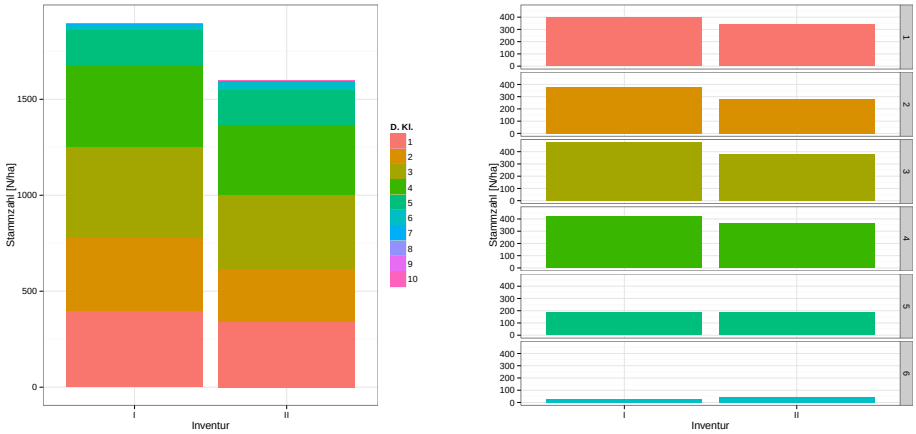

Abb. 35: Fläche 11; Entwicklung N/ha

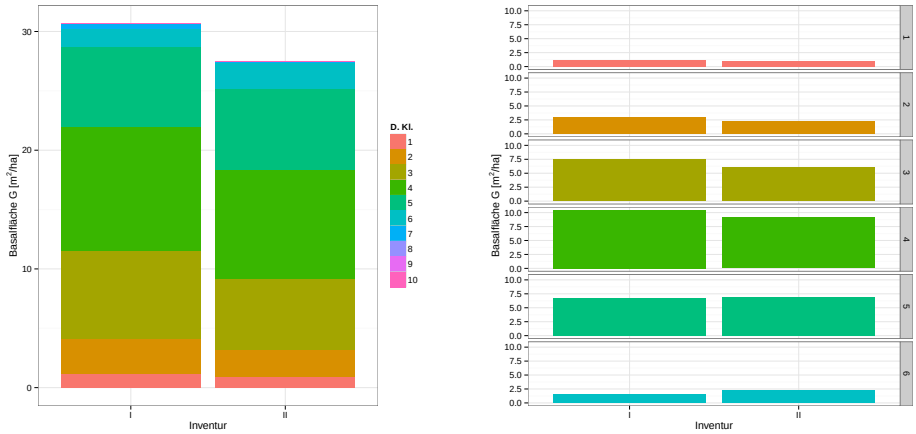

Abb. 36: Fläche 11; Entwicklung G/ha

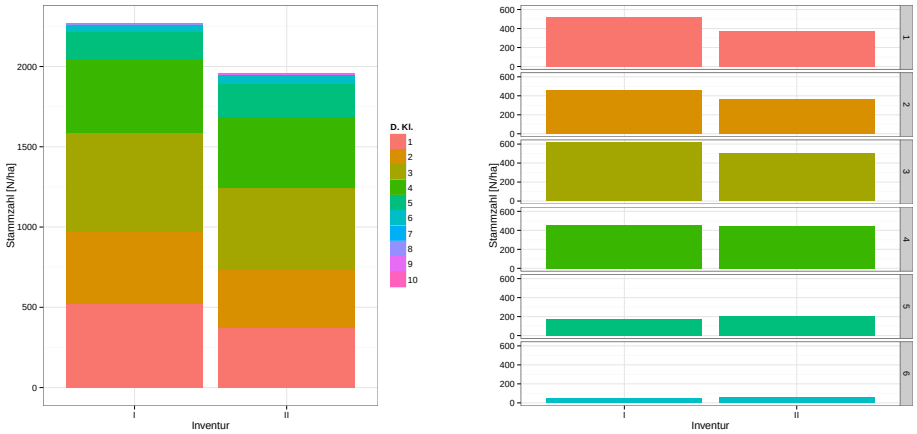

Abb. 37: Fläche 12; Entwicklung N/ha

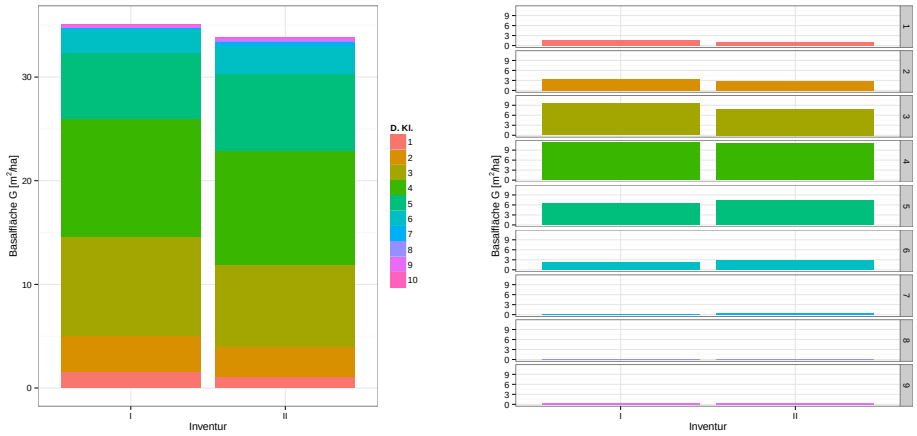

Abb. 38: Fläche 12; Entwicklung G/ha

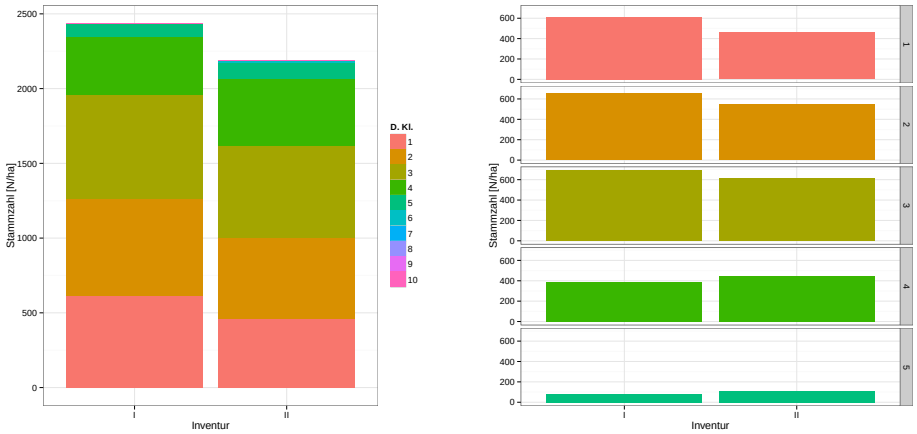

Abb. 39: Fläche 13; Entwicklung N/ha

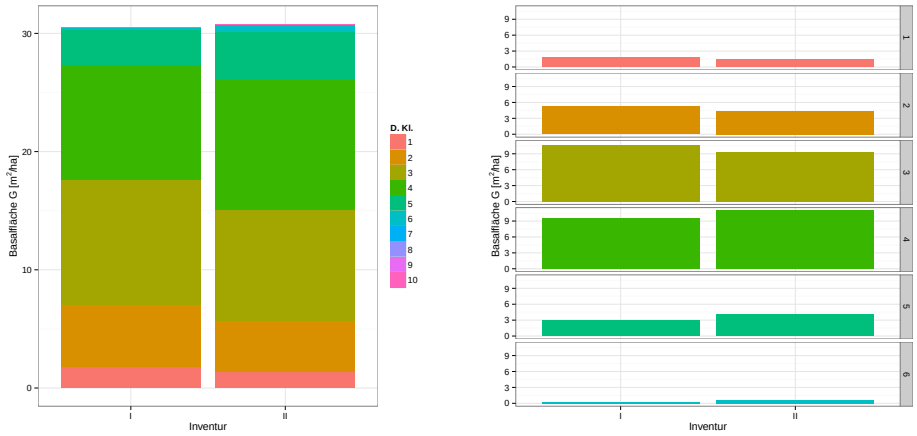

Abb. 40: Fläche 13; Entwicklung G/ha

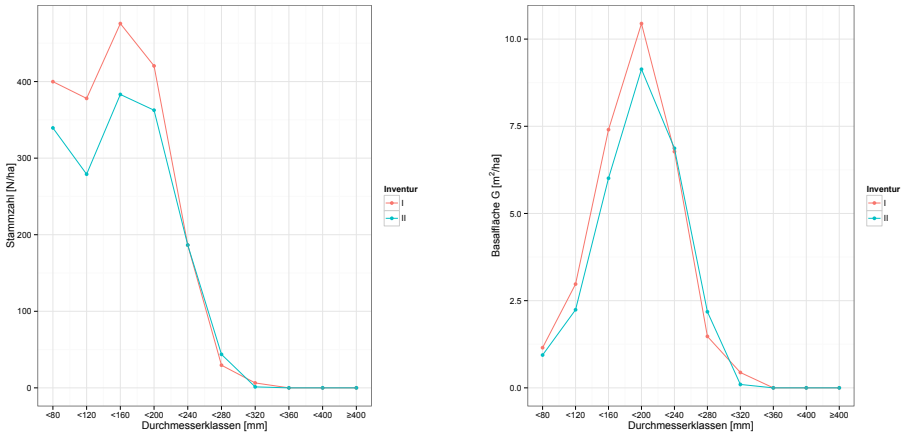

Abb. 41: Fläche 11; N- und G-Verteilung

Wie schon die Flächen 8, 9 und 110 ist die Stammzahl-Verteilung der Flächen 11 und 12 von einem Knick geprägt. Fläche 13 zeigt diesen Knick hingegen nicht. Im Gegensatz zu diesen Flächen befindet sich die grösste Häufung aber jeweils im Bereich der Durchmesserklasse 3.

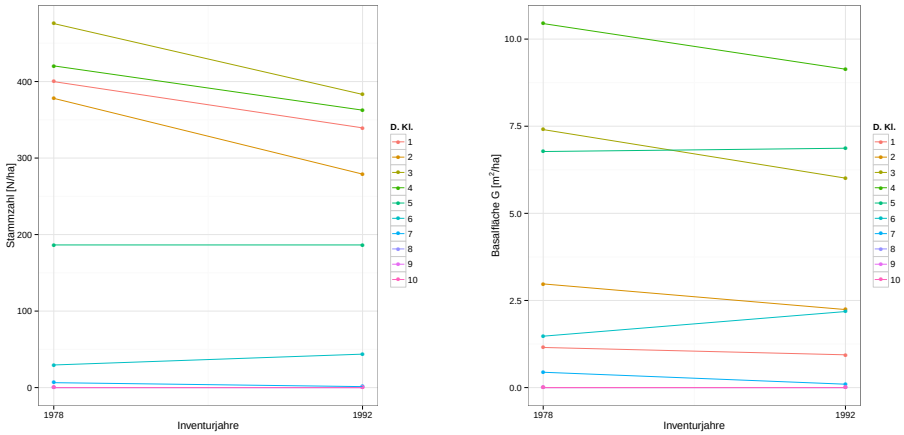

Abb. 42: Fläche 11; Entwicklung Durchmesserklassen

Es sind vor allem die schwachen Durchmesserklassen, die von anfänglich beträchtlichen Stammzahldichten ausgehend eine Reduktion erfahren. Es zeichnet sich ein Bild der Auslichtung in diesen Klassen aber ohne, dass diese Bäume in die nächst höheren Durchmesserklassen einwachsen.

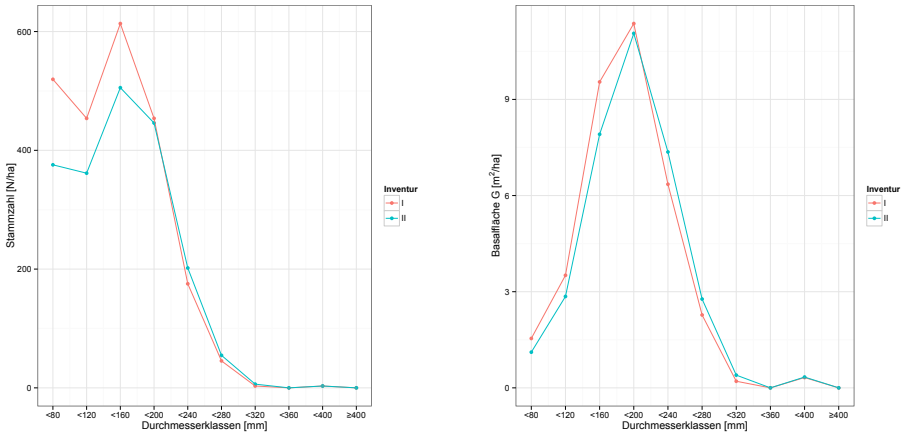

Abb. 43: Fläche 12; N- und G-Verteilung

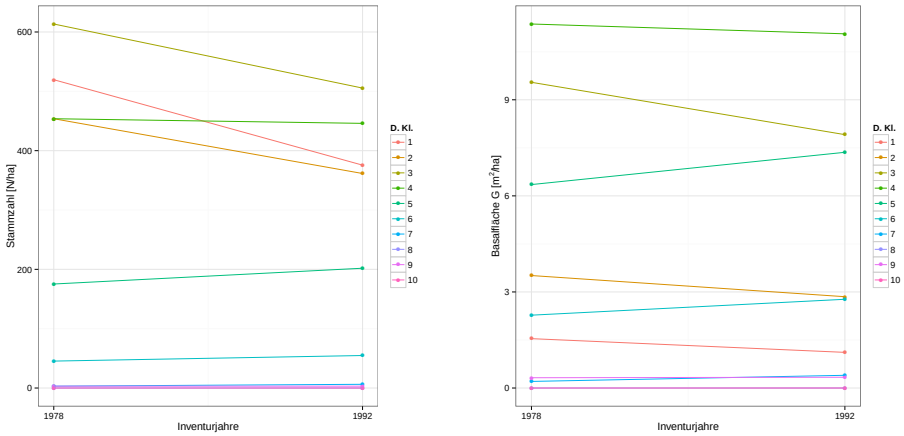

Abb. 44: Fläche 12; Entwicklung Durchmesserklassen

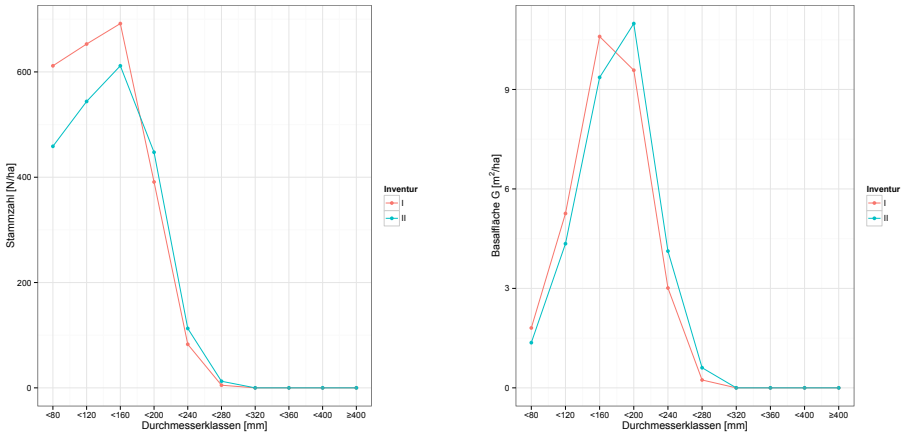

Abb. 45: Fläche 13; N- und G-Verteilung

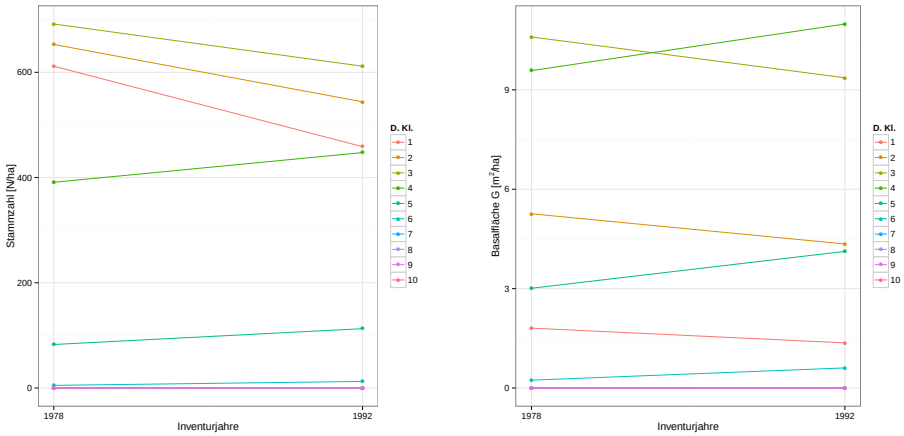

Abb. 46: Fläche 13; Entwicklung Durchmesserklassen

Tab. 35: Fläche 11; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1897	30.66				
II	1596	27.47	-301	-3.19	-15.87	-10.40

Tab. 36: Fläche 12; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	2268	35.12				
II	1955	33.80	-313	-1.32	-13.80	-3.76

Tab. 37: Fläche 13; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	2435	30.49				
II	2187	30.79	-248	0.30	-10.18	0.98

Die Stammzahldichte und die Basalflächen weichen trotz aller Ähnlichkeiten in den drei Flächen etwas voneinander ab. Vor allem die Entwicklung der Basalfläche variiert von einer Abnahme von etwa 10% zu einer leichten Zunahme von 1%. Die Stammzahlabnahme scheint hingegen etwa in der gleichen Grössenordnung zu liegen.

Die Baumhöhen- und die BHD-Entwicklungen liegen allesamt in einem ähnlichen Bereich.

Tab. 38: Fläche 11; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II
⌀BHD	133	137
Δ		4
Δ%		3
BHD_{dom}	234	235
Δ		1
Δ%		1
Zuwachs		0.44
H_{dom}	9.90	10.32
Δ		0.42
Δ%		4

Tab. 39: Fläche 12; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II
⌀BHD	130	138
Δ		8
Δ%		6
BHD_{dom}	234	240
Δ		6
Δ%		3
Zuwachs		0.37
H_{dom}	9.06	9.75
Δ		0.69
Δ%		8

Tab. 40: Fläche 13; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II
⌀BHD	118	125
Δ		7
Δ%		6
BHD_{dom}	211	219
Δ		8
Δ%		4
Zuwachs		0.46
H_{dom}	8.59	9.31
Δ		0.72
Δ%		8

Tab. 41: Fläche 11; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	400	1.15				
	2	378	2.98				
	3	476	7.40				
	4	420	10.44				
	5	186	6.77				
	6	30	1.48				
	7	6	0.44				
I	$\sum$	1897	30.66				
II	1	339	0.94	-61	-0.21	-15.25	-18.26
	2	279	2.24	-99	-0.74	-26.19	-24.83
	3	383	6.01	-93	-1.39	-19.54	-18.78
	4	363	9.14	-57	-1.30	-13.57	-12.45
	5	186	6.87	0	0.10	0.00	1.48
	6	44	2.18	14	0.70	46.67	47.30
	7	1	0.10	-5	-0.34	-83.33	-77.27
II	$\sum$	1596	27.47	-301	-3.19	-15.87	-10.40

Tab. 42: Fläche 12; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	520	1.54				
	2	454	3.51				
	3	613	9.55				
	4	454	11.37				
	5	175	6.35				
	6	45	2.27				
	7	3	0.21				
	9	3	0.32				
I	$\sum$	2268	35.12				
II	1	376	1.11	-144	-0.43	-27.69	-27.92
	2	362	2.85	-92	-0.66	-20.26	-18.80
	3	505	7.91	-108	-1.64	-17.62	-17.17
	4	446	11.06	-8	-0.31	-1.76	-2.73
	5	202	7.36	27	1.01	15.43	15.91
	6	55	2.77	10	0.50	22.22	22.03
	7	6	0.40	3	0.19	100.00	90.48
	9	3	0.34	0	0.02	0.00	6.25
II	$\sum$	1955	33.80	-313	-1.32	-13.80	-3.76

Tab. 43: Fläche 13; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	612	1.81				
	2	653	5.26				
	3	692	10.60				
	4	391	9.58				
	5	83	3.01				
	6	5	0.24				
I	$\sum$	2435	30.49				
II	1	459	1.36	-153	-0.45	-25.00	-24.86
	2	544	4.35	-109	-0.91	-16.69	-17.30
	3	612	9.36	-80	-1.24	-11.56	-11.70
	4	447	10.99	56	1.41	14.32	14.72
	5	113	4.12	30	1.11	36.14	36.88
	6	13	0.61	8	0.37	160.00	154.17
II	$\sum$	2187	30.79	-248	0.30	-10.18	0.98

Tab. 44: Fläche 11; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	400	1.15	21.08	3.75
	2	378	2.98	19.93	9.70
	3	476	7.40	25.08	24.14
	4	420	10.44	22.17	34.06
	5	186	6.77	9.83	22.09
	6	30	1.48	1.56	4.81
	7	6	0.44	0.34	1.44
II	1	339	0.94	21.27	3.42
	2	279	2.24	17.49	8.15
	3	383	6.01	24.01	21.88
	4	363	9.14	22.72	33.25
	5	186	6.87	11.68	25.00
	6	44	2.18	2.74	7.94
	7	1	0.10	0.08	0.36

Tab. 45: Fläche 12; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	520	1.54	22.91	4.39
	2	454	3.51	20.01	10.00
	3	613	9.55	27.05	27.18
	4	454	11.37	20.01	32.36
	5	175	6.35	7.73	18.09
	6	45	2.27	2.00	6.48
	7	3	0.21	0.14	0.59
	9	3	0.32	0.14	0.91
II	1	376	1.11	19.22	3.29
	2	362	2.85	18.49	8.44
	3	505	7.91	25.86	23.41
	4	446	11.06	22.82	32.72
	5	202	7.36	10.33	21.77
	6	55	2.77	2.80	8.20
	7	6	0.40	0.32	1.18
	9	3	0.34	0.16	1.00

Tab. 46: Fläche 13; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	612	1.81	25.12	5.93
	2	653	5.26	26.81	17.25
	3	692	10.60	28.41	34.75
	4	391	9.58	16.06	31.42
	5	83	3.01	3.40	9.88
	6	5	0.24	0.21	0.78
II	1	459	1.36	20.97	4.43
	2	544	4.35	24.87	14.12
	3	612	9.36	27.97	30.41
	4	447	10.99	20.46	35.68
	5	113	4.12	5.16	13.39
	6	13	0.61	0.57	1.97

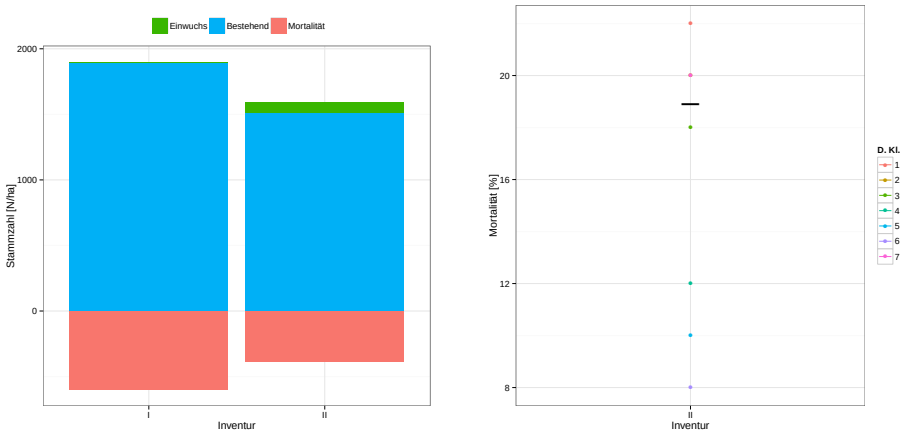

Abb. 47: Fläche 11; Einwuchs und Mortalität

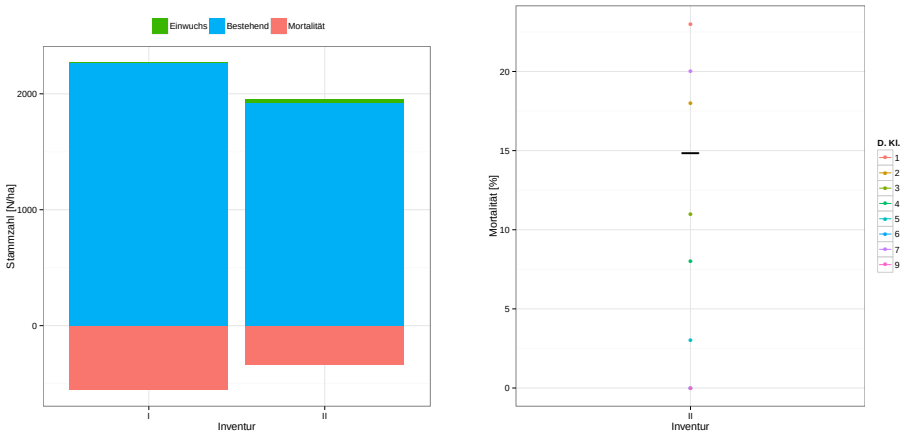

Abb. 48: Fläche 12; Einwuchs und Mortalität

Die Darstelllungen zum Einwuchs und zur Mortalität zeichnen das Bild der bereits erwähnten Auslichtung. Der Anteil toter Bäume nimmt zwar ab aber es ist kein bedeutender Einwuchs zu verzeichnen. Die Mortalität ist in den schwachen Durchmesserklassen am höchsten aber auch vereinzelte starke Durchmesserklassen erfahren eine deutliche Mortalität.

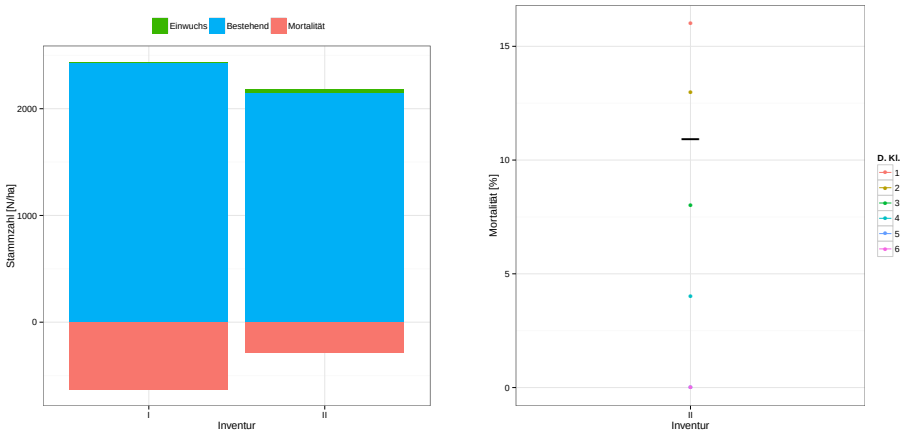

Abb. 49: Fläche 13; Einwuchs und Mortalität

Tab. 47: Fläche 11; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	N/ha					mort. [%]
		best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	
I	1	400	225				
	2	378	194				
	3	476	112				
	4	420	51				
	5	186	13				
	6	30	3				
	7	6					
I	$\sum$	1897	598				
II	1	255	99	85	9	82	22
	2	234	82	45	3		20
	3	332	77	51	23	1	18
	4	302	55	60	5		12
	5	143	21	44	3		10
	6	26	1	18	3		8
	7	1	1				20
II	$\sum$	1516	378	80	4		19

Tab. 48: Fläche 12; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	N/ha					mort. [%]
		best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	
I	1	520	329				
	2	454	141				
	3	613	56				
	4	454	23				
	5	175	5				
	6	45					
	7	3					
	8						
	9	3					
II	$\sum$	2268	554				
II	1	346	119	30	6	30	23
	2	310	88	52	5	2	18
	3	455	66	50	5	2	11
	4	358	36	88	6		8
	5	147	8	55			3
	6	41		14			0
	7	2	2	5			20
	8						
	9	3					0
II	$\sum$	1923	338	31	2		15

Tab. 49: Fläche 13; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	**N/ha**					mort. [%]
		best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	
I	1	612	386				
	2	653	172				
	3	692	59				
	4	391	13				
	5	83	1				
	6	5					
I	$\sum$	2435	630				
II	1	424	102	35	1	36	16
	2	460	90	84	8		13
	3	509	60	103	3		8
	4	331	20	117			4
	5	75		38			0
	6	5		8			0
II	$\sum$	2152	282	35	1		11

4.2.6 Fläche 116

Die Fläche 116 verzeichnet einen stetigen Stammzahl- und Basalfläche-Rückgang. Einzig etwas stärkere Durchmesserklassen (vor allem Durchmesserklasse 4) verzeichnen eine Zunahme.

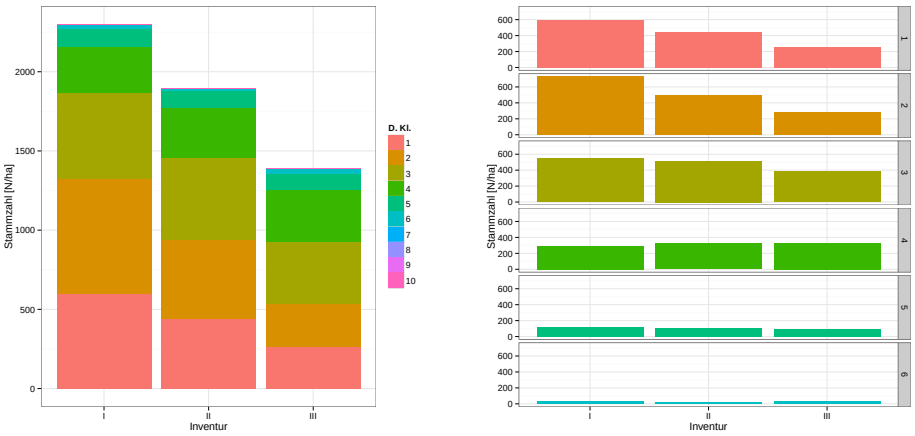

Abb. 50: Fläche 116; Entwicklung N/ha

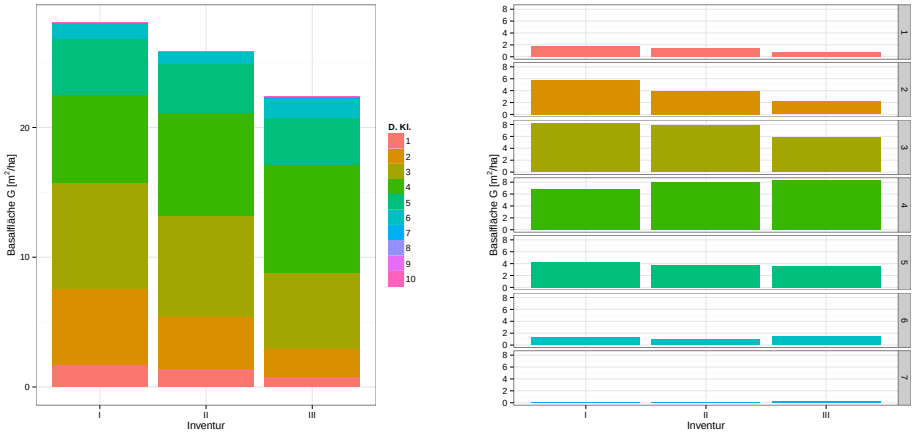

Abb. 51: Fläche 116; Entwicklung G/ha

Die erste Inventur zeigt die höchste Stammzahldichte in der Durchmesserklasse 2. Bei einer allgemeinen Abnahme der Stammzahl verschiebt sich diese Spitze ab der zweiten Inventur in die Durchmesserklasse 3. Der gleiche Vorgang ereignet sich bei der Basalfläche von Durchmesserklasse 3 zu 4.

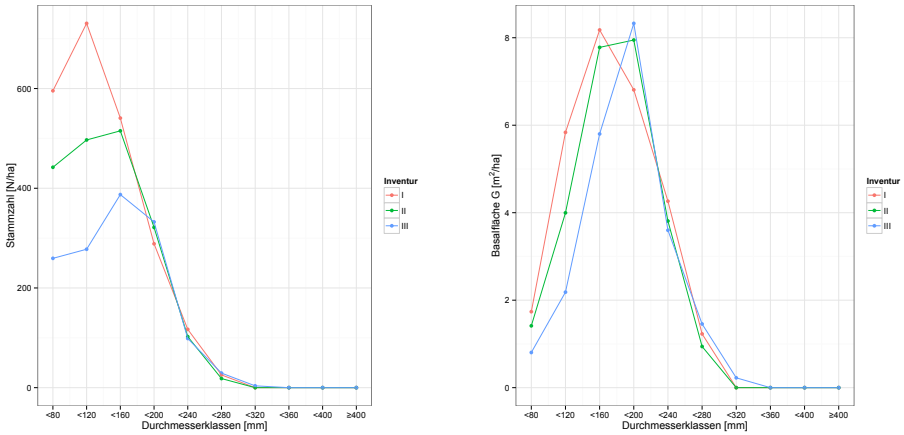

Abb. 52: Fläche 116; N- und G-Verteilung

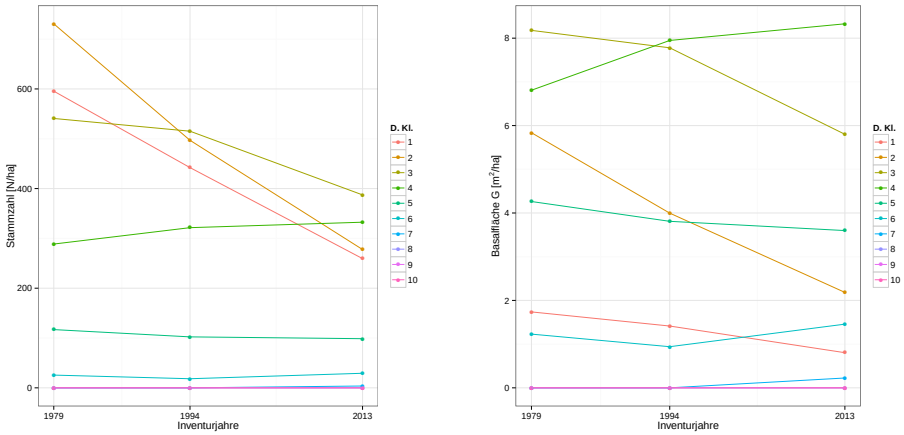

Abb. 53: Fläche 116; Entwicklung Durchmesserklassen

Tab. 50: Fläche 116; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	2298	28.05				
II	1896	25.89	-402	-2.16	-17.49	-7.70
III	1388	22.40	-508	-3.49	-26.79	-13.48

Der BHD-Zuwachs gehört zu den geringsten aller untersuchten Flächen. Einzig der Höhenzuwachs macht in der Inventur III den bereits erwähnten starken Sprung. Der durchschnittliche BHD sowie der BHD_{dom} verzeichnen ein kontinuierliches Wachstum.

Tab. 51: Fläche 116; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II	III
⌀BHD	115	123	134
Δ		7	11
Δ%		6	9
BHD_{dom}	194	195	199
Δ		1	3
Δ%		1	2
Zuwachs		0.33	0.44
H_{dom}	7.01	7.43	11.08
Δ		0.41	3.65
Δ%		6	49

Tab. 52: Fläche 116; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	596	1.74				
	2	731	5.84				
	3	541	8.18				
	4	289	6.81				
	5	117	4.26				
	6	26	1.23				
I	$\sum$	2298	28.05				
II	1	442	1.41	-154	-0.33	-25.84	-18.97
	2	497	4.00	-234	-1.84	-32.01	-31.51
	3	515	7.78	-26	-0.40	-4.81	-4.89
	4	322	7.95	33	1.14	11.42	16.74
	5	102	3.81	-15	-0.45	-12.82	-10.56
	6	18	0.94	-8	-0.29	-30.77	-23.58
II	$\sum$	1896	25.89	-402	-2.16	-17.49	-7.70
III	1	259	0.80	-183	-0.61	-41.40	-43.26
	2	278	2.18	-219	-1.82	-44.06	-45.50
	3	387	5.80	-128	-1.98	-24.85	-25.45
	4	332	8.33	10	0.38	3.11	4.78
	5	99	3.60	-3	-0.21	-2.94	-5.51
	6	29	1.46	11	0.52	61.11	55.32
	7	4	0.22	4	0.22	Inf	Inf
III	$\sum$	1388	22.40	-508	-3.49	-26.79	-13.48

Wie schon bei den Flächen 11 bis 13 geht die Abnahme der tiefen Durchmesserklassen auf die Mortalität zurück, denn ausser die Durchmesserklasse 4 (und 6, 7 in Inventur III) verzeichnen alle Durchmesserklassen einen Rückgang.

Tab. 53: Fläche 116; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	596	1.74	25.91	6.19
	2	731	5.84	31.80	20.81
	3	541	8.18	23.53	29.15
	4	289	6.81	12.56	24.27
	5	117	4.26	5.09	15.20
	6	26	1.23	1.11	4.38
II	1	442	1.41	23.31	5.46
	2	497	4.00	26.20	15.44
	3	515	7.78	27.17	30.05
	4	322	7.95	16.96	30.70
	5	102	3.81	5.39	14.72
	6	18	0.94	0.96	3.64
III	1	259	0.80	18.68	3.59
	2	278	2.18	20.00	9.75
	3	387	5.80	27.89	25.90
	4	332	8.33	23.95	37.19
	5	99	3.60	7.11	16.07
	6	29	1.46	2.11	6.50
	7	4	0.22	0.26	1.00

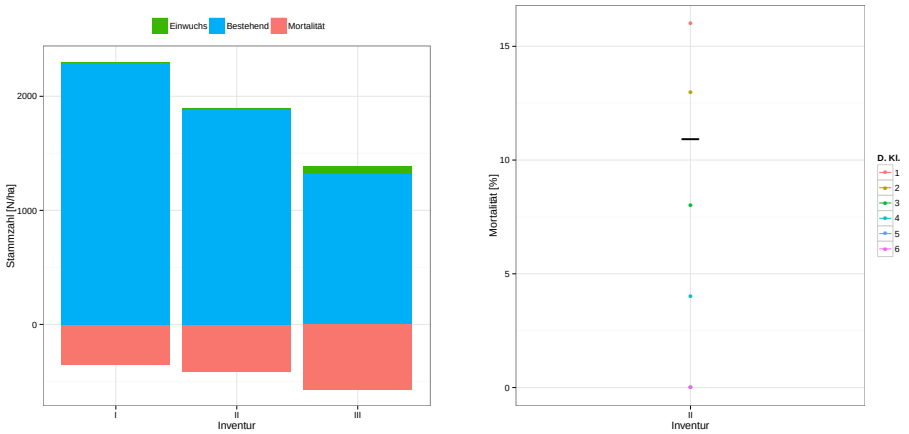

Abb. 54: Fläche 116; Einwuchs und Mortalität

Zunehmende Mortalität und eine Zunahme des Einwuchses auf relativ tiefem Niveau prägen das Bild dieser Fläche.

Tab. 54: Fläche 116; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	**N/ha** best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	mort. [%]
I	1	596	190				
	2	731	102				
	3	541	37				
	4	289	22				
	5	117					
	6	26					
I	$\sum$	2298	351				
II	1	413	128	29	11	15	22
	2	438	172	58	4		22
	3	417	62	99	7		11
	4	263	4	58			1
	5	84	22	18			16
	6	18	4				14
II	$\sum$	1882	413	15			18
III	1	190	190	69	18	69	39
	2	212	150	66	7		28
	3	281	121	106	22		22
	4	237	37	95	4		10
	5	55	15	44			10
	6	11	4	18	4		18
	7			4			0
III	$\sum$	1323	566	66	4		29

4.2.7 Fläche 17

Als benachbarte Fläche zu 116 zeigt die Fläche 17 mit nur zwei Inventuren ein sehr ähnliches Bild der ersten Inventuren von 116. Die Stammzahl ist jedoch höher und die Basalfläche etwas tiefer.

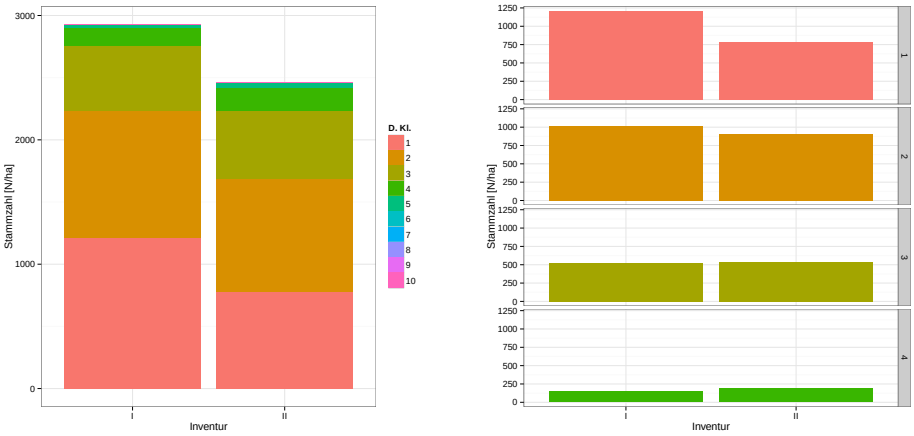

Abb. 55: Fläche 17; Entwicklung N/ha

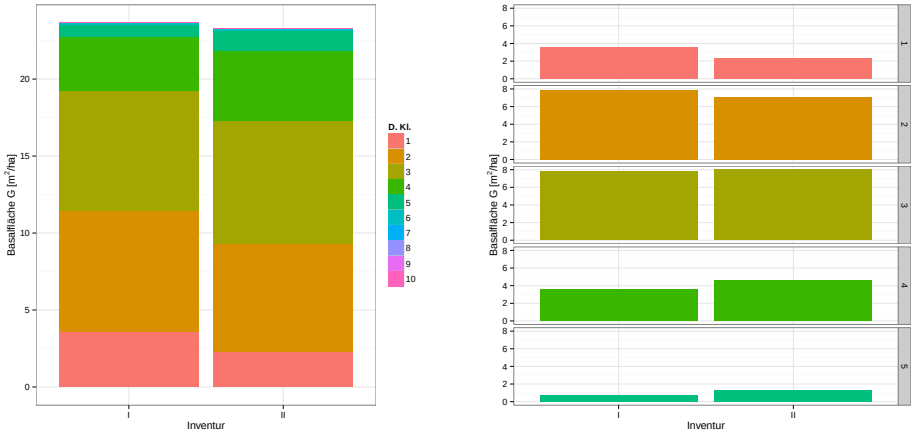

Abb. 56: Fläche 17; Entwicklung G/ha

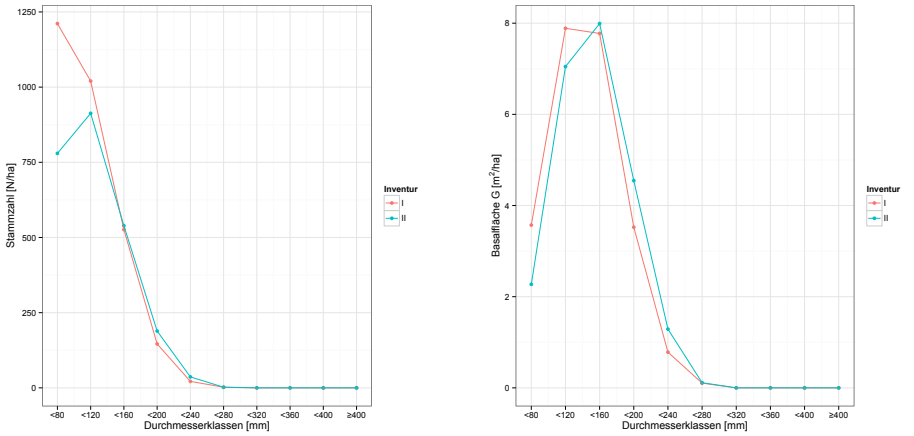

Abb. 57: Fläche 17; N- und G-Verteilung

Die Spitze der Stammzahldichte bleibt im Gegensatz zur Fläche 116 auch in der zweiten Inventur in der Durchmesserklasse 2. Bei der Basalfläche führt der Rückgang in der Durchmesserklasse 2 zu einer Spitze in der Durchmesserklasse 3 in der Inventur II. Die Entwicklung der Durchmesserklassen zeigen ein Bild abnehmender schwacher Durchmesserklassen und, ausser Durchmesserklasse 4, relativ konstanter, starker Durchmesserklassen.

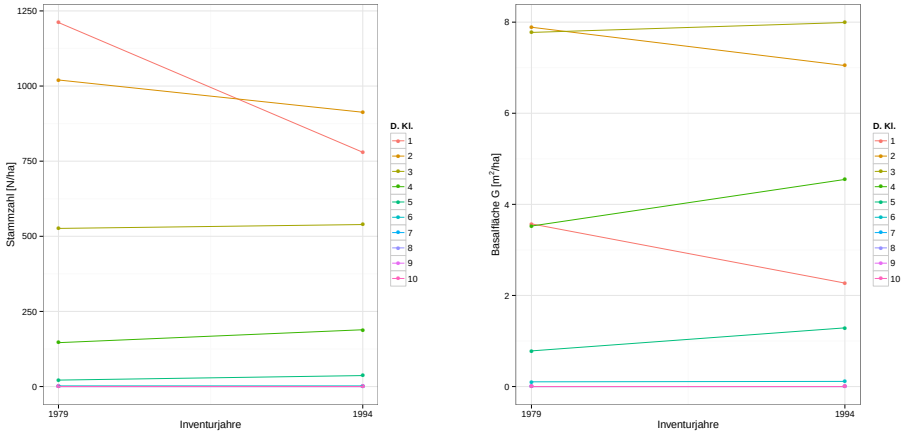

Abb. 58: Fläche 17; Entwicklung Durchmesserklassen

Tab. 55: Fläche 17; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	2927	23.64				
II	2459	23.26	-468	-0.38	-15.99	-1.61

Die Baumhöhen und der BHD_{dom} fallen etwas geringer aus als auf Fläche 116. Die relative Höhenzunahme und der BHD-Zuwachs sind jedoch stärker. Bei höherer Stammzahl als Fläche 116 fällt der Rückgang mit 468 Bäumen pro Hektare in einer vergleichbaren Grössenordnung aus.

Tab. 56: Fläche 17; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II
⌀BHD	94	102
Δ		8
Δ%		9
BHD_{dom}	176	182
Δ		7
Δ%		4
Zuwachs		0.41
H_{dom}	5.28	6.00
Δ		0.72
Δ%		14

Tab. 57: Fläche 17; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	1211	3.57				
	2	1020	7.89				
	3	526	7.77				
	4	146	3.52				
	5	21	0.78				
	6	2	0.10				
I	$\sum$	2927	23.64				
II	1	780	2.27	-431	-1.30	-35.59	-36.41
	2	913	7.05	-107	-0.84	-10.49	-10.65
	3	539	7.99	13	0.22	2.47	2.83
	4	189	4.55	43	1.03	29.45	29.26
	5	37	1.29	16	0.51	76.19	65.38
	6	2	0.11	0	0.01	0.00	10.00
II	$\sum$	2459	23.26	-468	-0.38	-15.99	-1.61

Tab. 58: Fläche 17; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	1211	3.57	41.38	15.10
	2	1020	7.89	34.85	33.36
	3	526	7.77	17.98	32.88
	4	146	3.52	4.99	14.90
	5	21	0.78	0.73	3.31
	6	2	0.10	0.07	0.44
II	1	780	2.27	31.70	9.77
	2	913	7.05	37.12	30.30
	3	539	7.99	21.92	34.36
	4	189	4.55	7.69	19.55
	5	37	1.29	1.48	5.54
	6	2	0.11	0.09	0.49

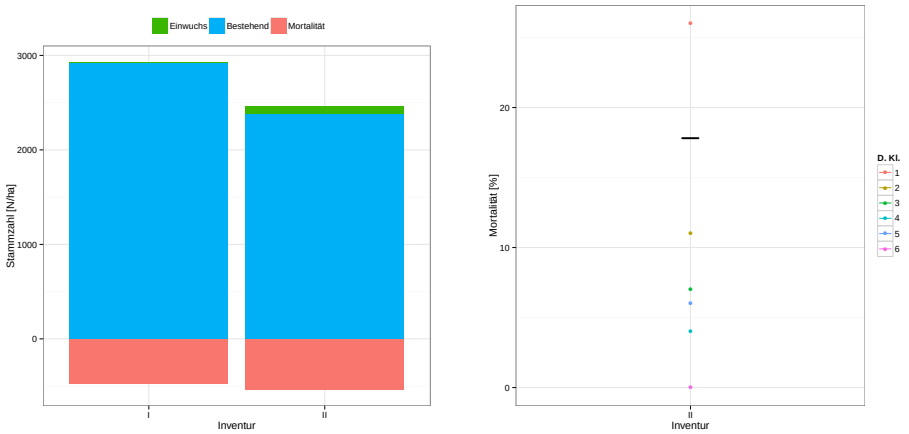

Abb. 59: Fläche 17; Einwuchs und Mortalität

Die Mortalität findet in den geringen Durchmesserklassen statt und fällt einzig in der Durchmesserklasse 1 überdurchschnittlich aus. Ein Einwuchs von 82 Bäumen pro Hektare steht 345 abgestorbener oder tot eingewachsener Bäume pro Hektare gegenüber.

Tab. 59: Fläche 17; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	**N/ha** best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	mort. [%]
I	1	1211	374				
	2	1020	79				
	3	526	17				
	4	146	6				
	5	21					
	6	2					
I	$\sum$	2927	477				
II	1	698	326	82	19	82	26
	2	743	131	170	4		11
	3	410	41	129	2		7
	4	118	9	71			4
	5	19	2	17			6
	6	2					0
II	$\sum$	2380	533	79	2		18

4.2.8 Fläche 122

Die Fläche 122 weist stetige Zunahmen bei der Stammzahl und bei der Basalfläche auf. Am Bestand sind die Durchmesserklassen 1 bis 7 beteiligt. In der zweiten Inventur verzeichnen alle Durchmesserklassen eine Zunahme der Stammzahl ausser die Durchmesserklasse 3. In der Inventur III sind es die Durchmesserklassen 2 und 4, welche eine Abnahme erfahren während alle anderen zu nehmen. An der Basalfläche sind die Durchmesserklassen 4, 5 und 6 massgeblich beteiligt. Die Durchmesserklasse 7 tritt ab der Inventur III jedoch auch stärker in Erscheinung.

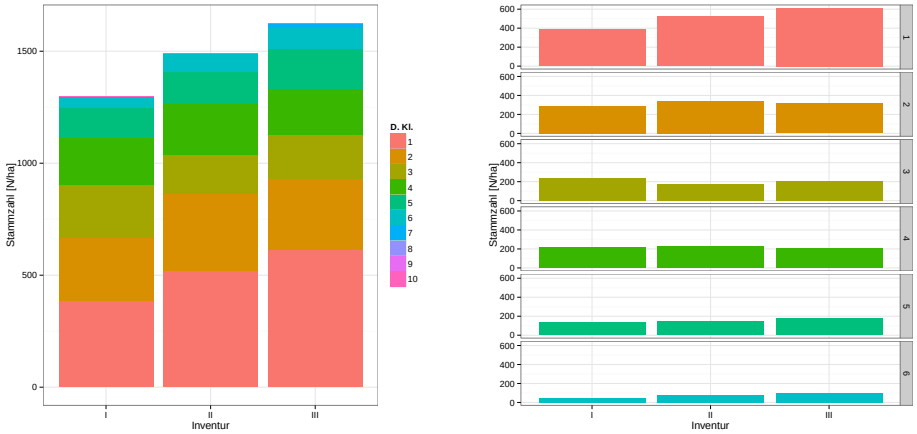

Abb. 60: Fläche 122; Entwicklung N/ha

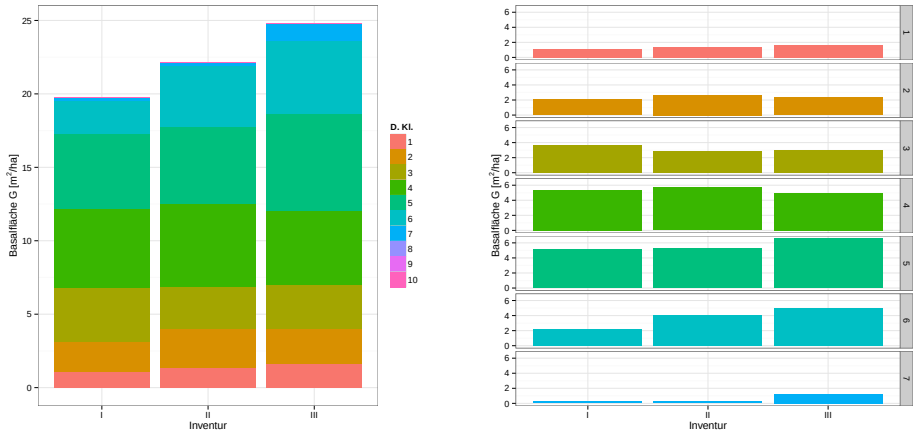

Abb. 61: Fläche 122; Entwicklung G/ha

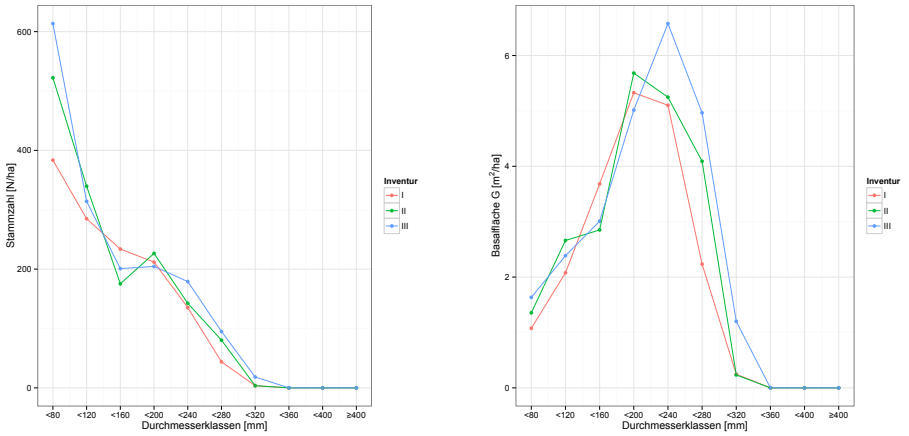

Abb. 62: Fläche 122; N- und G-Verteilung

Bei der Verteilung der Stammzahl ist auch bei dieser Fläche ein Knick zu sehen. Anders als bei anderen Flächen scheint diese Erscheinung jedoch nur in einer Inventur besonders ausgeprägt zu sein. In der Inventur II ist eine stärkere Häufung um die Durchmesserklasse vier zu beobachten. Beim Einbezug der anderen Inventuren ergibt sich aber eher das Bild eines leichten Einbruchs in der Durchmesserklasse 3 in Inventur II, der sich in der mit der Inventur III wieder glättet.

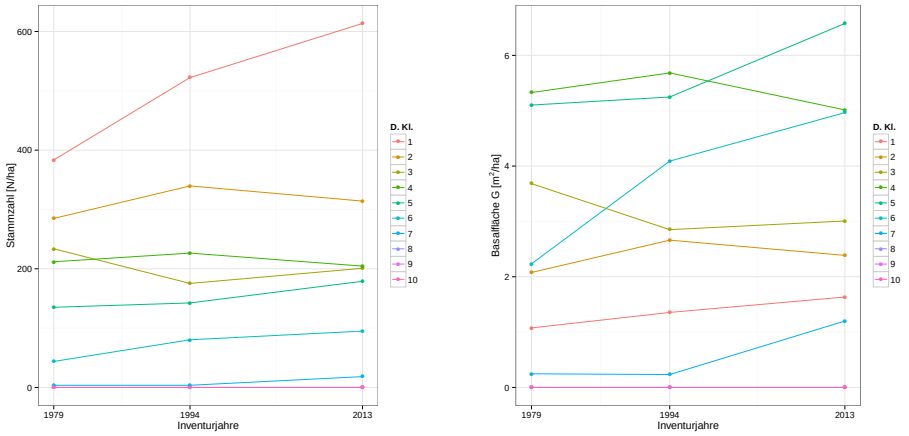

Abb. 63: Fläche 122; Entwicklung Durchmesserklassen

In Abbildung 63 sind die Stammzahlzunahme der Durchmesserklasse 1 und die immer stärkere Präsenz der Durchmesserklassen 6 und 7 bei der Basalfläche ersichtlich.

Tab. 60: Fläche 122; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1297	19.75				
II	1490	22.12	193	2.37	14.88	12.00
III	1625	24.78	135	2.66	9.06	12.03

Die Basalfläche weist eine praktisch konstante Zunahme auf. Der BHD-Zuwachs verlangsamt sich von Inventur II zu III etwas. Die Baumhöhe stagniert in der zweiten Inventur, um sich dann mit einem sehr starken Wachstum bemerkbar zu machen. Auch diese Fläche weist diesen bereits angesprochenen starken Zuwachs der Baumhöhe aus.

Tab. 61: Fläche 122; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II	III
⌀BHD	125	121	122
Δ		-4	0
Δ%		-3	0
BHD_{dom}	204	214	225
Δ		10	10
Δ%		5	5
Zuwachs		0.75	0.66
H_{dom}	7.61	7.55	12.28
Δ		-0.05	4.73
Δ%		-1	63

Tab. 62: Fläche 122; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	383	1.08				
	2	285	2.08				
	3	234	3.68				
	4	212	5.33				
	5	135	5.10				
	6	44	2.23				
	7	4	0.25				
I	$\sum$	1297	19.75				
II	1	522	1.36	139	0.28	36.29	25.93
	2	340	2.66	55	0.58	19.30	27.88
	3	175	2.85	-59	-0.83	-25.21	-22.55
	4	226	5.68	14	0.35	6.60	6.57
	5	142	5.25	7	0.15	5.19	2.94
	6	80	4.09	36	1.86	81.82	83.41
	7	4	0.23	0	-0.02	0.00	-8.00
II	$\sum$	1490	22.12	193	2.37	14.88	12.00
III	1	614	1.63	92	0.27	17.62	19.85
	2	314	2.39	-26	-0.27	-7.65	-10.15
	3	201	3.01	26	0.16	14.86	5.61
	4	205	5.01	-21	-0.67	-9.29	-11.80
	5	179	6.58	37	1.33	26.06	25.33
	6	95	4.97	15	0.88	18.75	21.52
	7	18	1.20	14	0.97	350.00	421.74
III	$\sum$	1625	24.78	135	2.66	9.06	12.03

Tab. 63: Fläche 122; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	383	1.08	29.58	5.45
	2	285	2.08	21.97	10.52
	3	234	3.68	18.03	18.65
	4	212	5.33	16.34	26.99
	5	135	5.10	10.42	25.84
	6	44	2.23	3.38	11.31
	7	4	0.25	0.28	1.25
II	1	522	1.36	35.05	6.13
	2	340	2.66	22.79	12.03
	3	175	2.85	11.76	12.89
	4	226	5.68	15.20	25.69
	5	142	5.25	9.56	23.72
	6	80	4.09	5.39	18.49
	7	4	0.23	0.25	1.05
III	1	614	1.63	37.75	6.59
	2	314	2.39	19.33	9.63
	3	201	3.01	12.36	12.14
	4	205	5.01	12.58	20.23
	5	179	6.58	11.01	26.54
	6	95	4.97	5.84	20.03
	7	18	1.20	1.12	4.84

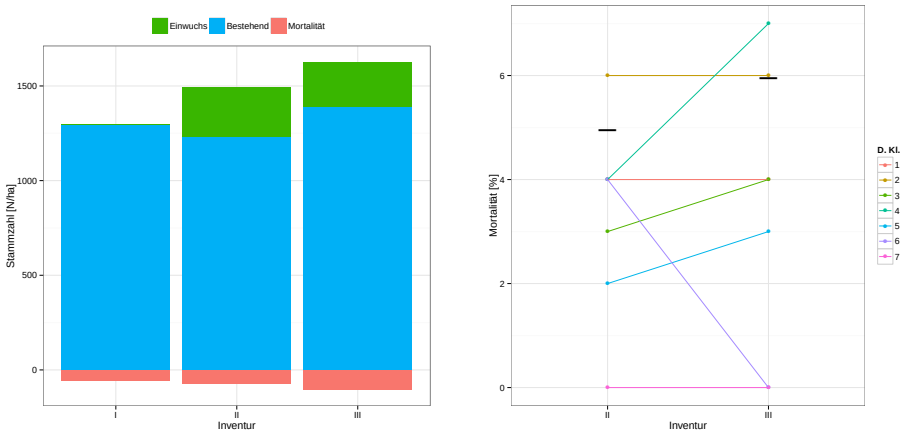

Abb. 64: Fläche 122; Einwuchs und Mortalität

Der Einwuchs ist in den Inventuren II und III in der gleichen Grössenordnung. Für die meisten Durchmesserklassen nimmt die Mortalität zwar zu, mit 5% in der zweiten und 6% in der dritten Inventur bewegen sich die Werte aber auf einem niedrigen Niveau.

Tab. 64: Fläche 122; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	N/ha best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	mort. [%]
I	1	383	7				
	2	285	18				
	3	234	18				
	4	212	11				
	5	135					
	6	44					
	7	4					
I	$\sum$	1297	55				
II	1	259	18	263	7	267	4
	2	234	18	106	4		6
	3	146	7	29			3
	4	150	11	77			4
	5	91	4	51			2
	6	37	4	44			4
	7			4			0
II	$\sum$	1231	66	259	7		5
III	1	373	29	241	4	237	4
	2	194	22	121	7	4	6
	3	84	11	117			4
	4	131	18	73	4		7
	5	102	7	77			3
	6	66		29			0
	7	4		15			0
III	$\sum$	1388	99	237	4		6

4.2.9 Fläche 23

Die Fläche 23 befindet sich zwar auf gleicher Höhe und in der Nähe von Fläche 122 hat aber eine andere Exposition, da sie an der anderen Talflanke liegt. Mehrere Struktur-Grössen sind in beiden Flächen jedoch sehr ähnlich. Auch Fläche 23 weist eine Zunahme der Stammzahl und der Basalfläche auf. Die Ausgangslage präsentiert sich jedoch mit einer höheren Stammzahl und einer etwas tieferen Basalfläche.

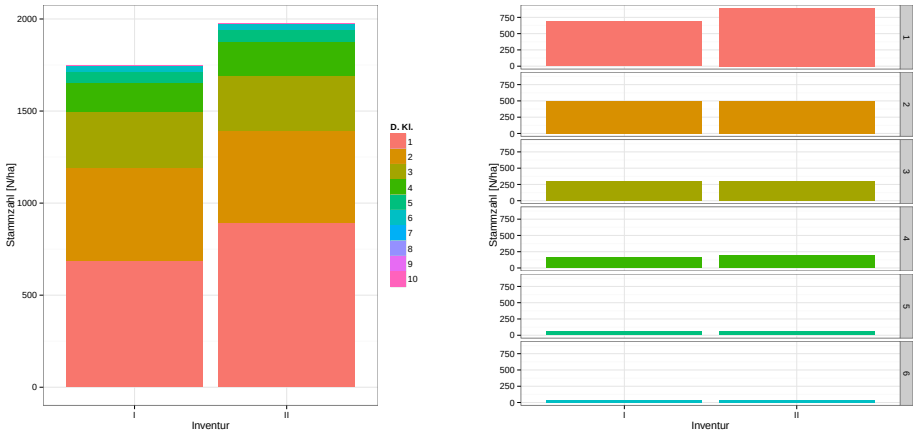

Abb. 65: Fläche 23; Entwicklung N/ha

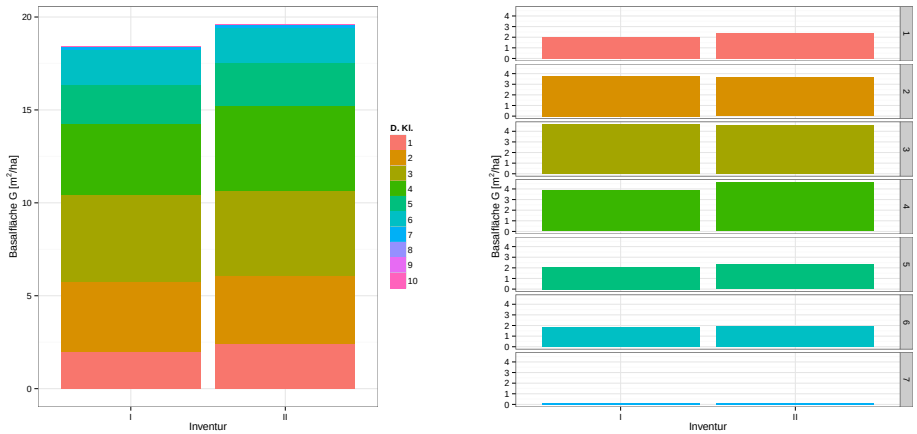

Abb. 66: Fläche 23; Entwicklung G/ha

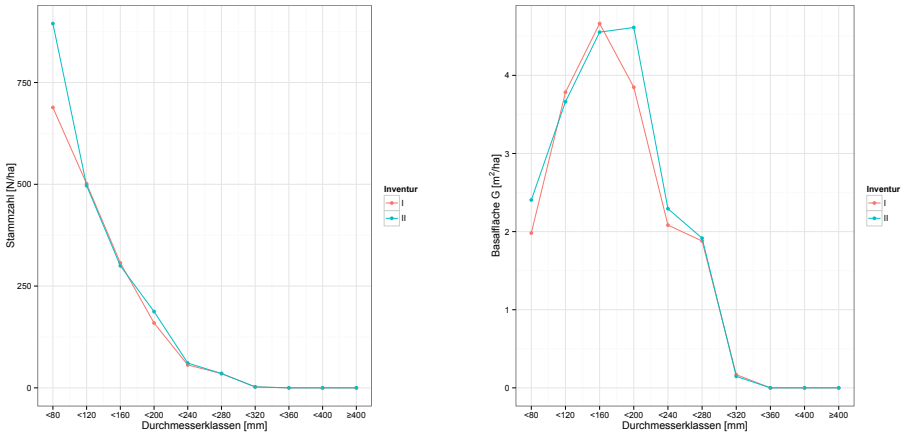

Abb. 67: Fläche 23; N- und G-Verteilung

Die schwachen Durchmesserklassen bis Durchmesserklasse 4 bilden den Grossteil der Stammzahl. Bei der Basalfläche sind die Durchmesserklassen 5 und 6 ebenfalls bedeutsam. Im Gegensatz zu Fläche 122 weist diese Fläche mit steigender BHD-Stärke eine stetig kleinere Anzahl Bäume pro Durchmesserklasse auf und zeigt so eine sehr glatte Verteilung non N/ha.

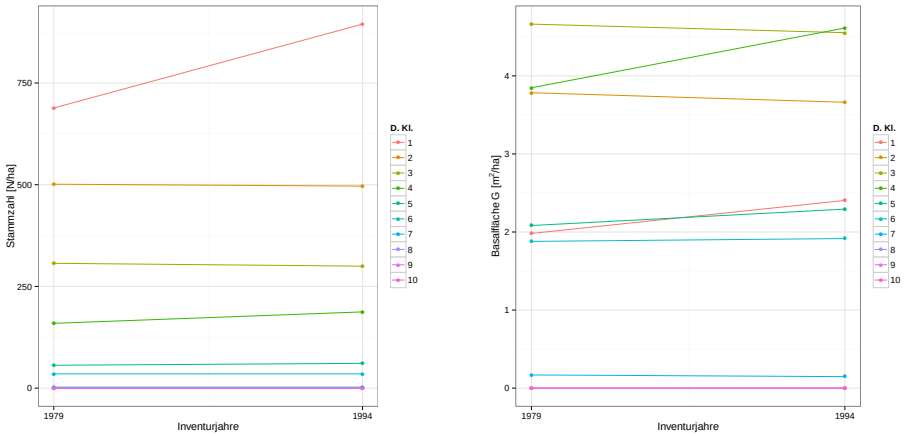

Abb. 68: Fläche 23; Entwicklung Durchmesserklassen

Tab. 65: Fläche 23; N/ha und G/ha [m^2] pro Inventur

Inv.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1750	18.41				
II	1977	19.59	227	1.18	12.97	6.41

Der BHD-Zuwachs, die Baumhöhen und die BHD sind denen der ersten beiden Inventuren von Fläche 122 praktisch identisch. Die Basalfläche nimmt prozentual halb so schnell zu wie die Stammzahl.

Tab. 66: Fläche 23; Baumhöhen [m], BHD [mm] und BHD-Zuwachs [mm/a]

	I	II
⌀BHD	104	100
Δ		-5
Δ%		-4
BHD_{dom}	200	205
Δ		4
Δ%		2
Zuwachs		0.74
H_{dom}	6.31	6.02
Δ		-0.28
Δ%		-5

Tab. 67: Fläche 23; N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	ΔN/ha	ΔG/ha	Δ%N/ha	Δ%G/ha
I	1	689	1.98				
	2	501	3.78				
	3	307	4.66				
	4	159	3.85				
	5	56	2.08				
	6	35	1.88				
	7	2	0.17				
I	$\sum$	1750	18.41				
II	1	895	2.40	206	0.42	29.90	21.21
	2	497	3.66	-4	-0.12	-0.80	-3.17
	3	300	4.55	-7	-0.11	-2.28	-2.36
	4	187	4.61	28	0.76	17.61	19.74
	5	61	2.29	5	0.21	8.93	10.10
	6	35	1.92	0	0.04	0.00	2.13
	7	2	0.15	0	-0.02	0.00	-11.76
II	$\sum$	1977	19.59	227	1.18	12.97	6.41

Die einzigen Durchmesserklassen die bedeutenden Zuwachs der Stammzahl verzeichnen sind die Durchmesserklassen 1 und 4. Die mittleren Durchmesserklassen verzeichnen einen Zuwachs bezüglich Basalfläche.

Tab. 68: Fläche 23; Anteile an N/ha und G/ha [m^2] pro D. Kl.

Inv.	D. Kl.	N/ha	G/ha	N/ha [%]	G/ha [%]
I	1	689	1.98	39.36	10.76
	2	501	3.78	28.65	20.56
	3	307	4.66	17.54	25.33
	4	159	3.85	9.10	20.90
	5	56	2.08	3.21	11.32
	6	35	1.88	2.01	10.21
	7	2	0.17	0.13	0.92
II	1	895	2.40	45.26	12.28
	2	497	3.66	25.12	18.69
	3	300	4.55	15.17	23.24
	4	187	4.61	9.48	23.55
	5	61	2.29	3.08	11.71
	6	35	1.92	1.78	9.78
	7	2	0.15	0.12	0.75

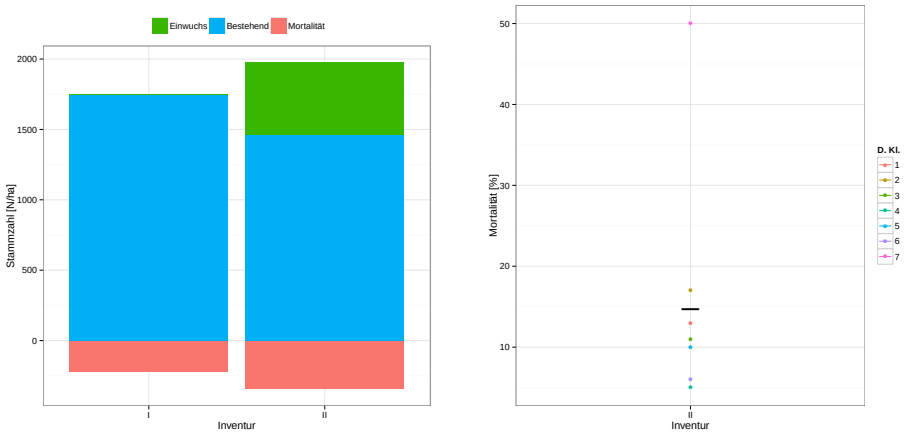

Abb. 69: Fläche 23; Einwuchs und Mortalität

Der Einwuchs ist bedeutend höher als bei Fläche 122 in der zweiten Inventur. Mit 518 Bäumen pro Hektare nämlich mehr als doppelt so gross. Die Mortalität liegt mit einer Rate von 15% aber auch 10 Prozentpunkte höher als in der gleichen Periode in Fläche 122. Dies ist durch den extremen Toteinwuchs bedingt, der mit 61 Bäumen pro Hektare mit Abstand der höchste aller untersuchten Flächen ist. Er liegt drei Mal höher als der nächsthöhere von 20 Bäumen pro Hektare auf Fläche 005 in der zweiten Inventur.

Tab. 69: Fläche 23; Einwuchs und Mortalität

Inv.	D. Kl.	**N/ha**					mort. [%]
		best.	neutot.	einw.	toteinw.	neu	
I	1	689	52				
	2	501	66				
	3	307	47				
	4	159	21				
	5	56	33				
	6	35	2				
	7	2					
I	$\sum$	1750	220				
II	1	398	103	497	54	546	13
	2	295	105	201	16	30	17
	3	197	42	103	2	2	11
	4	124	12	63			5
	5	45	7	16			10
	6	30	2	5			6
	7		2	2			50
II	$\sum$	1459	286	518	61		15

5 Diskussion

5.1 Flächengruppen

Die Betrachtung der Struktur-Grössen einzelner Flächen und ihrer Gegenüberstellung lässt erkennen, dass das Untersuchungsgebiet keine homogene Strukturdynamik aufweist. Wie schon bei der Darstellung der einzelnen Flächen gesehen, lassen sich aber ähnliche Flächen und Flächengruppen finden. Im Folgenden sollen die einzelnen Flächen nach verschiedenen Gemeinsamkeiten und bezüglich Standort oder Dynamik zusammengefasst werden, um mögliche Ursache-Wirkung-Zusammenhänge zu finden.

5.1.1 Rahmenbedingungen

Gemeinsamkeiten in den Rahmenbedingungen der Flächen (Ursache) können zu ähnlicher Strukturdynamik (Wirkung) führen. Die geographische Lage oder die Waldgesellschft am jeweiligen Standort können als solche gemeinsamen Rahmenbedingungen gelten
Die geographische Lage der Flächen würde, wie aus der Übersichtskarte zu Beginn dieser Arbeit hervorgeht, vier Gruppen nahe legen. Die heutige Nummerierung der Flächen geht aus den in den 1970er Jahren eingerichteten grösseren Dauerflächen hervor (SNP 1977). So zeigen Beispielsweise die Flächen 8, 9 und 110 sowie die Flächen 11, 12 und 13, die im vorangehenden Abschnitt auch zusammen oder zumindest vergleichend präsentiert wurden grosse Ähnlichkeiten, da sie auch in unmittelbarer Nähe zu einander liegen. Doch auch bei diesen Flächen lassen sich grössere Unterschiede finden. Die Flächen 004 und 005 zeigen hingegen ein deutlich anderes Bild ihrer Dynamik und auch die Flächen 122 und 23, welche eine unterschiedliche Exposition haben weisen grössere Unterschiede auf.
Eine Zusammenfassung der Flächen nach Waldgesellschaften würde eine Dreiteilung mit EK 67 (004, 005, 8, 9, 110, 11, 12, 13, 116, 17) und den Flächen 122 (EK 69) sowie 23 (EK 65) bedeuten. Bereits die Betrachtung der Grössen H_{dom} und der BHD-Zuwüchse zeigt, dass eine solche grobe Einteilung wenig Sinn macht. Diese beiden Grössen können als Indikatoren für die Wüchsigkeit eines Standortes gelten. Es wäre zu erwarten, dass auf gleichen Standorten zumindest eine ähnliche Wüchsigkeit herrschte (Keller et al. 1998). Auf Standorten der Waldgesellschaft EK 67 sind jedoch sowohl die Flächen mit den niedrigsten und den höchsten Werten dieser Struktur-Grössen vertreten.

5.1.2 Exogene Einflussgrössen

Exogene Einflüsse scheinen auf die Strukturdynamik einen grösseren Einfluss zu haben, als die Bedingungen an ihrem jeweiligen Standort. Als exogene Faktoren können Kalamitäten oder auch kleinere Ereignisse, wie Verbiss oder Schneebruch oder anthropogene Einflüsse wie die Nutzung des Waldes gelten. Diese Einflüsse führen zu einer Verschiebung in den Struktur-Grössen. Die natürlichen Einflussfaktoren könnten durch die Informationen des ausgewerteten Datensatzes teilweise nachvollzogen werden. So werden bei den Einzelbaum-Daten mehrere Informationen zur Morphologie und zu Eigenschaften des Baumes gesammelt, die Aufschluss über verschieden Einflüsse, denen der Baum ausgesetzt war geben können (Tinner und Brang 2013). Diese Informationen sind jedoch nicht

für alle Aufnahmejahre in homogener Art und Güte erfasst, was zu grosser Unsicherheit bei den Aussagen führen würde. Die vorliegende Arbeit geht auf diese Einflussgrösser nicht weiter ein.
Anthropogene Einflüsse, wie die Waldnutzung hinterlassen ihre Spuren mehr oder minder deutlich über eine gesamte Generation eines Bestandes und darüber hinaus. Somit macht es Sinn die unterschiedliche Strukturdynamik der untersuchten Flächen auf Einflüsse der Waldnutzung vor der Nationalpark-Gründung im Jahre 1914 hin zu untersuchen.
Im Folgenden soll darum eine Gruppierung der Flächen aufgrund ihrer Strukturdynamik erfolgen (Wirkung), um Aussagen über die frühere Nutzung dieser Bestände (Ursache) zu machen.

5.1.3 Stammzahlverteilung

Die Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen scheint eine Struktur-Grösse zu sein, die einerseits gut geeignet ist, um die einzelnen Flächen zu Charakterisieren und andererseits einen direkten Informationsgehalt bezüglich einer vergangenen Störung dieser Grösse auch noch lange Zeit nach dem Zeitpunkt der Störung in sich weiter trägt.
Um die untersuchten Flächen besser einander gegenüber zu stellen kann die Stammzahlverteilung der verschiedenen Inventuren zu einer durchschnittlichen Stammzahlverteilung zusammengefasst werden. Hierbei ist jedoch immer zu bedenken, dass ein beachtlicher Informationsverlust zur Dynamik dieser Verteilung verloren geht. Diese Verteilungen sind somit immer mit einer gleichzeitigen Beachtung des Zustandekommens des Durchschnittes zu interpretieren.

Es lohnt sich verschiedene Typen von schematischen Stammzahlverteilungen auf ihr Zustandekommen zu interpretieren. Im folgenden werden drei Stammzahlverteilungen kurz vor gestellt und mit drei Schemata verdeutlicht. Verteilungen des Typs "Plenterwald", wie in Abbildung 70 dargestellt zeichnen sich durch eine kontinuierliche Abnahme der Stammzahl mit zunehmendem BHD aus.

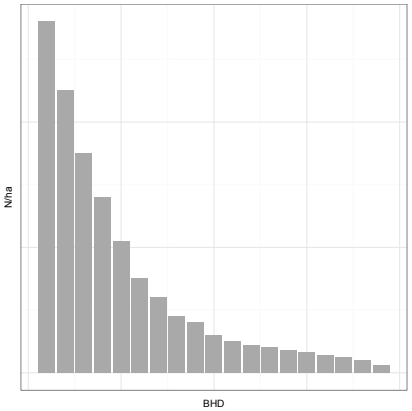

Abb. 70: Stammzahlverteilung Plenterwald

Eine solche Stammzahlverteilung bedeutet ein nebeneinander aller Durchmesserstufen. Die Verjüngung des Bestandes geschieht fortlaufend und die Stamm-

zahlverteilung erfährt keine Verschiebung. Ein solcher Wald kann ein Urwald sein, in dem sich ständig Öffnungen für die Verjüngung durch den Zerfall der alten Bäume ergeben. Häufiger ist aber die bewirtschaftete Form, in der kontinuierlich und selektiv Bäume entnommen werden (Röhrig et al. 2006).

Ein anderes Bild der Stammzahlverteilung zeichnen die beiden Abbildungen 71 und 72. Der Altersklassenwald zeichnet sich durch einen ausgeprägten Gipfel um eine Durchmesserklasse und abnehmenden Stammzahlen hin zu schwächeren und stärkeren Dimensionen. Das Schema mit zwei Gipfeln zeichnet ein ähnliches Bild. Die Dichte ist jedoch um zwei Durchmesserklassen verteilt.
Der Altersklassenwald entspricht einerseits der Bewirtschaftungsform des Kahlschlages aber auch einem Bestand, der infolge einer Kalamität vollständig zerstört wurde (Röhrig et al. 2006). Nach einer Phase des Einwuchses stellt sich eine solche Verteilung ein, die mit der Zeit eine Verschiebung in höhere Durchmesserklassen erfährt und am Ende wiederum Zusammenbricht oder Kahl geschlagen wird. Mehrere Gipfel deuten auf die gleiche Entstehungsgeschichte, wie der Altersklassenwald hin. Es überlappen sich jedoch zwei oder mehr Generationen von Bäumen. Eine solche Überlappung kann natürliche Ursachen haben oder eine anthropogene Störung zerteilt den Aufbau (Holzschlag in gewissen BHD-Dimensionen) des eingipfligen Altersklassenwaldes und leitet eine neue Generation schon früh ein.

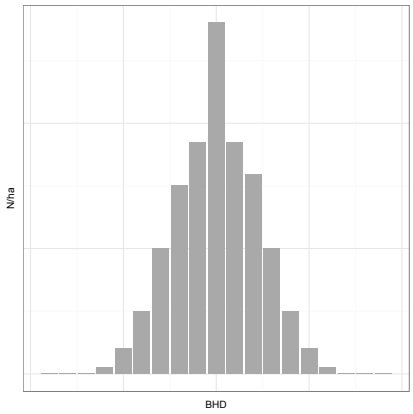

Abb. 71: Altersklassenwald

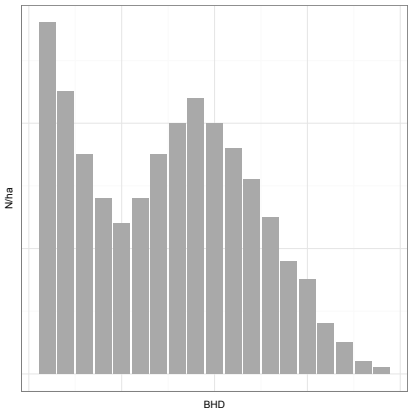

Abb. 72: Stammzahlverteilung Zweigipflig

Die Durchschnittlichen Stammzahlverteilungen der untersuchten Flächen können in vier Kategorien eingeteilt werden:
Eingipflige Verteilungen (Abbildung 73), Eingipflige Verteilungen, die jedoch einen Anstieg der Stammzahl in der Durchmesserklasse 1 verzeichnen (Abbildung 74), Glatte Verteilungen, die der Stammzahl-Verteilung im Plenterwald entsprechen (Abbildung 75) und zweigipflige Verteilungen (Abbildung 76). Die zusätzliche Unterscheidung einer Verteilung mit einer stärkeren Präsenz in der kleinsten Durchmesserklasse drängt sich auf, da diese Verteilung einerseits nicht ganz mit der zweigipfligen Verteilung übereinstimmt aber auch nicht als reine, eingipflige Verteilung gelten kann.

Die Abbildungen 73 bis 76 stellen die Durchschnitte der Stammzahlen oder die Stammzahl ausgewählter Inventuren pro Durchmesserklasse dar. Sie bedürfen ihrer tatsächlichen Verteilungen, die in der Präsentation der Resultate pro Fläche zu finden sind, um korrekt interpretiert zu werden.

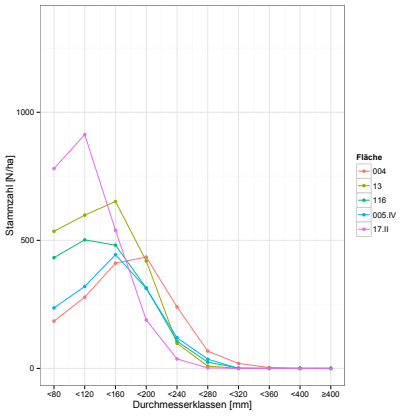

Abb. 73: ∅N-Verteilung ein Gipfel

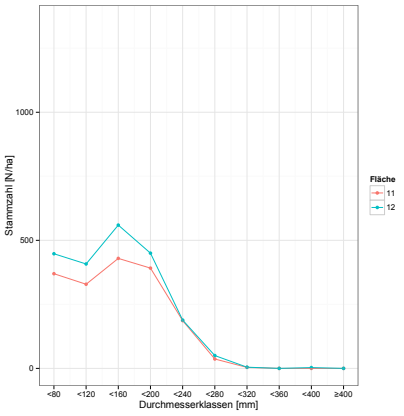

Abb. 74: ∅N-Verteilung Gipfel/D. Kl. 1

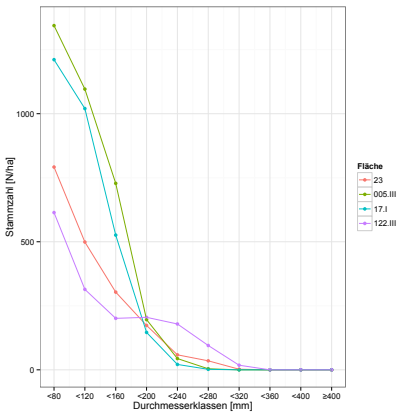

Abb. 75: ∅N-Verteilung glatt

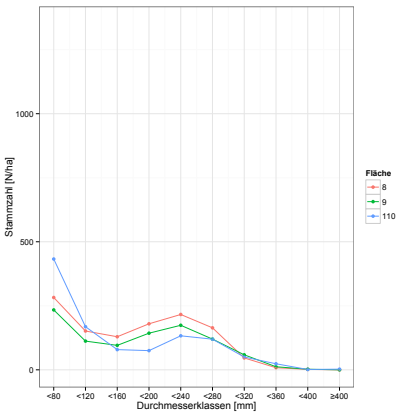

Abb. 76: ∅N-Verteilung zwei Gipfel

Alle Flächen, die im Durchschnitt eine eingipflige Verteilung zeigen weisen diese Verteilung auch in den einzelnen Inventuren auf. Die Flächen welche eine eingipflige Verteilung mit einer dominanteren Durchmesserklasse 1 aufweisen haben diese Verteilung auch in den beiden Inventuren. Die Fläche 005 weist im Durchschnitt eine glatte Verteilung auf. Bei den unterschiedlichen Ausprägungen der Strukturgrössen, die von den sechs Inventuren abgedeckt werden macht eine solche Darstellung keinen Sinn. Die Fläche 005 hat in den ersten drei Inventuren eine glatte Verteilung und geht danach in eine eingipflige Verteilung über indem die schwächsten Durchmesserklassen zusammenbrechen und die mittleren zunehmen. Auch die Fläche 17 weist in der ersten Inventur eine glatte Verteilung auf, um danach in eine eingipflige über zu gehen. Einzig Fläche 23 hat in beiden Inventuren eine glatte Verteilung. Die drei Flächen 8, 9 und

110 haben immer zweigipflige Verteilungen. Fläche 122 weist einen Einbruch in der Durchmesserklasse 3 in der zweiten Inventur auf. Die Durchmesserklassen 1 und 2 legen hingegen zu. Der Einbruch (-59%) in der Durchmesserklasse 3 ist jedoch nicht auf eine besonders hohe Mortalität (3%) in dieser Durchmesserklasse zurück zu führen sondern auf ein unterdurchschnittliches Einwachsen von Bäumen in diese Klasse. Dieser Einbruch glättet sich sodann auch wieder mit der dritten Inventur. Die Fläche 122 kann also eher zum Typ der glatten Verteilung gezählt werden.
Ihren Durchschnittswerten und ihrer Dynamik entsprechend, können die Flächen so eingeteilt werden:

Tab. 70: Stammzahlverteilung

Fläche	glatt	eingipflig	eingipflig/D. Kl. 1	zweigipflig
122	x			
23	x			
004		x		
13		x		
116		x		
005	x	x		
17	x	x		
11			x	
12			x	
8				x
9				x
110				x

Es fällt auf, dass die benachbarten Flächen erwartungsgemäss häufig die gleiche Stammzahlverteilung aufweisen. Dies ist aber nicht immer der Fall. Fläche 005 zeigt, wie bereits angesprochen eine einwachsende Weide und beinhaltet in ihren Inventuren eine frühe Phase, die in den Inventuren von Fläche 004 nicht ersichtlich ist. Fläche 13 unterscheidet sich von den Flächen 11 und 12 durch ihre fehlende Ausprägung in der ersten Durchmesserklasse.

5.1.4 Basalflächen-Entwicklung und Sukzession

Wie bei der Auswertung der Entwicklung der Kombination von Stammzahl und Basalfläche wurde festgestellt, dass die beiden Grössen gleichzeitig entweder Abnehmen oder Zunehmen. Einzig Fläche 13 nimmt geringfügig an Basalfläche zu während die Stammzahl abnimmt. Diesen Zusammenhang hebt Abbildung 77 nochmals deutlicher hervor und zählt Fläche 13 dabei zu den Flächen mit Basalflächenabnahme.

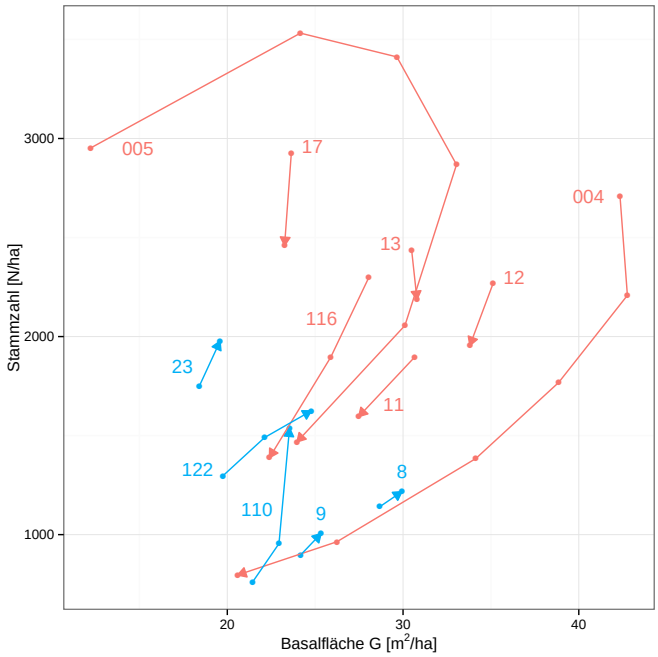

Abb. 77: Zu- und Abnahme N/ha

Die Flächen wurden zwar wegen ihrer besonders hohen Anteile an Bergföhre für die Auswertung gewählt. Es fällt aber auf, dass keine Fläche eine nennenswerte Sukzession in der Artenzusammensetzung aufweist (Das R-Script im digitalen Appendix generiert auch Graphiken und Tabellen, welche die Artenzusammensetzung unterscheiden. Andere Baumarten als Bergföhre treten aber so gering in Erscheinung, dass eine Darstellung nicht sinnvoll erscheint.). Auch Flächen, welche einen hohen Einwuchs verzeichnen (8, 9, 110, 122, 23) haben praktisch nur junge Bergföhren in der ersten Durchmesserklasse und selbst die Flächen mit längeren Zeitreihen weise keine Artensukzession auf. Eine mögliche Hypothese wäre, dass diese mangelnde Sukzession der Arten für den Basalflächenrückgang bei Abnahme der Stammzahl verantwortlich ist. Bei Abnehmenden Stammzahlen wird erwartet, dass die Basalfläche weiter zunehmen kann. Sind die vorhandenen Bergföhren nicht in der Lage den Basalflächenverlust durch BHD-Zuwachs aufzuwiegen, dann sinkt auch dieser zusammen mit der Stammzahl. Auch in Brang et al. (2011) wird diese N-G-Entwicklung von bergföhren-dominierten Beständen hervorgehoben.
Inwiefern die ausbleibende Sukzession der Arten ein zeitlich beschränktes Phä-

nomen darstellt oder gewisse Standorte auch längerfristig bergföhren-dominiert bleiben kann auch diese Untersuchung nicht beantworten. Bis zu den Inventuren im Jahr 2013 kann jedenfalls keine Sukzession festgestellt werden

5.2 Waldnutzung im Untersuchungsgebiet

Die Resultate der Stammzahl-Verteilung sollen nun herangezogen werden, um einen Vergleich mit den historischen Belegen zur Waldnutzung im Untersuchungsgebiet an zu stellen. Die Waldnutzung im Untersuchungsgebiet war teilweise sehr intensiv und es kann angenommen werden, dass alle untersuchten Flächen zumindest in den vergangenen 200 Jahren genutzt wurden (Parolini 2012). Diese Informationen zur Nutzung in den verschiedenen Gebieten werden in diesem Abschnitt direkte mit der Stammzahlverteilung verglichen.
In den Jahren 1835 bis 1847 wurde der gesamte Wald von Las Crastatschas, La Schera und Praspöl bis auf wenige Ausnahmen kahl geschlagen. In diesem Gebiet liegen die beiden Flächen 116 und 17. Dies waren die letzten Kahlschläge im Untersuchungsgebiet. Ab dann wurden nur noch Holzschläge mit forstlichen Auflagen durchgeführt.
Das Gebiet um Champlönch wurde zwischen 1890 und 1909 durch grössere Holzschläge genutzt. In diesem Gebiet befinden sich die Flächen 8, 9 und 110. Die Holzschläge wurden mit der Auflage die Schlagflächen künstlich zu verjüngen und vor Weidegang zu schützen bewilligt. Die Flächen 122 und 23 können auch zu dieser Zeit genutzt worden sein. Während die Fläche 122 an der selben Flanke des Waldes von Champlönch liegt befindet sich Fläche 23 ebenfalls unweit aber auf der gegenüberliegenden Talseite. Zudem wurde das Gebiet um Plan verd (Fläche 23) erst im Jahre 1932 in den Nationalpark integriert und es kam zwischen 1921 bis 1931 zu Nutzungen in diesem Gebiet (Parolini 1995a)
In den Jahren 1850 bis 1889 wurden unter anderen Gebieten Holzschläge im Bereich God Stabelchod und Lingia lunga durchgeführt. Es ist an zu nehmen, dass die Flächen 11, 12 und 13 in diesen Holzschlägen liegen. Die Flächen 004 und 005 dürften ebenfalls in dieser Zeit genutzt worden sein. Die Fläche 005 war bis kurz vor der ersten Inventur 1946 aber auf jeden Fall eine (Wald)-Weide.

5.3 Hinweise zur ehemaligen Waldnutzung

Die unterschiedenen Typen der Stamzahlverteilung können einen Hinweis auf die frühere Nutzung und den Zeitpunkt der Nutzung geben. Das Beispiel der Fläche 005 und 17 zeigt eine Abfolge von Stammverteilungs-Typen die man als natürliche Wiederbewaldung bezeichnen kann. Auf eine Kalamität oder ein Kahlschlag folgt eine Phase mit einer glatten Stammzahlverteilung. Einige wenige dickere Bäume können unter umständen als Samenbäume stehen gelassen worden sein. Die Grosszahl der Bäume entfällt auf die neue Generation die in die kahle Fläche einwächst. Während die schwachen Dimensionen zulegen und in stärkere Durchmesserklassen einwachsen stoppt der Einwuchs und die Stammzahlverteilung fällt in den schwachen Durchmesserklassen ab. Die so entstandene eingipflige Verteilung verschiebt ihren höchsten Punkt mit der Zeit in immer stärkere Durchmesserklassen. Die Dynamik der Stammzahlen der Flächen 005 und 17 könnten also ihre Vorgeschichte bestätigen. Die Inventuren der Fläche 004 lassen die frühe Phase, die 005 aufzeigt aus. Zum Zeitpunkt als der Gipfel der Stammzahlverteilung bei der Durchmesserklasse 2 lag (1956 und 1962) wies diese Fläche jedoch eine ähnliche totale Stammzahldichte auf, wie Fläche 005 in der Inventur des Jahres 2003, ab der auch der Gipfel von Fläche 005 bei der Durchmesserklasse 3 liegt. Die Stammzahlverteilung der Fläche 004 könnte so gedeutet werden, dass diese Fläche der Fläche 005 voraus eilt. Die

Fläche 116 entspricht in ihrer Stammzahlverteilung ihrer Vorgeschichte. Es ist jedoch auffällig, dass sich die beiden benachbarten Flächen 116 und 17 in der ersten Inventur nicht entsprechen. Die Fläche 17 weist in der ersten Inventur eine höhere Stammzahl aus als 116. Unter Umständen sieht man auch hier das gleiche Phänomen, dass zeitlich versetzt abläuft.
Die Flächen in Champlönch (8, 9, 110) haben zweigipflige Verteilungen. Diese Verteilung kann auf die Holzschläge mit forstlichen Auflagen hindeuten. Ein Gipfel der Verteilung steht bei allen drei Flächen etwa um die Durchmesserklasse 5. Diese Klasse entspricht 200-240 mm BHD. Diese Bäume können der Teil des Bestandes sein, der beim Holzschlag von vor rund 100 Jahren stehen gelassen wurde, weil diese Bäume als nicht hiebsreif eingestuft wurden. Bei einer vereinfachten Annahme einer BHD-Zunahme von 1 mm pro Jahr würde dies bedeuten, dass diese Bäume um die 12 cm BHD hatten und darum nicht genutzt wurden. In den schwächeren Durchmesserklassen ist heute hingegen die Verjüngung ersichtlich, die durch den Holzschlag eingeleitet wurde.
Die Flächen 11 und 12 entsprechen dem Verteilungs-Typ mit einem Gipfel und einer stärker vertretenen ersten Durchmesserklasse. Bis auf die erste Durchmesserklasse können hier die gleichen Annahmen gelten wie für die eingipflige Verteilung. Als mögliche Erklärung könnte gelten, dass diese Flächen frühe Stadien zweigipfliger Verteilungen sind. Grössere Störungen durch Schneebruch oder andere Ereignisse könnten aber auch zu einer erneuten Dynamik beim Einwuchs führen. Die Erklärung, dass es frühe Stadien zweigipfliger Verteilungen sind wird dadurch gestützt, dass die Gipfel bei relativ hohen Stammzahldichten (ca. 500 N/ha) und in der Durchmesserklasse 3 liegen (Flächen 8, 9, 110: ca. 250 N/ha und D. Kl. 5). Der Zeitpunkt der Holzschläge liegt in diesem Gebiet aber eher noch vor den Holzschlägen in Champlönch. Unter Umständen könnten die gemessenen, geringen BHD-Zuwüchse im Gegensatz zu den starken Zuwüchsen in Champlönch diese Diskrepanz erklären. Da die BHD-Zuwüchse mit dem BHD stark variieren ist diese Erklärung jedoch eher unsicher. Als Hinweis auf eine eingipflige Verteilung mit einem erhöhten Einwuchs kann die Fläche 13 gelten. Sie liegt in unmittelbarer Nähe von 11 und 12 und weist eine eingipflige Verteilung auf.
Eine glatte Verteilung, wie in einem Plenterwald konnte bereits als Übergang zu einer eingipfligen Verteilung beobachtet werden. Die Flächen 122 und 23 weisen jedoch in allen Inventuren eine solche Verteilung auf. Aufgrund der Nutzungsgeschichte kann eine Urwald-Form mit einer solchen Verteilung mit grosser Sicherheit ausgeschlossen werden. Eine mögliche Erklärung wäre ein Bestand, der einer kontinuierlichen Störung in den stärkeren Durchmesserklassen ausgesetzt ist sein. Es ist eher an zu nehmen, dass diese Flächen noch nicht den Zeitpunkt des Abklingen des Einwuchses erreicht haben und sich in späteren Inventuren zu einer eingipfligen Verteilung verändern.

6 Schlusswort

Die Auswertung der Daten hat zu einer Fülle an tabellarischen und graphischen Darstellungen geführt, die für die kurze Untersuchung zur Waldnutzung herangezogen wurden. Die Resultate können jedoch für eine Vielzahl weiterer Untersuchungen dienen. Form und Aufbau sollten in Verbindung mit der Dokumentation der Auswertung sicher stellen, dass auch Anpassungen zur Erzeugung anderer Resultate nicht mit einem zu grossen Aufwand verbunden sein sollten.

Die Resultate der Auswertung zeichnen auf den ersten Blick ein Bild grosser Heterogenität der Strukturdynamik im Untersuchungsgebiet. Die genauere Analyse lässt jedoch auch Gemeinsamkeiten in den untersuchten Flächen finden. In Bezug auf die Waldnutzung vor der Nationalpark-Gründung konnten die historischen Belege von Holzschlägen so grösstenteils nachvollzogen und bestätigt werden.

Die Strukturdynamik heutiger Bestände kann - bei richtiger Betrachtung - als Spiegel der vergangenen Zeit dienen und führt uns so das lange Gedächtnis des Waldes vor Augen.

7 Literatur und Quellen

Bendel M, 2006. The spread of root rot fungi in mountain pine stands in the Swiss National Park: A case study of its influence on forest dynamics. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Bigler C, 2003. Growth-dependent tree mortality: ecological process and modeling approaches based on tree-ring data. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Brang P, Commarmot B, Rohrer L, Bugmann H, 2008. Monitoringkonzept für Naturwaldreservate in der Schweiz. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.

Brang P, Heiri C, Bugmann H (Redaktion), 2011. Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Eidgenössische Technische Hochschule ETH. Haupt, Bern.

Dietiker M, Glanzmann L, Zsak K, 2012. Kernflächeninventur 2011/2012 im Nationalpark, Technischer Bericht. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.

Dietiker M, Hefti A, Glanzmann L, Zsak K, Tinner R, 2013. Kernflächeninventur 2011-2013 im Nationalpark, Technischer Bericht. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.

ETH (Eidgenössische Technische Hochschule), 1995. Mitteleuropäische Waldbaumarten. Artbeschreibung und Ökologie unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz. Script. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Filli F, 2006. Huftierforschung im Schweizerischen Nationalpark: Entwicklung, aktuelle Fragestellungen und zukünftige Herausforderungen. In: Filli F, Suter W (Hrsg.). Nationalpark-Forschung in der Schweiz. Huftierforschung im Schweizerischen Nationalpark. Akademie der Naturwissenschaften SCNAT, S. 9-30.

Filli F, Suter W (Hrsg.), 2006. Nationalpark-Forschung in der Schweiz. Huftierforschung im Schweizerischen Nationalpark. Akademie der Naturwissenschaften SCNAT.

Geissler P, Hartmann J, 2000. Vegetationsdynamik in einem 1951 abgebrannten Berföhrenbestand. In: Schütz M, Krüsi B, Edwards P (Hrsg.). Nationalpark-Forschung in der Schweiz. Sukzessionsforschung im Schweizerischen Nationalpark. Akademie der Naturwissenschaften SCNAT, S. 107-129.

Guijarro J, 2011. User's guide to climatol. State Meteorological Agency, Spain.

Haller R, 2006. Die räumliche Verteilung der Huftiere im Schweizerischen Nationalpark - Evaluation der Aufnahme- und Analysemethoden und Vergleich mit Bestandeserhebungen. In: Filli F, Suter W (Hrsg.). Nationalpark-Forschung in der Schweiz. Huftierforschung im Schweizerischen Nationalpark. Akademie der Naturwissenschaften SCNAT, S. 45-78.

Hauenstein P, 1998. Untersuchungen über die Struktur einer Bergföhrenbestockung im Schweizerischen Nationalpark. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Heiri C, Wolf A, Rohrer L, Brang P, Bugmann H, 2012. Successional pathways in Swiss mountain forest reserves. European Journal of Forest Research, 131 (2), S. 503-518.

Keller W, Fataar V, Wohlgemuth T, Kuhn N, Schütz M, Wildi O, 1998. Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage. Statistisch überarbeitete Fassung der "Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz" von Heinz Ellenberg und Frank Klötzli (1972). Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Band 73, 1998 / Heft 2.

Krüsi B, Moser B, 2000. Der Einfluss von Schnee und Huftieren auf den Sukzessionsverlauf in einem Berföhrenwald im Schweizerischen Nationalpark (Munt La Schera). In: Schütz M, Krüsi B, Edwards P (Hrsg.). Nationalpark-Forschung in der Schweiz. Sukzessionsforschung im Schweizerischen Nationalpark. Akademie der Naturwissenschaften SCNAT, S. 131-164.

Kühne K, 2011. Räumliche Einflüsse auf Absterbeprozesse und Mortalitätsraten von Bergföhren im Schweizerischen Nationalpark. Masterarbeit. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Kurth A, Weidmann A, Thommen F, 1960. Beitrag zur Kenntnis der Waldverhältnisse im Schweizerischen Nationalpark. Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Band 36, 1960 / Heft 4.

LFI (Schweizerisches Landesforstinventar), 2013. Resultate LFI 1983-85. Abgerufen am 18. Dezember 2013, http://www.lfi.ch/resultate/daten/trees/bergfoehre2.php

MeteoSchweiz, 2013. Klimanormwerte Buffalora. Normperiode 1961-1990. Aufgerufen am 17. Juli 2013, http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/klimadiagramme.html

Meyer D, Filli F, 2006. Sommer- und Wintereinstandsgebiete von weiblichen Rothirschen *Cervus elaphus* im Schweizerischen Nationalpark. In: Filli F, Suter W (Hrsg.). Nationalpark-Forschung in der Schweiz. Huftierforschung im Schweizerischen Nationalpark. Akademie der Naturwissenschaften SCNAT, S. 79-104.

Ott E, Frehner M, Frey H-U, Lüscher P, 1997. Gebirgsnadelwälder. Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung. Haupt, Bern.

Parolini J D, 1995a. Zur Geschichte der Waldnutzung im Gebiet des heutigen Schweizerischen Nationalparks. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Parolini J D, 1995b. Zur Geschichte der Waldnutzung im Gebiet des heutigen Schweizerischen Nationalparks (Quellenband). Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Parolini J D, 2012. Vom Kahlschlag zum Naturreservat. Geschichte der Waldnutzung im Gebiet des Schweizerischen Nationalparks. Haupt, Bern.

Pfiffner O A, 2009. Geologie der Alpen. Haupt, Bern.

R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing; R Foundation for Statistical Computing, Vienna. URL http://www.R-project.org/

Risch A, 2004. Above- and belowground patterns and processes following land use change in subalpine conifer forests of the Central European Alps. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Rohrer L, 2007. Informationen zum Waldreservatsprojekt, Bericht Nr. 1, Inhalt der Reservatsdatenbanken. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Rohrer L, Brang P, 2008. Aufbereitung der Waldreservatsdaten. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Röhrig E, Bartsch N, Lüpke Bv, Dengler A, 2006. Waldbau auf ökologischer Grundlage (7. Aufl.). Ulmer, Stuttgart.

Schmutz S, 2013. Analyse der Baumartenverschiebung von Fichte zu Tanne und Buche im Naturwaldreservat Leihubelwald. Masterarbeit. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Schütz J-Ph, 2003. Waldbau. Script. Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich.

Schütz M, Krüsi B, Edwards P (Hrsg.), 2000. Nationalpark-Forschung in der Schweiz. Sukzessionsforschung im Schweizerischen Nationalpark. Akademie der Naturwissenschaften SCNAT.

SNP (Schweizerischer Nationalpark), 1977. Jahresbericht der Nationalparkkommission. Bern.

SNP (Schweizerischer Nationalpark), 2013. Cifras e fatgs. Abgerufen am 10. Dezember 2013, http://www.nationalpark.ch/go/rm/about/davart-nus/cifras-e-fatgs/

Tinner R, Brang P, 2013. Aufnahmemethode für Kernflächen in Schweizer Naturwaldreservaten (3. Version). Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.

Walter H, Lieth H, 1960. Klimadiagramm Weltatlas. G. Fischer, Jena.

Wickham H, 2009. ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer, New York.

Wildi O, 2013. Data Analysis in Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, Oxford.

Zingg A, Matter C, Schmid H, 2013. Anleitung für die Anlage und die Aufnahmen in den Versuchsflächen der Ertragskunde der WSL. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.

8 Appendix

Der gesamte Appendix liegt in digitaler Form vor.
Er umfasst eine digitale Form dieser Arbeit, die Rohdaten, das R-Script der Daten-Auswertung und eine Auswahl an Aufnahmeformularen der Feldarbeit für die vorgenommenen Korrekturen am Datensatz.