

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Bodenwissenschaften
Institut für Waldbau

Bestandesentwicklung und Schutzfunktionalität des Naturwaldreservates Dürrowald, Montafon

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieurin
der Studienrichtung Forstwissenschaften

von

Sarah Becker

Betreuung

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. MAS (GIS) Harald Vacik

Mitbetreuung

Dipl.-Ing. Herwig Ruprecht

Wien, Januar 2015

*Als ich die folgenden Seiten schrieb, oder jedenfalls den größeren Teil,
lebte ich einsam in den Wäldern, eine Meile von jedem Nachbarn entfernt.
Ich wohnte in einem Haus [...] am Ufer des Waldensees [...] und erhielt mich nur von meiner Hände Arbeit.
Augenblicklich bin ich wieder in der zivilisierten Welt zu Gast.*

Henry D. Thoreau, Walden

Danksagung

Für die Betreuung, Unterstützung und die Hilfe während des Verfassens der Arbeit möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bedanken:

- An der Universität für Bodenkultur bei:

Harald Vacik

Herwig Ruprecht

- Am Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald bei:

Georg Frank

Herfried Steiner

- Am Stand Montafon bei:

Sylvia Ackerl

Hubert Malin

Des Weiteren gilt mein großer Dank all denen, die mich während meiner Aufnahmen im Gelände sowie während der Zeit der Ausarbeitung in jeglicher Weise unterstützt, motiviert und abgelenkt haben.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung und dem aktuellen Zustand des Naturwaldreservats (NWR) Dürrwald im hinteren Silbertal des Montafon in Vorarlberg. Aufgrund der hohen Wichtigkeit von Gebirgswäldern hinsichtlich Standorts- und Objektschutz und der Frage, inwieweit Gebirgswälder als stabile Ökosysteme diese Schutzfunktion selbständig aufrechterhalten können, wurde zudem die Schutzfunktionalität des Bestandes mittels des NaiS-Konzptes nach FREHNER et al. (2005) untersucht. Die Wiederholungsaufnahmen zur Untersuchung der Bestandesentwicklung erfolgten mittels Winkelzählproben an 40 bereits 1997 im Gebiet festgelegten Aufnahmepunkten, welche in einem Raster von 100 x 100 m angelegt wurden. Um detailliertere Aussagen über die Bestandessituation treffen zu können, wurden zudem mittels fixer 300 m² Probekreise Standorts-, Bestandes- und Totholzparameter erfasst. Die Erhebung der Verjüngung erfolgte auf insgesamt 1.120 Teilflächen mit einer Größe von 0,25-1 m². Da, wie festgestellt werden konnte, die Entwicklung des Bestandesaufbaus innerhalb der letzten 16 Jahre im Gebiet sehr unterschiedlich abgelaufen ist, wurde die Dynamik differenzierter für die beiden Hauptwaldgesellschaften *Vaccinio-Pinetum cembrae* und *Piceetum subalpinum* untersucht. Während im Lärchen-Zirbenwald die Stammzahl um +303,7 % zugenommen hat, wurde ein Rückgang von -22,9 % im Subalpinen Fichtenwald festgestellt. Trotzdem befinden sich beide Waldgesellschaften nach wie vor im Vorratsaufbau, wenn auch in unterschiedlichen Entwicklungsphasen. Während der Lärchen-Zirbenwald durch die historische Nutzung des Gebietes einheitlich stark anthropogen überprägt ist, weist der Bestand des Subalpinen Fichtenwaldes eine starke Heterogenität auf. Für den Lärchen-Zirbenwald wurde ein Vorrat von $105,4 \pm 95,5$ m³/ha für den lebenden Bestand und $9,1 \pm 12,5$ m³/ha für das Totholz ermittelt. Fichten- und Lärchenkeimlinge konnten hier keine festgestellt werden. Im Subalpinen Fichtenwald beträgt der lebende Vorrat $678,4 \pm 514,6$ m³/ha, der des Totholzes $72,5 \pm 79,5$ m³/ha. Keimlinge konnten in hohem Umfang von Fichte und Vogelbeere erhoben werden. Verjüngung ist hier ausreichend vorhanden, wird jedoch durch Wildverbiss und Schneeschäden in ihrer Qualität stark beeinflusst. Das Vorkommen von Totholz gleicht in seinem Umfang etwa den Werten anderer ähnlich lange unbewirtschafteter NWR in Österreich, kommt aber hauptsächlich akkumuliert in der Mitte und den unteren Bereichen des Gebietes vor. Dieser Bestandesaufbau trägt dazu bei, dass die Schutzfunktion aufgrund des Standortstyps und hinsichtlich Lawinen- und Steinschlagereignissen in den oberen Bereichen des NWR kaum gegeben ist. Für die nächsten 50 Jahre können jedoch positive Tendenzen hinsichtlich der

Schutzfunktionalität des Gebiets erkannt werden. Bei einem Auftreten von in der Berechnung nicht berücksichtigten Störungen muss dieser Ausblick sicherlich jedoch überarbeitet werden.

Schlagwörter: Naturwaldreservat, Schutzwald, Walddynamik, Naturgefahren, Gebirgswald, Naturverjüngung, Totholz

Abstract

This thesis deals with the previous development and the current state of the Natural Forest Reserve (NFR) Dürwald at the Montafon valley, Vorarlberg. Due to the high importance of mountain forests for site protection and natural hazard protections and based on the question how mountain forests as stable ecosystems can keep up this protection function on their own without man-made management, the present thesis additionally examines the protection function of the NFR by applying the NaiS-concept (*Sustainability in protection forests*) from FREHNER et al. (2005). The investigation of the stand development was carried out with a repetition of the angle-count method, which was already used before in the same investigation area in 1997 on 40 sample points, which were installed within a raster of 100 x 100 meters. To be able to make a more detailed statement of the stand construction, parameters of stand composition, natural regeneration and dead wood were measured by using fix circular sample plots with a size of 300 m². The inventory of the natural regeneration was carried out on 1,120 subareas with a size of 0.25-1 m². As it was found out that the stand development of the NFR proceeded very heterogeneously during the last 16 years, the dynamics of the evolution were examined more differentiated for the two occurring main forest associations *Vaccinio-Pinetum cembrae* and *Piceetum subalpinum*. While the number of stems has increased by +303.7 % for the *Vaccinio-Pinetum cembrae* the number declined by -22.9 % for the *Piceetum subalpinum*. Despite that, both forest associations are determined to have increasing growing stocks although at different forest development stages. As the *Vaccinio-Pinetum cembrae* was shaped consistently through the ancient anthropogenic usage, the *Piceetum subalpinum* shows a strong heterogeneity of the stand. The living growing stock of the *Vaccinio-Pinetum cembrae* was calculated with 105.4 ± 95.5 m³/ha and the volume of the dead wood with 9.1 ± 12.5 m³/ha. Seedlings of spruce and larch could not be found in this part of the NFR. At the *Pinetum cembrae* the living growing stock was calculated with 678.4 ± 514.6 m³/ha and the volume of the dead wood with 72.5 ± 79.5 m³/ha. Seedlings from spruce and European mountain-ash were found here numerously. Older natural regeneration can also be found in adequate numbers but with higher decreases in quality due to browsing by game and damages caused by snow. The occurring volume of dead wood is comparable to other, similar old NFRs in Austria, but can mostly be found at the middle and the lower parts of the investigation area. This stand composition contributes to the fact that the site protection function and the natural hazard protection function regarding avalanches and rock fall cannot be fulfilled in the upper parts of the NFR Dürwald. However, for the upcoming 50 years positive drifts to a higher fulfillment

of the protection functions of the area can be foreseen. In the event of occurrences of large disturbances (e.g. windthrow) that were not considered in the applied model this forecast of course needs to be revised.

Keywords: Natural forest reserve, Protection forest, Forest dynamics, Natural hazards, Mountain forests, Natural regeneration, Dead wood

Verwendete Abkürzungen

BFW	Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald
BHD	Brusthöhendurchmesser
ELENA	Empfehlungen für die Naturverjüngung von Gebirgswäldern
Fi	Fichte
FiW	Subalpiner Fichtenwald
G	Grundfläche
ha	Hektar
HZW	Höhenzuwachs
Lä	Lärche
LäW	Lärchen-Zirbenwald
MDM	Mittendurchmesser
N	Anzahl
NaiS	Nachhaltigkeit im Schutzwald
NWR	Naturwaldreservat
ÖWI	Österreichische Waldinventur
PNWG	Potentiell natürliche Waldgesellschaft
ST	Seitentrieb
Stpk.	Stichprobenpunkt
TH	Totholz
TT	Terminaltrieb
V	Vorrat
Vb	Vogelbeere
Vfm	Vorratsfestmeter
WG	Waldgesellschaft
Zi	Zirbe

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	III
Abstract	V
Verwendete Abkürzungen	VII
Inhaltsverzeichnis	VIII
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XIV
1. Einleitung	1
1.1 Hintergrund und Problemstellung	1
1.2 Ziele der Arbeit und Forschungsfragen	4
2. Standortsbeschreibung	5
2.1 Geographische Lagebeschreibung	5
2.2 Klima	7
2.3 Geologie und Böden	8
2.4 Wuchsgebiet und Waldgesellschaften	11
2.5 Allgemeine Informationen zum Projektgebiet	14
2.5.1 Eigentümerverhältnisse und Projektgebiet	14
2.5.2 Jagd- und Almwirtschaft	16
2.5.3 Tourismus	17
3. Methoden	18
3.1 Datenerhebung	20
3.1.1 Winkelzählprobe	20
3.1.2 Fixe Probekreise	20
3.1.3 NaiS-Konzept	25
3.2 Datenanalyse und Auswertung	27
3.2.1 Auswertung der Winkelzählproben	27
3.2.2 Auswertung der fixen Probekreise – Bestandesanalyse	29
3.2.3 Auswertung der fixen Probekreise – Verjüngungsanalyse	30
3.2.4 Auswertung der fixen Probekreise – Totholzanalyse	31
3.2.5 Analyse der Schutzfunktionserfüllung	34
4. Ergebnisse	38
4.1 Charakterisierung des Standorts	38
4.2 Ergebnisse der Auswertung der Winkelzählprobe	41
4.3 Ergebnisse der Auswertung der fixen Probekreise	48
4.3.1 Bestandesanalyse	48
4.3.2 Verjüngungsanalyse	58
4.3.3 Totholzanalyse	72

4.4	Schutzfunktionserfüllung.....	79
4.4.1	Schutzerfüllung aufgrund des Standortstyps.....	79
4.4.2	Schutzerfüllung hinsichtlich Lawinenereignissen	84
4.4.3	Schutzerfüllung hinsichtlich Steinschlagereignissen.....	87
5.	Diskussion.....	90
5.1	Diskussion der Ergebnisse.....	90
5.1.1	Bestandesstruktur und -entwicklung.....	90
5.1.2	Verjüngungssituation.....	95
5.1.3	Totholzsituation.....	103
5.1.4	Schutzfunktionserfüllung.....	108
5.2	Diskussion der Methoden.....	113
5.2.1	Datenerhebung.....	113
5.2.2	Datenauswertung.....	113
6.	Schlussfolgerung.....	116
6.1	Zusammenfassende Betrachtung der Forschungsfragen.....	116
6.2	Fazit.....	118
	Literaturverzeichnis.....	120
	Anhang.....	i
	Anfertigungserklärung.....	xxxiii

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Darstellung des Projektgebietes auf der Übersichtskarte des Montafons inkl. der gekennzeichneten Bestandeswaldungen des Stand Montafon Forstfonds (Karte verändert nach STAND MONTAFON 2014).....	5
Abb. 2	Blick vom Gegenhang auf das Naturwaldreservat Dürrwald (Foto: S. Becker).....	6
Abb. 3	Klimadiagramm des NWR Dürrwald (1.530-1.910 m ü. NN) mit mittlerem monatlichen Niederschlag und mittleren monatlichen Temperaturen (aus den Jahren 1960-2013), berechnet über das DAYMET Programm.....	7
Abb. 4	Geologische Karte des Montafons mit roter Markierung des Projektgebietes (Karte verändert nach WOLKERSDORFER 2005).....	8
Abb. 5	Geologische Karte des Projektgebietes NWR Dürrwald (rot umrandet) (verändert nach GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT 2014).....	9
Abb. 6	Vegetationskarte des NWR Dürrwald (zur Verfügung gestellt von H. STEINER, BFW, 2013).....	11
Abb. 7	Orthofoto des Naturwaldreservats Dürrwald mit verpflochtenen Stichprobenpunkten und Vegetationskartierungspunkten (zur Verfügung gestellt von G. FRANK und K.M. Schweinzer, BFW, 2013).....	18
Abb. 8	Probeflächendesign (nach RUPRECHT & VACIK 2009).....	21
Abb. 9	Höhenkurven für die Hauptbaumarten Fichte und Lärche unterteilt nach den Auswertungsverfahren WZP und Fixer Probekreis.....	32
Abb. 10	Ausrichtung der Stichprobenpunkte in den Waldgesellschaften und im gesamten NWR nach Expositionen ausgedrückt in Flächen-Anteil [%].....	38
Abb. 11	Hangneigung in den Waldgesellschaften und im gesamten NWR, angegeben in % nach Häufigkeit der Stichprobenpunkte mit gleicher Hangneigung.....	39
Abb. 12	Mesoreliefformen nach Anteilen in Prozent; aufgenommen im NWR Dürrwald...	39
Abb. 13	Mikroreliefformen nach Anteilen in Prozent; aufgenommen im NWR Dürrwald.	40
Abb. 14	Dynamik im Baumbestand (Grafik verändert nach VACIK et al. 2009).....	42
Abb. 15	BHD-Verteilung der Waldgesellschaften im NWR in den zwei Aufnahmejahren 1997 und 2013; sortiert nach BHD-Klassen.....	44
Abb. 16	Mittleres Zuwachsprozent der Baumarten über die verschiedenen BHD-Klassen.	44
Abb. 17	Baumhöhenverteilung für das gesamte NWR in den Jahren 1997 und 2013.....	46
Abb. 18	BHD-Verteilung der Baumarten Fichte, Lärche und Sonstige (Vogelbeere und Zirbe zusammengefasst) für das NWR.....	49
Abb. 19	BHD-Verteilung der Baumarten Fichte, Lärche und Sonstige (Vogelbeere und Zirbe zusammengefasst) mit einem BHD <10 cm.....	49
Abb. 20	Höhenverteilung der Baumarten für das NWR.....	50
Abb. 21	Baumhöhenverteilung für alle Baumarten bis 5m Höhe.....	50
Abb. 22	Stpk. 13, welcher in Stammzahl (467 N/ha), Grundfläche (13,34 m ² /ha) und Vorrat (76,82 Vfm/ha) am repräsentativsten für die Mittelwerte des Lärchen-Zirbenwaldes steht und Stpk. 16, welcher in Stammzahl (433 N/ha), Grundfläche (52,51 m ² /ha) und Vorrat (656,67 Vfm/ha) am repräsentativsten für die Mittelwerte des Subalpinen Fichtenwaldes steht.....	52
Abb. 23	Summe der mittleren Grundfläche je BHD Klasse für Lärche und Fichte getrennt nach Lärchen- und Fichtenwaldgesellschaft.....	54
Abb. 24	Summe der mittleren Vorratsfestmeter je BHD Klasse für Lärche und Fichte getrennt nach Lärchen- und Fichtenwaldgesellschaft.....	54

Abb. 25	Summe der mittleren Stammzahl je BHD Klasse für Lärche und Fichte getrennt nach Lärchenwald- und Fichtenwaldgesellschaft.....	55
Abb. 26	Kronenschirmfläche und Grundriss der 40 Stichprobenpunkte im NWR; Lärche (gelb), Vogelbeere (rot), Zirbe (lila), Fichte (grün).....	57
Abb. 27	Anteile in Prozent der Verjüngungsflächen mit unterschiedlichen Expositionen für die Waldgesellschaften und das gesamte NWR.....	58
Abb. 28	Prozentanteil der Bodenbedeckungen im Lärchen-Zirbenwald.....	59
Abb. 29	Prozentanteil der Bodenbedeckungen im Subalpinen Fichtenwald.....	60
Abb. 30	Prozentualer Anteil der Kleinstandorte der Verjüngung >15-130 cm der Baumarten Fichte, Lärche und Vogelbeere im NWR.....	61
Abb. 31	Höhenkurve der Verjüngungspflanzen >30-130 cm dargestellt nach Baumarten..	64
Abb. 32	Prozentualer Verbissanteil der Verjüngung >15-30 cm des NWR aufgenommen auf Waldboden (WB) und Totholz (TH), getrennt nach Baumarten, sowie Verbissart (nur Terminaltriebverbiss (TT), nur Seitentriebverbiss (ST), Terminal- und Seitentriebverbiss (TT + ST), gar kein Verbiss (NN)).....	66
Abb. 33	Prozentualer Verbissanteil der Verjüngung >30-130 cm des NWR aufgenommen auf Waldboden (WB) und Totholz (TH), getrennt nach Baumarten, sowie Verbissart (nur Terminaltriebverbiss (TT), nur Seitentriebverbiss (ST), Terminal- und Seitentriebverbiss (TT+ ST), gar kein Verbiss (NN)).....	66
Abb. 34	Prozentanteil aller aufgenommenen Schadmerkmale bei der Verjüngung in der Höhenklasse >15-130 cm der Baumarten Fichte, Lärche und Vogelbeere.....	70
Abb. 35	Prozentanteil des Grades der Schädigung der Fichten-, Lärchen- und Vogelbeererjüngung >15-130 cm bezogen auf das Schadmerkmal Schalenwildverbiss.....	71
Abb. 36	Prozentanteil des Grades der Schädigung der Fichten- und Lärchenverjüngung >15-130 cm bezogen auf Schnee als Schadmerkmal und Grad der Schädigung der Vogelbeererjüngung >15-130 cm bezogen auf Schäden durch Insekten/Milben.....	71
Abb. 37	Baumartenanteil [m ³ /ha] am Gesamttotholzvorrat im NWR.....	73
Abb. 38	Prozentanteil des Deckungsgrades (1-5) des flächig liegenden Totholzes <10 cm MDM an den Stichprobenpunkten im NWR.....	74
Abb. 39	Übersicht über das liegende Totholz im Aufnahmegebiet an den einzelnen Stichprobenpunkten.....	75
Abb. 40	Zersetzungsgrad des aufgenommenen Totholzes im NWR unterteilt nach Art des Totholzes und Grad der Zersetzung (A-E).....	76
Abb. 41	Berindungsgrad des aufgenommenen Totholzes im NWR unterteilt nach Art des Totholzes und Grad der Entrindung (1-4).....	77
Abb. 42	Mittlere Bedeckung des liegenden Totholzes.....	78
Abb. 43	Steinschlagereignis an Stichprobenpunkt 24 (Foto: S. Becker).....	79
Abb. 44	Minimal- und Idealprofil des Standortstyps 59 – welcher dem Lärchen-Zirbenwald im NWR am nächsten kommt (aus FREHNER et al. 2005).....	80
Abb. 45	Minimal- und Idealprofil des Standortstyps 57C – welcher dem Subalpinen Fichtenwald im NWR am nächsten kommt (aus FREHNER et al. 2005).....	80
Abb. 46	Darstellung der Schutzfunktionserfüllung des NWR Dürrwald in den Jahren 2013, 2023 und 2063 – die Karte zeigt die Flächen, welche die Schutzfunktion nicht erfüllen (orange), minimal erfüllen (gelb) und gut erfüllen (grün).....	83
Abb. 47	Anforderungsprofil des Waldes bezüglich Lawinen (aus FREHNER et al. 2005).	84

Abb. 48	Potentielle Entstehungsgebiete von Lawinen im NWR (rot gestrichelt), auf denen der Wald eine große Rolle zum Schutz beiträgt.....	85
Abb. 49	Darstellung der Schutzerfüllung hinsichtlich Lawinengefahren im NWR Dürwald auf den potentiellen Entstehungsgebieten von Waldlawinen in den Jahren 2013, 2023 und 2063 – die Karte zeigt die Flächen, welche die Schutzfunktion nicht erfüllen (orange), teilweise, aber nicht ausreichend, erfüllen (gelb) und gut erfüllen (grün).....	86
Abb. 50	Anforderungsprofil des Waldes bezüglich Steinschlag (aus FREHNER et al. 2005).....	87
Abb. 51	Darstellung der Schutzerfüllung hinsichtlich Steinschlaggefahr im NWR in den Jahren 2013 und 2063 für Schutz gegen kleine = K (<40 cm), mittlere = M (40-60 cm) und große = G (60-180 cm) Steine – die Karte zeigt die Flächen, welche die Schutzfunktion nicht erfüllen (orange), teilweise, aber nicht ausreichend, erfüllen (gelb) und gut erfüllen (grün).....	89
Abb. 52	Das Modell zeigt das Biomasse- und Totholz-Vorkommen in den jeweiligen Bestandesphasen über die gesamte Waldentwicklung (der schwarze Balken kennzeichnet die Zeitspanne einer forstlichen Umtriebszeit); SCHERZINGER (1996).....	104
Abb. 53	Totholzvorkommen im NWR Dürwald an Stpk. 39 (Foto: S. Becker).....	106
Abb. 54	Durch Schneedruck und Schneebewegungen verursachte Spaltung und Abbruch eines Fichtenstammes im NWR Dürwald (Foto: S. Becker).....	110
Abb. 55	Übersichtskarte Höenschichtlinien [m] im NWR Dürwald.....	i
Abb. 56	Übersichtskarte Hangneigung [%] im NWR Dürwald.....	ii
Abb. 57	Übersichtskarte Exposition im NWR Dürwald.....	iii
Abb. 58	Formular 2: Herleitung Handlungsbedarf aus dem NaiS-Konzept nach FREHNER et al. (2005); angewandt für Stpk. 26 – aktueller Zustand und Entwicklung des Standortes in 10 bzw. 50 Jahren.....	v
Abb. 59	Seitenansicht der 40 Stichprobenpunkte im NWR.....	xi
Abb. 60	Aufriss der 40 Stichprobenpunkte im NWR.....	xii
Abb. 61	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 01 + 02.....	xiii
Abb. 62	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 03 + 04.....	xiv
Abb. 63	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 05 + 06.....	xv
Abb. 64	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 07 + 08.....	xvi
Abb. 65	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 09 + 10.....	xvii
Abb. 66	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 11 + 12.....	xviii
Abb. 67	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 13 + 14.....	xix
Abb. 68	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 15 + 16.....	xx
Abb. 69	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 17 + 18.....	xxi

Abb. 70	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 19 + 20.....	xxii
Abb. 71	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 21 + 22.....	xxiii
Abb. 72	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 23 + 24.....	xxiv
Abb. 73	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 25 + 26.....	xxv
Abb. 74	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 27 + 28.....	xxvi
Abb. 75	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 29 + 30.....	xxvii
Abb. 76	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 31 + 32.....	xxviii
Abb. 77	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 33 + 34.....	xxix
Abb. 78	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 35 + 36.....	xxx
Abb. 79	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 37 + 38.....	xxxi
Abb. 80	Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 39 + 40.....	xxxii

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Koeffizienten für die Höhenkurvenfunktionen unterteilt nach den Auswerteverfahren WZP und Fixer Probekreis.....	32
Tab. 2	Regressionskoeffizienten zur Berechnung der Formzahlen nach POLLANSCHÜTZ (1974) (für Bäume mit einem BHD $\geq 10,5$ cm), SCHIELER (1988) (für Bäume mit einem BHD 5-10,5 cm) und JOHANN (1986) (für Bäume mit einem BHD <5 cm).....	33
Tab. 3	Gewichtungsverteilung der Parameter zur Erfüllung des Minimal- und Idealprofils nach FREHNER et al. (2005) und Anmerkungen, wie die Parameter im Auswerteverfahren berücksichtigt wurden.....	35
Tab. 4	Punkteschema der Auswertung der Schutzfunktionserfüllung der Stichprobenpunkte hinsichtlich der Naturgefahr Lawine.....	36
Tab. 5	Punkteschema der Auswertung der Schutzfunktionserfüllung der Stichprobenpunkte hinsichtlich der Naturgefahr Steinschlag.....	37
Tab. 6	Veränderung der durch die WZP aufgenommenen Bäume, unterteilt in lebend und stehend tot.....	41
Tab. 7	Entwicklung der Baumdynamik im NWR Dürrwald zwischen den Erhebungen der WZP 1997 und der WZP 2013.....	42
Tab. 8	Änderung der Baumartenzusammensetzung in absoluten und relativen Zahlen.....	43
Tab. 9	Veränderung der Stammzahl, Grundfläche [m ²] und des Volumens [V _{fm}]; berechnet als Hektarwerte für den Lärchen-Zirbenwald, den Subalpinen Fichtenwald und das gesamte Naturwaldreservat.....	47
Tab. 10	Baumartenzusammensetzung in den Waldgesellschaften und für das gesamte NWR in absoluten und relativen Zahlen.....	48
Tab. 11	Mittlere Stammzahl (N), Grundfläche (G) und Vorrat (V) sowie deren Standardabweichungen je Hektar für den Lärchen-Zirbenwald, Subalpinen Fichtenwald und das gesamte NWR.....	51
Tab. 12	Stammzahl [N/ha], Grundfläche [m ² /ha] und Vorratswerte [V _{fm} /ha] inklusive Standardabweichung in absoluten und relativen Zahlen für die vorkommenden Baumarten in den Waldgesellschaften und im gesamten NWR.....	53
Tab. 13	Prozentangaben der H/D-Werte über die verschiedenen BHD-Klassen für Fichte getrennt nach Lärchen-Zirbenwald und Subalpinem Fichtenwald.....	56
Tab. 14	Angabe in Prozent des Auftretens der verschiedenen Kronenprozent für Lärche und Fichte, dargestellt getrennt nach Lärchen- und Fichtenwaldgesellschaft und für das gesamte NWR.....	56
Tab. 15	Mittlere Anzahl der Keimlinge [N/ha] und Standardabweichung getrennt nach Vorkommen auf Waldboden und Totholz in den Hauptwaldgesellschaften und dem gesamten NWR.....	62
Tab. 16	Mittlere Anzahl der Mehrjährigen Verjüngungspflanzen bis 15 cm [N/ha] und Standardabweichung getrennt nach Vorkommen auf Waldboden und Totholz in den Hauptwaldgesellschaften und dem gesamten NWR.....	62
Tab. 17	Mittlere Anzahl der Verjüngungspflanzen $>15-30$ cm [N/ha] und Standardabweichung getrennt nach Vorkommen auf Waldboden und Totholz in den Hauptwaldgesellschaften und dem gesamten NWR.....	62

Tab. 18	Mittlere Anzahl der Verjüngungspflanzen >30-130 cm [N/ha] und Standardabweichung getrennt nach Vorkommen auf Waldboden und Totholz in den Hauptwaldgesellschaften und dem gesamten NWR.....	62
Tab. 19	Mittlere jährliche Höhenzuwächse [mm] der Verjüngungsbaumarten über die letzten vier Jahre in den Höhenklassen >15-30 cm und >30-130 cm inkl. Standardabweichung.....	65
Tab. 20	Mittlere Vitalitätsbeurteilung der Verjüngungsbaumarten in den Höhenklassen >15-30 cm und >30-130 cm inkl. Standardabweichung.....	65
Tab. 21	Prozentuale Verteilung der Intensität der Seitentriebverbisse der Verjüngung im NWR und aufgeteilt nach Waldgesellschaften in den Höhenstufen >15-30 cm und >30-130 cm.....	68
Tab. 22	Auftreten der Schadmerkmale in % nach Anzahl der Schadmerkmale und nach Auftreten in den verschiedenen Waldgesellschaften und im gesamten NWR.....	68
Tab. 23	Mittlere Stammzahl [N], mittlere Grundfläche [m ²] und mittleres Volumen [m ³] je Hektar für liegendes und stehendes TH sowie Stöcke inklusive Standardabweichung, getrennt nach Waldgesellschaften und für das gesamte NWR.	72
Tab. 24	Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund der Bestandesmerkmale zum aktuellen Zeitpunkt (2013), aufgegliedert nach Stichprobenpunkt und NaiS-Kriterium.....	82
Tab. 25	Schutzwirkung des NWR Dürrwald als Steinschlag Transitgebiet in Prozentangabe der relevanten Stichprobenpunkte.....	88
Tab. 26	Vergleichende Darstellung der Bestandesparameter Stammzahl, Grundfläche und Vorrat in vier NWR (verändert nach VACIK et al. 2010).....	92
Tab. 27	Samenproduktion von Fichte und Lärche zwischen 2008-2012 an den drei um das NWR Dürrwald umliegenden Messstationen (verändert nach LITSCHAUER 2014)	95
Tab. 28	Vergleichende Darstellung der Verjüngungszahlen (über alle Baumarten) in den Fichtenwaldgesellschaften von vier NWR unterteilt nach Kategorie und Größe (verändert nach VACIK et al. 2010).....	100
Tab. 29	Vergleichende Darstellung des Totholzvorkommens in vier NWR (verändert nach VACIK et al. 2010).....	104
Tab. 30	Übersicht über die im NWR Dürrwald erhobenen Stichprobenpunkte; für jeden Stichprobenpunkt ist dargestellt: Waldgesellschaft, Höhe, Neigung, Ausrichtung, Kronenüberschirmung, Stammzahl des lebenden Bestandes, Vorrat des lebenden Bestandes, Vorrat des Totholzes, Stammzahl der Verjüngung >30-130 cm, Stammzahl der Verjüngung auf Totholz >30-130 cm.....	iv
Tab. 31	Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund des Standortes zum Zeitpunkt in 10 Jahren (2023), aufgegliedert nach Stichprobenpunkt und NaiS-Kriterien.....	vi
Tab. 32	Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund des Standortes zum Zeitpunkt in 50 Jahren (2063), aufgegliedert nach Stichprobenpunkt und NaiS-Kriterien.....	vii
Tab. 33	Vegetationstabelle 1/3 NWR Dürrwald – zur Verfügung gestellt von H.STEINER, BFW, 2013.....	viii
Tab. 34	Vegetationstabelle 2/3 NWR Dürrwald – zur Verfügung gestellt von H.STEINER, BFW, 2013.....	ix
Tab. 35	Vegetationstabelle 3/3 NWR Dürrwald – zur Verfügung gestellt von H.STEINER, BFW, 2013.....	x

1. Einleitung

1.1 Hintergrund und Problemstellung

Das große Ziel der forstwissenschaftlichen Forschung ist es, das komplexe, uns umgebende Ökosystem ‚Wald‘ besser zu verstehen und zu begreifen. Schon seit Jahrzehnten sind es dabei gerade die unberührten und ursprünglichen Wälder, die Forscher wie Laien gleichzeitig interessieren. In der heutigen Zeit, in der jeder Schritt geplant und gesteuert werden kann, ist es vor allem die Natürlichkeit und die Ursprünglichkeit, die fasziniert und begeistert.

Das sich-selbst Überlassen von Wäldern zur Beobachtung der natürlichen Walddynamik, welche wiederum Rückschlüsse über eine angepasste Bewirtschaftung ermöglichen kann, ist kein neuer Gedanke. Bereits 1847 wurde in Böhmen eine Beobachtungsfläche in einem Urwaldreservat eingerichtet, weitere folgten in Deutschland und Österreich zu Beginn und Mitte des 20. Jahrhunderts (MENCH 1999). Die „Zeugnisse der Schöpfung für die Nachwelt“ zu bewahren, stand dabei zunächst für die meisten Waldbesitzer im Vordergrund (FRANK & KOCH 1999). Je nach Region und Land wurden die Flächen als Bannwald, Totalreservat, Naturwaldreservat, Naturwaldparzelle, Naturwaldzelle oder Naturwald bezeichnet (MENCH 1999). Ganz generell versteht man heute unter Naturwaldreservaten „Waldflächen, die für die natürliche Entwicklung des Ökosystems Wald bestimmt sind und in denen jede unmittelbare Beeinflussung unterbleibt“ (TICHY & FRANK 1995). In Österreich begann die wissenschaftlich dokumentierte Ausweisung solcher Waldflächen etwa im Jahr 1965 (FRANK & KOCH 1999, ZUKRIGL 1990). Aber erst seit dem Jahr 1995 werden die Flächen im ‚Österreichischen Programm Naturwaldreservate‘ systematisch durch eine zentrale Stelle betreut (FRANK & KOCH 1999). Zwei wichtige Vereinbarungen waren grundlegend ausschlaggebend für die Einrichtung eines derartigen nationalen Programmes. Die erste war die Unterzeichnung der Alpenkonvention im Jahr 1991 durch die Republik Österreich und hier insbesondere das Bergwald-Protokoll. Mit der Unterzeichnung verpflichten sich die Staaten „Naturwaldreservate in ausreichender Größe und Anzahl auszuweisen und diese zur Sicherung der natürlichen Dynamik und der Forschung entsprechend zu behandeln, mit der Absicht, jede Nutzung grundsätzlich einzustellen oder dem Ziel des Reservats gemäß anzupassen“ (ALPENKONVENTION 1991). Der zweite wichtige Schritt war die Unterzeichnung der Resolution der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa 1993 in Helsinki, auf der sich Österreich ebenfalls dazu verpflichtete, das Netzwerk von Naturwaldreservaten

auszubauen (STEINER et al. 2014). Aktuell gibt es in Österreich 195 Naturwaldreservate mit einer Gesamtfläche von 8.403 Hektar (Stand März 2014) (STEINER et al. 2014).

Etwa 40 ha davon fallen auf das NWR Dürrwald im Montafon, welches bereits 1997 in das Naturwaldreservate-Netz aufgenommen wurde. Dazu kam es, da der Waldeigentümer Stand Montafon Forstfonds mit der Unterschutzstellung einen wissenschaftlichen Beitrag zur Erforschung natürlicher Walddynamiken und zur Umweltbildung leisten wollte (STAND MONTAFON 2014). Die steilen Gebirgswälder des Montafon übernehmen eine wichtige Aufgabe für den Standorts- und Objektschutz. Inwieweit ein Eingreifen in den Waldbestand zur Steuerung der Schutzerfüllung notwendig ist, wird in der Literatur stark diskutiert (WEISS 2000). Zahlreiche Forschungen tendieren zu der Aussage, dass Bergwälder sich selbstorganisierende, stabile Ökosysteme darstellen, in denen sich ein natürlicher Gleichgewichtszustand von alleine einstellen kann (DORREN et al. 2004). Gegenargumente sprechen dafür, dass durch die Besiedelung des Bergraumes und der Nutzung der Wälder ein Eingreifen unumgänglich ist, um die teilweise selbst verursachten Risiken abzuschwächen (WEISS 2000). So oder so besteht ein hohes Interesse an neuen Erkenntnissen über natürlich ablaufende Entwicklungen, welche in Einklang mit einer naturnahen Waldwirtschaft gebracht werden können. Denn immer mehr gelangen Forscher und Praktiker zu der Erkenntnis, „dass die Waldbewirtschaftung danach streben muss, erwünschte, natürliche, also kostenlose Vorgänge möglichst zu erhalten und zu fördern, unerwünschte dagegen rechtzeitig zu erkennen und im richtigen Zeitpunkt durch geeignete Maßnahmen zu verhindern“ (VACIK et al. 2010). Die Sicherstellung der Schutzwirkung ist ein dynamischer Prozess, der häufig durch unvorhergesehene Ereignisse beeinflusst wird (DORREN et al. 2004). Zudem wird er häufig durch einen „schlechten Gesundheitszustand des Waldes bzw. die fehlende oder mangelhafte Waldverjüngung bedroht“ (VACIK et al. 2010). Laut Waldbericht 2008 wird in 41% aller Schutzwälder in Ertrag die Verjüngungssituation als „labil“ bis „kritisch“ bezeichnet (BMLFUW 2008). Klimatische Schwierigkeiten in den Höhenlagen, Beweidung und selektiver Wildverbiss stellen dabei die wichtigsten Hemmfaktoren für eine stabile Verjüngung und somit für eine dauerhafte Waldbestockung und ununterbrochene Schutzwirkung dar. Das 2010 abgeschlossene Projekt ELENA („Empfehlungen für die Naturverjüngung von Gebirgswäldern“) verfolgt das Ziel aus der Kenntnis über wichtige Einflussfaktoren auf die Verjüngungsentwicklung Handlungsempfehlungen für die waldbauliche Behandlung von Gebirgswäldern zu geben (VACIK et al. 2010). Auch die Untersuchungen im NWR Dürrwald sollen die Dynamik des Bestandes analysieren, die Einflussfaktoren auf die Naturverjüngung

aufzeigen und die aus den Bestandesparametern resultierende Schutzwirkung ersichtlich machen. Aus diesem Grund wurde das Aufnahmeverfahren aus dem ELENA-Projekt auch im NWR Dürrwald angewandt. Basierend auf den Erkenntnissen können so in weiterer Folge Handlungsempfehlungen für die Naturverjüngung in Gebirgswäldern sowie mögliche Maßnahmen zur Erfüllung der Schutzfunktionalität abgeleitet werden. Die Naturwaldforschung setzt sich in diesem Zusammenhang auch intensiv mit der Rolle des im Bestand vorkommenden Totholzes auseinander. Als Strukturparameter in Steillagen spielt es nicht nur als Schutz vor Naturereignissen, sondern auch für eine erfolgreich aufkommende Naturverjüngung eine wichtige Rolle (VACIK et al. 2010).

Vor diesem Hintergrund ergeben sich mit den Themen Naturwalddynamik und Schutzfunktionalität die Leitgedanken und Ziele für die vorliegende Masterarbeit.

1.2 Ziele der Arbeit und Forschungsfragen

Aus den oben formulierten Leitgedanken zum Projektgebiet ergeben sich für die vorliegende Arbeit folgende Ziele:

- Die Untersuchung der Bestandesentwicklung des unbewirtschafteten NWR
- Die Darstellung der aktuellen Bestandessituation im NWR
- Die Beurteilung der Schutzerfüllung im NWR

Die formulierten Ziele werden mittels folgender forschungsrelevanter Fragestellungen näher untersucht:

- Wie hat sich das NWR in den letzten 16 Jahren ohne Nutzungseingriffe verändert und welche Entwicklungsdynamiken sind erkennbar?
- Wie sieht die aktuelle Bestandessituation im NWR aus?
- Welche Aussagen lassen sich über die Verjüngungssituation und das Totholzvorkommen im NWR machen?
- Wird der Schutz vor Naturgefahren durch das NWR auch ohne aktive Bewirtschaftung erfüllt?
- Welche Tendenzen hinsichtlich Schutzfunktionserfüllung lassen sich für zukünftige Entwicklungen im NWR erkennen?

2. Standortbeschreibung

2.1 Geographische Lagebeschreibung

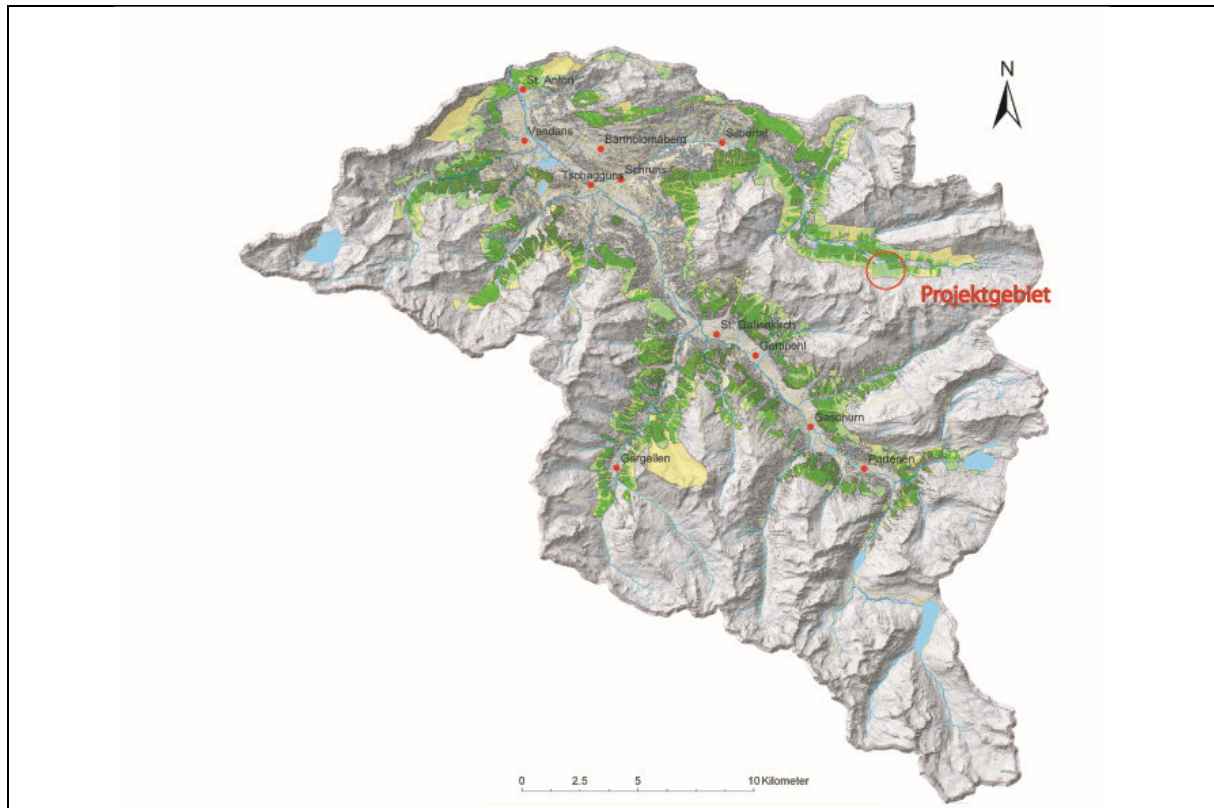


Abb. 1 Darstellung des Projektgebietes auf der Übersichtskarte des Montafons inkl. der gekennzeichneten Bestandeswaldungen des Stand Montafon Forstfonds (Karte verändert nach STAND MONTAFON 2014)

Im Süden von Vorarlberg gelegen befindet sich die 553 km² große Talschaft Montafon mit den Gemeinden Bartholomäberg, Lorüns, Gaschurn, Schruns, Silbertal, St. Anton, St. Gallenkirch, Stallehr, Tschagguns und Vandans (MALIN et al. 2007). Im Nordwesten grenzt das Gebiet an das Brandnertal, weiter westlich und südlich an den Schweizer Kanton Graubünden; im Osten schließt das Land Tirol an die Grenzen des Montafons, nach Norden öffnet sich das Tal hin zur Stadt Bludenz und somit hin zum Walgau und dem restlichen Vorarlberg (VOGIS 2014).

Das im Norden des Montafons gelegene, sich nach Osten erstreckende Silbertal ist ein langes Seitental, welches ganz im Osten an das Tiroler Schönverwall-Tal grenzt (VORARLBERGER WALSERVEREINIGUNG 2014). Der im hinteren Teil des Tales entspringende Fluss Litz fließt durch das gesamte Silbertal, bis er an der Talöffnung in Schruns in die Ill mündet. Die Gesamtfläche des Gemeindegebietes Silbertal umfasst etwa 88,6 km², wovon einzig 10 % durch Siedlungsfläche beansprucht werden. Der Rest der Gemeindefläche setzt sich aus Wald- und

Alpflächen zusammen (VORARLBERGER WALSERVEREINIGUNG 2014). Der Ortskern der Gemeinde Silbertal selbst liegt auf 889 m Seehöhe, der höchste Punkt ist die ganz im Süden gelegene 2.769 m hohe Mädererspitze (auch Valschavieler Maderer genannt) (VOGIS 2014).

Das 39,07 ha große Projektgebiet des Naturwaldreservates Dürrwald liegt im hinteren Silbertal, etwa zehn Kilometer hinter der Gemeinde Silbertal und nur wenige Kilometer bis zur Tiroler Landesgrenze hin entfernt. Begrenzt wird es durch die Untere und Obere Dürrwaldalpe. Weiter westlich oberhalb gelegen ist das Gebiet der Käferaalpe und östlich das Gebiet der Alpe Fresch. Der Dürrwald liegt auf der Südseite der Litz am Nordhang des Tales. Entlang der Litz führt die einzige Forststraße in das Silbertal hinein. Kleinere Nebenstraßen, die als Sackgassen enden, ergänzen das Forstwegenetz. Entlang der Nordgrenze des NWR verläuft noch circa 300 m eine jener kleinen Seitenstraßen, welche nur noch zu jagdlichen Zwecken befahren wird. Das NWR Dürrwald erstreckt sich über eine Seehöhe von 1.530-1.910 m (NIESE & SPICAR 1997). Durch das NWR verläuft ein etwa 1-1,5 m breiter Bringungsweg von der Unteren zur Oberen Dürrwaldalpe, über den das Vieh hinauf und hinab getrieben wird. Eine andere Anbindung an die Obere Dürrwaldalpe ist nicht vorhanden.



Abb. 2 Blick vom Gegenhang auf das Naturwaldreservat Dürrwald (Foto: S. Becker)

2.2 Klima

Nach KILIAN et al. (1994) lässt sich das Klima des Montafons als ein Übergangsklima zwischen den subkontinentalen trockenen Innenalpenbereichen und den kühl-humiden Randalpen bezeichnen. Das Gebiet ist charakteristisch für kühle, feuchte Sommer und milde, schneereiche Winter (DÜNSER 2002). Trockenstandorte sind eher selten zu finden; ausgeprägte Föhnlagen kommen häufig vor (KILIAN et al. 1994).

Mit Hilfe des Programms DAYMET, welches Wetterdaten umliegender Wetterstationen interpoliert (THORNTON et al. 1997), wurden die mittleren monatlichen Niederschlags- und Temperaturwerte für das Gebiet des Naturwaldreservates Dürrwald ermittelt. Die Wetterdaten des Programmes wurden nach HASENAUER et al. (2003) an die österreichischen Gegebenheiten angepasst, zudem werden die Wetterdaten der Österreichischen Zentralanstalt für Meteorologie (ZAMG) verwendet. Der Tiefstwert des Niederschlags ist im Projektgebiet im April mit 75,6 mm durchschnittlichem Monatsniederschlag zu finden, die höchsten Werte werden im August mit 175,5 mm festgestellt. Der Jahresniederschlag liegt bei 1.292,0 mm. Die mittlere Monatstemperatur schwankt zwischen $-4,6^{\circ}\text{C}$ im Januar und $+11,8^{\circ}\text{C}$ im Juli. Die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei $+3,4^{\circ}\text{C}$.

An durchschnittlich 189 Tagen im Jahr liegt eine Schneedecke von >1 cm im Gebiet, an etwa 150 Tagen eine Schneedecke von >20 cm. Die Summe der Neuschneemengen liegt zwischen 426-980 cm je Jahr (ZAMG 2014).

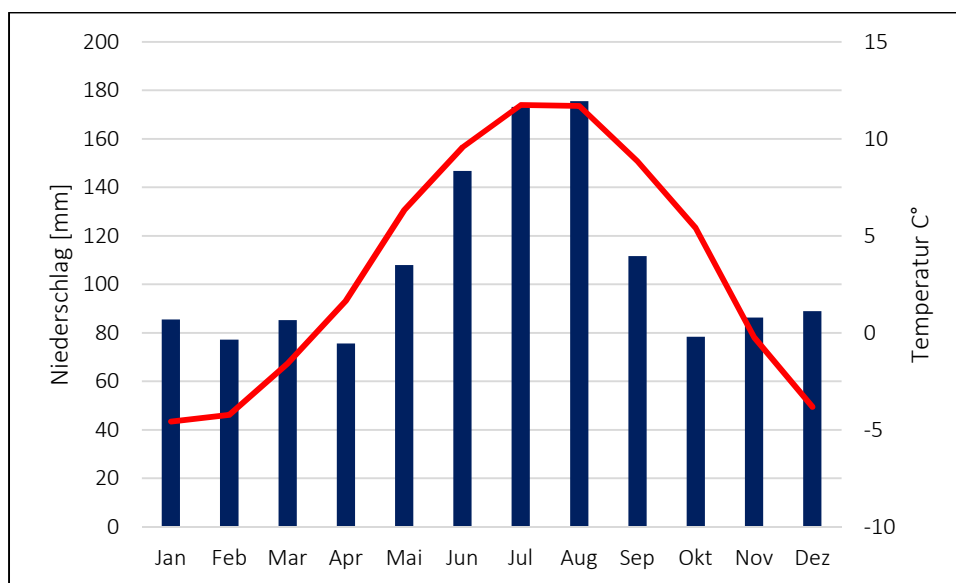


Abb. 3 Klimadiagramm des NWR Dürrwald (1.530-1.910 m ü. NN) mit mittlerem monatlichen Niederschlag und mittleren monatlichen Temperaturen (aus den Jahren 1960-2013), berechnet über das DAYMET Programm

2.3 Geologie und Böden

Geologie

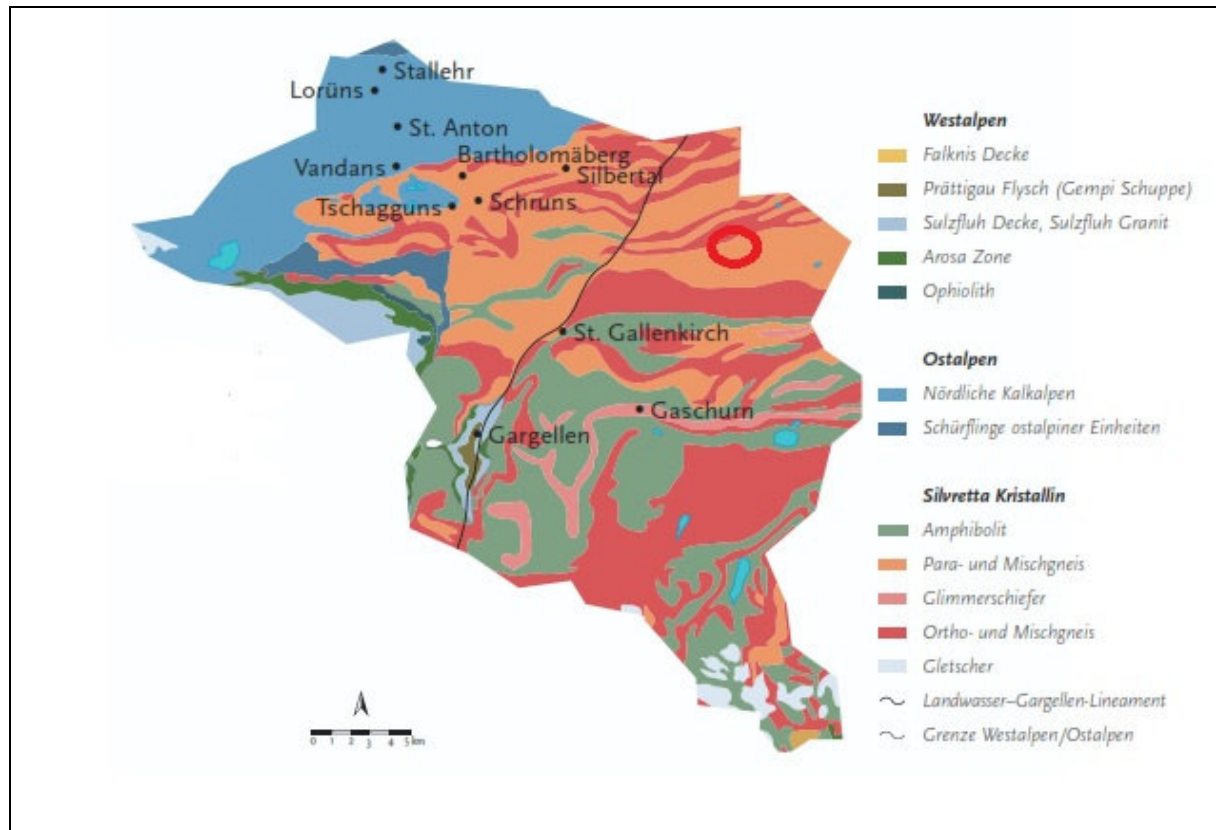


Abb. 4 Geologische Karte des Montafon mit roter Markierung des Projektgebietes (Karte verändert nach WOLKERSDORFER 2005)

Das Montafon gehört aufgrund seiner Lage direkt an der Grenze zwischen den West- und den Ostalpen zu einer der interessantesten geologischen Regionen in den Alpen (siehe Abb. 4). Die Gebirgsketten Rätikon, Verwall und Silvretta kennzeichnen das Gebiet und schaffen eine Vielfalt an Gesteinen und geologischen Besonderheiten (WOLKERSDORFER 2005), mit den ältesten Gesteinen in ganz Vorarlberg (FRIEBE 2004). Im nördlichen Montafon überwiegen Kalkgesteine, daran schließt ein schmales Band mit Sandsteinen an, während südlich davon, im überwiegenden Teil des Montafons, das Silvrettakristallin überwiegt (auf etwa 75 % der Fläche des Montafons) (WOLKERSDORFER 2005). Das Silvrettakristallin mit hellen Gneisen, Glimmerschiefern, Phylliten und grünlichen Amphiboliten findet sich südlich der Linie Rellstal – Bartholomäberg – Kristberg – Klostertal – Arlberg (FRIEBE 2004) und somit auch im Projektgebiet des NWR. Das metamorphe Gestein, welches durch mittelstarke Druck- und Temperaturbedingungen beansprucht wurde, ist vom Millimeterbereich bis hin zum Kilometerbereich gefaltet und lässt sich in zahlreiche Gesteinstypen untergliedern

(WOLKERSDORFER 2005). Das Gebiet des NWR Dürrwald selbst ist gekennzeichnet durch das ostalpine Kristallin mit Orthogneisen, Paragneisen, Glimmerschiefern und Granatphylliten (GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT 2014). Die kristallinen Gesteine verwittern tiefgründig und bilden daher eher runde Geländeformen (FRIEBE 2004).

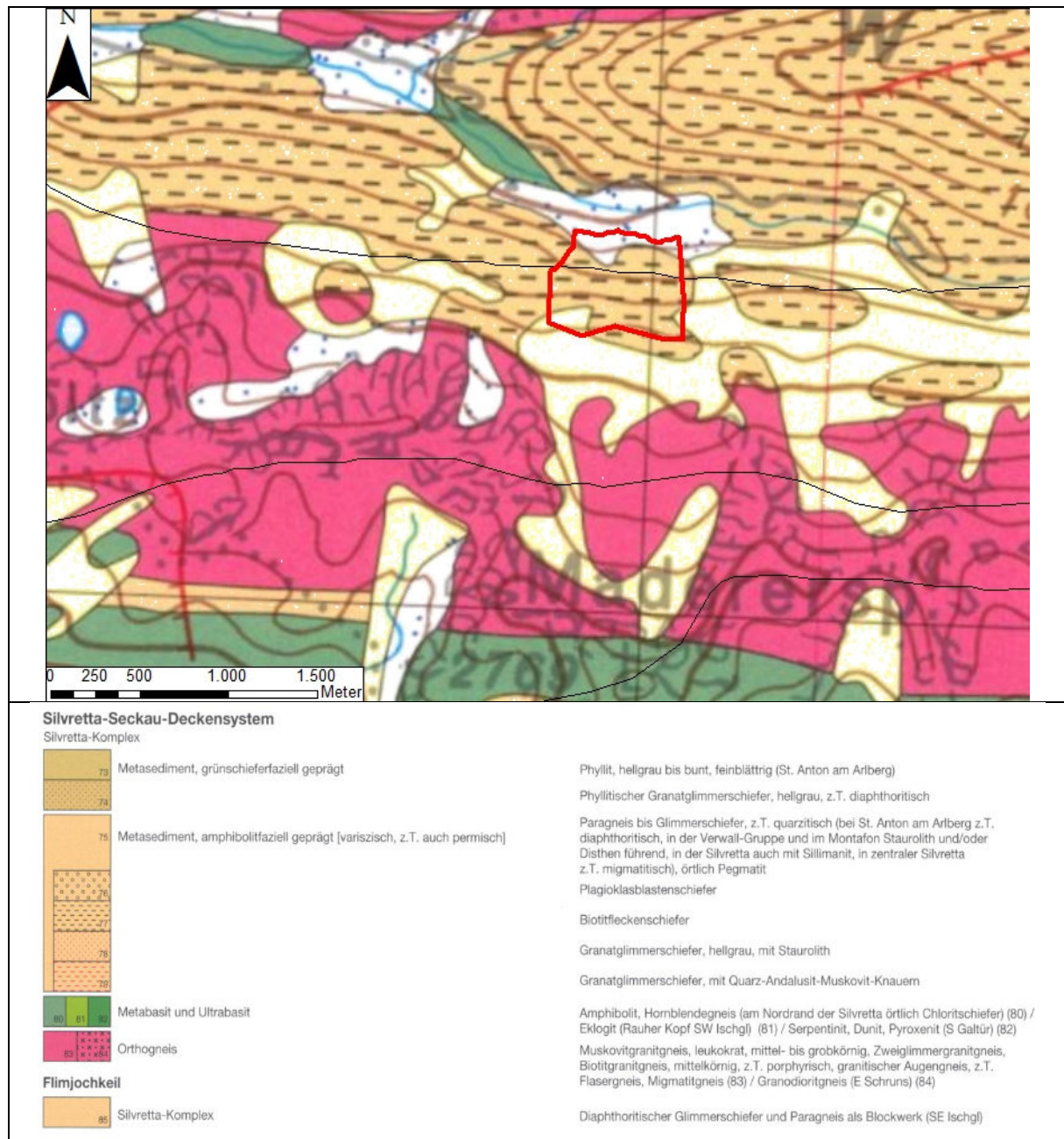


Abb. 5 Geologische Karte des Projektgebietes NWR Dürrwald (rot umrandet) (verändert nach GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT 2014)

Wie auch in Abb. 5 zu erkennen ist, ist das Gebiet des NWR durch Vernässungszonen gekennzeichnet. Im gesamten Projektgebiet sind Quellen, vernässte Zonen und ganzjährige oder teilweise wasserführende Gerinne vorhanden. Laut hydrogeologischer Karte wird das

Gebiet als Poren-, Kluft- und Karstgrundwasserleiter mit lokalen und begrenzten Grundwasservorkommnissen ausgewiesen (GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT 2014).

Böden

Über leicht verwitternden kristallinen Schiefern bilden sich auf den im Projektgebiet vorkommenden Standorten nährstoffreiche Braunerden und Podsole, teilweise Semipodsole, aber auch Pseudogleye mit mehr oder weniger ausgeprägter Moderauflage aus. Auf dem teilweise sehr blockigen und dadurch kühlen und feuchten Standorten sind des Weiteren Rohhumusdecken zu finden (AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG 2010).

2.4 Wuchsgebiet und Waldgesellschaften

Das Naturwaldreservat ist dem forstlichen Wuchsgebiet ‚2.1 – Nördliche Zwischenalpen, Westteil‘ zuzuordnen und liegt zwischen der hochmontanen bis hochsubalpinen Höhenstufe (KILIAN et al. 1994). Gleichzeitig zu den Erhebungen für die vorliegende Diplomarbeit wurde eine Vegetationskartierung durch das BFW im Sommer 2013 durchgeführt. Dabei wurden für das Naturwaldreservat Dürrwald, wie in Abb. 6 kenntlich gemacht, das Vorkommen von vier Waldgesellschaften bestätigt, bzw. neu ausgewiesen:

- 1) *Athyrio alpestris-Piceetum*
- 2) *Calamagrostio villosae-Piceetum*
- 3) *Vaccinio-Pinetum cembrae*
- 4) *Alnetum viridis*

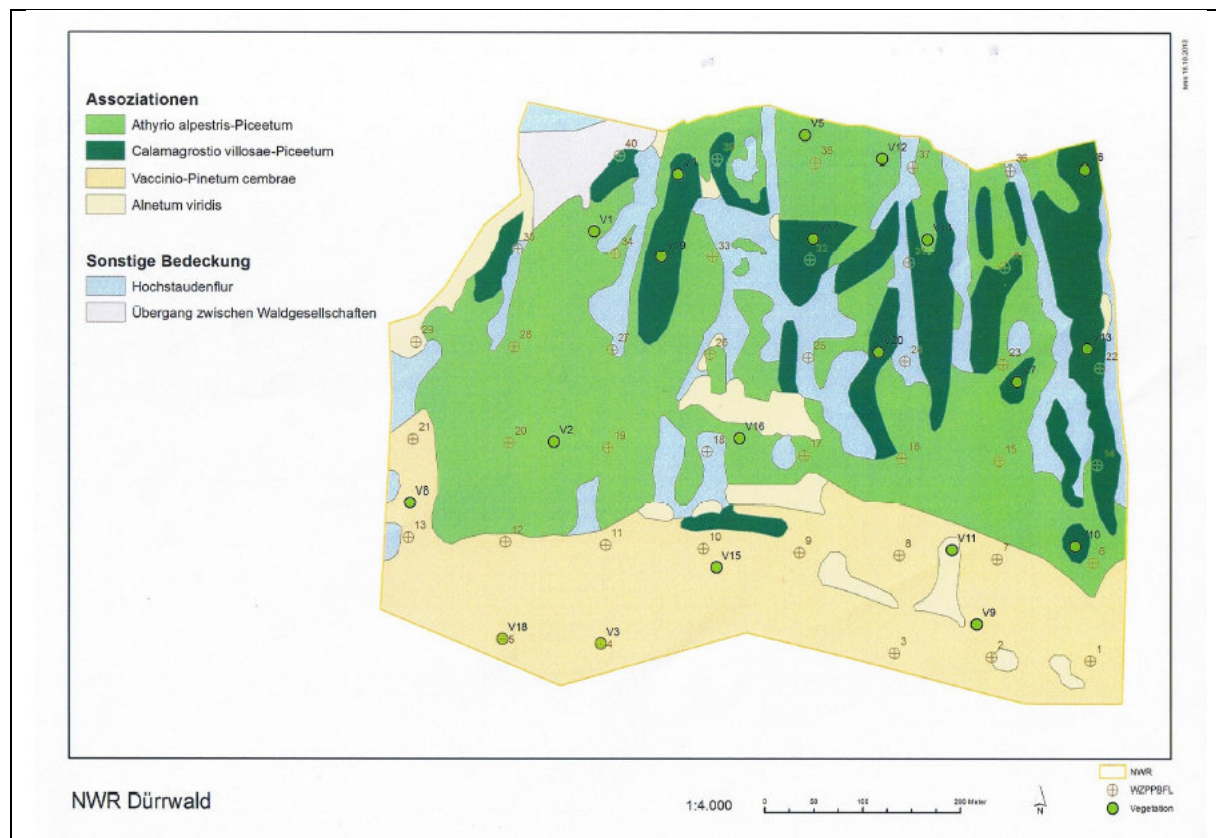


Abb. 6 Vegetationskarte des NWR Dürrwald (zur Verfügung gestellt von H. STEINER, BFW, 2013)

Nach WILLNER & GRABHERR (2007) weisen die ausgewiesenen Waldgesellschaften folgende Eigenschaften, Vegetationsschichten und Standortmerkmale auf:

1. Athyrio alpestris-Piceetum – Basenarmer Hochstauden-Fichtenwald:

Die Standorte dieser Waldgesellschaft sind gekennzeichnet durch mäßig wüchsige Fichtenwälder, selten sind Buche und Bergahorn zu finden. Der Boden ist mäßig basen- und nährstoffarm und sehr frisch.

Folgende Charakterarten sind anzutreffen:

Baumschicht:	<i>Picea abies</i>	Fichte
	<i>Sorbus aucuparia</i>	Vogelbeere
Krautschicht:	<i>Avellana flexuosa</i>	Drahtschmiele
	<i>Calamagrostis villosa</i>	Wolliges Reitgras
	<i>Dryopteris carthusiana</i>	Dornfarn
	<i>Homogyne alpina</i>	Alpen-Brandlattich
	<i>Luzula luzuloides</i>	Weißliche Hainsimse
	<i>Luzula sylvatica</i>	Wald-Hainsimse
	<i>Oxalis acetosella</i>	Sauerklee
	<i>Solidago virgaurea</i>	Goldrute
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	Heidelbeere
Moosschicht:	<i>Dicranum scoparium</i>	Sichelmoos
	<i>Polytrichum formosum</i>	Waldbürstenmoos

2. Calamagrostio villosae-Piceetum – Wollreitgras-Fichtenwald:

Gekennzeichnet wird die Waldgesellschaft durch gering bis mäßig wüchsige Fichtenwälder, auf mäßig frischen bis sehr frischen (feuchten), sehr basen- und nährstoffarmen Standorten.

Folgende Charakterarten sind anzutreffen:

Baumschicht:	<i>Picea abies</i>	Fichte
Krautschicht:	<i>Avenella flexuosa</i>	Drahtschmiele
	<i>Calamagrostis villosa</i>	Wolliges Reitgras
	<i>Dryopteris carthusiana</i>	Dornfarn
	<i>Oxalis acetosella</i>	Sauerklee
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	Heidelbeere
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Preiselbeere
Moosschicht:	<i>Dicranum scoparium</i>	Sichelmoos
	<i>Hylocomium splendens</i>	Etagenmoos
	<i>Pleurozium schreberi</i>	Rotstängelmoos
	<i>Polytrichum formosum</i>	Waldbürstenmoos

3. Vaccinio-Pinetum cembrae – Silikat-Lärchen-Zirbenwald:

Lichte Wälder aus Lärche und Zirbe kennzeichnen den Standort. Lärche kommt als Pionierbaumart vor allem in jüngeren Beständen vor, Zirbe überwiegt in reifen und dichten Beständen. Fichte ist in tieferen Lagen beigemischt. Der Unterwuchs besteht fast ausschließlich aus Säurezeigern. Die Standorte befinden sich auf ebenen Lagen, Hängen und Blockhalden.

Folgende Charakterarten sind anzutreffen:

Baumschicht:	<i>Larix decidua</i>	Lärche
	<i>Picea abies</i>	Fichte
	<i>Pinus cembra</i>	Zirbe
Krautschicht:	<i>Avenella flexuosa</i>	Drahtschmiele
	<i>Calamagrostis villosa</i>	Wolliges Reitgras
	<i>Homogyne alpina</i>	Alpen-Brandlattich
	<i>Oxalis acetosella</i>	Sauerklee
	<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Rostblättrige Alpenrose
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	Heidelbeere
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Preiselbeere

4. Alnetum viridis – Grünerlenbuschwald:

Die Standorte sind geprägt durch von Grün-Erle dominierte Gebüsche an feuchten Hängen; Bergahorn und Blau-Heckenkirsche sind regelmäßig beigemischt. Meist kennzeichnet die Standorte eine Nordexposition an gut wasserversorgten, bis ins Frühjahr hinein schneebedeckten Hängen.

Folgende Charakterarten sind anzutreffen:

Strauchschicht:	<i>Alnus alnobetula</i>	Grün-Erle
Krautschicht:	<i>Adenostyles alliariae</i>	Grauer Alpendost
	<i>Athyrium distentifolium</i>	Gebirgs-Frauenfarn
	<i>Peucedanum ostruthium</i>	Meisterwurz
	<i>Saxifraga rotundifolia</i>	Rundblättriger Steinbrech
	<i>Senecio ovatus</i>	Greiskraut
	<i>Solidago virgaurea</i>	Gewöhnliche Goldrute
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	Heidelbeere
	<i>Veratrum album</i>	Weißer Germer
	<i>Viola biflora</i>	Zweiblütiges Veilchen

2.5 Allgemeine Informationen zum Projektgebiet

2.5.1 Eigentümerverhältnisse und Projektgebiet

Stand Montafon - Forstfonds

Die Waldfläche des Naturwaldreservates Dürrwald ist im Eigentum des Stand Montafon Forstfonds. Der Stand Montafon Forstfonds ist ein Zusammenschluss von acht Gemeindewaldungen mit Sitz in Schruns, der seit dem Jahr 1832 die gemeinsam erworbenen Waldflächen betreut. Der Forstbetrieb bewirtschaftet 8.474 ha Grundfläche (davon 6.486 ha Waldfläche) und ist somit der größte Waldbesitzer Vorarlbergs. Im Gemeindegebiet Silbertal werden 2.182 ha durch den Forstfonds betreut, so viel wie in keiner anderen Gemeinde im Montafon (betrachtet ohne die Grundflächen des Politischen Stand Montafon, die ebenfalls durch den Forstfonds betreut werden) (MALIN et al. 2007). Die Waldungen liegen durchwegs über 1.200 m Seehöhe und sind zu 90 % Schutz- und Bannwald. Die mittlere Seehöhe der Waldflächen des Standeswaldes liegt bei 1.469 m und somit über 600 m über dem österreichischen Mittelwert von 850 m. 61 % der Waldflächen stocken auf Hängen mit einer Neigung zwischen 30-45 Grad (STAND MONTAFON 2014). Der Hiebssatz liegt bei circa 18.000 Efm im Jahr; 90 % des Einschlages findet im Seilgelände statt. Unter diesen Gegebenheiten ist die Erfüllung der Schutzfunktion die bedeutendste Aufgabe des Waldes im Montafon. Nach Erhebungen der Bezirksforstinspektion Bludenz erfüllen rund 20 % der Standeswaldungen Objektschutzfunktionen (laut Forstgesetz 1975, Novelle 2002), der restliche Teil der Schutzwälder fallen in die Kategorie der Standortsschutzwälder – ebenso das NWR Dürrwald, welcher zur Kategorie „Schutzwald außer Ertrag“ zugeordnet werden kann (MALIN et al. 2007).

Die Waldflächen, die das NWR im hinteren Silbertal umgeben, fallen zudem in das Natura 2000-Gebiet ‚Montafoner Verwall‘ und unterliegen daher gesonderten Bewirtschaftungsregeln (DÖNZ, 2013). Das Gebiet ist mit 12.057 ha das größte Natura 2000-Gebiet in Vorarlberg. Zehn Prozent der gesamten Fläche sind davon mit Wald bestockt (MALIN et al. 2007). Aufgrund der Ausweisung des Schutzgebietes und der Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG) ist in Absprache zwischen den Behörden und dem Waldbesitzers eine Bewirtschaftung der Waldflächen während der Brut- und Aufzuchtzeit zwischen dem 1. April und 10. Juli jedes Jahres untersagt (DÖNZ 2013). Des Weiteren muss sichergestellt werden, dass es zu keiner Verschlechterung der Flächen kommt und ein günstiger Erhaltungszustand des Gebietes

gewährleistet wird, um die biologische Vielfalt zu wahren (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2003).

In der Ausweisung von Naturwaldreservaten sieht der Stand Montafon Forstfonds einen Beitrag zur Erhaltung der natürlichen Entwicklung und biologischen Vielfalt und zur Forschung, Lehre und Bildung (STAND MONTAFON 2014). Insgesamt sollen rund 2,5 % der Standeswaldfläche als Naturwaldreservate ausgeschieden werden. Dafür wurden bisher auf der Gebietsfläche zwei Flächen ausgewiesen, die Naturwaldreservate „Bomatschis“ und „Dürrwald“. Zwei weitere sind aktuell in Planung (STAND MONTAFON 2014).

Das Naturwaldreservat Dürrwald

Die Fläche des Dürrwalds setzt sich aus den zwei Hauptwaldgesellschaften Lärchen-Zirbenwald und Subalpiner Fichtenwald zusammen. Da diese Waldgesellschaften im Naturwaldreservatenetz unterrepräsentiert waren, kam es 1997 zwischen dem Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald und dem Waldbesitzer Stand Montafon Forstfonds nach einer gemeinsamen Begehung des Gebietes zur Aufnahme in das Naturwaldreservateprogramm (NIESE & SPICAR 1997). Auf etwa zwei Drittel der Fläche, im mittleren und unteren Hangbereich, dominiert der Subalpine Fichtenwald, der sich aus alten und vorratsreichen Beständen zusammensetzt. Bei der ersten Erhebung im Jahr 1997 wurden neben hohen Durchmesseranteilen und einem hohen Totholzvorkommen auch eine reichlich vorkommende Fichtenverjüngung festgestellt, welche stark durch Wildverbiss beeinflusst ist (NIESE & SPICAR 1997).

Der Lärchen-Zirbenwald tritt vor allem im oberen Hangdrittel auf, welches ein stark gegliedertes Gelände aufweist. Neben Blockhalden, steilen Felsstufen und abwechselnd lichten bis geschlossenen Beständen, sind auch zahlreiche Quellen in diesem Bereich zu finden (MALIN et al. 2007). Das Gebiet des Dürrwalds umfasst den letzten geschlossenen Lärchen-Zirbenwald des Montafons, da dieser als einer der wenigen Lärchen-Zirbenbestände „die mittelalterlichen Rodungsperioden zur Schaffung von Weideflächen überdauert hat“ (MALIN et al. 2007). Zirben kommen jedoch insgesamt nur sehr selten vor (NIESE & SPICAR 1997). Durch die lange Beweidung des Gebietes sind die Bestände stark aufgelichtet. Seit der Unterschutzstellung im Jahr 1997 wird das Gebiet forstlich nicht mehr genutzt. Auch schon vor der Unterschutzstellung waren Eingriffe im Gebiet selten. Hauptsächlich wurden die Bäume einzelstammweise entnommen und das Holz für die Bevölkerung im Tal oder für den

Holzbedarf auf der Oberen Dürrwaldalpe genutzt. Eine großflächige Nutzung war nicht üblich (DÖNZ 2013).

2.5.2 Jagd- und Almwirtschaft

Im Projektgebiet kommt hauptsächlich Rot-, aber auch Reh- und Gamswild vor. Gamswild ist dabei vor allem im oberen Teil des Gebietes und auf der Almfläche der Oberen Dürrwaldalpe anzutreffen. Aufgrund des sehr hohen Wildbestandes und dessen Auswirkungen auf den Wald wurden Maßnahmen gesetzt, um den Wilddruck zu regulieren und auf ein angepasstes und vertretbares Ausmaß zu reduzieren. Dazu gehörte die Auflassung einer Rotwildfütterung im Projektgebiet im Jahr 2003 und taleinwärts gelegen die Anlegung einer Schussschneise. Damit soll gewährleistet werden, dass das Rotwild aus dem hinteren Teil des Silbertales dort verbleibt und nicht zu sehr in den vorderen Teil des Tales auswechselt. Das NWR Dürrwald ist Teil der Eigenjagd ‚St. Hubertus‘, welche über 1.100 ha umfasst. In den letzten Jahren wurde, vor allem im hinteren Silbertal, die Abschussvorgabe stetig erhöht (MALIN 2014). In unmittelbarer Nähe des NWR befinden sich aktuell noch eine Rehwild- und eine Rotwildfütterung. Das gesamte Gebiet gehört zu der Vorarlberger Wildregion 2.1, welche aufgrund ihrer unmittelbaren Nähe zum Tiroler Lechtal unter besonderer Berücksichtigung im Vorbeugemaßnahmenkatalog des Landes Vorarlberg gegen die Gefahr der Übertragung mit Tuberkulose steht (LAND VORARLBERG 2014).

Das Alpgelände Dürrwald, welches das Naturwaldreservat orographisch oberhalb und unterhalb umgibt und dem Naturwaldreservat seinen Namen gibt, ist Eigentum der Liechtensteinischen Gemeinde Schellenberg. 1872 wurde die Alpe zum Kauf angeboten und Schellenberger Bürger sicherten sich damals die Alprechte (MARXER & OEHRICH 2005). Die Bewirtschaftung der Alpe lässt sich jedoch sogar bis auf das Jahr 1609 zurückdatieren (MARXER & OEHRICH 2005). Zu damaligen Zeiten benötigten die Liechtensteiner Bauern mehrere Tage, um ihr Vieh bis auf die Untere Dürrwaldalpe zu bringen. Heute erfolgt der Transport bis zum vorderen Teil des Silbertales mit Anhängern. Der einzige Weg von der Unteren auf die Obere Dürrwaldalpe führt mitten durch das Naturwaldreservat. Aufgrund von Steinschlägen kommt es beim Auf- und Abtrieb immer wieder zu Unfällen beim Vieh. Verhandlungen über das Anlegen einer Straße zur Anbindung der Oberen Dürrwaldalpe wurden mit der Unterschutzstellung des NWR hinfällig (DÖNZ 2013).

2.5.3 Tourismus

Das Projektgebiet befindet sich in einem eher ruhigen Gebiet, ohne intensive touristische Infrastruktur. Das Silbertal wird, vor allem im Sommer, von zahlreichen Urlaubern als Wandergebiet genutzt. Tagesgäste und Familien bleiben zumeist jedoch im vorderen Teil des Silbertals. Die Forststraße, welche unterhalb des Naturwaldreservates entlang der Litz das Tal entlang führt, wird als Wanderstrecke zumeist von Mehrtagestourengeängern bewandert, welche über das Silbertaler Winterjöchle in das Schönverwalltal weiter nach Tirol oder von dort zurück nach Vorarlberg Richtung Kops-Stausee gelangen. Für interessierte Tagesgäste wird zwischen Juni und September ein Wanderbus bis zur unteren Gafluna Alpe angeboten, welche gut 2,5 km talauswärts von der Unteren Dürrwaldalpe entfernt liegt (MONTAFON TOURISMUS 2014). Die Forststraße ist auch als offizielle Mountainbike-Strecke ausgewiesen und wird von Mountainbikern, welche sich auf einer Alpenüberquerung befinden, befahren. Direkt durch das Naturwaldreservat führt jedoch kein offizieller Wanderweg, auch oberhalb des Gebietes im Bereich der Oberen Dürrwaldalpe und Richtung Valschavieler Maderer ist keine touristische Infrastruktur zu finden (VOGIS 2014). Im Winter wird die Forststraße entlang der Litz nur bis zum Bereich des Gasthauses Fellimännle im vorderen Bereich des Tales geräumt, Skilifte und Skipisten sind nicht vorhanden; touristisch ist das hintere Silbertal somit im Winter überhaupt nicht erschlossen. Zudem gefährden zahlreiche Lawinenabgänge im Winter den Bereich der Forststraße, sodass diese auch für Schneeschuhwanderer nicht zugänglich ist.

3. Methoden

Für die Untersuchung der Forschungsfragen wurden im Sommer 2013 zwischen Mitte Juli und Ende August Erhebungen im Naturwaldreservat Dürrwald durchgeführt. Die Stichprobenpunkte waren durch die Ersterhebung im Jahr 1997 bereits vorgegeben und sind im Gebiet, wie in Abb. 7 dargestellt, regelmäßig verteilt.

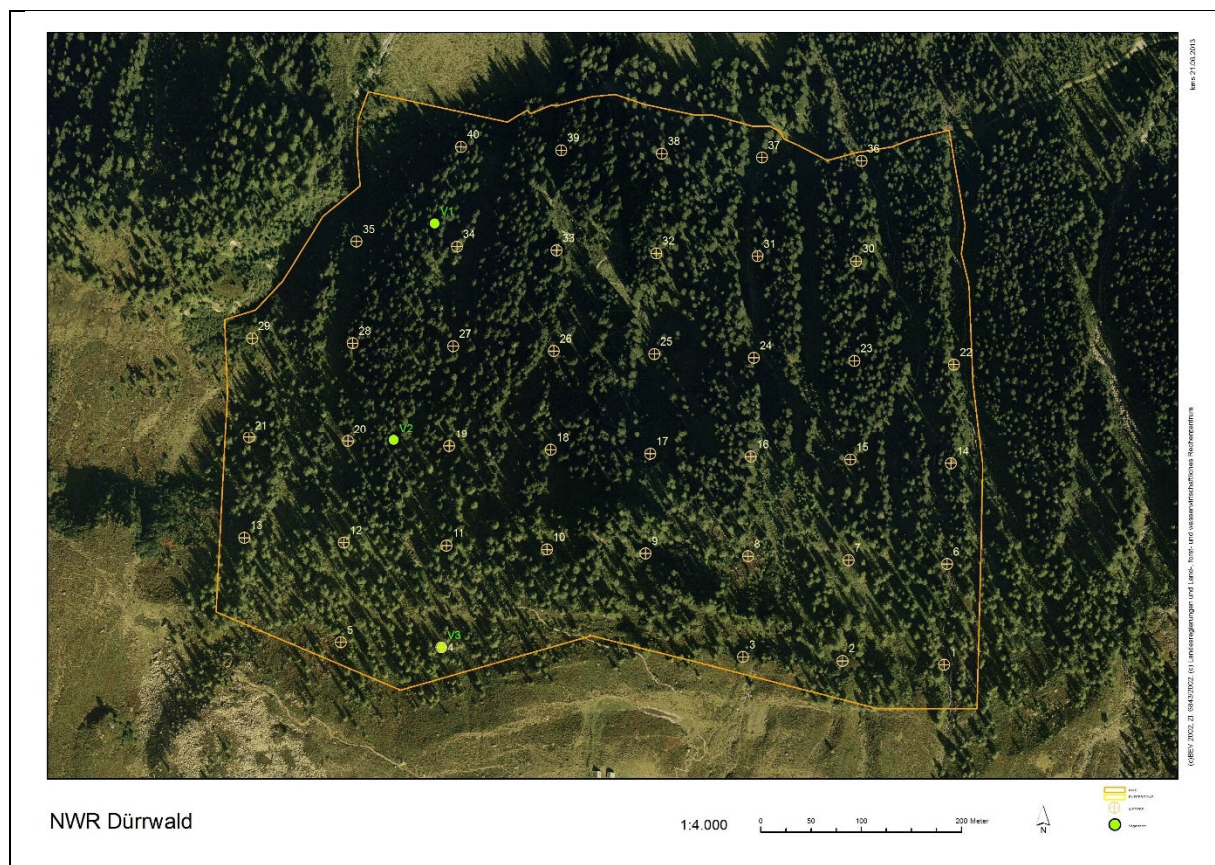


Abb. 7 Orthofoto des Naturwaldreservats Dürrwald mit verflochtenen Stichprobenpunkten und Vegetationskartierungspunkten (zur Verfügung gestellt von G. FRANK und K.M. Schweinzer, BFW, 2013)

Um die unterschiedlichen Wuchsbedingungen im NWR zu berücksichtigen, wurde bereits bei der Ersterhebung nach NIESE & SPICAR (1997) eine Unterteilung des Gebietes in zwei Hauptwaldgesellschaften vorgenommen. Die bei der Vegetationskartierung 2013 festgelegten zwei verschiedenen Fichtenwaldgesellschaften wurden in der vorliegenden Arbeit aus Gründen des besseren Verständnisses zusammengefasst und werden im Folgenden als ‚Subalpiner Fichtenwald‘ bezeichnet. Da der Grünerlen-Buschwald nur auf einem Stichprobenpunkt des NWR erfasst worden ist und somit wenig repräsentative Ergebnisse zulässt, wurde dieser in der vorliegenden Arbeit nicht näher untersucht. Somit verbleiben für die Untersuchung der

Ergebnisse zwei Hauptwaldgesellschaften für das Naturwaldreservat Dürrwald: *Vaccinio-Pinetum cembrae* und *Piceetum subalpinum*. Für die Auswertung der Ergebnisse und die Beantwortung der Forschungsfragen wurden die Entwicklungen zum einen für das gesamte Naturwaldreservat betrachtet, zum anderen getrennt nach den zwei Hauptwaldgesellschaften.

3.1 Datenerhebung

3.1.1 Winkelzählprobe

Bei der Einrichtung des NWR Dürrwald im Jahr 1997 wurde zur ersten Beschreibung des Bestandes und als Übersicht für die Kartierung der Waldgesellschaften eine WZP-Aufnahme durchgeführt. Hierbei wurden 40 Punkte mit einem Holzpflöck im Abstand 100 x 100 m verpflockt (siehe Abb. 7) und als permanente Stichprobe angelegt. Diese Verteilung wurde anhand des lokalen Koordinaten-Netzes am Polygonpunkt 16 (Höhe NN 1.532,12 m) eingehängt (NIESE & SPICAR 1997). Zur Kenntlichmachung der Stichprobenpunkte wurde, wenn möglich, ein Baum mit einer blau-gelben Markierung versehen. Diese wurde im Rahmen der Wiederholungsaufnahmen erneuert und, falls nicht vorhanden, ergänzt. Die Aufnahme der Winkelzählprobe erfolgte mit dem Relaskop. Die Kluppschwelle lag bei 5 cm. Im Rahmen der Erhebungen im Sommer 2013 wurde eine Wiederholungsaufnahme durchgeführt.

Die gemessenen Werte wurden in das Kalkulationsprogramm Excel 2013 der Microsoft Office Version 365 ProPlus übertragen und in entsprechenden Tabellen angeordnet. Dabei wurden die gemessenen Werte den jeweiligen Bäumen aus der WZP von 1997 zugeordnet und miteinander abgeglichen. Bei der WZP wurden lebende Bäume und stehendes Totholz erhoben. Ein direkter Vergleich über die Veränderungen und Zuwächse in den letzten 16 Jahren erfolgte mit jenen Bäumen, welche in beiden Erhebungsjahren lebend in die WZP gefallen sind.

Da die Winkelzählprobe ein Stichprobenverfahren ist, das aus ideellen konzentrischen Probekreisen besteht bei denen die Bäume in einem 360° Radius proportional zu ihrer Grundfläche erfasst werden, besteht zunächst kein fester Flächenbezug (PELZ 2007). Je nach Durchmesserstärke werden Bäume in näherer oder weiterer Entfernung von einem Mittelpunkt erfasst. Mit Hilfe eines Multiplikationsfaktors (Zählfaktor) wird der Flächenbezug hergestellt. Die Aufnahmen im Gelände erfolgten mit dem Zählfaktor 4.

3.1.2 Fixe Probekreise

Das Versuchsdesign der Aufnahmeflächen wurde anhand des „Aufnahmeschlüssels für die Erhebung in Naturwaldreservaten für das Projekt ELENA“ (RUPRECHT & VACIK 2009) durchgeführt. Dabei wurde an jedem bereits bestehenden verpflockten Mittelpunkt ein Probekreis mit einer Größe von 300 m² angelegt ($r = 9,77$ m), wie in Abb. 8 angeführt. Innerhalb

des Kreises erfolgten die Ansprache der Standortparameter, eine Vollaufnahme des lebenden Bestandes und eine Erhebung der Verjüngung und des Totholzes.

Zur Verjüngungsaufnahme wurden vier in alle vier Himmelsrichtungen weisende Transekte angelegt. Diese unterteilten den Stichprobenkreis in vier Verjüngungsflächen (S1, S2, S3, S4). Zur weiteren Klassifizierung der Verjüngungserhebung wurde nach Norden, Osten, Süden und Westen auf den Transektlinien fünf Meter vom Mittelpunkt entfernt eine weitere Verjüngungsfläche verpflockt. Diese unterteilt sich in die Verjüngungsteilflächen V I in vier 50 x 50 cm große Flächen zum Mittelpunkt hin (z.B. 11, 12, 13, 14..) und in die Verjüngungsteilflächen V II, welche drei 1 x 1 m große Flächen umfassen (z.B. 15, 16, 17..).

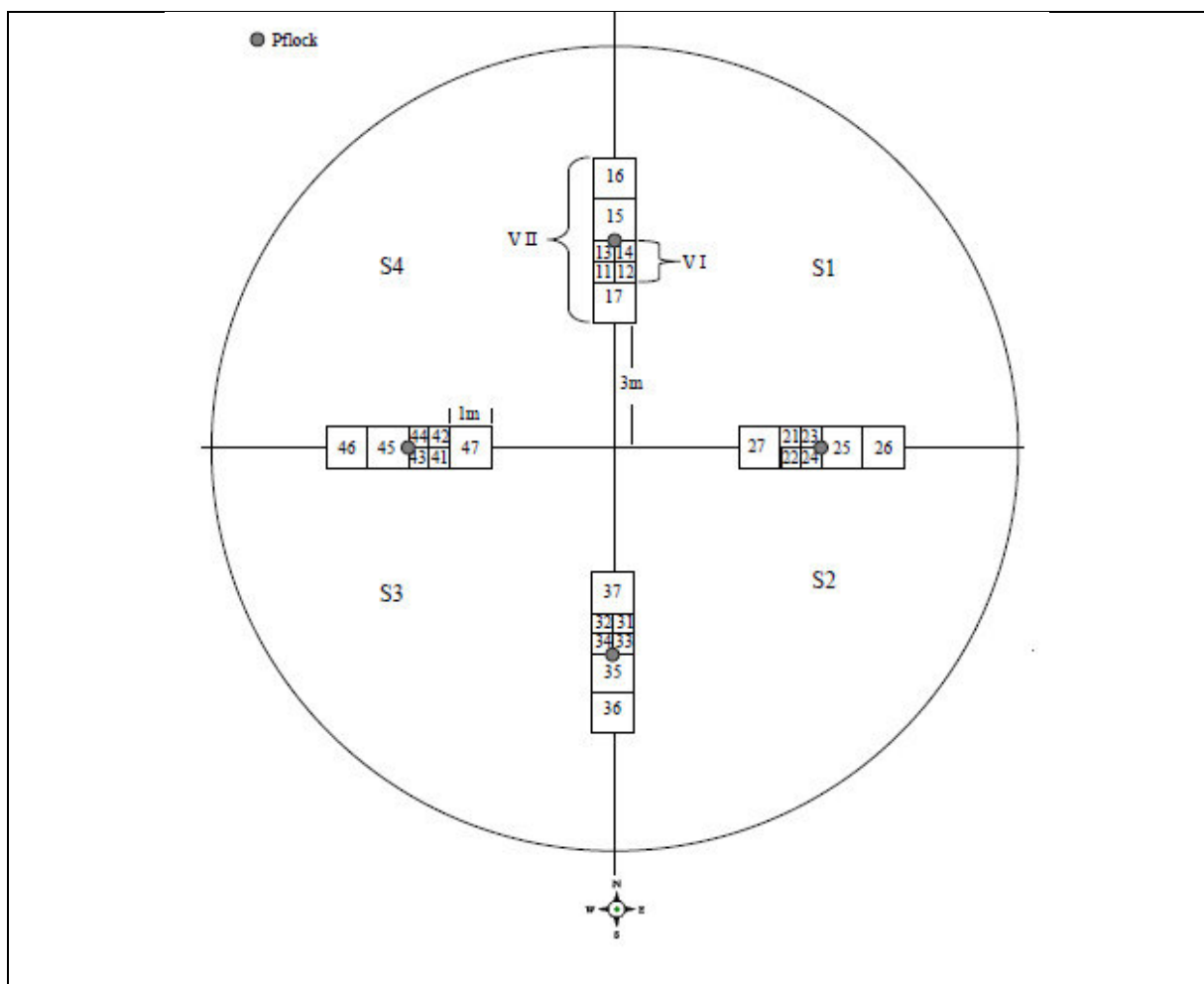


Abb. 8 Probeflächendesign (nach RUPRECHT & VACIK 2009)

Standort

Die Standortserhebung am fixen Probekreis umfasst eine schriftliche Lage- und Standortsbeschreibung. Des Weiteren wurden folgende Parameter erfasst:

- Exposition [gon]
- Hangneigung [%]
- Geländeform – unterteilt in Meso- und Mikrorelief

Die Längen- und Breitenerstreckung von Mesoreliefformen wurden zusammen mit dem Makrorelief im 10 bis 1.000 Meterbereich angesprochen, die Mikroreliefformen im Bereich unter 10 Meter. Die Seehöhe je Stichprobenpunkt wurde nachträglich per ArcGIS 10.2 festgelegt.

Lebender Bestand

Die Bestandeserhebung umfasst eine Vollaufnahme der lebend stehenden verholzten Bäume mit einer Höhe $\geq 1,30$ m im 300 m² Probekreis (Grünerlen wurden bei der Erhebung nicht berücksichtigt). Eine Kluppschwelle bei der Erhebung gab es nicht. Dabei wurden, beginnend bei 0 gon, jedem Baum eine Baumnummer zugewiesen und folgende Parameter erhoben:

- Baumart
- Azimut [gon]
- Distanz zum Mittelpunkt [cm]
- Brusthöhendurchmesser [mm]
- Höhe [dm]
- Kronenansatz [dm]
- Kronenablotung in alle vier Himmelsrichtungen [dm]
- Schäden und sonstige Anmerkungen
- Fruktifikationsfähigkeit
- Nullbaum

Jeder vermessene Baum wurde mit einem zum Mittelpunkt weisenden Nagel am Stammfuß markiert. Zusätzlich wurden jene Bäume vermessen, welche zwar außerhalb des Probekreises stehen, deren Krone jedoch in die Stichprobenfläche hereinragt. Auch hier wurde eine Kronenablotung in alle vier Himmelsrichtungen durchgeführt sowie Azimut, Distanz zum Mittelpunkt, Baumart, BHD und Höhe erhoben. Die Erhebung des Brusthöhendurchmessers erfolgte mit dem Umfangmaßband. Für die Bestimmung der Azimute wurde ein Wyssen-Kompass verwendet. Ein Baum wurde als Nullbaum fixiert, wenn die nächsten drei Baum-

Nachbarn ebenfalls in den fixen Probekreis fielen. Wurde auf einer Probefläche kein Baum als Nullbaum identifiziert, wurde von dem Baum, welcher am nächsten zum Probekreismittelpunkt steht, die Distanz zu seinen drei nächsten Nachbarn gemessen, zudem von den drei Nachbar-Bäumen die Baumart, der BHD und die Höhe vermerkt. Die Ansprache der Schäden erfolgte nach qualitativen Merkmalen.

Die im Gebiet häufig anzutreffenden Gruppen von Grünerlen wurden nicht als eigene Baumindividuen erhoben, sondern als Gebüsch zur restlichen Vegetation gezählt.

Verjüngung

Bei den Verjüngungsaufnahmen wurde zunächst eine Ansprache der Verjüngungsflächen (S1-S4) durchgeführt. Dabei wurde für jede Verjüngungsfläche die Exposition angesprochen, sowie an auffälligen Standorten die Bodenhydrologie und Bodenfeuchte. Für jede Verjüngungsteilfläche (11-17, 21-27, 31-37, 41-47) wurde die Bodenbedeckung in Prozent erhoben. Die Bodenbedeckung wurde unterschieden in Gefäßpflanzen <1,3 m Höhe, Moose, Flechten, Totholz, Astmaterial, Lebendholz, Streu, offener Boden, Schutt und Fels. Zudem wurde für jede einzelne der 28 Verjüngungsteilflächen die Neigung [%], das Lokalklima, Verjüngungshemmnisse und die mittlere Höhe der Bodenvegetation [cm] erhoben. Verjüngungshemmnisse wurden unterschieden in Lichthaushalt, Wasserhaushalt, Humusaufgabe/Rohboden, Bodenerosion/Steinschlag, Schneeschub/Schneedruck, Schneeanhäufung, Verkräutung/Vergrasung, Wurzelfilz, Schalenwildverbiss, Hasen-/Nagerverbiss, Weideeinfluss, Pilze/Insekten, anthropogene Einflüsse oder Frostschäden.

Die Aufnahme der Verjüngung erfolgte in Abhängigkeit der Größe der Verjüngungspflanzen auf den verschiedenen Verjüngungsflächen des Stichprobenpunktes. Die Messungen der Verjüngung wurden mittels Maßband und Schieblehre durchgeführt. Eine Probekreisskizze wurde angelegt.

- o Keimlinge wurden nur innerhalb der Verjüngungsteilflächen VI (11-14, 21-24, 31-34, 41-44) erhoben. Dabei wurde die Baumart angesprochen und die Häufigkeit der Keimlinge gezählt.
- o Mehrjährige Pflanzen ≤ 15 cm Höhe wurden in den Verjüngungsteilflächen VI und VII erhoben. Dabei wurden die Baumart und die Jahrgangsstufe angesprochen. Je Jahrgangsstufe wurde die Anzahl der Individuen notiert.
- o Verjüngungspflanzen >15-30 cm Höhe wurden ebenfalls in den Verjüngungsteilflächen VI und VII erhoben. Es erfolgte eine Ansprache der Baumart und der Vitalität der

Pflanze sowie Messungen des Wurzelhalsdurchmessers [mm], der Höhe [cm] und der Höhenzuwächse [mm] des Terminaltriebes der letzten vier Jahre. Die Vitalität wurde dabei unterteilt in sehr gut, mittel und schlecht. Vorkommender Verbiss an Terminal- und Seitentrieben wurde erhoben und der Prozentanteil der verbissenen Seitentriebe notiert. Zudem wurden eventuelle Schadmerkmale sowie der Grad der Schädigung (gering, mittel, schwer, letal) notiert. Als Schadmerkmale wurden unterschieden: Konkurrenz durch krautige Vegetation, Konkurrenz durch Sträucher, interspezifische Konkurrenz, intraspezifische Konkurrenz, Trockenheit, Frost, Hagel/Platzregen, Schnee, Erosion, Pilze, Insekten/Milben, Schnecken, Kleintiere, Mäuseverbiss, Hasenverbiss, Schalenwildverbiss, Fegeschaden, Schältschaden oder unbekannte Schäden. Abschließend wurde noch der Kleinstandort jeder Pflanze angesprochen: ehemaliges Totholz, erhöhter Standort, im Traufbereich, neben Totholz, neben anstehendem Fels, neben Wurzelteller, sonstige oder keine Besonderheiten.

- o Für Verjüngungspflanzen >30-130 cm erfolgten dieselben Ansprachen wie für Verjüngungspflanzen >15-30 cm, jedoch wurde die Verjüngung auf der gesamten Probekreisfläche auf 300 m² erhoben.
- o Die Verjüngung auf Totholz (mit einem Mittendurchmesser ≥ 10 cm) erfolgte nach denselben Kriterien wie die Erhebung der Verjüngung auf dem Waldboden der Probekreisfläche. Keimlinge bis Verjüngungspflanzen bis 130 cm wurden auf dem Totholz innerhalb des Probekreises vermessen, zusätzlich wurde hierbei noch die Nummer des Totholzes notiert.

Totholz

Das Totholz wurde bei den Aufnahmen unterschieden in liegendes und stehendes Totholz sowie Baumstümpfe (Baumstöcke). Die Aufnahme erfolgte im 300 m² Kreis als Vollaufnahme. Die Kluppschwelle für stehendes Totholz (inklusive Baumstümpfe) lag dabei bei ≥ 5 cm, bei liegendem Totholz erfolgte eine Aufnahme ab einem MDM ≥ 10 cm. Erhoben wurde die Baumart, Horizontaldistanz, BHD bzw. MDM bei liegendem Totholz, Höhe bzw. Länge und zusätzlich bei liegendem Totholz die Ausrichtung in gon. Anhand des Aufnahmeschlüssels wurde der Zustandstyp des Totholzes angesprochen. Dabei wurde das Totholz in acht Kategorien als Baum mit oder ohne Krone, als Wurzelteller, Stock oder als einzelnes Baumteil eingestuft. Der Zersetzungsgrad wurde mit Hilfe eines fünf-stufigen Schlüssels erfasst in: frisch tot, beginnende Zersetzung, fortgeschrittene Zersetzung, stark zersetzt/ vermodert und Humus ohne erkennbare Holzstruktur. Der Entrindungsgrad wurde in 25 %-Stufen angegeben. Als

Ursache für die Mortalität wurde die Ansprache differenziert in anthropogene Einflüsse, Windwurf, Schneebruch, Konkurrenz, altersbedingte Mortalität, Borkenkäfer oder sonstige Faktoren. Ursache und Zeitpunkt des Absterbens wurden nur bei klar ersichtlichen Merkmalen erhoben. Bei liegendem Totholz wurden zudem die auf dem Stamm bereits vorkommenden Pilzkonsolen gezählt sowie die Bedeckung von Moosen und Gefäßpflanzen in Prozent angegeben.

Die Bodenbedeckung des übrigen flächig liegenden Totholzes <10 cm wurde, ebenfalls in Prozent, eingestuft in die Kategorien: sehr wenig (<1 %), wenig (1-3 %), durchschnittlich stärkeres Vorkommen (4-10 %), starkes Vorkommen (11-50 %) und außerordentlich starkes Vorkommen (>50 %).

3.1.3 NaiS-Konzept

Das NaiS-Konzept basiert auf der Publikation von FREHNER et al. (2005): „Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald – Wegleitungen für Pflegemaßnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion“, welche vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) in Bern publiziert wurde. Das Ziel von NaiS ist die Sicherstellung eines nachhaltig wirksamen Schutzwaldes mit möglichst geringem Aufwand (FREHNER et al. 2005). Wie der Titel schon andeutet, wurde das NaiS-Konzept für Eingriffe und Pflegemaßnahmen in bewirtschafteten Waldbeständen entwickelt. Unter Berücksichtigung des Waldstandortes und der auftretenden Naturgefahren können Minimal- und Idealprofile des Waldes erstellt werden, welche einen minimalen bzw. idealen Schutz vor Naturgefahren bieten und aus denen, aufgrund des aktuellen Waldzustandes, Handlungsempfehlungen für die weitere Bewirtschaftung abgeleitet werden können. FREHNER et al. (2005) gehen davon aus, dass sich die stabilsten Zustände eines Waldes innerhalb des Bereichs der Waldentwicklung befinden, in dem sich ein Naturwald bewegt. Jedoch sind nicht alle Zustände, die in einem Naturwald anzutreffen sind, auch günstig für einen Schutzwald, da sich der Wald auch ohne Eingriffe laufend verändert (FREHNER et al. 2005). Aus diesem Grund wird im Rahmen des NaiS-Konzeptes die wahrscheinliche Entwicklung des Waldbestandes für die nächsten 10 und 50 Jahre miteinbezogen.

Zur Bestimmung der Schutzfunktion im Naturwaldreservat Dürrwald wurde das NaiS-Formular 2: „Herleitung Handlungsbedarf“ angewandt und entsprechend abgewandelt. Die 40 Stichprobenpunkte im NWR wurden durch eine qualitative Ansprache nach gutachterlicher

Vorgehensweise erfasst. Die Erfassung des Ist-Zustandes des Bestands und die aktuelle Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund des Standortstyps konnte als Resultat aus der qualitativ angesprochenen Situation im Gelände, Bestandes-, Totholz- und Verjüngungsskizzen sowie aus den berechneten Werten der Erhebungen ermittelt werden. Daraus wurde dann die wahrscheinliche Entwicklung des Naturwaldreservates für die nächsten 10 und 50 Jahre abgeleitet.

Die Anforderungen aufgrund der Naturgefahr wurden für die Naturgefahren Lawine und Steinschlag angesprochen. Dabei wurden die Minimal- und Idealanforderungen an den Wald hinsichtlich der beiden auftretenden Ereignisse aus der NaiS-Publikation herangezogen und mit den tatsächlich berechneten Werten sowie Bestandesskizzen und einer qualitativen Ansprache abgeglichen. Daraus ergab sich die Schutzfunktionserfüllung des Bestandes.

3.2 Datenanalyse und Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels Microsoft Excel 2013. Für die Erstellung der Grundrisse, Aufrisse und Seitenansichten der Stichprobenpunkte wurde das Programm TreeDraw verwendet. Zur grafischen Darstellung der Ergebnisse und der Grafiken aus dem TreeDraw Programm wurde das Programm Adobe Illustrator CS2 und zur Erstellung der Karten ArcGIS 10.2 von ESRI verwendet. Für die statistische Berechnung der Signifikanz wurde das Programm IBM SPSS Statistics 22 angewandt. Mit dessen Hilfe erfolgte die Überprüfung der Normalverteilung der Stichproben mit Histogrammen und einem Kolomogorov-Smirnov-Test. Bei Normalverteilung wurde die Berechnung der Signifikanz mittels eines t-Tests, ansonsten mittels eines parameterfreier Mann-Whitney-u-Test durchgeführt.

3.2.1 Auswertung der Winkelzählproben

Stammzahl

Bei der WZP ist die Stammzahl, die ein in die WZP eingefallener Baum repräsentiert, verkehrt proportional zu seiner Kreisfläche (STERBA 2009). Die Stammzahl, die ein in einer WZP gemessener Baum auf einem Hektar repräsentiert, wurde wie folgt mit Hilfe des BHD und des Zählfaktors ermittelt:

$$n_{rep} = \frac{k}{\left(\frac{BHD}{100}\right)^2 * \frac{\pi}{4}}$$

k = Zählfaktor

BHD = Brusthöhendurchmesser [cm]

Höhenkurve

Bei der Erhebung 1997 wurde pro Probekreis von jeder Hauptbaumbart die Oberhöhe nach Pollanschutz ermittelt und von den Nebenbaumarten ein etwa der Mittelhöhe entsprechender Stamm vermessen (NIESE & SPICAR 1997). Bei den Wiederholungsaufnahmen erfolgte bei jedem Baum innerhalb des Probeflächenkreises ($r = 9,77$ m) eine Höhenmessung. Um einheitliche Werte zu erhalten und eine Vergleichbarkeit möglich zu machen, wurde die Höhe jedes Baumes mit Hilfe einer Höhenkurve berechnet. Zur Berechnung der Höhenkurve wurde zunächst jeder Stamm auf seine Eignung hinsichtlich der Höhenkurvenberechnung untersucht. Stämme mit Wipfelbruch oder starkem Säbelwuchs wurden beispielsweise nicht verwendet.

Die einzigen zwei Laubbäume (Vogelbeere an Pkt.01 (WZP 2013) und Pkt.06 (WZP 1997)) wurden bei der Ermittlung einer eigenen Höhenkurve vernachlässigt.

Zur Ermittlung der Höhen wurde die Parabelfunktion angewandt, da diese mit den gemessenen Werte am besten übereinstimmt und die berechneten Höhen den realen Höhen am nächsten kommen.

$$\text{Parabel} \longrightarrow h = a_0 + a_1 * d + a_2 * d^2$$

Dies zeigt auch das errechnete Bestimmtheitsmaß der Parabelfunktion von 92,7 % bei Fichte und 93,7 % bei Lärche. Die verwendete Höhenkurve der WZP Auswertung ist in Abb. 9 dargestellt. Die Parameter a_0 , a_1 und a_2 wurden für die beiden Hauptbaumarten Fichte und Lärche ermittelt und sind in Tab. 1 angeführt.

Grundfläche

Die Grundfläche für einen Bestand, ausgedrückt in m^2/ha , ergibt sich bei der WZP über die Anzahl der gezählten Bäume multipliziert mit dem Zählfaktor.

$$G = n * k$$

G = Grundfläche [m^2/ha]

n = Stammzahl

k = Zählfaktor

Vorrat

Der Vorrat der stehenden Einzelbäume wurde folgendermaßen berechnet:

$$V = \left(\frac{BHD}{100} \right)^2 * \frac{\Pi}{4} * h * f$$

V = Vorrat [Vfm/ha]

BHD = Brusthöhendurchmesser [cm]

h = Höhe [m]

f = Formzahl

Für jeden Baum wurde mit Hilfe der Schätzfunktion zur Ermittlung von Schaftholzformzahlen nach POLLANSCHÜTZ (1974) eine entsprechende Formzahl ermittelt.

$$f_{SmR} = b_1 + b_2 * \ln^2 d + b_3 * \frac{1}{h} + b_4 * \frac{1}{d} + b_5 * \frac{1}{d^2} + b_6 * \frac{1}{d * h} + b_7 * \frac{1}{d^2 * h}$$

f_{SmR} = unechte Schaftholzformzahl (bezogen auf Vorratsfestmeter Schaftholz mit Rinde)

b_{1-7} = Regressionskoeffizienten

$\ln$ = natürlicher Logarithmus

d = Brusthöhendurchmesser [dm]

h = Höhe [dm]

Die Regressionskoeffizienten (b_1 - b_7) für Fichte und Lärche wurden nach POLLANSCHÜTZ (1974) übernommen (siehe Tab. 2).

3.2.2 Auswertung der fixen Probekreise - Bestandesanalyse

Stammzahl

Bei Erhebungen mit fixem Probekreisradius ist die Auswahlwahrscheinlichkeit eines Baumes aufgenommen zu werden „proportional zum Vorkommen in der Grundgesamtheit, unabhängig von der Größe oder sonstigen Beschaffenheit des Baumes“ (STERBA 2009). Aus diesem Grund wird in Abhängigkeit von Bestandesgröße und Größe des Aufnahmekreises der Blow-up-Faktor berechnet. Auf den Hektar bezogen ergibt sich dabei folgende Formel:

$$BF = \frac{10.000}{A}$$

BF = Blow-up-Faktor

A = Größe der Aufnahmefläche [m²]

Die Stammzahlberechnung erfolgte somit nach:

$$N/ha = \sum_{i=1}^n BF$$

N = Stammzahl

n = Anzahl der Stämme

BF = Blow-up-Faktor

Grundfläche

Die Kreisfläche je Stamm ergibt sich aus:

$$g = \left(\frac{BHD}{100} \right)^2 * \frac{\pi}{4}$$

g = Kreisfläche

BHD = Brusthöhendurchmesser [cm]

Für die Berechnung der Hektarwerte wird die Kreisfläche mit dem Blow-up-Faktor multipliziert.

Vorrat

Der Vorrat für jeden Stamm wurde nach der Vorratsformel (siehe Kap.3.2.1) berechnet. Die Berechnung der Hektarwerte erfolgte auch hier über den Blow-up-Faktor.

Für jeden Stamm wurde mit Hilfe der Formzahlfunktion nach POLLANSCHÜTZ (1974) eine Formzahl berechnet. Für Bäume mit Durchmesser ≤ 5 cm wurden Formzahlkoeffizienten nach JOHANN (1986) verwendet (siehe Tab. 2).

3.2.3 Auswertung der fixen Probekreise – Verjüngungsanalyse

Für alle vier Verjüngungsklassen (Keimlinge, Mehrjährige bis 15 cm, Verjüngungspflanzen >15-30 cm und Verjüngungspflanzen >30-130 cm) wurde die Stammzahl je Hektar berechnet. Dies geschah mit Hilfe des Blow-up-Faktors. Da sich der BF auf die Fläche bezieht, war bei der Berechnung entscheidend, bei welcher Verjüngungsgruppe und in welcher Verjüngungsfläche die Erhebung stattfand.

Für Keimlinge und mehrjährige Pflanzen bis 15 cm in den Verjüngungsteilflächen VI wurde gemäß der Formel (siehe Kap. 3.2.2) ein Blow-up-Faktor von 40.000 verwendet. Auf den 1 m² großen Verjüngungsflächen betrug der Blow-up-Faktor 10.000 und für Verjüngung im 300 m² Kreis wurde ein Blow-up-Faktor von 33,33 verwendet. Für Verjüngung auf Totholz wurde unabhängig der Verjüngungsklasse ein BF von 33,33 verwendet.

Verjüngungspflanzen, bei denen Höhe, Höhenzuwachs oder Wurzelhalsdurchmesser aufgrund der Geländegegebenheiten nicht angesprochen werden konnten, wurden nicht in die

Berechnungen miteinbezogen. Wenn nicht anders dargelegt, erfolgte eine gemeinsame Auswertung der Wuchsmerkmale der Verjüngungspflanzen auf Waldboden und Totholz.

3.2.4 Auswertung der fixen Probekreise – Totholzanalyse

Die Differenzierung in liegendes und stehendes Totholz sowie Totholz-Stöcke wurde für die Berechnung und Auswertung beibehalten. Totholz, bei dem BHD oder MDM nicht vermessen werden konnte, wurde aus den Berechnungen herausgelassen.

Liegendes Totholz

Da das liegende Totholz im Gelände in voller Länge gemessen wurde, erfolgte zunächst mit Hilfe von Adobe Illustrator eine grafische Darstellung der Stichprobenpunkte und in Folge dessen eine eventuell notwendige Reduzierung der Stammlängen bis an die Grenzen des 300 m²-Kreises, um eine flächenbezogene Vergleichbarkeit zu schaffen. Somit konnte eine Aussage über die für die Berechnung relevante Länge des vorkommenden liegenden Totholzes getroffen werden, um eine flächenbezogene Auswertung des vorkommenden Totholzvorrates zu ermöglichen.

Das Volumen wurde über MDM und Länge ermittelt:

$$V = \left(\frac{MDM}{100} \right)^2 * \frac{\pi}{4} * \frac{L}{100}$$

V = Volumen

MDM = Mittendurchmesser [cm]

L = Länge [cm]

Vorrat, Fläche und Stammzahl je Hektar wurden mit Hilfe des Blow-up-Faktors ermittelt.

Stehendes Totholz

Bei der Berechnung des stehenden Totholzes wurden zunächst mit Hilfe der Höhenkurve nach Prodan sämtliche Höhen des aufgenommenen Bestandes ermittelt. Die Höhenkurve ist in Abb. 9 dargestellt.

$$Prodan \longrightarrow h = d^2 / (a_0 + a_1 * d + a_2 * d^2) + 1,3$$

Die Koeffizienten der Höhenkurve nach Prodan für die Hauptbaumarten Fichte und Lärche sind in Tab. 1 angeführt.

			Koeffizienten			Bestimmtheitsmaß
Auswerteverfahren	BA	Höhenkurve	a0	a1	a2	
WZP	Fi	Parabel	-0,53782584	0,72171276	-0,00320863	92,7 %
	Lä	Parabel	0,80460771	0,62642722	-0,0033753	93,7 %
Fixer Probekreis	Fi	Prodan	16,142	0,651	0,017	93,9 %
	Lä	Prodan	2,493	1,314	0,016	91,9 %

Tab. 1 Koeffizienten für die Höhenkurvenfunktionen unterteilt nach den Auswerteverfahren WZP und Fixer Probekreis

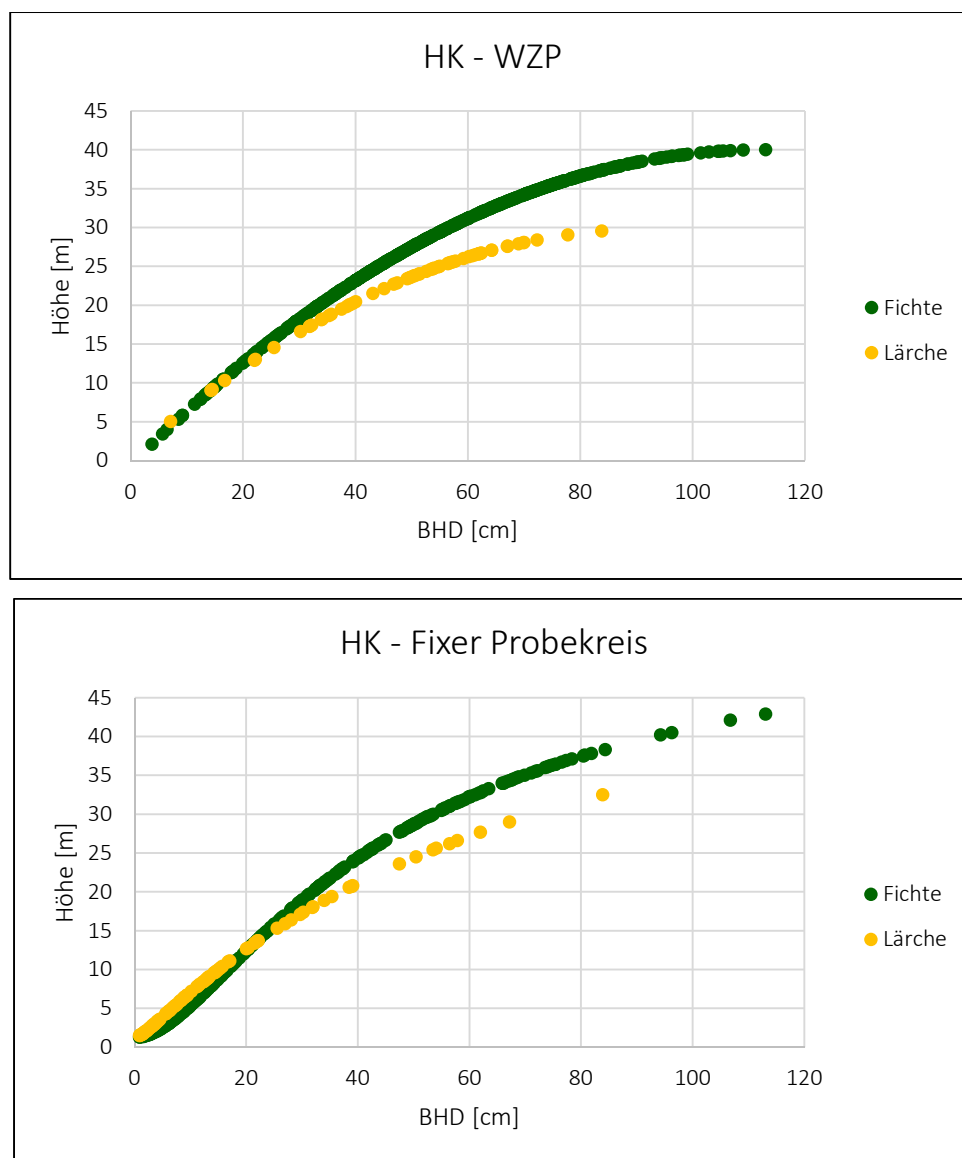


Abb. 9 Höhenkurven für die Hauptbaumarten Fichte und Lärche unterteilt nach den Auswertungsverfahren WZP und Fixer Probekreis

Mit Hilfe der Werte aus der Höhenkurve konnte die Differenz der tatsächlich gemessenen und der berechneten Höhen ermittelt werden. Für jeden Stamm wurden in Abhängigkeit von Baumart und BHD (kleiner/größer 10,5 cm) zwei Formzahlen mit den Parabeln von SCHIELER (1988) ermittelt (siehe Tab. 2).

BA	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	BHD [cm]
Fi	0,46818	0,013919	-28,213	0,37474	-0,28875	28,279	0,0	≥10.5
Fi	0,563443	-0,12731	-8,55022	0,0	0,0	7,6331	0,0	5-10.5
Fi	1,166	-3,294	-0,6828	1,488	8,845	0,0	-0,05825	<5
Lä	0,609443	-0,0455748	-18,6631	-0,248736	0,126594	36,9783	-14,204	≥10.5
Lä	0,48727	0,0	-2,04291	0,0	0,0	5,9995	0,0	5-10.5
Lä	1,166	-3,294	-0,6828	1,488	8,845	0,0	-0,05825	<5

Tab. 2 Regressionskoeffizienten zur Berechnung der Formzahlen nach POLLANSCHÜTZ (1974) (für Bäume mit einem BHD ≥ 10,5 cm), SCHIELER (1988) (für Bäume mit einem BHD 5-10,5 cm) und JOHANN (1986) (für Bäume mit einem BHD <5 cm)

Zunächst erfolgte eine Berechnung der Formzahl mit den tatsächlich gemessenen Höhen im Bestand. Danach wurde die Formzahl mit den Höhenwerten aus der berechneten Höhenkurve ermittelt. Mit diesen Werten konnten zwei Volumenswerte je Stamm berechnet werden. Die Volumen aus den berechneten Werten der Höhenkurve wurden anschließend mit der Volumensermittlung nach BACHMANN (1970) interpoliert und reduziert, um besser an die Realität angepasste Werte zu erhalten. Für das tatsächliche Volumen wurden bei einer Differenz <80 % der Höhenwerte die Ergebnisse des reduzierten Volumens der Höhenkurve genommen, bei >100 % Differenz wurde das aus der tatsächlich gemessener Höhe ermittelte Volumen verwendet. Mit Hilfe des BF wurden Grundfläche, Volumen und Stammzahl je Hektar ermittelt.

Stöcke

Bei den Stöcken wurde der obere Enddurchmesser gemessen und mit diesem die Grundfläche nach der Grundflächenformel berechnet. Zur Berechnung des Volumens wurden zusätzlich der Durchmesser der Mitte des Stockes und der untere Durchmesser des Stockes berechnet.

$$dm = \left(d + \left(\frac{d}{100} * 12 \right) * h \right)$$

dm = Durchmesser der Mitte

d = oberer Durchmesser [mm]

h = Höhe [m]

$$du = \left(d + \left(\frac{d}{100} * 24 \right) * h \right)$$

du = unterer Durchmesser

d = oberer Durchmesser [mm]

h = Höhe [m]

$$V = \pi * \left(\frac{h}{6} \right) * \left(\left(\frac{d}{2000} \right)^2 + 4 * \left(\frac{dm}{2000} \right)^2 + \left(\frac{du}{2000} \right)^2 \right)$$

V = Volumen

h = Höhe [m]

d = oberer Durchmesser [mm]

dm = Durchmesser der Mitte [mm]

du = unterer Durchmesser [mm]

Mit Hilfe des BF wurden Grundfläche, Volumen und Stammzahl je Hektar ermittelt.

3.2.5 Analyse der Schutzfunktionserfüllung

Schutzerfüllung aufgrund des Standortstyps

Die Bewertung der Erhebungen und die Form der Vergleichbarkeit der einzelnen Stichprobenpunkte erfolgte in Anlehnung an das Bewertungsverfahren von WINTER (2009). Die Einteilung der Bewertungsparameter nach ihrer Schutzerfüllung erfolgte aufgrund eines Punktesystems. Jedes Parametermerkmal (z.B. Gefüge – BHD-Streuung) erhielt dabei eine Punktzahl zwischen -3 bis +3. Da die Erfüllung der Anforderungsprofile eine hohe Schutzwirkung gegenüber Naturgefahren zu erwarten lässt (FREHNER et al. 2005), wurden umso mehr Punkte vergeben, desto eher die im NWR Dürrwald vorgefundenen Strukturen den beschriebenen Waldzuständen aus dem NaiS-Konzept glichen. Mit Hilfe einer Gewichtung wurden den Parametern unterschiedliche Bedeutungen zugesprochen.

Bei der Auswertung der Anforderungserfüllungen aufgrund des Standortstyps wurden folgende Parameter bewertet:

Parameter	Merkmale	Gewichtung [%]	Berücksichtigung während des Auswerteverfahrens	Quantitative Merkmale
Mischung	Art und Grad	30	Baumart und prozentuale Anzahl der vorkommenden Baumart	%-Anteil der Baumarten
Gefüge	BHD Streuung	10	Bildung von BHD-Klassen zu jeweils 4 cm; vorhandene Stämme (BHD >12 cm) wurden zu den Klassen zugeteilt	Anzahl BHD-Klassen
	Horizontal	10	Identifizierung von Rotten, Trupps und Einzelbäumen mit Hilfe der TreeDraw-Bilder	-
Stabilitäts-träger	Kronen	10	Ermittlung der prozentualen Kronenlänge und des H/D-Wertes	Kronen-prozent, H/D-Wert
	Stand/Verankerung	10	Berücksichtigung qualitativ angesprochener Einzelbaummerkmale wie Säbelwuchs, Schieflage, Kandelaber-Form etc.	Anzahl Bäume mit Schadmerkmalen
Verjüngung	Keimbett	10	Bewertung der Keimlingszahlen/ha in den Waldgesellschaften und das Vorhandensein von Totholzstämmen oder Vegetationskonkurrenz	Anzahl Keimlinge, Anzahl Totholz
	Anwuchs	10	Auswertung der Stammzahl und der Baumart der Verjüngung	Anzahl, Baumart
	Aufwuchs	10	Beurteilung der Stammzahlen/ha sowie die Verteilungsmuster der Verjüngung am Standort mit Hilfe der angefertigten Verjüngungsskizzen	Anzahl Aufwuchs, Verteilungsmuster

Tab. 3 Gewichtungsverteilung der Parameter zur Erfüllung des Minimal- und Idealprofils nach FREHNER et al. (2005) und Anmerkungen, wie die Parameter im Auswerteverfahren berücksichtigt wurden

Nicht alle Parameter konnten mit quantitativen Angaben bewertet werden und so erfolgte die einzelne Auswertung auch nach qualitativen, gutachterlichen Verfahren. Mit Hilfe der gewichteten Mittelwerte der vergebenen Punkte (-3 bis +3) kann über das Punktesystem ein vergleichbares Bild der einzelnen Stichprobenpunkte, aber auch des gesamten Waldgebietes gezeigt werden. Die Erfüllung der Schutzfunktion wurde dabei wie folgt ersichtlich:

- -3,0 bis -0,1 – Schutzfunktion wird nicht erfüllt
- 0 bis 0,9 – Schutzfunktion wird minimal erfüllt
- 1,0 bis 3,0 – Schutzfunktion wird ideal erfüllt

Schutzerfüllung aufgrund der Naturgefahr

Die für das NWR ausgewiesenen Naturgefahren Lawine und Steinschlag wurden ebenfalls mit Hilfe eines Punktesystems bewertet. Die jeweiligen Anforderungskriterien wurden aus der Publikation nach FREHNER et al. (2005) entnommen.

Die lawinengefährdeten Flächen des NWR Dürrwald wurden zunächst über Waldgesellschaft und Hangneigung identifiziert. Die weitere Auswertung zur Erfüllung der Schutzfunktion erfolgte mit Hilfe eines Punkteschemas nach dem „Ja-Nein-Prinzip“. Eine 1 wurde bei der Erfüllung des geforderten Kriteriums vergeben; wurde das Kriterium nicht erfüllt eine 0 (siehe Tab. 4).

Anforderungen aufgrund der Naturgefahr Lawine		Punkte
Lückengröße wird nicht überschritten	ja	1
	nein	0
Deckungsgrad > 50%	ja	1
	nein	0
Minimalanforderungen aufgrund des Standortstyps erfüllt	ja	1
	nein	0

Tab. 4 Punkteschema der Auswertung der Schutzfunktionserfüllung der Stichprobenpunkte hinsichtlich der Naturgefahr Lawine

Der gebildete Mittelwert (zwischen 0-1) macht die Erfüllung der Schutzfunktion ersichtlich. Alle drei Anforderungen wurden dabei mit gleicher Gewichtung behandelt:

- 0,0 – Schutzfunktion wird nicht erfüllt
- 0,1-0,9 – Schutzfunktion wird teilweise gewährleistet
- 1,0 – Schutzfunktion wird erfüllt

Die Ansprache der Schutzfunktionserfüllung hinsichtlich Steinschlaggefahr erfolgte nach demselben Prinzip. Hinzu kam jedoch eine Differenzierung bei der Ansprache für die unterschiedlich vorgegebenen Gesteinsgrößen sowie eine Gewichtung zugunsten der Erfüllung des Kriteriums der Stammzahl im Verhältnis 2 – 1 – 1 (Stammzahl – vorhandenes Totholz – Erfüllung der Minimalanforderung aufgrund des Standortstyps) (siehe Tab. 5).

Anforderungen aufgrund der Naturgefahr Steinschlag		Punkte
Mindeststammzahl je Hektar mit gefordertem BHD	ja	2
	nein	0
Liegendes Totholz und hohe Stöcke am Stichprobenpunkt vorhanden	ja	1
	nein	0
Minimalanforderungen aufgrund des Standortstyps erfüllt	ja	1
	nein	0

Tab. 5 Punkteschema der Auswertung der Schutzfunktionserfüllung der Stichprobenpunkte hinsichtlich der Naturgefahr Steinschlag

Zur Bewertung der Schutzfunktionserfüllung hinsichtlich der nächsten 10 und 50 Jahre wurden zur Beurteilung des Lawinenschutzes für den Bestand ein stetig höherer Überschirmungswert und eine stetig kleinere Lückengröße angenommen. Zur Bewertung der Steinschlagschutzerfüllung wurden die 2013 aktuell vorhandenen Stammzahlen in die jeweils nächsthöhere Stammzahlklasse transferiert. Eine mögliche Reduktion über Ausfälle und Mortalitätsraten wurde dabei nicht berücksichtigt.

4. Ergebnisse

4.1 Charakterisierung des Standorts

Der Standort des Naturwaldreservates weist hauptsächlich nördlich exponierte Flächen auf (siehe Abb. 57). Die gemessenen Werte schwanken im Bereich zwischen 295-43 gon und haben damit eine westliche, nord-nordwestliche, nördliche, nord-nordöstliche oder nordöstliche Exposition. Im Lärchen-Zirbenwald sind deutlich mehr nördlich exponierte Standorte zu finden. Im Subalpinen Fichtenwald weisen einzelne Stichprobenpunkte auch nord-östliche und westliche Expositionen auf (siehe Abb. 10).

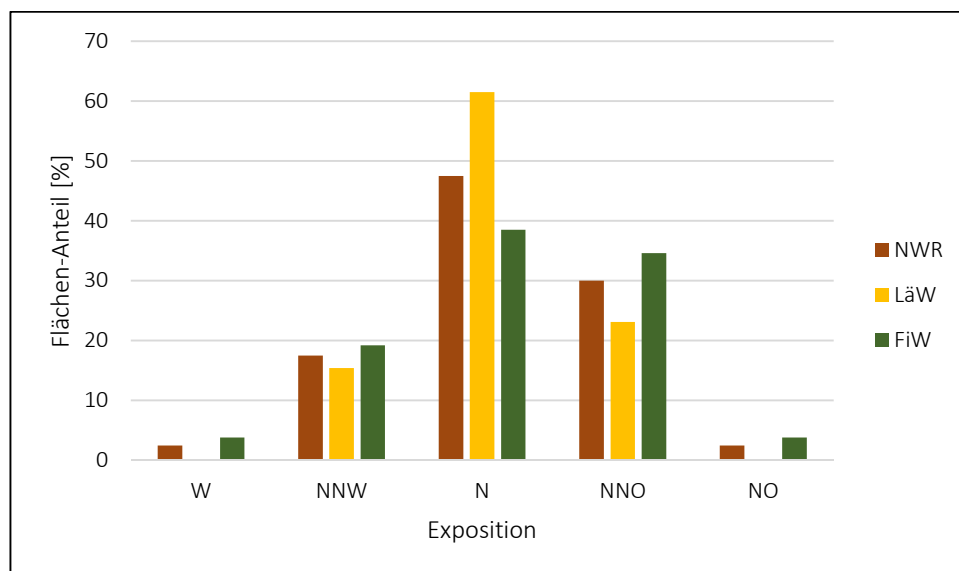


Abb. 10 Ausrichtung der Stichprobenpunkte in den Waldgesellschaften und im gesamten NWR nach Expositionen ausgedrückt in Flächen-Anteil [%]

Insgesamt wurden im Aufnahmegebiet Hangneigungen zwischen 30-120 % gemessen (siehe Abb.56). Die mittlere Hangneigung im Aufnahmegebiet liegt im NWR bei 70,5 %. Im Lärchen-Zirbenwald wurden Werte zwischen 30-110 % gemessen, die mittlere Hangneigung liegt hier bei $60,2 \pm 22,0$ %. Das Gelände des Subalpinen Fichtenwaldes ist durch zahlreiche Steillagen gekennzeichnet. Die Hälfte aller Stichprobenpunkte neigt sich mit 76-100 %. Die mittlere Hangneigung liegt im Subalpinen Fichtenwald bei $75,0 \pm 19,9$ %. Abb. 11 zeigt die Flächenanteile der Hangneigungen für das gesamte NWR und für die zwei Hauptwaldgesellschaften getrennt.

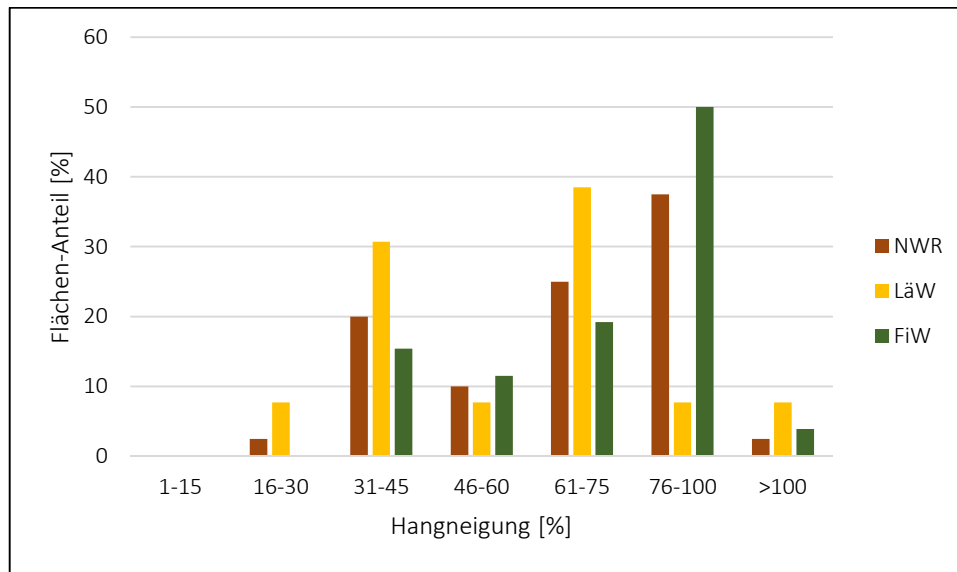


Abb. 11 Hangneigung in den Waldgesellschaften und im gesamten NWR, angegeben in % nach Häufigkeit der Stichprobenpunkte mit gleicher Hangneigung

Abb. 12 zeigt, dass das Mesorelief vor allem durch den Oberhang, den Mittelhang und stellenweise Hangverflachungen geprägt ist. Insgesamt wurde dazu noch auf vereinzelt Punkten das Relief von Unterhang, Hangversteilung, Rücken, Gräben, Wannen oder Verebnungen angesprochen. Während Mesoreliefenformen des Oberhangs sowie Verebnungen ausschließlich im Lärchen-Zirbenwald zu finden sind, kommen Gräben, Unterhang, Hangversteilungen und Rücken einzig in den tieferen Lagen des Subalpinen Fichtenwaldes vor.

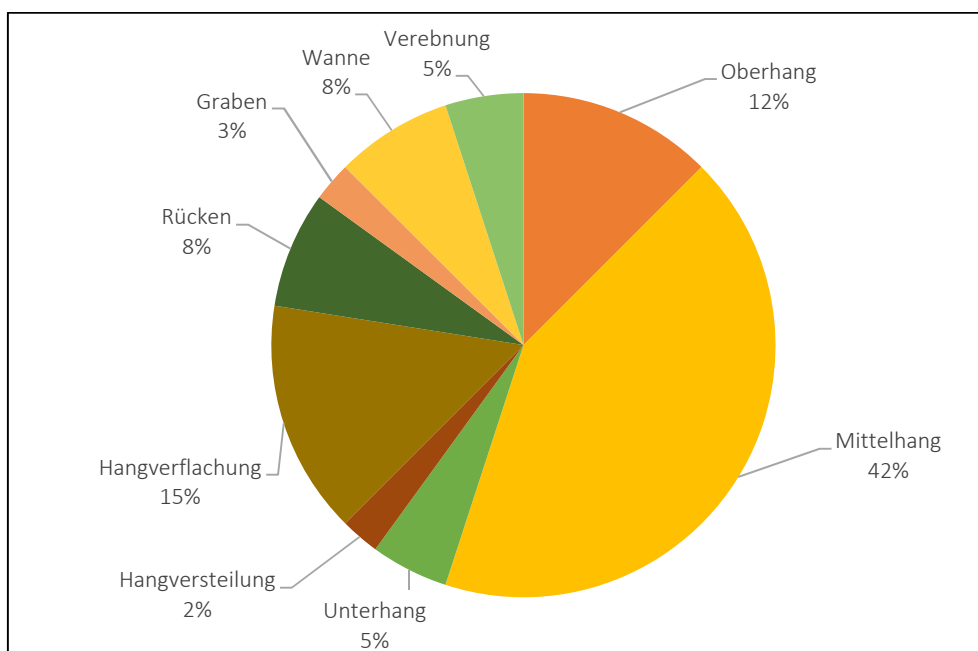


Abb. 12 Mesoreliefenformen nach Anteilen in Prozent; aufgenommen im NWR Dürrwald

Alle fünf nach dem ELENA Formular ausgewiesenen Mikrorelieftypen, welche zur Ergänzung des Mesoreliefs in einem Bereich kleiner 10 m angesprochen wurden, wurden im NWR ausgewiesen. Während ausgeglichene Geländeformen eher im Lärchen-Zirbenwald zu finden sind, ist der Subalpine Fichtenwald eher durch unruhige Formen und Buckel gekennzeichnet (siehe Abb. 13).

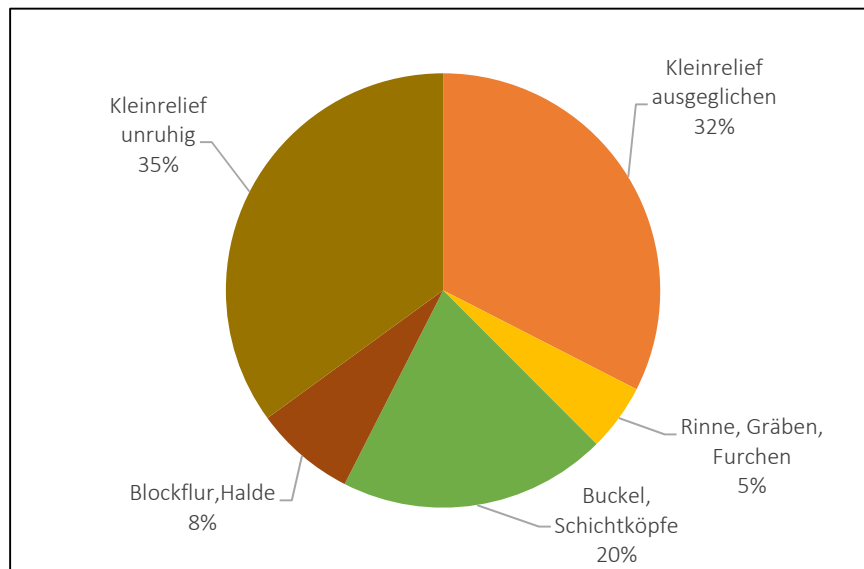


Abb. 13 Mikroreliefformen nach Anteilen in Prozent; aufgenommen im NWR Dürwald

4.2 Ergebnisse der Auswertung der Winkelzählprobe

Bei den Wiederholungsaufnahmen für die Winkelzählprobe mussten einige Besonderheiten beachtet werden. Auf den insgesamt 40 verpflochten Punkten fiel im Jahr 1997 auf fünf Flächen kein Baum in die WZP (Stpk. 02, 03, 08, 22, 35). Da die Holzpflöcke nach 16 Jahren oft nicht mehr aufzufinden waren, mussten die Punkte teilweise neu eingemessen werden. Bei der Wiederholungsaufnahme 2013 gab es insgesamt noch vier Flächen, auf denen kein Baum in die WZP fiel (Stpk. 02, 08, 22, 35).

Bei der WZP-Aufnahme berücksichtigt wurden stehend lebende und stehend tote Stämme. Durch die erweiterte Aufnahme über das ELENA Formular konnten darüber hinaus im Jahr 2013 auch Rückschlüsse über die Veränderungen einzelner Stämme hin zu liegendem Totholz gezogen werden. Insgesamt wurden im Jahr 1997 282 Bäume bei den Aufnahmen vermessen. Im Jahr 2013 waren es 318 Bäume, zudem konnten 17 ehemalige Stämme (stehend lebend oder stehend tot) als liegendes Totholz identifiziert werden (siehe Tab. 6).

	1997		2013	
	total	in %	total	in %
lebend	265	94,0	299	89,3
stehend tot	17	6,0	19	5,7
liegend tot	0	0,0	17	5,1
Gesamtanzahl	282	100	335	100

Tab. 6 Veränderung der durch die WZP aufgenommenen Bäume, unterteilt in lebend und stehend tot

Über die Einteilung in „lebend“ (L), „stehendes Totholz“ (ST), „liegendes Totholz“ (LT) und „nicht vorhanden/ausgefallen“ (X) können Aussagen über die Dynamik im Reservat getroffen werden.

Nach VACIK et al. (2009) kann dabei der Bestand klassifiziert werden in lebende Bäume, die erneut als lebend aufgenommen werden, und ehemals lebende, die jetzt als neues stehendes oder liegendes Totholz vorkommen. Ehemals stehendes Totholz kann bei der Wiederholungsaufnahme als erneut stehend tot oder nun liegend tot angesprochen werden. Über den Einwuchs werden lebende Bäume erstmalig erfasst.

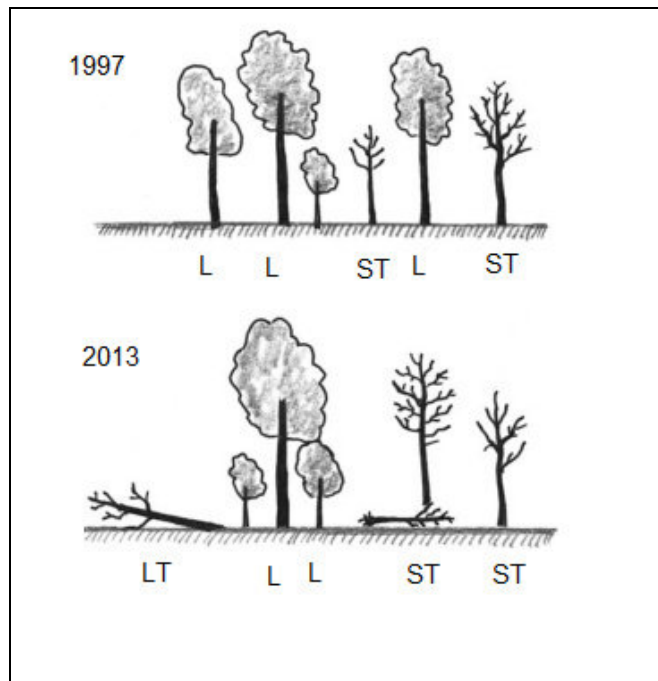


Abb. 14 Dynamik im Baumbestand (Grafik verändert nach VACIK et al. 2009)

Da liegendes Totholz bei der WZP nicht erhoben wird, kann keine Aussage über „eingewachsenes liegendes Totholz“ getroffen werden.

Für die Dynamik im Naturwaldreservat ergaben die Untersuchungen, dass 251 Bäume sowohl in der ersten, als auch in der zweiten Aufnahme als lebend angesprochen wurden. 16 ehemals lebende Bäume wurden nun als Totholz identifiziert. Dies ergibt eine Mortalitätsrate von 5,28 % (in Bezug auf die Stammzahl). Neu in den Bestand eingewachsen sind 48 Bäume.

Für die Berechnungen der Bestandesentwicklung wurden diejenigen 251 Bäume herangezogen, die in beiden Aufnahmen als lebend angesprochen wurden, um einen direkten Vergleich über Bestandesstrukturparameter zu erzielen.

1997	2013	n
L	L	251
L	ST	4
L	LT	10
ST	ST	10
ST	LT	7
X	L	48
X	ST	5
		335

Tab. 7 Entwicklung der Baumdynamik im NWR Dürrwald zwischen den Erhebungen der WZP 1997 und der WZP 2013

Baumartenzusammensetzung

Von den lebend im Bestand angesprochenen Bäumen dominiert in beiden Erhebungsjahren die Fichte mit deutlicher Mehrheit von über 80 % als Hauptbaumart im NWR. Im Lärchen-Zirbenwald fiel keine einzige Zirbe in die WZP. Die Lärche ist mit jeweils über 10 % die zweite

Hauptbaumart im Bestand. Die Vogelbeere wurde bei den Auswertungen aufgrund der geringen Repräsentativität nicht einzeln berücksichtigt. Die weitere Aufgliederung in Lärchen-Zirbenwald und Subalpinen Fichtenwald zeigt ein deutlicheres Bild des Bestandes. Bei den Erhebungen im Jahr 2013 wurde der Punkt 29 als Grünerlen-Buschwald definiert. Dieser entfällt somit bei dem direkten Vergleich der zwei Hauptwaldgesellschaften und wird, ebenfalls aufgrund der geringen Repräsentativität, nicht näher analysiert.

		Fichte		Lärche		Vogelbeere		Gesamt
		N	%	N	%	N	%	N
1997	LäW	12	33,6	24	66,6	0	0	36
	FiW	224	98,3	3	1,3	1	0,4	228
	ErlW	1	100	0	0	0	0	1
	NWR	237	89,4	27	10,2	1	0,4	265
2013	LäW	15	29,4	35	68,6	1	2,0	51
	FiW	241	98,4	4	1,6	0	0	245
	ErlW	3	100	0	0	0	0	3
	NWR	259	86,6	39	13,0	1	0,3	299

Tab. 8 Änderung der Baumartenzusammensetzung in absoluten und relativen Zahlen

BHD-Verteilung

Die Kurve der BHD-Verteilung zeigt eine deutliche Verschiebung nach rechts, was mit zunehmendem Alter zu erwarten ist (siehe Abb. 15). Im Jahr 1997 war die höchste Stammzahl in der Durchmesserklasse von 40,0-49,9 cm zu finden. 2013 lag die Spitze in der Durchmesserklasse 50,0-59,9 cm. In der schwächeren BHD-Klasse zwischen 30,0-49,9 cm gab es im Jahr 2013 eine Abnahme in der Stammzahl, in den stärkeren Klassen zwischen 60,0-99,9 cm hingegen eine Zunahme.

Die BHD-Verteilung getrennt nach Lärchen-Zirbenwald und Subalpinem Fichtenwald ergibt ein ähnliches Bild. Bei beiden sind höhere Stückzahlen in stärkeren Durchmesserklassen zu finden.

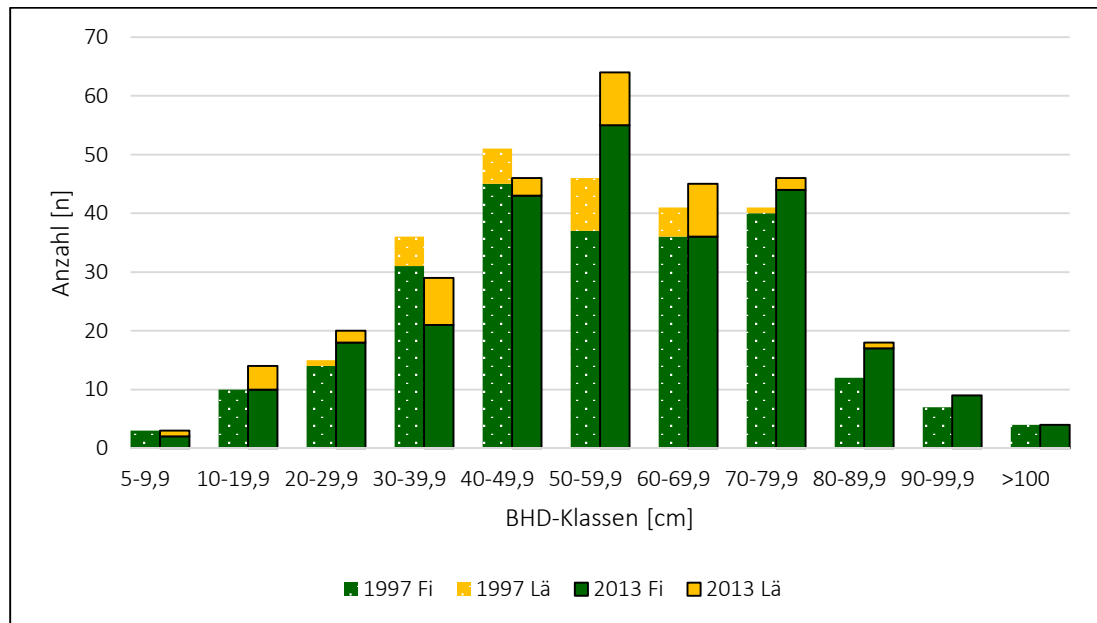


Abb. 15 BHD-Verteilung der Waldgesellschaften im NWR in den zwei Aufnahmejahren 1997 und 2013; sortiert nach BHD-Klassen

Betrachtet man das Zuwachsprozent in Abb. 16 der beiden Hauptbaumarten Fichte und Lärche, so liegen für Fichte die höchsten Zuwächse mit 85,3 % in der BHD-Klasse 5-9,9 cm. Danach fällt die Kurve mit leichten Schwankungen kontinuierlich ab, bis sie in der BHD-Klasse >100 cm mit 3,7 % Zuwachs den niedrigsten Punkt erreicht hat. Bei Lärche variiert die Kurve stärker. Da nicht in allen BHD-Klassen direkte Zuwächse gemessen werden konnten liegen für Lärche nur Werte in den Klassen 10-89,9 cm vor. Den höchsten Zuwachs erreicht die Lärche in der BHD-Klassen 30-39,9 cm mit 18,2 %, den niedrigsten in der Klasse 60-69,9 cm mit 5,3 %.

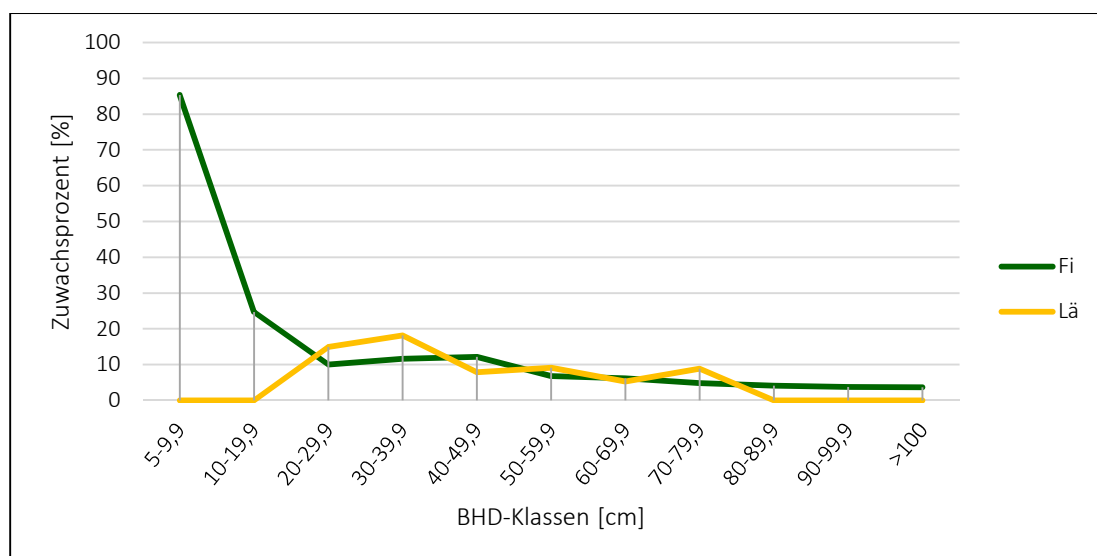


Abb. 16 Mittleres Zuwachsprozent der Baumarten über die verschiedenen BHD-Klassen

Bei den stehenden Bäumen, die für einen direkten Vergleich herangezogen werden konnten, wurde der Durchmesserzuwachs in den letzten 16 Jahren untersucht. Hierbei ergab sich für die gesamte Zeitspanne für das NWR ein mittlerer Zuwachs von $4,12 \pm 2,34$ cm. Dies entspricht einem jährlichen Zuwachs von $0,26 \pm 0,15$ cm. Für Fichte liegt der mittlere Zuwachs mit $4,15 \pm 2,34$ cm leicht über und für Lärche mit $3,89 \pm 2,36$ cm leicht unterhalb des mittleren Wertes des gesamten NWR.

Das arithmetische Mittel der Durchmesser, sprich der Durchmessermittelstamm, lag im Jahr 1997 für Fichte bei 26,4 cm und für Lärche bei 42,4 cm. 2013 hatte der Durchmessermittelstamm bei Fichte einen Wert von 31,4 cm und Lärche von 20,6 cm. Dies zeigt, dass es bei der Lärche vermehrt zu Einwüchsen schwächerer Bäume in den Probekreis gekommen ist.

Baumhöhen

Da bei den Erhebungen 1997 nur einzelne Höhen gemessen wurden, wurde eine Höhenkurve berechnet, um die Werte aus beiden Inventurjahren direkt miteinander vergleichbar zu machen. Die Ergebnisse sind ähnlich der Verteilung über die Durchmesser. Insgesamt verschiebt sich die Höhenverteilung für das gesamte Reservat deutlich nach rechts. Zwar wurden in beiden Jahren die meisten Bäume mit einer Höhe zwischen 25,1-30 m erhoben, 2013 gab es jedoch auch mehr höhere Bäume bis 40 m. Zwischen 15-25 m wurden 2013 jedoch weniger Individuen gemessen. Für Fichte zeigt die Höhenverteilung für beide Jahre ein sehr einheitliches Bild. Die Lärche ist 2013 in mehr Höhenklassen als zuvor vertreten und zeigt vor allem für die Höhe 25,1-30 m eine Zunahme in der Stückzahl (siehe Abb. 17).

Im Lärchen-Zirbenwald wurden 2013 auch erstmals Bäume mit einer Höhe von 5,1-10 m erfasst, 1997 waren die niedrigsten Bäume in der Höhenklasse 15,1-20 m zu finden. Für diese Waldgesellschaft verzeichnet die Höhenstufe 25,1-30 m eine deutliche Zunahme in der Stückzahl. Die Verteilung der Höhen im Subalpinen Fichtenwald ähnelt stark der Höhenverteilung für das gesamte NWR, mit leichten Zunahmen der Stückzahl zwischen 25,1-40 m und Abnahmen in den niederen Höhenklassen.

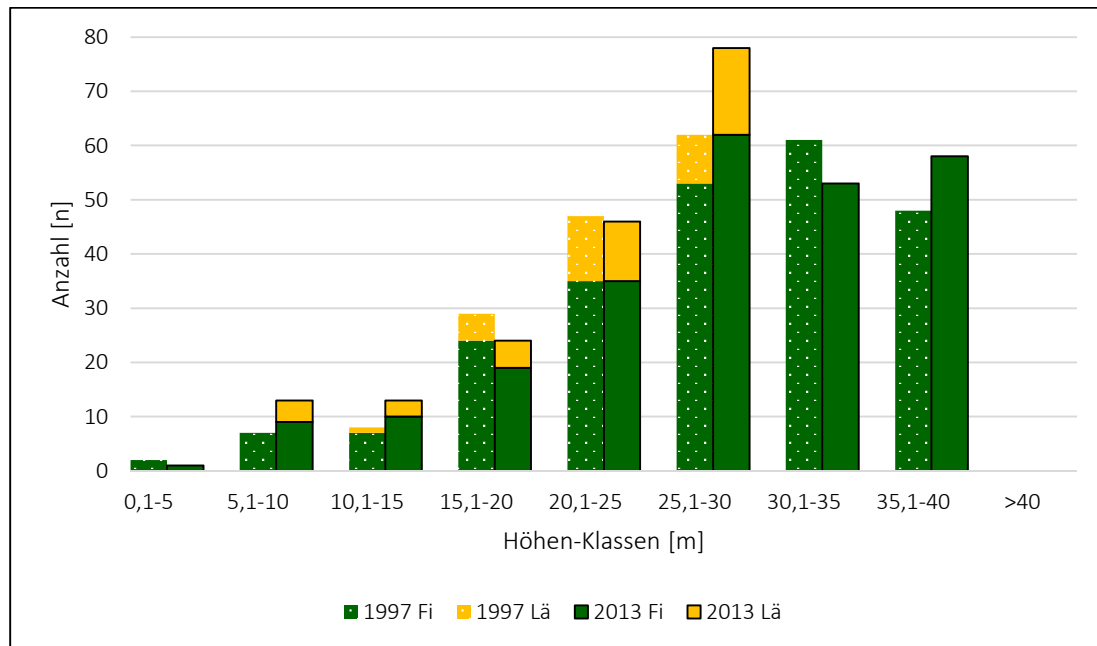


Abb. 17 Baumhöhenverteilung für das gesamte NWR in den Jahren 1997 und 2013

Mit Hilfe der tatsächlich gemessenen Werte konnte für Fichte ein mittlerer Höhenzuwachs über 16 Jahre von $1,5 \pm 1,7$ m und für Lärche von $0,9 \pm 0,8$ m ermittelt werden. Dies ergibt einen jährlichen Höhenzuwachs bei Fichte von $0,09 \pm 0,10$ m und für Lärche von $0,06 \pm 0,05$ m.

Bestandesstrukturparameter

Die Bestandesstrukturparameter Stammzahl, Grundfläche und Vorrat weisen für den gesamten Dürrwald Zunahmen auf, wie in Tab. 9 zu sehen ist. Die Stammzahl/ha steigt von 291 Bäumen auf 304 Bäume um +4,5 % an. Grundfläche und Vorrat verzeichnen ein Plus von +12,8 % bzw. +13,2 %. Die Grundfläche steigt von 26,5 m²/ha auf 29,9 m²/ha und der Vorrat von 351,0 Vfm/ha auf 397,3 Vfm/ha. Differenzierter zeigt sich die Veränderung in den beiden Hauptwaldgesellschaften. Die größten Änderungen finden sich bei den Stammzahlen. Während es im Lärchen-Zirbenwald zu einer Zunahme um +303,7 % kommt, nimmt die Stammzahl im Subalpinen Fichtenwald um -22,9 % ab. Dies ist, wie schon beim Durchmesserstamm angesprochen, auf die Tatsache zurückzuführen, dass es zu Zunahmen in der BHD-Dimension im Subalpinen Fichtenwald und somit zu geringeren repräsentierten Stammzahlen und im Lärchen-Zirbenwald zu vermehrten Einwüchsen mit relativen geringen Durchmessern gekommen ist, die wiederum eine hohe Stückzahl je Hektar repräsentieren. Durch diese Änderungen kommt es auch zu einer starken Zunahme der Grundfläche im Lärchen-Zirbenwald mit +41,4 % und des Vorrates mit +28,1 %.

		N/ha	Stabw	G/ha	Stabw	V/ha	Stabw
1997	LäW	54	± 55	11,1	± 9,4	128,3	± 108,8
	FiW	410	± 480	35,1	± 22,2	426,1	± 297,7
	NWR	291	± 420	26,5	± 22,0	351,0	± 300,4
2013	LäW	218	± 276	15,7	± 9,4	164,3	± 110,6
	FiW	316	± 357	37,7	± 22,9	524,4	± 308,7
	NWR	304	± 331	29,9	± 21,9	397,3	± 309,2
Änderung	LäW	+303,7%		+41,4%		+28,1%	
	FiW	-22,9%		+7,4%		+23,1%	
	NWR	+4,5%		+12,8%		+13,2%	

Tab. 9 Veränderung der Stammzahl, Grundfläche [m²] und des Volumens [Vfm]; berechnet als Hektarwerte für den Lärchen-Zirbenwald, den Subalpinen Fichtenwald und das gesamte Naturwaldreservat

4.3 Ergebnisse der Auswertung der fixen Probekreise

4.3.1 Bestandesanalyse

Baumartenzusammensetzung

Bei den Erhebungen im Sommer 2013 wurden mittels des ELENA-Aufnahmeverfahrens anhand fixer Probekreise insgesamt 637 lebend stehende Bäume an 40 Stichprobenpunkten erfasst. Dabei konnten vier verschiedene Baumarten im Naturwaldreservat festgestellt werden. Die Zirbe, welche im Lärchen-Zirbenwald vor allem in reiferen Beständen ein deutlich erkennbares Vorkommen aufweisen sollte (WILLNER & GRABHERR 2007), fällt nur mit zwei Stämmen in die Probekreise. Die Vogelbeere kommt hauptsächlich im Fichtenwald vor. Aufgrund des im Vergleich zu Fichte und Lärche sehr geringen Vorkommens von Vogelbeere und Zirbe werden diese Baumarten bei den Auswertungen nicht näher berücksichtigt. Im gesamten NWR dominiert die Fichte mit über 70 % Baumartenanteil. Auch im Lärchen-Zirbenwald ist sie mit über 25 % stark vertreten. Die Lärche als zweite Hauptbaumart macht gut ein Viertel aller Bäume im NWR aus (siehe Tab. 10).

	Fi	%	Lä	%	Vb	%	Zi	%
LäW	47	25,8	132	72,5	1	0,5	2	1,1
FiW	400	89,1	38	8,5	11	2,4	0	0
ErlW	6	100	0	0	0	0	0	0
NWR	453	71,1	170	26,7	12	1,9	2	0,3

Tab. 10 Baumartenzusammensetzung in den Waldgesellschaften und für das gesamte NWR in absoluten und relativen Zahlen

BHD-Verteilung

Die BHD-Verteilung zeigt ein überproportional hohes Vorkommen von Bäumen mit einem BHD <10 cm. In den stärkeren Durchmesserklassen ist im Verhältnis eine deutlich geringere Stammzahl vorhanden. Für Fichte und Lärche getrennt zeigt die Durchmesserverteilung der Stämme ein ähnliches Bild wie für das gesamte NWR; auch wenn die stärkeren Durchmesserklassen vermehrt bei der Fichte auftreten. Die stärkste gemessene Fichte besitzt einen Durchmesser von 113 cm. Die stärkste Lärche wurde mit 83,8 cm vermessen. Aufgrund des hohen Anteils an Bäumen mit schwachem Brusthöhendurchmesser wird in Abb. 19 die BHD-Verteilung der Bäume <10 cm in Zentimeter-Schritten gesondert dargestellt. Die meisten Baumindividuen kommen dabei in der BHD-Klasse 1,0-1,9 cm vor.

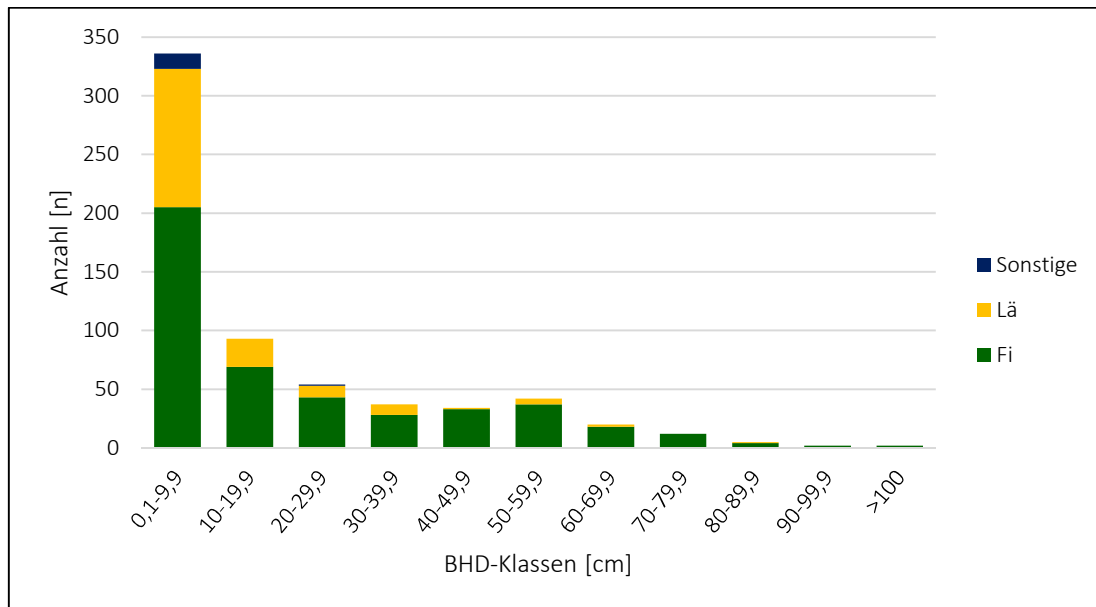


Abb. 18 BHD-Verteilung der Baumarten Fichte, Lärche und Sonstige (Vogelbeere und Zirbe zusammengefasst) für das NWR

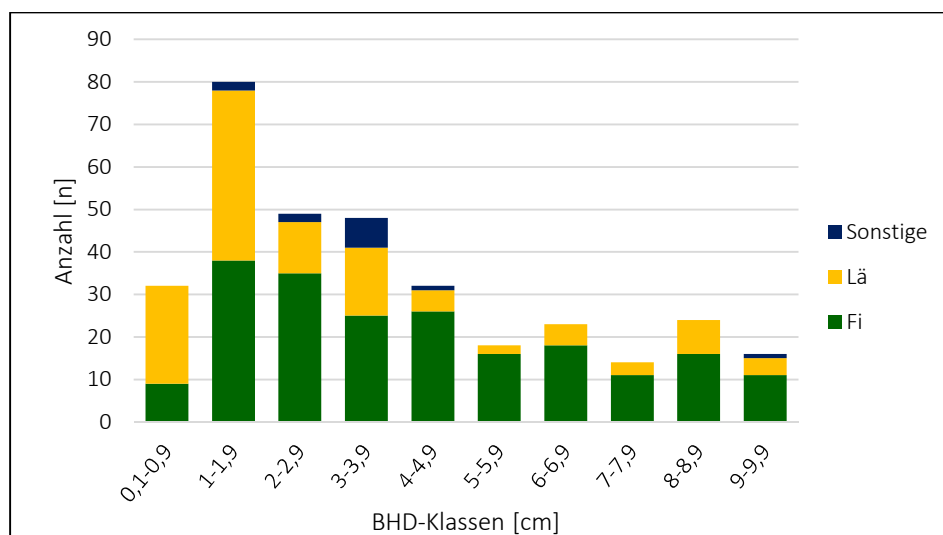


Abb. 19 BHD-Verteilung der Baumarten Fichte, Lärche und Sonstige (Vogelbeere und Zirbe zusammengefasst) mit einem BHD < 10 cm

Baumhöhen

Wie die BHD-Verteilung, so weisen auch die Baumhöhen eine überproportional hohe Stückzahl für die Bäume mit geringen Höhen bis maximal 10 m auf. Größere Baumindividuen über 25 m Höhe sind fast ausschließlich Fichten. Lärchen größer 25 m kommen hingegen nur vereinzelt vor. Die höchste im Gebiet vermessene Lärche hat 32,4 m, die höchste Fichte 45,4 m. Um wie bei der BHD-Verteilung ein besseres Bild über die individuellen Werte zu bekommen,

wird in Abb. 21 die Aufteilung der Höhen bis fünf Meter gesondert dargestellt. Vor allem die Bäume mit Höhen bis maximal 2 m machen dabei den größten Anteil aus.



Abb. 20 Höhenverteilung der Baumarten für das NWR

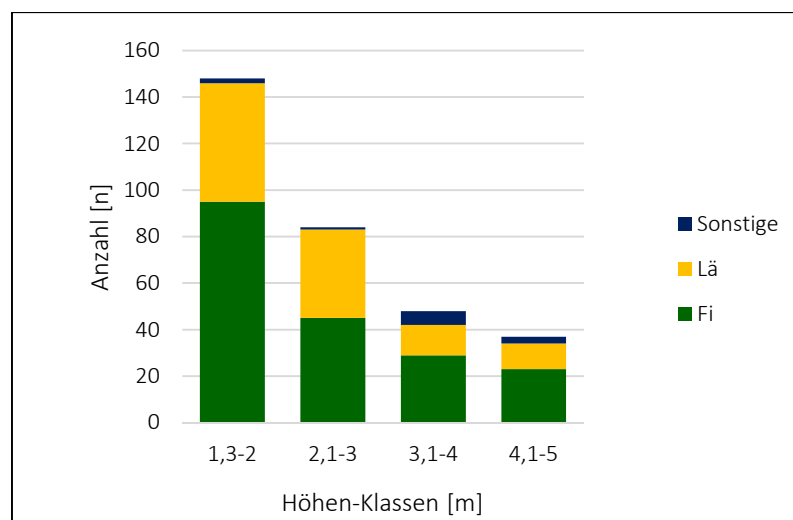


Abb. 21 Baumhöhenverteilung für alle Baumarten bis 5m Höhe

Bestandesstrukturparameter

Die mittlere Stammzahl des NWR berechnet sich mit 531 ± 421 Stämmen/ha. Die berechneten Werte im Lärchen-Zirbenwald und Subalpinen Fichtenwald weichen nicht stark von diesem Mittelwert ab. Anders hingegen bei Grundfläche und Vorrat. Die mittlere Grundfläche beträgt $32,65 \pm 29,55$ m²/ha, im Lärchen-Zirbenwald jedoch nur $12,96 \pm 10,36$ m²/ha. Ebenso der Vorrat, welcher bei einem Mittelwert von $477,64 \pm 499,37$ Vfm/ha liegt, im Lärchen-

Zirbenwald hingegen bei $105,43 \pm 95,52$ Vfm/ha. Sowohl Vorrat als auch Grundfläche unterscheiden sich signifikant ($p = 0,000$) im Lärchen-Zirben- und im Subalpinen Fichtenwald.

		Mittel	Stabw
N [n/ha]	LäW	467	± 437
	FiW	576	± 420
	NWR	531	± 421
G [m ² /ha]	LäW	12,96	$\pm 10,36$
	FiW	45,54	$\pm 30,22$
	NWR	34,12	$\pm 29,44$
V [Vfm/h]	LäW	105,43	$\pm 95,52$
	FiW	678,45	$\pm 514,6$
	NWR	477,64	$\pm 499,37$

Tab. 11 Mittlere Stammzahl (N), Grundfläche (G) und Vorrat (V) sowie deren Standardabweichungen je Hektar für den Lärchen-Zirbenwald, Subalpinen Fichtenwald und das gesamte NWR

Abb. 22 zeigt in Seitenansicht, Aufriss und Grundriss den Stichprobenpunkt 13, welcher in Stammzahl, Grundfläche und Vorrat an die berechneten Mittelwerte des Lärchen-Zirbenwaldes am nächsten herankommt und so am ehesten die mittleren durchschnittlichen Bedingungen repräsentiert. Ebenso wie der Stichprobenpunkt 16, welcher in Bezug auf die Bestandesstrukturparameter den Subalpinen Fichtenwald am besten repräsentiert.

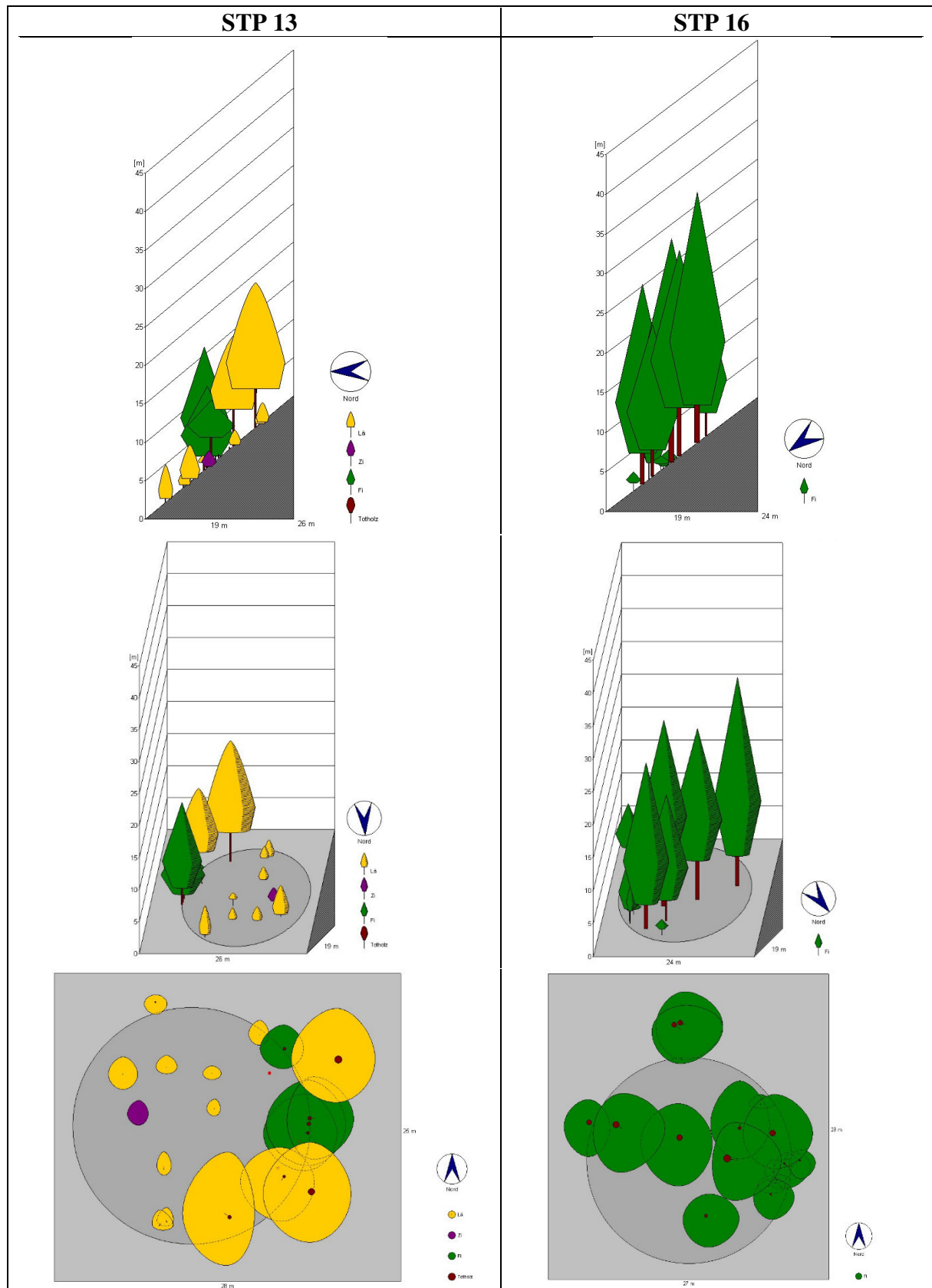


Abb. 22 Stpk. 13, welcher in Stammzahl (467 N/ha), Grundfläche (13,34 m²/ha) und Vorrat (76,82 Vfm/ha) am repräsentativsten für die Mittelwerte des Lärchen-Zirbenwaldes steht und Stpk. 16, welcher in Stammzahl (433 N/ha), Grundfläche (52,51 m²/ha) und Vorrat (656,67 Vfm/ha) am repräsentativsten für die Mittelwerte des Subalpinen Fichtenwaldes steht

Schlüsselt man die Bestandesstrukturparameter nach den vorkommenden Baumarten auf, ergibt sich für Fichte eine Stammzahl von 377 ± 384 Stämmen/ha und für Lärche eine Stammzahl von 142 ± 223 Stämmen/ha. Der Fichtenanteil bestimmt 89,1% der Grundfläche und 93,3% des Vorratsvolumens im NWR und weist damit höhere Werte als die zweite Hauptbaumart, die Lärche, mit 10,7% Grundfläche und 6,7% Vorratsvolumen, auf.

		Stammzahl	Stabw	%	Grundfläche	Stabw	%	Vorrat	Stabw	%
Fi	LäW	121	± 204	26,0	2,6	$\pm 4,4$	20,0	15,0	$\pm 26,5$	14,2
	FiW	513	± 395	89,0	45,0	$\pm 30,2$	98,9	674,2	$\pm 514,6$	99,4
	NWR	377	± 384	71,0	30,4	$\pm 31,6$	89,1	445,5	$\pm 519,4$	93,3
Lä	LäW	338	± 256	72,4	10,3	$\pm 8,9$	79,2	89,9	$\pm 88,6$	85,3
	FiW	49	± 127	8,5	0,5	$\pm 1,6$	1,11	4,1	$\pm 16,5$	0,6
	NWR	142	± 223	26,7	3,7	$\pm 6,9$	10,7	31,9	$\pm 65,2$	6,7
Vb	LäW	3	± 9	0,6	0,1	$\pm 0,4$	0,7	0,5	$\pm 1,7$	0,5
	FiW	14	± 59	2,4	0,0	$\pm 0,1$	0,0	0,1	$\pm 0,2$	0,0
	NWR	10	± 48	1,9	0,1	$\pm 0,3$	0,1	0,2	$\pm 1,0$	0,0
Zi	LäW	5	± 13	1,1	0,0	$\pm 0,0$	0,0	0,0	$\pm 0,0$	0,0
	FiW	0	± 0	0,0	0,0	$\pm 0,0$	0,0	0,0	$\pm 0,0$	0,0
	NWR	2	± 7	0,4	0,0	$\pm 0,0$	0,0	0,0	$\pm 0,0$	0,0
Gesamt	LäW	467	± 437	100	13,0	$\pm 10,4$	100	105,4	$\pm 95,5$	100
	FiW	576	± 420	100	45,5	$\pm 30,2$	100	678,4	$\pm 514,6$	100
	NWR	531	± 421	100	34,1	$\pm 29,4$	100	477,6	$\pm 499,4$	100

Tab. 12 Stammzahl [N/ha], Grundfläche [m²/ha] und Vorratswerte [Vfm/ha] inklusive Standardabweichung in absoluten und relativen Zahlen für die vorkommenden Baumarten in den Waldgesellschaften und im gesamten NWR

Die Verteilung der mittleren Werte für Stammzahl, Grundfläche und Vorrat getrennt für die einzelnen BHD-Klassen sieht man in Abb. 23 - Abb. 25 dargestellt. Während die Stammzahl in der BHD-Klasse <10 cm im Lärchen- und Fichtenwald annähernd gleich ist und die höchsten Werte einnimmt, so tendiert dieselbe Klasse bei den Vorratsfestmetern gegen Null. Die BHD-Klasse 50-59,9 cm, welche die höchsten Werte für Vorrat und Grundfläche aufweist, enthält nur geringe Stammzahlen. Ebenso auffällig ist dies für die BHD-Klasse >100 cm.

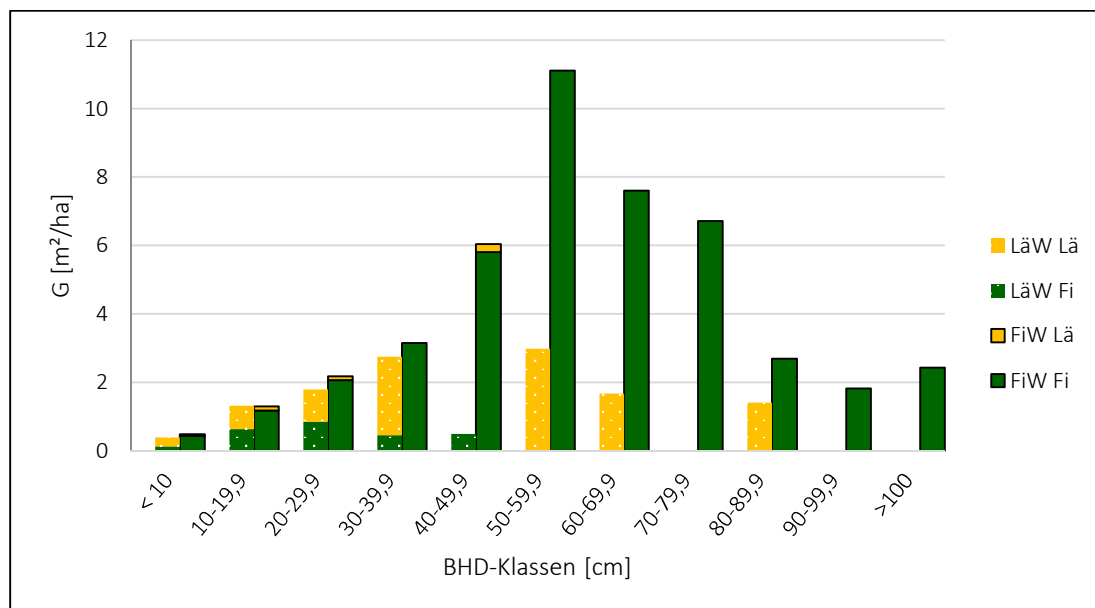


Abb. 23 Summe der mittleren Grundfläche je BHD Klasse für Lärche und Fichte getrennt nach Lärchen- und Fichtenwaldgesellschaft

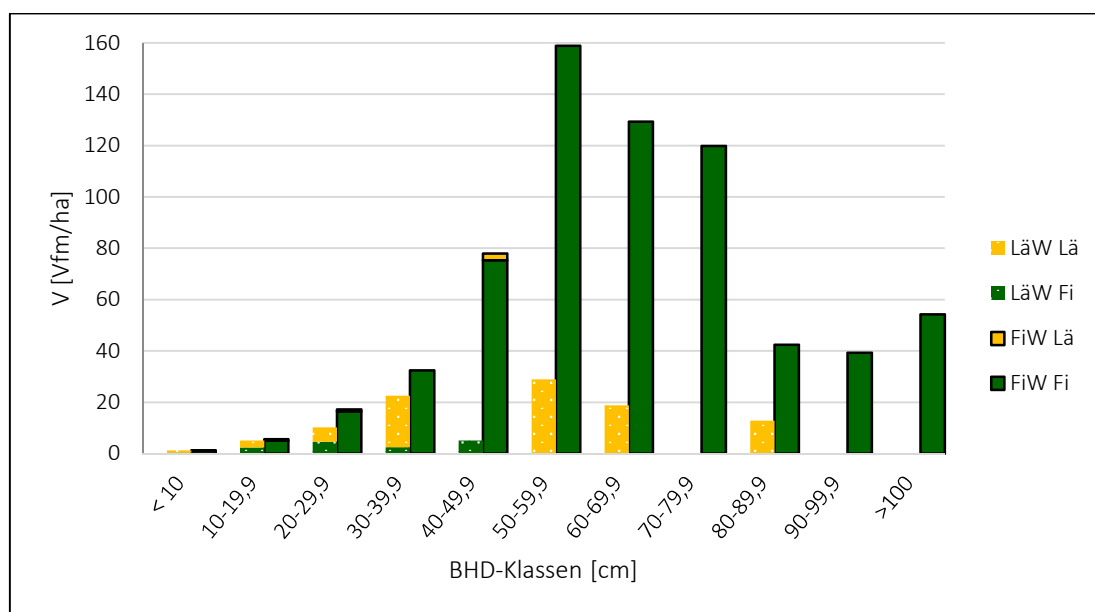


Abb. 24 Summe der mittleren Vorratsfestmeter je BHD Klasse für Lärche und Fichte getrennt nach Lärchen- und Fichtenwaldgesellschaft

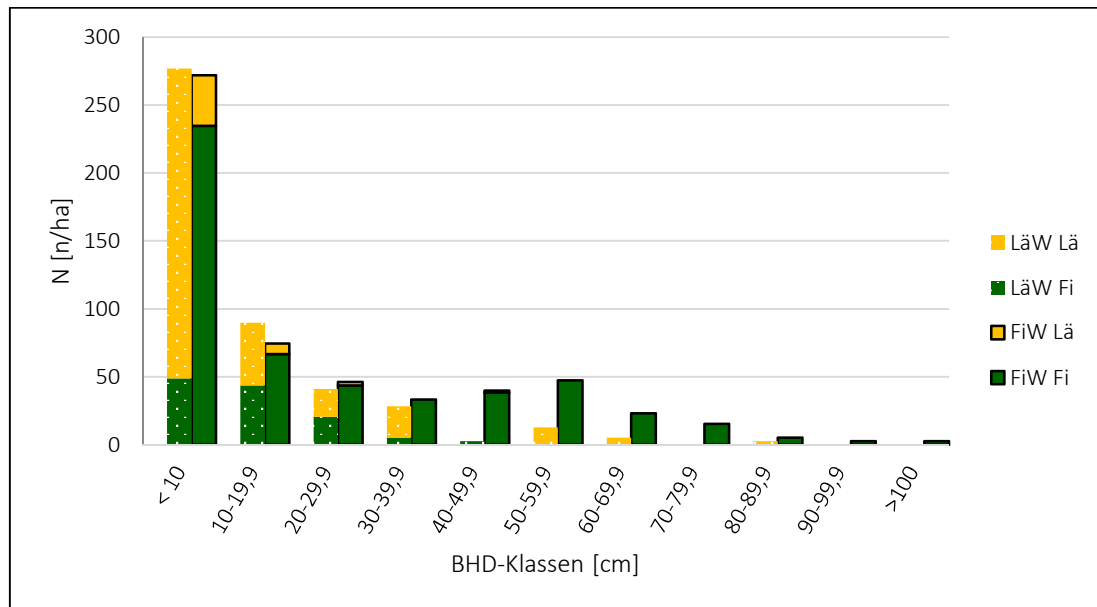


Abb. 25 Summe der mittleren Stammzahl je BHD Klasse für Lärche und Fichte getrennt nach Lärchenwald- und Fichtenwaldgesellschaft

Stabilitätsmerkmale

Für die Untersuchungen des Stabilitätsmerkmals des Schlankheitsgrades (H/D-Wertes) wird einzig die Fichte betrachtet, da der H/D-Wert für Lärche wenig aussagekräftig ist. Die berechneten H/D-Werte variieren im Aufnahmegebiet insgesamt sehr stark. Tab. 13 zeigt die prozentuale Verteilung der H/D-Werte in Bezug zur BHD-Klasse. Mehr als 50 % aller Fichten weisen, in beiden Waldgesellschaften, H/D-Werte <60 auf. Hohe H/D-Werte über 120 kommen einzig in der BHD-Klasse 0,1-9,9 cm vor und spielen bei der Stabilitätsbewertung des Gesamtwaldbestandes somit keine Rolle. Bäume mit einem BHD >30 cm können als durchweg stabil eingestuft werden. Betrachtet man den H/D-Wert für Fichte zwischen den Waldgesellschaften genauer, so lässt sich zwischen Lärchen-Zirbenwald und Subalpinem Fichtenwald kein signifikanter Unterschied in den Werten erkennen ($p = 0,701$)

Fichte		H/D-Werte					
WG	BHD-Klassen [cm]	<60	60-79	80-99	100-119	120-139	>140
LäW	0,1-9,9	6,4 %	12,8 %	12,8 %	2,1 %	4,2 %	2,1 %
	10-29,9	40,4 %	12,8 %	-	-	-	-
	30-59,9	6,4 %	-	-	-	-	-
	60-89,9	-	-	-	-	-	-
	>90	-	-	-	-	-	-
FiW	0,1-9,9	19,0 %	7,2 %	7,5 %	5,7 %	1,5 %	4,7 %
	10-29,9	12,2 %	6,8 %	2,3 %	0,3 %	-	-
	30-59,9	12,0 %	10,5 %	0,8 %	-	-	-
	60-89,9	8,0 %	0,5 %	-	-	-	-
	>90	1,0 %	-	-	-	-	-

Tab. 13 Prozentangaben der H/D-Werte über die verschiedenen BHD-Klassen für Fichte getrennt nach Lärchen-Zirbenwald und Subalpinem Fichtenwald

Die Verteilung der Kronenprozentwerte variiert, sowohl innerhalb der Baumarten, als auch zwischen den Waldgesellschaften, kaum, wie in Tab. 14 zu erkennen ist und wie der Signifikanztest erkennen lässt (die Verteilung des Kronenprozentwertes ist in beiden Waldgesellschaften gleich $p = 0,999$). 45,5 % aller Lärchen im Lärchen-Zirbenwald weisen einen Kronenprozentwert von 76-100 % auf. Im gesamten NWR sind es 50 %. Auch 55,4 % aller Fichten im Subalpinen Fichtenwald haben zu mehr als drei Viertel eine volle Krone. Bäume mit einem Kronenprozent bis maximal 25 % sind kaum vorhanden.

Kronenprozent [%]		1-25	26-50	51-75	76-100
Lä	LäW	1,5	13,6	39,4	45,5
	FiW	0,0	13,2	21,0	65,8
	NWR	1,2	13,5	35,3	50,0
Fi	LäW	0,0	8,5	25,5	66,0
	FiW	2,5	12,5	31,0	54,0
	NWR	2,2	11,9	30,5	55,4

Tab. 14 Angabe in Prozent des Auftretens der verschiedenen Kronenprozentwerte für Lärche und Fichte, dargestellt getrennt nach Lärchen- und Fichtenwaldgesellschaft und für das gesamte NWR

Anhand der grafischen Darstellung durch das Programm Adobe Illustrator lässt sich die Verteilung der Bäume am Stichprobenpunkt, die Überschirmung und die Baumartenzusammensetzung gut rekonstruieren. Abb. 26 zeigt den Grundriss der 40 Stichprobenpunkte, welcher die räumliche Verteilung der Bäume am Punkt, die Überschirmung und die Baumartenverteilung im NWR ersichtlich macht. Aufriss und Seitenansicht der Stichprobenpunkte befinden sich im Anhang der Arbeit (siehe Abb. 62 + Abb. 63).

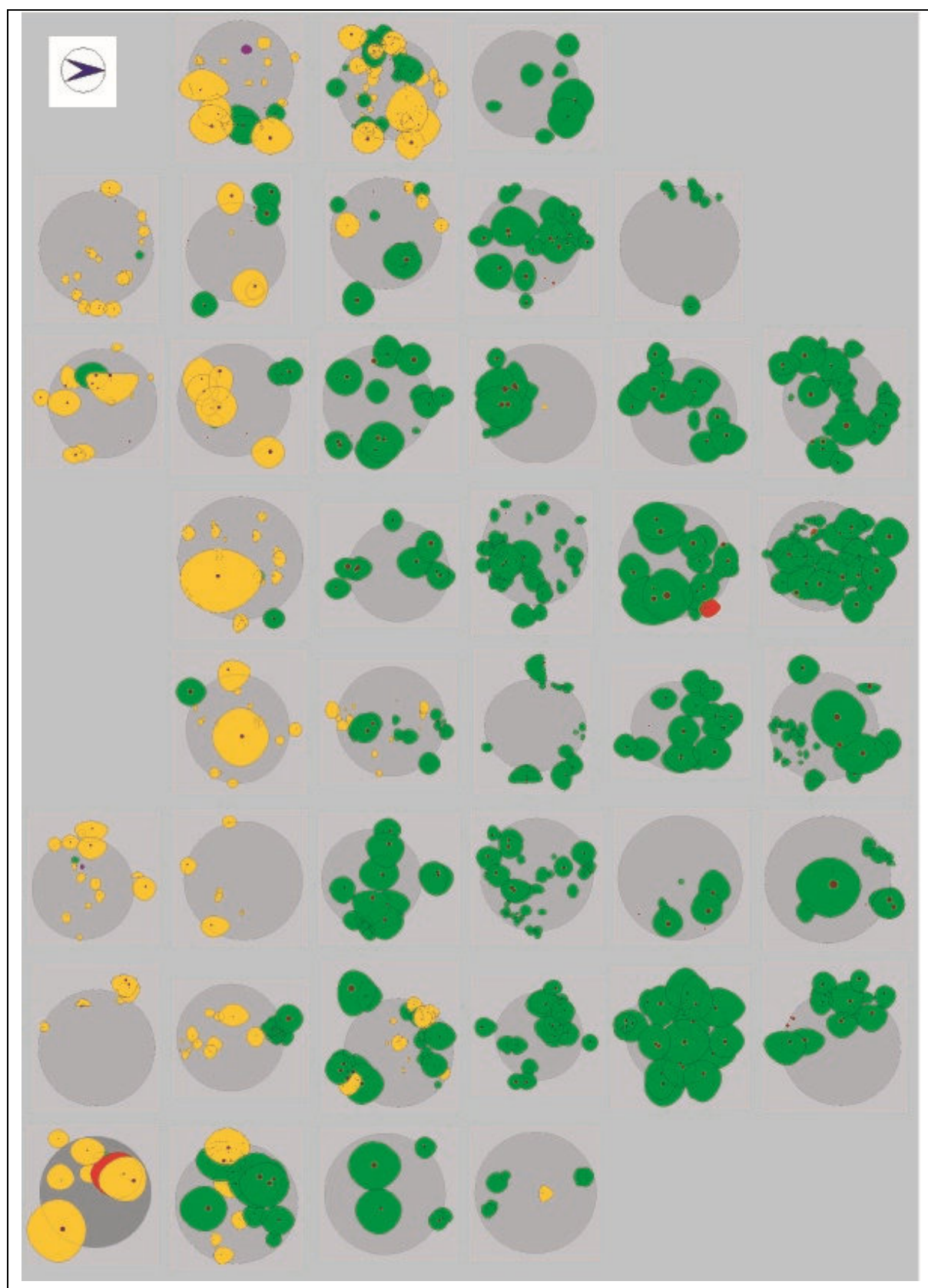


Abb. 26 Kronenschirmfläche und Grundriss der 40 Stichprobenpunkte im NWR; Lärche (gelb), Vogelbeere (rot), Zirbe (lila), Fichte (grün)

Mittels einer qualitativen Ansprache der Überschirmung konnte für den Lärchen-Zirbenwald eine mittlere Überschirmung von $27,3 \pm 19,5$ % und für den Subalpinen Fichtenwald eine mittlere Überschirmung von $42,5 \pm 24,3$ % angesprochen werden.

Bei der qualitativen Ansprache der Schadmerkmale des lebenden Bestandes wiesen 7,2 % der Bäume einen Säbelwuchs bzw. eine sonstige auffallend schiefe Wuchsform auf. Das zweithäufigste Schadmerkmal waren Wildschäden (Fege- und Schälsschäden) mit 2,5 %, gefolgt von Wipfelbrüchen (1,9 %), Steinschlagschäden (1,3 %) und sonstigen Stamm- oder Rindenverletzungen (1,3 %).

4.3.2 Verjüngungsanalyse

Verjüngungsflächen

Die Verjüngungsflächen weisen, ebenso wie für das NWR charakteristisch, eine überwiegende Exposition nach Norden auf. Über 85 % der Verjüngungsflächen weisen in eine Richtung zwischen $362 - 37$ gon und somit in Richtung Nord-Nord-West, Nord oder Nord-Nord-Ost. Die restlichen Flächen mit anderen Ausrichtungen machen nur einen geringen Prozentanteil der Verjüngungsflächen aus. Im Subalpinen Fichtenwald sind etwas mehr nordexponierte Flächen zu finden als im Lärchen-Zirbenwald. Insgesamt ergibt sich jedoch für das gesamte Reservat hinsichtlich der Exposition ein sehr einheitliches Bild.

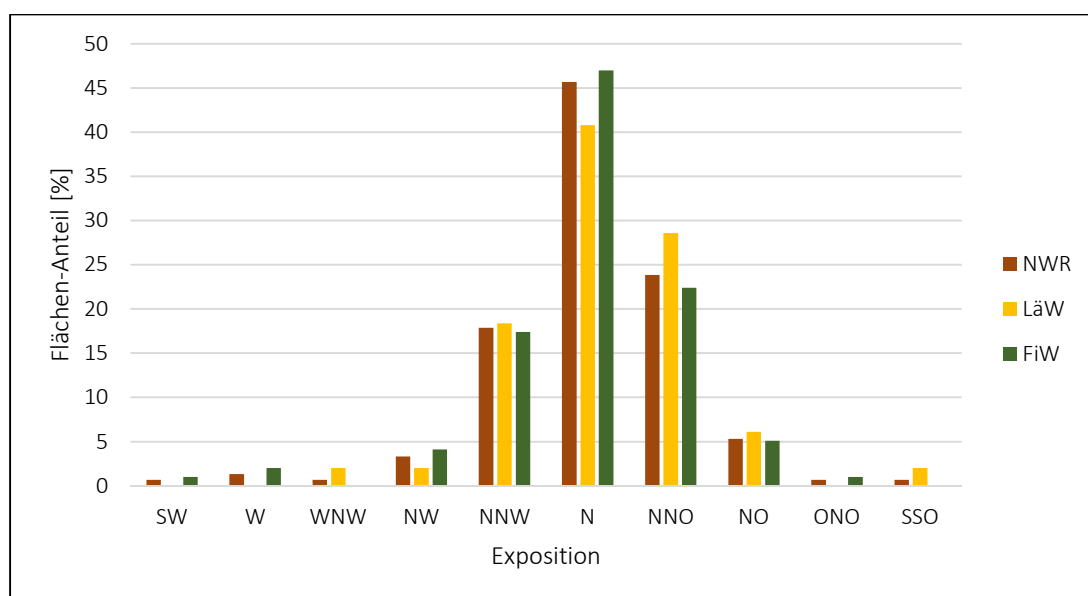


Abb. 27 Anteile in Prozent der Verjüngungsflächen mit unterschiedlichen Expositionen für die Waldgesellschaften und das gesamte NWR

Die mittlere Höhe der Bodenvegetation, sprich der Vegetation ohne Bäume, ist im Lärchen-Zirbenwald mit $32,3 \pm 16,5$ cm fast doppelt so hoch wie im Subalpinen Fichtenwald mit $17,9 \pm 21,5$ cm. Betrachtet man das gesamte Gebiet, so ergibt sich eine mittlere Höhe der Bodenvegetation von $23,1 \pm 21,1$ cm.

Bei der Bodenbedeckung ergeben sich ebenfalls verschiedene Werte für die beiden Hauptwaldgesellschaften. Im Lärchen-Zirbenwald machen Gefäßpflanzen $<1,30$ m $49,9 \pm 18,4$ % der Bodenbedeckung aus. Flechten, Totholz, Lebendholz, offener Boden, Schutt und Wasser kommen im Schnitt zu 1,3 % auf den Flächen vor. Moose machen mit $35,3 \pm 16,1$ % den zweithäufigsten Anteil an der Bodenbedeckung aus.

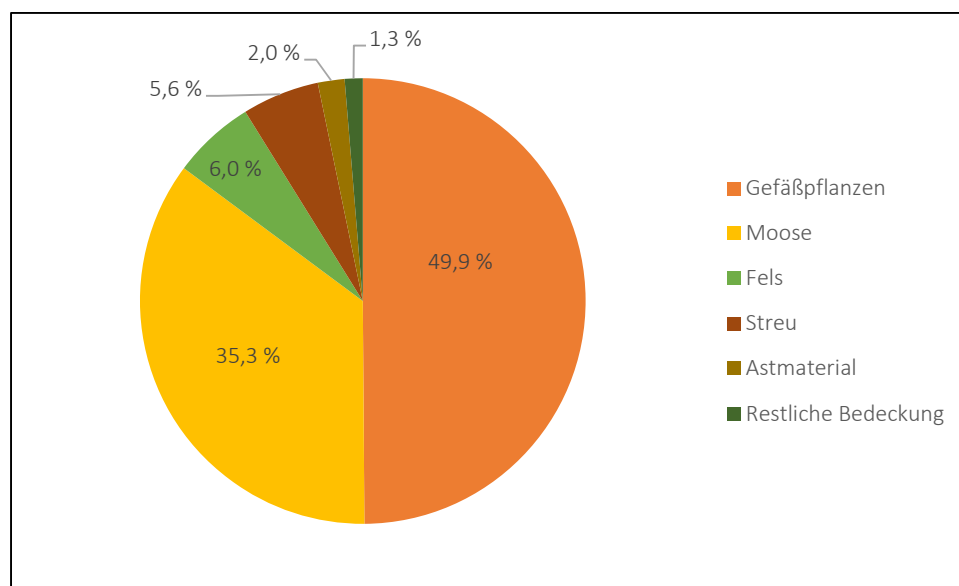


Abb. 28 Prozentanteil der Bodenbedeckungen im Lärchen-Zirbenwald

Im Subalpinen Fichtenwald kommen nur Flechten mit einem geringeren Prozentanteil von <1 % vor. Die häufigste Bodenbedeckung bilden Moose mit $31,5 \pm 32,4$ %, gefolgt von Gefäßpflanzen ($24,4 \pm 20,1$ %) und Streu ($23,5 \pm 27,8$ %).

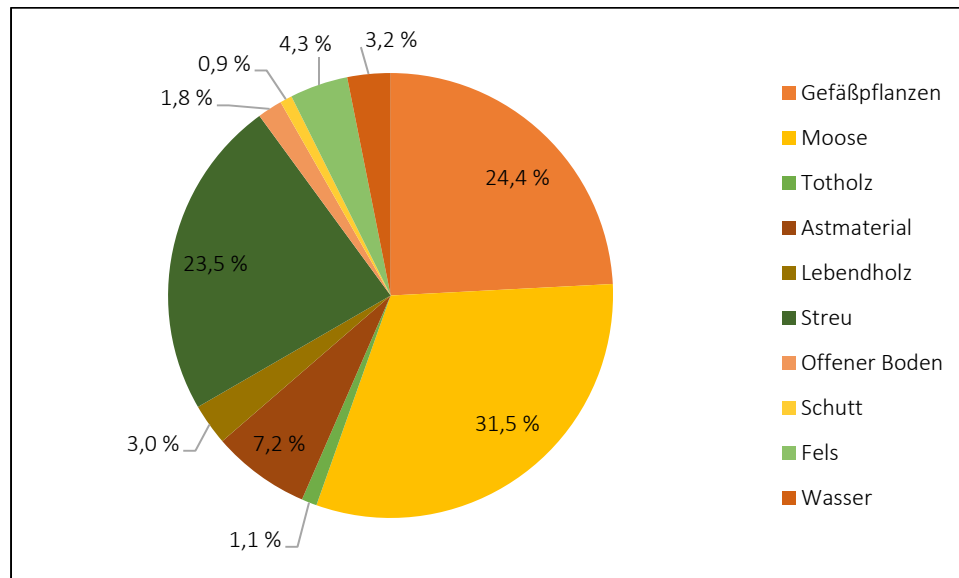


Abb. 29 Prozentanteil der Bodenbedeckungen im Subalpinen Fichtenwald

Auf 1,9 % der Verjüngungsflächen wurde als Lokalklima ausschließlich „luftfeucht“ erfasst. Für die restlichen Verjüngungsflächen wurde keine klimatische Besonderheit, welche über das Mikro- und Mesorelief hinausreicht, erfasst.

Auf 13,7 % der Verjüngungsflächen wurde ein Verjüngungshemmnis vermerkt. Dabei waren auch Mehrfachnennungen pro Verjüngungsfläche zulässig. Von den insgesamt 153 Verjüngungs(teil)flächen mit Verjüngungshemmnis wird auf 77,1 % der Flächen die Verjüngung durch Verkräutung und/oder Vergrasung gehemmt. Auf 18,3 % der Flächen ist der Wasserhaushalt für eine gehemmte oder nicht aufkommende Verjüngung verantwortlich. Jeweils 9,2 % entfallen auf die Hemmfaktoren Humusaufgabe/Rohboden und Bodenerosion/Steinschlag.

Betrachtet man die Kleinstandorte der Verjüngung zwischen >15-130 cm, so zeigt sich, dass sich weder die Verjüngung von Fichte, Lärche oder Vogelbeere auf einem besonderen Kleinstandort einstellt. Fichte kommt im Reservat, ebenso wie Lärche, zu 11 % auf einem erhöhten Standort vor, Lärche zu 16,8 % neben anstehendem Felsen und Vogelbeere zu 10 % neben Totholz. Nach Waldgesellschaften getrennt ergibt sich ein fast identes Bild mit nur leichten Unterschieden. Im Lärchen-Zirbenwald kommt Fichtenverjüngung neben anstehendem Fels und neben Wurzeltellern nicht vor, dafür häufiger (22,2 %) auf erhöhten Standorten. Für die Lärche ergeben sich nahezu idente Werte für die beiden Waldgesellschaften, einzig an erhöhten Standorten kommt sie im Lärchen-Zirbenwald weniger häufig (9,4 %) vor als im Subalpinen Fichtenwald (13,0 %). Die Vogelbeere kommt im

Lärchen-Zirbenwald neben Totholz nur sehr selten vor (2,7 %), im Subalpinen Fichtenwald umso häufiger (17,7 %).

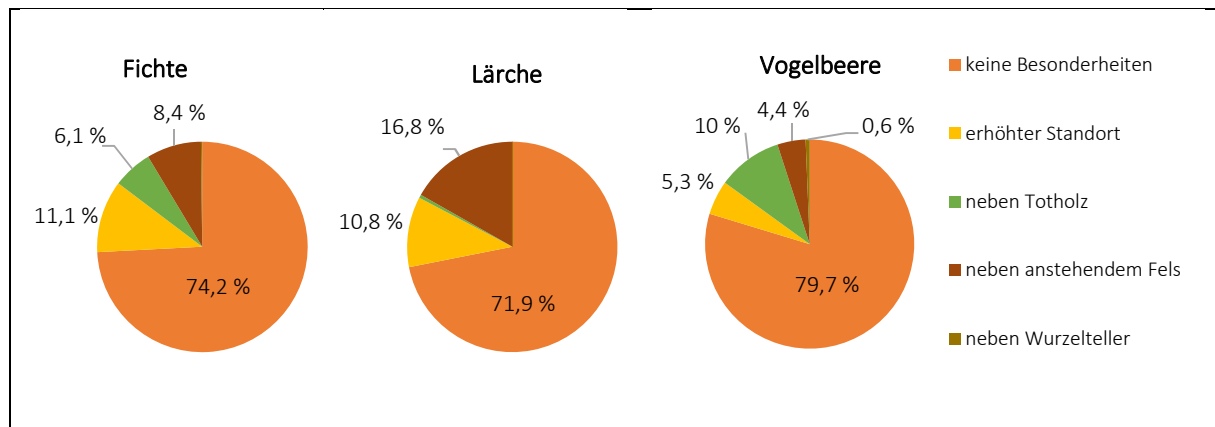


Abb. 30 Prozentualer Anteil der Kleinstandorte der Verjüngung >15-130 cm der Baumarten Fichte, Lärche und Vogelbeere im NWR

Verjüngungssituation

Die Verjüngungssituation im Bestand ist für Keimlinge, mehrjährige Pflanzen bis 15 cm, Verjüngung >15-30 cm und Verjüngung >30-130 cm in Tab. 15 - Tab. 18 getrennt nach Waldgesellschaften und Vorkommen der Verjüngung auf Waldboden und Totholz dargestellt. Im Naturwaldreservat Dürrwald konnten nur Verjüngungspflanzen von Fichte, Lärche und Vogelbeere festgestellt werden.

Bei den Keimlingen zeigt sich ein sehr differenziertes Bild im Baumartenvergleich. Lärchenkeimlinge wurden in keiner der Verjüngungsteilflächen VI erhoben. Die Vogelbeere, die im verholzten Bestand nur 1,9 % der Gesamtbaumanzahl ausmacht, weist im NWR 5.000 ± 13.397 Keimlinge/ha auf. Bei der Fichte sind es 40.000 ± 81.019 Individuen/ha. Während Lärche gar nicht und Vogelbeere kaum als Keimling auf Totholz aufgenommen wurden, so sind insgesamt im NWR 483 ± 1.429 Fichtenkeimlinge/ha auf Totholz zu finden. Bei der Keimlingsverjüngung von Fichte besteht ein signifikanter Unterschied im Vorkommen von Verjüngung auf Waldboden und auf Totholz ($p = 0,000$). In absoluten Zahlen wurden auf den insgesamt 640 Verjüngungsteilflächen (160 m²) und dem innerhalb des 300 m²-Kreises vorkommenden Totholz 105 Keimlingsindividuen von Fichte und Vogelbeere erfasst.

Keimlinge		Fi		Lä		Vb	
		Waldboden	Totholz	Waldboden	Totholz	Waldboden	Totholz
LäW	N/ha	0	0	0	0	6.154	0
	Stabw	± 0	± 0	± 0	± 0	± 15.021	± 0
FiW	N/ha	61.538	743	0	0	4.615	8
	Stabw	± 94.136	± 1.728	± 0	± 0	± 13.033	± 23
NWR	N/ha	40.000	483	0	0	5.000	5
	Stabw	± 81.019	± 1.429	± 0	± 0	± 13.397	± 19

Tab. 15 Mittlere Anzahl der Keimlinge [N/ha] und Standardabweichung getrennt nach Vorkommen auf Waldboden und Totholz in den Hauptwaldgesellschaften und dem gesamten NWR

Mehrjährige		Fi		Lä		Vb	
		Waldboden	Totholz	Waldboden	Totholz	Waldboden	Totholz
LäW	N/ha	769	0	3.846	0	74.615	0
	Stabw	± 2.774	± 0	± 11.209	± 0	± 119.556	± 0
FiW	N/ha	110.769	838	1.538	0	85.385	29
	Stabw	± 162.528	± 1.444	± 7.845	± 0	± 144.478	± 97
NWR	N/ha	72.250	545	2.250	0	81.750	19
	Stabw	± 140.576	± 1.225	± 8.912	± 0	± 133.434	± 79

Tab. 16 Mittlere Anzahl der Mehrjährigen Verjüngungspflanzen bis 15 cm [N/ha] und Standardabweichung getrennt nach Vorkommen auf Waldboden und Totholz in den Hauptwaldgesellschaften und dem gesamten NWR

V >15-30cm		Fi		Lä		Vb	
		Waldboden	Totholz	Waldboden	Totholz	Waldboden	Totholz
LäW	N/ha	0	3	0	3	12.308	0
	Stabw	± 0	± 9	± 0	± 9	± 16.408	± 0
FiW	N/ha	27.308	153	2.308	0	10.000	3
	Stabw	± 63.344	± 322	± 9.923	± 0	± 25.456	± 13
NWR	N/ha	17.750	102	1.500	1	10.500	2
	Stabw	± 52.403	± 269	± 8.022	± 5	± 22.412	± 11

Tab. 17 Mittlere Anzahl der Verjüngungspflanzen >15-30 cm [N/ha] und Standardabweichung getrennt nach Vorkommen auf Waldboden und Totholz in den Hauptwaldgesellschaften und dem gesamten NWR

V > 30-130 cm		Fi		Lä		Vb	
		Waldboden	Totholz	Waldboden	Totholz	Waldboden	Totholz
LäW	N/ha	69	0	274	3	438	5
	Stabw	± 99	± 0	± 233	± 9	± 420	± 18
FiW	N/ha	1.759	80	95	1	212	5
	Stabw	± 1.996	± 183	± 228	± 7	± 425	± 26
NWR	N/ha	1.167	52	152	2	283	5
	Stabw	± 1.796	± 151	± 240	± 7	± 427	± 23

Tab. 18 Mittlere Anzahl der Verjüngungspflanzen >30-130 cm [N/ha] und Standardabweichung getrennt nach Vorkommen auf Waldboden und Totholz in den Hauptwaldgesellschaften und dem gesamten NWR

Bei den mehrjährigen Verjüngungspflanzen bis 15 cm wurden 351 Verjüngungspflanzen erhoben. Hier besteht ein deutlicher Unterschied bei der Fichtenverjüngung im Lärchen-Zirbenwald (769 ± 2.774 Pflanzen/ha) und im Subalpinen Fichtenwald (110.769 ± 162.528 Pflanzen/ha). Dieser signifikante ($p = 0,000$) Unterschied für Fichte zwischen den Waldgesellschaften ist auch im Vorkommen in Bezug auf Waldboden und auf Totholz zu erkennen.

Ein weniger deutlicher Unterschied zwischen den Waldgesellschaften ist bei der Vogelbeerverjüngung zu finden. Hier wurden im Lärchen-Zirbenwald 74.615 ± 119.556 Pflanzen/ha und im Subalpinen Fichtenwald 85.385 ± 144.478 Pflanzen/ha erhoben. Einzig die Lärchenverjüngung weist im Lärchen-Zirbenwald (3.846 ± 11.209 Individuen/ha) höhere Werte als im Subalpinen Fichtenwald (1.538 ± 7.845 Individuen/ha) auf. Wie bei den Keimlingen kommen mehrjährige Verjüngungspflanzen auf Totholz bei Lärche gar nicht und bei Vogelbeere kaum vor. Fichte weist ein Vorkommen von 545 ± 1.225 Verjüngungspflanzen/ha auf Totholz auf.

Verjüngungspflanzen >15-30 cm kommen für Fichte und Lärche im Lärchen-Zirbenwald überhaupt nicht vor. Vogelbeere umso häufiger mit 12.308 ± 16.408 Individuen/ha. Im Subalpinen Fichtenwald tritt die Fichte mit 27.308 ± 63.344 und die Lärche mit 2.308 ± 9.923 Individuen/ha auf. Die Verjüngung wurde auf insgesamt 640 m^2 Waldboden und dem vorkommenden Totholz erhoben. Auch in dieser Verjüngungsklasse ist es hauptsächlich die Fichte, welche im NWR mit 100 ± 268 Stück/ha auf Totholz zu finden ist.

Bei den Verjüngungspflanzen >30-130 cm sind im gesamten NWR für Fichte im Mittel 1.167 ± 1.796 Stück/ha zu finden, für Lärche 152 ± 240 Stück/ha und für Vogelbeere 283 ± 427 Stück/ha. Auf Totholz finden sich für Fichte 52 ± 151 Stück/ha, für Lärche 2 ± 7 Stück/ha und für Vogelbeere 5 ± 23 Stück/ha. Auf den insgesamt $1,2 \text{ ha}$ Aufnahmefläche wurden dabei 1.917 Individuen am Waldboden und 89 Individuen auf Totholz gezählt und vermessen. Im Lärchen-Zirbenwald macht die Verjüngung von Lärche in dieser Höhenklasse den Hauptanteil der Verjüngung aus mit 274 ± 233 Individuen/ha. Im Subalpinen Fichtenwald ist es die Fichte, die mit 1.759 ± 1.996 Individuen/ha den Hauptanteil an der Verjüngung stellt.

Verjüngungsstruktur

Die Anzahl der Individuen in den Höhenklassen der Verjüngungspflanzen >30-130 cm werden zur besseren Veranschaulichung in Abb. 31 dargestellt. Fichte weist die höchste Anzahl von Verjüngungspflanzen in einer Höhe von 31-40 cm auf. Danach nimmt die Anzahl kontinuierlich ab. Nur in der Höhenklasse 121-130 cm kommt es zu einem neuerlichen Anstieg. Lärche weist über alle Höhenstufen eine gleichmäßige Verteilung auf, ebenfalls hier auch ein deutlicher Anstieg bei den Pflanzen 121-130 cm. Der Verlauf der Höhenkurve der Vogelbeere folgt dem der Fichte.

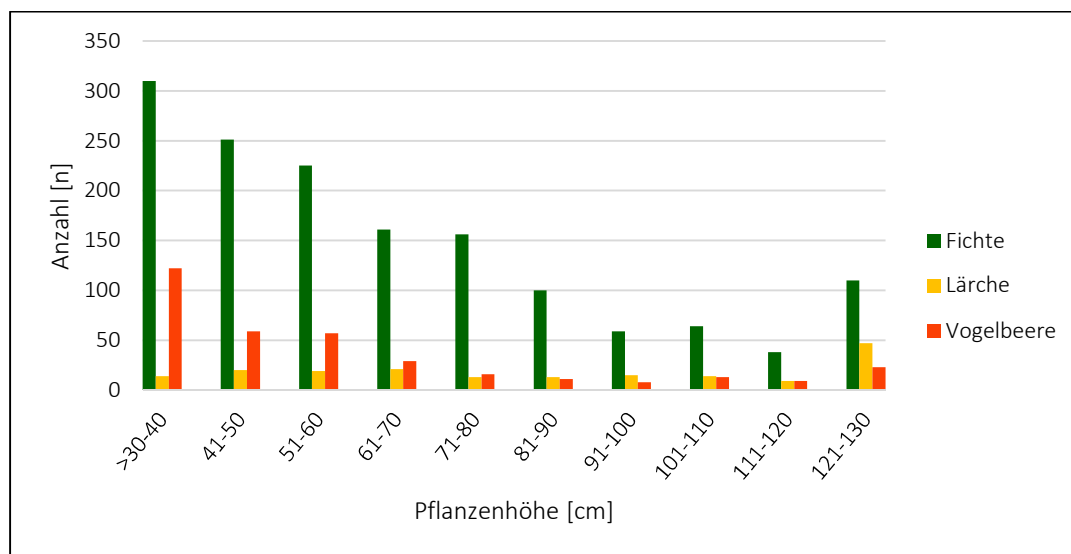


Abb. 31 Höhenkurve der Verjüngungspflanzen >30-130 cm dargestellt nach Baumarten

Die Erfassung der Höhenzuwächse erfolgte bei den Verjüngungspflanzen >15-130 cm. Dabei wurden die Höhenzuwächse der letzten vier Vegetationsperioden gemessen. Für die Berechnung der Ergebnisse wurden alle Verjüngungspflanzen >15-130 cm herangezogen, sowohl auf Totholz, als auch auf Waldboden wachsend, welche am Terminaltrieb nicht verbissen waren. Tab. 19 zeigt die Ergebnisse der mittleren jährlichen Höhenzuwächse in mm für alle vorkommenden Baumarten. Fichtenverjüngung der Höhenstufe >15-30 cm hat im Schnitt einen Höhenzuwachs von $17,1 \pm 7,5$ mm im Jahr. Lärchenverjüngung derselben Höhenstufe wächst fast um das doppelte um $29,8 \pm 14,7$ mm. Vogelbeere weist Zuwachswerte von $19,5 \pm 11,8$ mm/Jahr im gesamten NWR auf.

Jährlicher Höhenzuwachs [mm]		Fi	Stabw	Lä	Stabw	Vb	Stabw
V: >15-30cm	LäW	18,0	± 6,1	27,0	± 18,0	21,0	± 16,4
	FiW	17,1	± 7,5	30,7	± 14,2	18,9	± 9,8
	NWR	17,1	± 7,5	29,8	± 14,7	19,5	± 11,8
V: >30-130cm	LäW	22,4	± 14,6	47,2	± 37,4	32,2	± 20,2
	FiW	27,0	± 13,8	47,7	± 39,2	26,3	± 24,4
	NWR	26,9	± 13,9	47,4	± 38,0	27,7	± 22,3

Tab. 19 Mittlere jährliche Höhenzuwächse [mm] der Verjüngungsbaumarten über die letzten vier Jahre in den Höhenklassen >15-30 cm und >30-130 cm inkl. Standardabweichung

In der Verjüngungsstufe >30-130 cm zeigen sich im NWR ähnliche Größenverhältnisse zwischen den Baumarten. Während Fichte ($26,9 \pm 13,8$ mm) und Vogelbeere ($27,7 \pm 22,3$ mm) ähnliche Zuwachswerte aufweisen, hat die Lärche mit $47,4 \pm 38,0$ mm annähernd einen doppelt so hohen jährlichen Höhenzuwachs.

Verjüngungsschäden

Bei der Vitalitätsbeurteilung, welche bei allen Verjüngungspflanzen zwischen >15-130 cm stattfand, und die qualitativ in die Stufen 1 (sehr gut), 2 (mittel) und 3 (schlecht) eingeteilt wurden, ergab sich folgendes Bild: Fichtenverjüngung von >15-30 cm wurde mit einer mittleren Qualität bewertet ($2,0 \pm 0,0$ im Lärchen-Zirbenwald und $2,1 \pm 0,6$ im Subalpinen Fichtenwald); die Fichtenverjüngung von >30-130 cm weist durchwegs eine schlechtere Qualität auf. Lärchenverjüngung hat im Lärchen-Zirbenwald eine sehr gute Qualität ($1,0 \pm 0,0$ bzw. $1,9 \pm 0,7$) und tendiert im Subalpinen Fichtenwald zu mäßiger Qualität ($2,3 \pm 0,6$ bzw. $2,0 \pm 0,8$). Für Vogelbeere ergeben sich konstant schlechte Qualitätswerte über alle Waldgesellschaften und in allen Verjüngungshöhen (siehe Tab. 20).

Vitalität		Fi	Stabw	Lä	Stabw	Vb	Stabw
V: >15-30cm	LäW	2,0	± 0,0	1,0	± 0,0	2,3	± 0,8
	FiW	2,1	± 0,6	2,3	± 0,6	2,1	± 0,8
	NWR	2,1	± 0,6	2,0	± 0,8	2,2	± 0,8
V: >30-130cm	LäW	2,5	± 0,7	1,9	± 0,7	2,5	± 0,6
	FiW	2,3	± 0,6	2,0	± 0,8	2,5	± 0,6
	NWR	2,3	± 0,6	2,0	± 0,7	2,5	± 0,6

Tab. 20 Mittlere Vitalitätsbeurteilung der Verjüngungsbaumarten in den Höhenklassen >15-30 cm und >30-130 cm inkl. Standardabweichung

Im Weiteren werden die Schäden an der Verjüngung, insbesondere die Verbissituation, differenzierter betrachtet. Die Verbissanfälligkeiten wurden für die Verjüngungsklassen >15-30 cm und >30-130 cm erhoben. Dabei wurde der Verbiss von Pflanzen in Abhängigkeit zu ihrem Wuchsort (normaler Waldboden oder Totholz) ermittelt. Die Ergebnisse sind in Abb. 32 und Abb. 33 dargestellt.

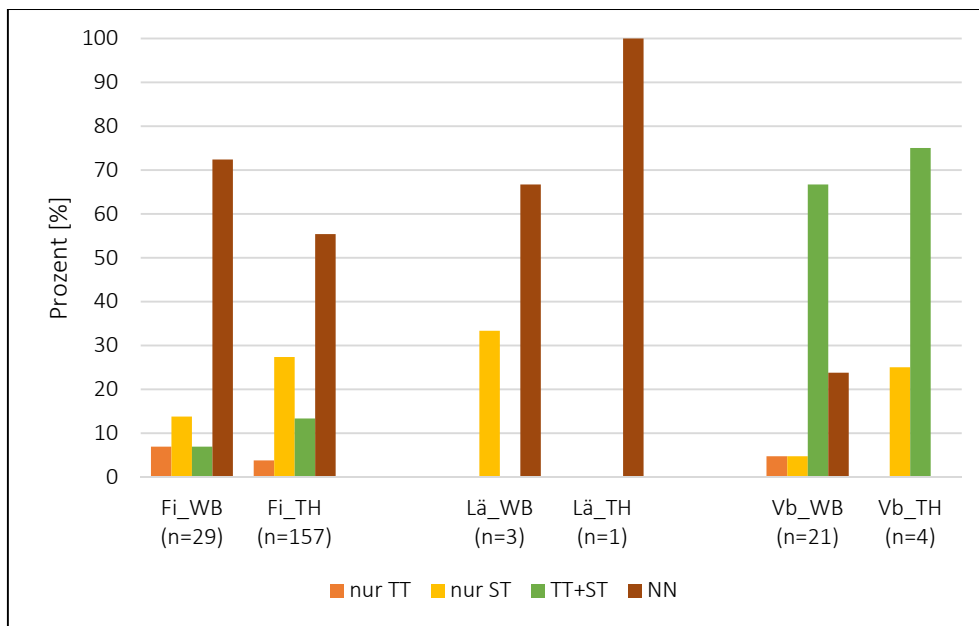


Abb. 32 Prozentualer Verbissanteil der Verjüngung >15-30 cm des NWR aufgenommen auf Waldboden (WB) und Totholz (TH), getrennt nach Baumarten, sowie Verbissart (nur Terminaltriebverbiss (TT), nur Seitentriebverbiss (ST), Terminal- und Seitentriebverbiss (TT + ST), gar kein Verbiss (NN))

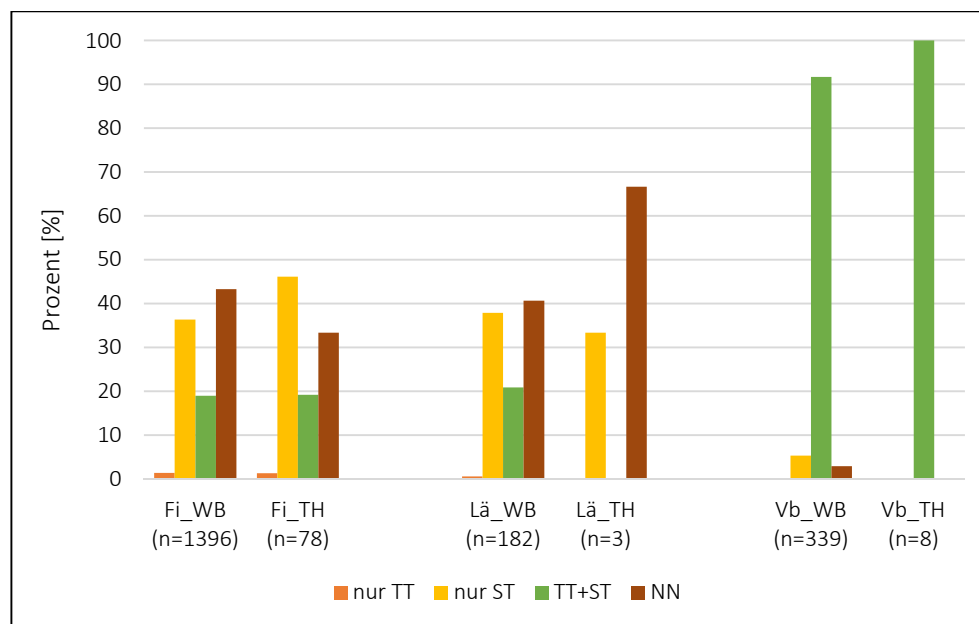


Abb. 33 Prozentualer Verbissanteil der Verjüngung >30-130 cm des NWR aufgenommen auf Waldboden (WB) und Totholz (TH), getrennt nach Baumarten, sowie Verbissart (nur Terminaltriebverbiss (TT), nur Seitentriebverbiss (ST), Terminal- und Seitentriebverbiss (TT+ ST), gar kein Verbiss (NN))

In der Verjüngungsklasse >15-30 cm weisen, sowohl auf Waldboden, als auch auf Totholz, über 50 % der Fichtenbäume keinerlei Verbisssspuren auf. Bei Lärche sind diese Werte sogar noch höher. Allerdings muss man hier beachten, dass auf Totholz auch nur ein Lärchenindividuum gefunden wurde. Für Vogelbeere konnten nur auf Waldboden Individuen ohne jeglichen Verbiss gefunden werden (23,8 %). Der Terminaltriebverbiss in dieser Verjüngungsklasse liegt bei Fichte bei 13,8 % auf Waldboden und 17,2 % auf Totholz. Für Vogelbeere liegen die Werte bei 71,5 % der Verjüngungspflanzen auf Waldboden und 75,0 % auf Totholz. In der Verjüngungsklasse >30-130 cm weisen deutlich mehr Pflanzen Verbisschäden auf als in der kleineren Höhenklasse. Allerdings sinkt die Zahl der Pflanzen, welche nur am Terminaltrieb verbissen werden und die Zahl der Verjüngungspflanzen, welche einzig am Seitentrieb verbissen werden, steigt an. Allerdings steigen auch die Zahlen derjenigen Pflanzen, welche am Terminal- und Seitentrieb verbissen sind. Bei den Fichtenverjüngungspflanzen >30-130 cm, vermessen auf Waldboden, wurde an 20,4 % der Verjüngung ein Terminaltriebverbiss festgestellt; bei der Lärchenverjüngung an 21,4 %. Vogelbeerverjüngung war zu 91,7 % am Terminaltrieb verbissen.

Deutlich höhere Werte ergeben sich für den Verbiss der Seitentriebe. Für Fichte der Verjüngungsklasse >15-30 cm ergeben sich Werte von 20,7 % verbissenen Pflanzen auf Waldboden und 40,8 % auf Totholz. Für Vogelbeerverjüngung liegen die Werte bei 71,5 % (Waldboden) und 100 % (Totholz). Noch höhere Werte ergeben sich für die Verjüngungsklasse >30-130 cm. Hier sind es bei Fichte 55,4 % der Pflanzen, welche auf Waldboden wachsen, und 65,4 % aller Pflanzen auf Totholz. Auch Lärche ist mit 58,8 % (Waldboden) und 33,3 % (Totholz) deutlich anfälliger für Seitentriebverbiss.

Die Intensität des Seitentriebverbisses wurde in 10 %-Schritten erhoben. Hier zeigt sich, wie in Tab. 21 dargestellt, ein sehr differenziertes Bild für die einzelnen Baumarten in den verschiedenen Waldgesellschaften. Seitentriebverbiss an Verjüngungspflanzen der Fichte und Lärche >15-30 cm kommt einzig im Subalpinen Fichtenwald und hier mit einer Intensität von 10-30 % aller Seitentriebe vor. Vogelbeerverjüngung der gleichen Höhenstufe wird in beiden Waldgesellschaften am Seitentrieb verbissen. Die Höhenklasse >30-130 cm zeigt intensivere Seitentriebverbisswerte auf. Immerhin 7,3 % aller Fichten-, 4,9 % aller Lärchen- und 48,4 % aller Vogelbeerpflanzen weisen an 70-90 % aller Seitentriebe Verbisssspuren auf.

Verbiss Seitentriebe[%]			0 %	10-30 %	40-60 %	70-90 %
>15-30	Fi	LäW	100,0	-	-	-
		FiW	62,2	27,6	8,6	1,6
		NWR	62,4	27,4	8,6	1,6
	Lä	LäW	100,0	-	-	-
		FiW	66,7	33,3	-	-
		NWR	75,0	25,0	-	-
	Vb	LäW	20,0	-	40,0	40,0
		FiW	26,7	20,0	26,7	26,6
		NWR	24,0	12,0	32,0	32,0
>30-130	Fi	LäW	37,1	29,6	29,6	3,7
		FiW	44,5	30,9	17,2	7,4
		NWR	44,2	30,9	17,6	7,3
	Lä	LäW	39,4	35,8	18,4	6,4
		FiW	44,0	29,3	24,0	2,7
		NWR	41,6	33,0	20,5	4,9
	Vb	LäW	5,2	5,2	37,6	52,0
		FiW	0,6	8,8	45,6	45,0
		NWR	2,9	6,9	41,8	48,4

Tab. 21 Prozentuale Verteilung der Intensität der Seitentriebverbisse der Verjüngung im NWR und aufgeteilt nach Waldgesellschaften in den Höhenstufen >15-30 cm und >30-130 cm

Schadmerkmale [%]			0 S	1-2 S	3-5 S
V: >15-30 cm	Fi	LäW	0,0	100,0	0,0
		FiW	10,3	88,1	1,6
		NWR	10,2	88,2	1,6
	Lä	LäW	100,0	0,0	0,0
		FiW	0,0	100,0	0,0
		NWR	25,0	75,0	0,0
	Vb	LäW	0,0	100,0	0,0
		FiW	0,0	100,0	0,0
		NWR	0,0	100,0	0,0
V: >30-130 cm	Fi	LäW	7,4	48,1	44,4
		FiW	2,2	85,4	12,3
		NWR	2,3	84,8	12,9
	Lä	LäW	15,6	84,4	0,0
		FiW	20,0	77,3	2,7
		NWR	17,3	81,6	1,1
	Vb	LäW	4,0	93,6	2,3
		FiW	0,6	96,5	2,9
		NWR	2,3	95,1	2,6

Tab. 22 Auftreten der Schadmerkmale in % nach Anzahl der Schadmerkmale und nach Auftreten in den verschiedenen Waldgesellschaften und im gesamten NWR

Die erhobenen Schadmerkmale an der Verjüngung >15-130 cm zeigen ein deutlicheres Bild über die im NWR auftretenden Schäden. Insgesamt wurden zwischen null und fünf Schadmerkmale pro Verjüngungspflanze festgestellt. Die prozentuale Verteilung der Schadmerkmale nach Anzahl und Waldgesellschaft sind in Tab. 22 dargestellt.

Bei Fichte weisen über 80 % aller Verjüngungspflanzen der Höhe >15-30 cm, im Lärchen-Zirbenwald sogar 100 %, mindestens ein bis zwei Schadmerkmale auf. Lärchenverjüngung im Lärchen-Zirbenwald ist nicht geschädigt, im Subalpinen Fichtenwald jedoch zu 100 % mit ein bis zwei Schadmerkmalen. Vogelbeerverjüngung in dieser Höhenstufe weist über das gesamte NWR an jeder Pflanze ein bis zwei Schadmerkmale auf. Bei den höheren Verjüngungspflanzen >30-130 cm weisen 44,4 % der Fichtenverjüngung im Lärchen-Zirbenwald bereits drei bis fünf Schadmerkmale auf. Im Subalpinen Fichtenwald sind es noch 12,3 %. Lärche und Vogelbeere haben an einem Großteil ihrer Verjüngung ein bis zwei Schadmerkmale.

Von allen erhobenen Schadmerkmalen wurde die Häufigkeit des Vorkommens für jede Baumart ermittelt und in Abb. 34 dargestellt. Bei Fichte sind Schädigungen durch Schnee mit 36,9 % das häufigste Schadmerkmal an der Verjüngung, gefolgt von Schalenwildverbiss (32,4 %), intraspezifischer Konkurrenz (17,1 %) und Insekten/ Milben (3,3 %). Lärchenverjüngung wird am häufigsten (52,4 %) durch Schalenwildverbiss geschädigt, gefolgt von Schnee (24,8 %) und unbekannten Schadfaktoren (6,7 %). Bei der Vogelbeere zeigt sich ein noch deutlicheres Bild. Hier machen Schalenwildschäden 74,7 % der Schadmerkmale aus, gefolgt von Insekten und Milben (16,6 %).

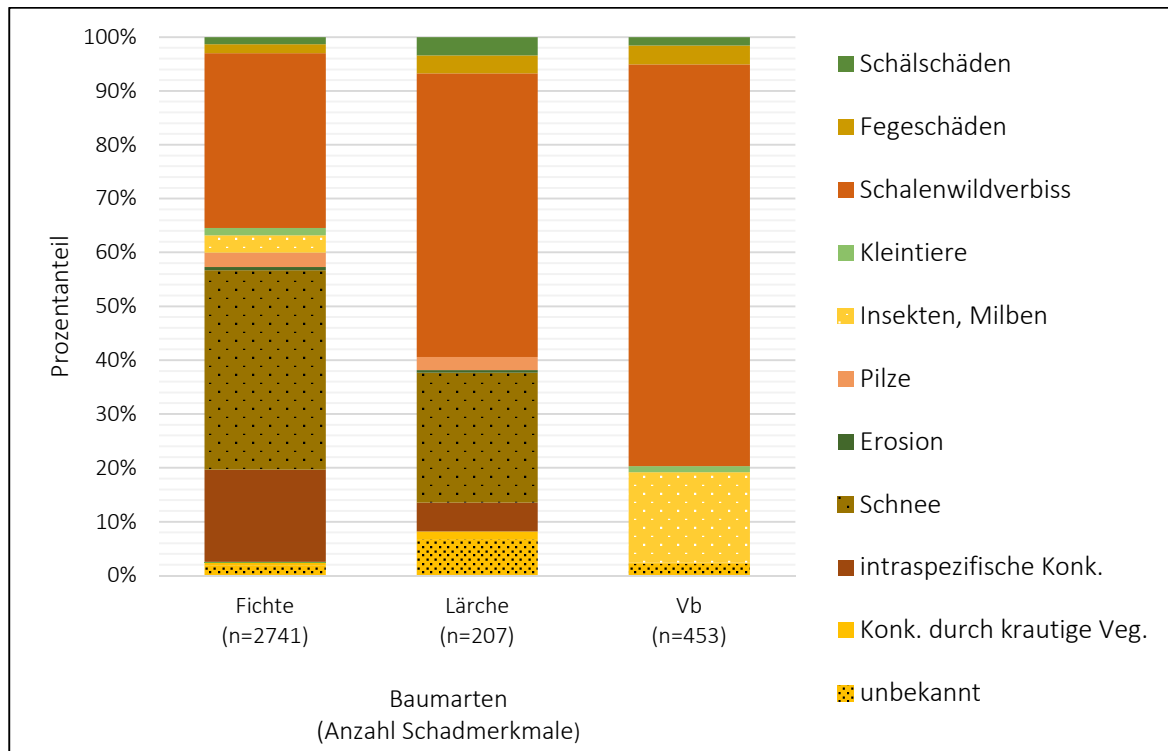


Abb. 34 Prozentanteil aller aufgenommenen Schadmerkmale bei der Verjüngung in der Höhenklasse >15-130 cm der Baumarten Fichte, Lärche und Vogelbeere

Da ebenfalls der Grad der jeweiligen Schädigung erhoben wurde, kann auch eine Aussage über die Intensität der Schädigung getroffen werden. Unterteilt werden die Schädigungsgrade in 1 (gering, ohne Einfluss auf Wachstum und Vitalität), 2 (mittel, wahrscheinlicher Einfluss auf Wachstum und Vitalität), 3 (schwer, wahrscheinlich starker Einfluss auf Wachstum und Vitalität) und 4 (letal, unmittelbar tödlicher Einfluss).

Betrachtet man hier den Schalenwildverbiss, so ist zu erkennen, dass auch beim Grad der Schädigung kein deutlicher Unterschied zwischen Fichte und Lärche auftritt. Bei Fichte treten geringe Schäden zu 13 %, bei Lärche zu 12,8 % auf. Circa ein Drittel aller Verbisschäden beider Baumarten sind „schweren Schäden“ zuzuordnen. Bei Vogelbeere treten diese zu zwei Dritteln auf (siehe Abb. 35). Betrachtet man für Fichte und Lärche ein weiteres bedeutendes Schadmerkmal – den Schnee – so ist zu erkennen, dass die Fichte schwerere Schädigungen durch Schnee erlitten hat als die Lärche. Diese machen bei Fichte 42,5 % der Schäden aus, bei Lärche hingegen nur 26,9 % (siehe Abb. 36).

Für Vogelbeere wird das zweithäufigste Schadmerkmal, die Schädigung durch Insekten und Milben, betrachtet. Die hier auftretenden Schäden sind im Projektgebiet nie letal und nur zu 1,3 % schwerwiegend. 85,6 % sind als „mittlere Schäden“ zu verzeichnen.

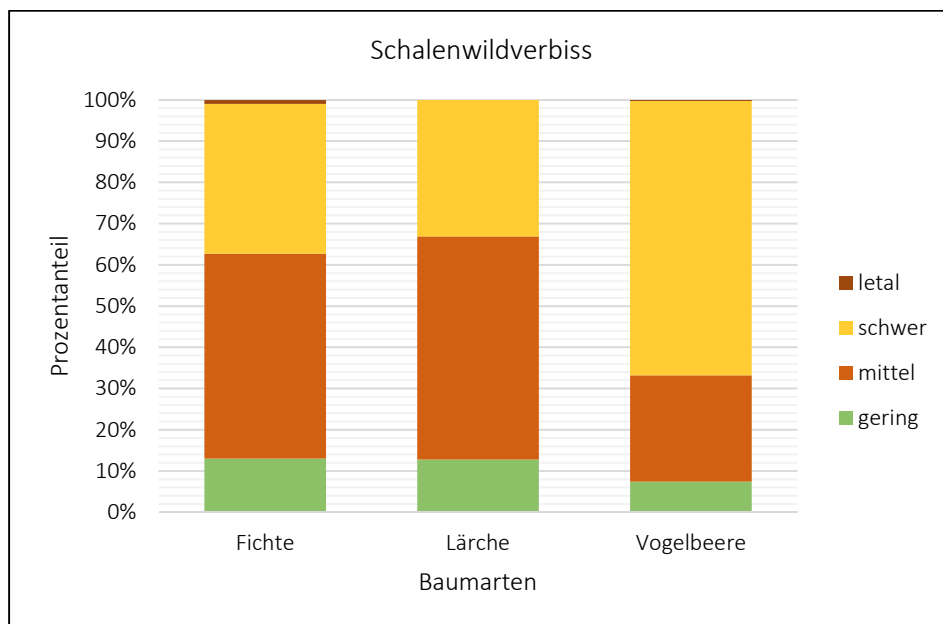


Abb. 35 Prozentanteil des Grades der Schädigung der Fichten-, Lärchen- und Vogelbeerverjüngung >15-130 cm bezogen auf das Schadmerkmal Schalenwildverbiss

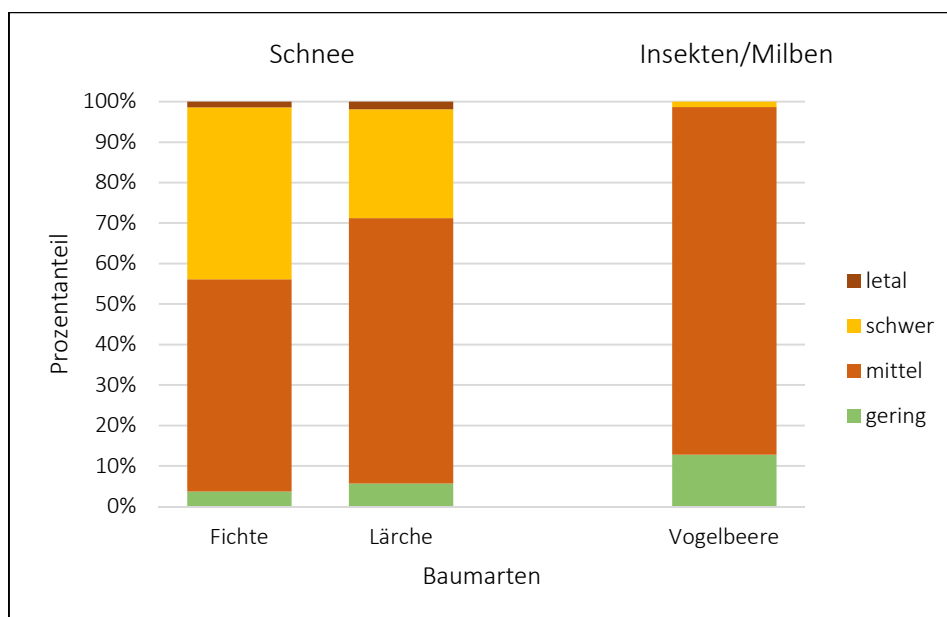


Abb. 36 Prozentanteil des Grades der Schädigung der Fichten- und Lärchenverjüngung >15-130 cm bezogen auf Schnee als Schadmerkmal und Grad der Schädigung der Vogelbeerverjüngung >15-130 cm bezogen auf Schäden durch Insekten/Milben

4.3.3 Totholzanalyse

Totholzsituation

Für das im Naturwaldreservat Dürrwald vorhandene Totholzvorkommen, unterteilt in liegendes und stehendes Totholz sowie Stöcke, wurden Stammzahl, Grundfläche und Vorrat je Hektar berechnet und in Tab. 23 dargestellt.

		Liegendes TH	Stabw	Stehendes TH	Stabw	Stöcke	Stabw	Gesamt	Stabw
N/ha	LäW	59	± 51	5	± 13	44	± 46	108	± 64
	FiW	147	± 114	35	± 64	63	± 51	245	± 188
	NWR	115	± 106	24	± 53	55	± 50	194	± 171
G/ha	LäW	30,2	± 35,8	0,4	± 1,2	2,3	± 3,4	32,9	± 34,8
	FiW	191,1	± 144,9	1,4	± 5,5	4,2	± 6,6	198,5	± 148,6
	NWR	134	± 105,5	2,2	± 5,9	3,4	± 5,7	139,7	± 145,4
V/ha	LäW	5,7	± 11,3	1,7	± 5,9	1,7	± 2,4	9,1	± 12,5
	FiW	48,9	± 42,7	19,8	± 62	3,8	± 6,6	72,5	± 79,5
	NWR	33,6	± 40,6	13,4	± 50,5	3,0	± 5,6	50,0	± 71,1

Tab. 23 Mittlere Stammzahl [N], mittlere Grundfläche [m²] und mittleres Volumen [m³] je Hektar für liegendes und stehendes TH sowie Stöcke inklusive Standardabweichung, getrennt nach Waldgesellschaften und für das gesamte NWR

Generell ist zu erkennen, dass im Subalpinen Fichtenwald der Totholzanteil, unabhängig von der Art des Totholzes, höher ist als im Lärchen-Zirbenwald. Im mittleren Schnitt sind im Naturwaldreservat Dürrwald 115 ± 106 liegende Totholzstämme pro Hektar zu finden sowie 24 ± 53 stehende Totholz-Individuen $>1,3$ m und 55 ± 50 Stöcke $<1,3$ m je Hektar. Die Grundfläche, bedeckt durch liegendes Totholz, macht $134 \pm 105,5$ m² aus, für stehendes Totholz ergibt sich eine Fläche von $2,2 \pm 5,9$ m² und für Stöcke von $3,4 \pm 5,7$ m². Von dem im gesamten Bestand vorkommenden Baumvolumen ($477,6 \pm 499,3$ m³/ha lebender Bestand und $50,0 \pm 71,1$ m³/ha Totholz) entfallen somit etwa 9,5 % auf Totholz und 90,5 % auf den lebenden Bestand. Das Verhältnis Totholzmenge zu lebendem Vorrat liegt bei 10,5%.

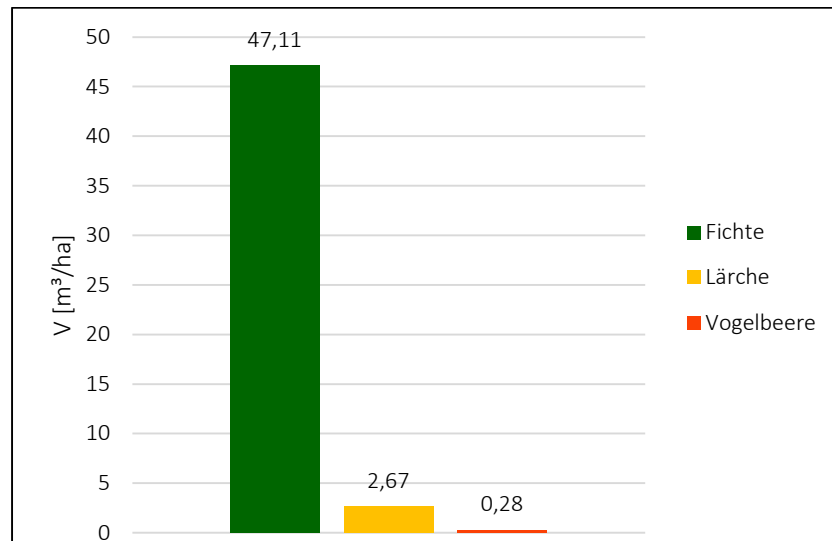


Abb. 37 Baumartenanteil [m³/ha] am Gesamttotholzvorrat im NWR

Ebenso wie im lebenden Bestand oder wie bei der Verjüngung findet man im Aufnahmegebiet nur Totholzvorkommen der Baumarten Fichte, Lärche und Vogelbeere. Die Fichte nimmt dabei jedoch mit großem Abstand den höchsten Anteil ein und weist ein mittleres Volumen von 47,11 m³/ha auf. Lärche kommt dazu im Vergleich mit 2,67 m³/ha und Vogelbeere mit 0,28 m³/ha vor.

Betrachtet man das Totholzvorkommen von liegenden Stämmen und Ästen <10 cm MDM, so weisen im NWR 32,5 % der Flächen einen Bodenbedeckungsgrad <1 % auf. Auf 28 % der Flächen kommt es zu wenig Bodenbedeckung, auf 32 % zu durchschnittlich stärkerem Vorkommen von schwachem Totholz. Lediglich auf 8 % der Flächen kommt es zu einer starken Bodenbedeckung mit schwachem Totholz. Stichprobenpunkte mit einer Bodenbedeckung mit Totholz >50 % sind an keiner Stelle des NWR zu finden (siehe Abb. 34).

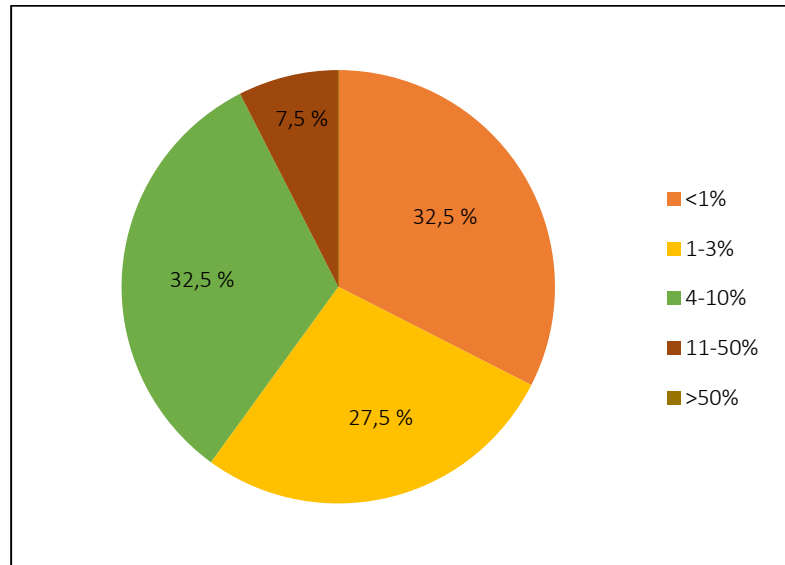


Abb. 38 Prozentanteil des Deckungsgrades (1-5) des flächig liegenden Totholzes <10 cm MDM an den Stichprobenpunkten im NWR

Mit Hilfe von Adobe Illustrator konnte das liegende Totholz an jedem Stichprobenpunkt gezeichnet werden. Durch die räumliche Anordnung der Stichprobenpunkte (siehe Abb. 39) ist eine gute Gesamtübersicht der örtlichen Verteilung des Totholzvorkommens erkennbar. Deutlich festzustellen ist ein schwaches Vorkommen von liegendem Totholz in den höheren Lagen des NWR im Bereich des Lärchen-Zirbenwaldes und an den östlichen und westlichen Randbereichen des Reservates. An den unteren und mittleren Stichprobenpunkten ist jedoch eine deutliche Akkumulation des liegenden Totholzes zu erkennen.

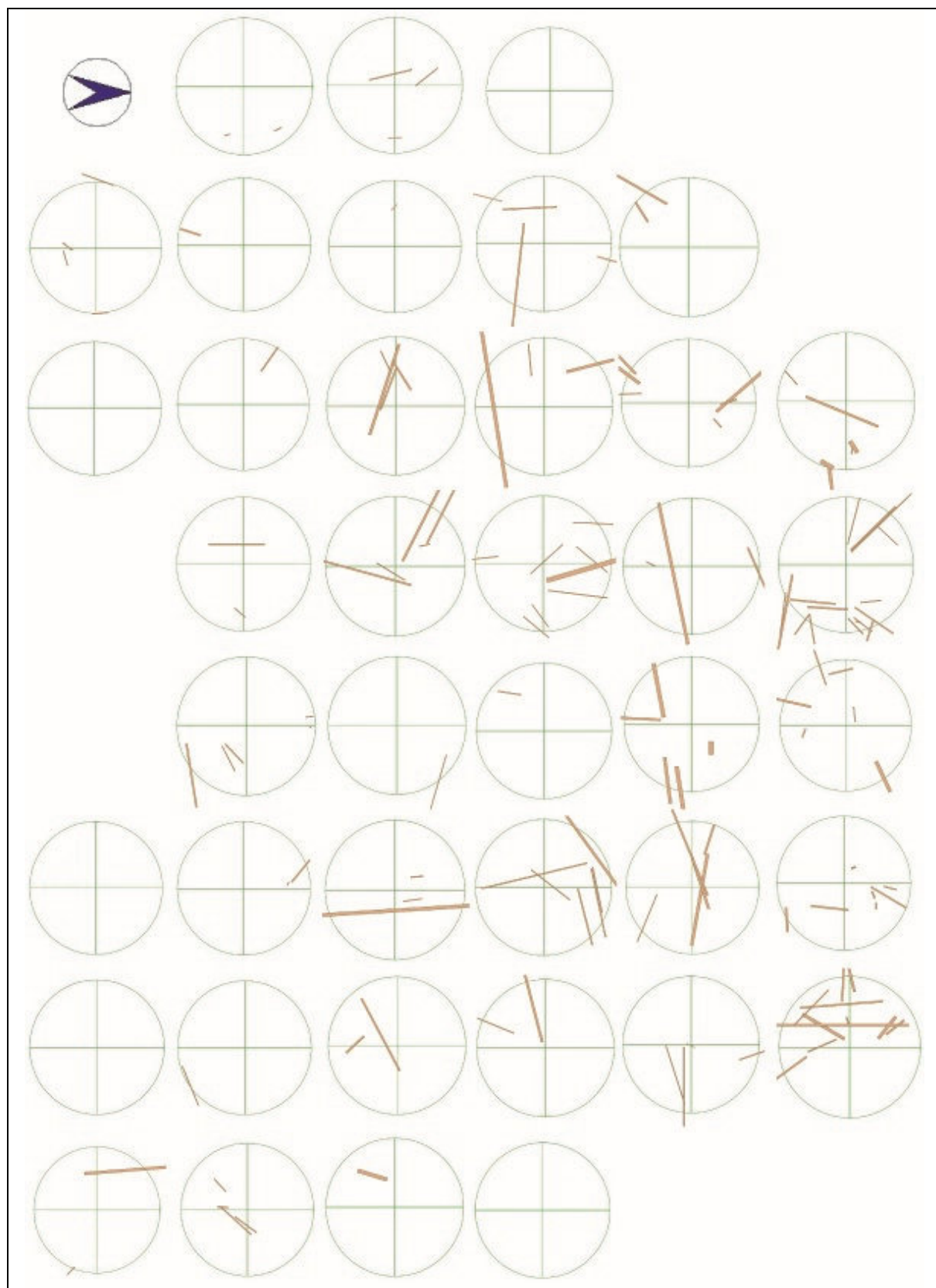


Abb. 39 Übersicht über das liegende Totholz im Aufnahmegebiet an den einzelnen Stichprobenpunkten

Totholzstruktur

Das durchschnittliche liegende Totholz im Naturwaldreservat Dürrwald ist ein Fichtenstamm mit einem mittleren Durchmesser von $21,4 \pm 13,0$ cm und einer Länge von $7,18 \pm 6,56$ m. Das durchschnittliche stehende Totholz ist ebenfalls ein Fichtenstamm mit einem BHD von $26,2 \pm 22,2$ cm und einer Höhe von $9,3 \pm 7,8$ m.

Im Rahmen des ELENA-Projektes wurde ein fünf-stufiger Schlüssel zur Bestimmung des Zersetzungszustandes des Totholzes angewandt. Die Kategorien A-E symbolisieren die Stufen der Zersetzung und werden in Abb. 40 für die verschiedenen Totholz-Kategorien dargestellt.

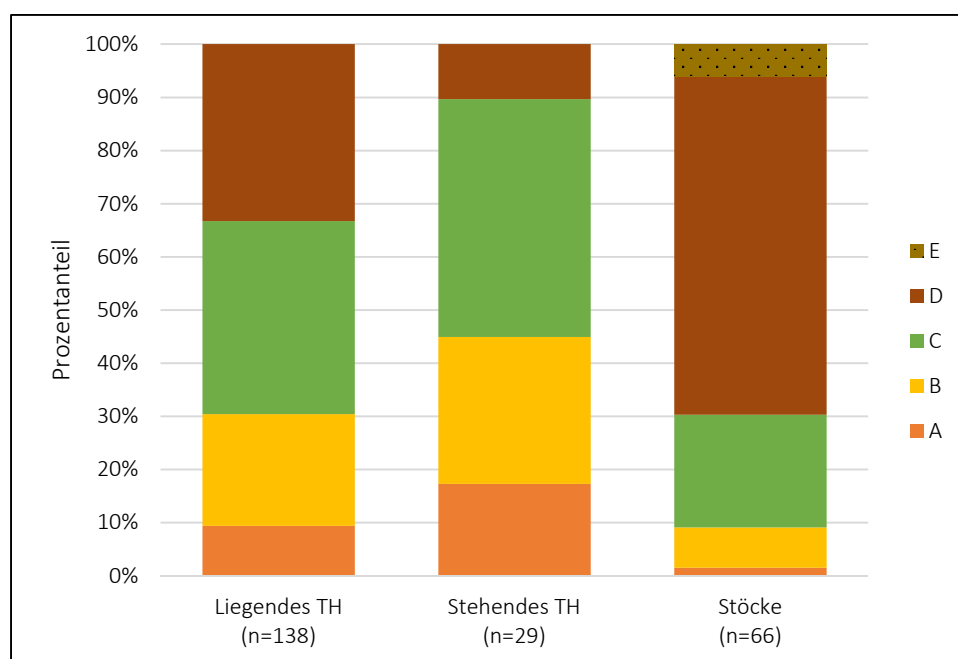


Abb. 40 Zersetzungsgrad des aufgenommenen Totholzes im NWR unterteilt nach Art des Totholzes und Grad des Zersetzung (A-E)

Zu erkennen ist, dass liegendes Totholz fast zu gleichen Teilen als Totholz mit fortgeschrittener Zersetzung (Kat. C – 36,3 %) und als Totholz mit starker Zersetzung (Kat. D – 33,3 %) vorkommt. Kategorie E, bereits zu Humus zersetztes Totholz, kommt bei liegenden Stämmen im NWR nicht vor. Als frisch tot wurden 9,4 % der erhobenen Stämme angesprochen. Bei stehendem Totholz ist der Anteil an frisch totem Holz mit 17,3 % höher als bei den liegenden Stämmen. Auch Kategorie B (beginnende Zersetzung – 27,6 %) und Kategorie C (44,8 %) weisen beim stehenden Totholz höhere Anteile auf als beim liegenden. Kategorie D ist mit 10,3 % deutlich geringer. Einzig bei den Stöcken sind 6,1 % aller erhobenen Individuen bereits so stark zersetzt, dass keine Holzstruktur mehr zu erkennen ist. Auch der Anteil von stark

zersetztem Holz ist bei den Stöcken mit 63,6 % verhältnismäßig hoch. Frisch tote Stöcke (1,5 %) oder Stöcke in beginnender Zersetzung (7,6 %) sind kaum bzw. selten zu finden.

Einhergehend mit der Zersetzung ist auch die Entrindung des vorkommenden Totholzes als Strukturmerkmal zu erheben, welche in vier Stufen zu 25 %-Schritten unterteilt wird. Über die Hälfte des liegenden Totholzes weist eine Berindung der Kategorie 4 (0-25 % der Rinde noch vorhanden) auf. Bei stehendem Totholz sind dies lediglich 17,3 %. Hier sind die meisten (31 %) stehenden Stämme noch zu 75-100 % berindet (Kat. 1). Der Anteil der zur Hälfte (Kat. 2) und zu einem Viertel (Kat. 3) berindeten Stämme ist nahezu ident. 75,5 % aller erhobenen Stöcke haben lediglich noch 0-25 % ihrer ursprünglichen Berindung.

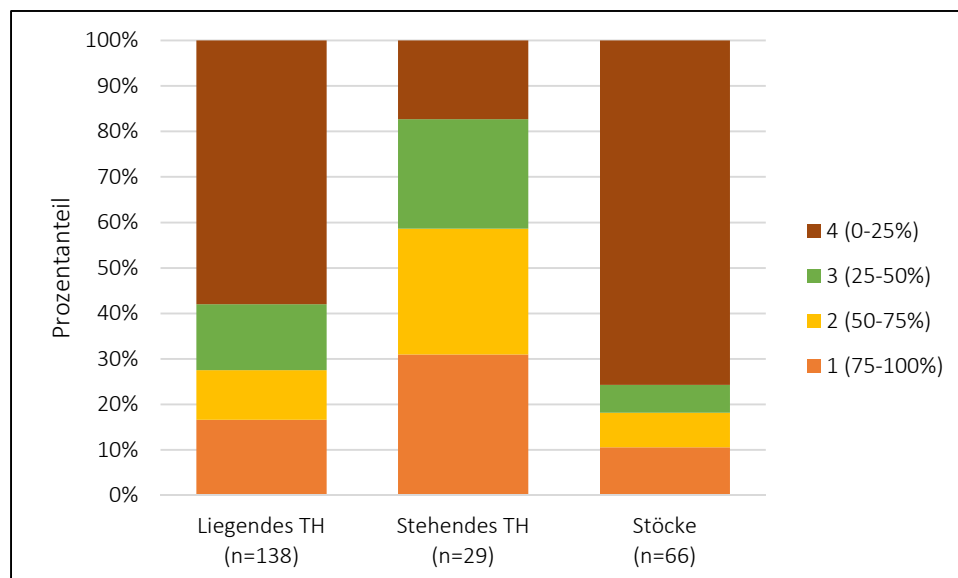


Abb. 41 Berindungsgrad des aufgenommenen Totholzes im NWR unterteilt nach Art des Totholzes und Grad der Entrindung (1-4)

Um den Zustand des liegenden Totholzes noch besser beschreiben zu können, wurde zusätzlich zu Zersetzungs- und Entrindungsgrad die Bedeckung der Stämme mit Moosen und Gefäßpflanzen erhoben. Diese Erhebungen sind in Abb. 42 dargestellt. Trotz der teilweise schon stark fortgeschrittenen Zersetzung sind 71 % aller liegenden Stämme nicht mit Moosen oder Gefäßpflanzen bedeckt. Die Bedeckung mit Moos ist auf 25 % aller Stämme zu finden. Gefäßpflanzen finden sich lediglich auf 4 %.

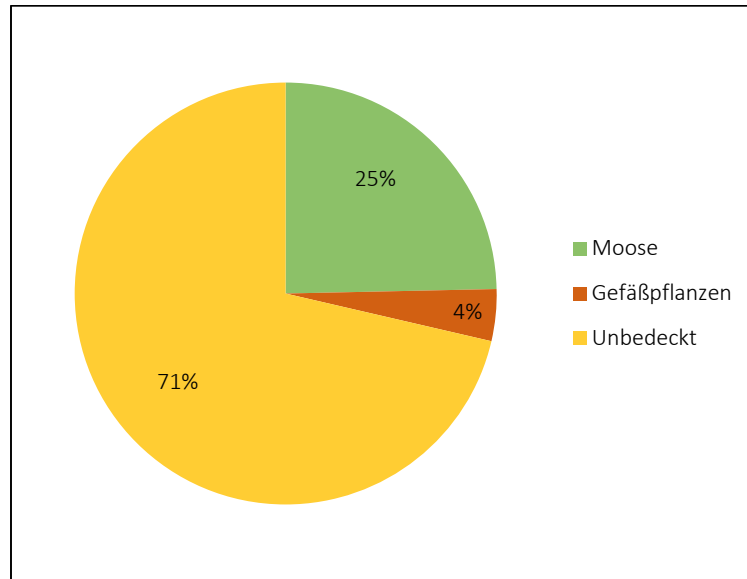


Abb. 42 Mittlere Bedeckung des liegenden Totholzes

Als Gründe, welche zum Absterben des Holzes geführt haben, wurden im gesamten NWR Konkurrenz, Schneebruch, Windwurf und anthropogene Eingriffe angesprochen. Bei über 75 % aller aufgenommen Totholzkategorien konnten jedoch keine Angaben über den Grund des Absterbens gemacht werden. Bei liegendem Totholz waren Windwurf (10,9 %) und Schneebruch (8,7 %) die häufigste Mortalitätsursachen. Bei stehendem Totholz führte Konkurrenz durch andere Stämme zu 17,2 % zu einem Absterben des Baumes.

4.4 Schutzfunktionserfüllung

Bei der Erhebung der Stichprobenpunkte wurden für das Naturwaldreservat Dürrwald eine Reihe möglich auftretender Naturgefahren angesprochen. Am häufigsten wurde dabei die Gefahr durch Lawinen und Schnee angesprochen. Stellenweise sind Lawinenzüge im Gebiet zu erkennen. Aufgrund zahlreicher Blockstandorte und instabiler, lockerer Geländeformen wurden Steinschlag und mögliche Hangrutschungen als zweithäufigste Naturgefahr ausgewiesen. Das stellenweise starke Vorkommen von Wasser durch die im Gebiet abgehenden Bäche kann je nach Stärke des Wetter-Ereignisses zu Vermurungen führen.



Abb. 43 Steinschlagereignis an Stichprobenpunkt 24 (Foto: S. Becker)

4.4.1 Schutzerfüllung aufgrund des Standortstyps

Zur Beurteilung der Schutzfunktionalität aufgrund des Standortstyps wurden der Lärchen-Zirbenwald und der Subalpine Fichtenwald des Naturwaldreservats untersucht. Stichprobenpunkt 29, der dem Erlenbuschwald zuzuordnen ist, wurde auch hier nicht näher berücksichtigt. Abb. 44 und Abb. 45 zeigen das Minimal- und Idealprofil zur Schutzfunktionserfüllung für die zwei Hauptwaldgesellschaften. Aus dem NaiS-Katalog wurden dabei die Waldgesellschaften 57C für den Subalpinen Fichtenwald und 59 für den

Lärchen-Zirbenwald ausgewählt, da für den eigentlich besser geeigneten Standort 59A keine Minimal- und Idealanforderungen im NaiS-Katalog formuliert werden.

59 Lärchen-Arvenwald mit Alpenrose 59V Lärchen-Arvenwald mit Heidelbeere				
Bestandes- und Einzelbaummerkmale	Anforderungen minimal		Anforderungen ideal	
Mischung Art und Grad	Av	50 - 100%	Av	60 - 90%
	Lä	0 - 50%	Lä	10 - 40%
	Vb	Samenbäume	Vb, evt. BFö	Samenbäume
Gefüge BHD-Streuung	Genügend entwicklungsfähige Bäume in mind. 3 verschiedenen Durchmesserklassen pro ha		Genügend entwicklungsfähige Bäume in 4 verschiedenen Durchmesserklassen pro ha	
Horizontal	Einzelbäume und Rotten		Einzelbäume und Rotten Schlussgrad locker - räumig	
Stabilitätsträger Kronen	Kronenlänge mind. ¾		Kronen bis zum Boden	
Stand/Verankerung	Die meisten Stämme mit guter Verankerung		Alle Stämme mit guter Verankerung, keine starken Hänger.	
Verjüngung Keimbett	Erhöhte Stellen ohne starke Vegetationskonkurrenz vorhanden (Arve)		Erhöhte Stellen ohne starke Vegetationskonkurrenz (Arve) und Stellen mit Mineralerde (Lärche) vorhanden	
Anwuchs (10 cm bis 40 cm Höhe)	An mind. 1/3 der erhöhten Stellen, wo Verjüngung möglich ist, Arve und Vogelbeere vorhanden		An mind. 1/2 der erhöhten Stellen, wo Verjüngung möglich ist, Arve und Vogelbeere vorhanden	
Aufwuchs (bis und mit Dickung, 40 cm Höhe bis 12 cm BHD)	59: Mindestens 40 Verjüngungsansätze/ha (durchschnittlich alle 16 m) 59V: Mindestens 30 Verjüngungsansätze/ha (durchschnittlich alle 19 m)		59: Mindestens 60 Verjüngungsansätze/ha (durchschnittlich alle 13 m) 59V: Mindestens 40 Verjüngungsansätze/ha (durchschnittlich alle 16 m)	
	Mischung zielgerecht		Mischung zielgerecht	

Abb. 44 Minimal- und Idealprofil des Standortstyps 59 – welcher dem Lärchen-Zirbenwald im NWR am nächsten kommt (aus FREHNER et al. 2005)

57V Alpenlattich-Fichtenwald mit Heidelbeere 57C Alpenlattich-Fichtenwald mit Wollreitgras				
Bestandes- und Einzelbaummerkmale	Anforderungen minimal		Anforderungen ideal	
Mischung Art und Grad	Fi	70 - 100%	Fi	85 - 95%
	Vb	Samenbäume - 30%	Vb	5%
	Lä	0 - 30%	Lä	0 - 10%
Gefüge BHD-Streuung	Genügend entwicklungsfähige Bäume in mind. 2 verschiedenen Durchmesserklassen pro ha		Genügend entwicklungsfähige Bäume in mind. 3 verschiedenen Durchmesserklassen pro ha	
Horizontal	Rotten, allenfalls Einzelbäume		Rotten, allenfalls Einzelbäume Schlussgrad locker - räumig	
Stabilitätsträger Kronen	Kronenlänge mind. 2/3		Kronen bis zum Boden	
Stand/Verankerung	Lotrechte Stämme mit guter Verankerung, nur vereinzelt starke Hänger		Lotrechte Stämme mit guter Verankerung, keine starken Hänger	
Verjüngung Keimbett	Alle 10 m (100 Stellen /ha) Moderholz oder erhöhte Kleinstandorte mit Vogelbeerwäldchen oder Mineralerde vorhanden 57C: Schutz gegen Schneegleiten (Baumstrünke, Totholz, Steine etc.) vorhanden		Alle 8 m (150 Stellen /ha) Moderholz oder erhöhte Kleinstandorte mit Vogelbeerwäldchen oder Mineralerde vorhanden 57C: Schutz gegen Schneegleiten (Baumstrünke, Totholz, Steine etc.) vorhanden	
Anwuchs (10 cm bis 40 cm Höhe)	An mind. 1/3 der verjüngungsgünstigen Stellen Fichte und Vogelbeere vorhanden		An mind. 1/2 der verjüngungsgünstigen Stellen Fichte und Vogelbeere vorhanden	
Aufwuchs (bis und mit Dickung, 40 cm Höhe bis 12 cm BHD)	Mindestens 70 Verjüngungsansätze/ha (durchschnittlich alle 12 m) Mischung zielgerecht		Mindestens 100 Verjüngungsansätze/ha (durchschnittlich alle 10 m) Mischung zielgerecht	

Abb. 45 Minimal- und Idealprofil des Standortstyps 57C – welcher dem Subalpinen Fichtenwald im NWR am nächsten kommt (aus FREHNER et al. 2005)

Von den 39 untersuchten Flächen erfüllen 15 Flächen nicht das Minimalprofil nach FREHNER et al. (2005) (gewichtete Mittelwerte zwischen -1,5 und -0,1). 10 Flächen weisen einen Mittelwert von ≥ 0 auf und erfüllen somit die Minimalanforderungen. 14 Flächen können die geforderten Parameter zur Gewährleistung der Schutzfunktion gut erfüllen. Tab. 24 zeigt für jeden einzelnen Stichprobenpunkt die Aufgliederung und Bewertung nach den einzelnen NaiS-Kriterien zum jetzigen Zeitpunkt im Jahr 2013 (die Aufgliederung für die Kriterien-Erfüllung zu den Zeitpunkten im Jahr 2023 und 2063 sind in Tab.31 und Tab.32 zu sehen).

Betrachtet man die einzelnen Parameter gesondert, so lassen sich für das Kriterium „BHD-Gefüge“ mit $1,4 \pm 2,2$ die höchsten Werte und somit die beste Erfüllung der Schutzfunktion feststellen, gefolgt von „Stabilität - Verankerung“ mit $1,3 \pm 2,0$. Die schlechtesten Werte und somit die geringste Erfüllung der Schutzkriterien findet man bei den Parametern „Baumartenmischung“ mit $-0,3 \pm 1,7$ und „Verjüngung – Anwuchs“ mit $-0,3 \pm 1,9$. Auf die Stichprobenpunkte gesondert betrachtet erfüllen die Punkte 40 mit $2,0 \pm 1,2$ und 06 mit $1,9 \pm 0,8$ am besten die geforderten Schutzfunktionen. Am schlechtesten werden die Kriterien an den Punkten 22 ($-1,5 \pm 2,6$) und 04 ($-1,3 \pm 2,0$) erfüllt. Insgesamt werden die Schutzfunktionskriterien im Subalpinen Fichtenwald besser erfüllt als im Lärchen-Zirbenwald.

Abb. 46 lässt die Veränderung der Schutzfunktionserfüllung auf den Flächen gut erkennen. Auf 95 % der Standorte kommt es in den nächsten zehn Jahren zu keiner ersichtlichen Änderung. Auf einer Fläche (2,5 %) kommt es zu einer geringen Verbesserung und auf einer weiteren (2,5 %) zu einer geringen Verschlechterung in der Schutzfunktionserfüllung.

Betrachtet man die Waldentwicklung für die nächsten 50 Jahre, so ist eine Verbesserung zum jetzigen Zustand auf 10 % der Flächen wahrscheinlich. Auf den restlichen Flächen kommt es zu keiner offensichtlichen Veränderung. Deutlich ersichtlich ist, dass vor allem im Subalpinen-Zirbenwald eine leicht bessere Schutzfunktionserfüllung in Zukunft wahrscheinlich ist. Abb. 58 zeigt exemplarisch ein ausgefülltes Formular zur Bewertung der zukünftigen Entwicklung der Schutzfunktion.

Stpk	WG	Mischung	BHD Gefüge	Horizontal Gefüge	Stabilität – Kronen	Stabilität - Verankerung	V Keimbett	V Anwuchs	V Aufwuch	Gewichteter Mittelwert	Stabw
01	LäW	-1	3	0	0	1	-3	-1	2	-0,1	1,9
02	LäW	-2	-2	-3	0	3	-1	-1	-1	-1,1	1,8
03	LäW	-2	0	-2	0	3	-3	-1	2	-0,7	2,1
04	LäW	-3	3	-1	-1	0	-3	-2	0	-1,3	2,0
05	LäW	-2	-2	-3	1	3	-2	-2	2	-0,9	2,3
06	FiW	2	3	2	1	1	3	1	2	1,9	0,8
07	LäW	-3	-1	1	-1	3	-3	-1	1	-1,0	2,1
08	LäW	-2	-1	-3	0	-1	0	-1	1	-1,1	1,2
09	LäW	-2	-2	-1	1	-3	-2	-1	1	-1,3	1,5
10	LäW	-2	-2	-1	1	-3	-2	-1	1	-1,3	1,5
11	LäW	-3	3	1	-1	1	-3	-1	0	-0,9	2,1
12	LäW	-2	-2	0	-1	3	-3	-1	0	-1,0	1,8
13	LäW	-3	-1	2	-1	3	-3	-3	1	-1,1	2,4
14	FiW	1	0	-2	1	3	-1	-2	-1	0,1	1,7
15	FiW	-1	3	2	1	0	0	1	0	0,4	1,3
16	FiW	1	3	2	0	3	-1	-2	-1	0,7	1,9
17	FiW	1	0	-3	1	3	1	3	2	1,0	1,9
18	FiW	1	3	-1	1	0	-1	-2	-2	0,1	1,7
19	FiW	1	3	-1	1	3	-1	-2	-1	0,5	1,9
20	FiW	-2	3	-2	1	3	-1	-1	0	-0,3	2,0
21	LäW	-3	3	0	0	2	-2	-1	3	-0,4	2,3
22	FiW	-3	-3	-3	-3	-3	1	2	3	-1,5	2,6
23	FiW	1	3	2	-1	0	3	-2	-2	0,6	2,1
24	FiW	1	3	2	1	0	3	-2	1	1,1	1,6
25	FiW	1	-1	-2	2	3	-2	-3	0	0,0	2,1
26	FiW	1	3	1	1	3	2	2	2	1,7	0,8
27	FiW	1	3	0	0	1	1	1	1	1,0	0,9
28	FiW	1	3	3	0	3	0	-1	1	1,2	1,6
30	FiW	1	3	2	-1	2	3	-1	2	1,3	1,6
31	FiW	1	3	-2	1	0	3	-1	3	1,0	1,9
32	FiW	1	3	3	-1	1	3	3	3	1,8	1,5
33	FiW	1	3	2	0	1	2	-2	0	0,9	1,6
34	FiW	1	3	1	-1	3	3	2	3	1,7	1,5
35	FiW	1	-1	-3	2	3	2	-1	1	0,6	2,0
36	FiW	1	3	-1	0	-1	3	3	3	1,3	1,8
37	FiW	1	-1	-2	1	-3	3	3	3	0,7	2,4
38	FiW	1	3	-2	1	3	2	1	2	1,3	1,6
39	FiW	1	3	2	-1	2	3	3	3	1,8	1,4
40	FiW	1	3	3	0	2	3	3	3	2,0	1,2
Mittelwert		-0,3	1,4	-0,2	0,2	1,3	0,2	-0,3	1,1	0,3	
Stabw		1,7	2,2	2,0	1,0	2,0	2,3	1,9	1,5	1,1	

Tab. 24 Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund der Bestandsmerkmale zum aktuellen Zeitpunkt (2013),
aufgegliedert nach Stichprobenpunkt und Nais-Kriterium

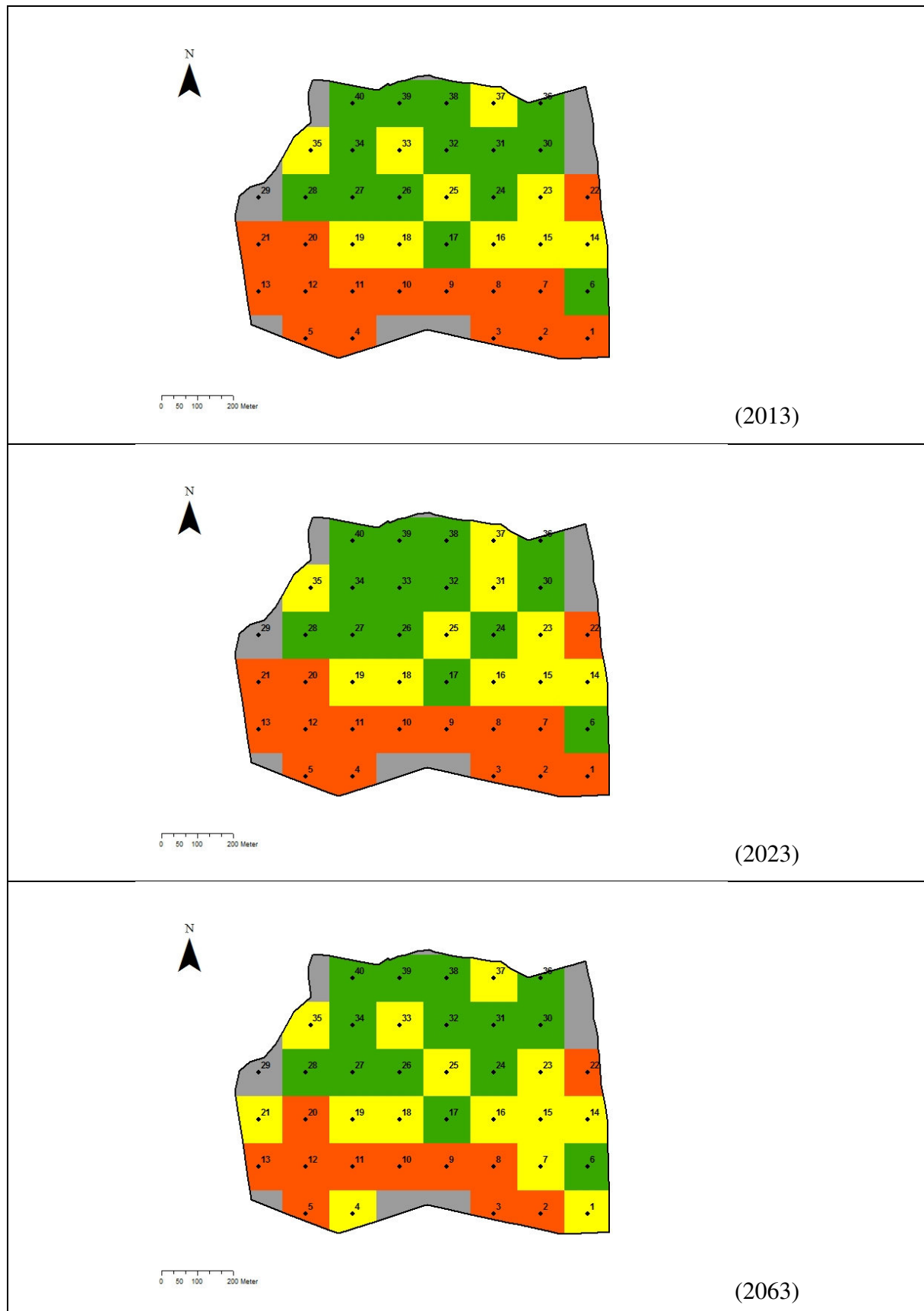


Abb. 46 Darstellung der Schutzfunktionserfüllung des NWR Dürwald in den Jahren 2013, 2023 und 2063 – die Karte zeigt die Flächen, welche die Schutzfunktion nicht erfüllen (orange), minimal erfüllen (gelb) und gut erfüllen (grün)

4.4.2 Schutzerfüllung hinsichtlich Lawinenereignissen

Nach FREHNER et al. (2005) wurde der Beitrag des Waldes in Entstehungsgebieten von Lawinen untersucht. Abb. 47 zeigt diejenigen Anforderungen an den Wald, welche sich hinsichtlich der Gefahr vor Lawinen ergeben. Hangneigung und Lückenlänge, Deckungsgrad und die Erfüllung der Anforderungen aufgrund des Standortstyps werden zur Beurteilung herangezogen.

Ort	Potentieller Beitrag des Waldes	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr minimal	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr ideal
Entstehungsgebiet	Gross	Gefüge horizontal	Gefüge horizontal
		Hangneigung	Hangneigung
		Lückenlänge² in Falllinie	Lückenlänge² in Falllinie
Subalpine und hochmontane Nadelwälder	In Lärchenwäldern ab 30° (58 %) Hangneigung In Immergrünen Nadelwäldern¹ ab 35° (70 %) Hangneigung	$\geq 30^\circ$ (58 %) → kleiner als 60 m $\geq 35^\circ$ (70 %) → kleiner als 50 m $\geq 40^\circ$ (84 %) → kleiner als 40 m $\geq 45^\circ$ (100 %) → kleiner als 30 m Falls Lückenlänge ² grösser als oben angegeben, muss Lückenbreite < 15 m sein Deckungsgrad > 50 % Minimale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt	$\geq 30^\circ$ (58 %) kleiner als 50 m $\geq 35^\circ$ (70 %) kleiner als 40 m $\geq 40^\circ$ (84 %) kleiner als 30 m $\geq 45^\circ$ (100 %) kleiner als 25 m Falls Lückenlänge ² grösser als oben angegeben, muss Lückenbreite < 15 m sein Deckungsgrad > 50 % Ideale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt

Abb. 47 Anforderungsprofil des Waldes bezüglich Lawinen (aus FREHNER et al. 2005)

Auf 25 von 39 Stichprobenpunkten wurde dem Wald eine große Bedeutung hinsichtlich der Schutzfunktionserfüllung gegenüber Lawinen beigemessen (Hangneigung >58 % in Lärchenwäldern und Hangneigung >70 % in immergrünen Nadelwäldern) (siehe Abb. 48).

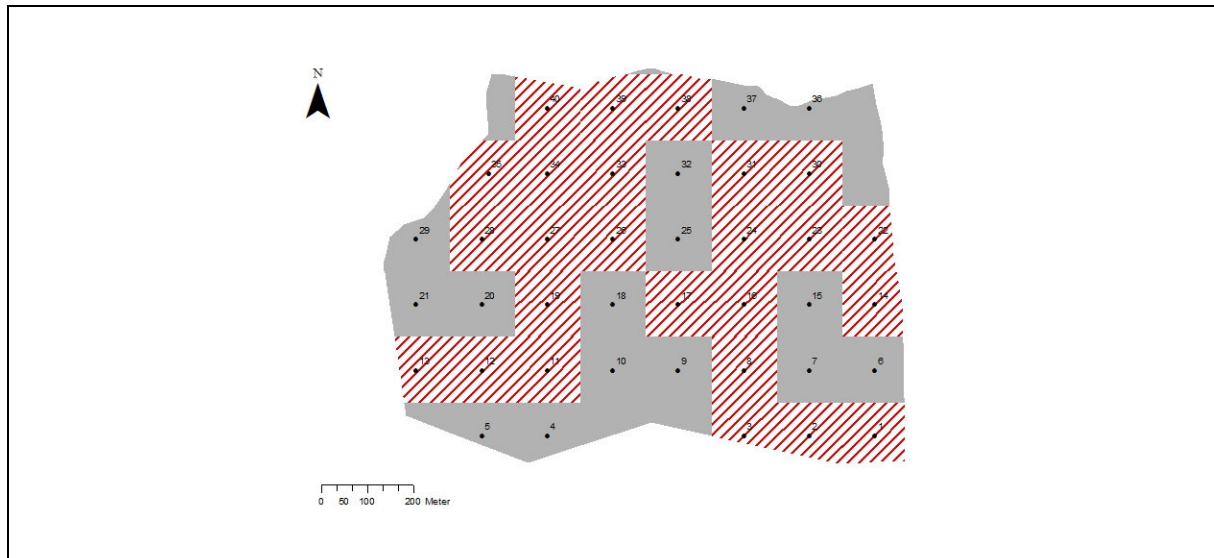


Abb. 48 Potentielle Entstehungsgebiete von Lawinen im NWR (rot gestrichelt), auf denen der Wald eine große Rolle zum Schutz beiträgt

Der Waldbestand des NWR Dürrwald erfüllt an sieben Stichprobenpunkten (28 %) die Schutzanforderungen nach NaiS hinsichtlich Lawinengefahren. An vier Stichprobenpunkten erfüllt der jetzige Waldzustand die Anforderungen gar nicht (16 %), auf den restlichen Flächen (56 %) werden die Anforderungen nur teilweise erfüllt.

Für die Waldentwicklung kann für die nächsten zehn Jahre kein deutlicher Unterschied zum jetzigen Zeitpunkt festgestellt werden. Lediglich an einem Stichprobenpunkt kann es zu einer leichten Verbesserung der Schutzerfüllung kommen. Für den Zeitraum der nächsten 50 Jahre ist jedoch eine Verbesserung der Schutzfunktion mit 36 % der Flächen, welche die Schutzkriterien nach NaiS komplett erfüllen und 60 % der Flächen, welche die Schutzkriterien zumindest teilweise erfüllen, wahrscheinlich. Abb. 49 zeigt die Veränderung der Schutzerfüllung auf den lawinenanbruchrelevanten Flächen im NWR.

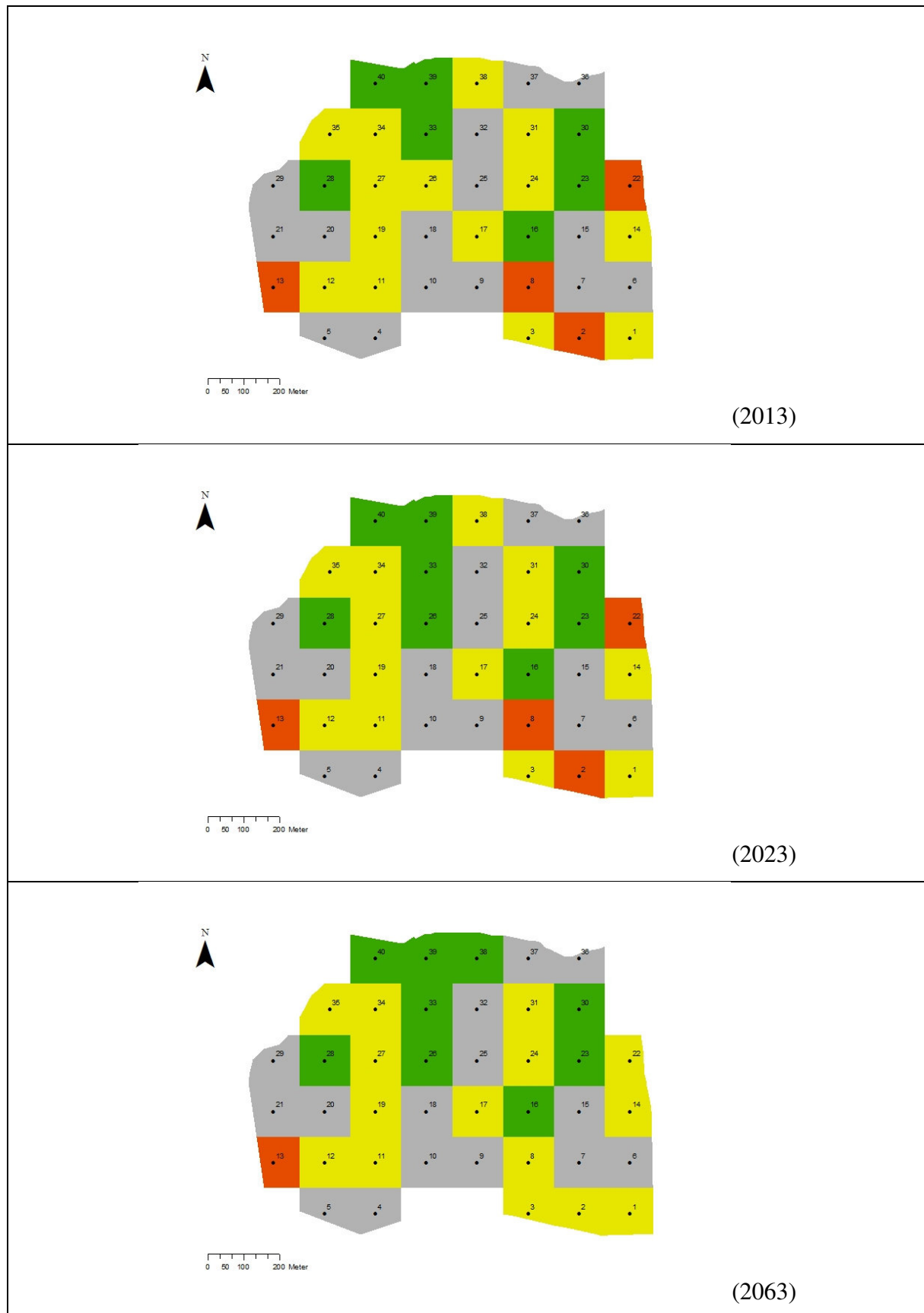


Abb. 49 Darstellung der Schutzerfüllung hinsichtlich Lawinengefahren im NWR Dürwald auf den potentiellen Entstehungsgebieten von Waldlawinen in den Jahren 2013, 2023 und 2063 – die Karte zeigt die Flächen, welche die Schutzfunktion nicht erfüllen (orange), teilweise, aber nicht ausreichend, erfüllen (gelb) und gut erfüllen (grün)

4.4.3 Schutzerfüllung hinsichtlich Steinschlagereignissen

Steinschlag ist nach der Gefährdung durch Lawinen das zweithäufigste Naturgefahrenpotential im NWR. Die Bedeutung des Waldes hinsichtlich Schutz vor Steinschlag ist vor allem im Transit – und im Auslauf- und Ablagerungsgebiet sehr groß. Hauptsächlich können die Stichprobenpunkte im NWR Dürrwald dem Transitgebiet zugerechnet werden, mit wenigen Stellen, welche eventuell auch als Auslaufgebiet angesehen werden können. Abb. 50 zeigt die Anforderungen an den Wald im Transitgebiet für den Schutz vor kleinen (Durchmesser <40 cm), mittleren (Durchmesser 40-60 cm) und großen Steinen (Durchmesser 60-180 cm). Neben der Anzahl der Bäume je Hektar sind das Vorkommen von Totholz und die Erfüllung der Anforderungen aufgrund des Standortstyps entscheidend.

Ort	Potentieller Beitrag des Waldes	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr minimal	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr ideal
Entstehungsgebiet	Mittel	Stabilitätsträger Keine instabilen, schweren Bäume	
Transitgebiet	Gross Steine bis 0.05 m ³ (Durchmesser etwa 40 cm)	Gefüge horizontal: Mind. 400 Bäume/ha mit BHD > 12 cm evt. auch Stockausschläge	Gefüge horizontal: Mind. 600 Bäume/ha mit BHD > 12 cm
	Steine 0.05 bis 0.20 m ³ (Durchmesser etwa 40 bis 60 cm)	Gefüge horizontal: Mind. 300 Bäume/ha mit BHD > 24 cm Gefüge vertikal: Zieldurchmesser ² angepasst	Gefüge horizontal: Mind. 400 Bäume/ha mit BHD > 24 cm Gefüge vertikal: Zieldurchmesser ² angepasst
	Steine 0.20 bis 5.00 m ³ (Durchmesser etwa 60 bis 180 cm)	Gefüge horizontal: Mind. 150 Bäume/ha mit BHD > 36 cm	Gefüge horizontal: Mind. 200 Bäume/ha mit BHD > 36 cm
	Zusätzliche für alle Steingrößen:	Gefüge horizontal: Bei Öffnungen ¹ in der Fallinie Stammbestand < 20 m Liegendes Holz und hohe Stöcke: als Ergänzung zu stehenden Bäumen, falls keine Sturzgefahr	
		Minimale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt	Ideale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt

Abb. 50 Anforderungsprofil des Waldes bezüglich Steinschlag (aus FREHNER et al. 2005)

Wie nach FREHNER et al. (2005) aufgegliedert, unterteilen sich die Ergebnisse in Schutzwirksamkeiten gegenüber kleinen, mittleren und großen Steinen.

Für Steine kleineren Durchmessers (Durchmesser bis 40 cm) wird im Jahr 2013 auf 21 % der Flächen keine Schutzfunktion gewährleistet. Weitere 21 % der Flächen (8 Stichprobenpunkte) erfüllen die Anforderungen nach NaiS gut. 58 % der Flächen erfüllen die Minimalanforderungen nur teilweise, sprich nur einzelne Kriterien werden erfüllt. Ein fast

identens Bild zeigt sich für die Schutzfunktionserfüllung hinsichtlich Steinen mit einem Durchmesser von 40-60 cm. Für Steine der Größenordnung 60-180 cm erfüllt der Wald mit 31 % auf fast einem Drittel der Fläche die Anforderungen nach NaiS und bietet somit den besten Schutz. Auf 21 % der Flächen ist, wie auch bei den anderen Größenordnungen, keinerlei Schutzfunktion gewährleistet.

Da die Entwicklung hinsichtlich Steinschlagschutz innerhalb der nächsten zehn Jahre keine Unterschiede zum Zeitpunkt 2013 aufweist, wird die Schutzfunktion des Gebietes zum Zeitpunkt 2063 näher betrachtet. Durch die im Modell festgelegte Zunahme der Stammzahl ist eine bessere Erfüllung des Schutzes gegenüber kleinen Steinen wahrscheinlich. 46 % der Flächen erfüllen die Schutzfunktion gut, weitere 46 % die Schutzfunktion zumindest teilweise für einzelne Kriterien. Für Steine mittleren Durchmessers werden 33 % der Flächen wahrscheinlich die Schutzfunktion in 50 Jahren gut erfüllen können. Für Steine mit großen Durchmessern sind es 36 %.

Betrachtet man die räumliche Verteilung der Flächen (siehe Abb. 51), welche die Schutzfunktion vollständig erfüllen, so kann zum aktuellen Zeitpunkt kein durchgehender Schutz vor Steinschlag von oben nach unten in Falllinie gewährleistet werden. Erst im Jahr 2063 ist nach den Modell-Berechnungen ein effektiver Schutz, zumindest vor kleinen Steinen, im unteren Teil des NWR wahrscheinlich.

	Steingröße	Ideale Schutzwirkung	Teilweise Schutzwirkung	Keine Schutzwirkung
2013	< 40 cm	21 %	58 %	21 %
	40-60 cm	18 %	61 %	21 %
	60-180 cm	31 %	48 %	21 %
2063	< 40 cm	46 %	46 %	8 %
	40-60 cm	33 %	52 %	15 %
	60-180 cm	36 %	49 %	15 %

Tab. 25 Schutzwirkung des NWR Dürrwald als Steinschlag Transitgebiet in Prozentangabe der relevanten Stichprobenpunkte

Aufgrund der Annahme, dass sich die Stammzahl vor allem im oberen Bereich des Naturwaldreservates in den kommenden 50 Jahren erhöhen wird, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Steinschlagschutzfunktion gesamt in den kommenden Jahren leicht verbessern wird. Die Größe der Steine spielt dabei jedoch ebenso eine entscheidende Rolle.

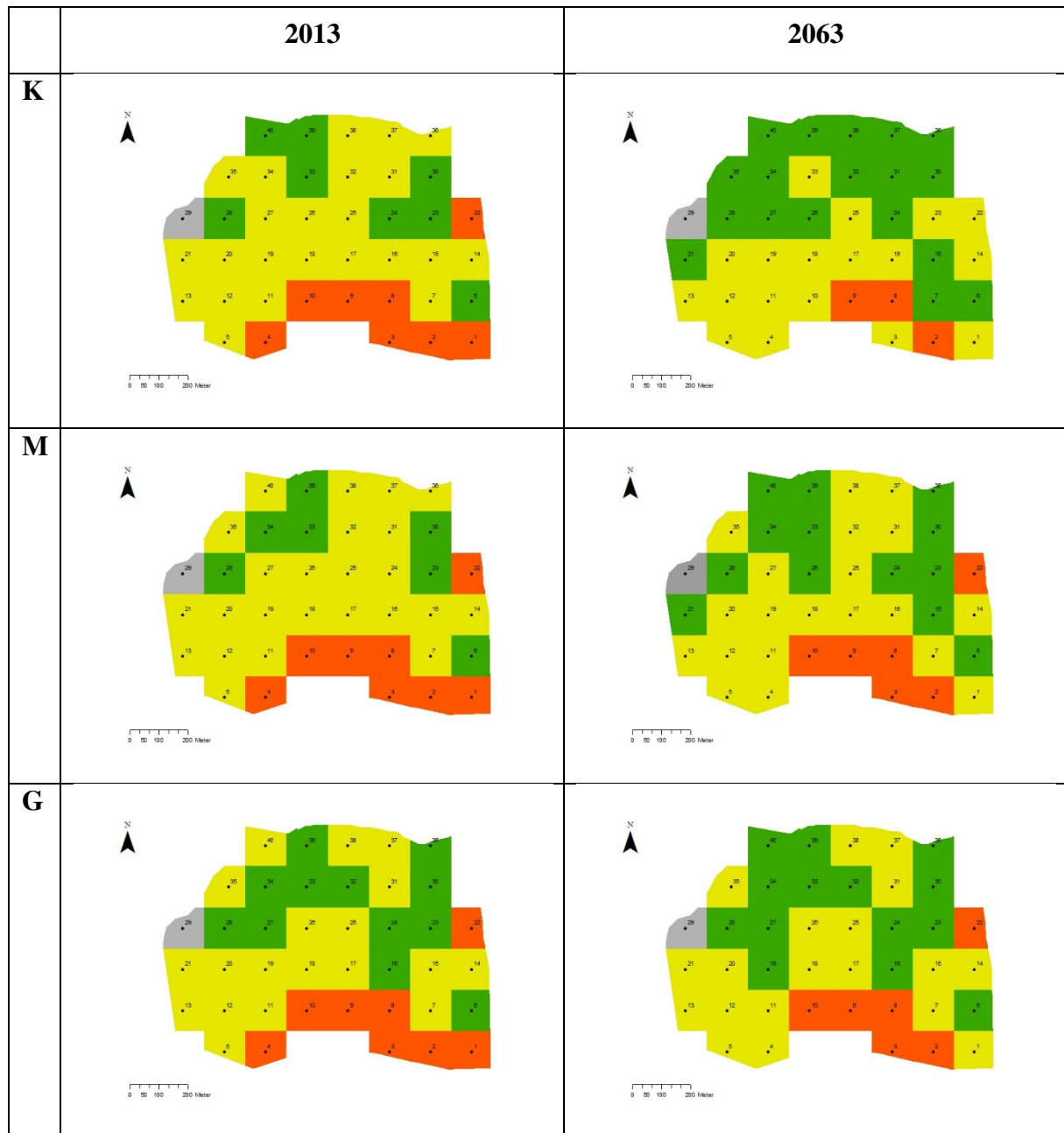


Abb. 51 Darstellung der Schutzerfüllung hinsichtlich Steinschlaggefahr im NWR in den Jahren 2013 und 2063 für Schutz gegen kleine = K (<40 cm), mittlere = M (40-60 cm) und große = G (60-180 cm) Steine – die Karte zeigt die Flächen, welche die Schutzfunktion nicht erfüllen (orange), teilweise, aber nicht ausreichend, erfüllen (gelb) und gut erfüllen (grün)

5. Diskussion

5.1 Diskussion der Ergebnisse

5.1.1 Bestandesstruktur und -entwicklung

Betrachtet man den Bestandaufbau und die Entwicklung des Naturwaldreservates muss festgehalten werden, dass das NWR Dürrwald erst 1997 aus der Bewirtschaftung entnommen und unter Schutz gestellt wurde. Ein für eine Waldentwicklung sehr kurzer Zeitraum. Auch wenn vorher auf der Fläche nur eine extensive Nutzung stattgefunden hat, ist die anthropogene Überprägung im Gebiet vorhanden und darf bei der Diskussion und Interpretation der Ergebnisse nicht außer Acht gelassen werden.

Der Waldaufbau des NWR Dürrwald besteht aus zwei Hauptwaldgesellschaften. Für die im oberen Hangbereich des Gebietes vorkommende Waldgesellschaft des Silikat-Lärchen-Zirbenwaldes (*Vaccinio-Pinetum cembrae*) werden bei WILLNER & GRABHERR (2007) Lärche, Zirbe und Fichte als bestandesbildende Hauptbaumarten beschrieben. Bei der Beschreibung der Waldentwicklung des *Vaccinio-Pinetum cembrae* wird die Lärche als Pionierart für jüngere Bestände charakterisiert, welche mit zunehmender Bestandesentwicklung durch die Zirbe ersetzt wird. Fichte wird für tiefere Lagen ausgewiesen. Im Untersuchungsgebiet wurde ein Baumartenanteil (über die Stückzahl) der Lärche von 72,5 % gemessen. Fichte macht einen Anteil von 25,8 % und Zirbe von lediglich 1,1 % der Baumarten aus. Über die letzten 16 Jahre hat eine, wenn auch nur leichte, Verschiebung der Baumartenzusammensetzung zugunsten der Lärche stattgefunden. Auch findet sich ein geringes Vorkommen von Vogelbeere. Ausgehend von der Baumartenzusammensetzung könnte man somit den Waldaufbau in die Pionierphase eines typisch lärchenreichen Silikat-Zirbenwaldes einordnen. MAYER & OTT (1991) beschreiben diese Phase als wechselnd stammzahlreich mit zunächst lückigem Schluss, dann rasch zusammenwachsend. Das Vorhandensein von einigen sehr starken Lärchenindividuen mit bis zu über 80 cm BHD lässt jedoch wiederum das Vorhandensein einer reiferen Bestandesphase vermuten. Eine Erklärung für diesen divergierenden Bestandaufbau ist die sehr lange anthropogene Nutzung des Gebietes in Form von Beweidung. Diese Art der anthropogenen Überprägung und Veränderung ist typisch für das *Vaccinio-Pinetum cembrae*. Das Verschieben der Waldgrenze nach unten, das Vorkommen von *Rhododendron ferrugineum* bei mäßigem Beweidungseinfluss – wie im

NWR Dürrwald – und der Aushieb von Zirbe sind typische Erscheinungen dieser Waldgesellschaft (WILLNER & GRABHERR 2007).

Die zweite Hauptwaldgesellschaft ist die des Subalpinen Fichtenwaldes (*Piceetum subalpinum*), bestehend aus den zwei Gesellschaften *Calamagrostio villosae-Piceetum* und *Athyrio alpestris-Piceetum*. Nach WILLNER & GRABHERR (2007) wird für beide Gesellschaften die Fichte als einzige Charakterbaumart der Baumschicht angegeben. Mit einem Prozentanteil von 89,1 % an der Baumartenzusammensetzung ist die Fichte die deutlich dominierende Baumart im NWR. Lärche ist zu 8,5 % und Vogelbeere zu 2,4 % an der Baumartenmischung beteiligt. Der Anteil der Fichte am Bestandesaufbau hat sich über die letzten 16 Jahre nicht verändert. Innerhalb des Bestandes kommt es hier im NWR jedoch zu sehr unterschiedlichen Waldbildern. Die Zuordnung des vorgefundenen Waldaufbaus zu einer einzelnen Bestandesphase ist daher nur schwer möglich. Der doch hohe Anteil von Lärche ergibt sich aus punktuellen Lärchenvorkommen, welche nur an Stichprobenpunkten im Übergangsbereich der beiden Waldgesellschaften zu finden sind (Stpk. 15, 17, 20, 22, 27). Nicht nur die Baumartenzusammensetzung, auch die Stammzahl und die Überschirmung schwanken zwischen einzelnen Stichprobenpunkten sehr stark (für die Stammzahlen 67-1.800 N/ha; für die Überschirmung 5-95 %). Während für einige Teile des NWR ungleichmäßig geschlossene bis lückige plenterartige Bestände ausgewiesen werden können, weisen andere Teilflächen, vor allem im unteren Bereich des NWR, schichtungsarme, stammzahlreiche Fichtenreinbestände innerhalb einer Optimalphase auf. Dieser mosaikartige, vielfältige Aufbau innerhalb einer Waldgesellschaft ist in der dynamischen Waldentwicklung nicht ungewöhnlich, da je nach Zeitpunkt, Intensität und Ausmaß einer auftretenden Störung und je nach vorhandenen Standortbedingungen zu gleicher Zeit sehr unterschiedliche Prozesse ablaufen können (SCHERZINGER 1996). Die verschiedenen Phasen und Zyklen eines Bestandes können sich dabei sowohl räumlich als auch zeitlich überlappen (SCHERZINGER 1996).

Um eine Aussage über die Struktur und den Aufbau des Bestandes treffen zu können, erscheint ein Vergleich mit anderen unbewirtschafteten Wäldern und Naturwaldreservaten sinnvoll. Tab. 26 zeigt das NWR Dürrwald im Vergleich zu drei anderen Reservaten in Österreich. Allen vier gemeinsam ist ein annähernd ähnlich kurzer Zeitraum ohne Bewirtschaftung (Ausweisung als NWR zwischen 1997-1999), eine ähnliche Seehöhenstufe und das Vorkommen ansatzweise vergleichbarer Waldgesellschaften. Die herangezogenen Werte

stammen aus dem ELENA Endbericht von VACIK et al. (2010) und bieten aufgrund der gleichen Erhebungsmethode eine gute Vergleichsmöglichkeit.

Name	NWR Dürrwald	NWR Goldeck	NWR Hutterwald	NWR Laaser Berg
Wuchsgebiet	2.1	3.3	1.3	1.3
Seehöhe	1.530-1.910m	1.040-1.620m	1.500-1.700m	1.500-2.000m
Waldgesellschaften	<i>Athyrio alpestris-Piceetum</i> ; <i>Calamagrostio villosae-Piceetum</i> ; <i>Vaccinio-Pinetum cembrae</i>	<i>Galio rotundifolii-Abietetum</i> ; <i>Larici-Piceetum</i>	<i>Luzulo nemorosae-Piceetum</i> ; <i>Mastigobryo-Piceetum</i> ; <i>Larici-Piceetum</i>	<i>Larici-Piceetum</i>
Stammzahl [n/ha] ± Stabw	531 ± 421	543 ± 407	786 ± 770	749 ± 301
Grundfläche [m ² /ha] ± Stabw	34,1 ± 29,4	50,4 ± 19,6	35,3 ± 16,9	48,6 ± 20,3
Volumen [m ³ /ha] ± Stabw	477,6 ± 499,4	724,8 ± 311,0	361,7 ± 216,8	537,7 ± 301,4

Tab. 26 Vergleichende Darstellung der Bestandesparameter Stammzahl, Grundfläche und Vorrat in vier NWR (verändert nach VACIK et al. 2010)

Die mittlere Stammzahl von 531 ± 421 Stämmen im NWR Dürrwald ist mit der Stammzahl des NWR Goldeck vergleichbar. Im Hutterwald und Laaser Berg sind deutlich höhere Stammzahlen zu finden. Dies lässt, zusammen mit dem geringen Vorratsvorkommen im Hutterwald betrachtet, Rückschlüsse auf unterschiedliche Bestandesphasen zu. Allerdings lohnt sich auch hier ein genauerer Blick auf die Waldgesellschaften. Das Reservat Laaser Berg weist zunächst mit $537,7 \pm 301,4 \text{ m}^3/\text{ha}$ einen höheren Vorrat als das NWR Dürrwald mit $477,6 \pm 499,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ auf. Lässt man die Lärchen-Zirbenwaldgesellschaft des NWR Dürrwald jedoch außer Acht und vergleicht einzig die Fichtenwaldgesellschaften, so ergeben sich mit $678,4 \pm 514,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ deutlich höhere Werte für das NWR Dürrwald im Vergleich zu Laaser Berg und annähernd gleich hohe Werte wie im NWR Goldeck. Auch die Grundfläche von $34,1 \pm 29,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ erscheint im Vergleich zunächst gering. Auch hier relativieren sich die Werte, betrachtet man die Grundfläche des Subalpinen Fichtenwaldes ($45,5 \text{ m}^2/\text{ha}$) gesondert. Das NWR Dürrwald weist hier also für das *Piceetum subalpinum* im Vergleich zu anderen Reservaten durchaus entsprechende Werte auf.

Betrachtet man die Vorratsverteilung getrennt nach Baumarten erkennt man, dass alleine Fichte 99 % des Vorrates ausmacht. Lärche spielt im Vorratsaufbau, trotz verhältnismäßig hoher Stammzahlanteile von 8,5 %, keine Rolle. Für die drei anderen Reservate liegen die Anteile für Fichte in den Fichtenwaldgesellschaften zwischen 73-87 % für die Stammzahl, 68-74 % für die

Grundfläche und 71-74 % für den Vorrat und somit deutlich unter den Werten des NWR Dürrwald.

In Hinblick auf die Bestandesentwicklung seit 1997 ergeben sich für den Subalpinen Fichtenwald eine Reduktion in der Stammzahl und ein Anstieg in Grundfläche und Vorrat. Diese Tatsachen lassen auf ein anhaltendes Wachstum des Bestandes schließen (WSL 2011). Wäre die Zerfallsphase der Bestandesentwicklung schon erreicht, würden die Vorräte wieder absinken (siehe Abb. 52). Dieser Aufbau lässt sich ebenfalls mit höheren Stammzahlen in den stärkeren BHD-Klassen erklären (Abb. 15) sowie mit der Tatsache, dass der Einwuchs über die letzten 16 Jahre höher als die Ausfallrate war (Tab. 7).

Um die in dem obigen Vergleich nicht berücksichtigte Waldgesellschaft des Lärchen-Zirbenwaldes in einen Kontext zu setzen, werden die Ergebnisse von HENKNER et al. (2014) und BRÜCKER et al. (2014) aus zwei Naturwaldreservaten aus der Schweiz herangezogen. In beiden Reservaten ist, ebenso wie im Dürrwald, die Waldgesellschaft „Lärchen-Arvenwald mit Alpenrose“ (*Larici-Pinetum cembrae typicum*) nach ELLENBERG & KLÖTZLI (1972) ausgewiesen. Die mittlere Stammzahl im NWR Aletschwald beträgt 293 ± 37 N/ha und im NWR God da Tamangur 262 ± 33 N/ha. Im NWR Dürrwald liegen die Werte mit 467 ± 437 N/ha deutlich über den Werten der beiden anderen Reservate. Die Grundfläche im Dürrwald beträgt dagegen nur $12,9 \pm 10,3$ m²/ha, in God da Tamangur hingegen $31,5 \pm 2,6$ m²/ha und $25,3 \pm 2,5$ m²/ha im Aletschwald. Auch im Vorrat bleibt der Dürrwald mit $105,4 \pm 95,5$ m³/ha hinter den beiden anderen Reservaten zurück (God da Tamangur: $165,4 \pm 15,3$ m³/ha und Aletschwald: $151,1 \pm 16,4$ m³/ha). Dies lässt sich darauf zurückführen, dass im Lärchen-Zirbenwald des NWR Dürrwald vermehrt schwächere Stämme, vermutlich in einer jüngeren Bestandesphase, anzutreffen sind. Merkmale hierfür sind die anhaltenden Einflüsse der früheren Waldweidewirtschaft, welche nach wie vor eine große Bedeutung für den Waldbestand spielen und die daraus resultierende oben angesprochene Baumartenzusammensetzung. Im NWR Dürrwald macht der Anteil an Lärche an der Grundfläche 79 % und am Vorrat 85 % aus. Fichte ist nur gering vorhanden, Vogelbeere und Zirbe kaum. Im Aletschwald macht Lärche hingegen nur 24 % an der Grundfläche und im Vorrat aus. Die Zirbe nimmt hier mit über 60 % eine deutlich andere Stellung ein als im Dürrwald. Im NWR God da Tamangur ist dies mit einem Anteil für Lärche von je 1 % für Grundfläche und Vorrat und über 96 % für Zirbe noch wesentlich stärker ausgeprägt. Der

Vergleich der Reservate zeigt eine für das NWR Dürrwald mögliche Entwicklungsrichtung der Waldgesellschaft.

Zeichen für die beginnende Aufbauphase des Bestandes ist zudem die hohe Zunahme der Stammzahl über die letzten 16 Jahre, welche auf ein Nachwachsen noch recht schwacher Bäume zurückzuführen ist. Die Zunahme von Lärchen mit einem BHD zwischen 5-39,9 cm im Vergleich zur Erhebung im Jahr 1997 ist in Abb. 15 gut zu erkennen.

Um Aussagen über die Schutzwirksamkeit des Bestandes treffen zu können, sind neben Angaben über Gefüge, Baumartenmischung und Verjüngung (siehe Kap. 5.1.2) auch die Stabilitätsträger zu begutachten (FREHNER et al. 2005). Denn im Schutzwald ist eine dauerhafte Stabilität für die ununterbrochene Schutzwirkung ausschlaggebend (MAYER & OTT 1991). Da tiefwurzelnde Baumarten wie die Lärche von Natur aus weniger gefährdet sind, ist es vor allem die durch Wind- und Schneekatastrophen gefährdete Fichte, die bei der Stabilitätsansprache im Mittelpunkt steht (MAYER & OTT 1991). Hierzu wurden als Einzelbaummerkmale der Schlankheitsgrad (H/D-Verhältnis) und der Kronenprozentanteil untersucht.

MAYER & OTT (1991) klassifizieren Bäume mit einem H/D-Wert <80 als stabil, mit einem Wert von 80-100 als zweifelhaft und einem Wert von >100 als labil. Im Lärchen-Zirbenwald weisen 78,7 % aller Fichten einen H/D-Wert kleiner 80 auf, sind also hinsichtlich dieses Kriteriums als stabil zu bewerten. 12,8 % sind zweifelhaft stabil und 8,5 % labil. Für den Subalpinen Fichtenwald ergeben sich ähnliche Werte. 77,8 % sind stabil, 10,6 % zweifelhaft stabil und 12,2 % labil. Für 4,7 % aller Bäume wurden sogar H/D-Werte von >140 gemessen – diese jedoch alle in der schwächsten BHD-Klasse zwischen 0,1-9,9 cm.

Auch die relative Kronenlänge wird als Stabilitäts- und Vitalitätsmerkmal herangezogen. FREISE (2005) beschreibt für Fichten mit langen Kronen eine höhere Resistenz gegenüber Trockenstress und Schneebruch. Dies wird bei längeren Kronen mit einem geringeren Nadelverlust und einer Verlagerung des Kronenschwerpunktes in tiefere und stabilere Bereiche des Stammes zusätzlich zu einem Anstieg des H/D-Wertes begründet. Dieser Zusammenhang gilt auch in Hinblick auf Windwurfgefährdung. Zudem beschreibt FREISE (2005) einen Zusammenhang zwischen Kronenlänge und dem Durchmesserzuwachs. Hier wird ein Grenzwert von 30 % Kronenlänge für eine positive Zuwachsreaktion genannt. Im NWR Dürrwald weisen zwei Drittel aller Fichten im Subalpinen Fichtenwald ein Kronenanteil von 76-100 % auf. 25,5 % der Bäume sind mindestens bis zur Hälfte der Stammhöhe bekront. Im Subalpinen Fichtenwald fallen diese Werte, wohl bedingt durch eine deutlich höhere

Konkurrenzsituation, etwas geringer aus. Hier weisen nur 54 % aller Stämme einen Kronenanteil von 76-100 % auf. Knapp ein Drittel der Stämme ist noch bis zur Hälfte bekrönt. Jedoch weisen auch 2,5 % einen sehr schlechten Wert von nur 0-25 % Kronenanteil auf.

5.1.2 Verjüngungssituation

Wie in Kap. 5.1.1 erwähnt, gehört die Verjüngung zu den Parametern, welche bei der Betrachtung der Schutzwirksamkeit von Waldbeständen mit berücksichtigt werden müssen. Über die Zusammensetzung der Naturverjüngung wird die Entwicklung eines Bestandes für die nächsten Jahrhunderte festgelegt (MENCH 1999). FREHNER et al. (2005) geben das Samenangebot, das Licht im Bestand, die Konkurrenz durch Kraut- und Strauchschicht und den Verbiss durch Wildtiere als wichtigste verjüngungsbeeinflussende Faktoren an.

Tab. 27 zeigt nach LITSCHAUER (2014) die Samenproduktion für Fichte und Lärche zwischen den Jahren 2008-2012 an. Auch wenn die Messstationen zwischen 460-770 m nicht der Höhenlage des NWR Dürrwald entsprechen und man von entsprechenden Abweichungen für das Naturwaldreservat ausgehen kann, so bieten die Daten doch einen hilfreichen Überblick.

Station	Seehöhe	Baumart	2008	2009	2010	2011	2012
Feldkirch	460 m	<i>Picea abies</i>	<30 %	50-70 %	<30 %	k.A.	<30 %
		<i>Larix decidua</i>	<30 %	70-85 %	<30 %	k.A.	<30 %
Nenzing	560 m	<i>Picea abies</i>	<30 %	50-70 %	<30 %	70-85 %	k.A.
		<i>Larix decidua</i>	< 30 %	70-85 %	<30 %	70-85 %	k.A.
Zams	770 m	<i>Picea abies</i>	<30 %	30-50 %	<30 %	50-70 %	k.A.
		<i>Larix decidua</i>	<30 %	30-50 %	<30 %	30-50%	k.A.

Tab. 27 Samenproduktion von Fichte und Lärche zwischen 2008-2012 an den drei um das NWR Dürrwald umliegenden Messstationen (verändert nach LITSCHAUER 2014)

<30 % - Bestäubungsdichte zu gering, kaum Samenproduktion
 30-50 % - Bestäubungsdichte gering, einzelne Samenvollkörner keine Auswirkung auf Reproduktion
 50-70 % - Beginn einer Teilfruktifikation (Sprengmast)
 70-85 % - Brauchbare Samenproduktion (Halbmast)
 >85 % - Volle Fruktifikation (Vollmast)

Vor allem 2009 und 2011 können als Jahre mit relevanter Fruktifikation angesehen werden. 2009 vermehrt bei Lärche und 2011 vermehrt bei Fichte. Dies könnte eine mögliche Erklärung sein, warum im Projektgebiet im Sommer 2013 keine Lärchen-Keimlinge im gesamten NWR gefunden werden konnten (siehe Tab 15). Da im gesamten NWR nur an zwei Stichprobenpunkten (Stpk. 05 & 22) keine Bäume mit Fruktifikationspotential gefunden wurden und sonst auf allen Flächen potentielle Samenbäume zu finden sind, kann man davon

ausgehen, dass das Fehlen von Keimlingen in Bezug auf die Samenverfügbarkeit auf eine fehlende Mast und nicht auf fehlende Mutterbäume zurückzuführen ist.

Die Lichtverfügbarkeit in einem Bestand beeinflusst die Anzahl und die räumliche Verteilung der Naturverjüngung (MENCH 1999). Vor allem in Hochlagen, die durch kurze Vegetationsperioden gekennzeichnet sind, spielen Licht und Wärme eine entscheidende Rolle für das (Verjüngungs-)Wachstum (HALMSCHLAGER 2014, OTT et al. 1997). Jedoch kann für vermehrte Lichtverfügbarkeit kein allgemeingültiger Zusammenhang zu einem verbesserten Verjüngungswachstum gegeben werden. WINTER (2009) beschreibt gar, dass Strahlung kein limitierender Faktor für die Fichtenverjüngung auf den Nord- und Westexponierten Hängen des NWR Goldeck ist. Auch muss auf die Lichtbedürfnisse der einzelnen Baumarten geachtet werden. Lärche hat für die Ansamung und den Aufwuchs einen höheren Lichtbedarf als Fichte. Eine geeignete Mischung zwischen Licht- und Schattenverfügbarkeit ist ein entscheidender Punkt für das erfolgreiche Aufkommen einer Naturverjüngung im Gebirge. Bei WINTER (2009) ist zu lesen, dass die Verjüngungswahrscheinlichkeit bei einer Überschirmung >75 % im Bestand abnimmt. MAYER & OTT (1991) führen eine gute Fichten-Naturverjüngung im Subalpinen Fichtenwald für Bestände mit einer Überschirmung von 50-60 % an. Bei stärker aufgelichteten Beständen kommt es wiederum zu einer Abnahme der Verjüngungswahrscheinlichkeit. Grund hierfür ist eine höhere Konkurrenzsituation durch das Auftreten der Kraut- und Bodenvegetation bei stärkerer Auflichtung. Im NWR Dürrwald sind für die 40 Stichprobenpunkte Überschirmungswerte zwischen 5-95 % zu finden. Die mittlere Überschirmung im Lärchen-Zirbenwald beträgt $27,3 \pm 19,5$ % und im Subalpinen Fichtenwald $42,5 \pm 24,3$ % (siehe Kap. 4.3.1). Die Werte im Subalpinen Fichtenwald liegen also knapp unter den genannten Ideal-Werten von MAYER & OTT (1991). Ein ausreichender Lichtgenuss für die Verjüngung im Gebiet kann also angenommen werden. Durch eine höhere Strahlungsintensität im Gebirge kann es auf offenen Flächen, vor allem bei Keimlingen und Jungpflanzen, auch zu Hitzeschäden kommen. Für Fichte und Lärche sind hier Hitzelatenzgrenzwerte von 37-38°C an der Bodenoberfläche und eine Hitzeletalgrenze von 47-48°C angegeben (HALMSCHLAGER 2014). Da jedoch die Nordhänge (siehe Abb. 57) generell kühlere Boden- und Lufttemperaturen aufweisen (BRANG 1996) und die Strahlungsintensität so im Gebiet recht gering ist, ist die Überhitzungsgefahr im NWR Dürrwald eher nicht gegeben. Die Faktoren Strahlung und Überschirmung alleine lassen somit keinen direkten negativen Einfluss für die Naturverjüngung vermuten.

Unterdurchschnittliche Fichtenverjüngung ist nach MAYER & OTT (1991) auch auf Standorten mit einem sehr starken Vorkommen von fichtenwaldbegleitenden Arten wie *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idae*, *Calamagrostis villosa* oder *Luzula sylvatica* zu erwarten – alles Arten, welche auch im NWR Dürrwald zu finden sind (siehe Kap. 2.4 und Tab. 33-35). Vor allem feuchte Hochstaudenflur-Kleinstandorte mit ihrer verjüngungsdämmenden Wirkung haben einen negativen Effekt für das Aufkommen von Fichtenkeimlingen. Im Lärchen-Zirbenwald machen Gefäßpflanzen <1,30 m eine mittlere Bodenbedeckung von 50 % aus. Dieser hohe Anteil trägt wahrscheinlich zu einer erhöhten Konkurrenzsituation für Keimlinge bei. 36 % der Bodenbedeckung im Lärchen-Zirbenwald wird durch das Vorkommen von Moosen ausgemacht. Aufgrund der durch das Moos bereitgestellten Feuchtigkeit kann das Aufkommen von Keimlingen gefördert werden (WINTER 2009). Auf dicken Moospolstern ist eine Keimung der Lärche allerdings beinahe unmöglich (SCHWITTER 1999). Dieser Zusammenhang wurde jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht näher untersucht. Im Subalpinen Fichtenwald ist eine sehr hohe Anzahl von Fichtenkeimlingen und mehrjährigen Pflanzen <15 cm zu finden. Die Bodenbedeckung besteht hier nur zu 24 % aus Gefäßpflanzen. Nährstoffreiche Streuschichten, Totholz und Rohböden sind hier häufiger zu finden als im Lärchen-Zirbenwald. Auch die durchschnittliche Höhe der Bodenvegetation ist im Lärchen-Zirbenwald fast doppelt so hoch wie im Subalpinen Fichtenwald. Dies könnte eine Erklärung für die deutlich unterschiedlich hohen Verjüngungszahlen im NWR Dürrwald sein.

Der vierte von FREHNER et al. (2005) beschriebene verjüngungsbeeinflussende Faktor ist der Einfluss durch Wildverbiss. OTT et al. (1997) beschreiben die subalpinen Fichtenwälder als störungsanfälligste Waldlebensgemeinschaft und hier vor allem die Phase der Verjüngung als besonders gefährdet. Eine zu hohe Wilddichte verhindert das Aufkommen der Naturverjüngung und wirkt sich in Hochlagen deutlich stärker auf das Waldökosystem aus als in Tieflagen. Die sowieso schon lange andauernden Verjüngungszeiträume von Gebirgswäldern können durch einen zu hohen Wildeinfluss noch deutlich verlängert werden (OTT et al. 1997).

Von den durch Schalenwild verursachten Beeinflussungen im Wald wird Verbiss als der schwerwiegendste angesehen (MOTTA 1996). Dies liegt vor allem an der hohen Selektivität des Schalenwildes beim Äsen. Bevorzugte Baumarten können systematisch und selektiv bis zum vollständigen Verschwinden verbissen werden. In der Literatur findet man unterschiedliche Ansätze zur Bewertung des Wildverbisses. Sowohl SCHIELER & HAUKE (2001) als auch RÜEGG & NIGG (2003) geben für die Verbissintensität den Anteil der leittriebverbissenen Pflanzen in Prozent der Gesamtstammzahl an. SCHODTERER (2004)

beschreibt für die Auswertung der ÖWI das Vorhandensein eines Wildeinflusses bei einfachem Leittriebverbiss zusammen mit einem Seitentriebverbiss >90 % und eine Schädigung der Pflanze bei einem mehrjährigen Leittriebverbiss. Im Rahmen des Vorarlberger Wildschaden-Kontrollsystems (WIKOSYS) wird zur Beurteilung eines Wildschadens ebenfalls der Prozentanteil der in den letzten drei Jahren mehrfach leittriebverbissenen Pflanzen angegeben. Einzig bei Pflanzen <10 cm wird bei diesem Aufnahmeverfahren jeder Terminaltriebverbiss als Mehrfachverbiss gezählt (AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG 2008). Da in der vorliegenden Arbeit nicht die Häufigkeit des Terminaltriebverbisses erhoben wurde, werden zur Bewertung der Ergebnisse die Vergleichswerte nach RÜEGG & NIGG (2003) herangezogen. Bei den Pflanzen der Verjüngungsstufe >15-30 cm wurde ein Terminaltriebverbiss bei 13,8 % aller Fichten und 71,5 % aller Vogelbeeren festgestellt. Für die Verjüngungsklasse >30-130 cm liegen die Werte für Fichte bei 20,4 %, für Lärche bei 21,4 % und für Vogelbeere bei 91,7 %. Dabei finden sich Pflanzen, die entweder nur am Terminaltrieb-, oder am Terminal- und Seitentrieb verbissen wurden. Für Fichte liegt die nach RÜEGG & NIGG (2003) festgelegte kritische Verbissintensität bei 12 % und wird somit im NWR vor allem in der höheren Verjüngungsklasse deutlich überschritten. Wird dieser Wert überschritten, steigt die Mortalität durch verbissbedingte Verluste deutlich an (RÜEGG & NIGG 2003). Der Verbiss bei Lärche liegt knapp unterhalb der kritischen Verbissintensität von 22 %. Auf Totholz finden sich über das gesamte NWR Dürrwald verteilt für Fichte und Vogelbeere deutlich höhere Verbissintensitäten.

Im Rahmen einer Evaluierung der Wild-Umwelt-Situation in Vorarlberg wurden mittels Transektaufnahmen Verbisswerte für das NWR Dürrwald von 9 % bei Fichte und 67 % bei Vogelbeere ermittelt (REIMOSER & SPÖRK 2005). Da in der Studie die genaue Erhebungsmethode jedoch nicht beschrieben wird, ist ein Vergleich der beiden Datensätze nur schwer möglich. Generell wird der Verbissanteil im Gelände jedoch oft unterschätzt, da abgestorbene oder vollständig verbissene Pflanzen verschwinden oder einfach nicht mehr sichtbar sind (MOTTA 1996).

Neben den vier von FREHNER et al. (2005) erwähnten Faktoren findet man speziell für Hochlagen in der Literatur noch weitere, die Verjüngung beeinflussende, Faktoren (BRANG 1996, MAYER & OTT 1991, OTT et al. 1997). Der wichtigste Begriff, der in diesem Zusammenhang genannt werden muss, und der sich auf alle Faktoren auswirkt, ist der des Kleinstandorts. Stark variierende Strukturen im Gelände können auf kleinster Fläche große Unterschiede für den Verjüngungserfolg bedeuten.

Die Verjüngungsflächen im NWR sind, wie in Abb. 27 zu erkennen ist, hauptsächlich NW, NNW, N, NNO und NO exponiert. Nach MAYER & OTT (1991) haben diese geringen Expositionsunterschiede für sich betrachtet keinen Einfluss auf die Verjüngung; dies kann sich in Kombination mit anderen Faktoren allerdings ändern. Bei steigender Hangneigung kommt es zunächst durch eine reduzierte Boden- und Vegetationsentwicklung zu einer Zunahme in der Verjüngung, die jedoch über 1.600 m Seehöhe rasch wieder abnimmt (MAYER & OTT 1991). Da die Hangneigung im NWR durchschnittlich sehr hoch ist, jedoch auch innerhalb des Gebietes stark variiert (siehe Abb. 56), kann es hier zu deutlich unterschiedlichen Verjüngungsbedingungen kommen. Für den Kleinstandort wichtig zu erwähnen ist der hohe Einfluss des Mikroreliefs, welcher in den Hochlagen deutlich wichtiger ist als in den Tieflagen. Köpfe, Rücken und konvexe Reliefformen werden generell als verjüngungsgünstiger angesprochen als Mulden (MAYER & OTT 1991). Die Flächen im NWR weisen zu je einem Drittel ein unruhiges und zu einem Drittel ein ausgeglichenes Kleinrelief auf. Das letzte Drittel setzt sich aus 8 % Blockflur, verjüngungsungünstigen Rinnen (5 %) und verjüngungsgünstige Buckel (20 %) zusammen. Gerade in Hinblick auf das Vorkommen von Schnee spielen Mikrostandorte eine wichtige Rolle. Die Schädigung durch Schnee ist bei Fichte und Lärche nach Schalenwildverbiss das zweithäufigste Schadmerkmal (siehe Abb. 34). Vor allem das Auftreten von *Herpotrichia juniperi* ist hier die häufigste, durch Schnee verursachte, Schädigung. 42,5 % der gesamten Fichtenverjüngung >15-130 cm sind durch Schneeeinfluss schwer geschädigt. Kleinstandörtlich erhöhte „Inseln“, welche im Frühjahr eher ausapern, spielen in diesem Zusammenhang für eine erfolgreiche Naturverjüngung eine wichtige Rolle (OTT et al. 1997). Der ebenfalls durch das Kleinrelief stark beeinflusste Faktor der Wasserverfügbarkeit dürfte im NWR Dürrwald eher keinen verjüngungshemmenden Einfluss haben, da durch hohe Niederschläge (siehe Abb. 3), die überwiegende nördliche Exposition und zahlreiche, wasserführende Gräben und Rinnen sowie Quellen im Gebiet die Wasserversorgung ausreichend sichergestellt ist.

Um Aussagen über die Verjüngungsfähigkeit des Gebietes treffen zu können, lohnt sich, wie bei der Betrachtung der Bestandesstruktur, der vergleichende Blick in andere NWR. Wie in Kap. 5.1.1 werden drei österreichische NWR als Referenzreservate für die Fichtenwaldgesellschaften herangezogen (siehe Tab. 28).

Auffallend hier sind die hohen Werte für das NWR Dürrwald über alle Verjüngungsstufen hinweg, einzig das NWR Hutterwald weist höhere Keimlingsdichten/Hektar auf. Während in den NWR Goldeck und Hutterwald die Verjüngungszahlen mit zunehmender Höhenstufe

kontinuierlich abnehmen, steigt die Verjüngungszahl im NWR Dürrwald vom Keimlingsstadium zu mehrjährigen Pflanzen deutlich an. Danach kommt es jedoch zu einer starken Abnahme der Anzahlen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass mit zunehmender Pflanzenhöhe die verjüngungsbeeinflussenden Faktoren an Bedeutung gewinnen und die Verjüngungszahlen durch äußere Beeinflussungen (z.B. intraspezifische Konkurrenz) stark minimiert werden. Diese Beobachtung lässt sich unabhängig von der Baumart über alle Flächen feststellen.

	NWR Dürrwald	NWR Goldeck	NWR Hutterwald	NWR Laaser Berg
Berücksichtigte WG	<i>Athyrio alpestris-Piceetum</i> ; <i>Calamagrostio villosae-Piceetum</i>	<i>Larici-Piceetum</i>	<i>Luzulo nemorosae-Piceetum</i> ; <i>Mastigobryo-Piceetum</i> ; <i>Larici-Piceetum</i>	<i>Larici-Piceetum</i>
Keimlinge [N/ha]	66.153	21.639	661.531	39.221
Mehrjährige [N/ha]	197.692	3.802	767	1.242
V >15-30 cm [N/ha]	39.616	122	683	238
V >30-130 cm [N/ha]	2.066	53	543	413

Tab. 28 Vergleichende Darstellung der Verjüngungszahlen (über alle Baumarten) in den Fichtenwaldgesellschaften von vier NWR unterteilt nach Kategorie und Größe (verändert nach VACIK et al. 2010)

Für den Vergleich der Lärchen-Zirbenwaldgesellschaft können die Ergebnisse der Verjüngungsklassen 1 (10-39 cm) und 2 (40-129 cm) aus den Aufnahmen von HENKNER et al. (2014) und BRÜCKER et al. (2014) herangezogen werden. Im NWR Aletschwald wurde für die Verjüngung 10-39 cm eine Stammzahl von 3.966 N/ha ermittelt, im NWR God da Tamangur 2.210 N/ha. Verglichen mit der Verjüngung >15-30 cm des NWR Dürrwald (12.308 N/ha) sind diese Werte sehr gering. Jedoch wurde in dieser Höhenklasse im NWR Dürrwald einzig Vogelbeerverjüngung gefunden, während sich die Verjüngung in God da Tamangur aus Zirbe und Kiefer und im Aletschwald aus Fichte, Zirbe, Lärche, Weide und Vogelbeere zusammensetzt. In der Verjüngungsklasse 2 (40-129 cm) sind im Aletschwald in der Lärchen-Zirbenwaldgesellschaft 500 N/ha und in God da Tamangur 750 N/ha zu finden. Im NWR Dürrwald sind hier mit 781 N/ha ähnlich hohe Werte zu finden. Der Ausfall zwischen den beiden Verjüngungsklassen ist also im Dürrwald deutlich höher, als in den anderen Reservaten.

Bei den Aussagen über die Individuenanzahl im NWR Dürrwald sind in jedem Fall die flächig sehr ungleichmäßigen Verteilungen der Verjüngung und die hohe Schwankung der Ergebnisse zu beachten, welche in den hohen Werten der Standardabweichungen ersichtlich werden. So sind an manchen Stichprobenpunkten überdurchschnittlich hohe Verjüngungswerte erhoben worden, während an anderen keine Verjüngung festgestellt werden konnte.

Bei SCHIELER & HAUK (2001) können Mindestsollwerte für die Verjüngung mit Höhen zwischen 10-130 cm gefunden werden. In der Verjüngungsstufe >30-130 cm beträgt die durchschnittliche Höhe der gemessenen Pflanzen 66,6 cm. Für die Höhenstufe 70 cm geben SCHIELER & HAUCK (2001) eine Mindestpflanzenzahl von 566 N/ha über alle Baumarten an. Für die Verjüngungsklasse >15-30 cm (durchschnittliche Höhe 23,9 cm) werden für die Höhenstufe 20 cm Mindestwerte von 1.666 N/ha angegeben. Die durchschnittliche Höhe der mehrjährigen Pflanzen wird mit den Werten der Höhenstufe 10 cm berechnet und liegt bei 4.999 N/ha. Für die Werte der Keimlinge sind keine Angaben zu finden. Die Werte im NWR Dürrwald liegen in allen Höhenstufen über den geforderten Mindestpflanzenzahlen. Jedoch muss beachtet werden, dass diese Angaben für die Erhebungen der österreichischen Waldinventur gemacht wurden, also für bewirtschaftete Wälder. Zudem kann man davon ausgehen, dass sich die Zahlen für unterschiedliche Waldgesellschaften in verschiedenen Höhenstufen ändern. Mindestzahlen sind zudem auch immer abhängig von den entsprechenden Zielformulierungen. Die einzige „Zielformulierung“ für das NWR ist, dass sich der Bestand selbst erhalten kann. Dies kann für den Bereich des Subalpinen Fichtenwaldes ausgehend von den Verjüngungszahlen als gesichert angesehen werden. Für den Lärchen-Zirbenwald sind die Werte dagegen kritischer zu bewerten, da die Verjüngung der Hauptbaumart zu selten vorkommt.

Das in der vorliegenden Arbeit für das NWR Dürrwald untersuchte „Ziel“ ist die Erfüllung der Schutzfunktion. Die berechneten Pflanzenzahlen können daher mit den Vorgaben von FREHNER et al. (2005) verglichen werden. FREHNER et al. (2005) geben einzig für die Aufwuchs-Klasse Kennzahlen an. Die anderen Verjüngungsklassen werden mittels eines flächenbasierten Modells gekennzeichnet, welches mit Vorgaben über Strukturparameter wie Totholz und Baumartenmischung und mit räumlicher Verteilung arbeitet. Für den Lärchen-Zirbenwald werden im Aufwuchs 40 Verjüngungsansätze/Hektar und für den Subalpinen Fichtenwald 70 Verjüngungsansätze/Hektar gefordert. Diese Anforderungen werden im NWR erfüllt. Zu beachten bleibt, dass ein hoher Anteil von Pflanzen mit schlechten Qualitäten erfasst wurde, welche in den kommenden Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit ausfallen können. Lässt

man diese bei der Betrachtung der NaiS-Anforderungen weg und rechnet nur mit den Verjüngungspflanzen mit guter oder mittlerer Qualität, so können die Anforderungen zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nach wie vor erfüllt werden.

Bei der Untersuchung der Naturverjüngung in Gebirgswäldern ist ein weiterer Faktor von wesentlicher Bedeutung: das Vorhandensein von Moderholz. In der Literatur sind darüber zahlreiche Angaben zu finden (z.B. EICHRODT 1969, OTT et al. 1997, STÖCKLI 1995, REIF & PRZYBILLA 1998, MOTTA et al. 2006). Die Art und Zusammensetzung des im NWR Dürrwald vorkommenden Totholzes wird eingehender in Kap. 5.1.3 beschrieben.

Bei den Untersuchungen im NWR Dürrwald konnte festgestellt werden, dass hauptsächlich die Verjüngung von Fichte auf Moderholz zu finden ist. Lärche und Vogelbeere kommen hier so gut wie gar nicht auf Totholz vor (siehe Tab. 15 - Tab. 18). Durch die Fähigkeit auf Moderholz zu keimen verschafft sich die Fichte in den Hochlagen einen Vorteil anderen Baumarten gegenüber (AMMER 1998). Die großen Vorteile von Moderholz gegenüber Waldboden sind das hohe Vorkommen von Nährstoffen, der Bewuchs mit Moos, die frühere Ausaperung im Frühjahr im Vergleich zu nicht erhöhten Standorten und ein damit einhergehender positiver Einfluss durch Licht und Wärme. Des Weiteren ist Moderholz frei von krautiger Konkurrenzvegetation, vorkommende Pilze und Flechten produzieren Mineralsalze, Samen können aufgrund der Strukturvielfalt des liegenden Totholzes eher hängen bleiben und eine Erhöhung des Standortes kann zu einem schnelleren Entwachsen aus dem Äser beitragen (STÖCKLI 1995). Letzter Punkt wird zumindest im NWR Dürrwald nicht erfüllt, hier sind in der Verjüngungsklasse >15-30 cm auf Totholz deutlich höhere Verbissanteile zu finden als auf Waldboden, was wohl darauf zurückzuführen ist, dass die erhöhten Standorte zum einen im Frühjahr eher ausapern und der Bewuchs so eher als Nahrung zur Verfügung steht und zum anderen die erhöhten Pflanzen dem Wild „entgegen“ kommen, aber nach wie vor zu klein sind, um dem Äser zu entwachsen. Dies kann durch die Verbissanteile der Verjüngungspflanzen >30-130 cm teilweise bestätigt werden, da es hier auf Totholz hauptsächlich zu einem Anstieg des Verbisses an den noch zu erreichenden Seitentriebe kommt.

STÖCKLI (1995) beschreibt auch die positive Standortswirkung, welche unmittelbar neben Moderholz zu finden ist. Durch Auswaschungen wird die Nährstoffverfügbarkeit erhöht, die Gefahr der Austrocknung ist verringert, Jungpflanzen werden vor Tritt oder Verbiss geschützt, durch Abstrahlung kann man höhere Temperaturen messen und die Konkurrenz durch andere Vegetation ist geringer. Wie in Abb. 30 für das NWR Dürrwald jedoch zu erkennen ist, kommt die Verjüngung von Lärche gar nicht, die von Fichte zu 6 % und die von Vogelbeere nur zu

10 % neben Totholz vor. Hier kann ein direkter Zusammenhang zwischen Standort und Häufigkeit nicht erkannt werden.

Die Anzahl der Verjüngung je Hektar auf Totholz scheint im Vergleich zur Verjüngung je Hektar auf Waldboden sehr gering. Vor allem wenn man die Werte mit anderen Studien vergleicht. MOTTA et al. (2006) beschreiben für das NWR Paneveggio ein fünf Mal höheres Vorkommen auf Totholz wie auf Waldboden. An dieser Stelle ist es notwendig die Werte differenzierter zu betrachten. Ein überwiegender Anteil der Totholzverjüngung wurde auf liegendem Totholz gemessen. Dieses kommt, wie Abb. 39 deutlich zeigt, sehr gruppiert in der Mitte und in unteren Teilen des Reservates vor, in vielen Teilen hingegen auch gar nicht. Die berechneten Werte beziehen sich jedoch auf die gesamte Fläche inklusive Lärchen-Zirbenwald. MOTTA et al. (2006) beschreiben die Werte für einen Subalpinen Fichtenwald. Hier wäre zur genaueren Differenzierung eine Unterteilung in Waldgesellschaften und eine genauere Untersuchung der Bestandesphasen und der damit einhergehenden Totholzmenge der zu untersuchenden Reservate sinnvoll. Denn betrachtet man einzelne Stichprobenpunkte gesondert, so erhöhen sich die Hektarangaben schlagartig. An Stichprobenpunkt 39, welcher den höchsten Totholzanteil aufweist, ergeben sich Werte von 3.063 Keimlingen/Hektar auf Totholz im Vergleich zu 0 Keimlingen/Hektar auf Totholz an Stichprobenpunkt 01. Nach WINTER (2009) und MOTTA et al. (2006) wurde die meiste Verjüngung auf Totholz der Zersetzungsstufe 3 gefunden, welche dem Zersetzungsgrad „fortgeschrittene“ bis „starke“ Zersetzung entspricht. Diese Zersetzungsclassen sind auch im NWR Dürrwald am häufigsten zu finden (siehe Abb. 40). Dieser direkte Zusammenhang wird in der vorliegenden Arbeit nicht näher untersucht, scheint anhand subjektiver Einschätzung für das NWR jedoch ebenfalls zuzutreffen.

5.2.3 Totholzsituation

„Mit der bedeutsamste Unterschied von Naturwäldern zu Wirtschaftswäldern, auch zu naturnah bewirtschafteten Wäldern, liegt in der Menge der vorhandenen Totholzsubstanz“ (MENCH 1999). Dies ist in der Bestandesphasen-Grafik nach SCHERZINGER (1996) gut zu erkennen (siehe Abb. 52).

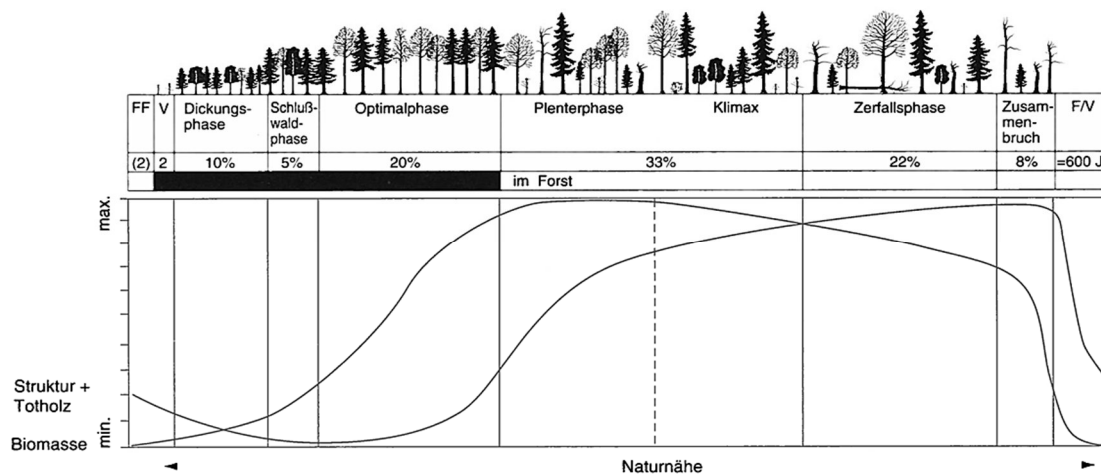


Abb. 52 Das Modell zeigt das Biomasse- und Totholz-Vorkommen in den jeweiligen Bestandesphasen über die gesamte Waldentwicklung (der schwarze Balken kennzeichnet die Zeitspanne einer forstlichen Umtriebszeit); SCHERZINGER (1996)

Das Konzept zeigt, dass das Vorkommen von Totholz in der Optimalphase eines Bestandes am geringsten ist, also genau zu dem Zeitpunkt, an dem die Entnahme des Holzes in den meisten Wirtschaftswäldern stattfindet. Oft ist somit das Erreichen der Zerfallsphase oder der Phase des Zusammenbruchs, in welcher das Totholzvorkommen sein Maximum erreicht, nur in unbewirtschafteten Wäldern, Urwäldern oder Naturwäldern möglich. Die berechneten Totholz mengen in Urwäldern oder Naturwaldreservaten können daher als Referenzwerte herangezogen werden wie hoch das Totholz vorkommen an einem bestimmten Standort von Natur aus sein kann (WSL 2010).

Die Kennzahlen über Stammzahl, Vorrat und Grundfläche des im NWR Dürrwald vorkommenden Totholzes sind in Kap. 4.3.3 ersichtlich. Tab. 29 zeigt das Totholz vorkommen des NWR Dürrwald im Vergleich zu drei ausgewählten Referenzreservaten in Österreich.

Name	NWR Dürrwald	NWR Goldeck	NWR Hutterwald	NWR Laaser Berg
Stehendes TH [m³/ha]	13,4	18,3	23,1	15,6
Liegendes TH [m³/ha]	33,6	46,5	44,5	33,2
Stöcke [m³/ha]	3	4,5	5,6	10,4
Gesamt [m³/ha]	50	69,3	73,2	59,2

Tab. 29 Vergleichende Darstellung des Totholz vorkommens in vier NWR (verändert nach VACIK et al. 2010)

Zu erkennen ist, dass sich die Werte im Gesamt-Totholz vorrat nicht stark unterscheiden (50-73,2 m³/ha). Das NWR Dürrwald liegt jedoch hier mit 50 m³/ha an letzter Stelle. Auch bei näherer Betrachtung des Totholz vorkommens ist eine Differenzierung der Waldgesellschaften notwendig. Die Lärchen-Zirbenwaldgesellschaft weist im Projektgebiet mit 9,1 m³/ha einen

sehr geringen Totholzanteil auf. Betrachtet man alleine das Totholzvorkommen in den Fichtenwaldgesellschaften (72,5 m³/ha), so zeigt das NWR Dürrwald annähernd gleiche Werte wie das NWR Hutterwald. Betrachtet man des Weiteren den Vorrat des liegenden Totholzes (48,9 m³/ha) zeigt sich im Vergleich sogar ein höherer Wert. Ebenfalls auffallend im Vergleich zu den anderen Naturwaldreservaten ist der äußerst geringe Anteil am Totholzvolumen durch Stöcke. Dies kann auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass im NWR Dürrwald auch vor der Unterschutzstellung eine sehr extensive Waldbewirtschaftung mit einzelstammweisen Entnahmen stattgefunden hat (siehe Kap. 2.5.1).

KORPEL (1997) und HERRMANN et al. (2012) geben für Urwälder und unbewirtschafteten Gebirgswälder in der Slowakei und der Schweiz Vorratswerte für ein Totholzvorkommen von 49-389 m³/ha an. Wobei hier einzig der Fichten-Tannen-Urwald Derborence in der Schweiz derart hohe Gesamtvorratsmengen aufweist. Betrachtet man die bei KORPEL (1997) beschriebenen Naturwälder, so weist das NWR Dürrwald ein ähnlich hohes Totholzvorkommen wie der Naturwald in der Hohen Tatra auf (56 m³/ha im *Sorbeto-Piceetum*). Im Vergleich zu anderen Naturwäldern in der Slowakei auf einer Höhenstufe von 1.350-1.530 m mit etwa 130-180 m³/ha ist das Totholzvorkommen im Dürrwald jedoch deutlich geringer. Auch der Prozentanteil Totholz zu lebendem Vorrat ist mit 10,5 % zwar vergleichbar mit den österreichischen NWR Goldeck und Laaser Berg, jedoch deutlich hinter den von KORPEL (1997) und HERRMANN et al. (2012) beschriebenen Werten von 13-38 % in der Slowakei und 89 % im Urwald Derborence. Die hohen Werte im Schweizer Urwald zeigen welche Dimensionen der Totholzanteil in der Klimax- und Zerfallsphase annehmen kann, rühren jedoch auch durch den Sturmwurf im Jahr 1990 (WSL 2010). Der Maximalvorratswert für Totholz findet sich im NWR an Stpk. 33 mit 371,8 m³/ha und zeigt welche Vorratsdimensionen für Totholz bereits in einem erst seit 16 Jahren unbewirtschafteten Wald vorhanden sein können. Im Vergleich zum österreichweiten Totholzvorkommen in Ertragswäldern von etwa 20 m³/ha, liegt das mittlere Totholzvolumen des NWR Dürrwald deutlich über dem Durchschnittswert (BFW 2012).

Wie viel Totholz in einem bewirtschafteten Wald vorkommen soll muss in Abhängigkeit der Zielsetzung geklärt werden. Aus naturschutzfachlicher Sicht gibt die Literatur hier Schwellenwerte an, welche für das Vorkommen und Überleben für von Totholz-abhängigen Arten relevant sind. Diese Werte liegen je nach Art zwischen 20-120 m³/ha (LACHAT et al. 2014).



Abb. 53 Totholzvorkommen im NWR Dürrwald an Stpk. 39 (Foto: S. Becker)

Liegendes Totholz mit einem MDM <10 cm ist im NWR Dürrwald nur sehr selten vorhanden. Auf einem Drittel aller Stichprobenpunkte macht der Totholzanteil mit einem MDM <10 cm an der Bodenbedeckung <1 % und auf einem weiteren Drittel 4-10 % aus. Nur 8 % der Flächen weisen eine Bodenbedeckung mit schwachem Totholz von 11-50 % auf. In den Reservaten Laaser Berg und Hutterwald kommt eine Bodenbedeckung >10 % gar nicht vor. Auch im NWR Goldeck bewegt sich der überwiegende Anteil der Bodenbedeckung zwischen 1-10 %. Der Anteil der Flächen >10 % Bodenbedeckung ist in Goldeck mit denen des NWR Dürrwald vergleichbar (VACIK et al. 2010).

Bei der Betrachtung des Totholzvorkommens spielt nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität des Totholzes eine große Rolle. Der Anteil stehendem zu liegendem Totholz, die Baumart, der Zersetzungs- und der Berindungsgrad können hier als Merkmale angeführt werden.

Fichte ist im gesamten NWR mit einem Anteil von 94 % die dominierende Baumart des vorhandenen Totholzvorkommens. Dies lässt sich auf das flächenmäßig höhere Vorkommen der Subalpinen Fichtenwaldgesellschaft, der insgesamt höheren Stammzahl von Fichte und auch auf die fortgeschrittenere Bestandesphase zurückführen. Höhere Mortalitätsraten im Subalpinen Fichtenwald können ebenfalls eine Rolle spielen.

Liegendes Totholz hat im NWR Dürrwald mit 67 % den höchsten Anteil am gesamten Totholzvorkommen. Dieser Prozentsatz ist fast ident mit den Werten im NWR Goldeck und Hutterwald, einzig das NWR Laaser Berg weist mit 56 % einen leicht geringeren Anteil an liegendem Totholz zum Gesamtvorrat auf (VACIK et al. 2010). Auch bei KORPEL (1997) beträgt der Anteil an liegendem Totholz 53-83 % in den untersuchten NWR der Slowakei. Zu beachten ist jedoch das heterogene Verteilungsmuster des liegenden Totholzes, wie es in Abb. 39 (Kap. 4.3.3) deutlich zu erkennen ist. Im oberen Bereich des Reservats und an der Ost- und Westseite fehlt liegendes Totholz zu großen Teilen. Zu einer deutlichen Akkumulation kommt es im mittleren und unteren Teil des Hanges. Mit einem Prozentsatz von 26 % weisen die NWR Dürrwald, Goldeck und Laaser Berg auch idente Anteile an stehendem Totholz auf (VACIK et al. 2010).

Gut ein Drittel des liegenden Totholzes weist eine fortgeschrittene Zersetzung, ein weiteres Drittel eine starke Zersetzung auf. Damit einher geht ein geringer Berindungsgrad von 0-25 % bei über der Hälfte aller liegenden Totholzstämme. Das hohe Vorkommen von Stämmen in den Zersetzungskategorien C und D ist auch für das Reservat Goldeck zu beobachten. Im Laaser Berg überwiegt gar die Kategorie D (starke Zersetzung) mit 60 % deutlich, im Hutterwald hingegen die Kategorie B (beginnende Zersetzung) mit über 50 %.

Bei stehendem Totholz überwiegt ebenfalls die Kategorie C. Hier sind jedoch auch deutlich mehr Stämme mit einer erst beginnenden Zersetzung sowie frisch tote Stämme zu finden. Alle drei Vergleichsreservate weisen hier für die Kategorie B mit 54-73 % deutlich höhere Werte als im Dürrwald auf (VACIK et al. 2010). Auch die Berindung der stehenden Stämme ist deutlich höher als die der liegenden. Fast ein Drittel der Stämme weisen eine Berindung von 75-100 % auf, lediglich 17,3 % einen Berindungsgrad von 0-25 %. Mögliche Gründe für die unterschiedlichen Stadien der Zersetzung, sowohl bei stehendem, als auch bei liegendem Totholz, sind neben dem Lokalklima und Wetterereignissen wie Sturmwurf oder Schneebruch auch die frühere Art der Bewirtschaftung der Gebiete.

Wie schon erwähnt ist das Vorkommen von Stöcken im NWR recht gering. Zwei Drittel aller vorgefundenen Stöcke weisen eine Zersetzung der Kategorie D, 6,1 % aller Individuen bereits eine Zersetzung der Kategorie E auf. Diese Tatsache, zusammen mit dem geringen Berindungsgrad von 0-25 % bei über 75 % aller Individuen, lässt darauf zurückschließen, dass es in der Vergangenheit zwar zu Nutzungen im Gebiet gekommen ist, diese jedoch schon längere Zeit zurückliegen. Zu hinterfragen wäre in diesem Zusammenhang das Auftreten der 1,5 % der Stöcke, welche als frisch tot angesprochen wurden. Ob vereinzelte Entnahmen

stattgefunden haben, oder die Zersetzungs Vorgänge unterschiedlich langsam abgelaufen sind, oder ein Stammbruch unterhalb 1,30 m stattgefunden hat, kann an dieser Stelle jedoch nicht geklärt werden.

5.1.4 Schutzfunktionserfüllung

Die Schutzwirksamkeit eines Waldes hängt im Besonderen von der am Standort auftretenden Naturgefahr, der Häufigkeit und der Intensität der auftretenden Schadereignisse und dem Aufbau und Zustand des Waldes ab (BRANG 2001). Ein ökologisch stabiler Aufbau und Zustand des Waldes wird dabei bedingt durch eine gemischte Baumartenzusammensetzung, ausreichendes Vorhandensein von Naturverjüngung und einer angepassten Waldstruktur (DORREN et al. 2004). Diese Parameter finden sich ebenfalls im NaiS-Konzept nach FREHNER et al. (2005) und orientieren sich in den Anforderungsprofilen aufgrund des Standortstyps an der natürlichen Waldentwicklung der betrachteten Waldgesellschaft.

Da das Vorkommen und das Mischungsverhältnis von Baumarten wichtige Aussagen über die natürliche Waldgesellschaft, den Standort, das Klima, den Boden und äußere Einflüsse liefert (FREHNER et al. 2005), wurde bei der Auswertung auf diesen Parameter besonders großen Wert gelegt. Zudem wird vermutet, dass gemischte Wälder resistenter gegenüber Störungen sind als Monokulturen und eine höhere Resilienz aufweisen (DORREN et al. 2004). In Hinblick auf die Baumartenzusammensetzungen werden im Anforderungsprofil Mischungsanteile angegeben, in denen alle wichtigen Schlusswaldbaumarten vertreten sind. Die im Kap. 5.1.1 angeführten anthropogen überprägten Strukturen im Lärchen-Zirbenwald sind ausschlaggebend dafür, dass die Anforderungen an die geforderte Mischung mit 50-100 % Zirbenvorkommen im NWR Dürrwald nicht erfüllt werden können. Diese Tatsache ist in großem Maße für die durchweg schlechte Schutzfunktionserfüllung im oberen Bereich des NWR Dürrwald verantwortlich. Auch das stellenweise recht hohe Vorkommen von Fichte im Lärchen-Zirbenwald wirkt sich negativ auf die Bewertung der Baumartenzusammensetzung aus. Da sich an diesem Zustand auch in den nächsten 50 Jahren nicht viel ändern wird, bleibt die negative Tendenz für die Schutzfunktionserfüllung bestehen. Im Subalpinen Fichtenwald werden die Minimalanforderungen durchweg erfüllt. Aufgrund des Fehlens der Vogelbeere im Bestandesschluss wird jedoch auch hier auf keinem Stichprobenpunkt die ideale Mischung erreicht.

Die in Kap. 5.1.1 bereits diskutierte Situation im Bestand hinsichtlich der Stabilitäts- und Vitalitätsmerkmale erfüllt an den meisten Stichprobenpunkten die Minimalanforderungen. Stabilitätsmindernde Wuchsformen und Steinschlagverletzungen wirken sich jedoch an vier Stichprobenpunkten stark negativ auf die Bewertung aus. Die Beurteilung der Struktur hinsichtlich des horizontalen und vertikalen Gefüges fällt über alle Stichprobenpunkte stark unterschiedlich aus. Auch dies liegt an der bereits oben erwähnten starken Heterogenität des Bestandes hinsichtlich Stammzahl und Überschirmung und den unterschiedlichen Dynamiken der Waldentwicklung.

Das Fehlen von Keimlingen an nahezu allen Stichprobenpunkten des Lärchen-Zirbenwaldes führt zu einer sehr negativen Bewertung der jetzigen Verjüngungssituation. Auch der Anwuchs wurde hier, aufgrund der fehlenden geforderten Zirbenverjüngung, negativ bewertet. Würde man in Hinblick auf die Baumartenmischung die Zirbe außer Acht lassen, auch aufgrund der oben erwähnten anthropogen überprägten Bestandessituation, würden die Werte deutlich positiver werden. Einzig im Aufwuchs erfüllt die Verjüngung des Lärchen-Zirbenwaldes fast durchgehend die minimalen Anforderungen. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Bestände in dieser Höhenlage nur sehr langsam entwickeln (MAYER & OTT 1991) und anhand der Einschätzung, dass sich auch an den verjüngungshemmenden Einflussfaktoren wie Bodenbedeckung und Wildsituation in den nächsten 50 Jahren wenig ändern wird, verbessert sich die Bewertung der Verjüngungssituation kaum merklich. Im Subalpinen Fichtenwald kann die Situation hinsichtlich Keimbett und Aufwuchs deutlich besser bewertet werden. Einzig im Anwuchs führt die stellenweise unangepasste Baumartenmischung zu negativen Bewertungen.

Aufgrund seiner stabilisierenden Wirkung auf die Schneedecke und der Erhöhung der Oberflächenrauigkeit ist Wald ein effektiver Lawinenschutz (MARGRETH 2004). Hangneigung, Schneemächtigkeit, Bodenrauigkeit und Schneebeschaffenheit sind die wichtigsten Faktoren, die zum Entstehen einer Lawine beitragen (FREHNER et al. 2005). Über Interzeption, Strahlungsverhältnisse, veränderten Schneedeckenaufbau, stützende Wirkungen und Oberflächenstrukturen beeinflusst der Wald im positiven Sinne das Entstehen und das Ausmaß von Lawinenereignissen. Dies gilt an erster Stelle für Lawinen, deren Anrissgebiet innerhalb des Waldbestandes liegt. Die Bremswirkung des Waldes für Lawinen, welche weit oberhalb der Waldgrenze anbrechen, ist hingegen sehr gering (MARGRETH 2004).



Abb. 54 Durch Schneedruck und Schneebewegungen verursachte Spaltung und Abbruch eines Fichtenstammes im NWR Dürrwald (Foto: S. Becker)

In Lärchenwäldern liegt die kritische Hangneigung, welche ein Anreißen von Lawinen begünstigt, bei 58 % Hangneigung. In immergrünen Nadelwäldern liegt dieser Wert bei 70 %. Diese potentielle Gefährdung ist auf 64 % der gesamten Fläche des NWR Dürrwald gegeben. Die Lückenlänge im Bestand in Abhängigkeit der Hangneigung, die Überschildung und die Schutzfunktionserfüllung aufgrund des Standortstyps werden nach dem NaiS-Konzept bei der Bewertung berücksichtigt. Die Erfüllung des Lawinenschutzes ist, aufgrund der Nichterfüllung der Standortschutzfunktion auf vielen Stichprobenpunkten und großer Lücken im Bestand, zum aktuellen Zeitpunkt nur an vereinzelter Stellen im Gebiet gegeben (siehe Abb. 49). Aufgrund der Annahme, dass die Bestände, die sich ja wie oben beschrieben noch in der Aufbauphase befinden, weiter zuwachsen werden, sich der Überschildungsgrad also erhöhen und die Lückengröße verkleinern wird, wird für das Gebiet eine bessere Lawinenschutzwirkung für die nächsten 50 Jahre vorhergesagt. Diese positive natürliche Entwicklung für Lawinenschutzwälder konnte bei Untersuchungen in der Schweiz auch bestätigt werden. Der beobachtete Prozess läuft jedoch, gerade im Bereich der Waldgrenze, sehr langsam ab (BEBI & ULRICH 2008). Die Aufrechterhaltung einer Schutzfunktion ohne Bewirtschaftung ist also meist länger möglich als oft angenommen (WSL 2011), hängt aber auch immer von der Höhe des in Kauf zu nehmenden Risikos ab.

Auch Steinschlag gehört im Gebirge zu den natürlich vorkommenden Naturereignissen. „Als Steinschlagprozess wird die Bewegung von stürzenden Steinen sowie deren Interaktion mit der Umwelt verstanden“ (FREHNER et al. 2005). Durch den Kontakt mit Bäumen verlieren die rollenden, springenden oder gleitenden Steine Energie, werden langsamer oder können ganz gestoppt werden. Dabei sind wichtige Kenngrößen der Durchmesser der Steine sowie der Durchmesser und die Anzahl der stehenden Bäume. Querliegende Totholzstämmen und oberflächenrauigkeitserhöhende Strukturen wie Asthaufen und dämpfender Waldboden verringern die Steinschlagenergie ebenfalls (FREHNER et al. 2005). Auch die Lückengröße im Bestand ist ein hoher Einflussfaktor, da Steine bereits nach 30-40 m Falllinie ihre maximale Energie erreichen können, ein geschlossener Waldbestand zur Reduzierung der Geschwindigkeiten also von hoher Bedeutung ist (BRAUNER 2005, FREHNER et al. 2005). Im NWR Dürrwald wurde das horizontale Gefüge in Form von Stammzahlwerten je Hektar in Abhängigkeit zur Steingröße sowie das Vorhandensein von Totholzstrukturen und die Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund des Standortstyps als Bewertungskriterien hinsichtlich Steinschlagschutzerfüllung untersucht. Ganz generell ist zu erkennen, dass auch wie bei der Erfüllung des Lawinenschutzes im unteren Teil des NWR bessere Schutzwerte erzielt werden als in den oberen Bereichen (siehe Abb. 51). Die Anforderung von 400 Stämmen/ha mit einem BHD >12 cm für einen effektiven Schutz gegen Steine mit Durchmessern bis 40 cm kann jedoch an fast keinem Stichprobenpunkt im Gebiet erfüllt werden. Ebenso wenig wie für die mittlere Steingröße (40-60 cm), für welche 300 Stämme/ha mit einem BHD >24 cm gefordert sind. Einzig für große Steine kann diese Anforderung auf einem Drittel der Fläche erfüllt werden. Über Hochrechnungen der jetzigen Verjüngung, welche bis in 50 Jahren einen BHD >12 cm erreicht haben dürfte, und eine Verschiebung der Durchmesserklassen ergeben sich für die Flächen zum Jahr 2063 durchweg bessere Schutzfunktionswerte.

Diese Ergebnisse sind jedoch kritisch zu betrachten und stehen im Gegensatz zu den oben beschriebenen, derzeit als wahrscheinlich anzunehmenden, Entwicklungen des Waldbestandes. Vor allem im Bereich des Subalpinen Fichtenwaldes, in dem über die letzten 16 Jahre eine Reduktion der Stammzahl stattgefunden hat, ist es fraglich, ob die Stammzahl innerhalb der nächsten 50 Jahre wieder zunehmen wird oder ob sich der Bestand in Richtung einer angehenden Zerfallsphase entwickeln wird. Das genaue Ausmaß der Entwicklung bleibt in jedem Fall zu hinterfragen, da der das Ökosystem Wald beeinflussende Faktorenkomplex zur Vereinfachung der Berechnung stark reduziert wurde. Wie oben bereits erwähnt, werden für unterschiedliche Ziele auch unterschiedliche Anforderungen an den Wald gestellt. Hohe

Stammzahlen über alle Durchmesserklassen sind schon aus der Sicht einer natürlichen Waldentwicklung nicht möglich (DORREN et al. 2004). Außerdem stehen hohe Stammzahlen und Überschirmungsgrade den Licht- und Wärmebedürfnissen der Waldverjüngung entgegen. Kleinförmig stark strukturierte, mosaikartige Flächen werden so in der Literatur als am geeignetsten ausgewiesen, um den Schutz hinsichtlich mehrerer, auf einer Fläche wirkender, Einflüsse am besten zu gewährleisten (BRANG 2001, DORREN et al. 2004). Des Weiteren muss zu dem angewandten Konzept bemerkt werden, dass bei der Betrachtung der Schutzfunktionserfüllung über die Zeit das Vorkommen von Störungen außer Acht gelassen wird. Diese gehören aber, ebenso wie Wachstum, Alterung und Zerfall eines Baumes, zu den natürlichen Prozessen und Dynamiken eines Waldbestandes und führen zu einem stetigen Ungleichgewicht, was wiederum Voraussetzung für Standortvielfalt, Anpassung und Evolution ist (DORREN et al. 2004, SCHERZINGER 1996).

5.2 Diskussion der Methoden

5.2.1 Datenerhebung

Durch die Erstaufnahme des Projektgebietes im Jahr 1997 war im NWR ein bereits bestehendes Netz an Stichprobenpunkten in einem 100 x 100 m Raster vorhanden. Die bestehenden Stichprobenpunkte konnten teilweise gut, teilweise jedoch nur sehr schwer wiedergefunden werden. Bei einigen Probeflächen fehlte die Markierung an den Bäumen, diese wurde bei der Wiederholungsaufnahme ergänzt. Ebenso wie die markierten Holzpflocke, welche den Mittelpunkt der Probeflächen darstellen. Vier Probeflächen konnten nicht wiedergefunden werden und mussten, ausgehend von den bestehenden Punkten, mit Kompass und Distanzmesser neu eingemessen werden.

Die Datenerhebung im Gelände fand innerhalb eines Zeitraums von sechs Wochen statt und erfolgte alleine oder in Zweier-, selten auch in Dreier-Teams. Aufgrund der jagdlichen Situation im Projektgebiet mussten die Aufnahmen bis Ende August abgeschlossen werden.

Die Aufnahmen im NWR Dürrwald erfolgten mittels fixer Probekreise, auch Gitternetzkonzept genannt, nach einem systematisch festgelegten Rasternetz. Dieses Verfahren ist aus statistischer Sicht besser einzustufen als andere Aufnahmeverfahren, wie z.B. das Kernflächenkonzept, da eine höhere Objektivität gewährleistet werden kann (SCHMIDT & SCHMIDT 2007). Beim Kernflächenkonzept werden die Probeflächen nach gutachterlicher Auswahl und größtmöglicher Repräsentativität in einem Gebiet festgelegt (MEYER 1997). Auch die meist langgestreckten Transektaufnahmen, welche vor allem auf Sonderuntersuchungsflächen mit hoher Sukzessionsdynamik oder zu gezielten Fragestellungen verwendet werden, zählen zu dem Kernflächenkonzept (SCHMIDT & SCHMIDT 2007). Inwieweit eine Aufnahme nach dem Kernflächenkonzept andere Ergebnisse für die Masterarbeit gebracht hätte, lässt sich hier schwer sagen. Für die repräsentative Beschreibung des Baumbestandes erscheint das Probekreiskonzept mit dem 300 m² Aufnahmekreis jedoch geeignet.

5.2.2 Datenauswertung

Die Auswertung der gewonnenen Bestandesdaten erfolgte nach zwei unterschiedlichen Verfahren. Zum einen wurde mit WZP-Wiederholungsaufnahmen die Bestandesentwicklung zwischen 1997 und 2013 beschrieben. Zum anderen wurde die aktuelle Bestandessituation mit Hilfe fixer Probekreise untersucht.

Die Aufnahme mittels Winkelzählprobe wird durch das BFW seit der Einrichtung des ‚Österreichischen Programm Naturwaldreservate‘ als gängiges Verfahren bei der Erhebung der NWR angewandt, um als schnelle und kostengünstige Methode die jährlichen Kompensationszahlungen für die Waldbesitzer zu berechnen (VACIK et al. 2009). Zusammen mit der WZP werden bei der Ersteinrichtung Vegetationsaufnahmen, Kartierungen der PNWG, Standortsansprachen und Bestandesparameter erhoben (FRANK & KOCH 1999). Da bei der WZP Strukturparameter wie liegendes Totholz und Verjüngung nicht aufgenommen werden und das Verfahren das rechnerische Vorkommen von Stämmen stärkerer Durchmesserklassen überproportional fördert – weshalb beispielsweise auch keine Aussagen über zeitliche Einwüchse in kleinen BHD-Klassen möglich sind (VACIK et al. 2009) – scheint die Anwendung der WZP zur Beobachtung von Walddynamiken und Ökosystemvorgängen wenig geeignet.

Das zweite Auswerteverfahren berücksichtigt neben der waldkundlichen Ansprache des Lebendbestandes mittels Vollaufnahme, sämtliche weitere, durch das ELENA-Projekt festgelegte, Parameter wie Verjüngung und Totholz. Da im NWR Dürrwald diese Art der Erhebung 2013 zum ersten Mal stattfand, kann nur eine Beschreibung der Ist-Situation, nicht aber eine Beschreibung der Waldentwicklung und Walddynamik erfolgen.

Von den Aussagen über die Walddynamik abgesehen, ergeben sich aus den beiden Erhebungsverfahren auch unterschiedliche Werte der Bestandeskennzahlen Stammzahl, Vorrat und Grundfläche (siehe Kap. 4.2 und 4.3.1). Ein ausführlicher, statistischer Vergleich über die Aussagekraft von Winkelzählproben und fixen Probekreisen ist nicht Gegenstand und Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit und soll hier nur erwähnt werden.

In der Literatur über die Einrichtung von NWR werden permanente Stichproben als gängige Methode zur Erforschung von forstwissenschaftlichen und naturschutz-relevanten Fragestellungen genannt (ALBRECHT 1990, MENCH 1999, MEYER et al. 2001). Da es aufgrund der Langfristigkeit der Forschung in NWR nicht möglich ist, Fragestellungen kommender Generationen vorab zu formulieren, muss eine Dauerbeobachtung eine möglichst klar formulierte Problemstellung und eine darauf angewandte Untersuchungsmethodik aufweisen (MEYER 1995). Dies ist beim Design von Inventurmethode zu berücksichtigen. MEYER (2001) empfiehlt beispielsweise bei Aufnahmen in Standardreservaten, wie das NWR Dürrwald eines ist, einen mittleren Intensitätsumfang der Aufnahmen und die Erhebung folgender Parameter: Baumart, BHD, Höhe und Zustandstyp, Standpunktkoordinaten des stehenden Bestandes, liegendes Totholz und einzelbaumweise Naturverjüngung. Diese

Angaben variieren in der Literatur (siehe ALTHOFF et al. 1993). Das ELENA-Inventurverfahren entspricht diesen Vorgaben und kann deswegen als geeignetes Aufnahmeverfahren für Erhebungen in NWR angesehen werden. Als Aufnahmezeitraum empfiehlt MEYER (2001) einen Zeitraum von zehn Jahren, der sowohl zur Untersuchung des Baumbestandes als auch für die Verjüngungsaufnahmen angemessen scheint.

Die Auswertung der Daten hinsichtlich der Schutzfunktionserfüllung des NWR erfolgte mittels des NaiS-Konzeptes nach FREHNER et al. (2005) und eines selbst erarbeiteten Bewertungsschemas (siehe Kap. 3.2.5). Zu erwähnen ist hier, dass die Bewertung anhand der aufgenommen Stichprobenpunkte erfolgt, obwohl das NaiS-Konzept ursprünglich für Weiserflächen konzipiert wurde. Trotzdem kann mit Hilfe der ermittelten Bestandesparameter ein Überblick über die Schutzfunktionserfüllung im NWR Dürrwald gewonnen werden.

6. Schlussfolgerung

6.1 Zusammenfassende Betrachtung der Forschungsfragen

Die Schlagwörter Naturwalddynamik und Schutzfunktionalität liegen der vorliegenden Masterarbeit als Leitgedanken zugrunde. In diesem Rahmen sollen die eingangs gestellten Forschungsfragen im Folgenden zusammenfassend beantwortet werden.

Wie hat sich das Naturwaldreservat in den letzten 16 Jahren ohne Nutzungseingriffe verändert und welche Entwicklungsdynamiken sind erkennbar?

Für das gesamte Gebiet lassen sich Zunahmen hinsichtlich Stammzahl, Grundfläche und Vorrat feststellen. Dies lässt darauf schließen, dass sich der Waldbestand noch in einer Aufbauphase befindet. Was man auch an der hohen Zahl neu erhobener Bäume im Vergleich zu geringeren Ausfallraten erkennen kann. Die Veränderungen sind jedoch im Naturwaldreservat Dürrwald räumlich sehr unterschiedlich abgelaufen. Genauer differenzieren lässt sich das Bild bei einem Vergleich der beiden im Projektgebiet vorkommenden Hauptwaldgesellschaften. Im Lärchen-Zirbenwald haben sich die Hektarwerte der Stammzahlen deutlich erhöht. Der Vorrat ist hingegen nur leicht angestiegen. Dies lässt auf Einwüchse in schwachen BHD-Klassen schließen und zeigt, dass der noch stark lückige Bestand nach und nach beginnt zuzuwachsen. Im Subalpinen Fichtenwald sind die Stammzahlen je Hektar rückläufig, Grundfläche und Vorrat sind über die letzten 16 Jahre jedoch weiter angestiegen. Auch dies lässt auf einen sich noch im Aufbau befindenden Bestand schließen, welcher jedoch durch starke BHD-Klassen und geschlossene Bestandesstrukturen gekennzeichnet ist.

Wie sieht die aktuelle Bestandessituation, inklusive Verjüngungssituation und Totholzvorkommen, für das Naturwaldreservat aus?

Der aus historischen Gründen durch Waldweidenutzung stark anthropogen überprägte Lärchen-Zirbenwald weist ein für die Waldgesellschaft typisches hohes Vorkommen von Lärchen und ein nur sehr geringes Vorkommen von Zirben auf. Die stellenweise recht offenen und lichten Bestandesstrukturen begünstigen das Aufkommen einer Kraut- und Strauchschicht und erhöhen so die Konkurrenzsituation für die Verjüngung. Fichte und Lärche verjüngen sich kaum, einzig die Verjüngung von Vogelbeere kommt in diesem Bereich des NWR häufiger vor, ist jedoch zu über 90 % verbissen. Die Bestandesphase erklärt auch das seltene Vorkommen von Totholz.

Die Waldgesellschaft des Subalpinen Fichtenwaldes zeichnet sich durch eine starke Heterogenität aus. Nicht nur Stammzahl und Vorrat, auch Überschirmung, die Form des Mikroreliefs oder die Bedeckung des Waldbodens ändern sich von Stichprobenpunkt zu Stichprobenpunkt. Während die Lärche vor allem in der Übergangszone der beiden Waldgesellschaften noch häufiger vorkommt, ist die Fichte vor allem im unteren Teil des Reservates alleinig für den Bestandesaufbau verantwortlich. Vor allem liegendes Totholz ist häufig zu finden und ist anteilmäßig mit anderen erst seit wenigen Jahren ausgewiesenen NWR vergleichbar. Mit Übergang in eine Klimax- und Zerfallsphase wird der Vorrat an Totholz weiter steigen und sich vermehrt zersetzen und somit auch mehr verjüngungsbegünstigende Standorte bereitstellen. Noch kommt jedoch im NWR mehr Verjüngung auf Waldboden als auf Totholz vor. Die Verjüngung ist in ausreichendem Maß vorhanden, weist aber durchgehend starke Schädigungen auf. Vor allem Schäden durch Wildverbiss und Schnee sind im Gebiet auffallend.

Wird der Schutz vor Naturgefahren durch das Naturwaldreservat auch ohne aktive Bewirtschaftung erfüllt und welche Tendenzen lassen sich für zukünftige Entwicklungen hinsichtlich der Schutzfunktionalität erkennen?

Die Erfüllung oder Nicht-Erfüllung eines Zustandes hängt in erster Linie von der definierten Zielvorgabe ab. Da im NWR Dürrwald Lawinen- und Steinschlagereignisse als häufigste Einflussfaktoren ausgewiesen wurden, wurde die Schutzfunktionserfüllung hinsichtlich dieser beiden Naturereignisse untersucht. Zudem wurde eine allgemeine Einschätzung der Schutzfunktionserfüllung hinsichtlich des Standortes vorgenommen. Durchweg zeigt sich für das Gebiet eine bessere Erfüllung der Schutzfunktion im unteren Bereich des Subalpinen Fichtenwaldes. Im Lärchen-Zirbenwald wird die Schutzfunktion aufgrund zu großer Lücken, zu geringer Stammzahlen und fehlender Verjüngung nur gering oder gar nicht erfüllt. Bei der genaueren Betrachtung der Schutzfunktionserfüllung hinsichtlich Steinschlagereignissen zeigt sich eine bessere Schutzwirkung für Steine größeren Durchmessers als für kleine. Generell zeigen sich für die meisten Stichprobenpunkte für die kommenden 50 Jahre positive Tendenzen hinsichtlich der Schutzwirksamkeit des Bestandes. Mögliche großflächige Störungen wurden dabei jedoch nicht berücksichtigt, können aber bei einem Auftreten die Entwicklungstendenzen stark abändern. Zudem muss festgehalten werden, dass im komplexen Ökosystem Wald nicht alle Interaktionen berücksichtigt werden können und oft auch unvorhergesehene Ereignisse auftreten. In diesem Falle wäre eine Neubewertung hinsichtlich der Schutzerfüllung notwendig.

6.2 Fazit

Die vorliegende Forschungsarbeit eröffnet neue Einblicke in die Dynamik und natürliche Entwicklung von unbewirtschafteten Wäldern mit den Waldgesellschaften *Vaccinio-Pinetum cembrae* sowie *Piceetum subalpinum*. Die Untersuchungen zeigen, dass auch nach einer für einen Waldbestand recht kurzen Zeitspanne von 16 Jahren bereits Veränderungen und Entwicklungen gut sichtbar sind. Zukünftige darauf aufbauende Wiederholungsaufnahmen werden für weiterführende Forschungsfragen sicherlich einen hohen Mehrwert darstellen. Die Arbeit lässt darüber hinaus Erkenntnisse über methodisches Vorgehen in der Naturwaldreservateforschung zu. Die zwei unterschiedlichen angewandten Aufnahmemethoden (WZP und Fixer Probekreis) zeigen, wie stark Aussagen über Stammzahl und Vorrat von dem angewandten Verfahren abhängig sind. Auch wenn beide Aufnahmeverfahren ihre Berechtigung haben zeigt sich, dass Waldökosystemdynamiken durch eine ausführlichere Aufnahme besser dargestellt werden können. Für die weitere Forschung in Naturwaldreservaten, auch im NWR Dürrwald, ist das zu wählende Verfahren also in jedem Fall zu überdenken. Wichtige Voraussetzung für die Reproduzier- und Vergleichbarkeit der Forschungsergebnisse ist jedoch in jedem Fall ein Dauerbeobachtungsansatz, der ein langfristiges zeitlich und räumlich konstantes Monitoring ermöglicht (MENCH 1999). Aus diesem Zusammenhang ergibt sich zum einen die Notwendigkeit einer Konstanz im angewandten Erhebungsverfahren, um zukünftige Wertschwankungen möglichst zu minimieren. Zum anderen sollte auch der zukünftige Aufnahmeturnus überdacht werden. Nicht nur hinsichtlich der Aussagen über die Walddynamiken, auch aus organisatorischen Gründen für die Planbarkeit der Datenerhebung wäre ein fixer Aufnahmeturnus sinnvoll. Anzustreben ist hier der von MEYER et al. (2001) empfohlene Zyklus von zehn Jahren.

Das angewandte Modell zur Darstellung der Schutzfunktion des Bestandes wurde an die Inventurmethode des NWR angepasst. Der große Vorteil des NaiS-Konzeptes liegt bei den einfach zu erhebenden Parametern wie Baumartenzusammensetzung, BHD-Verteilung oder H/D-Wert. Die Anwendung lässt ein recht gutes Bild über die aktuelle Schutzfunktion des Bestandes zu. Trotzdem darf nicht vergessen werden, dass es sich hierbei um ein Modell handelt, dessen Gültigkeit sicher hinterfragt werden sollte, vor allem in Hinblick auf die zukünftigen Entwicklungen, da der gesamte, das Ökosystem beeinflussende Faktorenkomplex viel zu umfangreich ist und einzelne Interaktionen nach wie vor unbekannt sind.

Anhand der Ergebnisse ist jedoch sehr gut zu sehen, welchen Einfluss Verjüngung und Totholz in der Bestandesstruktur und für die Schutzfunktion eines Waldbestandes spielen. Die stark variierende Verjüngungssituation des NWR fällt dabei in der Arbeit besonders auf. Eine weitere Forschungsarbeit zur Untersuchung der verjüngungsbeeinflussenden Faktoren wäre hier im Projektgebiet sicher aufschlussreich. Als Untersuchungsmethodik kann hier ein stellenweiser Abtrag des Oberbodens empfohlen werden, da die Lärche freigelegte Mineralerde als Keimbett bevorzugt (SCHWITTER 1999) sowie eine Zäunung von einzelnen Flächen, um den tatsächlichen Wildeinfluss besser beurteilen zu können. Als einzige Möglichkeit des aktiven Eingreifens zur Verbesserung der Verjüngungssituation zum jetzigen Zeitpunkt ist die Verbesserung der Wildsituation zu nennen, da anderweitiges aktives waldbauliches Eingreifen zur Steuerung im NWR nicht als Option zur Verfügung steht.

Die vorliegende Arbeit zeigt darüber hinaus, dass der Schutz vor Naturgefahren durch Gebirgswälder auch ohne aktives Eingreifen über längere Zeiträume gegeben sein kann. Dies gilt jedoch nur, solange keine unerwarteten großflächigen Ereignisse wie Windwurf oder Borkenkäferbefall im Gebiet stattfinden. Auch hängt der Grad des Eingreifens oder Nicht-Eingreifens von dem jeweils in Kauf zu nehmenden Risiko ab. Im Falle einer Verschlechterung der Schutzfunktion des NWR Dürrowald und einem Festhalten am Nichteingreifen in den Waldbestand, müssen die Beteiligten Parteien aus Forst und der direkt betroffenen unterhalb liegenden Dürrowaldalpe über gemeinsame Lösungen zusammen kommen.

„Natur entwickelt sich nach eigenen Spielregeln und unterliegt einer fortwährenden Veränderung“ (SCHERZINGER 1996). Scheinbar statische, „stabile“ Waldzustände sind dies nur, wenn die Betrachtungszeit zu kurz ist, um die nächste Veränderung zu bemerken. In einem Waldbestand können diese zeitlichen Dimensionen oft mehrere hundert Jahre einnehmen. Auch wenn man nicht vergessen darf, dass frühere anthropogene Nutzungen im Gebiet auch noch Jahrzehnte später bemerkbar sind, sind Naturwaldreservate trotzdem eine gute Möglichkeit, um natürlich ablaufende Prozesse und Dynamiken zu untersuchen. Und um mit den Worten von MEYER (2007) zu enden: „In der Debatte über den richtigen Umgang mit unseren Wäldern empfiehlt sich die Naturwaldforschung als Forschungsfeld, in dem der Wald selbst in seiner wiedergewonnenen Ursprünglichkeit „zur Sprache kommt“. Es ist an uns, diese Sprache verstehen zu lernen.“

Literaturverzeichnis

ALBRECHT, L. (1990): Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten; Naturwaldreservate in Bayern – Schriftenreihe, Band 1; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; München

ALPENKONVENTION (1991): Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 im Bereich Bergwald; verfügbar auf <http://www.alpconv.org> ; zuletzt abgerufen am 07.01.2015

ALTHOFF, B., HOCKE, R., WILLIG, J. (1993): Naturwaldreservate in Hessen – Waldkundliche Untersuchungen Grundlagen und Konzept; Hessisches Ministerium für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz; Wiesbaden

AMMER, C. (1998): Die Fichte in der natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes; AFZ Der Wald, 8/1998, p. 396-399

AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG (2008): Wildschaden-Kontrollsystem Vorarlberg – Kurzanleitung; Abt. Vc-Forstwesen; Bregenz; verfügbar auf https://www.vorarlberg.at/pdf/merkblattwsks30_07_08.pdf ; zuletzt abgerufen am 21.01.2015

BACHMANN, P. (1970): Wirtschaftliche Überlegungen zur Waldpflege; HESPA Mitteilungen 20; Luzern

BEBI, P. & ULRICH, M. (2008): Gibt es immer mehr wirksamen Lawinenschutzwald?; Informationsblatt Wald Nr. 24/2008, WSL; Birmensdorf

BFW (2012): Österreichs Wald; Bundesforschungszentrum für Wald; Wien

BMLFUW (2008): Nachhaltige Waldwirtschaft in Österreich – Österreichischer Waldbericht 2008; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Wien

BRANG, P. (1996): Experimentelle Untersuchungen zur Ansamungsökologie der Fichte im zwischenalpinen Gebirgswald; Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen Nr. 77; Zürich

BRANG, P. (2001): Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in the European Alps; Forest Ecology and Management, 145/2001, p. 107-119

BRAUNER, M., WEINMEISTER, W., AGNER, P., VOSPERNIK, S., HOESLE, B. (2005): Forest management decision support for evaluating forest protection effects against rockfall; Forest Ecology and Management, 207/2005, p. 75-85

BRÜCKER, R., HENKNER, J., WUNDER, J., BRANG, P., HEIRI, C. (2014): Stichprobeninventur 2013 im Naturwaldreservat God da Tamangur – Auswertung mit Kommentaren; WSL; Birmensdorf

DÖNZ, A. (2013): mündliche Mitteilung 09/2013

DORREN, L., BERGER, F., IMESON, A., MAIER, B., REY, F. (2004): Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps; Forest Ecology and Management, 195/2004, p. 165-176

DÜNSER, S. (2002): Ableitung von Auszeigekriterien für die Holzernte im Seilgelände auf Basis des Schutzwaldkonzeptes Rellstal/Montafon (Vorarlberg); Diplomarbeit, Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien

EICHRODT, R. (1969): Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald; Dissertation, Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich

ELLENBERG, H. & KLÖTZLI, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz; Mitteilungen Schweizerische Anstalt für Forstliches Versuchswesen; 48/1972; Birmensdorf

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2003): Natura 2000 und der Wald: Herausforderungen und Chancen – Auslegungsleitfaden; Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften; Luxemburg

FRANK, G. & KOCH, G. (1999): Nationaler Bericht „Naturwaldreservate in Österreich“ – Österreichischer Beitrag zur COST Aktion E4 Forest Reserves Research Network; FBVA; Wien

FREHNER, M., WASSER, B., SCHWITTER, R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald – Wegleitung für Pflegemaßnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Bern

FREISE, C. (2005): Die relative Kronenlänge als Steuerungsparameter des Einzelbaumwachstums der Fichte; Dissertation, Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

FRIEBE, J.G. (2004): Zur Geologie Vorarlbergs – eine Einführung unter besonderer Berücksichtigung verkarstungsfähiger Gesteine; Vorarlberger Naturschau 15, p. 19-40; Dornbirn

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (2014): Webaufttritt der Geologischen Bundesanstalt; verfügbar auf <http://www.geologie.ac.at/> ; zuletzt abgerufen am 20.01.2015

- HALMSCHLAGER, E. (2014): Aufforstung und Fortschutz in den Hochlagen – Forstschutzprobleme in den Hochlagen; Vorlesungsunterlagen Sommersemester 2014, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, Universität für Bodenkultur Wien
- HASENAUER, H., MERGANICOVA, K., PETRITSCH, R., PIETSCH, S.A., THORNTON, P.E. (2003): Validating daily climate interpolations over complex terrain in Austria; *Agricultural and Forest Meteorology* 119, p. 87-107
- HENKNER, J., HEIRI, C., TINNER, R., WUNDER, J., BRANG, P. (2014): Auswertung der Stichprobeninventur 2012 im Naturwaldreservat Aletschwald; WSL Berichte – Heft 16, 2014; Birmensdorf
- HERRMANN, S., CONDER, M., BRANG, P. (2012): Totholzvolumen und -qualität in ausgewählten Schweizer Naturwaldreservaten; *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 163/2012 (6), p. 222-231
- JOHANN, K. (1986): Größe und Verteilung des Zuwachses von Verjüngungsbeständen der Fichte; Dissertation, Universität München
- KASSEROLER, M. (2011): Vergleichende Analyse der Naturverjüngung in unbewirtschafteten und bewirtschafteten Gebirgswäldern am Beispiel des NWR Krimpenbachkessel, Salzatal; Masterarbeit, Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien
- KILIAN, W., MÜLLER, F., STARLINGER, F. (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs – Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten; FBVA Berichte 82/1994; Wien
- KORPEL, S. (1997): Totholz in Naturwäldern und Konsequenzen für Naturschutz und Forstwirtschaft; *Forst und Holz*; 52. Jahrgang/Nr. 21, p. 619-624
- LACHAT, T., BRANG, P., BOLLIGER, M., BOLLMANN, K. et al. (2014): Totholz im Wald – Entstehung, Bedeutung und Förderung; Merkblatt für die Praxis 52; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL; Birmensdorf
- LAND VORARLBERG (2014): 12 Punkte-TBC-Vorbeugemaßnahmenkatalog; Webaufttritt des Landes Vorarlberg
http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/landwirtschaft_forst/landwirtschaft/jagd/neuigkeiten_mit_bild_/tbc-vorbeugemassnahmenkat.htm ; zuletzt abgerufen am 10.12.2014
- LITSCHAUER, R. (2014): Untersuchungen zur Samenproduktion österreichischer Waldbäume; BFW; Online Publikation abrufbar unter <http://bfw.ac.at/020/2259.html> ; zuletzt abgerufen 12.01.2015

MALIN, H. (2014): mündliche Mitteilung 12/2014

MALIN, H., MAIER, B., DÖNZ-BREUSS, M. (2007): Der Montafoner Standeswald – Beiträge zur Geschichte und Gegenwart eines kommunalen Forstbetriebes; Montafoner Schriftenreihe 18; Heimatschutzverein Montafon; Schruns

MARGRETH, S. (2004): Die Wirkung des Waldes bei Lawinen; Forum für Wissen 2004, p. 21-26

MARXER, A. & OEHRICH, J. (2005): Die Unterländer Alpen in Vorarlberg: Schellenberger Gemeindealp Dürrwald im Silbertal; EinTracht: Zeitschrift für Heimat und Brauchtum, Ostern 2005, p. 22-23; Vaduz

MAYER, H. & OTT, E. (1991): Gebirgswaldbau Schutzwaldpflege – Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz; Gustav Fischer Verlag; Stuttgart, New York

MENCH, A. (1999): Untersuchung über die Erfassung und Analyse von Entwicklungen in Naturwäldern mit Hilfe von permanenten Stichproben; Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen

MEYER, P. (1995): Untersuchung waldkundlicher Entwicklungstendenzen und methodischer Fragestellungen in Buchen- und Buchenmischbeständen niedersächsischer Naturwaldreservate (NWR); Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen

MEYER, P. (1997): Probleme und Perspektiven der Naturwaldforschung am Beispiel Niedersachsen; Forstarchiv 68/1997, p. 87-98

MEYER, P., ACKERMANN, J., BALCAR, P., BODDENBERG, J., DETSCH, R. et al. (2001): Untersuchung der Waldstruktur und ihrer Dynamik in Naturwaldreservaten; IHW-Verlag; Eiching

MEYER, P. (2007): Naturwaldreservate in Deutschland – Stand der Ausweisung, Methoden und Ergebnisse der Erforschung; Forstarchiv 78/2007, p. 179

MONTAFON TOURISMUS (2014): Webauftritt des Montafon Tourismus www.montafon.at ; zuletzt abgerufen am 15.12.2014

MOTTA, R. (1996): Impact of wild ungulates on forest regeneration and tree composition of mountain forests in the Western Italian Alps; Forest Ecology and Management 88/1996, p. 93-98

- MOTTA, R., BERRETTI, R., LINGUA, E., PIUSSI, P. (2006): Coarse woody debris, forest structure and regeneration in the Valbona Forest Reserve, Paneveggio, Italian Alps; *Forest Ecology and Management* 235/2006, p. 155-163
- NIESE, G. & SPICAR, H. (1997): Gutachten über die Eignung des Waldbestandes „Dürrwald“ (Teilfläche der Parz. 1460, KG Silbertal) als Naturwaldreservat und Ermittlung des jährlichen Entgeltes; FBVA; Wien
- OTT, E., FREHNER, M., FREY, H.-U., LÜSCHER, P. (1997): Gebirgsnadelwälder – Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung; Verlag Paul Haupt; Bern
- PELZ, D. (2007): Skript Waldmesslehre - Skriptum der Abteilung für Forstliche Biometrie; Sommersemester 2007, Universität Freiburg
- POLLANSCHÜTZ, J. (1974): Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs; *AFZ* Jg.85, Heft 12, p. 341-343
- REIF, A. & PRZYBILLA, M. (1998): Regeneration der Fichte in den Hochlagen des NP Bayerischer Wald; *AFZ Der Wald* 8/1998, p. 400-404
- REIMOSER, F. & SPÖRK, J. (2005): Evaluierung der Wild-Umwelt-Situation im Bundesland Vorarlberg unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen des Vorarlberger Jagdgesetzes auf Wald und Wild (Vergleich 1988-2003); Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie, Veterinärmedizinische Universität Wien; Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien
- RÜEGG, D. & NIGG, H. (2003): Mehrstufige Verjüngungskontrollen und Grenzwerte für die Verbissintensität; *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 154/2003, p. 314-321
- RUPRECHT, H. & VACIK, H. (2009): Aufnahmeschlüssel für die Erhebung in Naturwaldreservaten für das Projekt „ELENA“
- SCHERZINGER, W. (1996): Naturschutz im Wald – Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung; Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart
- SCHIELER, K. (1988): Methodische Fragen im Zusammenhang mit der österreichischen Forstinventur; Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien
- SCHIELER, K. & HAUKE, E. (2001): Instruktion für die Feldarbeit Österreichische Waldinventur 2000/2002; FBVA; Wien
- SCHMIDT, M. & SCHMIDT, W. (2007): Vegetationsökologisches Monitoring in Naturwaldreservaten; *Forstarchiv* 78/2007, p. 205-214

SCHODTERER, H. (2004): Verjüngung und Wildeinfluss – Inventurergebnisse richtig interpretieren; Forstschutz Aktuell 31, p.13-16

SCHWITTER, R. (1999): Zur Verjüngung der Lärche in den Waldgesellschaften der kontinentalen Hochalpen – eine Zusammenfassung aus der Literatur; Fachstelle für Gebirgswaldpflege (GWP); Maienfeld

STERBA, H. (2009): Skript Forstliche Biometrie I - Skriptum zur Lehrveranstaltung 914.147; Institut für Waldwachstum, Wintersemester 2008/2009, Universität für Bodenkultur Wien

STAND MONTAFON (2014): Webauftritt des Stand Montafon Forstfonds www.stand-montafon.at/forst ; zuletzt abgerufen am 18.12.2014

STEINER, H., FRANK, G., SCHWEINZER, K.-M. (2014): Naturwaldreservate in Österreich; BFW; Wien

STÖCKLI, B. (1995): Moderholz für die Naturverjüngung im Bergwald; Merkblatt für die Praxis Nr. 26; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft; Birmensdorf

THORNTON, P.E., RUNNING, S.W., WHITE, M.A. (1997): Generating surfaces of daily meteorological variables over large regions of complex terrain; Journal of Hydrology 190, p. 214-251

TICHY, K. & FRANK, G. (1995): Österreichisches Programm Naturwaldreservate; BMLF; Wien

VACIK, H., RAHMAN, M., RUPRECHT, H., FRANK, G. (2009): Dynamics and structural changes of an oak dominated Natural Forest Reserve in Austria; Botanica Helvetica; Basel

VACIK, H., RUPRECHT, H., STEINER, H., FRANK, G. (2010): ELENA Empfehlungen für die Naturverjüngung von Gebirgswäldern – eine Studie zur natürlichen Regeneration in Naturwaldreservaten; Endbericht BMLUWF; Wien

VOGIS (2014): Vorarlberg Atlas; verfügbar auf http://vogis.cnv.at/atlas/init.aspx?karte=planung_und_kataster ; zuletzt abgerufen am 23.01.2015

VORARLBERGER WALSERVEREINIGUNG (2014): Webauftritt der Vorarlberger Walservereinigung <http://www.vorarlberger-walservereinigung.at/19-walsergemeinden/silbertal/> ; zuletzt abgerufen am 26.11.2014

- WEISS, G. (2000): Perceptions of risk in mountain forests; veröffentlicht in: Price, M., Butt, N. (2000) Forests in Sustainable Mountain Development: A State of Knowledge Report for 2000, CAB International, Oxon, p. 359-366
- WILLNER, W. & GRABHERR, G. (2007): Die Wälder und Gebüsch Österreichs – Ein Bestimmungswerk mit Tabellen, 1 Textband; Spektrum Akademischer Verlag; München
- WINTER, M. (2009): Natural regeneration and protection efficiency of the upper montane forests in the Natural Forest Reserve Goldeck, Carinthia; Master Thesis, Institute of Silviculture, BOKU; Vienna
- WOLKERSDORFER, C. (2005): Geologische Verhältnisse des Montafon und angrenzender Gebiete, Montafon 1 Mensch – Geschichte – Naturraum; Die lebensweltlichen Grundlagen Hrsg. Rollinger J.M., Rollinger R.; Schruns
- WSL (2010): Totholz und alte Bäume – kennen, schützen, fördern; Webauftritt der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL und des Bundesamts für Umwelt BAFU <http://www.totholz.ch> ; zuletzt abgerufen am 10.01.2015
- WSL (2011): Natürliche Dynamik von subalpinen Lawinenschutzwäldern; Webauftritt der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL http://www.wsl.ch/fe/oekosystem/gebirgsoekosysteme/projekte/schutzwalddynamik/index_DE ; zuletzt abgerufen am 17.01.2015
- ZAMG (2014): Webauftritt der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm ; zuletzt abgerufen am 26.11.2014
- ZUKRIGL, K. (1990): Naturwaldreservate in Österreich – Stand und neu aufgenommene Flächen; Umweltbundesamt; Monographien Band 21; Wien

Anhang

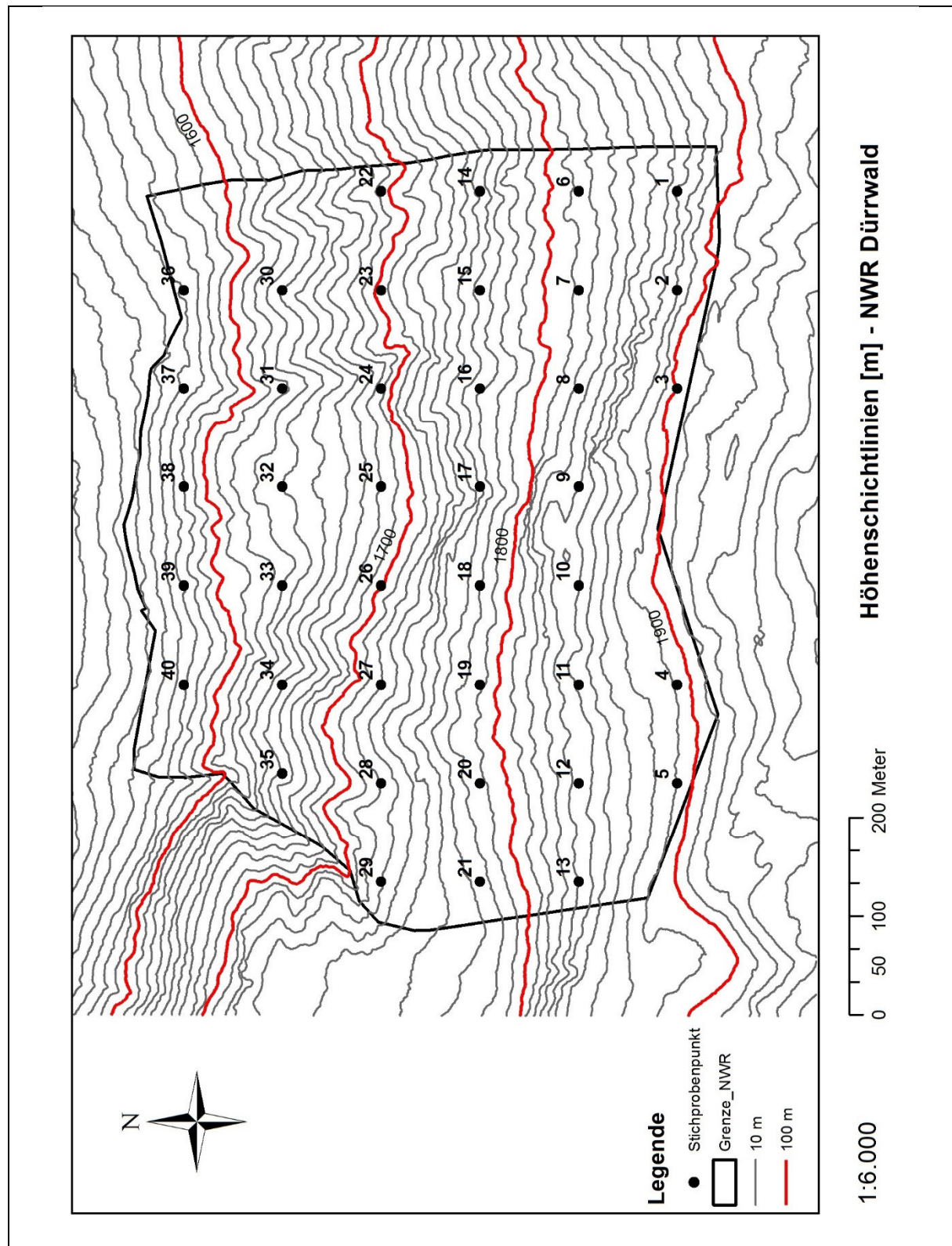


Abb. 55 Übersichtskarte Höhenschichtlinien [m] im NWR Dürrwald

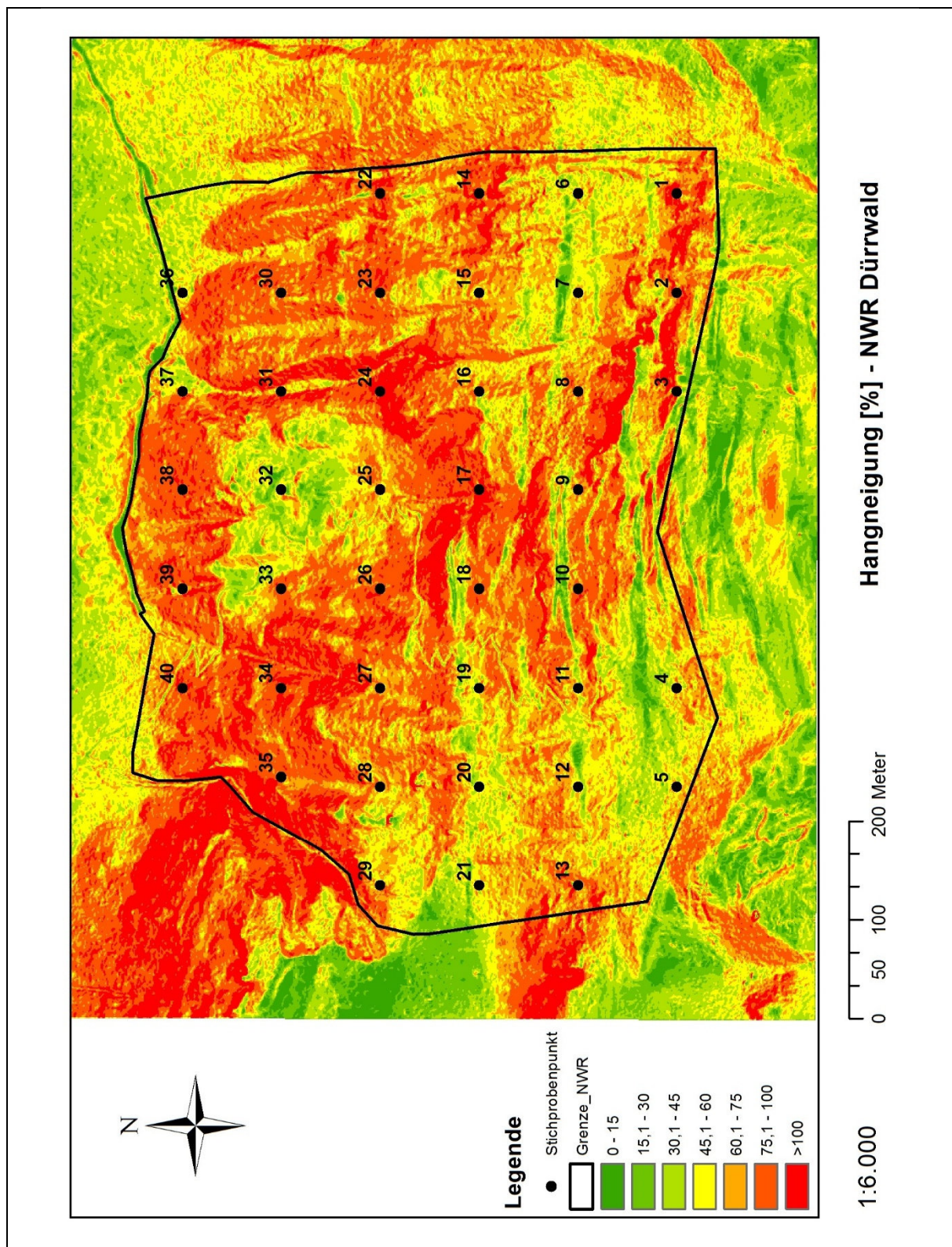


Abb. 56 Übersichtskarte Hangneigung [%] im NWR Dürrwald

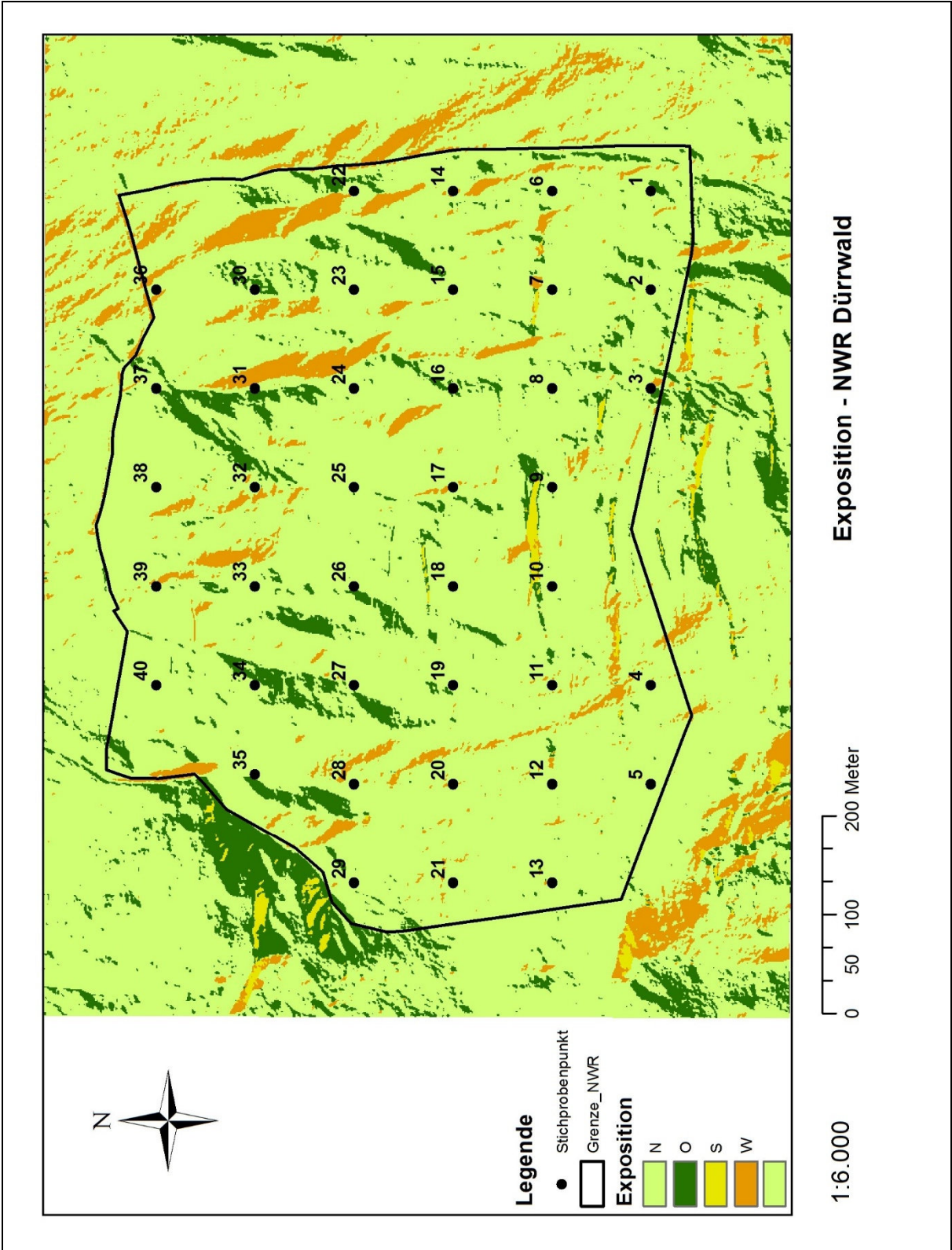


Abb. 57 Übersichtskarte Exposition im NWR Dürwald

SPKT	WG	Höhe [m.ü.NN.]	Neigung [%]	A	K [%]	N_Best. [N/ha]	V_Best. [m³/ha]	V_TH [m³/ha]	Vj. >30-130 [N/ha]	TH_Vj. >30-130 [N/ha]
1	LäW	1872	110	N	55	233	305,1	42,4	1500	0
2	LäW	1880	75	N	5	133	3,9	0,0	133	0
3	LäW	1900	70	NNO	15	367	50,3	0,0	1333	0
4	LäW	1892	43	NNW	25	267	217,8	7,9	700	67
5	LäW	1890	38	N	10	400	3,6	2,2	1133	1
6	FiW	1813	45	N	70	567	832,8	10,2	1200	0
7	LäW	1813	55	N	20	800	24,1	4,2	333	0
8	LäW	1824	63	N	5	233	14,6	3,4	1033	0
9	LäW	1840	40	NNO	40	467	141,2	7,5	400	33
10	LäW	1849	30	NNO	40	433	75,8	4,4	433	0
11	LäW	1852	67	N	25	333	214,7	8,0	500	0
12	LäW	1843	62	N	15	133	82,5	29,7	500	0
13	LäW	1839	85	N	30	467	76,8	1,4	367	0
14	FiW	1755	100	N	25	67	310,3	28,1	233	0
15	FiW	1763	50	NNO	35	867	215,6	25,0	1000	333
16	FiW	1767	75	NO	55	433	656,7	101,0	533	0
17	FiW	1758	90	NNW	20	1033	168,9	0,6	2600	0
18	FiW	1780	62	N	25	233	866,5	45,6	233	33
19	FiW	1787	80	NNO	40	433	563,3	107,9	300	0
20	FiW	1787	60	NNW	15	333	215,0	0,7	1233	0
21	LäW	1775	45	NNW	70	1800	160,2	7,7	1800	0
22	FiW	1694	75	N	10	233	0,3	0,0	7833	0
23	FiW	1705	90	NNO	50	533	390,1	23,7	267	0
24	FiW	1686	120	NNO	40	1433	643,3	55,5	400	0
25	FiW	1680	58	NNW	10	267	3,6	1,5	1167	0
26	FiW	1699	85	NNO	45	1367	102,8	109,3	1433	0
27	FiW	1720	75	N	25	300	1162,2	92,8	1333	0
28	FiW	1721	80	NNW	60	600	1187,9	182,0	1400	6
29	Erle	1728	85	N	20	200	95,4	0,0	167	0
30	FiW	1640	75	NNO	95	667	1725,6	27,6	3067	0
31	FiW	1616	90	W	15	200	630,9	125,1	4100	0
32	FiW	1640	42	NNO	60	267	674,2	129,2	1467	0
33	FiW	1630	90	NNO	80	667	2088,5	371,8	133	0
34	FiW	1649	95	NNO	55	367	1120,7	57,1	2467	21
35	FiW	1653	77	N	5	167	2,9	13,8	2167	14
36	FiW	1562	40	NNW	35	333	655,0	146,7	3933	567
37	FiW	1562	44	N	35	200	722,1	18,5	6933	319
38	FiW	1579	90	N	50	733	847,5	58,8	1167	146
39	FiW	1569	82	N	80	1600	980,5	65,3	4733	690
40	FiW	1567	80	N	70	1067	872,4	85,6	2367	133

Tab. 30 Übersicht über die im NWR Dürrwald erhobenen Stichprobenpunkte; für jeden Stichprobenpunkt ist dargestellt: Waldgesellschaft, Höhe, Neigung, Ausrichtung, Kronenüberschirmung, Stammzahl des lebenden Bestandes, Vorrat des lebenden Bestandes, Vorrat des Totholzes, Stammzahl der Verjüngung >30-130 cm, Stammzahl der Verjüngung auf Totholz >30-130 cm

Waldbauprojekt		Formular 2 / Herleitung Handlungsbedarf				Datum: 23.08.2013		BearbeiterIn:			
		Ort: NWR Dürrwald	Weiserfl. Nr.: 26								
1. Standortstyp: Subalpiner Fichtenwald											
2. Naturgefahr: Steinschlag, Lawine, evtl Rutschung möglich											
3. Zustand, Entwicklungstendenz und Massnahmen:											
Bestandes- und Einzelbaummerkmale	Minimalprofil (inkl. Naturgefahren)	Zustand	Zustand-Entwicklung heute, in 10, in 50 Jahren	wirksame Massnahmen	verhältnismässig	6. Etappenziel:					
Mischung Art und Grad	Fi: 70-100% Vb: Samenbäume - 30% Lä: 0-30%	Fi: 100% Grünerlen vorhanden				Wird in 10 Jahren überprüft.					
Gefüge (vertikal) BHD Streuung	genügend entwicklungsfähige Bäume in mind. 2 BHD Klassen	3 verschiedene BHD Klassen vorhanden									
Gefüge (horizontal) DG, Stammzahl Lückenhöhe	Rotten, allenfalls Einzelbäume	333 Stämme/ha Deckungsgrad: 45%									
Stabilitätssträger Kronenentwicklung Schlankheitsgrad Zieldurchmesser	Kronenlänge mind. 2/3 lotrechte Stämme mit guter Verankerung	Kronenprozent: 80,7% H/D-Wert: 49,8 100% gute Verankerung									
Verjüngung Keimbelt	Alle 10m Moderholz; Schutz gegen Schneegleiten	277 Keimlinge/ha Moderholz vorhanden									
Anwuchs (10 cm bis 40 cm)	an mind. 1/3 der Verjüngungsstellen Fi und Vb vorhanden	330.200 Pflanzen/ha; Fi und Vb Verjüngung vorhanden									
Aufwuchs (40 cm Höhe - 12 cm BHD)	Mind. 70 Verjüngungsansätze/ha	2.267 Pflanzen/ha									
4. Handlungsbedarf:		ja	nein	5. Dringlichkeit:		sehr schlecht	minimal	ideal	klein	mittel	gross

Abb. 58 Formular 2: Herleitung Handlungsbedarf aus dem NaiS-Konzept nach FREHNER et al. (2005); angewandt für Stpk. 26 – aktueller Zustand und Entwicklung des Standortes in 10 bzw. 50 Jahren

Stpk	WG	Mischung	BHD Gefüge	Horizontal Gefüge	Stabilität - Kronen	Stabilität - Verankerung	V Keimbett	V Anwuchs	V Aufwuchs	Mittelwert	Stabw
01	LäW	-1	3	0	0	1	-3	-1	2	0,1	1,9
02	LäW	-3	-2	-3	0	3	-1	-1	-1	-1,0	1,9
03	LäW	-3	-1	-2	0	3	-2	-1	2	-0,5	2,1
04	LäW	-2	2	-1	0	0	-2	-1	0	-0,5	1,3
05	LäW	-3	-2	-3	1	3	-3	-2	2	-0,9	2,5
06	FiW	2	3	2	0	1	3	1	2	1,8	1,0
07	LäW	-2	-1	1	-1	3	-3	-1	2	-0,3	2,1
08	LäW	-3	-2	-3	1	-1	-1	-1	1	-1,1	1,6
09	LäW	-3	-2	-1	1	-3	-3	-1	1	-1,4	1,7
10	LäW	-3	-1	0	1	-3	-3	-1	2	-1,0	1,9
11	LäW	-2	0	1	-1	1	-3	-1	0	-0,6	1,4
12	LäW	-3	-1	0	-1	3	-2	-1	1	-0,5	1,9
13	LäW	0	-1	2	-1	3	-2	-3	1	-0,1	2,0
14	FiW	-2	0	-2	1	3	-1	-2	-1	-0,5	1,8
15	FiW	-2	3	2	0	0	-1	1	0	0,4	1,6
16	FiW	0	3	2	0	3	-1	-2	-1	0,5	1,9
17	FiW	1	-1	-2	1	3	1	3	2	1,0	1,8
18	FiW	0	3	-1	1	0	-2	-2	-2	-0,4	1,8
19	FiW	0	3	-1	1	3	-1	-2	-1	0,3	1,9
20	FiW	0	2	-2	1	3	-2	-1	0	0,1	1,8
21	LäW	-2	1	0	0	2	-2	-1	3	0,1	1,8
22	FiW	-2	-2	-2	-3	-3	2	3	3	-0,5	2,7
23	FiW	0	3	2	-1	0	2	-2	-2	0,3	1,9
24	FiW	1	3	2	1	0	2	-2	1	1,0	1,5
25	FiW	1	-1	-2	2	3	-3	-3	0	-0,4	2,3
26	FiW	1	3	1	1	3	0	2	2	1,6	1,1
27	FiW	0	3	0	0	1	-1	1	1	0,6	1,2
28	FiW	0	3	3	0	3	-1	-1	1	1,0	1,8
30	FiW	0	3	2	-1	2	3	-1	2	1,3	1,7
31	FiW	0	1	-2	0	0	3	-1	3	0,5	1,8
32	FiW	0	3	3	-1	1	3	3	3	1,9	1,6
33	FiW	0	3	2	0	1	0	-1	0	0,6	1,3
34	FiW	0	3	1	-1	3	1	2	3	1,5	1,5
35	FiW	0	-1	-3	2	3	2	-1	1	0,4	2,0
36	FiW	1	3	-1	0	-1	2	3	3	1,3	1,8
37	FiW	0	0	-2	1	-3	2	3	3	0,5	2,2
38	FiW	0	2	-1	1	3	0	2	2	1,1	1,4
39	FiW	1	3	2	-1	2	3	3	3	2,0	1,4
40	FiW	1	3	3	0	2	3	3	3	2,3	1,2
Mittelwert		-0,7	1,1	-0,1	0,1	1,3	-0,3	-0,2	1,2	0,3	
Stabw		1,5	2,0	1,9	1,0	2,0	2,1	1,9	1,5	0,9	

Tab. 31 Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund des Standortes zum Zeitpunkt in 10 Jahren (2023),
aufgegliedert nach Stichprobenpunkt und NaIS-Kriterien

Stpk	WG	Mischung	BHD Gefüge	Horizontal Gefüge	Stabilität - Kronen	Stabilität - Verankerung	V Keimbett	V Anwuchs	V Aufwuchs	Mittelwert	Stabw
01	LäW	-1	3	1	0	1	-2	-1	1	0,3	1,6
02	LäW	-3	-2	-2	0	2	0	-1	0	-0,8	1,6
03	LäW	-3	-1	-1	0	2	-2	-1	2	-0,5	1,8
04	LäW	-2	2	0	0	1	-2	0	1	0,0	1,4
05	LäW	-3	-1	-2	1	3	-1	-2	2	-0,4	2,1
06	FiW	2	2	3	1	1	3	1	1	1,8	0,9
07	LäW	-2	0	2	0	2	-2	0	2	0,3	1,7
08	LäW	-3	-2	-2	0	0	-1	-1	1	-1,0	1,3
09	LäW	-3	-1	0	1	-2	-3	-1	1	-1,0	1,6
10	LäW	-3	-1	0	1	-2	-3	-1	2	-0,9	1,8
11	LäW	-2	0	1	0	1	-2	-1	0	-0,4	1,2
12	LäW	-3	-1	0	-1	3	-2	-1	1	-0,5	1,9
13	LäW	-1	0	2	-1	3	-2	-2	2	0,1	2,0
14	FiW	-2	0	-2	1	3	-1	-2	-1	-0,5	1,8
15	FiW	1	3	2	1	0	0	1	0	1,0	1,1
16	FiW	-2	3	2	0	2	0	-1	0	0,5	1,7
17	FiW	2	0	0	1	2	1	2	1	1,1	0,8
18	FiW	0	3	0	1	0	-2	-2	-1	-0,1	1,6
19	FiW	1	3	1	1	3	-1	-1	-1	0,8	1,7
20	FiW	-2	2	-1	1	3	-2	0	0	0,1	1,8
21	LäW	-2	1	1	0	2	-1	0	2	0,4	1,4
22	FiW	-2	-1	0	-2	-1	2	3	2	0,1	2,0
23	FiW	0	3	2	0	0	2	-1	-1	0,6	1,5
24	FiW	1	3	2	1	-1	2	-2	1	0,9	1,6
25	FiW	1	-2	-1	2	3	-3	-3	0	-0,4	2,3
26	FiW	1	3	2	1	3	0	2	2	1,8	1,0
27	FiW	0	3	1	0	1	0	1	1	0,9	1,0
28	FiW	0	3	3	0	3	0	0	1	1,3	1,5
30	FiW	0	2	2	0	1	3	0	1	1,1	1,1
31	FiW	0	1	-1	1	0	3	0	2	0,8	1,3
32	FiW	0	3	3	-1	2	3	2	2	1,8	1,5
33	FiW	0	3	3	-1	0	0	-1	0	0,5	1,6
34	FiW	0	3	2	0	3	2	2	3	1,9	1,2
35	FiW	0	-1	-2	2	2	2	0	2	0,6	1,6
36	FiW	2	3	1	0	-1	2	2	2	1,4	1,3
37	FiW	0	0	-1	1	-2	2	3	3	0,8	1,8
38	FiW	0	3	1	0	2	1	2	2	1,4	1,1
39	FiW	1	3	2	-1	2	3	2	3	1,9	1,4
40	FiW	1	3	2	0	2	3	2	2	1,9	1,0
Mittelwet		-0,7	1,3	0,7	0,3	1,3	0,1	0,0	1,1	0,5	
Stabw		1,6	1,9	1,6	0,9	1,6	2,0	1,6	1,1	0,9	

Tab. 32 Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund des Standortes zum Zeitpunkt in 50 Jahren (2063),
aufgegliedert nach Stichprobenpunkt und Nais-Kriterien

NWR Dürrwald

Vegetationstabelle										Tabelle erstellt: H. Steiner 6.9.2013									
Meereshöhe (m)	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1635	1635	1635	1635	1635	1635	1635	1635	1635	1635
Neigungsrichtung (gon)	335	391	1810	1705	1665	1580	1625	1660	1590	25	390	1795	12	1775	3	1625	35	1585	397
Hangneigung (%)	88	63	200	74	66	43	48	98	86	90	50	76	78	88	82	85	69	52	40
Probeflächengröße (m²)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Erhebungsdatum	25.07.2013	24.07.2013	23.07.2013	08.08.2013	23.07.2013	07.08.2013	08.08.2013	23.07.2013	28.06.2007	28.06.2007	25.07.2013	25.07.2013	24.07.2013	24.07.2013	07.08.2013	28.06.2007	24.07.2013		
Assoziation	Calamagrostis villosae-Piceetum					Athyrion alpestris-Piceetum					Vaccinio-Pinetum cembrae					Alnetum viridis			
S Species	cf.	13	10	7	20	6	17	19	4	1	2	16	14	12	5	15	8	9	18
B1		3	2a	3	4	3	3	4	4	3	4	3	3	2b	2b	.	.	2a	.
B2		2a	3	2b	.	2a	.	+	2a	2a	.	.	2a	2b	2b	.	.	.	.
B3 Picea abies		r	2a	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
S		.	.	.	.	.	+	.	.	+	r	.	.	.	+	.	.	+	+
K		1	+	2m	1	2m	+	1	2m	1	+	.	1	1	1	.	.	.	+
S Sorbus aucuparia		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	+	+
K		r	1	2m	+	2m	2m	1	2m	1	1	+	1	1	r	+	2m	2m	1
B1		.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	3	3	3	4
B2		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	2a	.
B3 Larix decidua		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	+	.
S		.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	+	1
K		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	.
K Rhododendron ferrugineum		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	2a	2m	2b
S Lonicera caerulea		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S Alnus alnobetula		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
K		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
azidophil		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
K Calamagrostis villosa		1	2m	1	1	2a	2m	1	+	2m	2a	2a	2m	2m	.	3	2b	2b	2m
K Dryopteris dilatata		1	2m	2m	1	2m	2m	2m	2m	.	.	2m	2m	2m	2m	2a	2m	2m	1
K Homogyne alpina		.	1	.	+	2m	2m	+	1	1	2m	1	2m	2m	.	.	2m	2m	2m
K Vaccinium myrtillus		2b	2a	r	1	2a	2b	1	1	2m	2a	2b	2b	2m	.	2b	2b	2b	4
K Avenella flexuosa		.	2m	1	r	2m	2m	2m	+	1	2m	2m	1	1	.	2m	2m	2a	2m
K Listera cordata		.	r	.	.	+	1	.	.	r	.	.	1	+	.	2m	r	.	1
K Dryopteris carthusiana agg.		.	.	.	.	.	.	.	.	2a	2a	.	.	.	.	.	.	.	1
Schwerpunkt im Fichtenwald		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
K Blechnum spicant		+	.	.	.	+	.	r	+	+	r	.	1	+	r	.	.	.	.
K Luzula sylvatica		.	+	1	.	.	1	r	.	.	cf	+	+	1	2m	.	.	+	.
K Athyrium filix-femina		.	.	.	r	1	.	.	+	.	.	.	.	2m	1	.	.	.	.
K Luzula luzulina		.	.	.	+	r	1	+	1	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.
K Huperzia selago		.	.	.	r	+	.	+	1	+	.	+	.	.	.	.	.	.	r
K Lycopodium annotinum		.	.	.	.	2m	1	.	1	+	.	.	r	.	+	.	.	.	.
K Phegopteris connectilis		.	.	.	.	.	.	.	r	1	.	.	.	1	+	.	.	.	.

Tab. 33 Vegetationstabelle 1/3 NWR Dürrwald – zur Verfügung gestellt von H.STEINER, BFW, 2013

S Species	cf.	13	10	7	20	6	17	19	4	1	2	16	14	12	5	15	8	9	18	3	11
bes. lichtbedürftig																					
K Vaccinium vitis-idaea		2m	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2m	.	.
K Carex brunnescens		.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	r	.	.	+
K Melampyrum pratense		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.
mesophil																					
K Oxalis acetosella		.	.	2a	1	2m	2a	2m	2a	2m	2m	2m	2m	2b	2b	2m	2m	2m	2m	2m	2m
K Solidago virgaurea		.	.	r	.	.	r	r	+	1	.	.	r	2m	.	+	r	r	+	+	r
K Prenanthes purpurea		.	.	.	r	r	.	.	1	1	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.
K Hieracium murorum		.	.	1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	.	.
K Gymnocarpium dryopteris		.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.
K Veronica urticifolia		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
K Senecio ovatus		.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
K Rubus idaeus		.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	r	+	.	.	.	.	.	1
K Galeobdolon montanum		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	.
K Epilobium montanum		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Hochstauden u. Begleiter																					
K Athyrium distentifolium		.	+	.	.	.	1	.	.	2b	2m	2b	2b	.	4	2m	3	2m	1	1	.
K Adenostyles alliariae		.	.	+	.	.	r	r	.	1	r	.	+	2a	3	2b	2a	2a	1	+	2b
K Veratrum album		.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	r	.	2m	2m	1	1	1	1
K Thelypteris limbosperma		.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	+	2m	+	r	r	2m	r	.	.	.
K Streptopus amplexifolius		.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	+	.	.	.	.	+	r	.	.	1
K Stellaria nemorum		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	2a	+	2m	1	.	.	2m
K Agrostis schraderiana		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	r	.	1	1	.	.	2m
K Cicerbita alpina		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	1	2m	+	+	.	.	.	.
K Rumex alpestris		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	1	.	.	.
K Saxifraga rotundifolia		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	2m
K Viola biflora		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	2b
K Adoxa moschatellina		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	1
K Chaerophyllum hirsutum		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2m
K Peucedanum ostruthium		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	2m
K Chrysosplenium alternifolium		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	+
K Cardamine flexuosa		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	.
K Myosotis decumbens		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
K Achillea macrophylla		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.
K Deschampsia cespitosa		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1
K Aconitum napellus		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
subalpine Freiflächen																					
K Gentiana punctata		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	cf r	.	cf r	+	cf 1	.
K Anthoxanthum odoratum		.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
K Nardus stricta		.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
K Luzula alpinopilosa		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	cf r	+
K Mutellina adonidifolia		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+
K Phleum commutatum		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
K Potentilla aurea		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.
K Scorzoneroide helvetica		.	.	.	.	.	.	.	cf r	.	.	.	.	.	.	cf 1	.	.	+	cf 1	.
K Vaccinium gaultherioides		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
K Vaccinium uliginosum agg.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.	.
K Empetrum nigrum agg.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
K Alchemilla sp.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
K Campanula scheuchzeri	cf.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
K Poa alpina		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
K Ranunculus aconitifolius		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
K Soldanella sp.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r

Tab. 34 Vegetationstabelle 2/3 NWR Dürrwald – zur Verfügung gestellt von H.STEINER, BFW, 2013

S	Species	cf.	13	10	7	20	6	17	19	4	1	2	16	14	12	5	15	8	9	18	3	11
M	Dicranum scoparium		2a	2a	2m	2a	2a	2m	2a	2a	2a	2b	2a	+	2m	2m	2m	2b	2a	2m	2b	2a
M	Hylocomium splendens		2b	2a	2a	2b	2b	2b	2b	3	2a	2b	2a	2b	3	2m	2b	2a	2a	3	3	2m
M	Pleurozium schreberi		2b	2a	2m	1	4	2a	1	2a	2m	2a	2a	2a	2a	.	2b	.	2b	3	3	.
M	Polytrichum formosum		2a	2a	2a	2m	2a	2m	2m	2b	3	2a	3	2b	2b	2m	3	2b	2a	2m	2m	2a
M	Rhytidiadelphus triquetrus		.	1	r	+	2m	1	+	r	.	+	2m	.	.	.	2m	+	2m	1	2a	.
M	Plagiothecium undulatum		2m	1	2m	1	2m	2a	2m	2m	2m	2m	2a	2b	2a	1	2m	.	.	.	.	.
M	Rhytidiadelphus loreus		.	.	.	2m	.	2m	2m	.	2m	.	1	cf2a	.	.	.	.	.	.	.	.
M	Sphagnum sp.		.	.	.	.	.	.	.	.	2m	1	1	2m	.	.	.	.	.	.	2m	.
M	Ptilium crista-castrensis		.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	2m	.	.	2b	2m	.
M	Barbilophozia lycopodioides		.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.
M	Bartramia pomiformis	cf.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	Hypnum cupressiforme agg.		.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	Plagiochila asplenioides		.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	Plagiothecium sp.		.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	Rhytidiadelphus squarrosus	cf.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	1	.	.
M	Tetraphis pellucida		.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tab. 35 Vegetationstabelle 3/3 NWR Dürrwald – zur Verfügung gestellt von H.STEINER, BFW, 2013

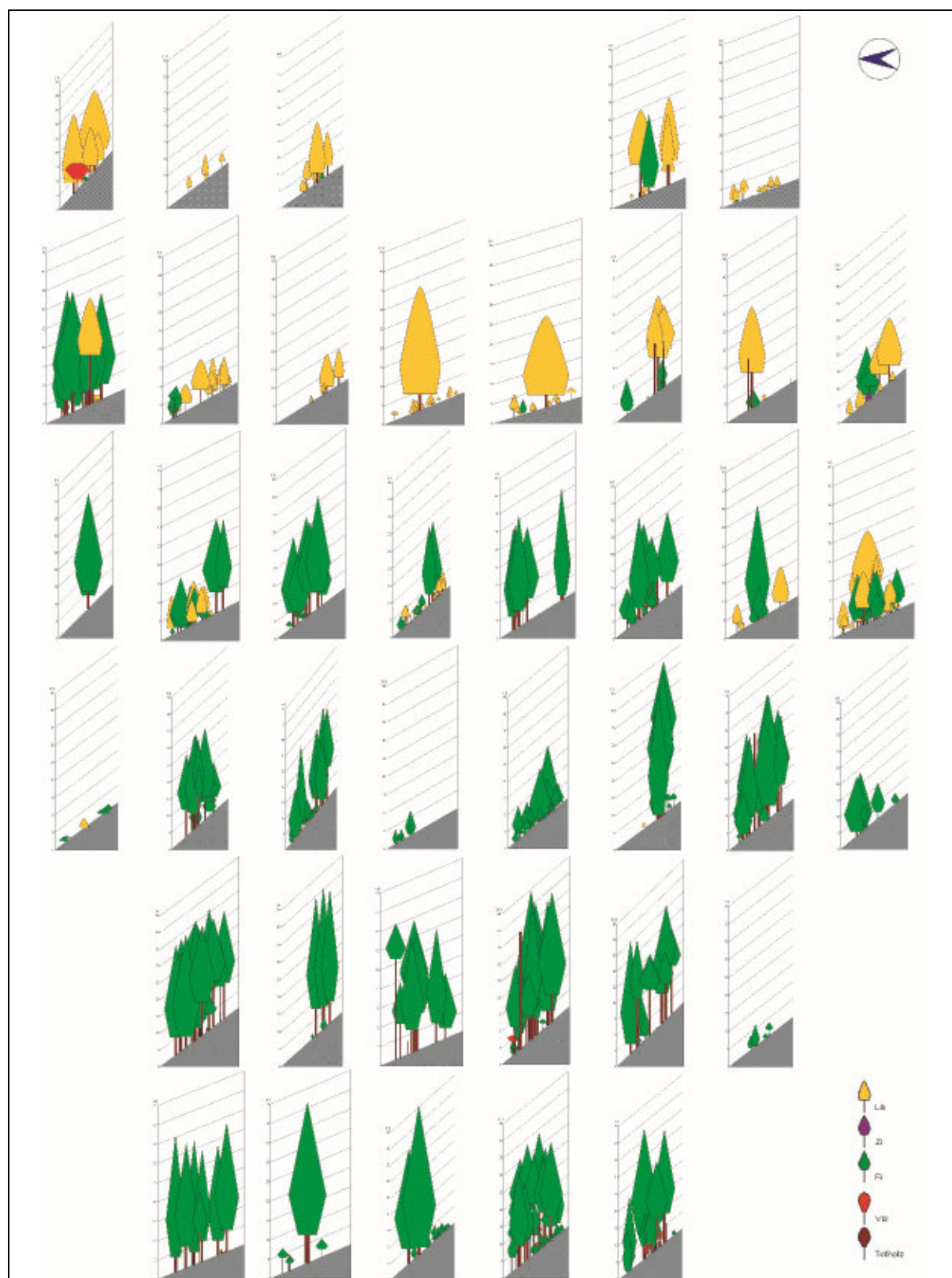


Abb. 59 Seitenansicht der 40 Stichprobenpunkte im NWR

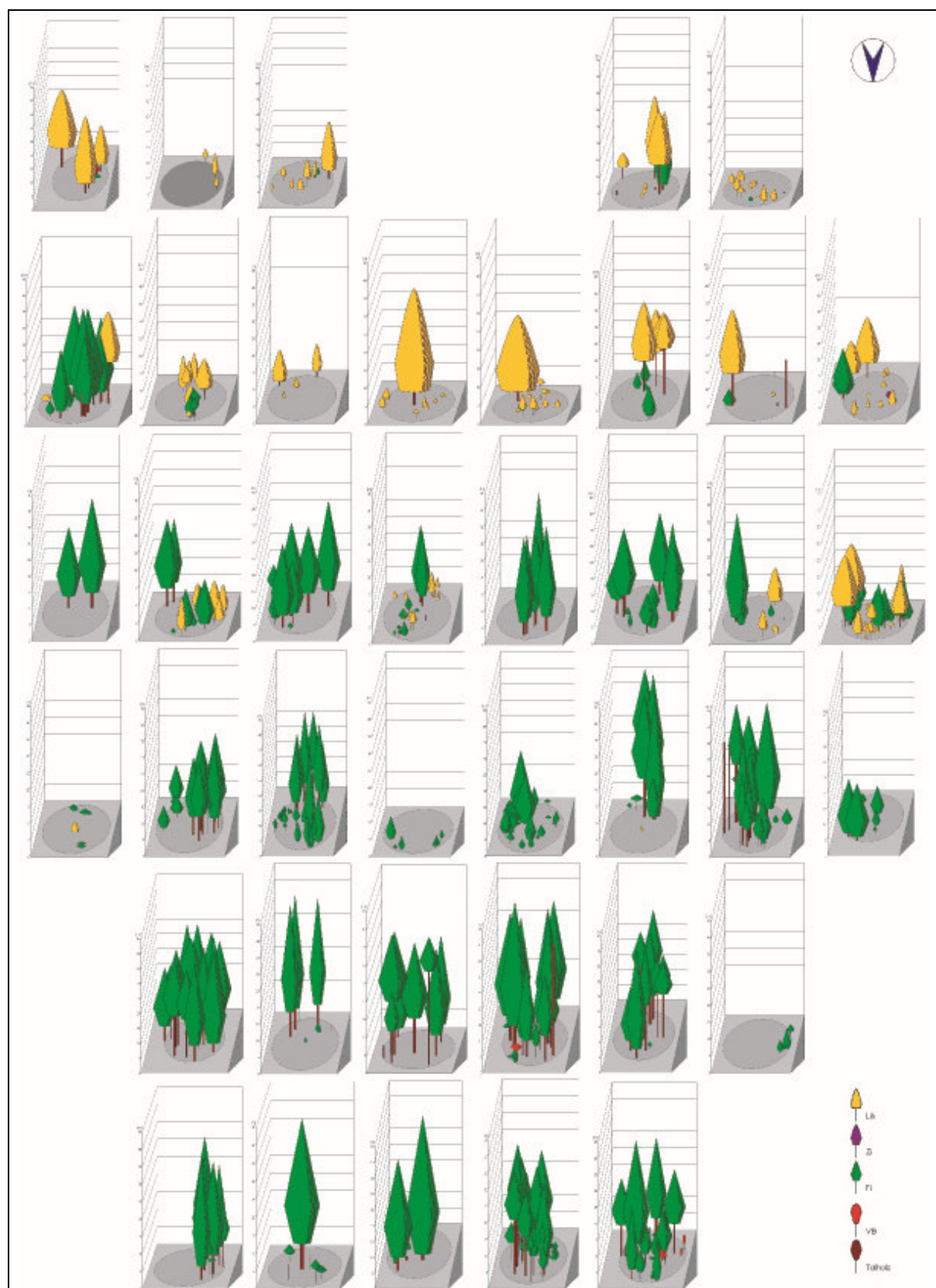


Abb. 60 Aufriss der 40 Stichprobenpunkte im NWR

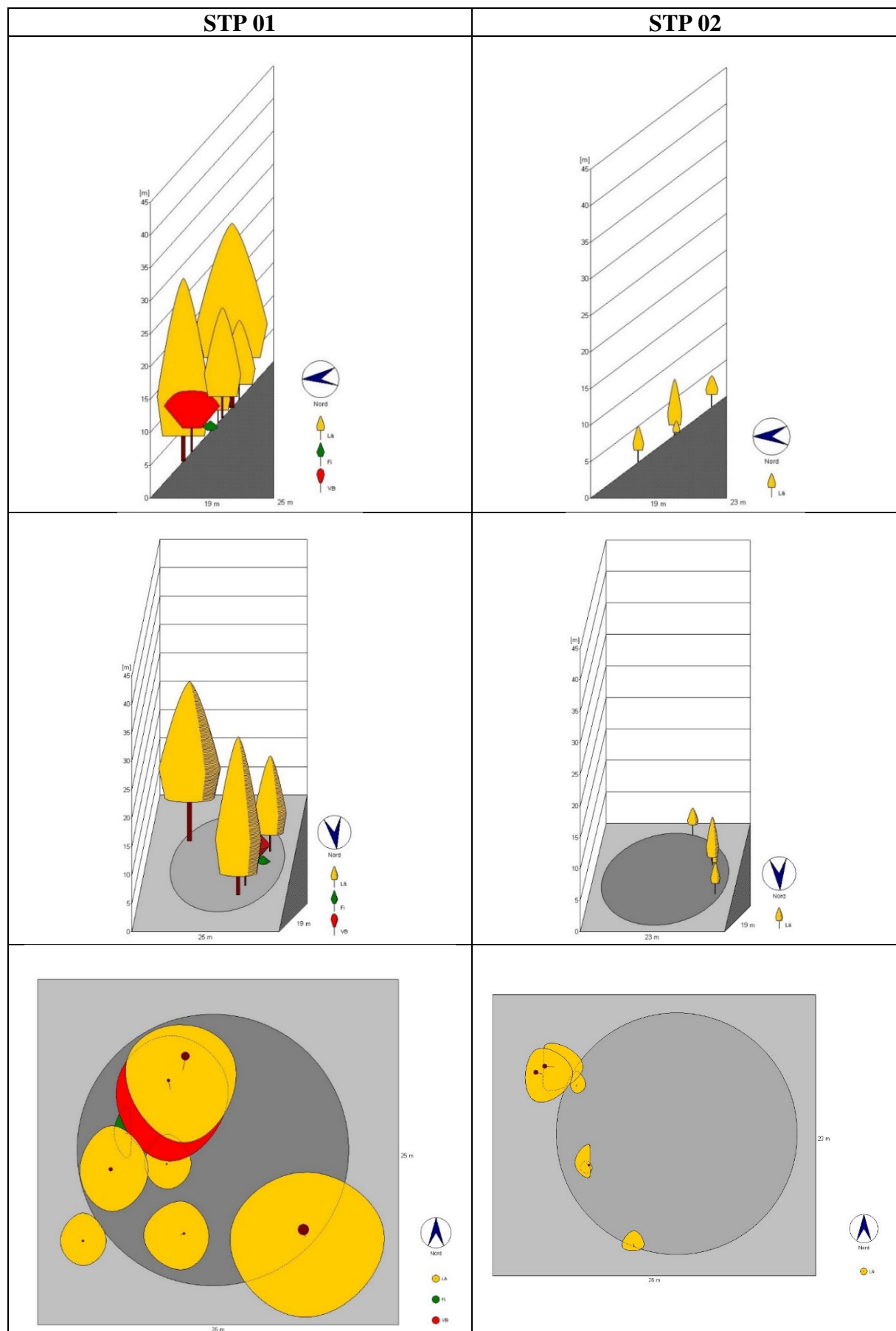


Abb. 61 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 01 + 02

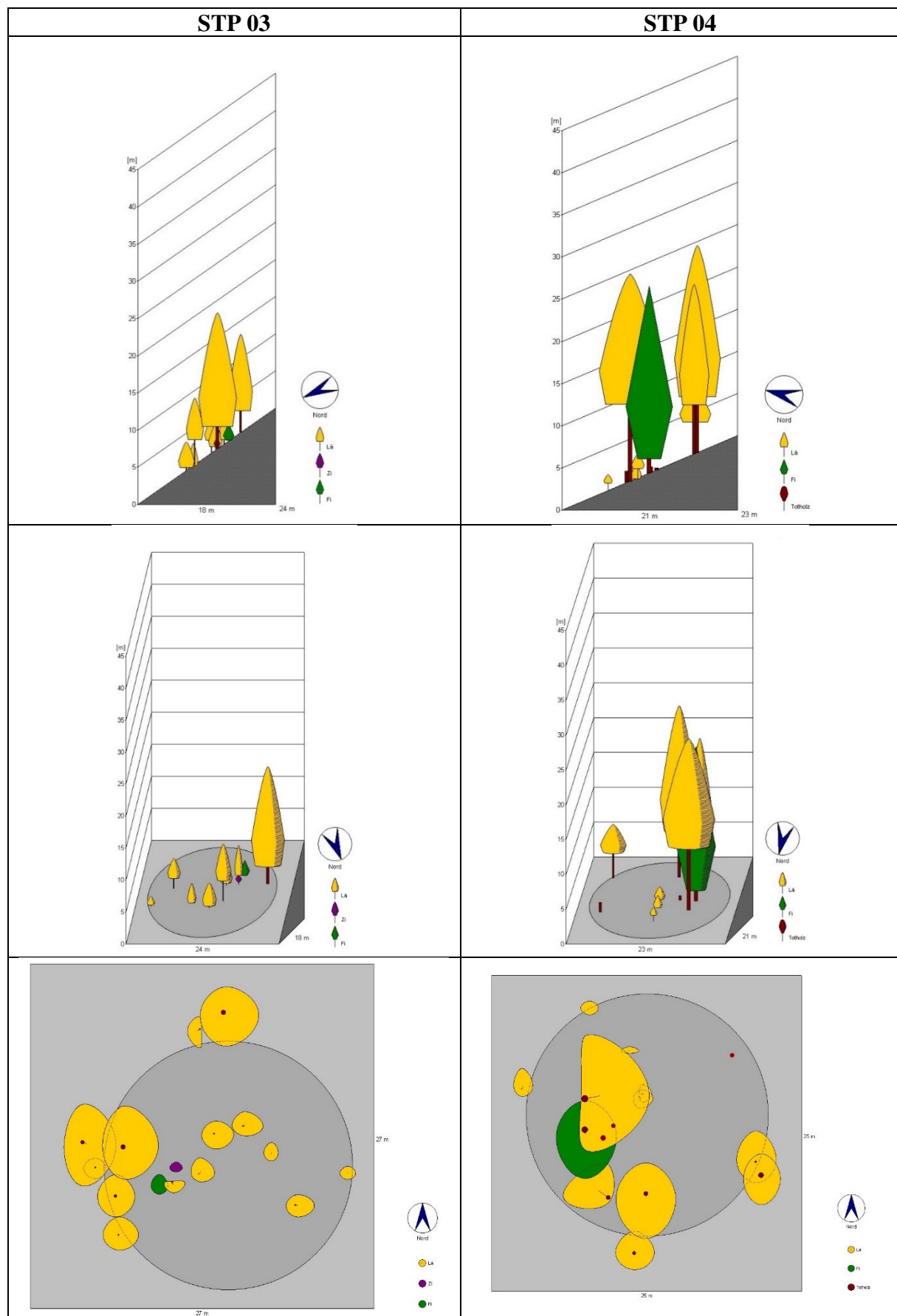


Abb. 62 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 03 + 04

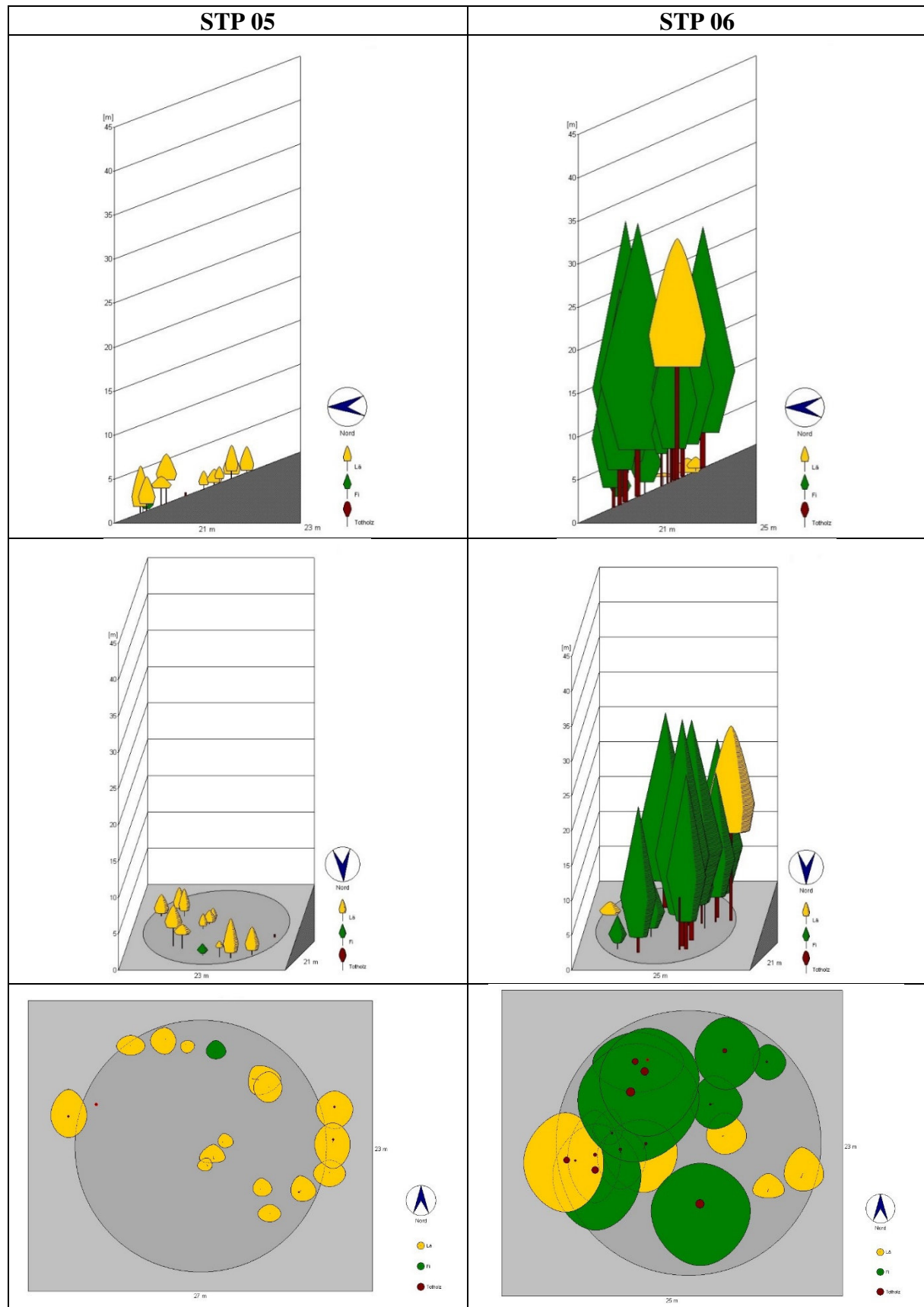


Abb. 63 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 05 + 06

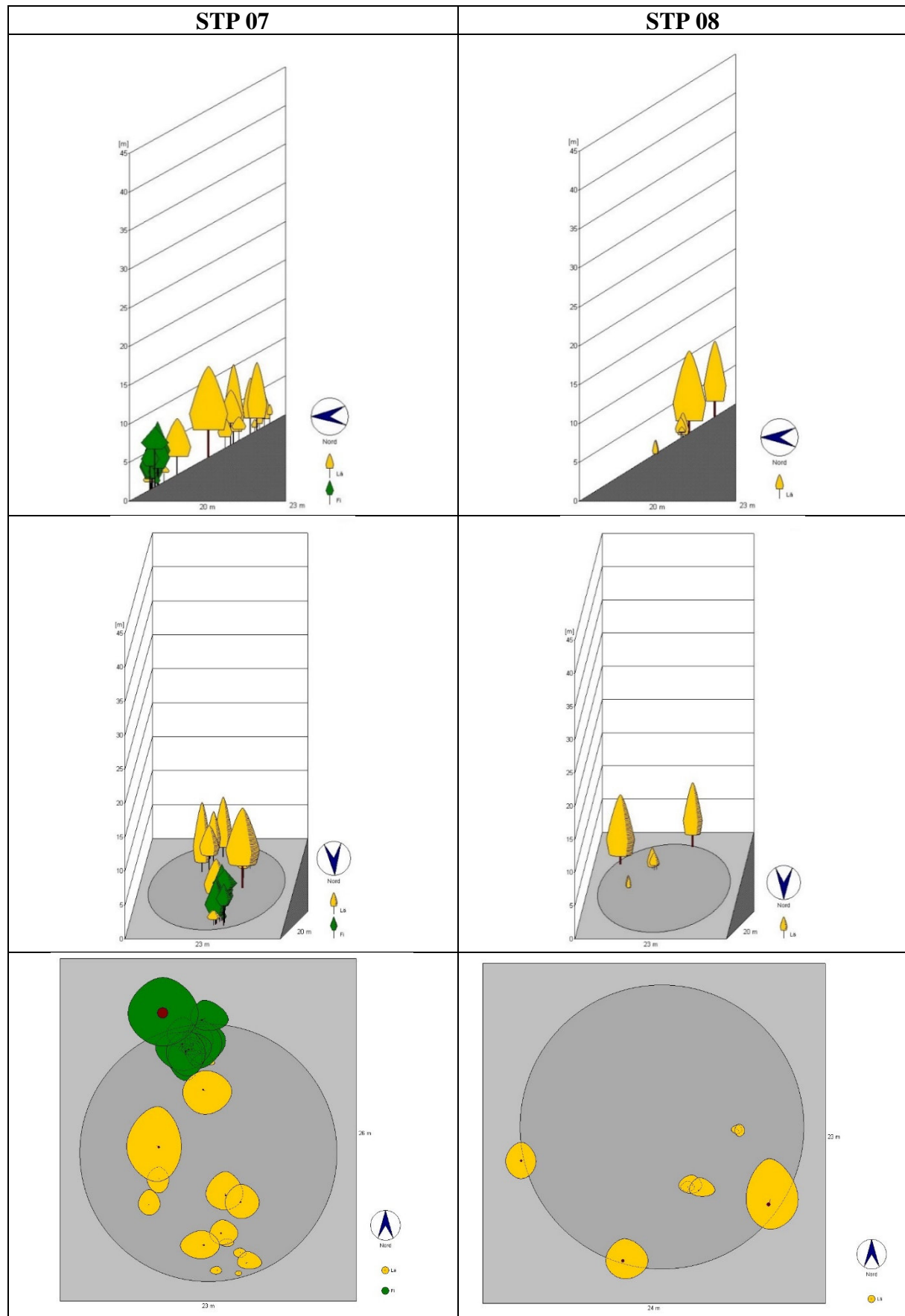


Abb. 64 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 07 + 08

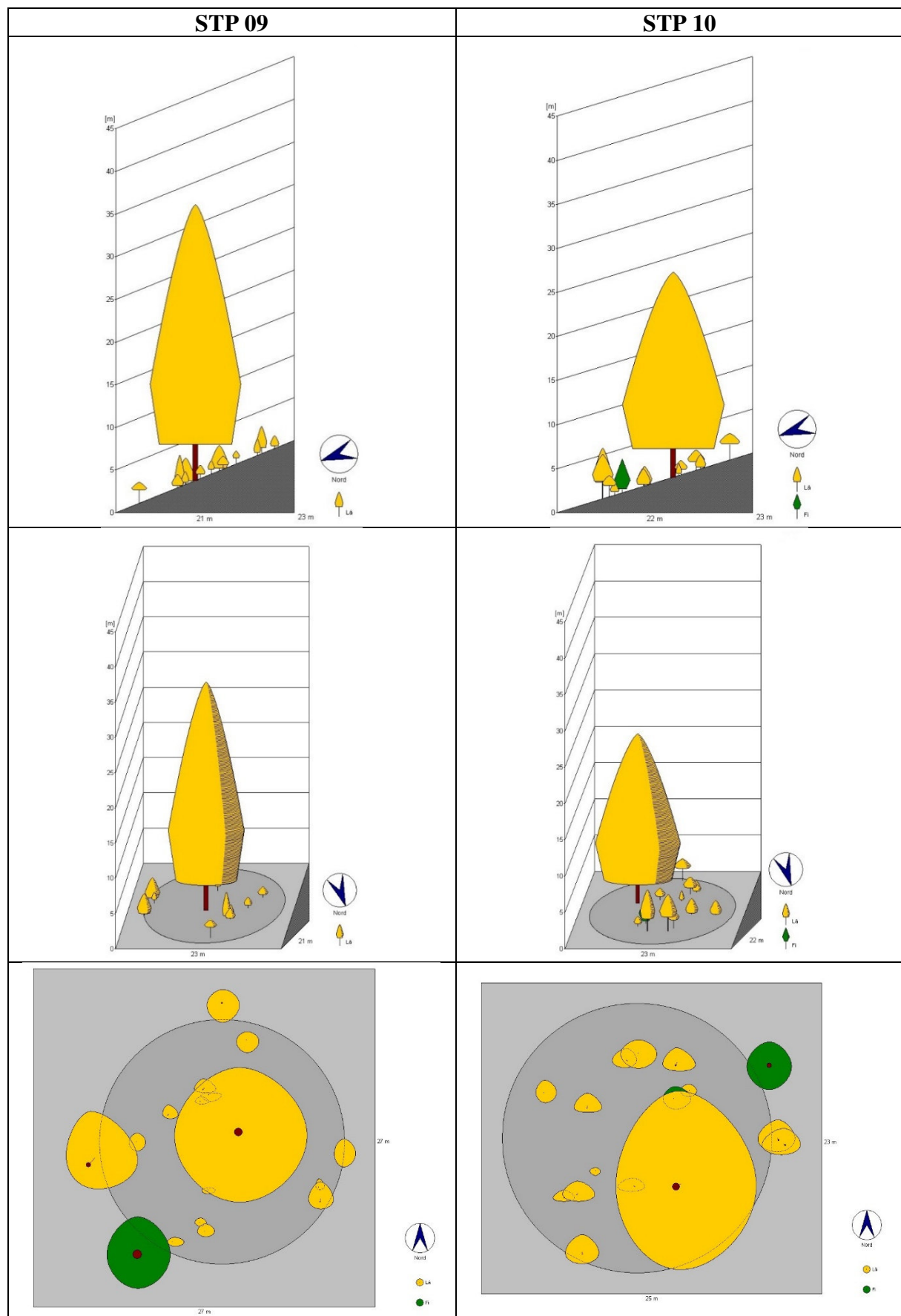


Abb. 65 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 09 + 10

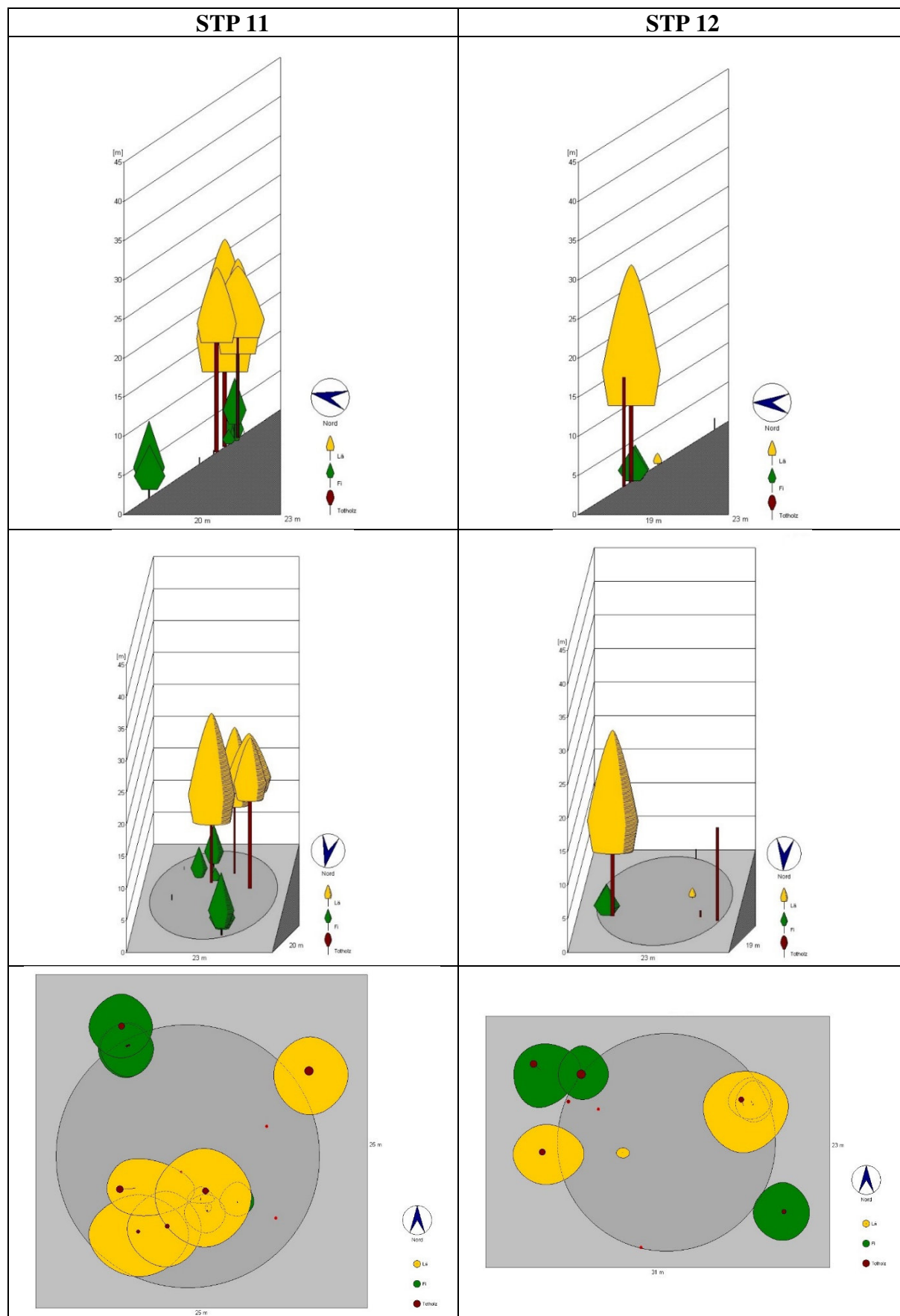


Abb. 66 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 11 + 12

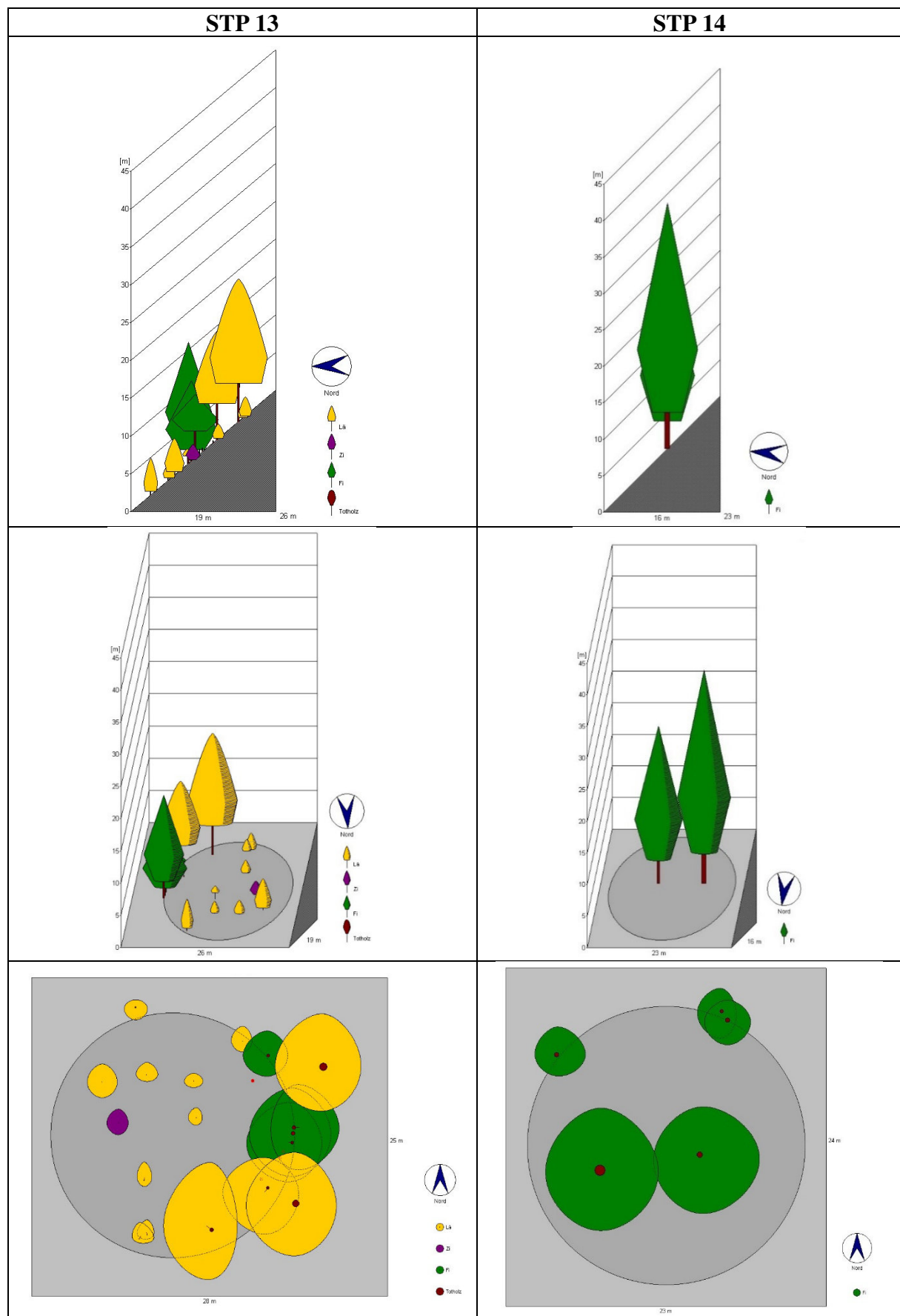


Abb. 67 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 13 + 14

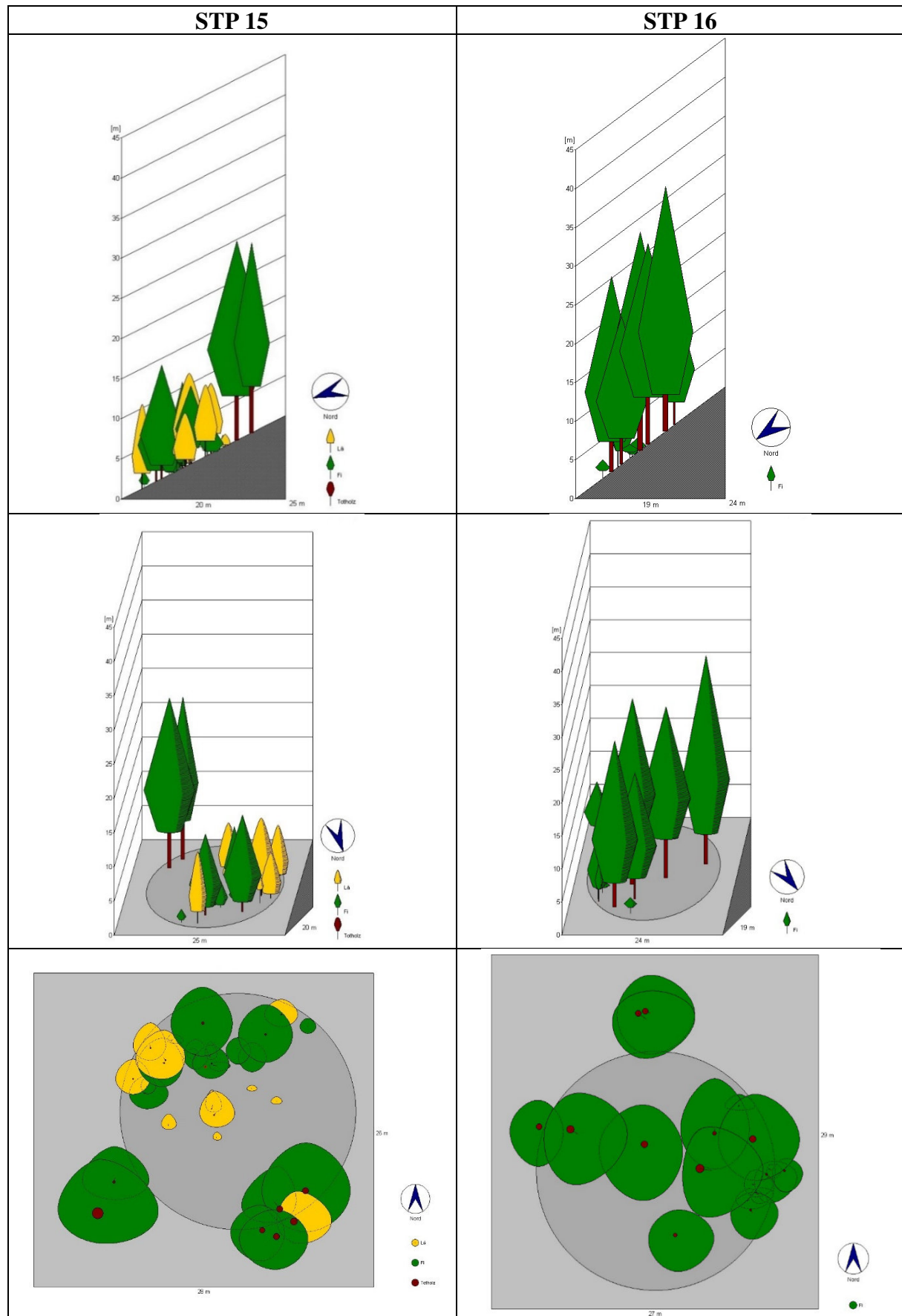


Abb. 68 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 15 + 16

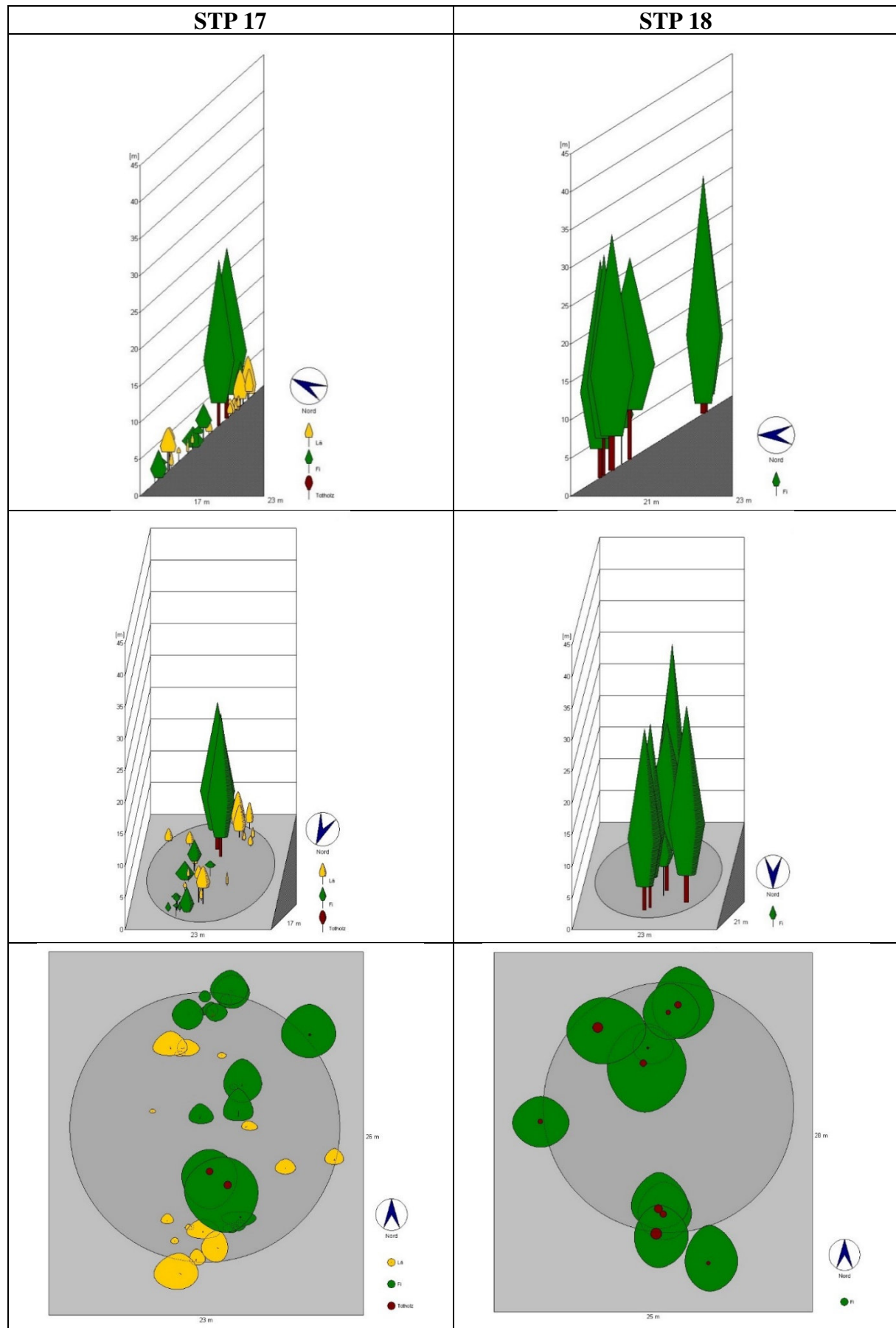


Abb. 69 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 17 + 18

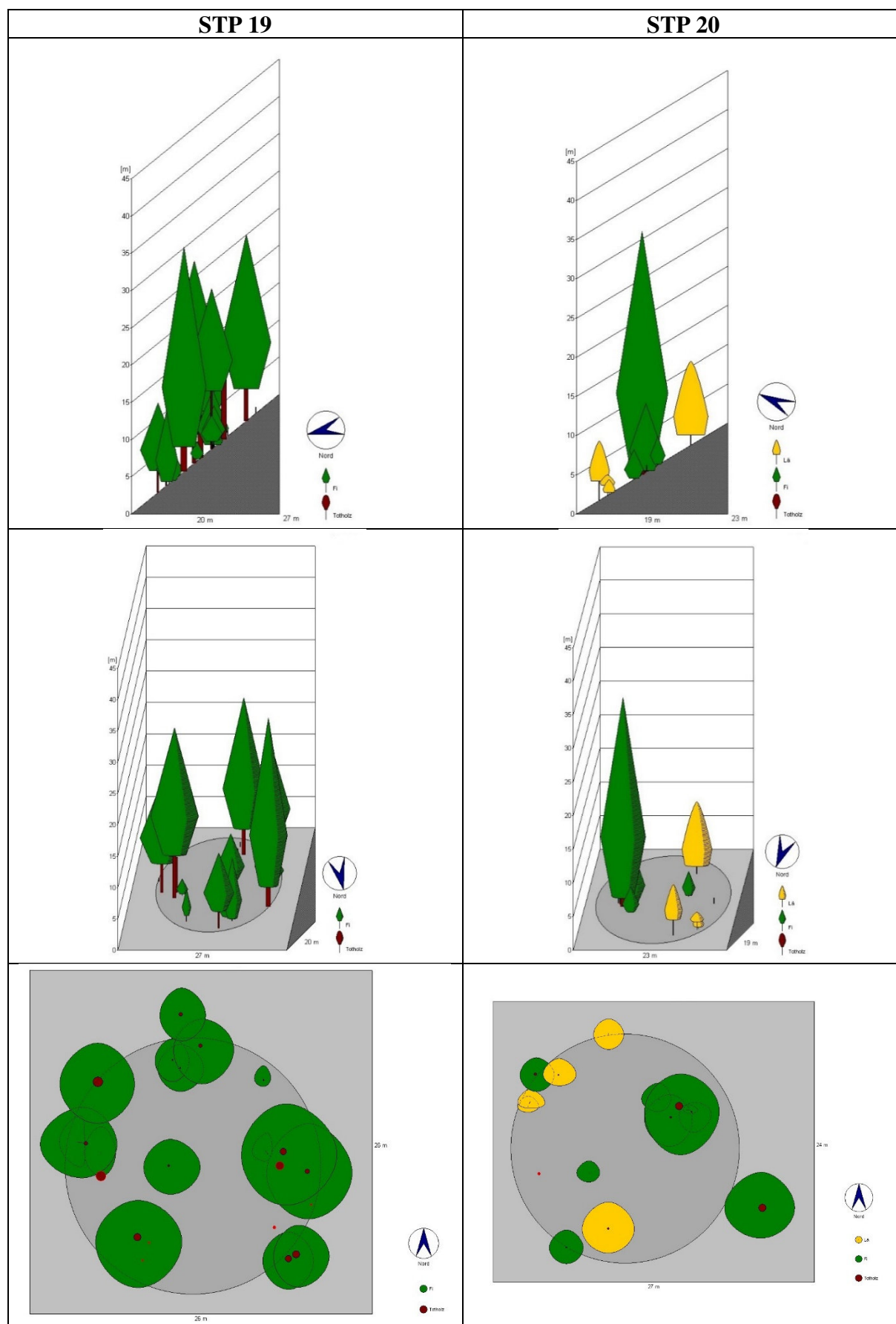


Abb. 70 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 19 + 20

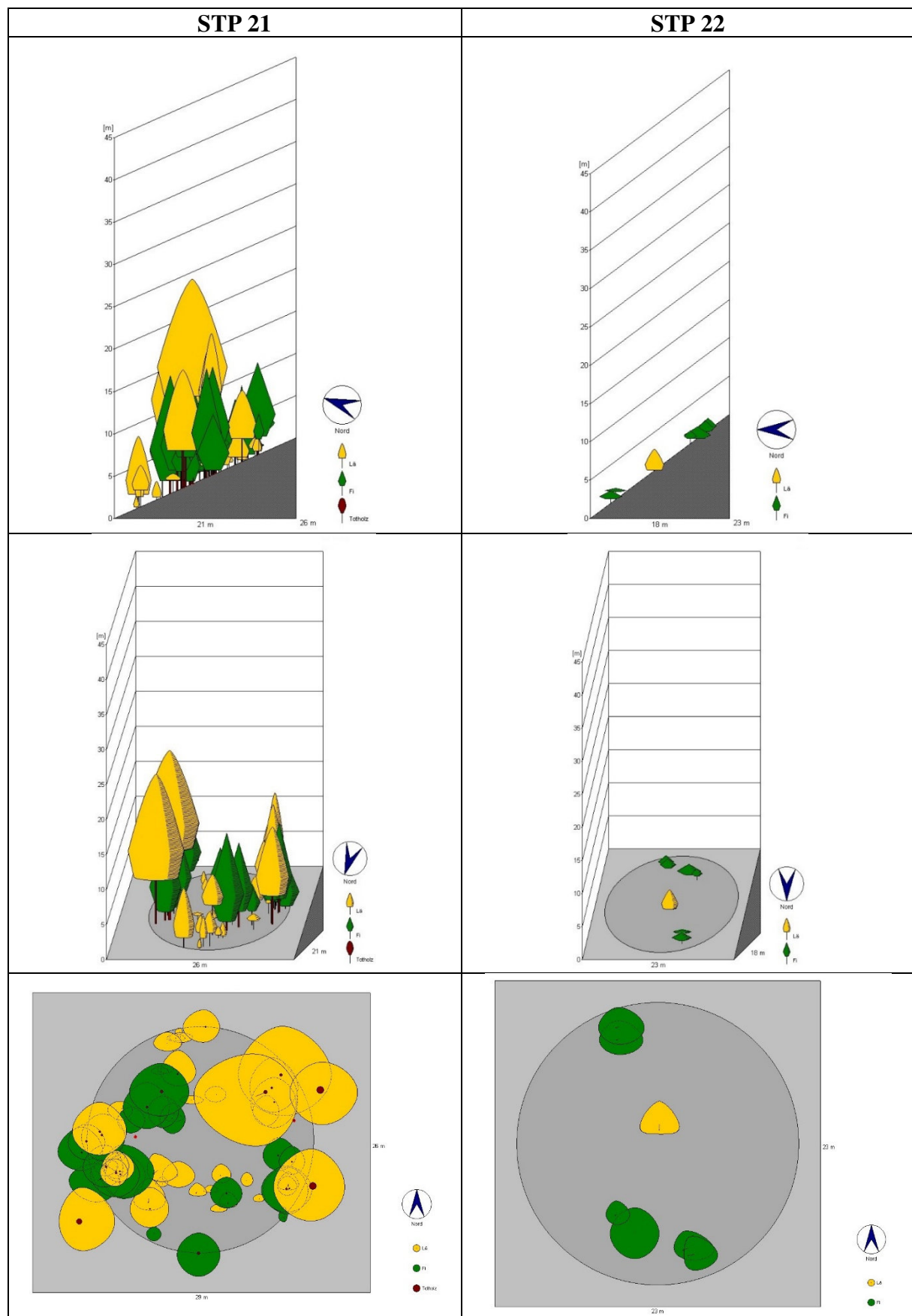


Abb. 71 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 21 + 22

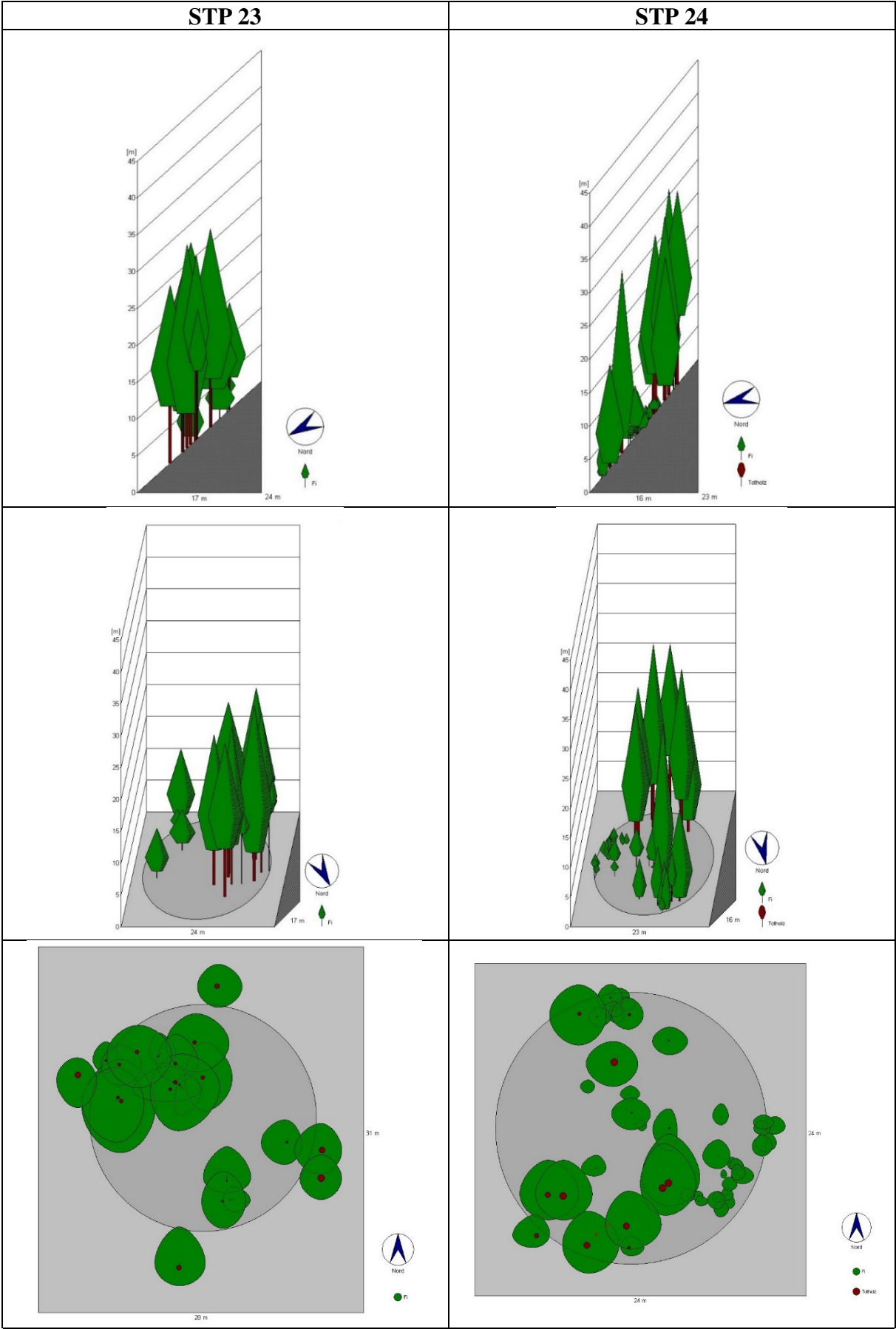


Abb. 72 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 23 + 24

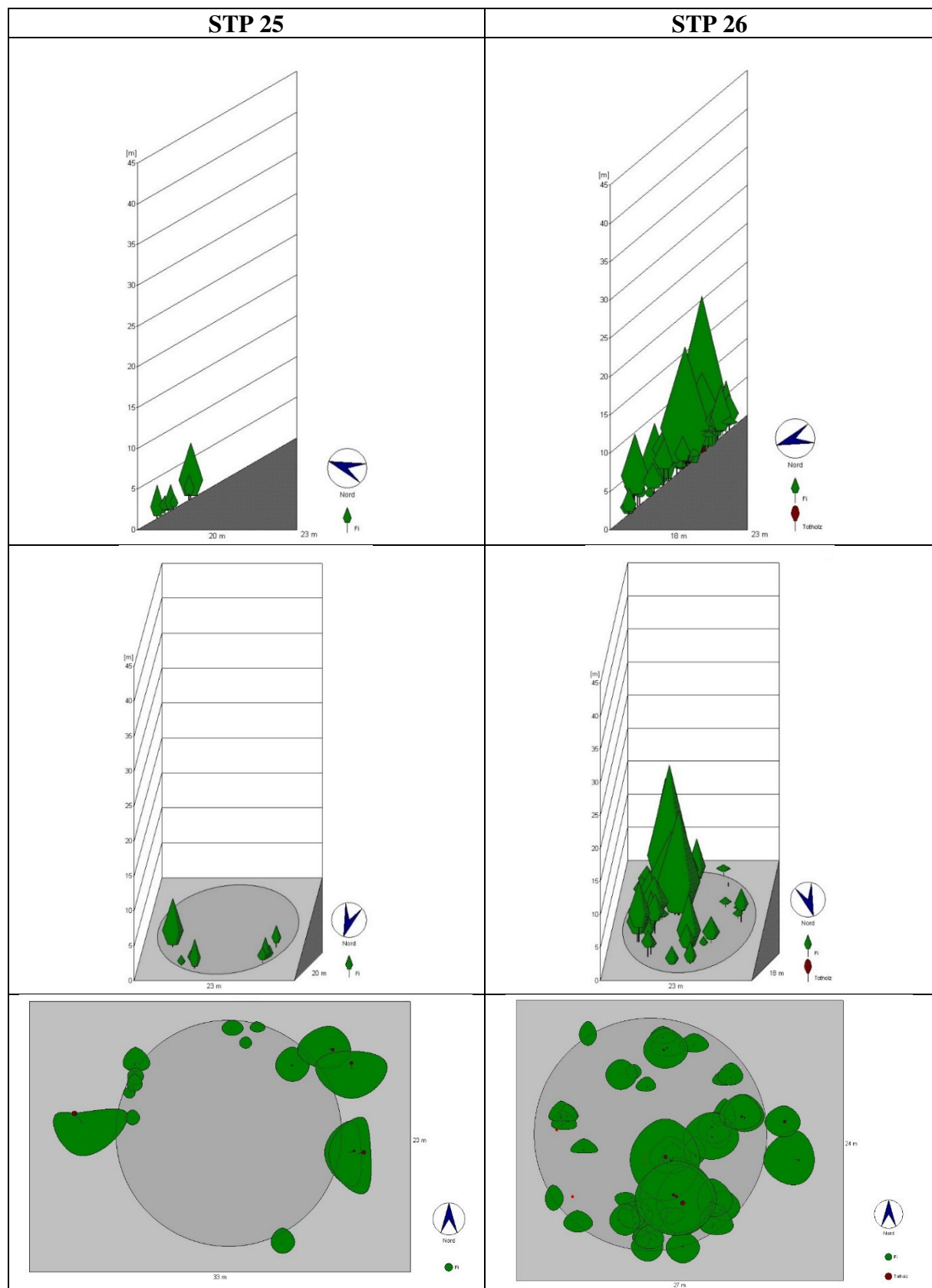


Abb. 73 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 25 + 26

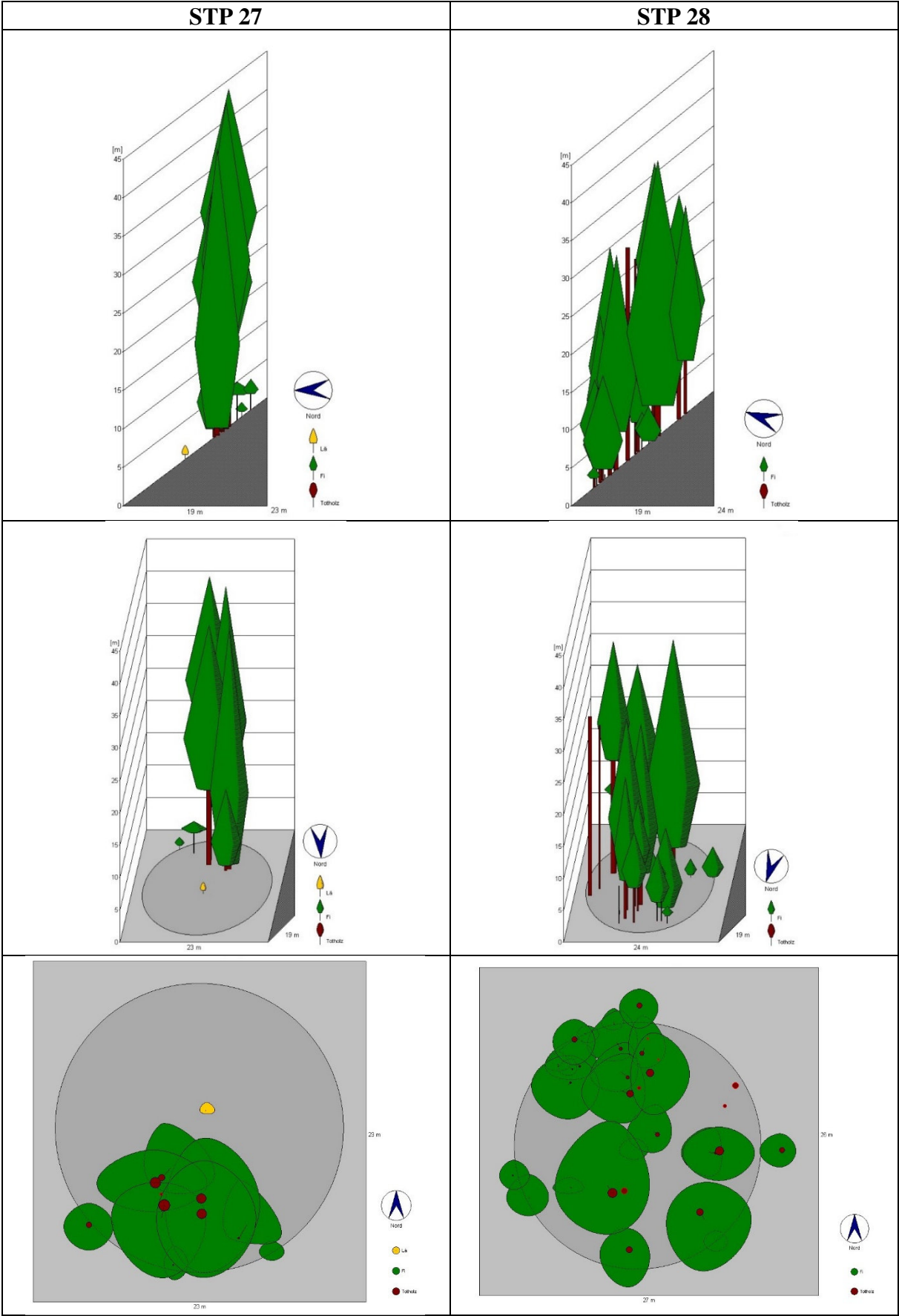


Abb. 74 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 27 + 28

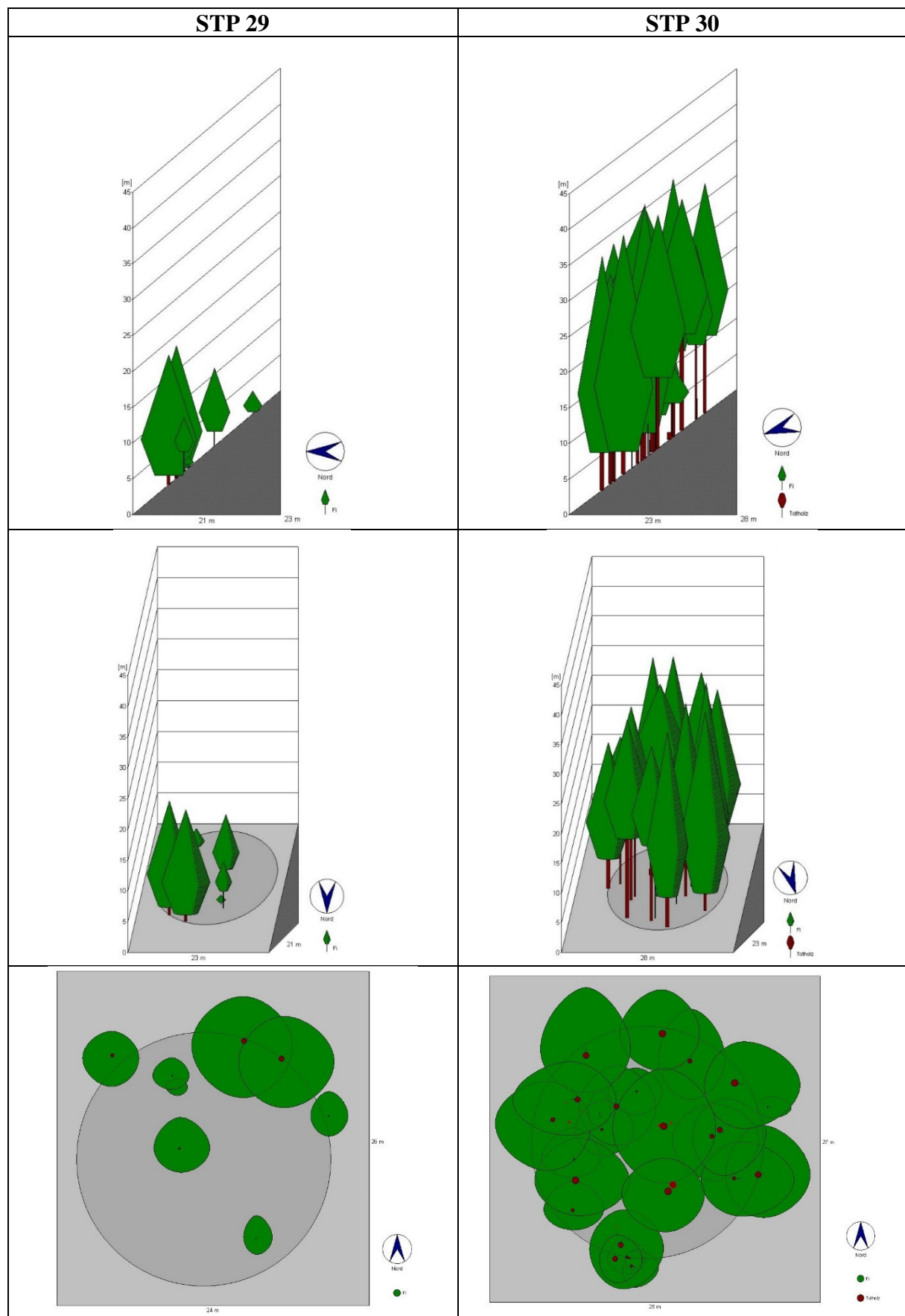


Abb. 75 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 29 + 30

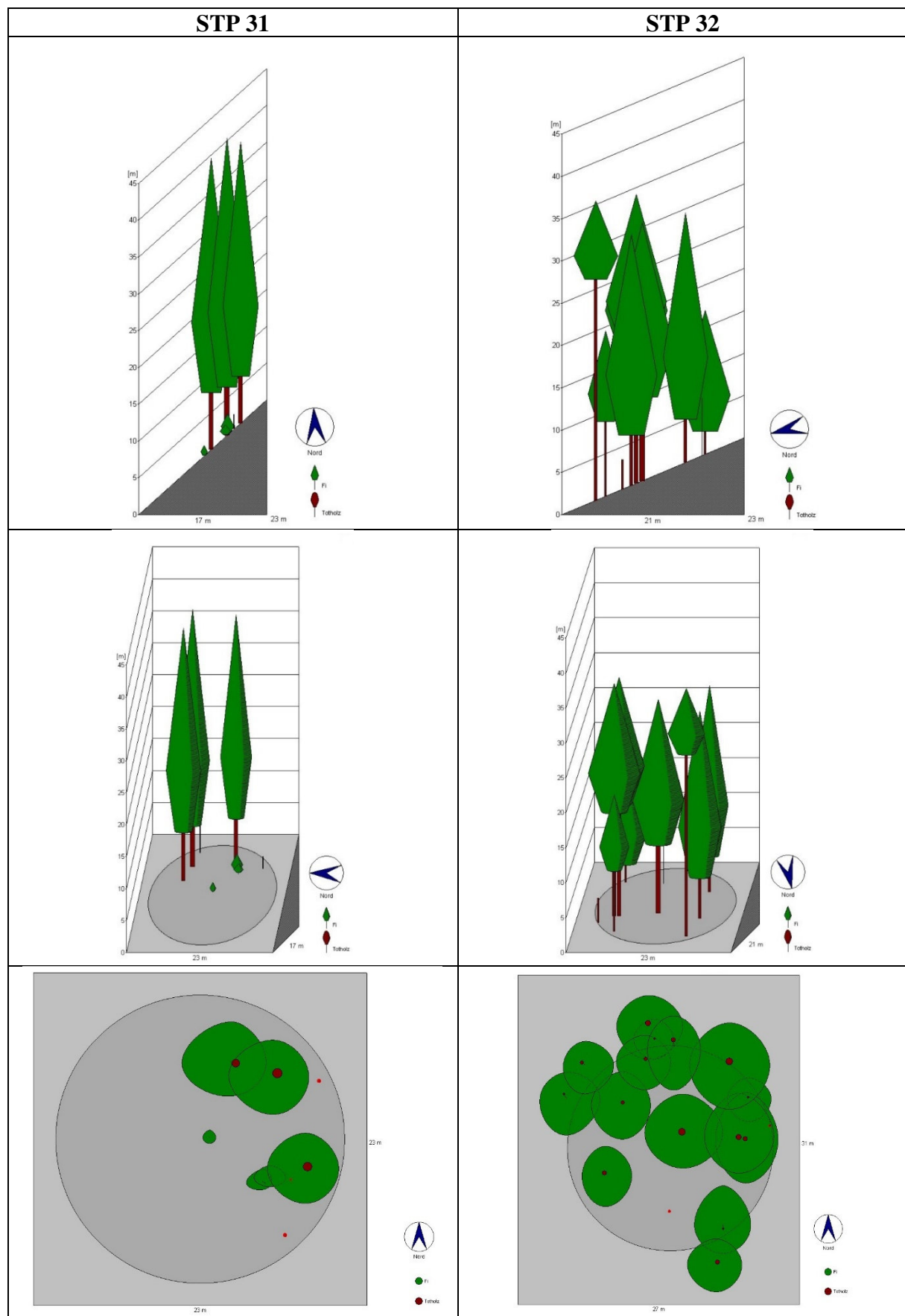


Abb. 76 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 31 + 32

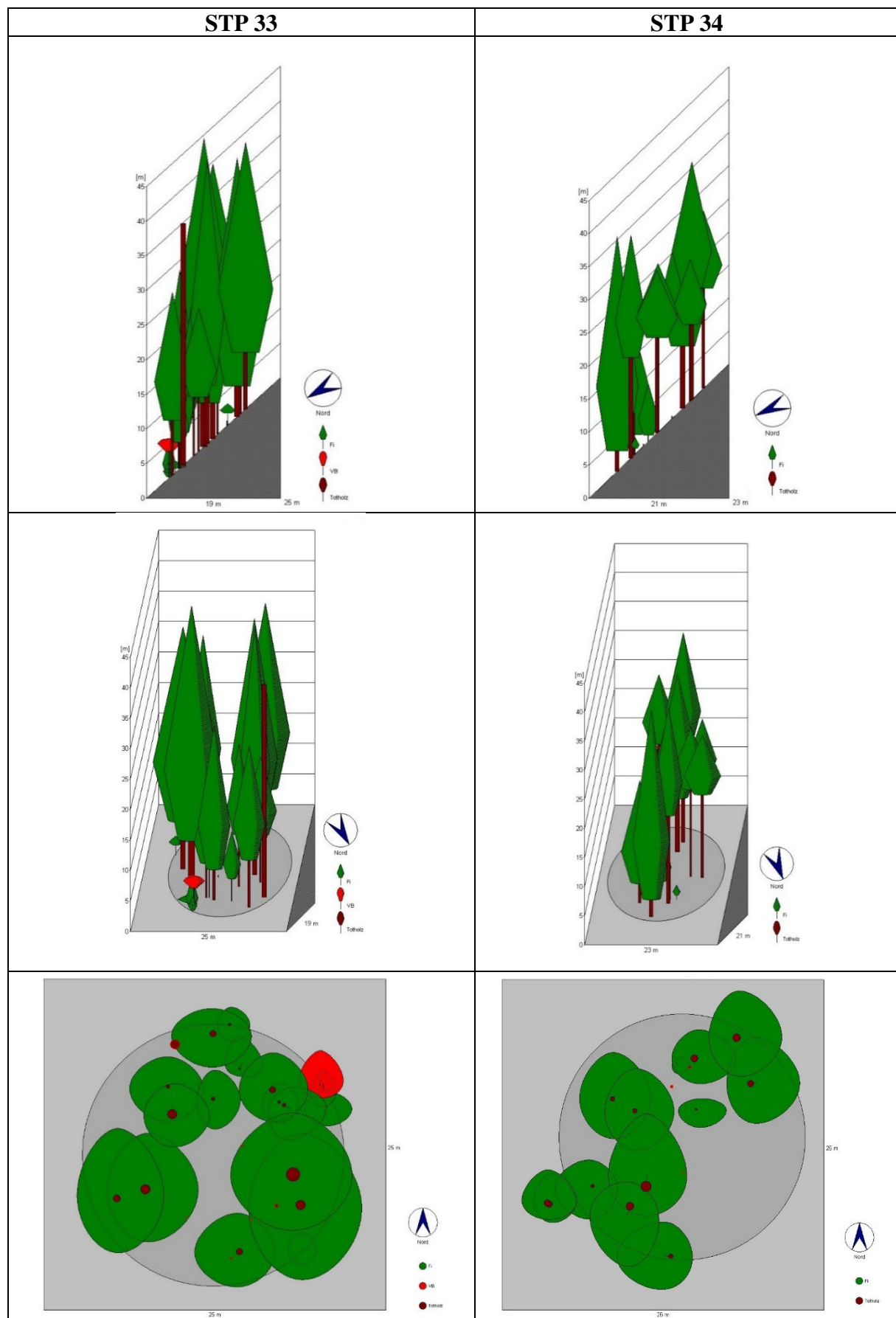


Abb. 77 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 33 + 34

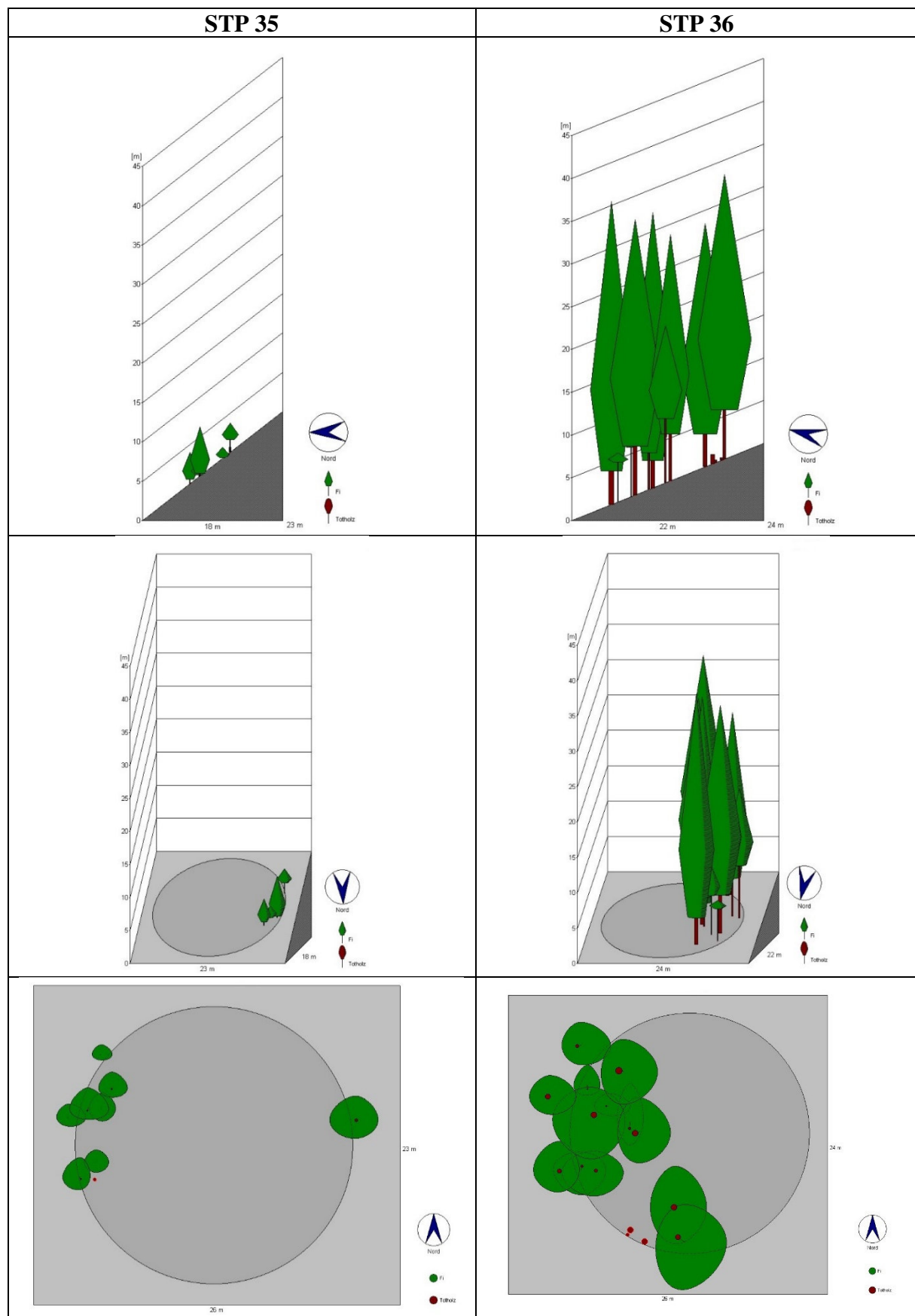


Abb. 78 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 35 + 36

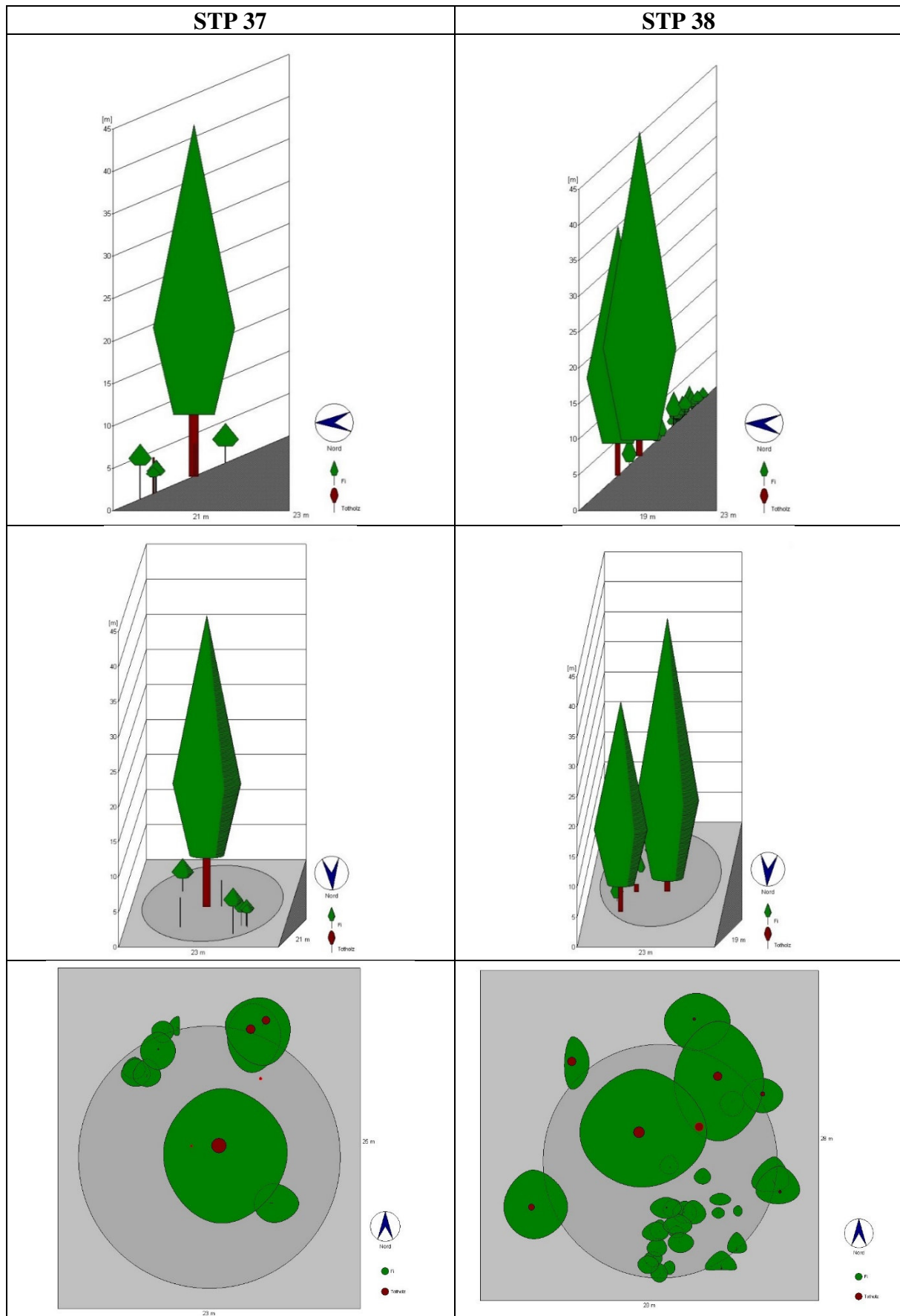


Abb. 79 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 37 + 38

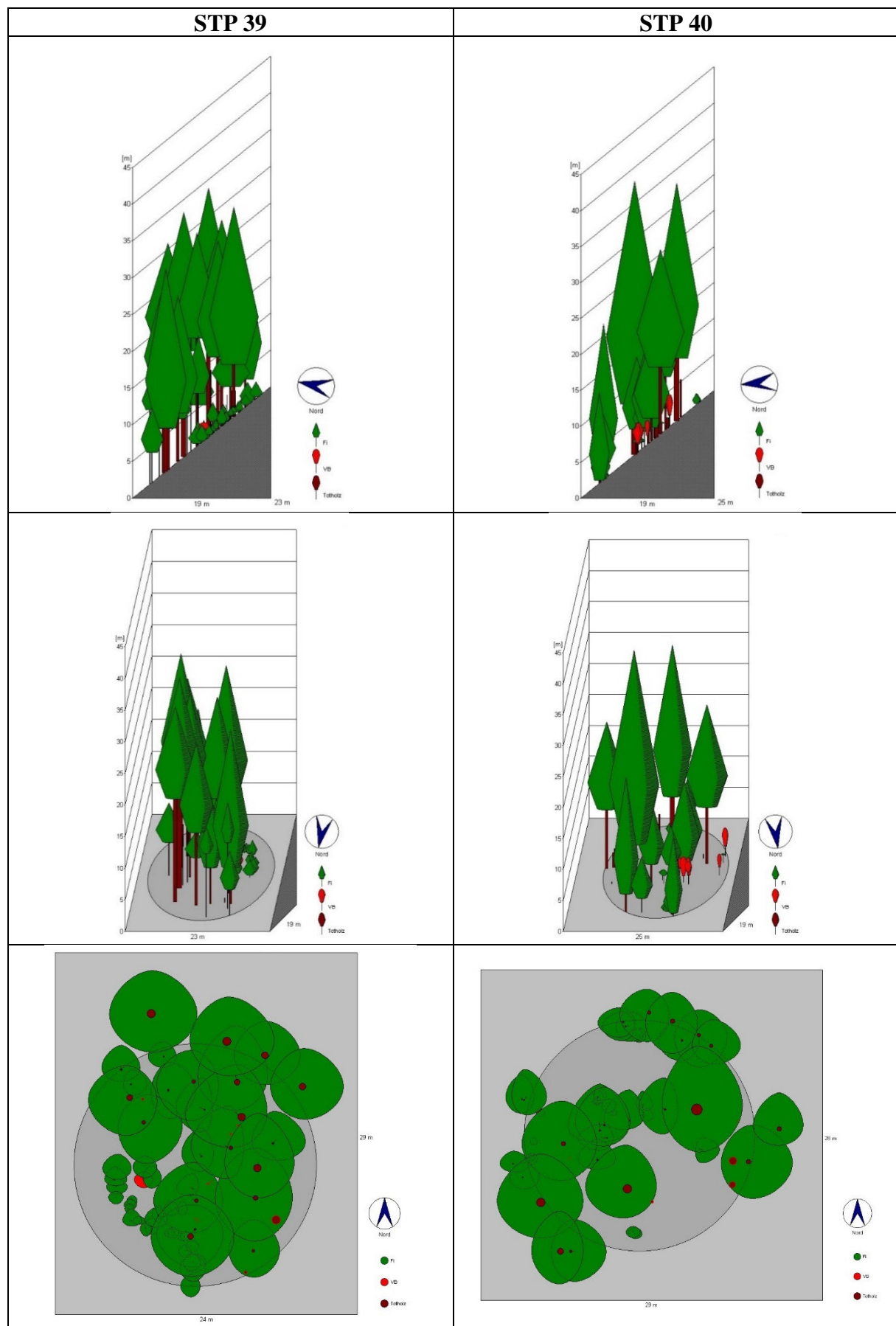


Abb. 80 Grafische Darstellung von Seitenansicht, Aufriss und Kronenfläche der Stichprobenpunkte 39 + 40

Anfertigungserklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Sarah Becker

Wien, Jänner 2015