

Laangmuer



**Projekt**

Bericht zur Waldstrukturaufnahme „Laangmuer“ 2016

Herausgeber

Administration de la nature et des forêts (ANF)
Service des Forêts
81, avenue de la Gare
L-9233 Diekirch

Leitung des Projektes

Jörg Kleinschmit (FVA), Marc Wagner (ANF)

Autoren

Anne Wevell von Krüger (FVA),
Uwe Brockamp (Ö:konzept, Freiburg) (Kap. 3)

Datenauswertung

Anne Wevell von Krüger (FVA)

Schriftleitung

Danièle Murat (ANF), Anne Wevell von Krüger (FVA)

Feldaufnahme

Ö:konzept, Freiburg

Layout

www.mv-concept.lu

Druck

WePrint

Fotos

Anne Wevell von Krüger (FVA)

Zitiervorschlag

Wevell von Krüger, A.; Brockamp, U. (2019): Naturwaldreservate in Luxemburg, Bd. 14. Waldstrukturaufnahme „Laangmuer“ 2016. Naturverwaltung Luxemburg, 72 S.

ISBN 978-2-9199474-1-6

Alle Rechte vorbehalten - 2019

Die Bände der Reihe „Naturwaldreservate in Luxemburg“ werden in der Reihenfolge ihres Erscheinens durchnummeriert. Bei Wiederholungen der Waldstrukturaufnahme wird der laufenden Nummer ein Exponent hinzugefügt: 2 für die Zweitaufnahme, 3 für die dritte Aufnahme usw..

Laangmuer



Vorwort



In Zeiten wo es weltweit zu erheblichen Biodiversitäts-Verlusten kommt, stellt das Ökosystem Wald, aber insbesondere auch Naturwaldreservate mit ihren vielfältigen Waldentwicklungsphasen, einen wichtigen Beitrag zum Erhalt dieser Biodiversität dar.

In diesem Sinne hat die Regierung sich zum Ziel gesetzt, fünf Prozent der öffentlichen Wälder in Naturwaldreservate umzuwandeln. Das heutige Netz der Naturwaldreservate umfasst vorwiegend ältere Buchenwälder. Der größte Teil dieser Wälder wurde bis zum Zeitpunkt ihrer Unterschutzstellung wirtschaftlich genutzt. Derzeit gibt es in Luxemburg 10 Naturwaldreservate welche eine Gesamtfläche von 1.500 ha einnehmen. Dies entspricht zirka 2% der Landeswaldfläche.

Da, wie auch in anderen Bereichen, Erfolge messbar sein sollen, hat die Naturverwaltung seit 2004 ein umfassendes Monitoring-Programm der Naturwaldreservate in Luxemburg gestartet. Dieses umfasst zwei größere Themengebiete: mit der Waldstrukturaufnahme soll die Entwicklung der Waldökosysteme dokumentiert und langfristig verfolgt werden. Die faunistischen und floristischen Untersuchungen haben ihrerseits zum Ziel, die charakteristischen Arten eines Naturwaldreservates zu erfassen und über Wiederholungsaufnahmen die Sukzessionsabläufe zu verfolgen.

In der vorliegenden Publikation werden die ersten Vergleichsuntersuchungen, auf der Ebene der Entwicklung der Waldökosysteme, des Naturwaldreservates „Laangmuer“ im Grünwald dargestellt. Das 103 ha große Naturwaldreservat wurde im Jahr 2005 ausgewiesen und besteht vorwiegend aus älteren Hallenbuchenwäldern. Die Besonderheit dieses Gebietes machen die vielfältigen Felsformationen des Luxemburger Sandsteins aus, welche seltenen Pflanzen- und Tierarten einen Lebensraum bieten.

Bedanken möchte ich mich bei der Abteilung Waldökologie der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg und der Waldabteilung der Naturverwaltung, welche an dieser Publikation mitgewirkt haben. Ich wünsche mir, dass dieser Veröffentlichungsreihe ein breites Interesse zukommt, sowohl bei Fachleuten als auch bei jenen Bürgern die für vielfältige und artenreiche Wälder zu begeistern sind.

Carole Dieschbourg
Umweltministerin



Inhalt

Einleitung	8
Informationen und Veränderungen im Gebiet	10
2.1 Infrastruktur	11
2.2 Art-Kartierungen	12
2.3 Waldbiotopkartierung 2017	13
2.4 Zusammenfassung der Informationen und Veränderungen im Gebiet	15
Luftbildauswertung	16
3.1 Interpretationsmethode	18
3.2 Interpretationsergebnis	20
3.2.1 Flächenübersicht	
3.2.2 Altersstufen nach Baumarten	
3.2.3 Bestandesschluss	
3.2.4 Vertikalstruktur	
3.2.5 Waldentwicklungsphasen	
3.3 Vergleich der Ergebnisse der Luftbildinterpretation 1999 und 2016	26
3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse von 2016	27

Waldstrukturaufnahme: Dynamik im Naturwaldreservat	28	Diskussion	54
4.1 Gesamtübersicht	32	5.1 Laangmuer: Bisherige Entwicklung und aktueller Zustand	55
4.2 Lebender Bestand	33	5.2 Waldentwicklungsdynamik im NWR Laangmuer	57
4.2.1 Baumartenanteile		5.3 Welche Prognosen sind eingetroffen?	59
4.2.2 Durchmesservertelung		5.4 Wenn Methoden sich schneller ändern als die Waldstruktur...	60
4.2.3 Höhenschichtung der Bestände			
4.2.4 Schicht, Vitalität und Tendenz der Baumarten			
4.3 Naturverjüngung	41	Zusammenfassung	64
4.3.1 Verbiss		Résumé	65
4.4 Totholz	43	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	66
4.4.1 Totholzanteile		7.1 Abbildungsverzeichnis	66
4.4.2 Zersetzungsgrade		7.2 Tabellenverzeichnis	67
4.4.3 Totholzdimensionen		Literaturverzeichnis	68
4.4.4 Totholzanteile in den Probekreisen		Glossar und Abkürzungen	70
4.5 Potentielle Habitatstrukturen	48	9.1 Glossar	70
4.6 Waldstrukturdiversität	50	9.2 Abkürzungen	71
4.6.1 Entwicklung der Waldstruktur- diversitätsindizes im NWR Laangmuer			
4.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Waldstrukturaufnahme	53		

Einleitung



Das Naturwaldreservat Laangmuer ist eines der ältesten von insgesamt elf luxemburgischen Waldflächen ohne Bewirtschaftung in denen die eigendynamische Entwicklung von Wäldern untersucht wird. Es wurde im Jahr 2005 ausgewiesen und markiert damit den Beginn der Naturwaldforschung in Luxemburg. Seit 2004 existiert eine Kooperation mit der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg – wo bereits langjährige Erfahrungen in der Bannwaldforschung vorlagen.

Das Aufnahmeverfahren für Waldstrukturen in ungenutzten Wäldern wurde seit der Erstaufnahme im NWR Laangmuer innerhalb dieser Zusammenarbeit weiterentwickelt, leicht modifiziert und seit 2013 als „Waldstrukturaufnahme“ (WSA) bezeichnet (Wevell von Krüger et al. 2016). Auf die wichtigsten Unterschiede zum Verfahren, dass 2005 im NWR Laangmuer zur Anwendung kam (TOBES & KÄRCHER 2007) wird in Kapitel 5.4 eingegangen.

In beiden Ländern wird die Waldstruktur in ungenutzten Wäldern seit der ersten WSA im Naturwaldreservat Laangmuer nach demselben Verfahren aufgenommen. Ziel der Untersuchungen ist, die natürliche Bestandesdynamik von ungenutzten Waldflächen zu dokumentieren,

Rückschlüsse auf natürliche Zusammenhänge und Abläufe in Waldökosystemen zu ziehen und Hinweise für den naturnahen Waldbau abzuleiten.

In diesem Band werden die Veränderungen im NWR Laangmuer seit der Erstaufnahme 2005 sowie zusätzliche Erkenntnisse dargestellt. Der Schwerpunkt liegt auf der Darstellung und Interpretation der Ergebnisse der aktuellen Waldstrukturaufnahme und der Veränderungen seit 2005. In Bezug auf Grundinformationen, die gleich geblieben sind, wird auf Band 1 (TOBES et al. 2008) verwiesen.

Abbildung 1-1

Das Naturwaldreservat Laangmuer 2017



Informationen und Veränderungen im Gebiet



2.1 | Infrastruktur

Im Rahmen der Verkehrssicherung und Waldrandgestaltung sind im Jahr 2013 einige Bäume am Rand zur Nationalstraße N11 (Abt. 80, 82 und 83) in den Bestand hinein gefällt worden (BREMER 2013).

Die weiterhin befahrbaren Wege wurden freigehalten (ANF 2018). Die Zuwegung zum Hochsitz in der Nähe der Probekreise 18 und 19 wird noch mit Kraftfahrzeugen befahren, dadurch wird die Waldstrukturaufnahme an diesen Flächen beeinflusst. Die übrigen ehemals vorhandenen Wege (z.B. im Nordwesten, parallel zur N11) wachsen langsam zu.



2.2 | Art-Kartierungen

Der Laangmuer ist eins der luxemburgischen Naturwaldreservate, in denen in regelmäßigen Abständen ein Biomonitoring verschiedener Artengruppen vorgesehen ist. In diesem Zusammenhang wurden zwischen 2007 und 2008 acht verschiedene Artengruppen aufgenommen. Die Aufnahmen der Gefäßpflanzen, Flechten und Moose orientierten sich dabei am Stichprobenraster der Waldstrukturaufnahme. **Tab. 2-1** fasst die Ergebnisse zusammen.

Im Rahmen einer FFH-Verträglichkeitsprüfung für den Bau der luxemburger Straßenbahn wurde im FFH-Gebiet Grünewald (LU0001022), im Naturwaldreservat Laangmuer im Jahr 2010 eine trüchtige Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) bei der Nahrungssuche nachgewiesen (GESSNER 2011).

Tabelle 2-1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Biomonitoring-Untersuchungen 2008 (MURAT et al. 2009)

Artengruppe	Artenzahl	Anzahl	Arten der (Roten Liste)	Anmerkungen
Gefäßpflanzen	125	4	(Colling 2005)	Überwiegend Arten, die sowohl im Wald, wie auch im Offenland vorkommen, Waldbindung 2.1 (Schmidt et al. 2003)
Flechten	171	51	geschützt per Verordnung	Artenvielfalt außergewöhnlich hoch. Erstnachweis für den Luxemburger Teil der Region Lorraine: 5 Arten
Moose	132	17	(Werner 2003)	Artenzahl im Vergleich mit Saarländischen Naturwaldreservaten relativ gering wegen Homogenität des Gebietes.
Fledermäuse	7	4	(Harbusch et al. 2002)	Fransenfledermaus (RL2), Kleiner und Großer Abendsegler (beide RL3), Großes Mausohr (RL2), Kleine Bartfledermaus, Zwergfledermaus, Rauhhautfledermaus
Nachtfalter	201	k.A.		Relativ geringe Artendiversität – wegen geringer Diversität der Flora
Totholzkäfer	302	77 (37)	RL Deutschland 1998 (geplante Neufassung)	Überdurchschnittlich hohe Artenzahl. 1 Wiederfund und 25 Neufunde für Luxemburg
Vögel	39	3	(Lorgé et al 2014)	6 verschiedene Specharten
Webspinnen	36	k.A.		Der Nachweis von 11 hygrophilen und 5 waldtypischen Arten unterstreicht mikroklimatisch feuchte die Ausprägung dieses Standortes

2.3 | Waldbiotopkartierung 2017

Die Waldbiotopkartierung im NWR wurde im Jahr 2017 durchgeführt:

Tabelle 2-2 Ergebnisse der Waldbiotopkartierung im NWR Laangmuer

Biotoptyp	Kürzel	Fläche [ha]	%	Erhaltungszustand
Silikatfelsen mit Felsspaltenvegetation	LRT 8220	0,9	1	A
Hainsimsen-Buchenwald	LRT 9110	63,4	61	A
Waldmeister-Buchenwald	LRT 9130	29,6	28	A
Wälder mit mehr als 50% Laubbaumarten	BK 13	5,3	5	B

Fast die gesamte Fläche des Gebietes (96%) setzt sich aus geschützten Biotopen zusammen – nicht als Biotop kartiert wurden nur die Nadelholz-Bereiche.

Etwa zwei Drittel der Bestände entsprechen dem FFH-Lebensraumtyp 9110 „Hainsimsen-Buchenwald“, ein Drittel entfällt auf die reichere Buchenwaldgesellschaft, den Lebensraumtyp „Waldmeister-Buchenwald“. Beide Lebensraumtypen sind überwiegend hervorragend ausgeprägt und mit A bewertet. Insbesondere die Jungbestände im Westen entlang der Straße sind nur „gut ausgeprägt“ (B), da sie zum einen auf Grund ihres geringen Alters weniger Totholz- und Habitatbäume enthalten und durch die zerschneidende Wirkung der Straße beeinträchtigt werden.

Bei den Flächen die dem Biotoptyp „Wälder mit mehr als 50% Laubbaumarten“ entsprechen, handelt es sich hauptsächlich um laubbaumdominierte Jungbestände bzw. Sukzessionsflächen,

die auf Grund ihres geringen Alters noch keinem LRT zugeordnet werden konnten. Dieser Biotoptyp wurde überwiegend mit B „gut ausgeprägt“ bewertet, wobei insbesondere die Strukturen (Bewertung mit C – „mittlere bis schlechte Ausprägung“ bewertet) bzw. das Arteninventar eher schlecht bewertet wurden.

Naturgemäß kommt der Lebensraumtyp 8220 „Silikatfelsen mit Felsspaltenvegetation“ nur auf kleiner Fläche vor – allerdings wurden insgesamt 14 Biotope dieser Art im Naturwaldreservat kartiert. Alle Felsbiotope wurden insgesamt sowie hinsichtlich Arteninventar, Strukturen und Beeinträchtigungen als „hervorragend ausgeprägt“ (A) bewertet.

Abbildung 2-1

Ergebnisse der Waldbiotopkartierung 2016 im Untersuchungsgebiet mit den Gesamtbewertungen der einzelnen Biotop



- 8220 Silikاتفelsen mit Felsspaltenvegetation
- 9110 Hainsimsen-Buchenwald
- 9130 Waldmeister-Buchenwald
- BK13 Wälder mit mehr als 50% Laubbaumarten

2.4 | Zusammenfassung der Informationen und Veränderungen im Gebiet

Seit der ersten WSA im NWR Laangmuer wurden Maßnahmen der Verkehrssicherung, Waldrandgestaltung und Wegepflege durchgeführt. Ein nicht zu befahrender Weg wird zu jagdlichen Zwecken weiterhin befahren, die übrigen wachsen zu.

Beim Biomonitoring im NWR wurden insgesamt acht verschiedene Artengruppen untersucht, und zahlreiche geschützte und seltene Arten festgestellt. Eine Fledermauskartierung, die im Rahmen einer FFH-Verträglichkeitsprüfung im Jahr 2010 stattfand (GESSNER 2011), bestätigte die Liste an vorkommenden Fledermausarten bzw. erweiterte sie. Über 90 % der Fläche des Gebietes entsprechen unterschiedlichen Wald-Lebensraumtypen sowie dem Lebensraumtyp 8220 „Silikatfelsen mit Felsspaltenvegetation“. Die FFH-Lebensraumtypen sind im Gebiet hervorragend ausgeprägt.



Luftbildauswertung



Luftbilder liefern präzise, detailgetreue und dauerhafte Momentaufnahmen der Landschaft zu einem bestimmten Zeitpunkt. Zur flächigen Untersuchung und Beurteilung von Naturwaldreservaten (NWR) werden, möglichst zeitgleich mit der Waldstrukturaufnahme (WSA), Bildflüge durchgeführt. Für das Naturwaldreservat Laangmuer sind im Sommer 2016 digitale Luftbilder erstellt worden – im gleichen Jahr hat die Waldstrukturaufnahme stattgefunden. Die Bilder haben eine Längsüberdeckung von 80 %, eine Querüberdeckung von 40 % und einen Bodenauflösung von 10cm. Damit ist eine hochauflösende

dreidimensionale Darstellung möglich. Die Luftbilder wurden nach dem speziell für Luxemburg modifizierten Verfahren der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (AHRENS et al. 2004, BROCKAMP 2007) interpretiert und ausgewertet.

Bereits 2006 wurde eine Luftbildinterpretation des NWR Laangmuer mit der gleichen Methode anhand von Luftbildern aus dem Jahr 1999 durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden verglichen (TOBES et al., 2008)

3.1 | Interpretationsmethode

Der für die Luftbildinterpretation verwendete Schlüssel (AHRENS et al. 2004) erfasst flächendeckend alle Landschaftsbereiche. Die Arbeitsgrundlage sind Luftbilder, welche mit einer digitalen Spezialkamera aufgenommen wurden. Die Einzelbilder haben eine Bodenaufösung von 10 cm und überlappen sich in Längsrichtung um 80 % und in der Querrichtung (es handelt sich um zwei Flugstreifen) um 40 %. Ein Vorteil der digitalen Bildaufnahme besteht darin, dass es sich um 4 Kanal-Aufnahmen handelt. Es werden die Farbkänäle Rot, Grün, Blau und Infrarot gleichzeitig erfasst. Daraus lassen sich sowohl Echtfarben- als auch Infrarotluftbilder erstellen. Die radiometrische Auflösung (Farbtiefe, Farbdifferenzierung und Ausleuchtung) der Bilder ist hervorragend. Auch Schattenbereiche, die in herkömmlichen Bildern nicht einsehbar sind, sind gut ausgeleuchtet. Für die Bilder sind Stereomodelle gerechnet worden, welche eine dreidimensionale Betrachtung und Interpretation mit Spezialausrüstung ermöglichen. Hier kam die Software „Summit Evolution“ zum Einsatz. Sie ermöglicht die dreidimensionale Interpretation und das stufenlose Hinein- und Herauszoomen, sodass die Ergebnisse direkt im GIS erfasst werden können.

Die Luftbildinterpretation unterteilt das Gebiet zunächst nach allgemeinen ökologischen Gesichtspunkten in „Waldflächen“, „Waldfreie Waldflächen“ und „Sonstige Flächen“ (s. Abb. 3-1). Waldflächen sind alle Flächen die zu über 30 % mit Bäumen bewachsen sind. Im Wald gibt es aber auch Flächen, mit einer geringeren Überschirmung, die trotzdem zum Wald gehören. Diese waldfreien Waldflächen lassen sich in Flächen, die nur vorübergehend baumfrei sind und solche, die spärlich mit Bäumen bewachsen sind unterteilen. Vorübergehend baumfreie Flächen sind z.B. Waldlücken oder Bereiche, auf denen die Bäume durch Störungen (z.B. Borkenkäfer, Eisbruch, Windwurf) abgestorben sind. Nur spärlich mit Bäumen bewachsene Bereiche im Wald sind z.B. Sukzessionsflächen und waldfreie Biotopflächen, wie z.B. Moore, Heiden und Magerrasen. Schließlich werden auch die intensiv anthropogen genutzten „Sonstigen Flächen“, wie Landwirtschaftliche Nutzflächen, Straßen, Plätze, und Gebäude aus dem Luftbild abgegrenzt.

Abbildung 3-1
Verfahren der Luftbildinterpretation im NWR Laangmuer

Naturwaldreservat							
Waldflächen				Waldfreie Waldflächen			Sonstige Flächen
				vorübergehend baumfreie Flächen	Flächen ohne nennenswerten Baumbewuchs		
Baumart	Kronendurchmesser	Überschirmung	Totholz	Waldlücken	Sukzessionsflächen	waldfreie Biotopflächen	Landwirtschaftliche Flächen
Baumartenanteile	Altersstufe	Bodenvegetation		Störungsflächen	ehemalige Abbaufächen	Moore	Gebäude
Mischungsform	Altersdifferenzierung	Verjüngung		(Sturm, Borkenkäfer etc.)	aufgelassene anthropogen genutzte Flächen	Felsbiotope	Flüsse
	Bestandesaufbau					Uferzone	Seen
						Heiden/Magerrasen	Verkehrswege

Der Schwerpunkt der Luftbildinterpretation in Naturwaldreservaten liegt aber in der Ansprache der Waldflächen, die mindestens zu 30% mit lebenden Bäumen bewachsen sind. Dort werden verschiedene Waldstrukturmerkmale differenziert angesprochen: Aus der Baumartenansprache kann auf Baumartenanteile und Mischungsform rückgeschlossen werden. Kronenform und -durchmesser sowie die Baumhöhe ermöglichen Aussagen über die Altersstufen (z.B. Stangenholz, Baumholz, ...) und die Ungleichaltrigkeit (Altersdifferenzierung) der Bestände (s. Kap. 3.2.2). Aus der im Luftbild erkennbaren unterschiedlichen Höhendifferenzierung des Kronendaches wird die Vertikalstruktur abgeleitet. Je nach Bestandesschlussgrad können zudem Aussagen über den Bestandaufbau und unter Umständen sogar über die Bodenvegetation und die Verjüngung gemacht werden.

Auf den waldfreien Waldflächen und sonstigen Flächen werden Biotoptypen angesprochen sowie die Art der Flächennutzung und eventuell Sukzessionsstadien interpretiert.

Ergebnis der Luftbildinterpretation ist die Ausscheidung in sich homogener Teilflächen, deren Eigenschaften in eine Access Datenbank eingegeben und über Abfragen zusammengefasst ausgewertet werden können. Im GIS werden die Ergebnisse kartografisch aufbereitet dargestellt.

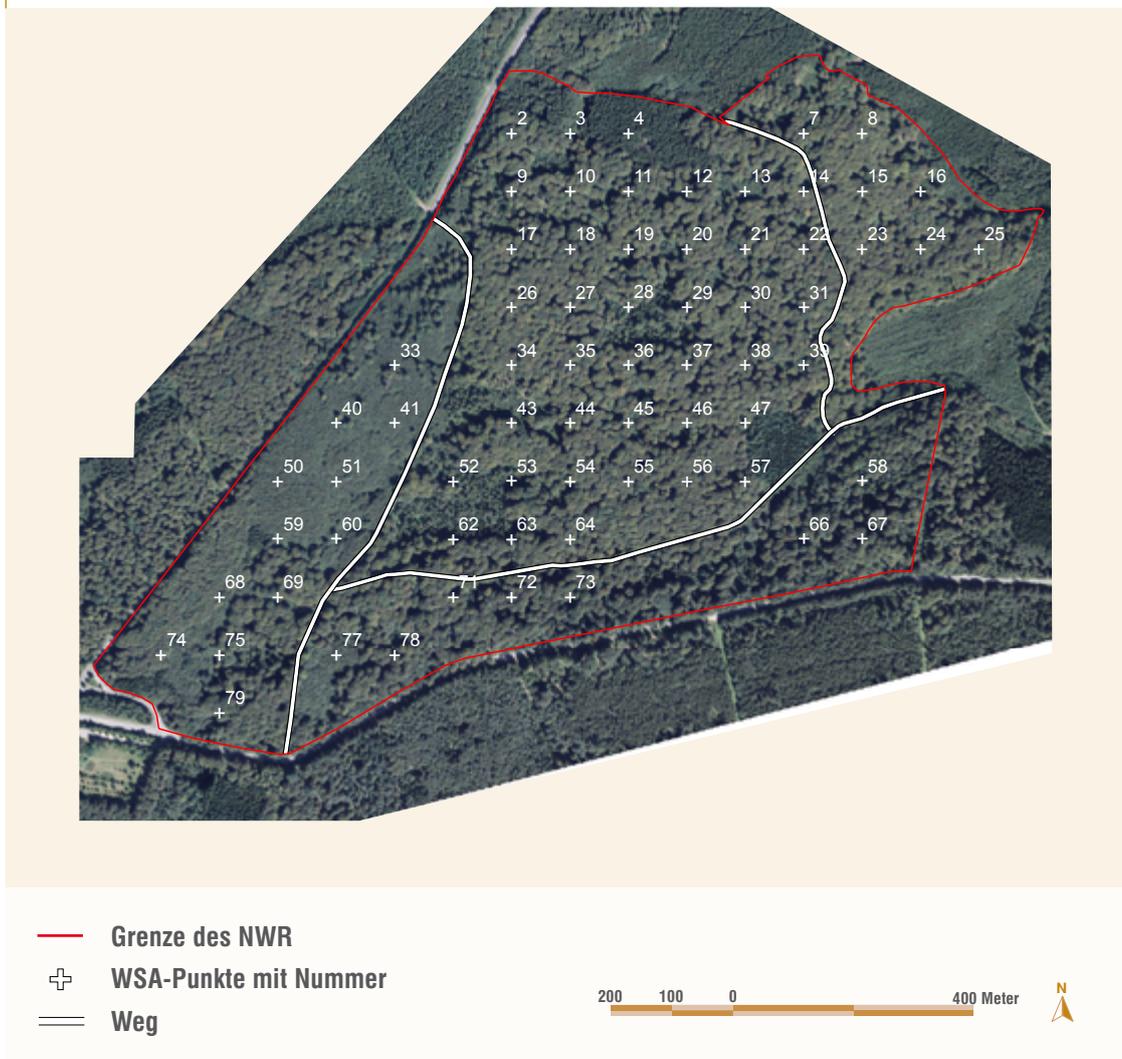
Die Ansprache von Waldentwicklungsphasen ergibt sich aus der Kombination der Interpretationsergebnisse der jeweiligen Fläche.

Im Unterschied zu den punktuellen Ergebnissen der Stichprobenerhebung der Waldstrukturaufnahme (s. Kap. 4) können mit Hilfe der Luftbildinterpretation flächige Aussagen über das gesamte Untersuchungsgebiet gemacht werden. Räumliche Unterschiede und Besonderheiten werden flächenscharf erfasst und ergeben so ein ganzheitliches, übersichtliches Bild des Gebietes. Gerade bei Wiederholungsaufnahmen können so Veränderungen flächenscharf erfasst und bilanziert werden. Die Ergebnisse der Luftbildinterpretation bilden zudem die Grundlage für eine Stratifizierung der terrestrischen Erhebungen der WSA. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der WSA, in der fast alle erhobenen Parameter genau bestimmt und gemessen werden, gründen die Ergebnisse der Luftbildinterpretation auf gutachterlichen Einschätzungen.

3.2 | Interpretationsergebnis

Abbildung 3-2

Orthobild des NWR Laangmuer mit Lage und Nummern der WSA Stichprobenpunkte (Quelle: Befliegung der ANF 2016)



3.2.1 Flächenübersicht

Das Naturwaldreservat Laangmuer ist geprägt durch einen überwiegend zusammenhängenden teilweise etwas durchbrochenen, großkronigen alten Laubwald. Dieser nimmt etwa zwei Drittel der Gesamtfläche ein. Innerhalb dieses Altholzkomplexes gibt es mehrere kleinere und etwas größere Lücken in denen der Wald jünger ist. Am Probekreis 4 und westlich von Probekreis 47 kommt jüngerer Nadelholz – gut zu erkennen an seinem im Vergleich zum Laubholz dunkleren Farbton – vor. Zwischen der Naturwaldreservatsgrenze im Westen und dem Altholzkomplex liegt ein 100 bis 200m breiter Streifen mit jüngeren Laubhölzern an

den Probekreisen 33, 40, 41, 50, 51, 59, 60, 68 und 74. Im Gegensatz zum Altholz bei dem die Einzelkronen der starken Bäume sich gut gegeneinander abgrenzen, wirken die jungen Laubholzflächen wie ein dichter Teppich. Im Norden dieses Streifens ragen noch starke Altbäume deutlich über den Jungwald hinaus (nördlich Probekreis 33). Das Bild legt den Schluss nahe, dass die Jungwaldfläche ehemals ebenfalls zum Altholzkomplex gehört hat und aus dessen geplanter Verjüngung hervorgegangen ist. Von diesem Jungwaldstreifen aus sind nach Osten Löcher im Altholz zu sehen (nordwestlich Stichprobepunkt (STP) 43 und zwischen den STP 52 und 62), deren Textur sich deutlich abhebt.

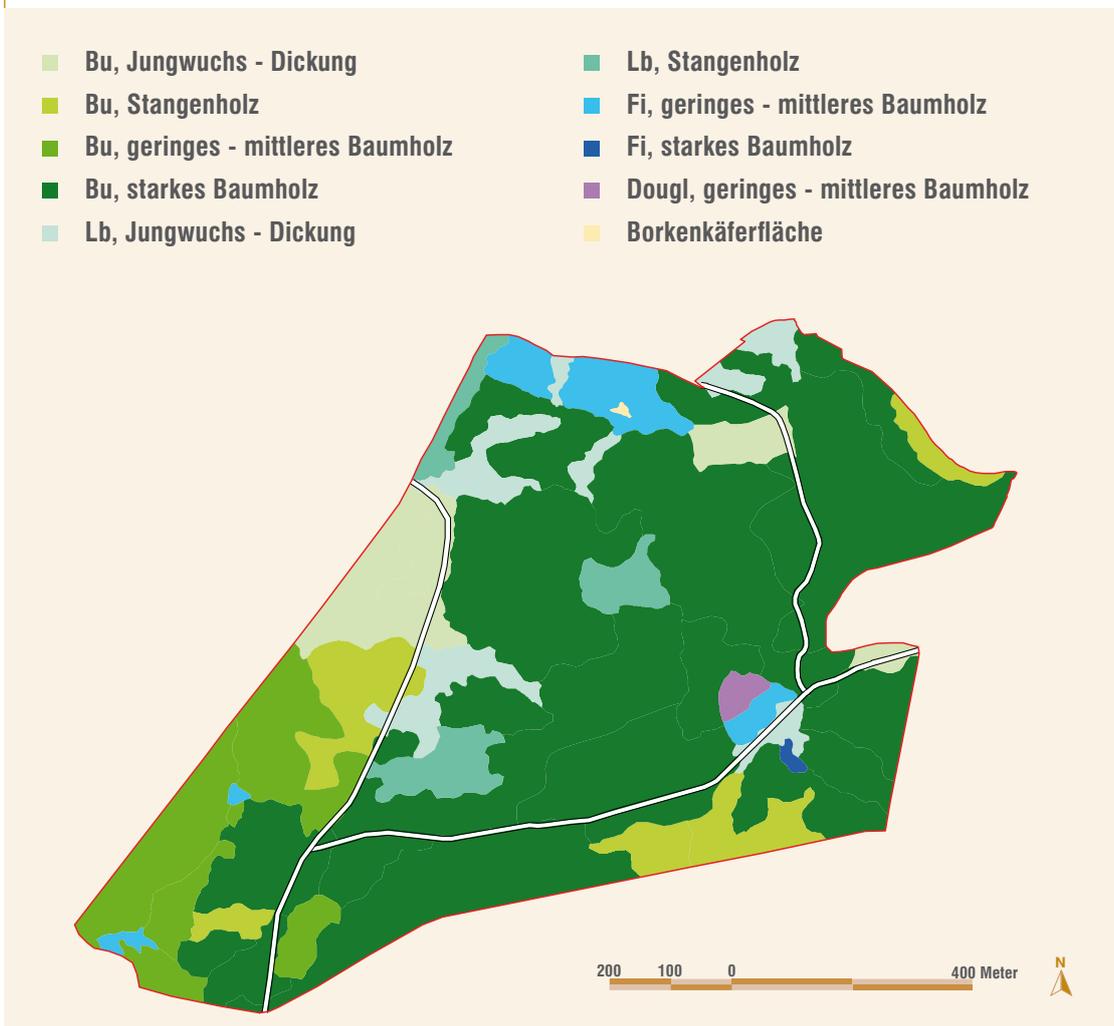
Vermutlich hat der Sturm diese Löcher zu einem Zeitpunkt geschaffen, als noch keine oder wenig Verjüngung unter dem Altbestand war. Dies führte zu spontaner Ansammlungen verschiedener Baumarten vermutlich auch von Pioniergehölzen wie Weide, Vogelbeere und Birke. Obwohl diese Laubwaldflächen noch jung sind, lassen sich hier Einzelkronen deutlich ausmachen. Eine weitere Fläche dieser Art befindet sich südöstlich STP 28.

3.2.2 Altersstufen nach Baumarten

Anhand von verschiedenen Merkmalen wie Kronengröße, -form und -zustand sowie der Baumhöhe wird auf das natürliche Bestandesalter der Bäume rückgeschlossen. Bei der Ansprache der Baumarten können nur die Bäume berücksichtigt werden, die am Kronendach beteiligt sind und eine arttypische Kronenausprägung haben. Bei kleinkronigen eingeklemmten und jungen Individuen ist eine Artansprache meist nicht möglich. Oft kann jedoch trotzdem zwischen Laub- und Nadelbäumen unterschieden werden. Teilweise kann durch Zuhilfenahme von Zusatzinformationen wie Ergebnisse aus der Waldstrukturaufnahme oder Geländebegängen trotzdem eine Zuordnung vorgenommen werden. Auch bei guter Sicht lassen sich manche Baumarten nicht sauber voneinander trennen. Das trifft z.B. auf Rotbuche und Hainbuche zu, weshalb sie zusammen als Rotbuche

Abbildung 3-3

Verteilung der unterschiedlich alten Bestände und Untersuchungsgebiet



aufgenommen werden, die im Allgemeinen den deutlich höheren Anteil der beiden Baumarten hat.

Abb. 3-3 zeigt die Baumarten- und Altersverteilung im NWR Laangmuer.

Die Grundlage für die Flächeneinfärbung gibt die führende, also häufigste Baumart innerhalb einer Teilfläche. Die Helligkeitsabstufungen innerhalb einer Farbe zeigen die Altersunterschiede. Bei stufigen oder mehrschichtigen Beständen ist das Alter der Schicht mit dem größten Flächenanteil ausschlaggebend. Als mehrschichtig und stufig wurden im Laangmuer 22% der Waldfläche

eingeschätzt, wobei nur 1% auf stufige Bestände entfällt. Sofort fällt die Dominanz der grünen Farbtöne, die für die Buche in unterschiedlichen Altersstufen stehen ins Auge. Auf 90,4 ha oder 87% der Fläche ist die Buche die führende Baumart. Die Alters- und Baumartenverteilung, die auch schon in der Flächenübersicht beschrieben wurde, wird klar ersichtlich. Bereiche mit Nadelhölzern aus Pflanzung lassen sich klar abgrenzen. Die sonstigen Laubwaldflächen finden sich in den bereits oben beschriebenen, natürlich im Altholz entstandenen, unregelmäßigen Lücken. Eine detaillierte Aufstellung der Baumarten- und Alterszusammensetzung im Laangmuer bietet die **Tabelle 3-1**.

Tabelle 3-1 Bestandesalter im NWR Laangmuer (n.l. = nicht interpretierbar)

	Jungwuchs bis Dichtung		Stangenholz		Geringes Baumholz		Geringes bis Mittleres Baumholz		Mittleres Baumholz		Starkes Baumholz		Gesamt
		%		%		%		%		%		%	
Eiche	n.l.		0		0		0		20		4		3
Buche	n.l.		60		64		0		80		94		83
Douglasie	n.l.		0		1		70		0		0		0
Fichte	1		1		34		30		0		0		4
sonstige Laubbäume	99		39		1		0		0		2		10
Gesamt	11,9ha	11%	11,1ha	11%	10,5ha	10%	0,5ha	0%	3,6ha	4%	66,7ha	64%	

3.2.3 Bestandesschluss

Der Bestandesschlussgrad beschreibt den Anteil der tatsächlich von Kronen überschirmten Fläche innerhalb einer ausgewiesenen Teilfläche und wird in 10% Stufen eingeschätzt. Bei mehrschichtigen Beständen setzt er sich aus der Summe der Überschirmungen der Schichten zusammen, wobei 100% per Definition nicht überschritten werden können. Da es sich bei den Luftbilddaufnahmen um eine Sicht von oben handelt, können Dinge die unter einer dichten Krone sind, nicht gesehen werden. Durch Kronenlücken ist bei einem aufgelockerten Kronendach jedoch eine Sicht auf eine ggf. vorhandene Unterschicht oder Verjüngung möglich.

Tabelle 3-2 Bestandesschluss im NWR Laangmuer

Schlussgrad	Fläche (ha)	Anteil
100%	46,4	44%
90%	39,3	38%
80%	17	16%
70%	1,5	1%
50%	0,2	0%
	104,4	100%

Der Bestandesschluss im Laangmuer ist insgesamt hoch. Auf über 80% der Fläche ist das Kronendach fast oder gänzlich geschlossen. Dieser hohe Bestandesschluss kommt im Laangmuer auf unterschiedlichste Art und Weise zustande. Zum einen gibt es die dicht geschlossenen Althölzer. Sind diese in der Oberschicht schon durchbrochen, hat sich oft eine Unterschicht oder ein Zwischenstand herausgebildet, der diese Lücken schließt. Gleichaltrige Jungbestände wie im Westen des Gebietes weisen meist ein gedrängtes in sich lückenlos verzahntes Kronendach auf. Mittelalte Wälder die im NWR Laangmuer 25% der Fläche einnehmen sind von Natur aus ebenfalls geschlossen. Natürliche Lücken treten erst im höheren Bestandesalter bei Ausfall einzelner oder mehrerer Individuen auf. Ausnahmen können immer durch Störungen wie Sturm oder Borkenkäfer vorkommen und zu Lücken führen.

3.2.4 Vertikalstruktur

Geschichtete Waldflächen und welche mit deutlichem Unterstand haben im NWR Laangmuer mit 33% einen recht hohen Anteil. Innerhalb der Waldflächen starken Baumholzes sind jeweils gut 11 ha geschichtet bzw. einschichtig mit Unterstand. Hier hat eine dauerhafte Unterbrechung des Kronendaches der nachfolgenden Waldgeneration schon genügend Licht gegeben, um sich etablieren zu können. Auf 5,6 ha der geschichteten Wälder hat sich das Flächenverhältnis zwischen den alten und jungen Bäumen bereits zugunsten der jungen Bäume verschoben. Die restlichen geschichteten Flächen sind die mit kurzfristiger natürlicher Verjüngung in ehemaligen Sturmwurfbereichen (vgl. 3.2.1.). Hier haben die Pionierbaumarten einen deutlichen Höhenvorsprung gegenüber der restlichen Verjüngung. Die Bestandesschichtung ist in Tab. 3-3 erläutert.

Tabelle 3-3 Bestandesschichtung im NWR Laangmuer

Schichtung	ha	Anteil
gleichmäßig einschichtig	61,4	59%
ungleichmäßig einschichtig	7,4	7%
einschichtig mit Unterstand	12,4	12%
geschichtet	22	21%
stufig	0,6	1%

Abbildung 3-4

Ansprache der Vertikalstruktur im Luftbild (nach AHRENS et al. 2004, verändert)

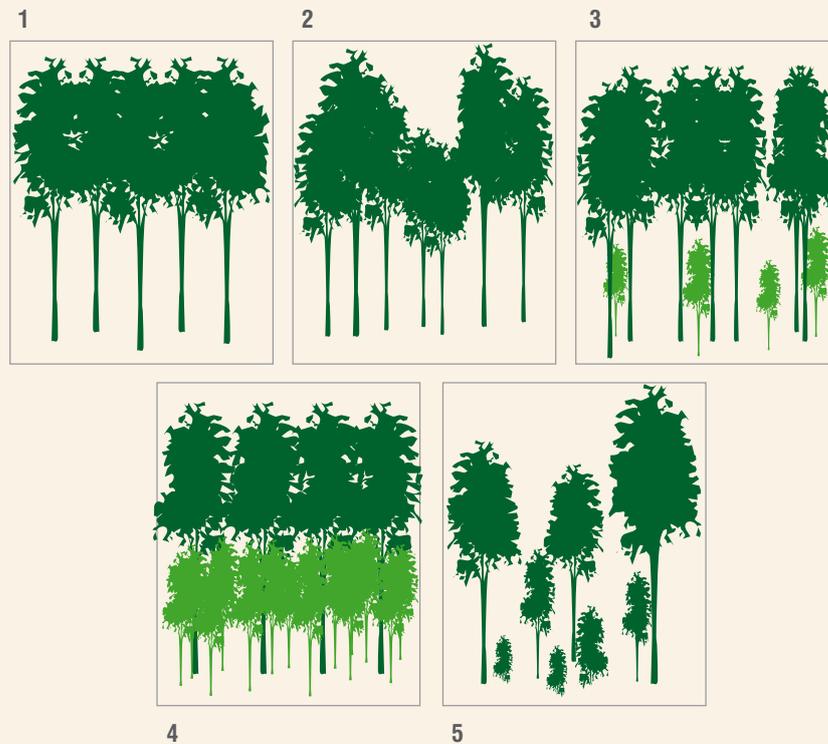


Abb.Nr.	Vertikalstruktur	Beschreibung
1	gleichmäßig einschichtig	Die Baumkronen bilden eine Ebene. Der Bestand ist vertikal in einen Stamm- und einen Kronenraum gegliedert. Das Kronendach ist glatt.
2	ungleichmäßig einschichtig	Die Baumhöhen sind differenziert. Das Kronendach ist aufgeraut.
3	einschichtig mit Unterstand	Vereinzelt sind kleinere Bäume ohne Kontakt zum Oberstand in Lücken erkennbar. Das Kronendach ist zumindest stellenweise aufgeraut.
4	geschichtet	Innerhalb der Bestandesfläche lassen sich vertikal mehrere Kronenschichten ausweisen, die voneinander klar abgesetzt sind. Die zweite Kronenschicht erschließt den Stammraum.
5	stufig	Die Höhenspreitung zwischen benachbarten Bäumen erstreckt sich über den gesamten vertikalen Stammraum. Eine Trennung in Stamm- und Kronenraum ist nicht mehr möglich. Das Kronendach ist sehr stark aufgeraut.

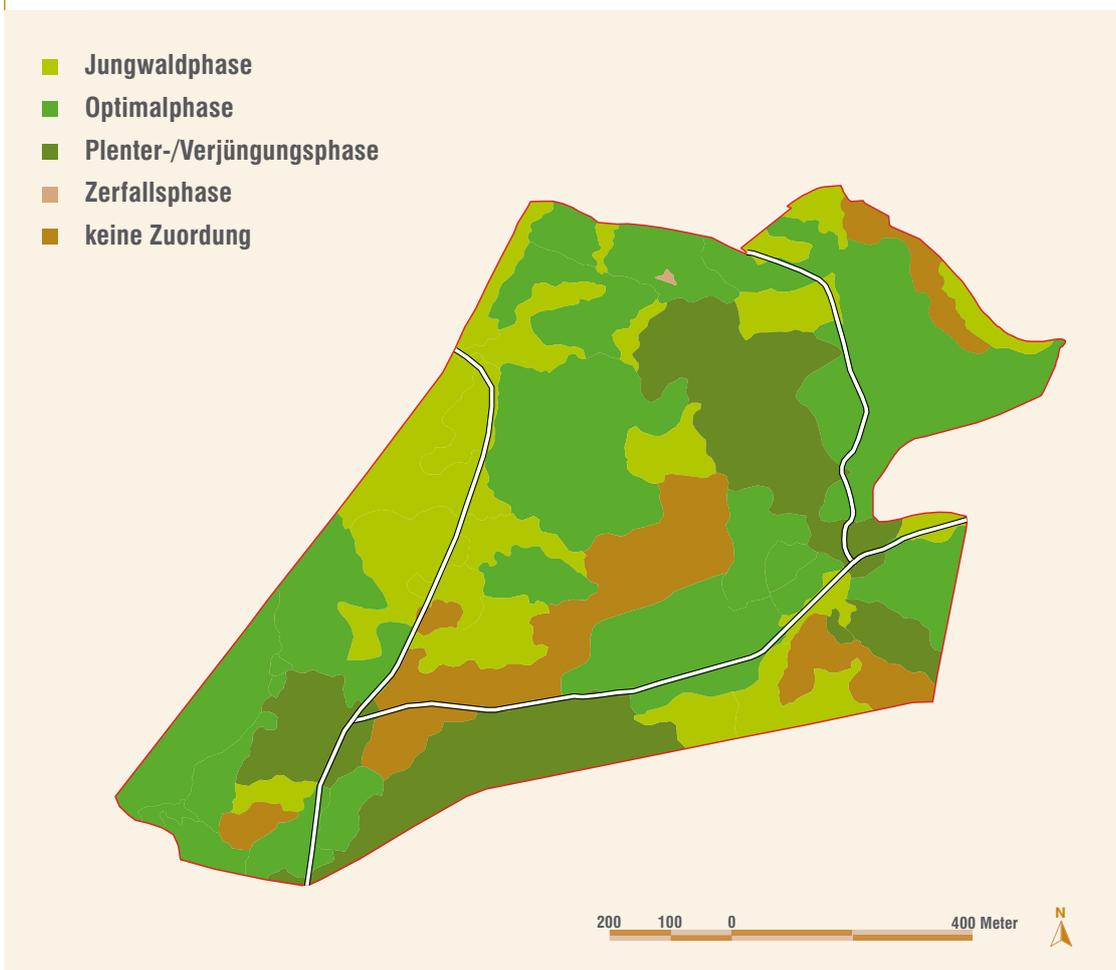
3.2.5 Waldentwicklungsphasen

Aus Kombination aller interpretierten Strukturmerkmale werden die Teilflächen unterschiedlichen natürlichen Waldentwicklungsphasen im Anhalt an LEIBUNDGUT (1959, 1978) und WEBER (1999a) zugeordnet. Im Zuge der an Parametern standardisierten Waldentwicklungsphasenzuordnung konnten nicht alle Flächen eindeutig zugewiesen werden. Eine Überprüfung dieser Flächen ergab für alle eine einheitliche Situation. Es handelt sich um Althölzer, deren Kronendach noch nicht allzu stark aufgelichtet ist, die aber schon mehr oder minder flächig verjüngt sind. Sie befinden sich folglich an der Schwelle zwischen der Optimal- und der Plenter- und Verjüngungsphase.

Abb. 3-5 zeigt ein deutlich inhomogeneres Bild, als auf den ersten Blick zu vermuten war. Es herrscht ein stetiger Wechsel zwischen einzelnen Waldentwicklungsphasen wobei ein hoher Anteil der Plenter- und Verjüngungsphase (20,1 ha) innerhalb des großen Altbestandes sofort auffällt. Hinzu kommen 12,9 ha, die nachträglich zugewiesen wurden und sich im Übergang zwischen Optimalphase und Plenter- und Verjüngungsphase befinden. Beides ist ein Zeichen dafür, dass der Wald bei seiner Ausweisung als Naturwaldreservat für einen Wirtschaftswald recht alt war. Die Jungwaldphase mit 23 ha nimmt ebenfalls einen ungewöhnlich großen Raum ein. Im Naturwaldzyklus nimmt sie eine vergleichsweise geringe Zeitspanne ein und ist im Laangmuer somit flächenmäßig überrepräsentiert. Eine Folge der ehemaligen wirtschaftlichen Nutzung.

Abbildung 3-5

Waldentwicklungsphasen im NWR Laangmuer



3.3 | Vergleich der Ergebnisse der Luftbildinterpretation 1999 und 2016

Für das Naturwaldreservat Laangmuer wurde bereits 2006 eine Luftbildinterpretation nach gleichem Verfahren durchgeführt (Tobes et al., 2008). Für die erste stereoskopische Interpretation standen allerdings nur CIR-Abzüge im Maßstab 1:15.000 von 1999 zur Verfügung, weshalb die Möglichkeiten deutlich eingeschränkt waren. Baumartenansprache war nur mit Zusatzinformationen möglich und der Einblick in die unteren Kronenschichten erschwert. Im Gegensatz dazu ist das Luftbildmaterial von 2016 hervorragend, mit einer sehr hohen Auflösung und einer brillanten Ausleuchtung auch in die unteren Bestandesschichten. Dennoch sind ein summarischer Vergleich und eine Betrachtung der Veränderungen möglich und sinnvoll.

Tabelle 3-4 Entwicklung der Bestandesalter 1999 und 2016 im NWR Laangmuer

Bestandesalter	1999		2016	
	ha	Anteil	ha	Anteil
Jungwuchs - Dickung	3,7	4%	11,9	11%
Stangenholz	16,2	16%	11,1	11%
Geringes - Mittleres Baumholz	6,7	7%	14,6	14%
Starkes Baumholz	72,4	73%	66,7	64%
Freifläche	4	4%	0	0%

Der Vergleich der Bestandesalter lässt einige Verschiebungen erkennen. Die Freifläche ist völlig verschwunden und die Stangenhölzer von 1999 sind zum Teil zu Geringem bis mittleren Baumholz gereift, dessen Fläche sich verdoppelt hat. Gleichzeitig ist die Fläche des Starken Bauholzes zurückgegangen und dadurch der Anteil der Jungwuchs und Dickungsflächen gestiegen.

Der Bestandesschluss von 1999 und 2016 weist auf den ersten Blick gravierende Unterschiede auf, die mit Bedacht zu betrachten sind. Das Bildmaterial von 2016 gewährt einen immens besseren Einblick in Unter- und Zwischenschichten, als die Bilder von 1999, bei denen ggf. nur die oberste Baumschicht beurteilt werden konnte. Diese

Unter- und Zwischenschichten werden bei der Ansprache des Bestandesschlusses mit berücksichtigt (vgl. Kap. 3.2.3). War 1999 auf 2/3 der Fläche der Fläche das Kronendach aufgelockert (Bestandesschluss 80% oder weniger), ist es 2016 auf 85% der Fläche geschlossen. 1999 wurde auf eine nicht allzu lange zurückliegende Durchforstung rückgeschlossen. Bodensicht mit keiner oder wenig Verjüngung wurde als Indiz hierfür beschrieben. Gleichzeitig wurde die Frage in die Zukunft gestellt, ob sich die Altholzbestände wieder schließen werden oder sich die Verjüngung etablieren wird. Da der Buche bis ins hohe Alter eine große Reaktionsfähigkeit auf Durchforstungen unterstellt wird, wurde eher ein Kronenschluss erwartet.

Tabelle 3-5 Vergleich der Bestandesschluss 1999 und 2016 im NWR Laangmuer

	1999		2016	
	Fläche (ha)	Anteil	Fläche (ha)	Anteil
100%	6,2	6%	46,4	44%
90%	24,9	25%	39,3	38%
80%	48,2	49%	17	16%
70%	15,7	16%	1,5	1%
50%	1,4	1%	0,2	0%
40%	2,6	3%	0	0%

Der hohe Bestandesschluss von 2016 ergibt sich aber nicht daraus, dass sich die Oberschichten wieder geschlossen hätten, sondern daraus, dass Unterstand und Zwischenschichten einen bedeutenden Anteil eingenommen haben. Das lässt sich aus Tab. 3-6 ablesen.

Tabelle 3-6 Vergleich der Vertikalstruktur 1999 und 2016 im NWR Laangmuer

Vertikalstruktur	1999		2016	
	ha	Anteil	ha	Anteil
gleichmäßig einschichtig	68,7	69%	61,4	59%
ungleichmäßig einschichtig	12,2	12%	7,4	7%
einschichtig mit Unterstand	7,8	8%	12,4	12%
geschichtet	8,9	9%	22,0	21%
stufig	0	0%	0,6	1%
Keine Angabe	1,4	1%	0	0%

Eine Auswertung der Waldentwicklungsphasen wurde 1999 nicht durchgeführt. Dennoch lassen die Zahlen die Interpretation zu, dass sich der Anteil der Plenter- und Verjüngungsphase deutlich erhöht hat. In vielen 1999 noch mehr oder weniger einschichtigen Altholzflächen hat sich eine neue Waldgeneration bereits unter dem Schirm der alten Bäume etablieren können.

3.4 | Zusammenfassung der Ergebnisse von 2016

Auf den ersten Blick wird das Naturwaldreservat Laangmuer durch einen Laubholzkomplex der ca. zwei Drittel der Fläche einnimmt geprägt. Vor allem westlich davon und jeweils zum Rand des NWR sind andere, jüngere Bestände zu sehen. Die Baumartenansprache zeigt eine deutliche Dominanz der Buche, die mit 86% die mit Abstand häufigste Baumart ist. Wahrscheinlich ist ihr Anteil sogar noch höher, da in den Jungwaldflächen - in denen lediglich eine Trennung zwischen Laub- und Nadelbäumen möglich ist - ebenfalls ein deutlicher Buchenanteil anzunehmen ist. Nadelwald nimmt

nur 4% der Fläche ein. Der Schlussgrad im Laangmuer ist über alle Flächen hinweg hoch, wobei auf knapp 74 ha dieser Schlussgrad von einer Schicht und auf 30 ha von mehreren Schichten gemeinsam gebildet wird.

Bei genauerer Untersuchung zeigen sich innerhalb des Buchenaltholzes deutliche Unterschiede. Zum Teil ist es noch vollständig geschlossen, oft hat sich jedoch auch schon Verjüngung, Unterstand oder eine zweite Bestandesschicht unter den Altbäumen etablieren können. Die Zuordnung der Teilflächen in Waldentwicklungsphasen (vgl. Abb. 3-5) in Verbindung mit dem Bestandesalter (vgl. Abb. 3-3) zeigt dieses sehr anschaulich. In den Flächen der Plenter- und Verjüngungsphase sowie den Flächen im Übergang von der Optimalphase dorthin passiert derzeit viel und wird der Grundstein für den Wald von morgen gelegt. Als weitere Hot Spots für die Erforschung der ungestörten Entwicklung stehen die aus spontaner Verjüngung nach Störung entstandenen Flächen mit Pionierbaumarten im mittleren Bereich des NWR bereit.

Abbildung 3-6

NWR Laangmuer 2017



Waldstrukturaufnahme: Dynamik im Naturwaldreservat



Die Waldstrukturaufnahme (WSA) ist ein Verfahren zur repräsentativen Erfassung von Waldstrukturen, sodass die natürliche Dynamik von Wäldern dokumentiert werden kann (WEVELL VON KRÜGER et al. 2016). Die Erhebung erfolgt auf Stichprobenflächen, die als regelmäßiges Raster über das Gebiet gelegt werden. In der Pufferzone von 30m Breite entlang der zugänglichen Wege sowie der Außengrenzen werden keine Erhebungen gemacht, um die Ergebnisse nicht durch Randeffekte zu beeinflussen.

Die Stichprobenflächen sind in der Regel 0,1 ha groß und können bei sehr hoher Stammzahl, Sichtbehinderung oder Gefährdung des Aufnahmeteams auf die Hälfte verkleinert werden. Dort werden alle stehenden und liegenden lebenden (ab 7 cm BHD) und toten Bäume und Baumteile (ab 10 cm BHD) mit ihren Stammfußkoordinaten (Azimut und Entfernung vom Kreismittelpunkt) erfasst. Auf diese Weise können z. B. Stammverteilungspläne aller Probekreise erzeugt werden, die für das Wiederauffinden der Stichprobenpunkte eine wertvolle Hilfe sind (Abb. 4-2). An jedem Baum

oder Baumteil innerhalb der Stichprobenfläche werden außerdem Baumart, Brusthöhendurchmesser, Höhe sowie verschiedene andere Strukturparameter wie z.B. Brüche, Risse und Höhlen aufgenommen. Alle Gehölze unter 7 cm BHD gehören zur Verjüngung: Sie wird auf zwei je 0,01 ha großen Satellitenkreisen einer Fläche von insgesamt 20 m² in jedem Probekreis getrennt nach Höhenklassen ausgezählt und ihre Deckung sowie der prozentuale Wildverbiss geschätzt. Um auch seltene Baumarten im Untersuchungsgebiet zu erfassen wird zusätzlich die Deckung aller Verjüngungsbaumarten im gesamten Kreis geschätzt (WEVELL VON KRÜGER et al. 2016).

Die Waldstrukturaufnahme (WSA) im Naturwaldreservat Laangmuer fand im August und September 2016 statt. Im September/Okttober des Jahres 2017 wurde die Qualitätssicherung im Gelände durchgeführt sowie die Neuaufnahme des Stichprobenpunktes 47, bei dem es zuvor Unplausibilitäten gab. Die Aufnahme ist eine Wiederholung der WSA aus dem Jahr 2005, die in TOBES et al. (2007) veröffentlicht wurde.

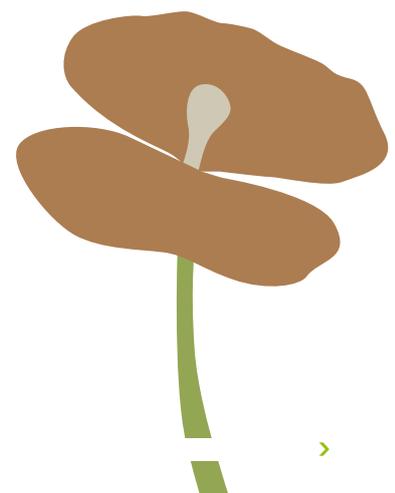


Tabelle 4-1 Anzahl und Aufnahmegrößen der Stichprobenkreise¹

AUFNAHME- JAHR	FLÄCHE NWR	UNBEEIN- FLUSSTE KERN- FLÄCHE	STP 0,1 ha	STP 0,05 ha		EFFEKTIVE AUFNAHMEFLÄCHE	
	[ha]		Anzahl	Anzahl	Nummern	[ha]	% der Kernfläche
2005	103,37	74	62	6	4, 33, 40, 41, 50, 51	6,5	8,8
2016			53	15	4, 9, 13, 14, 28, 33, 39, 40, 41, 50, 51, 53, 60, 73, 77		

Die WSA wurde an den gleichen – insgesamt 68 - Probekreisen, wie bei der Erstaufnahme durchgeführt. Auf verschiedenen Stichprobenflächen war durch den Einwuchs junger Bäume die Sicht behindert, sodass neben den 2005 schon verkleinerten Probekreisen noch neun weitere auf einer Fläche von 0,05 ha statt 0,1 ha aufgenommen wurden (Tab. 4-1 und Abb. 4-1).

Die Größe der Kernfläche (74 ha), die sich aus der Differenz zwischen der Fläche des Naturwaldreservats und der Pufferzone entlang der Wege (s. Abb. 4-1) berechnet, hat die gleiche Größe wie 2005, nämlich 29,4 ha. Die effektive Aufnahmefläche hat sich durch die Kreisverkleinerungen von 6,5 ha auf 6,05 ha verringert (s. Tab. 4-1).

Abbildung 4-1

Das NWR aus der Vogelperspektive 2016: Lage und Größe der Probekreise

(Quelle: Photographies aériennes orthorectifiées 2016, Open Data WMS and WMTS de l'Administration du cadastre et de la topographie du Grand-Duché du Luxembourg)



¹ Differenzen zu Tobes et al. (2008) s. Kapitel 5.4.

Allein aus den Stammverteilungsplänen (s. Abb. 4-2), die aus den erhobenen Stammfußkoordinaten berechnet werden, können schon Entwicklungen deutlich werden: Im Beispiel (Probekreis 29) sind in beiden Aufnahmejahren deutlich die 5 Starkbuchen des Altbestandes zu erkennen. Die 2005 liegenden schwachen Buchen haben sich inzwischen zersetzt und erscheinen nicht mehr. Zudem sind zahlreiche junge Buchen in die Derbholzschwelle von 7 cm BHD eingewachsen und tauchen nun im Derbholz vom Stammverteilungsplan 2016 auf. Einige junge Buchen sind zwischen 2005 und 2018 abgestorben und umgefallen, aber noch nicht soweit zersetzt, dass sie unter die Aufnahme­grenze von 10 cm BHD für liegendes Totholz gefallen wären.

Abbildung 4-2

Stammverteilungspläne im Untersuchungsgebiet (PK Nr. 29: links 2005, rechts 2016).



-  Bu Liegende Buche
-  Bu Buche
-  SWei Salweide
-  SHo Schwarzer Holunder
-  + Probekreis-Mittelpunkt

4.1 | Gesamtübersicht

Bei der WSA 2016 im NWR Laangmuer wurden insgesamt 1743 stehende 119 liegende Bäume aufgenommen sowie 16 verschiedene Baumarten² identifiziert. Hauptbaumarten sind neben der Buche, die allein 90% des Gesamtvorrates ausmacht, Eiche, Fichte und Birke (Tab. 4-2).

Der Gesamtvorrat ist in den letzten 13 Jahren um 88 Vfm auf 499 Vfm gestiegen, hauptsächlich durch Buche verursacht, die allein 79 Vfm/ha zugelegt hat. Das Totholzvolumen insgesamt stieg um 6 Vfm/ha an und liegt jetzt bei 16 Vfm/ha, was einem Totholzanteil von 3,3% entspricht.

Alle Entwicklungen im NWR Laangmuer werden von der Buche bestimmt, mit deutlichen Volumen- und Stammzahlzuwächsen im lebenden Bestand.

Im Totholz hat ihre Stammzahl im Vergleich zu 2005 etwas abgenommen, das Totholzvolumen ist jedoch angewachsen.

Die Stammzahlen von Eiche (in der Regel Traubeneiche) und Birke sind im Vergleich zu 2005 gleich geblieben. Beide Baumarten weisen Volumenanstiege im lebenden Bestand auf. Im Totholz ist bei ihnen weder die Stammzahl noch das Volumen gestiegen.

Die Fichte hat sowohl im lebenden, wie auch im toten Bestand zugenommen, im Totholz hat sie die größte Zunahme an toten Stämmen pro Hektar von allen Baumarten.

Tabelle 4-2 Gesamtübersicht der wichtigsten Baumarten im Untersuchungsgebiet (stehend und liegend)³
Rundungsbedingt können Summenwerte abweichen

		GESAMT				LEBEND				TOT			
		N/ha	N%	Vfm/ha	Vfm%	N/ha	N%	Vfm/ha	Vfm%	N/ha	N%	Vfm/ha	Vfm%
BUCHE	2016	340	83	448	90	299	84	437	91	41	74	12	70
	Diff.	+35	~	+79	~	+40	~	+74	~	-4	-6	+5	+6
EICHE	2016	9	2	28	6	5	1	26	5	4	7	3	18
	Diff.	~	~	+4	~	~	~	+4	~	~	-1	~	-5
FICHTE	2016	39	9	16	3	31	9	14	3	8	15	2	10
	Diff.	+5	~	+2	~	+4	~	+1	~	+2	+4	+1	~
BIRKE	2016	12	3	2	0	11	3	2	0	1	2	0	1
	Diff.	+1	~	+1	~	~	~	+1	~	+1	+2	~	~
SONSTIGE	2016	12	3	4	1	11	3	4	1	1	2	0	1
	Diff.	+3	~	+2	~	+2	~	+2	~	~	+1	~	-1
GESAMT	2016	412	100	499	100	357	100	483	100	55	100	16	100
	Diff.	+44	~	+88	~	+46	~	+83	~	-1	~	+6	~

²
Aspe, Bergahorn,
Buche, Douglasie,
Esche, Gemeine Fichte,
Hainbuche, Kiefer,
Salweide, Sandbirke,
Schw. Holunder,
Stieleiche, Traubeneiche,
Vogelbeere, Vogelkirsche,
Faulbaum

³
Differenzen zu Tobes et al.
(2008) s. Kapitel 5.4.

4.2 | Lebender Bestand

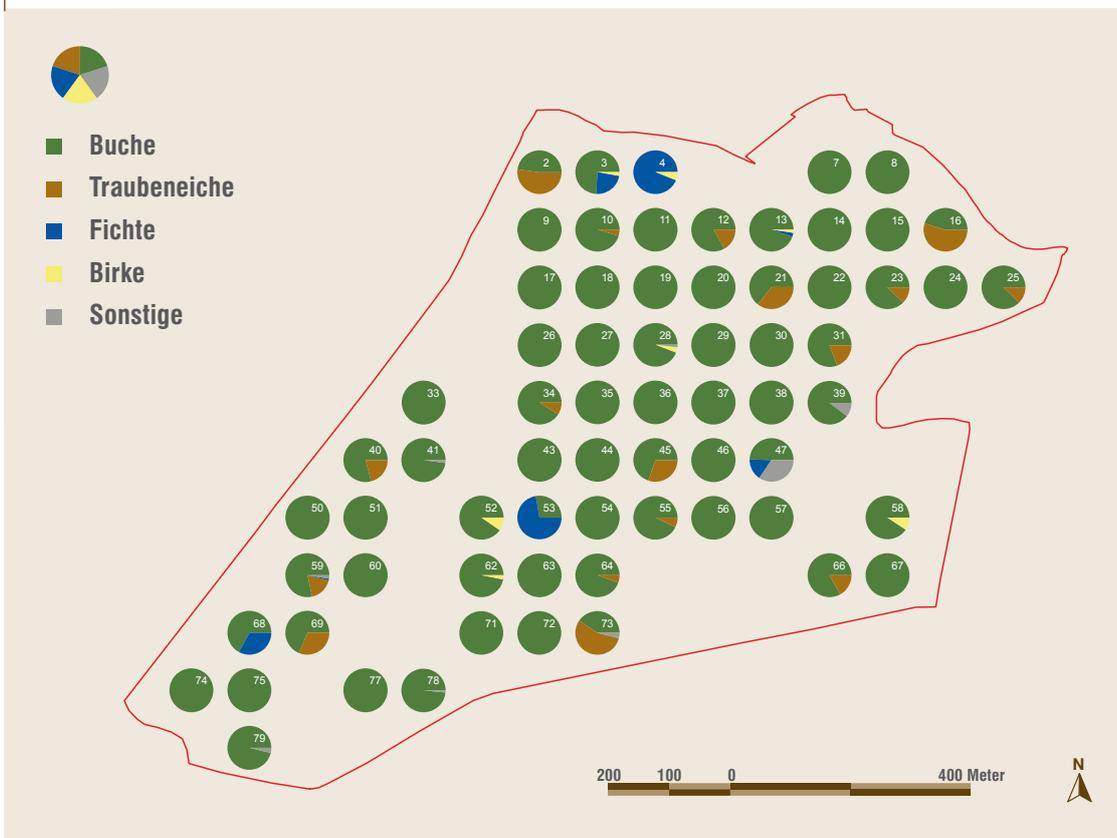
4.2.1 Baumartenanteile

Die Baumartenanteile im lebenden Bestand haben sich seit 2005 insgesamt nicht verändert⁴: die Buche herrscht mit über 90%, dazu kommen 5% Traubeneiche, 3% Fichte neben wenigen Birken und Sonstigen (hauptsächlich Douglasie, Bergahorn, Salweide, Aspe und Kiefer).

In Abb. 4-3 ist die Dominanz der Buche im Untersuchungsgebiet sehr gut zu erkennen: Sie fehlt nur im Stichprobenkreis vier und dominiert in allen Probekreisen außer den STP Nr. 2, 16, 53 und 73.

Abbildung 4-3

Baumartenanteile in den Probekreisen des Naturwaldreservates 2016 (Bezugsgröße Vfm/ha)



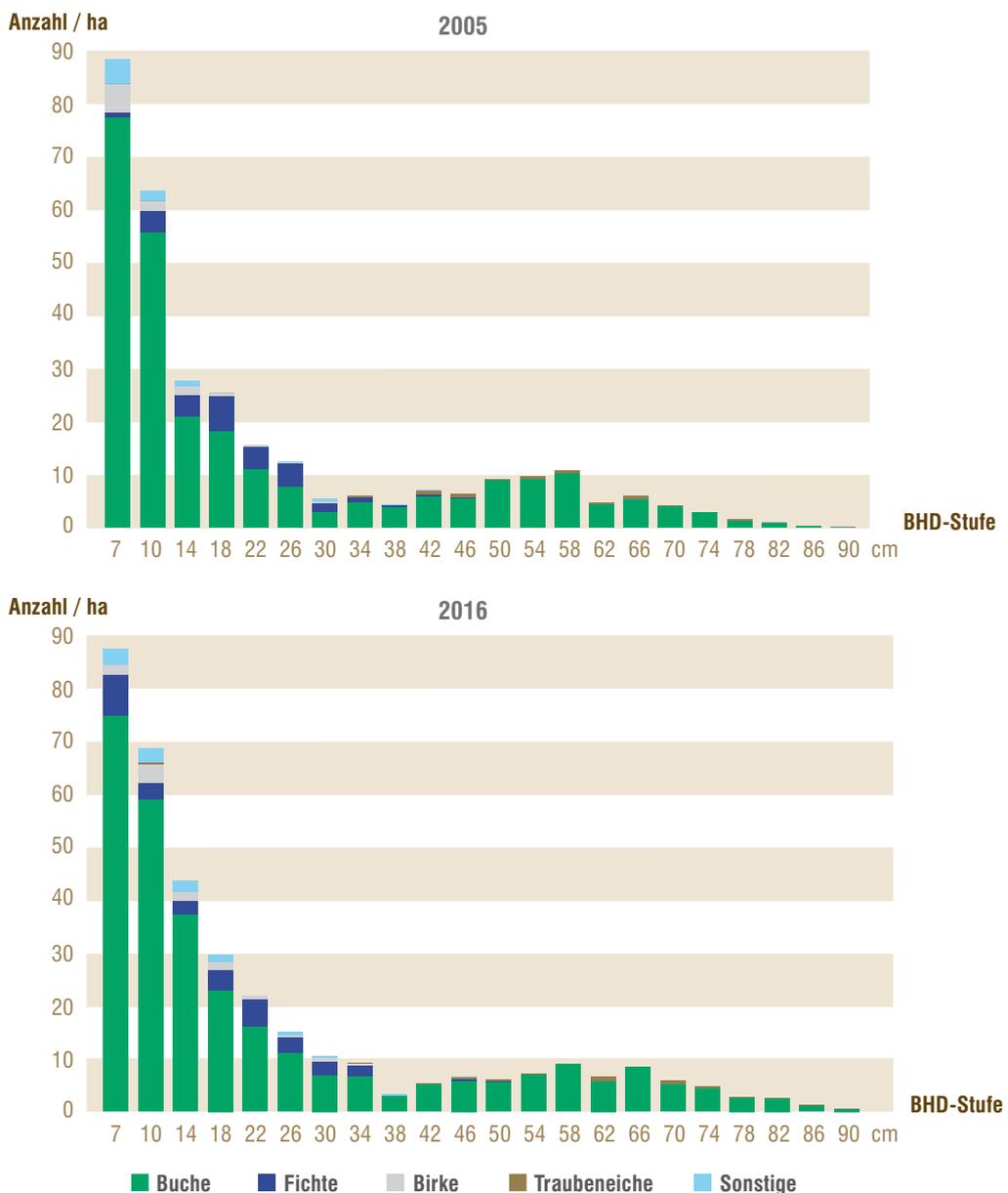
⁴ Differenzen zu *Tobes et al. (2008)* s. Kapitel 5.4.

4.2.2 Durchmessererteilung

Die Durchmessererteilungen von 2005 und 2016 sehen sich auf dem ersten Blick relativ ähnlich (s. Abb. 4-4): Alle Durchmessererteilungen von 7 cm bis über 90 cm BHD sind besetzt, wobei die Stammzahlen bis zum BHD-Stufe 38 (2005: bis zur Stufe BHD 30 cm) steil abfallen, dann bis zur BHD-Stufe 58 wieder leicht ansteigen und anschließend wieder fallen. Den größten, 2016 gemessenen Durchmesser hat eine Eiche mit BHD 99 cm in Stichprobenkreis 16. Um die Dynamik besser zu verdeutlichen sind in Abb. 4-5 explizit die Veränderungen dargestellt.

Die Hauptbaumart **Buche** besetzt alle Durchmessererteilungen des Gebietes. Der Anstieg der Baumzahlen (s. Tab. 4-2) hat sich insbesondere auf die unteren Durchmessererteilungen bis 34 cm BHD und auf das Starkholz ab 62 cm BHD konzentriert (Abb. 4-5). Hervorzuheben ist die Stufe 14 cm mit einem besonders hohen Zuwachs von 16 Buchen/ha: junge Buchen sind aus geringeren in höhere Durchmessererteilungen gewachsen. Das wird durch den Rückgang der Buchen-Baumzahlen in der kleinsten Durchmessererteilung BHD 7 cm unterstrichen. Im mittleren bis starken Baumholz (BHD 38

Abbildung 4-4
BHD-Verteilung der Hauptbaumarten des Untersuchungsgebietes 2005⁵ und 2016



⁵ Differenzen zu Tobes et al. (2008) s. Kapitel 5.4.

bis 58 cm) ist die Buche seit 2005 ebenfalls zurückgegangen. Ein Teil dieser Buchen wird ebenfalls in höhere Durchmesser eingewachsen sein – ein Teil ist wahrscheinlich abgestorben

(vgl. Kap. 4.4.3).

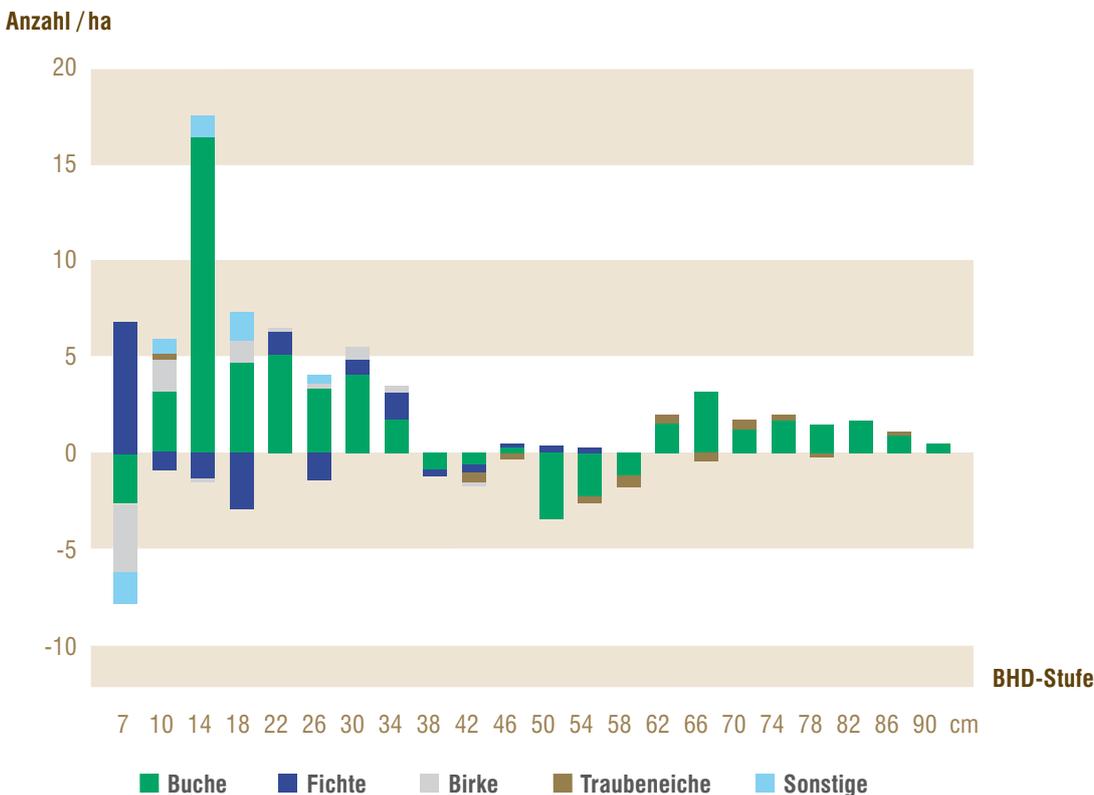
Die **Fichte** kommt in den Durchmesserstufen bis 54 cm vor (2005 bis Stufe 46 cm) und zeigt die größte Zunahme ihrer Stammzahl in der BHD-Stufe 7 cm – junge Fichten sind in das Derbholz eingewachsen. In den anderen niedrigen Durchmesserstufen ging ihre Stammzahl seit 2005 zurück, während sich im höheren Durchmesserbereich Zu- und Abgänge mehr oder weniger ausgleichen.

Bei der **Birke** fällt vor allem der relativ starke Rückgang in der untersten Durchmesserstufe auf, während sie in den übrigen Stufen (außer Stufe 14) Zuwächse verzeichnen kann.

Die **Traubeneiche** ist mit wenigen Exemplaren bis in die höchsten Durchmesserstufen im Naturwaldreservat vorhanden. Sie weist eine relativ große Lücke im unteren Durchmesserbereich < Stufe 42 auf, wo sie höchstens vereinzelt auftritt. Die Eiche ist die einzige Baumart, deren Stammzahl pro Hektar insgesamt nicht zugenommen hat, sondern gleich geblieben ist.

Sonstige Baumarten – hauptsächlich Douglasie, Bergahorn, Salweide, Aspe und Kiefer – kommen im Durchmesserbereich bis 42 cm vor. Dabei haben sie ihr Maximum insbesondere in den geringen Stufen bis BHD-Stufe 18 cm. Ihre Anzahl pro Hektar sinkt von der Stufe 7 bis zur Stufe 54 cm steil ab, darüber sind sie nicht mehr vertreten. In der Stufen 7 cm ist ihre Zahl relativ stark gesunken, darüber, in den BHD-Stufen 10-18 cm sind sie seit 2005 angestiegen.

Abbildung 4-5
Veränderungen der Baumzahlen in den Durchmesserstufen seit 2005



Rundungsbedingt können Summenwerte abweichen

4.2.3 Höhengschichtung der Bestände

4.2.3.1 Höhengschichtung 2016

Die Stammzahl (Abb. 4-6) der lebenden stehenden Baumarten ist in den unteren Höhengschichten am höchsten und fällt zunächst gleichmäßig von ca. 140 Bäumen in der niedrigsten Schicht bis zur Schicht 30-35 m auf rund 13 Bäume/ha ab. In der Schicht darüber (> 35 m) gibt es ein zweites Maximum (32 bzw. 24 N/ha), das hauptsächlich durch Buche und einzelne Eichen zustande kommt.

Das Bestandesvolumen steigt von 4,5 Vfm/ha in der Schicht < 15 m auf rund 375 Vfm/ha in der Schicht >35 m an (s. Abb.4-7).

Beim Vergleich der Verteilung von Vorrat und Stammzahl auf die Höhengschichten (s. Abb. 4-6 und Abb.4-7) wird deutlich: In der Höhengschicht > 35 m sind Vorrat und Stammzahlen extrem hoch (375 Vfm/ha bzw. 57 N/ha), während sie sich auf die Schichten darunter relativ typisch verteilen. Dieses Phänomen, das auch schon bei der Erstaufnahme 2005 dokumentiert wurde (TOBES et al. 2008), verdeutlicht den Überhang an alten starken Bäumen im Gebiet.

Abbildung 4-6

Stammzahlen der Hauptbaumarten in den Höhengschichten (2016)

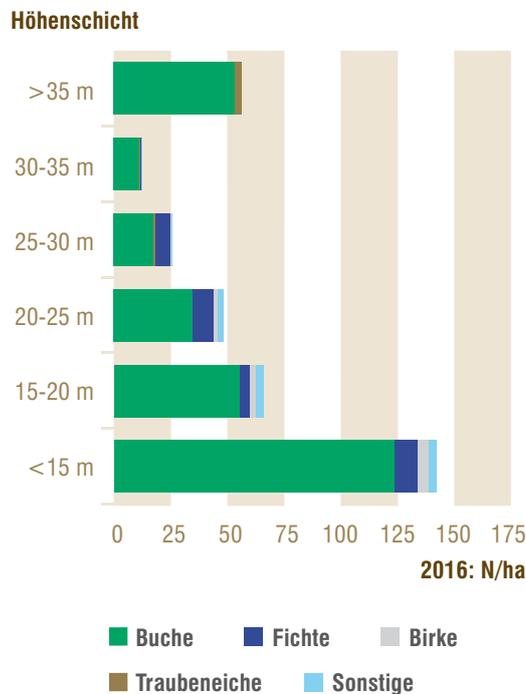
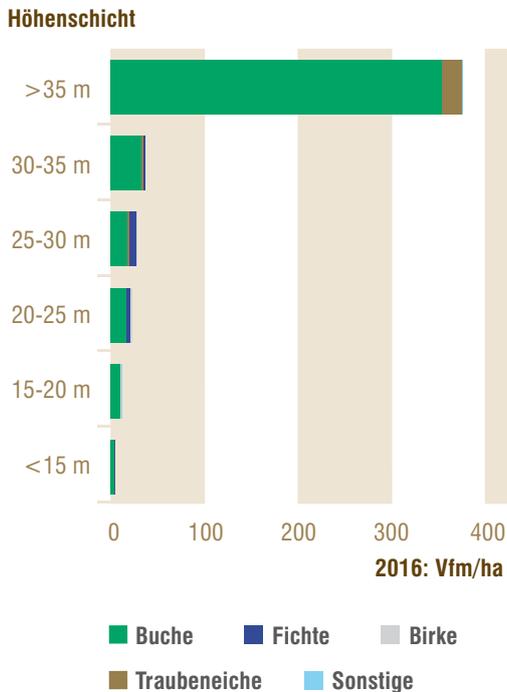


Abbildung 4-7

Volumen der Hauptbaumarten in den Höhengschichten (2016)



Die **Buche** dominiert hinsichtlich Vorrat und Stammzahl in allen Höhengschichten bis > 35m. Hinsichtlich ihrer Stammzahl hat sie ihren Schwerpunkt in der untersten Höhengschicht (< 15m), den größten Vorrat zeigt sie in der Höhengschicht > 35m.

Die **Traubeneiche** kommt im NWR Laangmuer nur mit wenigen vorratsstarken Exemplaren vor, was vor allem in der Vorratsverteilung auf die Höhengschichten auffällt (Abb.4-7). Sie besetzt zwar mit Ausnahme der Schicht 20-25m alle Höhengschichten, allerdings in so niedrigem Umfang, dass sie in den Grafiken erst ab der Schicht > 25m in Erscheinung tritt. Ihr Maximum von knapp 3 Eichen pro Hektar bzw. rund 21 Vfm/ha hat sie in der Höhengschicht > 35m.

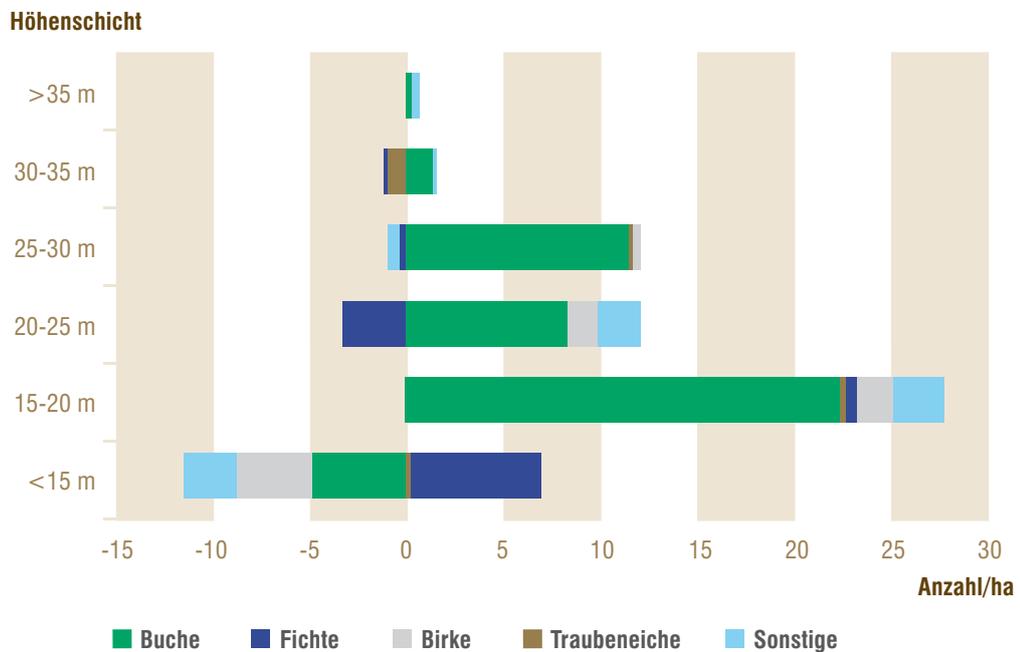
Fichten kommen bis in die Höhengschicht 30-35m vor. Sie verteilen sich dabei hinsichtlich Stückzahl/ha relativ gleichmäßig auf die Schichten, wobei sie Schwerpunkte in den Höhengschichten < 15m und 20-25m haben.

Birken werden im NWR Laangmuer nicht größer als 30m – sie kommen in allen Höhengschichten bis 30m vor. Ihre Anzahl sinkt von der Schicht ≤ 15m bis zur Schicht 25-30m linear ab. Das größte Volumen erreicht die Birke in der Höhengschicht 20-25m.

Sonstige Baumarten kommen in allen Höhengschichten in geringen Anteilen vor. Ihre Anzahl sinkt von 4 N/ha der Schicht ≤ 15m bis zur Schicht 20-25m ab. Ab 25m bleibt die Stammzahl auf gleichem Niveau von 0,3 bzw. 0,4 N/ha, während das Volumen erneut ansteigt auf 1,3 Vfm/ha in der Schicht > 35m.

Abbildung 4-8

Veränderungen der Stammzahlen in den Höhengschichten der Baumarten im Vergleich zur Aufnahme 2005
(Werte von 2016 minus die Werte von 2005)



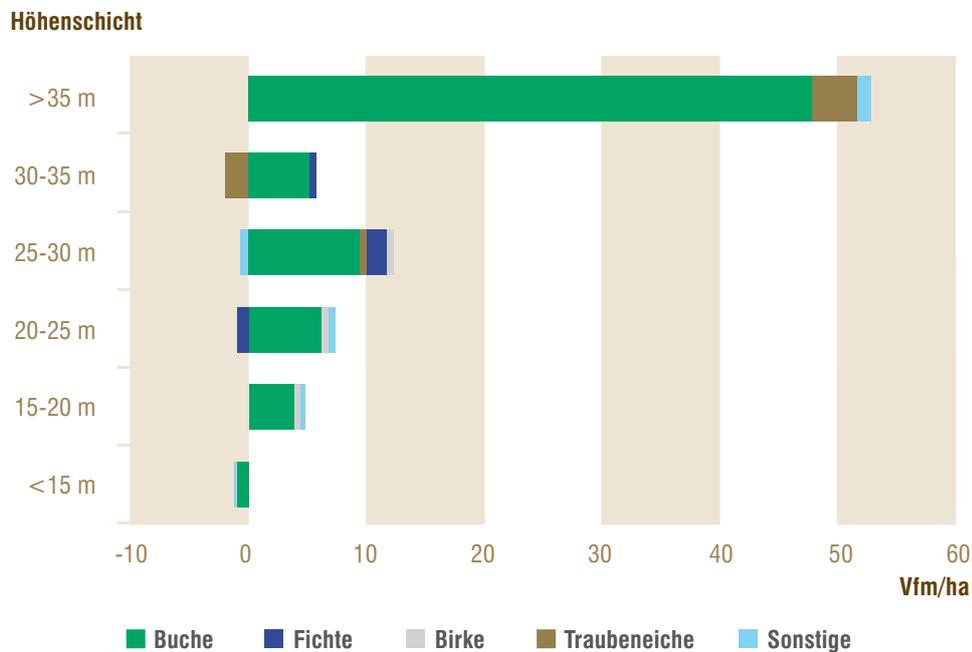
4.2.3.2 Höhengschichtung: Veränderungen seit 2005

Bei den Veränderungen der Stammzahlen pro Hektar in den Höhengschichten überwiegen die Zunahmen in der Regel die Stammzahlreduktionen. In fast allen Höhengschichten haben in erster Linie die Stammzahlen der Buche zugenommen – zwischen 15 und 20m sogar um ca. 22 N/ha. Eine Ausnahme stellt die niedrigste Höhengschicht < 15m dar, wo Buche, Birke und Sonstige zurückgegangen sind und stattdessen wenige Traubeneichen insbesondere Fichten (6,7 N/ha) zugenommen haben (Abb. 4-8). In der Höhengschicht 20-25m haben die Fichten-Anzahlen um 3,2 N/ha abgenommen.

In Bezug auf das Volumen (Abb. 4-9) sind die Veränderungen in den Höhengschichten in fast allen Höhengschichten durch Zuwächse der Buche gekennzeichnet, besonders in der Höhengschicht > 35m. Abgenommen hat die Buche nur in der Höhengschicht < 15m. Vorratsrückgänge von insgesamt knapp 5 Vfm/ha verteilen sich auf fast alle Höhengschichten, dabei ist die Volumenabnahme bei Traubeneiche in der Höhengschicht 30-35m (-1,9 Vfm/ha) am höchsten.

Abbildung 4-9

Veränderung des Volumens in den Höhengschichten der Baumarten im Vergleich zur Aufnahme 2005



4.2.4 Schicht, Vitalität und Tendenz der Baumarten

Im Anhalt an die IUFRO-Klassifikation (LEIBUNDGUT 1959) wird an jedem Baum beurteilt, welche Bestandesschicht er repräsentiert (Schicht), wie es um seine physische Lebenstüchtigkeit, seinen Gesundheitszustand sowie sein Wuchsvermögen bestellt ist (Vitalität) und welche Wachstumstendenz er im Vergleich zu seinen Nachbarbäumen hat (Tendenz).

Die Zuordnung der „Schicht“ erfolgt auf Grund der Höhe der stärksten Bäume (Oberhöhe, h100) der Stichprobenfläche: Erreicht ein Baum mehr als zwei Drittel der Höhe von h100 wird er der Oberschicht zugerechnet, hat er eine Höhe von ein Drittel bis zwei Drittel der Oberhöhe, zählt er zur Mittelschicht und unter ein Drittel von h100 der Unterschicht (WEVELL VON KRÜGER et al. 2016).

Unter „Vitalität“ werden die physische Lebenstüchtigkeit, der Gesundheitszustand und das Wuchsvermögen eines Baumes in den Stufen üppig – normal und kümmernd eingeschätzt. „Tendenz“ beschreibt die Wachstumstendenz eines Baumes im Vergleich zu seinen Nachbarbäu-

men und wird als aufsteigend, gleichbleibend bzw. absteigend klassifiziert.

Die **Buche** – herrschende Baumart im Gebiet - hat in Bezug auf Schicht, Vitalität und Tendenz seit 2005 kaum verändert (Abb. 4 10): Sie stockt zu über 60% in der Oberschicht und zu je rund 20% in der Unter und Mittelschicht, ihre Vitalität ist im Vergleich zu 2005 relativ unverändert normal und die aufgenommenen Bäume haben überwiegend eine gleichbleibende Tendenz.

Bei der **Traubeneiche** sind Unterschiede festzustellen: Während 2005 100% der Eichen in der Oberschicht standen, sind es 2016 nur noch 86% und 14% in der Unterschicht. Die Vitalität der Eiche hat sich verbessert: es gibt 2016 keine kümmernden Eichen mehr und stattdessen mehr normale. Bei der Tendenz wurden 2016 alle Eichen als gleichbleibend eingeschätzt.

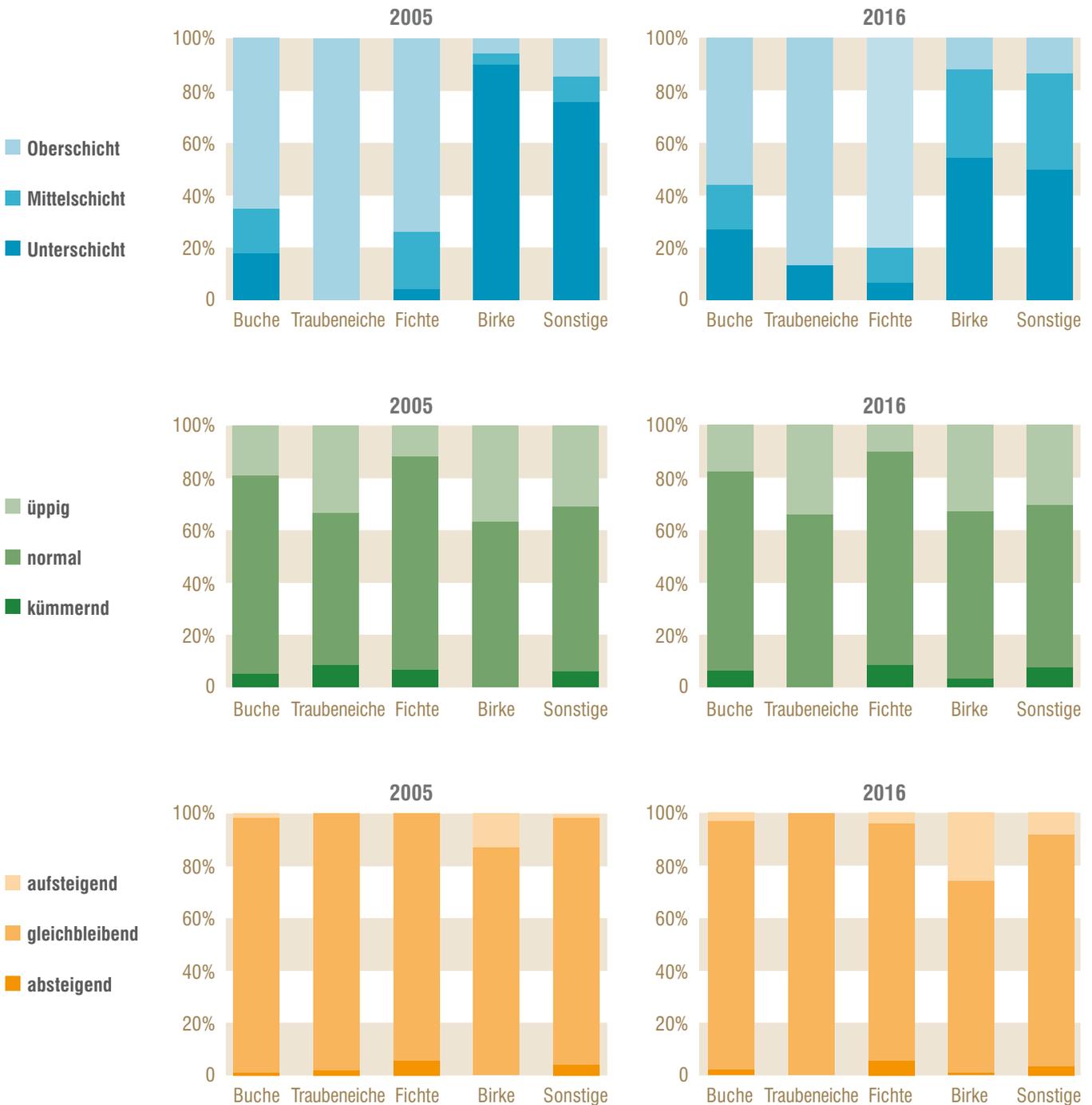
2016 hat die **Fichte** im Vergleich zu 2005 in der Oberschicht zugenommen und in der Mittelschicht abgenommen. Ihre Vitalität ist gleich geblieben – überwiegend normal und es sind einige aufsteigende Fichten dazu gekommen.

Die **Birke** stockte 2005 zu 90% in der Unterschicht – inzwischen ist sie auch in der Mittel- und sogar in der Oberschicht vertreten. Ihre Vitalität ist etwa gleich geblieben – (normal), obwohl einige kümmernde Exemplare dazu gekommen sind. 2016 ist der Anteil von aufsteigenden Birken fast doppelt so hoch wie 2005.

Die **Sonstigen** Baumarten sind seit 2005 von der Unterschicht in die Mittelschicht eingewachsen. Ihre Vitalität hat sich nicht verändert, hauptsächlich normal - und 2016 gibt es einen höheren Anteil an aufsteigenden Sonstigen als 2005.

Abbildung 4-10

Anteile der Hauptbaumarten in Bezug auf ihre Schichtzuordnung, Vitalität und Tendenz
(in % der Stammzahl) **2005** (links) und **2016** (rechts)



4.3 | Naturverjüngung

Die Baumarten der Naturverjüngung in den Satellitenkreisen im NWR Laangmuer sind Buche, Traubeneiche, Berg-Ahorn, Aspe und Fichte. Bei den Verjüngungsaufnahmen auf der gesamten Probekreis-Fläche wurden zusätzlich Birke, Faulbaum und Kiefer festgestellt.

Auf insgesamt 14 der 68 Stichprobenflächen wurde keine Naturverjüngung vorgefunden (Abb.4-11), diese Flächen liegen insbesondere in den Buchen-Stangenhölzern im Südwesten des Naturwaldreservats, in stärker überschirmten Bereichen der Buchen-Althölzer sowie in einem mittelaltem Nadelholzbestand im Norden des Gebietes (STP 4).

Auf den Flächen mit Naturverjüngung erreicht nur die **Buche** Dichten über 5.000 N/ha. Sie macht 98 % der Naturverjüngung im NWR Laangmuer aus, fehlt nur in 15 Probekreisen und ist in 41 Probekreisen die einzige Baumart der Verjüngung (Abb.4 -11). Die Buche erreicht Dichten bis 40.000 N/ha, meist jedoch 1 bis 5.000 N/ha. Seit 2005 ist ihre Dichte, insbesondere in der Höhenklasse < 11 cm stark zurückgegangen. Die meisten Buchen (4581 N/ha) kommen 2016 in der Höhenklasse 11-150 cm vor, knapp 2.500 N/ha in der Höhenklasse > 150 cm. Bei der Erstaufnahme im Jahr 2005 lag der Schwerpunkt der Buchen-Naturverjüngung noch in der Höhenklasse < 11 cm. Diese Höhenklasse war 2016 mit 191 N/ha nur schwach besetzt.

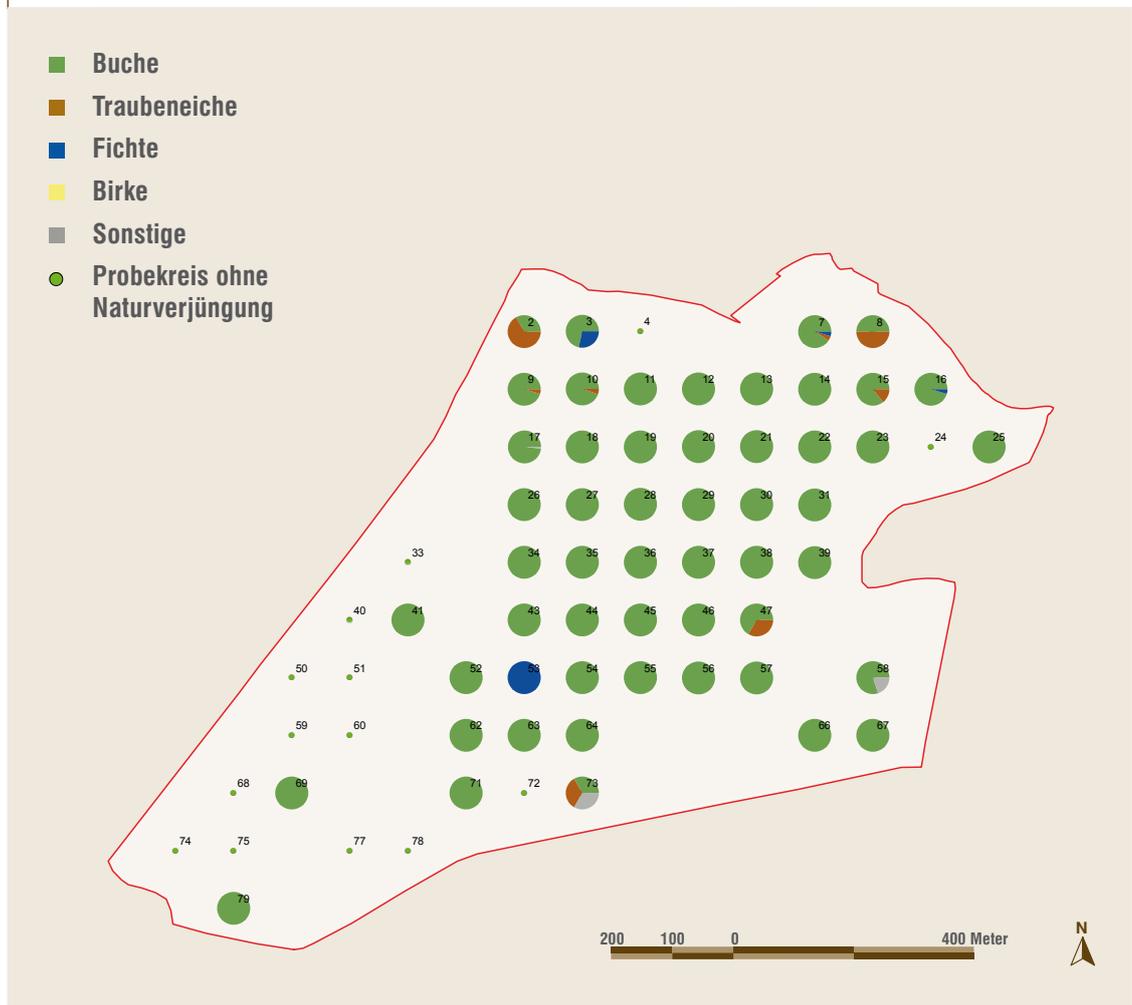
Tabelle 4-3 Veränderung von Naturverjüngungsdichte und Verbiss in den unterschiedlichen Höhenklassen

		ALLE HÖHENKLASSEN		HÖHENKLASSE 1 (< 11 CM)		HÖHENKLASSE 2 (11 - 150 CM)		HÖHENKLASSE 3 (> 150 CM)	
		N/ha	Verbiss [%]	N/ha	Verbiss [%]	N/ha	Verbiss [%]	N/ha	Verbiss [%]
BUCHE	2016	7 243	6	191	2	4 581	14	2 471	
	Diff.	-12 493	3	-13 265	2	1 007	2	-235	-1
EICHE	2016	66	25	7		59	29		
	Diff.	22	-15		-100	22	-11		
FICHTE	2016	44	38			15	100	29	
	Diff.	-44	30	-7		-37	83		
BERG-AHORN	2016	15	50			7	100	7	
	Diff.	-103	39	-81	-8	-15	75	-7	
ASPE	2016	15				15			
	Diff.	-51	-33	-7	-100	7	-100	-51	
ALLE	2016	7 382	5	199	2	4 676	13	2 507	
	Diff.	-12 669	2	-13 360	1	985	1	-294	-1

Alle anderen Baumarten der Naturverjüngung in den Satellitenkreisen - **Eiche, Fichte, Berg-Ahorn** und **Aspe** - haben zusammen einen Anteil von knapp 2% an der Verjüngung. Sie treten nur sporadisch in den Probekreisen auf und erreichen weitaus geringeren Dichten (Tab. 4-3) als die Buche. Seit 2005 sind ihre Anteile insgesamt um 15% gesunken. (s. Abb. 4-11).

Abbildung 4-11

Verjüngung der Baumarten in den einzelnen Probekreisen



4.3.1 Verbiss

Die Belastung durch Wildverbiss über alle Höhenklassen von 5% insgesamt ist relativ gering, die Pflanzen in Höhe des Rehwildäasers (zwischen 11 und 150 cm) sind allerdings zu 13% verbissen.

Die Hauptbaumart Buche weist den geringsten Verbiss im Untersuchungsgebiet auf: In der Höhenklasse 11–150 cm, die dem Wildverbiss im Allgemeinen am stärksten ausgesetzt ist, ist er seit 2005 etwas gestiegen und ist jetzt mit 14% als leicht erhöht zu bezeichnen (Tab. 4-3).

Die übrigen Baumarten sind deutlich stärker verbissen, bei der Fichte sogar zu 100%, da das Rehwild häufig die selteneren Arten bevorzugt ist dieses Ergebnis nicht verwunderlich. Bei Eiche ist der Verbiss seit der letzten Aufnahme um 11% gesunken, insbesondere bei Fichte ist der Verbiss um 83% gestiegen.

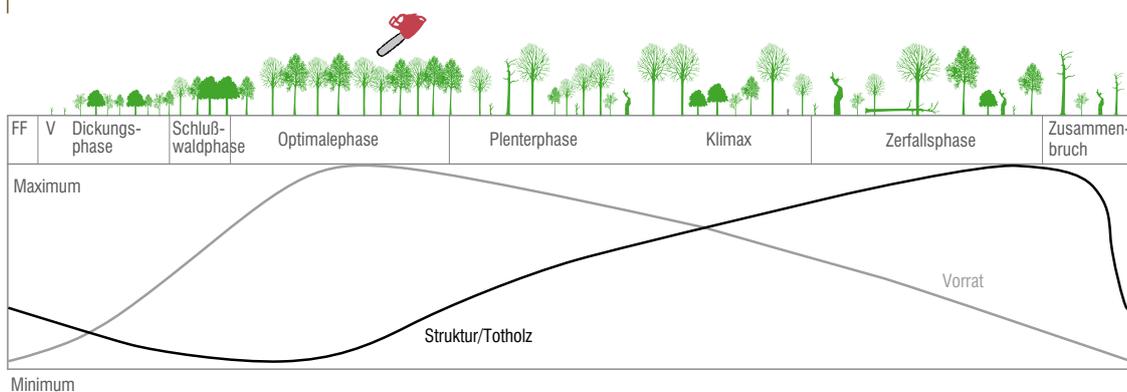
4.4 | Totholz

Die Holznutzung in Wirtschaftswäldern erfolgt zu einem Zeitpunkt an dem Holzmasse und -qualität eines Bestandes am höchsten sind. Dies ist in der Optimalphase der Fall, wenn sich Totholz und Strukturen gleichzeitig in einem Minimum befinden (Abb. 4-12). Aus diesem Grunde fehlen in Wirtschaftswäldern die totholz- und strukturreichen Waldentwicklungsphasen, die sich an die Optimalphase anschließen und etwa zwei Drittel der Dauer der natürlichen Waldentwicklung ausmachen. Da zudem jahrzehntlang kranke und tote Bäume eingeschlagen wurden, um die Ausbreitung von Krankheiten und Schadorganismen zu verhindern, sind unsere Wälder mit der Zeit immer ärmer an Tierarten geworden, die an Totholz und alte Waldstrukturen gebunden sind. Wegen der vielfältigen Strukturen und Erscheinungsformen, die sich am Totholz im Laufe seiner Zersetzung entwickeln können haben abgestorbene und sterbende Bäume eine sehr große Bedeutung für die Biodiversität von Wäldern. Es bietet Lebensraum z.B. für zahlreiche xylobionte Käferarten, holzbewohnende Ameisen und Pilze sowie Moos- Algen- und Flechtenarten (WINTER 2005) und mit steigender Totholzmenge nehmen auch Nischenvielfalt und Artzahlen zu (AMMER 1991, SCHERZINGER 1996).

Die Naturwaldreservate sind – mangels echten Urwäldern in Mitteleuropa – die einzige Referenz, um abschätzen zu können, welche Totholz mengen in Wäldern Mitteleuropas und auf unseren Standorten von Natur aus entstehen und wie sie sich natürlich entwickeln. Naturwaldreservate können deshalb wertvolle Grundlagedaten über die natürliche Waldbiodiversität liefern, die auch in naturnahe Waldbaukonzepte miteinfließt. Weil Bäume einen längeren Lebenszyklus haben - z. B. lebt die Buche ca. 3-4 mal so lang wie ein Mensch - können wir nur einen sehr kleinen Ausschnitt der natürlichen Entwicklung von Wäldern mitbekommen.

Abbildung 4-12

Entwicklung von Totholz und Strukturen (nach SCHERZINGER 1996, verändert)



4.4.1 Totholzanteile

Das Totholzvolumen ist seit dem Aufnahmejahr 2005 um 6 Vfm/ha (2,7% des Gesamtvolumens) auf 16 Vfm/ha gestiegen (Tab. 4-4). Insgesamt liegt ca. ¾ des Totholzvolumens am Boden und ¼ steht. Dieses Verhältnis hat sich seit der Erstaufnahme verändert: 2005 lagen noch über 80% des Totholz-Volumens am Boden.

Der Haupt-Totholzlieferant ist die Buche, die allein 5 Vfm/ha an Totholz zugenommen hat und nun bei 12 Vfm/ha bzw. 41 N/ha liegt. Fichtentotholz ist geringfügig, vor allem im Stehenden, gestiegen. Das Totholzaufkommen aller übrigen Baumarten hat sich seit 2005 kaum verändert, die Veränderungen liegen unter 1 Vfm/ha. Insbesondere durch die Zunahme von Buchen-Totholz haben sich die prozentualen Baumarten-Anteile z.T. stark verschoben: Besonders die Abnahme des prozentualen Eichen-Anteils⁶ ist auffällig.

Der Volumen-Anstieg verteilt sich insgesamt zu je 3 Vfm/ha auf liegendes und stehendes Totholz. Die Veränderungen werden auch hier von der Buche dominiert, die seit 2005 sowohl im stehenden als auch im liegenden Totholz dazugewonnen hat.

Insgesamt hat sich die Stückzahl an Totholz nur wenig verändert - sie hat um 1 N/ha abgenommen. Aber diese Abnahme setzt sich aus einer starken Zunahme an stehendem Totholz (7 N/ha – davon allein 5 N/ha Buche) und einer noch stärkeren Abnahme (-9 N/ha – nur Buche) von liegendem Totholz zusammen.

Tabelle 4-4 Totholz-Entwicklung der Hauptbaumarten (Bei Zeitreihenbewertungen müssen die absoluten Differenzen rundungsbedingt nicht immer den ablesbaren Differenzen entsprechen)

		GESAMT				LEBEND				TOT			
		Vfm/ha	Vfm%	N/ha	N%	Vfm/ha	Vfm%	N/ha	N%	Vfm/ha	Vfm%	N/ha	N%
BUCHE	2016	12	70	41	74	3	64	15	65	9	73	27	81
	Diff.	+5	+6	-4	-6	+2	+25	+5	+4	+3	+4	-9	-6
EICHE	2016	3	18	4	7	1	14	0	2	2	19	4	11
	Diff.	0	-5	0	-1	0	-33	0	-3	+1	0	0	+2
FICHTE	2016	2	10	8	15	1	20	6	28	1	7	2	5
	Diff.	+1	0	+2	+4	+1	+8	+1	-3	0	-3	0	+2
SONSTIGE	2016	0	2	2	4	0	2	1	5	0	2	1	3
	Diff.	0	-1	+1	+2	0	0	+1	+2	0	-1	+1	+2
ALLE BAUMARTEN	2016	16	100	55	100	4	100	23	100	12	100	33	100
	Diff.	+6	0	-1	0	+3	0	+7	0	+3	0	-9	0

⁶ Bei den Totholz-Auswertungen wurden unter „Eiche“ Traubeneiche, Stieleiche und Eiche zusammengefasst

4.4.2 Zersetzungsgrade

Insgesamt überwiegen Zersetzungsgrade beginnender Zersetzung (Tab. 4-5), was wiederum stark durch den Zersetzungsgrad von Buchen-Totholz beeinflusst wird. Eichen-Totholz ist etwas stärker zersetzt (ZSG 3). Die toten Fichten verteilen sich auf die Zersetzungsgrade 1 bis 3: Die meisten befinden sich ebenfalls im Zustand der beginnenden Zersetzung. Die Zersetzungsgrade der Birken und Sonstigen fallen kaum ins Gewicht.

Tabelle 4-5 Zersetzungsgrade (ZSG) des Totholzes im Untersuchungsgebiet
Rundungsbedingt können Summenwerte abweichen

	ZSG 1		ZSG 2		ZSG 3		ZSG 4	
	frisch abgestorben		beginnend		fortgeschritten		stark vermodert	
	N/ha	Vfm/ha	N/ha	Vfm/ha	N/ha	Vfm/ha	N/ha	Vfm/ha
Buche	7	1	23	6	7	4	4	1
Eiche	~	~	1	1	3	2	1	~
Fichte	2	~	5	1	1	1	~	~
Birke	~	~	1	~	~	~	~	~
Sonstige	~	~	~	~	~	~	~	~
Alle Baumarten	10	1	30	7	10	7	5	1

Im Vergleich zu 2005 haben bei Buche und Fichte insbesondere die geringeren Zersetzungsgrade zugenommen – vor allem in Bezug auf die Stammzahl. Bei Buche hat der ZSG 3 stark abgenommen: Möglicherweise sind die Stämme in den ZSG 4 übergegangen oder so weit verrottet, dass sie nicht mehr als Buchen zu identifizieren waren.

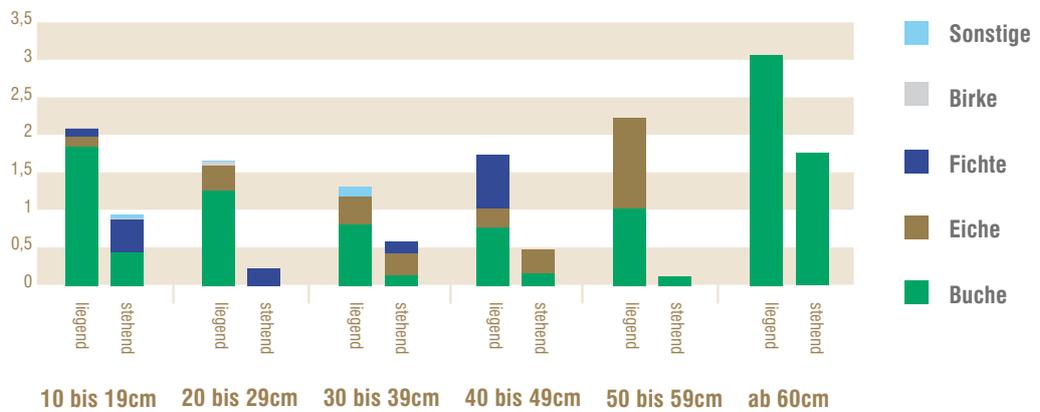
4.4.3 Totholzdimensionen

Da die Stärke des vorkommenden Totholzes für verschiedene Organismen von starker Bedeutung ist gibt Abb. 4-13 Aufschluss über die unterschiedlichen Dimensionen der abgestorbenen Stämme: Deutlich zu erkennen ist, dass liegendes Totholz in

allen Durchmesserbereichen einen höheren Anteil hat als stehendes. Das Totholzvolumen (liegend plus stehend) sinkt von 3,1 Vfm/ha im Schwachholz (Durchmesser 10-19 cm) zu den mittleren Durchmessern auf 1,9 Vfm/ha um bis in die Stufe „ab 60 cm“ auf knapp 5 Vfm/ha anzusteigen.

Abbildung 4-13
Totholzdimensionen im NWR 2016

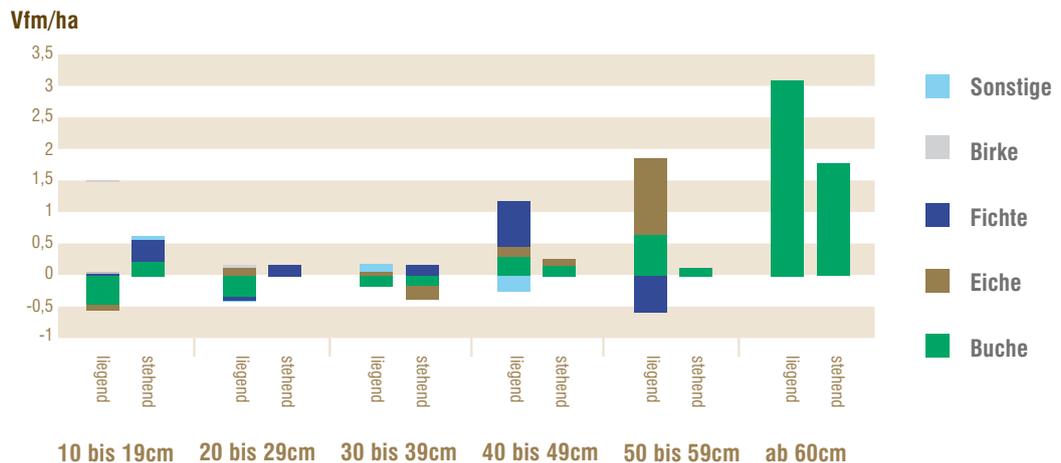
2016_Vfm/ha



Starkes Totholz ab einem Durchmesser von 50 cm wird hauptsächlich von Buche und in geringerem Umfang von Eiche angeboten – von letzterer aber nur liegend. Auffallend ist der hohe Anteil an starkem Buchen-Totholz ab 60 cm – das erst seit 2005 hinzugekommen ist (Abb. 4-14). Insgesamt hat Buchen-Totholz schwacher Dimensionen eher abgenommen und das stärkerer Dimensionen ab 40 cm um 6 Vfm/ha zugenommen.

Auffällig ist, dass schwächeres stehendes Fichten-Totholz bis zur Stufe 30-39 cm zugenommen hat, bei Durchmessern über 40 cm liegt Fichten-Totholz am Boden. Starkes Fichten-Totholz über 50 cm Durchmesser, das 2005 noch existierte, gab es 2016 nicht mehr.

Abbildung 4-14
Veränderung der Totholzdimensionen seit 2005

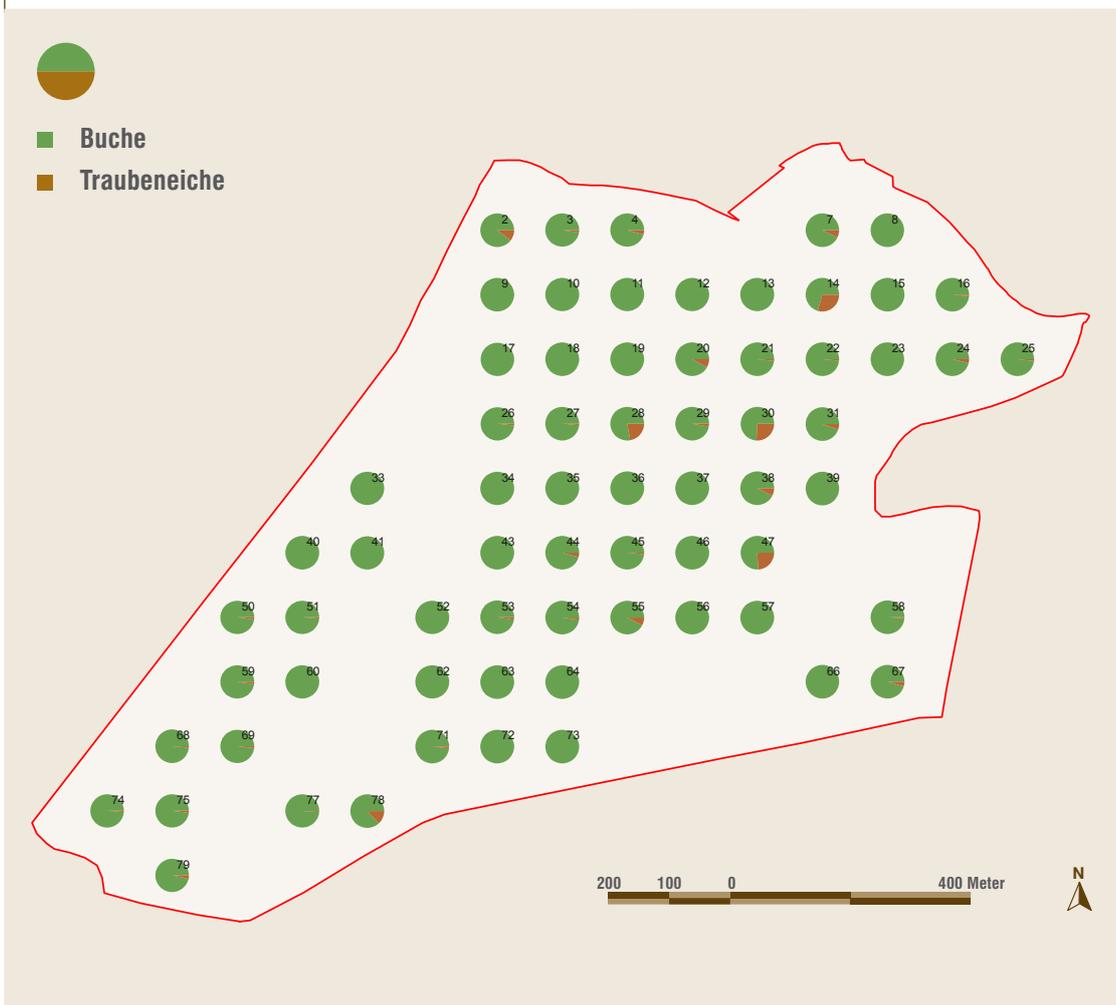


4.4.4 Totholzanteile in den Probekreisen

Aus Abb. 4-15 wird deutlich, dass die Totholzmen-
gen insgesamt relativ gering sind. Nur einzelne
Stichprobenflächen fallen durch höhere Totholz-
anteile auf: die Nummern 14, 30, 28 und 47, alle
eher in den Buchen-Althölzern in der östlichen
Gebietshälfte.

Abbildung 4-15

Totholzaufkommen in den Probekreisen



4.5 | Potentielle Habitatstrukturen

Unter potentiellen Habitatstrukturen werden in der WSA morphologische Besonderheiten von Bäumen verstanden, aus denen sich in Verbindung mit Zersetzungsprozessen wichtige Substrate und Strukturen für zahlreiche gefährdete Tier- und Pflanzenarten im Wald entwickeln können. Die Artenvielfalt in einem Gebiet korreliert stark mit der Zahl an potentiellen Habitatstrukturen (WINTER 2005). Deshalb werden im Rahmen der Waldstrukturaufnahme einige besondere Baumstrukturen erfasst, aus deren Anzahl am Einzelbaum und im Gebiet auf das Angebot an potenziellen Lebensräumen rückgeschlossen werden kann. Hier werden grundsätzlich nur Habitatstrukturen an lebenden Bäumen berücksichtigt, da Totholz von sich aus schon eine wertvolle Habitatstruktur darstellt (Kap. 4.4). Eine Ausnahme bilden Baumhöhlen, deren Vorkommen insgesamt für die Biozönose wichtig ist.

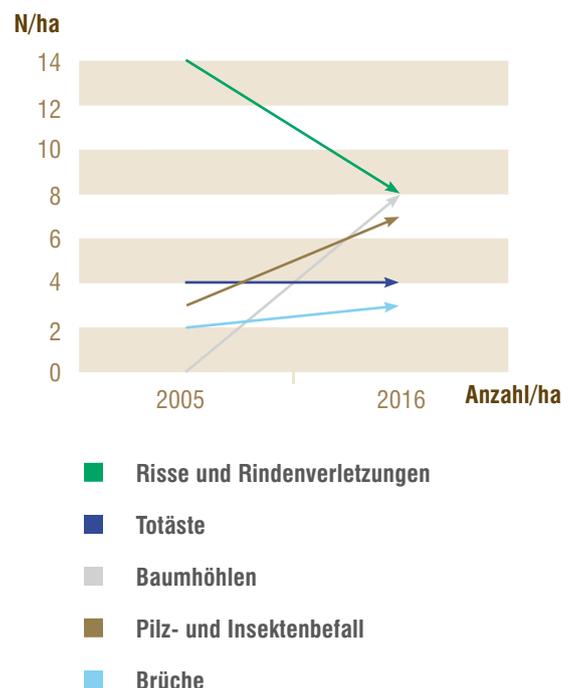
Tabelle 4-6 Entwicklung der Habitatstrukturen an lebenden Bäumen seit 2005
(Baumhöhlen auch an Totholz)

		ANZAHL/HA	ANZAHL/1000
RISSE UND RINDEN- VERLETZUNGEN	2016	8	28
	Diff.	-6	-20
TOTÄSTE	2016	4	10
	Diff.	~	-3
BAUMHÖHLEN	2016	8	27
	Diff.	+8	+26
PILZ- UND INSEKTENBEFALL	2016	7	23
	Diff.	+4	+13
BRÜCHE	2016	3	10
	Diff.	+1	+2
GESAMT	2016	30	98
	Diff.	+7	+18

Die Anzahl an Habitatstrukturen insgesamt ist seit 2005 leicht angestiegen (s. Tab. 4-6). Anstiege sind zu erkennen bei Baumhöhlen, Pilz- und Insektenbefall sowie Brüchen. Die Zahl der Bäume mit Totästen ist gleich geblieben während Risse und Rindenverletzungen zurückgegangen sind (Abb. 4-16). Habitatstrukturen kamen nur an den Hauptbaumarten Buche, Traubeneiche und Fichte vor.

Der Rückgang bei den **Rissen und Rindenverletzungen** (Abb. 4-16) ist nach der Einstellung der Bewirtschaftung typisch: diese Strukturen entstehen, wenn durch einen fallenden Baum die Rinde eines anderen stehenden Baumes beschädigt wird – was häufig bei der Fällung geschieht. In den unbewirtschafteten Naturwaldreservaten können diese Habitatstrukturen entstehen, wenn Bäume ohne Einwirkung des Menschen umstürzen oder durch abbrechende Starkäste – beides ist in der Häufigkeit nicht mit dem Holzeinschlag zu vergleichen. Der Rückgang von Rissen und Rindenverletzungen ist im Laangmuer nicht hauptsächlich auf die Hauptbaumart Buche zurückzuführen – dort ist er geringfügig gesunken - sondern vor allem auf die Rückgänge bei Fichte und Traubeneiche (Tab. 4-6).

Abbildung 4-16
Entwicklung der Habitatstrukturen
(Anzahl pro Hektar) seit 2005



Die Zahl der **Totäste** an lebenden Bäumen ist insgesamt gleich geblieben (s. Tab. 4-6 und Abb. 4-16) – allerdings hat sich die Gewichtung verschoben: Während 2005 fast alle Totäste an Buche vorkamen und nur ein sehr geringer Teil an Fichte, ist der Anteil an Fichten-Totästen gestiegen und der an Buche gesunken.

Bei der WSA 2016 wurden insgesamt acht **Baumhöhlen** pro Hektar festgestellt. Bei der Erstaufnahme 2005 gab es nur zwei Höhlenbäume im gesamten Gebiet, was einen Durchschnittswert pro Hektar zur Folge hatte, der nahe Null lag. Alle 2016 identifizierten Höhlenbäume waren Buchen.

Pilz- oder Insektenbefall wurde 2016 an ca. 7 Bäumen/ha festgestellt – die Zahl der Bäume mit Pilzen oder Insekten hat sich seit 2005 fast verdoppelt. In der Regel handelt es sich um Pilzbefall, er tritt fünfmal häufiger auf als Bäume mit Fraßspuren von Insekten. 2016 wurde dieses Merkmal hauptsächlich an Buchen entdeckt – in geringem Maße auch Fichte und Traubeneiche (s. Abb. 4-18). Pilze – meist mit hartem Fruchtkörper am Stamm, wie der Zunderschwamm - wurden hauptsächlich an Buche festgestellt, daneben deutlich weniger an Traubeneiche.

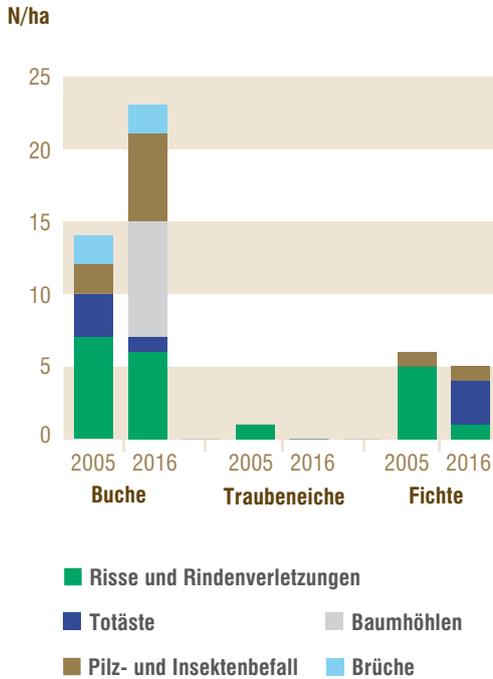
Abbildung 4-17

Fruchtkörper vom Zunderschwamm (*Fomes Fomentarius*) an einem liegenden Buchenstamm im NWR Laangmuer. An der Orientierung ist zu erkennen, dass sich einige Fruchtkörper schon am stehenden Stamm gebildet haben.



Abbildung 4-18

Anzahl potentieller Habitatstrukturen an lebenden Hauptbaumarten in den Jahren 2005 und 2016
(Baumhöhlen auch an Totholz)



Die Zahl der **Brüche** ist seit 2005 geringfügig angestiegen – insbesondere an den Buchen (s. Abb. 4-18). Es handelt sich in erster Linie um Kronenbrüche und in geringerem Maße um Stammbrüche. An Buche kommen sie am häufigsten vor, wobei Kronenbrüche etwa viermal so häufig sind wie Stammbrüche. Fichte weist die zweitmeisten Brüche auf, auch bei ihr überwiegen Kronenbrüche, sie sind etwa sechsmal so häufig wie Stammbrüche. An Eiche wurden überhaupt keine Stammbrüche festgestellt.

4.6 | Waldstrukturdiversität

Aus den Daten der Waldstrukturaufnahme werden zwei Diversitätsindizes berechnet: Die Waldstrukturdiversität H' (AVZ) und die Evenness E (AVZ) (WEBER 1999b). Sie basieren auf den Parametern Baumartenzahl (A), Anzahl der Schichten (V) und Anzahl verschiedener Zustände (Z : lebend oder tot) und fassen diese in einer Zahl zusammen (Formel siehe TOBES et al. 2008). Die Veränderung der Indizes erlaubt Rückschlüsse auf die Entwicklung der Biologischen Vielfalt in einem Gebiet. Außerdem können verschiedene Gebiete hinsichtlich dieser Diversitätsindizes miteinander verglichen werden. Die Waldstrukturdiversität H' (AVZ) schwankt in mitteleuropäischen Wäldern normalerweise zwischen 0 und ca. 4,5. Je weniger Baumarten ein Probekreis enthält, je weniger unterschiedlich hohe Bäume vorkommen und je weniger unterschiedliche Zustände auftreten, desto geringer ist der Index H' (AVZ).

4.6.1 Entwicklung der Waldstrukturdiversitätsindizes im NWR Laangmuer

Im Durchschnitt hat sich der **Waldstrukturdiversitätsindex** H' (AVZ) seit der Voraufnahme im NWR Laangmuer nicht verändert. Differenzen sind hauptsächlich bei den Maximal- und Minimalwerten zu erkennen – insbesondere beim Teilindex „ $H'(V)$ k Schichtung“ (Tab. 4-7).

Tabelle 4-7 Entwicklung der Diversitäts-Kennzahlen im Naturwaldreservat

2016	"H' (AVZ)k"	"H' (A)k"	"H' (V)k"	"H' (Z)k"	E(AVZ)	E(A)	E(V)	E(Z)	Anzahl Baumarten	Anzahl Schichten	Anzahl Zustände	Anzahl Bäume	Anzahl Elemente
Minimum	0,67		0,65		0,61		0,63		1	2	1	7	2
Diff.	+0,67	0	+0,65	0	+0,61	0	+0,63	0	0	+1	0	+6	+1
Durchschnitt	1,58	0,32	1,38	0,28	0,81	0,3	0,83	0,39	2,04	5,04	1,66	29,28	6,85
Diff.	0	-0,03	0	-0,13	+0,01	-0,04	+0,03	-0,17	-0,03	-0,03	-0,15	-0,15	+0,34
Maximum	2,86	1,36	2,06	0,73	0,98	0,97	0,99	0,99	7	9	2	98	22
Diff.	+0,35	-0,17	-0,31	0	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	+2	0	0	-20	+4

Wie aus Abb. 4-19 zu ersehen, hat sich die Waldstrukturdiversität $H'(AVZ)$ in den meisten Probekreisen seit 2005 kaum verändert. Auffällig sind die Probekreise 10 und 18, wo die $H'(AVZ)$ seit der Erstaufnahme stark gesunken ist und der Kreis 53 wo der Wert stark gestiegen ist. Auf den Flächen 10 und 18 gab es 2005 noch liegendes Totholz, das 2016 nicht mehr vorgefunden wurde. Im Stichprobenkreis 53 wurde 2005 nur eine starke Altbuche aufgenommen, 2016 hatte sich dort inzwischen eine Fichtendickung mit einzelnen Jungbuchen entwickelt.

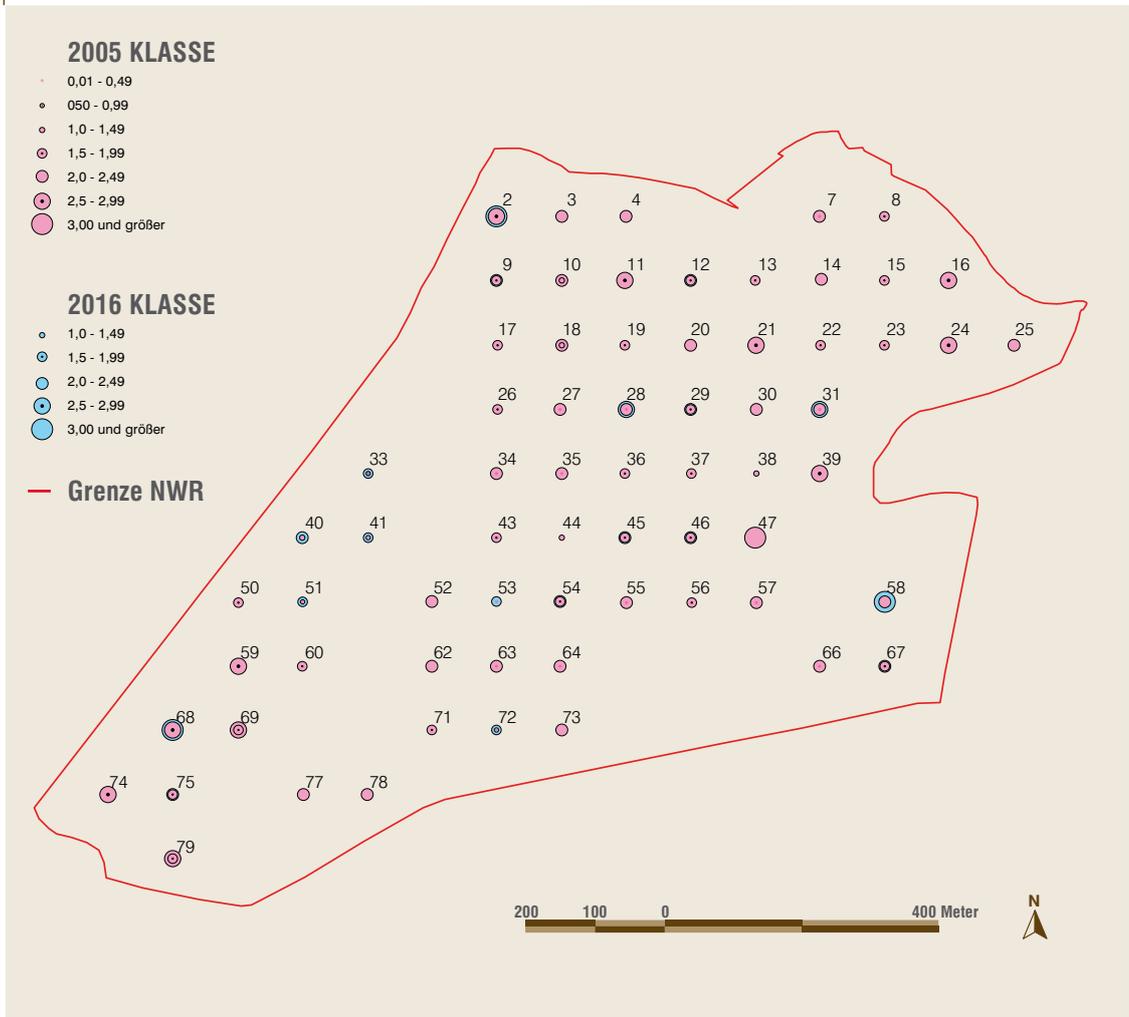
Innerhalb des Gebiets schwankt die Waldstrukturdiversität $H'(AVZ)$ zwischen 0,67 im Probekreis 18 (eine Baumart, zwei Schichten, ein Zustand) und 2,89 im Probekreis 47 (3 Baumarten, 8 Schichten, 2 Zustände).

Die Veränderungen des Waldstrukturdiversitätsindex nach WEBER (1999b) können nur die Veränderungen der ihnen zugrunde liegenden Parameter Baumartenzahl (A), Anzahl der Schichten (V) und Anzahl der Zustände (Z: lebend oder tot) widerspiegeln. Da sich diese im NWR Laangmuer seit 2005 nur geringfügig geändert haben, fällt auch die Änderung der Indizes nur gering aus. Die Änderungen an den einzelnen Probekreisen des Gebietes gehen aus Abb. 4-19 hervor.

Die **Evenness** E (AVZ) bezieht sich auf die Verteilung von Strukturelementen innerhalb eines Gebietes. Sie bewegt sich zwischen 0 und 1: Je höher der Wert, desto gleichmäßiger verteilen sich die Strukturmerkmale über das Gebiet - je niedriger, umso geklumpfter kommen sie vor (RIEDEL 2003). Im NWR Laangmuer wurde für die Evenness 2016 ein Wert von 0,81 berechnet (Tab. 4-7). Das bedeutet, dass die zugrunde liegenden Elemente Arten, Schichtung und Zustände relativ gleichmäßig im Gebiet verteilt sind. Seit 2005 hat sich auch die Evenness kaum verändert: Seit 2005 am meisten gewandelt hat sich der Index E(V), der aus der Anzahl Schichten berechnet wird, er beeinflusst so auch das Ergebnis für die Evenness (AVZ) insgesamt.

Abbildung 4-19

2016: Waldstrukturdiversitätswerte H' (AVZ) der Stichprobenpunkte im Untersuchungs-gebiet und ihre Veränderung seit 2005



4.7 | Zusammenfassung der Ergebnisse der Waldstrukturaufnahme

Im Jahr 2016 wurde die Waldstrukturaufnahme im NWR Laangmuer das erste Mal an den gleichen – insgesamt 68 Probekreisen der Erstaufnahme wiederholt. Seitdem haben sich die Baumarten-Anteile nicht verändert: Die Buche dominiert deutlich im lebenden und toten Bestand, in der Naturverjüngung sowie auch in 64 von 68 Probekreisen. Das Bestandesvolumen beträgt 483 Vfm/ha im lebenden und 16 Vfm/ha im toten Bestand.

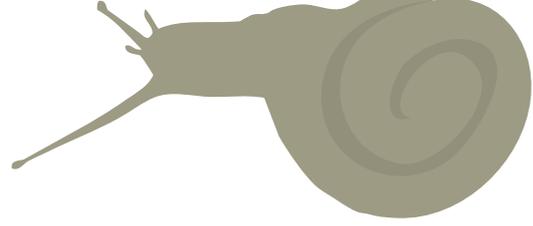
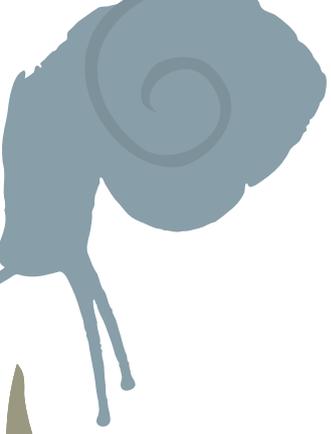
Die Buche dominiert hinsichtlich Stammzahl und Vorrat in allen Höhengschichten, wobei in der Schicht > 35m ein Überhang an Buche und Traubeneiche auffällt. In allen Höhengschichten – mit Ausnahme der niedrigsten Höhengschicht ≤ 15 m – sind Volumen und Stammzahlen seit 2005 angestiegen. Nur in der niedrigsten Höhengschicht haben die Stammzahlen im Vergleich zur Erstaufnahme stark und das Volumen leicht abgenommen. Diese Reduktion wird hauptsächlich durch Buchen, Birken und Sonstige hervorgerufen.

In Bezug auf Schicht, Vitalität und Tendenz gibt es bei Buche kaum Veränderungen: Sie beherrscht die Oberschicht ist vital und gleichbleibend. Bei den Traubeneichen ist ein Rückgang in der Oberschicht zu verzeichnen und die Anzahl vitaler Traubeneichen ist seit 2005 gestiegen. Bei den Fichten sind einige aufsteigende hinzugekommen und die Birken sind inzwischen in die Mittel- und Oberschicht eingewachsen, die Zahl kümmernder und aufsteigender Birken hat zugenommen.

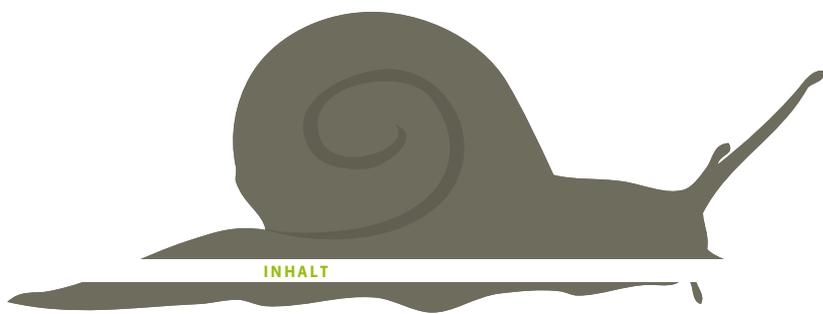
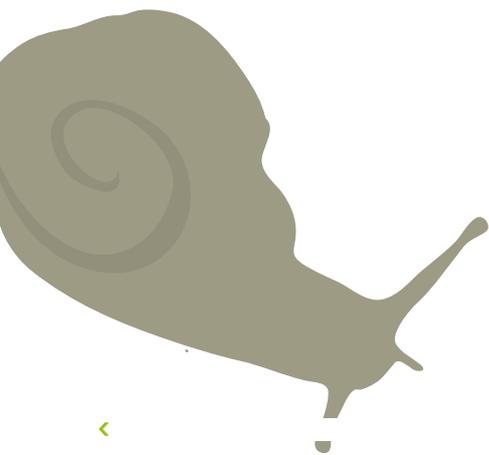
Die Totholzdynamik – ebenfalls stark überprägt von Buche - zeigt leichte Volumenanstiege bei insgesamt gleichbleibender Stückzahl. Es überwiegen liegende Stämme und beginnende Zersetzungsgrade, Eichen-Totholz ist eher stärker zersetzt, als das der übrigen Baumarten. Im Vergleich zu 2005 haben bei Buche und Fichte insbesondere die geringeren Zersetzungsgrade zugenommen. Seit 2005 sind die Anteile an starkem Buchen-Totholz > 60cm gestiegen, während Buchen-Totholz schwacher Dimensionen eher abgenommen hat. Einzelne Stichprobenflächen in den Buchen-Althölzern fallen durch vergleichsweise höhere Totholzanteile auf.

Auch der Jungwuchs wird von der Buche beherrscht, sie macht allein 98% der Verjüngung aus und kommt im überwiegenden Teil der Probekreise als einzige Baumart vor. Die Buche fehlt nur in 15 PK und ist die einzige Baumart die höhere Dichten erreicht. Im Vergleich zu 2005 ist die Dichte der Naturverjüngung insgesamt bei allen Baumarten zurückgegangen. Der Rehwildverbiss ist insgesamt relativ gering und konzentriert sich auf Pflanzen im Bereich des Rehwildäfers (Höhenklasse 11 150 cm) bzw. auf die Mischbaumarten.

Die Anzahl an Habitatstrukturen ist seit 2005 bei den meisten aufgenommenen Habitatstrukturen leicht angestiegen. Ausnahmen sind Totäste sowie Risse und Rindenverletzungen, deren Anzahl/ha gleich geblieben ist bzw. deutlich abgenommen hat. Die Diversitätsindizes Waldstrukturdiversitätsindex $H'(AVZ)$ und Evenness haben sich im Mittel seit der Erstaufnahme kaum verändert.



Diskussion





5.1 | Laangmuer: Bisherige Entwicklung und aktueller Zustand

Die Baumartenverteilung ist gleich geblieben, die Buche herrscht und hat an Vorrat im lebenden Bestand und im Totholz zugelegt:

Bei der Wiederholungsaufnahme 2016 präsentiert sich das Naturwaldreservat Laangmuer fast unverändert als Buchenhallenwald: Buchen-Vorrat und -Zuwachs übertreffen alle anderen Baumarten in allen Hörschichten (Abb. 4-8) und Durchmesserstufen (Abb. 4-5). Damit ist die Buche allen anderen Baumarten im NWR Laangmuer überlegen. Seit 2005 sind leichte Rückgänge im mittleren bis starken Baumholz sowie auch in der kleinsten Durchmesserstufe zu erkennen:

Ein Teil dieser Buchen ist wahrscheinlich in höhere Durchmesser bzw. in größere Hörschichten eingewachsen (Abb. 4-5 und Abb. 4-8). Einige andere sind sehr wahrscheinlich vor kurzem abgestorben: Der Anteil der Stärkeklasse ab 60 cm im Totholz der Buche hat seit 2005 stark zugenommen und das Verhältnis von liegendem zu stehendem Totholz hat sich zu Gunsten des stehenden Totholzes verändert (Abb. 4-14). Auch der Anstieg von geringeren Zersetzungsgraden spricht dafür, dass das Absterben dieser Bäume noch nicht sehr lange her ist (Kap. 4.4.2). Das Totholzvolumen im NWR Laangmuer ist immer noch verhältnismäßig gering und liegt mit 16 Vfm/ha sogar unter dem Durchschnitt der Wirtschaftswälder in Luxemburg (ANF 2017: 19,7 Vfm/ha) bzw. Deutschland (THÜNEN-INSTITUT 2012: 20,6 Vfm/ha).



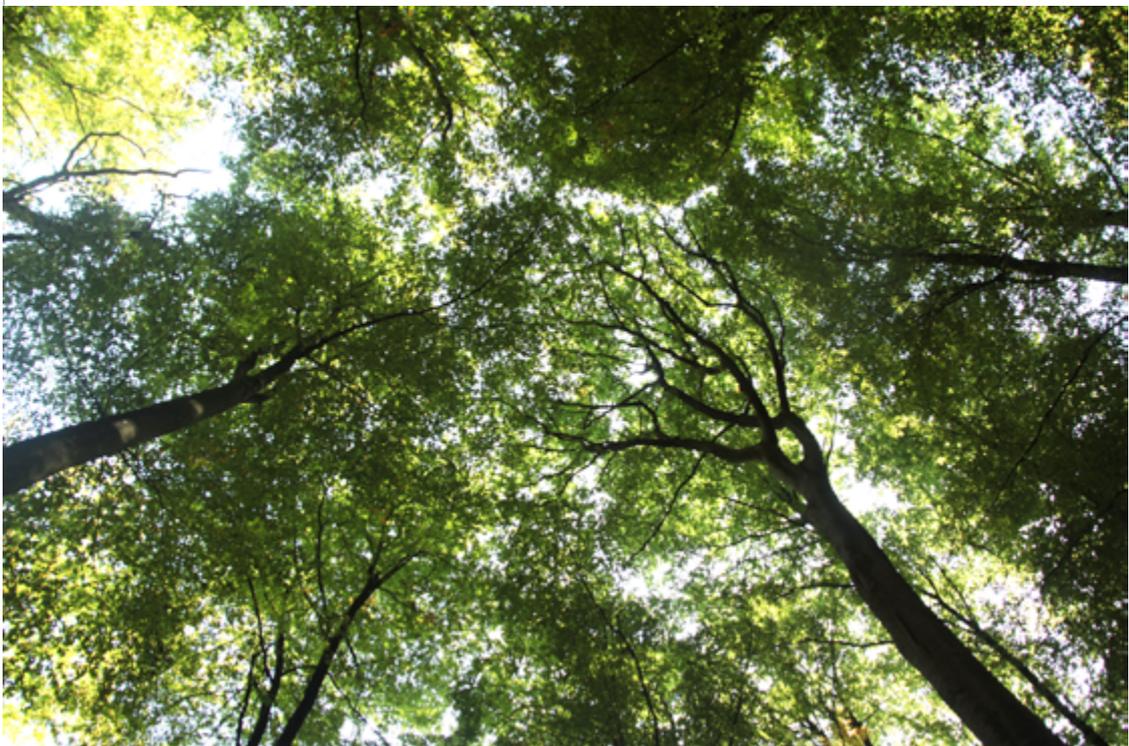
Die Ergebnisse der IUFRO-Klassifikation (Kap. 4.2.4) machen deutlich: Insgesamt behauptet die Buche ihre vorherrschende Stellung und kann Ausfälle in der Oberschicht durch ihre Anteile in der Unter- und Mittelschicht immer wieder auffüllen. Der Nachschub von unten ist jedoch Schwankungen unterworfen: In der Naturverjüngung ist die Zahl der Buchen seit 2005 zurückgegangen (s. Tab. 4-3). Dass sich dieser Rückgang vorwiegend auf die Höhenklasse < 11 cm bezieht, könnte ein Hinweis auf eine der WSA 2005 vorrausgelaufene Buchenmast sein. Da die Pflänzchen dieser Höhenklasse neben dem Konkurrenzdruck zahlreichen biotischen und abiotischen Gefahren ausgesetzt sind (WEVILL VON KRÜGER et al. 2016) schafft es grundsätzlich nur ein kleiner Teil von ihnen, in die nächste Höhenklasse einzuwachsen. Mit rund 2.500 Buchen pro Hektar, die schon über 150 cm hoch sind, fast doppelt so vielen Exemplaren in der Höhenklasse < 150 cm sowie einer relativ geringen Belastung durch Verbiss ist die Naturverjüngung

der Buche im NWR Laangmuer gesichert (Kap. 4.3), sodass sie auch langfristig in die Baumschicht einzuwachsen kann.

Aus Sicht der Luftbildinterpretation strukturiert sich der Wald langsam - Schlussgrade über 90% haben an Fläche dazu gewonnen und das Kronendach insgesamt ist dichter geworden. Dort wo es die Sicht erlaubt – also in Bestandeslücken - ist eine zweite Bestandesschicht zu erkennen: Der Anteil der Plenter- und Verjüngungsphasen ist größer geworden und es gibt weniger einschichtige Bestände. 2016 ist das NWR Laangmuer ein typischer mesophiler bzw. oligotropher Buchenwald, fast 100% der Fläche des Gebietes wurden als Buchenwald-Lebensraumtyp kartiert (Kap. 2.3). Es bleibt abzuwarten wie die Entwicklung weiter verläuft - zurzeit gibt es jedenfalls keinen Anlass für Prognosen grundlegender Veränderungen im nächsten Jahrzehnt.

Abbildung 5-1

NWR Laangmuer 2017 – Buchen-Altbestand mit einem Bestandesschlussgrad über 90%



5.2 | Waldentwicklungsdynamik im NWR Laangmuer

Für Wälder und Bäume ist der Zeitraum von elf Jahren zwischen der Erst- und Wiederholungsaufnahme noch keine lange Zeit – umgerechnet auf ein Menschenleben entspräche dies einem Zeitraum von ca. zwei bis drei Jahren. Wie beim Menschen ist auch die Entwicklungsdynamik von Wäldern besonders in der Jungwaldphase und im Alter hoch - während in der relativ langen Zeit mittleren Alters einschneidende strukturelle Veränderungen eher die Ausnahme sind. In der Jugend führt der konkurrenzbedingte Ausfall von Bäumen zu einer erhöhten Dynamik – sodass sich Zusammensetzung oder –Struktur von Beständen in relativ kurzer Zeit grundlegend ändern kann (LEUSCHNER & ELLENBERG 2017). Auch die Alters- und Zerfallsphase ist durch erhöhte Dynamik geprägt: Durch einzel- oder gruppenweise Ausfälle erhöht sich der Totholzanteil, der damit verbundene Lichteinfall begünstigt die Krautschicht und ermöglicht das Aufkommen und Aufwachsen von Verjüngungspflanzen. Zwischen den erwähnten Waldentwicklungsphasen liegt die bis zu 120 Jahre dauernde Terminalphase – eine relativ lange Zeit stabilen Gleichgewichts, die einem hiebsreifen Wirtschaftswald nicht unähnlich ist: Der Bestand setzt sich aus starken Buchen zusammen, einzelne Bäume sterben ab, einige sind von Pilzen befallen. Diese Beschreibung trifft vor allem auf die Altbestände im NWR Laangmuer mit den erwähnten geringen Totholzanteilen und ihrer hallenwaldartigen Struktur zu.

Die numerische Herleitung der Waldentwicklungsphase (MEYER et al. 2001) für das gesamte Gebiet und auch für das Stratum der Buchen-Altbestände, mit den Volumenwerten aus den beiden Waldstrukturaufnahmen als Eingangsgrößen, führt zur Einordnung in die Optimalphase. LEIBUNDGUT (1984, S. 96) definiert diese „durch mehr oder weniger dichte Bestände aus vorwiegend starkem Baumholz, große Holzmassen und eine im Mittel große Lebenskraft (Vitalität) der Bäume (...). Der Bestandesschluß der Oberschicht erlaubt nur das Gedeihen einer spärlichen Mittel- und Unterschicht (...).“ Das beschriebene Stadium scheint im NWR Laangmuer allerdings schon überschritten zu sein, denn die vorhandene Mittel- und Unterschicht ist in den Buchen-Verjüngungskegeln, die sich unter Lücken des Altbestandes gebildet haben sofort augenfällig. Zudem ist die Zahl der Probekreise mit zweischichtigem oder stufigem Bestandesaufbau seit der Erstaufnahme um 10% (2005: 48%, 2016: 58%) gestiegen.

Abbildung 5-2

NWR Laangmuer: Verjüngungskegel unter einer Lücke im Jahr 2017



Die Anzahl an Buchen mit Pilz- und Insektenbefall im NWR Laangmuer ist seit 2005 angestiegen. Wahrscheinlich bilden sie dort häufig beobachteten Zwieselbrüche Eintrittspforten für Pilze - insbesondere den Zunderschwamm. Dieser im NWR Laangmuer häufige Pilz sorgt dafür, dass die Zersetzung der stehend abgestorbenen Buchen schneller geht (MÜLLER-USING 2005), sodass sie über kurz oder lang umstürzen. Sonnenbrand an den plötzlich freigestellten Randbäumen führt zur Erweiterung der Lücken, ein Phänomen, das SCHERZINGER (1996) für alte Buchenwälder beschreibt und das auch im Laangmuer zu beobachten ist. In den Kronendach-Lücken oder -Löchern, kann Gehölzverjüngung aufkommen. Diese Art der Strukturierung von dicht geschlossenen Buchen-Hallenwäldern über Lücken und Löcher haben MEYER & SCHMIDT (2008) vor allem in oligo- bis mesotrophen Buchen-Naturwaldreservaten – zu denen auch das NWR Laangmuer gehört - häufig beobachtet.

Die Ergebnisse der Waldstrukturaufnahme sowie die beschriebenen Veränderungen beim Bestandsaufbau deuten auf ein langsames Auflösen der Hallenwaldstruktur im NWR Laangmuer hin. Alles spricht für einen aktuellen Übergang von der Optimalphase in die Altersphase. Bis zur Zerfallsphase, dem endgültigen Zusammenbrechen der Altbestände und der Einleitung der Verjüngungsphase kann es aber noch Jahrzehnte dauern und die heutigen Jungbestände im Westen des Gebietes werden diese Phase natürlich noch viel später erreichen.

5.3 | Welche Prognosen sind eingetroffen?

Im Naturwaldbericht zur Erstaufnahme im NWR Laangmuer (TOBES et al. 2008) wurden verschiedene Prognosen zur weiteren Entwicklung des Gebietes getroffen: Wie damals angenommen, hat die Rotbuche im NWR Laangmuer ihre vorherrschende Stellung weiterhin gesichert, sodass sie auch 2016 den höchsten Anteil an der Bestockung hat und in der Naturverjüngung die häufigste Baumart ist. Sie verjüngt sich unter ihrem eigenen Kronendach und kann sofort profitieren, wenn sich durch das Absterben von Einzelbäumen oder Gruppen eine Lücke im Kronendach auftut.

Die Lichtbaumarten in der Verjüngung – insbesondere Berg-Ahorn und Salweide sind wie angekündigt seit 2005 zurückgegangen. Inwieweit sie tatsächlich durch die Buche verdrängt wurden, kann wegen des mengenmäßig immensen Vorteils der Buche kaum beurteilt werden. Eine im Naturwald-Bericht 2005 vermutete Erhöhung der Baumartendiversität in den Lücken durch ankommende Pionierbaumarten konnte im Rahmen der WSA 2016 nicht festgestellt werden. Naturverjüngung von Pionierbaumarten kommt 2016 unverändert auf zehn Stichprobenflächen vor. Und die Zahl der Baumarten ist im Derbholzbestand von 13 Baumarten bei der Erstaufnahme auf 16 im

Jahr 2016 nur leicht gestiegen. Die Buche ist wie 2005 prognostiziert weiterhin die häufigste Baumart in der Naturverjüngung. Allerdings hat sich die Anzahl der Stichprobenflächen ohne Buchen-Naturverjüngung im Beobachtungszeitraum von verdreifacht (2005: 5 STP; 2016: 15 STP). Dies sollte weiter beobachtet werden.

Die Ergebnisse der WSA 2016 machen deutlich: Das NWR Laangmuer wird auch in Zukunft ein Buchen-Naturwaldreservat bleiben. Die aktuelle Walddynamik im Gebiet kann noch sehr lange Zeit so weiter gehen. Prognosen für die nächsten zehn Jahre sind deshalb obsolet.

5.4 | Wenn Methoden sich schneller ändern als die Waldstruktur...

Die Erstaufnahme im NWR Laangmuer wurde 2005 nach dem Verfahren der Forstlichen Grundaufnahme (FGA) (KÄRCHER et al. 1997) aufgenommen und mit dem an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) für Bannwälder entwickelten dbase-Software ausgewertet. Im Rahmen der Kooperation zwischen der Luxemburgischen Naturverwaltung (ANF) und der FVA wird das Verfahren laufend weiter entwickelt. Die Wiederholungsaufnahme im NWR Laangmuer 2016 wurde nach dem aktuellen Verfahren der Waldstrukturaufnahme (WSA) (WEVELL VON KRÜGER et al. 2016) durchgeführt. Seit der Erstaufnahme 2005 wurde die Geländeaufnahme technisch und inhaltlich auf den neuesten Stand gebracht, außerdem wurden die Aufnahmesoftware sowie die Software zur Auswertung und Datenhaltung erneuert und an aktuelle Anforderungen angepasst. Ziele waren die Rationalisierung der Geländeaufnahme, die stärkere Berücksichtigung von biodiversitätsrelevanten Parametern sowie die Verbesserung der Datenqualität und Datenhaltung unter gleichzeitiger Beibehaltung der aufgebauten Zeitreihen. Außerdem wurden die veralteten dbase-Dateien in aktuelle Datenformate migriert und die Hardware an moderne Standards angepasst:

Heute kommen im Gelände komfortable Outdoor-Computer zum Einsatz mit ausreichendem Speicher, langer Akku-Laufzeit und guten Displays. Jeder aufgenommene Baum erscheint schon im Wald direkt in einem Stammverteilungsplan, sodass Verwechslungen und Aufnahmefehler weitgehend vermieden werden können.

Die 1:1 Zuordnung der Einzelbäume in den Zeitreihen führt zu einer laufenden Verbesserung der Datenqualität von Aufnahme zu Aufnahme.

Die Höhen werden nur noch von einem Teilkollektiv der Bäume gemessen, sodass eine gebietspezifische Höhenkurve berechnet werden kann. Aus dieser werden die fehlenden Höhen in Abhängigkeit vom BHD durch die Auswertesoftware ergänzt. So werden Fehler bei der Volumenberechnung durch schlechte Sicht beim Höhenmessen eingeschränkt.

Schon im Gelände werden die Daten auf Plausibilität überprüft, sodass Fehler direkt vor Ort bereinigt werden können.

Die eigens für die Waldstrukturaufnahme entwickelte Auswertesoftware berechnet - neben den bisherigen eher forstwirtschaftlich motivierten Größen - zusätzliche Kennwerte der Walddynamik, erlaubt die individuelle Anpassung der Auswertung an die jeweilige Forschungsfrage und dient zudem als Datenarchiv.

Auch bei den Aufnahmeparametern gab es leichte Umstrukturierungen: So wurde z.B. wurde der eher wirtschaftlich motivierte Aufnahmeparameter „Zopfdürre“ der FGA weiterentwickelt zur Aufnahme des prozentualen Anteils von Totästen an lebenden Bäumen. Außerdem wurden verschiedene Parameter aus fachlichen oder rationellen Gründen überarbeitet, z.B. wurden „Riss“ und „Rindenverletzungen“ zusammengefasst und um die Angabe, ob Rindentaschen vorhanden sind erweitert. Bei der Revision der Aufnahmeparameter in Bezug auf ihre Relevanz für die Entwicklung der Waldbiodiversität wurde stets auf die Beibehaltung der Zeitreihen geachtet.

Den vielen Vorteilen, die Verfahrensanpassungen an moderne Anforderungen haben, stehen auch Nachteile gegenüber: Da die Aufnahme und Auswertung mit dem FGA-Verfahren 2005 (TOBES & KÄRCHER 2007) weitaus fehleranfälliger waren als beim aktuellen Verfahren, ergaben sich teilweise unterschiedliche Werte bei der Auswertung. In diesen Fällen⁷ wurden die Ergebnisse hier richtig gestellt bzw. die einheitlich mit der neuen Auswertesoftware erstellten Auswertungen für beide Aufnahmejahre dargestellt.

Da die technischen Möglichkeiten und Voraussetzungen sich weitaus schneller ändern als die Waldstruktur von Naturwaldreservaten, wird das aktuelle Verfahren der WSA und die zugehörige Software an der FVA auch zukünftig laufend weiterentwickelt werden. Dabei steht die Datenqualität und –Konsistenz sowie der Aufbau von langen Zeitreihen im Focus.

Wiederholungsaufnahmen in Naturwaldreservaten werden auf Grund der relativ langen Aufnahmeintervalle selten durch dieselben Personen durchgeführt. Und sogar die Betreuung der Teams kann von Aufnahme zu Aufnahme wechseln. Fehler und abweichende Ergebnisse werden trotz Überprüfung der Datenqualität meist erst bei der Auswertung festgestellt und sind dann nicht mehr zu bereinigen. Damit auch unterschiedliche Aufnahmeteams weitestgehend zu den gleichen Ergebnissen kommen und verschiedene Aufnahmen wissenschaftlich untersucht werden können, ist es deshalb unerlässlich die Aufnahmeteams intensiv zu schulen. Eine genaue und lückenlose Dokumentation der Aufnahmemethodik ist Voraussetzung für die Untersuchung und Interpretation der verhältnismäßig langsamen Prozesse in Wäldern.

7

*Richtigstellung der Angaben in TOBES et al. (2008) an folgenden Stellen dieses Berichts:
Tab. 4-1: PK 30 wurde 2005 nicht verkleinert, sondern PK 40; Berechnung der ungestörten Kernfläche; Kap. 4.2.1 Baumartenanteile, Tab. 4-2; Abb. 4-4; Tab. 4-6.*



Zusammenfassung

Résumé

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Literaturverzeichnis

Glossar

Zusammenfassung

Seit der ersten WSA im NWR Laangmuer im Jahr 2005 wurden zahlreiche geschützte und seltene Tier- und Pflanzenarten festgestellt, über 90% der Fläche des Gebietes entsprechen unterschiedlichen Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie hervorragender Ausprägung.

Insgesamt sind nur leichte Veränderungen in dem durch Buchen-Hallenwälder geprägten Naturwaldreservat zu erkennen: So ist zum Beispiel aus Sicht der Luftbildinterpretation eine langsame Strukturierung in Form einer zweiten Bestandesschicht in Bestandelücken zu erkennen.

An Hand der Ergebnisse der WSA 2016 und dem Vergleich mit der Voraufnahme werden die Entwicklungen im Gebiet skizziert: Die Baumarten-Anteile haben sich seit 2005 nicht verändert und die Buche dominiert nach wie vor im lebenden Bestand, im Totholz und in der Verjüngung. Vorrat und Zuwachs werden weitgehend von Buche bestimmt und sie ist allen anderen Baumarten überlegen. In der niedrigsten Höhengschicht hat die Stammzahl von Buchen abgenommen und auch in der kleinsten Durchmesserstufe ist ein Rückgang der Buchen-Baumzahlen zu verzeichnen. Ein Teil dieser Buchen ist wahrscheinlich in höhere Durchmesser bzw. in größere Höhengschichten eingewachsen. Der aktuelle Totholzvorrat ist relativ gering und liegt unter dem Durchschnitt

von Wirtschaftswäldern. Es gab einen Anstieg an starkem Buchen-Totholz sowie insgesamt an geringen Zersetzungsgraden – ein Hinweis auf Buchen-Mortalität in den letzten Jahren. Die Dichte der Naturverjüngung ist seit 2005 insgesamt bei allen Baumarten zurückgegangen. Die Anzahl an Habitatstrukturen ist seit 2005 leicht angestiegen, mit Ausnahme der Totäste, deren Anzahl/ha gleich geblieben ist sowie Risse und Rindenverletzungen, die deutlich abgenommen haben. Die ermittelten Diversitätsindizes haben sich seit der Erstaufnahme kaum verändert.

In der Diskussion werden die Ergebnisse interpretiert sowie diskutiert und versucht daraus eine Waldentwicklungsphase des Gebietes abzuleiten. Anschließend werden die 2005 aufgestellten Prognosen für die weitere Entwicklung werden kritisch hinterfragt und schließlich auf die Problematik der Weiterentwicklung von Methoden und ihre Auswirkungen auf Ergebnisdaten eingegangen.

Résumé

Depuis le premier inventaire des habitats forestiers de la réserve forestière intégrale Laangmuer en 2005, de nombreuses espèces animales et végétales protégées et rares ont été identifiées. En effet, plus de 90% de la superficie du site correspond à différents types d'habitats de la directive « Habitats ».

Dans l'ensemble, seuls de légers changements peuvent être observés dans cette réserve forestière intégrale qui est principalement constituée de hêtraies cathédrale: au niveau de l'interprétation des photos aériennes, par exemple, on observe le développement d'une légère structuration au niveau de la deuxième strate des peuplements dans les trouées.

Sur base des résultats de l'inventaire des habitats forestiers de 2016 et comparé aux relevés précédents, les développements suivants sont constatés : la proportion d'essences n'a pas changé depuis 2005 et le hêtre continue de dominer le peuplement vivant, le bois mort et la régénération. Les volumes sur pieds et l'accroissement sont en grande partie déterminés par le hêtre. Au niveau de la strate inférieure, le nombre de tiges de hêtres a diminué, tout comme pour la classe des plus petits diamètres, le nombre de tiges de hêtres a également diminué. Certains de ces hêtres ont probablement atteint des diamètres ou des strates plus élevés. Le volume actuel de bois mort est relativement faible et inférieur à la moyenne des forêts gérées. On peut constater une augmentation du bois mort pour le hêtre de fortes dimensions accompagnée d'une augmentation des faibles classes de décomposition – une indication pour la mortalité du hêtre au cours des dernières années.

La densité de la régénération naturelle a diminué pour toutes les essences depuis 2005. Le nombre de structures « habitats » a légèrement augmenté depuis 2005, à l'exception des branches mortes dont le nombre/ha est resté le même. Le nombre de fissures et lésions de l'écorce a considérablement diminué. Par contre les indices de diversité déterminés n'ont guère changé depuis le premier relevé.

Dans le contexte du volet discussion, les résultats sont interprétés et discutés et l'on tente d'en déduire une tendance au niveau du développement des peuplements forestiers pour ce site. Par la suite, les prévisions pour l'évolution future établies en 2005 sont remises en question de manière critique et, enfin, les problèmes liés à l'évolution future des méthodes et leur impact sur les données relatives aux résultats sont discutés.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

8.1 | Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Das Naturwaldreservat Laangmuer 2017	9	Abbildung 4-11: Verjüngung der Baumarten in den einzelnen Probekreisen	42
Abbildung 2-1: Ergebnisse der Waldbiotopkartierung 2016 im Untersuchungsgebiet mit den Gesamtbewertungen der einzelnen Biotope	14	Abbildung 4-12: Entwicklung von Totholz und Strukturen	43
Abbildung 3-1: Verfahren der Luftbildinterpretation im NWR Laangmuer	18	Abbildung 4-13: Totholzdimensionen im NWR 2016	46
Abbildung 3-2: Orthobild des NWR Laangmuer mit Lage und Nummern der WSA Stichprobenpunkte	20	Abbildung 4-14: Veränderung der Totholzdimensionen seit 2005	46
Abbildung 3-3: Verteilung der unterschiedlich alten Bestände und Untersuchungsgebiet	21	Abbildung 4-15: Totholzaufkommen in den Probekreisen	47
Abbildung 3-4: Ansprache der Vertikalstruktur im Luftbild	24	Abbildung 4-16: Entwicklung der Habitatstrukturen (Anzahl pro Hektar) seit 2005	48
Abbildung 3-5: Waldentwicklungsphasen im NWR Laangmuer	25	Abbildung 4-17: Fruchtkörper vom Zunderschwamm (Fomes Fomentarius) an einem liegenden Buchenstamm	49
Abbildung 3-6: NWR Laangmuer 2017	27	Abbildung 4-18: Anzahl potentieller Habitatstrukturen an lebenden Hauptbaumarten	50
Abbildung 4-1: Das NWR aus der Vogelperspektive 2016: Lage und Größe der Probekreise	30	Abbildung 4-19: 2016: Waldstrukturdiversitätswerte H' (AVZ) der Stichprobenpunkte im Untersuchungsgebiet und ihre Veränderung seit 2005	52
Abbildung 4-2: Stammverteilungspläne im Untersuchungsgebiet	31	Abbildung 5-1: NWR Laangmuer 2017 – Buchen-Altbestand mit einem Bestandesschlussgrad über 90 %	56
Abbildung 4-3: Baumartenanteile in den Probekreisen des Naturwaldreservates 2016	33	Abbildung 5-2: NWR Laangmuer: Verjüngungskegel unter einer Lücke im Jahr 2017	58
Abbildung 4-4: BHD-Verteilung der Hauptbaumarten des Untersuchungsgebietes 2005 und 2016	34		
Abbildung 4-5: Veränderungen der Baumzahlen in den Durchmesserstufen	35		
Abbildung 4-6: Stammzahlen der Hauptbaumarten in den Höenschichten (2016)	36		
Abbildung 4-7: Volumen der Hauptbaumarten in den Höenschichten (2016)	37		
Abbildung 4-8: Veränderungen der Stammzahlen in den Höenschichten der Baumarten im Vergleich zur Aufnahme 2005	38		
Abbildung 4-9: Veränderung des Volumens in den Höenschichten der Baumarten im Vergleich zur Aufnahme 2005	39		
Abbildung 4-10: Anteile der Hauptbaumarten in Bezug auf ihre Schichtzuordnung, Vitalität und Tendenz	40		

8.2 | Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Biomonitoring-Untersuchungen 2008	12
Tabelle 2-2: Ergebnisse der Waldbiotopkartierung im NWR Laangmuer	13
Tabelle 3-1: Bestandesalter im NWR Laangmuer.....	22
Tabelle 3-2: Bestandesschluss im NWR Laangmuer.....	23
Tabelle 3-3: Bestandesschichtung im NWR Laangmuer.....	23
Tabelle 3-4: Entwicklung der Bestandesalter 1999 und 2016 im NWR Laangmuer.....	26
Tabelle 3-5: Vergleich der Bestandesschluss 1999 und 2016 im NWR Laangmuer.....	26
Tabelle 3-6: Vergleich der Vertikalstruktur 1999 und 2016 im NWR Laangmuer.....	26
Tabelle 4-1: Anzahl und Aufnahmegrößen der Stichprobenkreise	30
Tabelle 4-2: Gesamtübersicht der wichtigsten Baumarten im Untersuchungsgebiet	32
Tabelle 4-3: Veränderung der Naturverjüngungsdichte in den unterschiedlichen Höhenklassen...	41
Tabelle 4-4: Totholz-Entwicklung der Hauptbaumarten	44
Tabelle 4-5: Zersetzungsgrade (ZSG) des Totholzes im Untersuchungsgebiet.....	45
Tabelle 4-6: Entwicklung der Habitatstrukturen an lebenden Bäumen seit 2005	48
Tabelle 4-7: Entwicklung der Diversitätskennzahlen im Naturwaldreservat	51

Literaturverzeichnis

AHRENS, W.; BROCKAMP, U.; PISOKE, T. (2004):

Zur Erfassung von Waldstrukturen im Luftbild. Arbeitsanleitung für Waldschutzgebiete in Baden-Württemberg. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Waldschutzgebiete Baden-Württemberg, Bd. 5, 55 S.

AMMER, C. (1991): Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzforschung für die forstliche Praxis. Forstwissenschaftliches Centralblatt 110, S. 149-157.

ANF (ADMINISTRATION DE LA NATURE ET DES FORETS DU GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG – SERVICE DES FORETS)

(2017): La forêt luxembourgeoise en chiffres - 2^e cycle. Résultats de l'inventaire forestier national au Grand-Duché de Luxembourg 2009 – 2011. Ministère du Développement durable et des Infrastructures, Département de l'environnement; Administration de la nature et des forêts; Université de Liège Gembloux Agro-Bio-Tech. 243 S.

BREMER, C. (2013): Jahresbericht FSC-Referenzflächen 2013: Laangmuer Grünwald. Arrondissement Est, triage Grünwald, Administration de la nature et des forêts, unveröffentlichter Bericht, 7 S.

BROCKAMP, U. (2007): Benutzerhandbuch für die digitale stereoskopische Luftbildinterpretation der Naturwaldreservate Luxemburgs in Anlehnung an das Verfahren zur Bearbeitung von Waldschutzgebieten in Baden-Württemberg. Unveröff. Manuskript. Vereins für Forstliche Standortkunde und Forstpflanzenzüchtung e.V. 55 S.

COLLING, G. (2005): Red List of the Vascular Plants of Luxembourg. Ferrantia 42, Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle Luxembourg, Luxembourg 77 S.

GESSNER, B. (2011): Fachbeitrag Fledermäuse zur FFH-Verträglichkeitsprüfung im FFH-Gebiet Grünwald (LU0001022) – Teil 1. Gutachten im Auftrag der GIE Luxtram, www.luxtram.lu/forcedownload.php?idownload=101377528305&type=_pdf_, 25.7.2018, 30 S. in: GIE LUXTRAM: FFH-Verträglichkeitsuntersuchung zum Bau und Betrieb der Wartungs- und Instandhaltungswerkstatt im FFH-Gebiet Grünwald (LU0001022).

KÄRCHER, R.; WEBER, J.; BARITZ, R.; FÖRSTER, M.;

SONG, X. (1997): Aufnahme von Waldstrukturen, Arbeitsanleitung für Waldschutzgebiete in Baden-Württemberg. Mitteilungen FVA Baden-Württemberg 199, 57 S.

LEIBUNDGUT, H. (1959): Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. SZFW 3, S. 111 - 124.

LEIBUNDGUT, H. (1978): Über die Dynamik europäischer Urwälder. AFZ 33, S. 686 - 690.

LEIBUNDGUT, H. (1984): Urwaldreste der Schweiz. in Micek: Urwälder der Alpen. List/München: S. 95 - 103.

LEUSCHNER, C.; ELLENBERG, H. (2017): Ecology of Central European Forests. Vegetation Ecology of Central Europe, Volume I., Springer Nature, Cham Switzerland, ISBN 978-3-319-43040-9. 971 S.

MEYER, P.; ACKERMANN, J.; BALCAR, P.; BODDENBERG, J.;

DETSCH, R.; FÖRSTER, B.; FUCHS, H.; HOFFMANN, B.;

KEITEL, W.; KÖLBEL, M.; KÖTHKE, C.; KOSS, H.;

UNKRIG, W.; WEBER, J.; WILLIG, J. (2001): Untersuchung der Waldstruktur und ihrer Dynamik in Naturwaldreservaten. Methodische Empfehlungen. Arbeitskreis Naturwälder in der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, IHW-Verlag, 107 S.

MEYER, P.; SCHMIDT, MAR.: Aspekte der Biodiversität von Buchenwäldern - Konsequenzen für eine naturnahe Bewirtschaftung. In: NW-FVA (Hrsg.): Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Beiträge aus der NW-FVA, Band 3, S. 159-192.

MÜLLER-USING, S. (2005): Totholzynamik eines Buchenbestandes im Solling. Ber. Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, 193, S. 1-175.

MURAT, D. (Schriftl.); CEZANNE, R.; DIETZ, M.; EICHLER, M.; HANS, F.; KÖHLER, F.; KREUELS, M.; KRUG, M.; MEYER, M.; TOBES, R.; ULRICH, T. WEVELL VON KRÜGER, A. (2009): Zoologische und botanische Untersuchungen „Laangmuer“ 2007-2008, Naturwaldreservate in Luxemburg, Band 5, Administration de la Nature et des Forêts, Luxembourg, ISBN 978-2-9599675-5-9, 227 S.

SCHERZINGER, W. (1996): Naturschutz im Wald: Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Praktischer Naturschutz. — Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer), ISBN 3-8001-3356-3, 447 S.

THÜNEN-INSTITUT (2012): Dritte Bundeswaldinventur – Ergebnisdatenbank, <https://bwi.info>. Aufruf am 8.10.2018. Auftragskürzel: 69Z1JL_L202of_2012_L203, Archivierungsdatum: 2014-5-26 11:47:39.740, Überschrift: 8.03 Totholzvorrat [m³/ha] nach Land und Zersetzungsgrad Totholz, Jahr=2012.

TOBES, R.; KÄRCHER, R. (2007): Untersuchungen in Naturwaldreservaten-Aufnahmeverfahren Forstliche Grundaufnahme Luxemburg (FGA-L) 1.0., FVA Freiburg, Unveröffentlichtes Manuskript, 51 S.

TOBES, R.; WEVELL VON KRÜGER, A.; BROCKAMP, U. (2008): Resultate der Waldstrukturaufnahme: Laangmuer. Naturwaldreservate in Luxemburg, Band 1, Administration des Eaux et Forêts, Luxembourg, 63 S.

WEBER (1999b): Strukturanalysator- Version 1.08 User Manual. Unveröffentlichtes Manuskript, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 6 S.

WEBER, J. (1999a): Ableitung von Waldentwicklungsphasen aus Strukturparametern – Untersuchungen in Baden Württemberg. Buchen – Urwaldsymposium Bad Driburg, NUA Seminarbericht Bd. 4, S. 54 – 66.

WERNER, J. (2003): Liste rouge des bryophytes du Luxembourg. Mesures de conservation et perspectives. Ferrantia 35. Travaux scientifiques du Musée National d'Histoire Naturelle Luxembourg, 71 S.

WEVELL VON KRÜGER, A. (2018): Waldbiotopkartierung Luxemburg. Erfassung der nach Art. 17 luxemburgisches Naturschutzgesetz geschützten Biotope im Wald, Version 4.0. Ministère de Développement durable et des Infrastructures, Administration de la nature et des forêts - Service des forêts, 26.7.2018: <https://environnement.public.lu/content/dam/environnement/documents/natur/biodiversite/cadastre-des-biotopes/erfassung%20der%20geschuetzten%20biotope%20im%20Wald.pdf>, 106 S.

WEVELL VON KRÜGER, A.; MOOSMANN, S.; WINKLER, K.; KÄRCHER, R. (2016): Methodenhandbuch für die Waldstrukturaufnahme in ungenutzten Wäldern in Baden-Württemberg und Luxemburg. Unveröffentlichtes Manuskript, Herausgeber: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg und Naturverwaltung Luxemburg, 61 S.

WINTER, S.; MÖLLER, G.C. (2008): Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. Forest Ecology and Management 255(3): S. 1251-1261.

Glossar und Abkürzungen

9.1 | Glossar

Biozönose: Lebensgemeinschaft aller Organismen, die an einem bestimmten Ort (Biotop) zusammen leben, d.h. deren Lebensraumansprüche hier erfüllt sind. Zur Biozönose gehören auch alle Einflüsse und Wechselwirkungen (etwa Nahrungsangebot, oder Räuber-Beute-Beziehungen), die zwischen diesen Organismen bestehen.

Habitat: Lebensraum, den eine Art benötigt, um einen vollständigen Lebenszyklus durchlaufen zu können; also um sich zu entwickeln und fortzupflanzen. Dazu gehören bei Tieren auch die Nahrungssuche, das Schlafen und der Schutz vor Feinden (teilweise aufgeteilt in örtlich getrennte Teilhabitate, z.B. Bruthabitat und Nahrungshabitat).

Infrarotluftbilder: Mit einem speziellen Infrarotfilm aufgenommenes Luftbild, in dem bestimmte Eigenschaften der Erdoberfläche für das menschliche Auge besser zu unterscheiden sind als in Echtfarben.

Pufferzone: Parallel zur Grenze eines Naturwaldreservats sowie beidseitig der Wege verlaufende 30 m-breite Zone in der Bäume, die eine Gefahr für Waldbesucher darstellen können, entfernt werden dürfen.

Standort: Gesamtheit der für das Pflanzenwachstum wichtigen Umweltbedingungen, wie sie im Gelände durch Lage, Klima, und Boden bestimmt werden.

Zopfdürre, Wipfeldürre: Absterben der Kronenspitze (=Zopf) eines Baumes.

1:1 Zuordnung der Einzelbäume: Bei Wiederholungsaufnahmen des Derbholzes $\geq 7\text{cm}$ wird jeder aufgenommene lebende Baum der Voraufnahme an Hand seiner Koordinaten und seiner Baumnummer eindeutig identifiziert, bevor er erneut aufgenommen wird. Dadurch kann die Entwicklung jedes einzelnen Baumes nachvollzogen werden.

9.2 | Abkürzungen

Abkürzungen Bedeutung

ANF	Administration de la nature et des forêts du Grand-Duché de Luxembourg – Service des forêts	n.I.	nicht interpretierbar
BHD	Brusthöhendurchmesser, Stammdurchmesser eines Baumes in 1,3m Höhe	N/ha	Anzahl je Hektar
CIR-Luftbild	Falschfarben-Luftbild. Die Aufnahme in infrarot erleichtert die Interpretation	NWR	Naturwaldreservat
E (AVZ)	Evenness, Maß für die Gleichverteilung der Strukturelemente Arten (A), Vertikalschichtung (V) und Zustand (lebend tot) (Z)	PK	Probekreis = STP
FGA	Forstliche Grundaufnahme (KÄRCHER et al. 1997)	STP	Stichprobenpunkt = Probekreis
H' (AVZ)	Waldstrukturdiversität; bestehend aus den Teildiversitäten Artendiversität (A), Diversität der Vertikalschichtung (V) und Zustandsdiversität (Z).	Vfm/ha	Vorratsfestmeter bzw. Holzvolumen je Hektar
h100	Höhe der stärksten Bäume = Oberhöhe	WSA	Waldstrukturaufnahme. Verfahren zur periodischen Aufnahme von waldkundlichen Parametern in Naturwaldreservaten Luxemburgs und Baden-Württembergs
IUFRO	International Union of Forest Research Organisations. Netzwerk von Forstlichen Forschungsorganisationen, das die globale Zusammenarbeit in der Wald-Forschung fördern und das Verständnis für die ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte von Wäldern und Bäumen verbessern will.	WSD	Waldstrukturdiversität (s. Kap. 4.6)
		ZSG	Zersetigungsgrad von Totholz (s. Kap. 4.4.2)



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

Administration de la nature et des forêts



Forstliche Versuchs-
und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg