



50 Jahre

Naturwaldzellen
Nordrhein-Westfalen

schützen | forschen | lernen



Schützen – Forschen – Lernen

Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

Schützen – Forschen – Lernen

Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

Dr. Christa Lang, Michael Elmer, Johannes Schlagner-Neidnicht,
Klaus Striepen, Andreas Scheible, Johanna Bantin und
Ulrich Hipler



Vorwort



Auf solider Basis in die Zukunft gehen – das ist der Leitspruch für das nun vorgestellte, überarbeitete Konzept für unser Naturwaldzellen-Programm in Nordrhein-Westfalen. Es verknüpft die Tradition von 50 Jahren Naturwaldforschung der Forstverwaltung mit aktuellen und zukunftsweisenden Forschungsansätzen und pflegt einen „Schatz“ an Erkenntnissen, auf den Wald und Holz NRW stolz ist.

1971 wurden die ersten Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen im Landeigenden Wald eingerichtet, um die natürliche Waldentwicklung zu schützen und zu erforschen. Inzwischen existiert in NRW ein Netzwerk von 75 NWZ, die das gesamte Spektrum der Waldtypen und Wuchsgebiete mit ihren unterschiedlichen Gesteinen, Böden und Klimabedingungen abbildet. In den vergangenen 50 Jahren sind die natürlich ablaufenden Prozesse der Walddynamik fortlaufend dokumentiert worden. Die gewonnenen Erkenntnisse sind in die Konzepte zur naturnahen Bewirtschaftung unserer Wälder eingeflossen. Wer mit den Kräften der Natur wirtschaften will, muss die Kräfte verstehen, um sie nutzen zu können.

Auch die Ziele der Naturwaldforschung haben sich in den vergangenen 50 Jahren fortentwickelt. Die Naturwaldzellen sind wichtige Referenzflächen – beispielsweise für die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf unsere Waldökosysteme. Zudem sind sie Lern- und Vergleichsflächen für vielfältige forstliche und ökosystemare Fragestellungen sowie für die Zertifizierungssysteme. Nicht zuletzt helfen uns Erkenntnisse der Naturwaldforschung, den Schutz der biologischen Vielfalt in die Bewirtschaftung unserer Wälder immer besser zu integrieren. Die kontinuierliche Verbesserung der Biodiversität in den NRW-Wäldern zeigt, dass das erfolgreich war.

Die wachsenden Ansprüche an die Naturwaldzellen haben eine Anpassung der wissenschaftlichen Methoden erforderlich gemacht. Das zum Jubiläum überarbeitete Forschungskonzept zeigt auf, wie dies bei gleichzeitiger Fortführung der wertvollen Zeitreihen aus den vergangenen Jahrzehnten möglich ist. Zudem wurden die Methoden mit den Herangehensweisen des Nationalparkforstamtes Eifel und der Wildnisentwicklungsgebiete in NRW synchronisiert, so dass zukünftig ein erheblich größerer Datenpool für Landweite Auswertungen zur Verfügung steht.

Zahlreiche Expertinnen und Experten haben die Erstellung des Konzeptes unterstützt: von der Standortkunde bis zur Kommunikation, aus Forschung und Praxis, von Seiten von Wald und Holz NRW wie auch mit externem Fachwissen. Mein herzlicher Dank gilt allen, die zur Erstellung des Konzeptes beigetragen haben. Schließlich möchte mich bei jenen aus der Forstverwaltung bedanken, die dieses einmalige Netzwerk weitsichtig aufgebaut, über die Jahrzehnte betreut und die Generierung der wertvollen Erkenntnisse ermöglicht haben.



Andreas Wiebe
Leiter Wald und Holz NRW

Inhalt

Kurzfassung	7
1. Einleitung	9
2. Naturwälder in Nordrhein-Westfalen	13
2.1. Naturwaldzellen (NWZ)	13
2.2. Nationalpark Eifel (NLP)	14
2.3. Wildnisentwicklungsgebiete (WEG)	14
3. Aktuelles Monitoringverfahren der Naturwaldzellen	17
3.1. Aktuelles Monitoring Waldstruktur	17
3.2. Aktuelles Monitoring Bodenvegetation	18
4. Ergebnisse der Naturwaldforschung in NRW am Beispiel der NWZ 3 „Schäferheld“	21
5. Vor- und Nachteile Kernflächen (KF) und Permanente Stichprobeninventur (PSI)	25
6. Entwicklung des überarbeiteten Monitoringkonzeptes	29
6.1. Konzeptionelles Modell	29
6.2. Forschungsfragen	30
6.3. Relevante Prozesse und abgeleitete Parameter	31
7. Überarbeitetes Monitoringkonzept	33
7.1. Einteilung der NWZ in Intensitätsstufen	33
7.2. Einrichtung der Permanenten Stichprobeninventur	40
7.3. Aufnahme Waldstruktur	41
7.3.1. Zielsetzung	41
7.3.2. Abgeleitete Waldstruktur-Parameter	42
7.4. Aufnahme der Bodenvegetation und ausgewählter Standortparameter	46
7.4.1. Zielsetzung	46
7.4.2. Abgeleitete Bodenvegetations- und Standortparameter	47
7.5. Untersuchungen der Biodiversität	48
7.5.1. Zielsetzung	49
7.5.2. Aufnahme der Biodiversität	50
7.6. Nutzung von Fernerkundungsdaten in der Naturwaldforschung	56
8. Daten-Aufnahme und -Management	59
8.1. Aktuelles Konzept	59
8.2. Überarbeitetes Konzept	60
9. Kommunikationskonzept	63
9.1. Ziel der Kommunikation	63
9.2. Breite, interessierte Öffentlichkeit	63
9.3. Forscherinnen und Forscher	64
9.4. Interne Kommunikation	64
10. Literatur	66
<hr/>	
Anhang A: Naturwaldzellen mit Standardprogramm	70
Anhang B: Naturwaldzellen mit Extensivprogramm	74
Anhang C: Naturwaldzellen für Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung	75
Anhang D: Mitglieder der Expertengruppe	76
Abkürzungsverzeichnis	77
Abbildungsverzeichnis	78
Tabellenverzeichnis	78



Kurzfassung

In Mitteleuropa gibt es nur noch sehr wenige vom Menschen unbeeinflusste Wälder, sogenannte Urwälder. Im Rahmen des Europäischen Naturschutzjahrs 1970 wurden daher zahlreiche Naturwaldreservate ausgewiesen. Diese Flächen wurden aus der forstlichen Bewirtschaftung genommen und als Prozessschutzflächen etabliert. In Nordrhein-Westfalen waren dies die Naturwaldzellen (NWZ), mittlerweile 75 Einzelflächen. In den Jahren 2004 und 2017 folgten in NRW der Nationalpark Eifel (NLP) und die Wildnisentwicklungsgebiete (WEG).

Das Monitoring für die NWZ in NRW wurde vor 50 Jahren etabliert. Ziel war es, ein besseres Verständnis der Waldökosysteme mit ihren vielfältigen Strukturen, Wechselbeziehungen und Prozessen zu erhalten. Langfristig wiederholte Aufnahmen sollten Einblicke in die Dynamik des Systems geben. Diese Zeitreihen lieferten wichtige Einsichten in die Veränderungen der Waldökosysteme, zum Beispiel über die Konkurrenzverhältnisse von Buche und Eiche sowie den Einfluss des Schalenwilds auf die Verjüngung der Bestände.

Im Fokus des Monitorings standen Paare gezäunter und ungezäunter Kernflächen, die die vorhandene Waldgesellschaft gut repräsentierten. Dort wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, mit Schwerpunkt auf Erfassungen der Waldstruktur und der Bodenvegetation. Darüber hinaus erfolgten diverse Erhebungen weiterer Artengruppen.

Mittlerweile sind überregional, im NLP sowie in den WEG andere methodische Ansätze in den Vordergrund getreten. Zudem haben neue Forschungsthemen und gesellschaftliche Fragen an Bedeutung gewonnen, beispielsweise die Auswirkungen des Klimawandels auf die Waldökosysteme. Die Erkenntnisse aus den Monitoring der NWZ können hier zum Verständnis beitragen. Daher ist es notwendig, den konzeptionellen Ansatz an die neuen Anforderungen anzupassen. Gleichzeitig sollen die vorhandenen wertvollen Zeitreihen fortgeführt werden.

Das System der Kernflächen wird fortgeführt und durch eine Permanente Stichprobeninventur ergänzt. In ausgewählten NWZ wird die Forschung intensiviert, in der Mehrzahl der NWZ werden die Untersuchungen wie bisher fortgeführt, in wenigen NWZ werden die Untersuchungsintervalle variiert. Für die Waldstruktur und die Bodenvegetation werden zusätzliche Parameter erhoben, zum Beispiel um Verbiss und Totholzvolumina quantifizieren zu können. Im Bereich der Biodiversität werden Schwerpunkte auf bestimmte Artengruppen gelegt, zum Beispiel Käfer und Pilze.

Fernerkundungsdaten gewinnen in der Naturwaldforschung zunehmend an Bedeutung. Dies wird zukünftig genutzt, um möglichst effizient Daten zu erheben. Diese können die terrestrischen Aufnahmen um weitere wichtige Parameter ergänzen. Das Datenmanagement und die Auswertung wie auch die Archivierung der Daten werden zukünftig automatisierter ablaufen und so eine schnellere Verwaltung und Auswertung ermöglichen.

Schließlich spielen Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung eine zunehmend wichtige Rolle für den Transfer der Erkenntnisse. Die Kernbotschaft lautet: Die NWZ sind Forschungslaboratorien, in denen seit über 50 Jahren die natürliche Waldentwicklung untersucht wird, um daraus Erkenntnisse für den Waldnaturschutz und eine nachhaltige Waldbewirtschaftung zu gewinnen. Diese Kernbotschaft wird zukünftig an die breite interessierte Öffentlichkeit, an die Wissenschaftsgemeinde wie auch an die Kolleginnen und Kollegen bei Wald und Holz NRW intensiviert vermittelt.

Das vorliegende Konzept für die NWZ ist das Ergebnis eines mehrjährigen Prozesses und intensiven Austauschs mit Expertinnen und Experten der Naturwaldforschung, mit unterschiedlichen Schwerpunkten innerhalb und außerhalb von Wald und Holz NRW und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW sowie des Landamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW. Die Autorinnen und Autoren bedanken sich bei allen, die zur Weiterentwicklung der Konzeption beigetragen haben.

Kernpunkte der Überarbeitung des NWZ-Monitorings:

- Berücksichtigung aktueller Forschungsthemen und gesellschaftlicher Fragen wie der Auswirkungen des Klimawandels auf Waldökosysteme
- Intensivierung auf Naturwaldzellen mit Forschungsschwerpunkt in den Bereichen Waldstruktur, Bodenvegetation und Biodiversität weiterer Artengruppen
- Fortführung langjähriger Zeitreihen zu Waldstruktur und Bodenvegetation sowie Integration von Fernerkundungsdaten und automatisiertem Datenmanagement
- Intensivierung der internen und externen Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit zu Waldnaturschutz und nachhaltiger Waldbewirtschaftung

1



Einleitung

Wälder sind komplexe Ökosysteme, die durch die ökologische, strukturelle oder flächenhafte Dominanz von Bäumen geprägt sind (Scherzinger 1996). Sie spielen eine wichtige Rolle in der Begrenzung des Klimawandels und der damit verbundenen CO₂-Absorption und erbringen eine Vielzahl an Ökosystemleistungen.

In Mitteleuropa gibt es nur noch sehr wenige vom Menschen unbeeinflusste Wälder, sogenannte Urwälder. Im Rahmen des Europäischen Naturschutzjahres 1970 wurde daher für Westdeutschland beschlossen, Naturwaldreservate auszuweisen (Schulte 2012). Diese Flächen wurden aus der forstlichen Nutzung genommen und als Prozessschutzflächen etabliert. Im Jahr 2004 und 2017 folgten in Nordrhein-Westfalen weitere Kategorien: der Nationalpark Eifel (NLP) und die Wildnisentwicklungsgebiete (WEG). Diese langfristig rechtlich gesicherten Prozessschutzflächen werden hier Naturwälder genannt, auch wenn sie verschiedene gesetzliche Grundlagen und teilweise unterschiedliche Zielsetzungen haben. In den Naturwäldern sind sowohl forstliche Nutzung als auch Eingriffe aus Gründen des Naturschutzes ausgeschlossen. Das primäre Ziel ist eine natürliche Waldentwicklung. Flächen für die Ausweisung der Naturwälder sollten waldfähig sein und eine Mindestgröße von 0,3 ha haben (Engel et al. 2016). Diese relativ kleine Mindestgröße wird angegeben, damit zumeist sehr kleinräumig ausgeprägte Waldsonderbiotope auch berücksichtigt werden können (Wildmann et al. 2014).

Naturwälder sind wichtige Habitate für viele Tierarten und andere Organismengruppen, ein wichtiger Teil im Kohlenstoffkreislauf, tragen zum Erhalt genetischer Ressourcen bei, gelten in vielen Bereichen als Vergleichsflächen für die Wissenschaft, bilden einen Schutz vor Überschwemmung und Erosion. Sie dienen der Erholung, der Umweltbildung und erbringen so eine Anzahl an Ökosystemleistungen (Wirth et al. 2009).

Naturwälder werden benötigt, um ein besseres Verständnis der langlebigen Waldökosysteme mit ihren vielfältigen Strukturen, Wechselbeziehungen und natürlichen Abläufen zu erhalten. Hier können natürliche Prozesse ungestört ab-

laufen. Der Lebenszyklus der Wälder wird durch Bewirtschaftung um wesentliche Waldentwicklungsphasen reduziert (Meyer und Schmidt 2008). Lässt man diese Phasen zu, haben diese Wälder eine reiche Ausstattung an Substraten und Strukturen und bilden wichtige Rückzugsgebiete für seltene und bedrohte Arten (Kluttig 2007), besonders für diejenigen Arten, die keine ausreichende Lebensgrundlage in den Kulturlandschaften finden (Heisterkamp et al. 2019). Dadurch sind Naturwälder wichtige Elemente einer nachhaltigen multifunktionalen Waldbewirtschaftung (Meyer 2018) und eines Konzeptes der räumlichen und zeitlichen Heterogenität (Ammer et al. 2017).



Buchenwald mit Unterstand aus Stechpalme in der NWZ 43 „Niederkamp“

Es bestehen bereits eine Vielzahl nationaler und internationaler Verpflichtungen zum Schutz der Arten- sowie der biologischen und strukturellen Vielfalt. In der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (BMU 2007) wie auch in der Biodiversitätsstrategie NRW (MKULNV 2015) ist ein Leitziel, dass in einem Netz von (Schutz-) Gebieten Naturvorgänge in ihrer natürlichen Dynamik ungestört ablaufen können. Auf mindestens zwei Prozent der Landfläche Deutschlands sollte sich die Natur bis zum Jahr 2020 nach ihren eigenen Gesetzmäßigkeiten entwickeln können. Der Flächenanteil der Wälder mit natürlicher Waldentwicklung soll fünf Prozent der Waldfläche betragen, in den öffentlichen



Stehendes Totholz ist ein typisches Strukturmerkmal der Naturwaldzellen, NWZ 21 „Brandhagen“.

Wäldern sogar zehn Prozent (BMU 2007). Die Naturwälder in NRW sind ein wichtiger Teil dieses Netzes.

Die Einrichtung der NWZ hat auch zum Ziel, Hinweise für waldbauliche Maßnahmen abzuleiten. Oft werden Naturwälder als Referenz verwendet, um den Einfluss der Waldbewirtschaftung durch den Menschen auf Waldökosysteme zu untersuchen. Eine direkte Ableitung für den Waldbau ist jedoch schwierig, da die Flächen zumeist klein und die Zeitreihen noch relativ kurz sind (Bugmann et al. 2011). Ein Vergleich forstlich genutzter und nicht genutzter Bestände setzt eine vergleichbare Forstgeschichte voraus (Meyer 2018). Dies wird zunehmend schwieriger, da in den NWZ seit Jahrzehnten keine Durchforstung mehr durchgeführt wurde und die Bestände inzwischen ein Alter aufweisen, das in forstlich genutzten Wäldern kaum zu finden ist. Mit Hilfe von Indikatoren, z.B. des Naturnähe-Indikators (Meyer et al. 2021), soll daher versucht werden, einen Vergleich der Bestände zu ermöglichen.

Zudem können NWZ einen Beitrag zur Analyse der Entwicklung von eingeführten Baumarten leisten. So wird unter anderem im Hinblick

auf den Klimawandel in Waldbaukonzepten empfohlen, eingeführte Baumarten in Mischbestände zu integrieren, um die Bestände klimastabiler zu gestalten (z.B. MULNV 2021). Über die Entwicklung dieser Baumarten ohne Einfluss des Menschen in den Wäldern in NRW ist jedoch wenig bekannt. Zurzeit werden in den NWZ insgesamt 230 Baumindividuen dieser Baumarten erfasst und ihre Entwicklung dokumentiert, v.a. von Robinie (*Robinia pseudoacacia*), Edelkastanie (*Castanea sativa*), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) sowie Spätblühender Traubenkirsche (*Prunus serotina*).

Um ein besseres Verständnis der langlebigen Waldökosysteme mit vielfältigen Strukturen, Wechselbeziehungen und natürlichen Abläufen zu erhalten, bedarf es eines guten Monitorings, um diese Prozesse über lange Zeit zu dokumentieren und zu analysieren. Das Monitoring der NWZ weist zum größten Teil Zeitreihen von 40-50 Jahren auf. Diese Zeitreihen liefern wichtige Einsichten in Veränderungen der Ökosystemstruktur (z.B. Artenzusammensetzung) und dokumentieren ökologische Prozesse (z.B. Mortalität, Sukzession). Langfristige, wiederholte Aufnahmen entsprechender Parameter geben Auskunft über die Dynamik des Systems

(Entwicklungs-, Alterungs- und Sukzessionsprozesse). Besonders in späteren Stadien der Waldentwicklung mangelt es jedoch noch an wichtigen Erkenntnissen (Thomas 1995). Daher sollten die vorliegenden Zeitreihen der NWZ fortgeführt werden.

Ein langfristig angelegtes Monitoring bedarf:

- eines guten konzeptionellen Modells
- Forschungsfragen, die sich nach Bedarf erweitern lassen
- relevanter Parameter zur Beantwortung der Fragen
- eines geeigneten statistischen Designs (Lindenmayer und Likens 2018).

Das Monitoringkonzept der NWZ in NRW ist seit 50 Jahren etabliert und bedarf nach dieser langen Zeit einer Überprüfung: Inwieweit sollten die Methoden, Techniken und Parameter entsprechend dem aktuellen Stand der Wissenschaft angepasst oder ergänzt werden, ohne die bestehenden wertvollen Zeitreihen abbre-

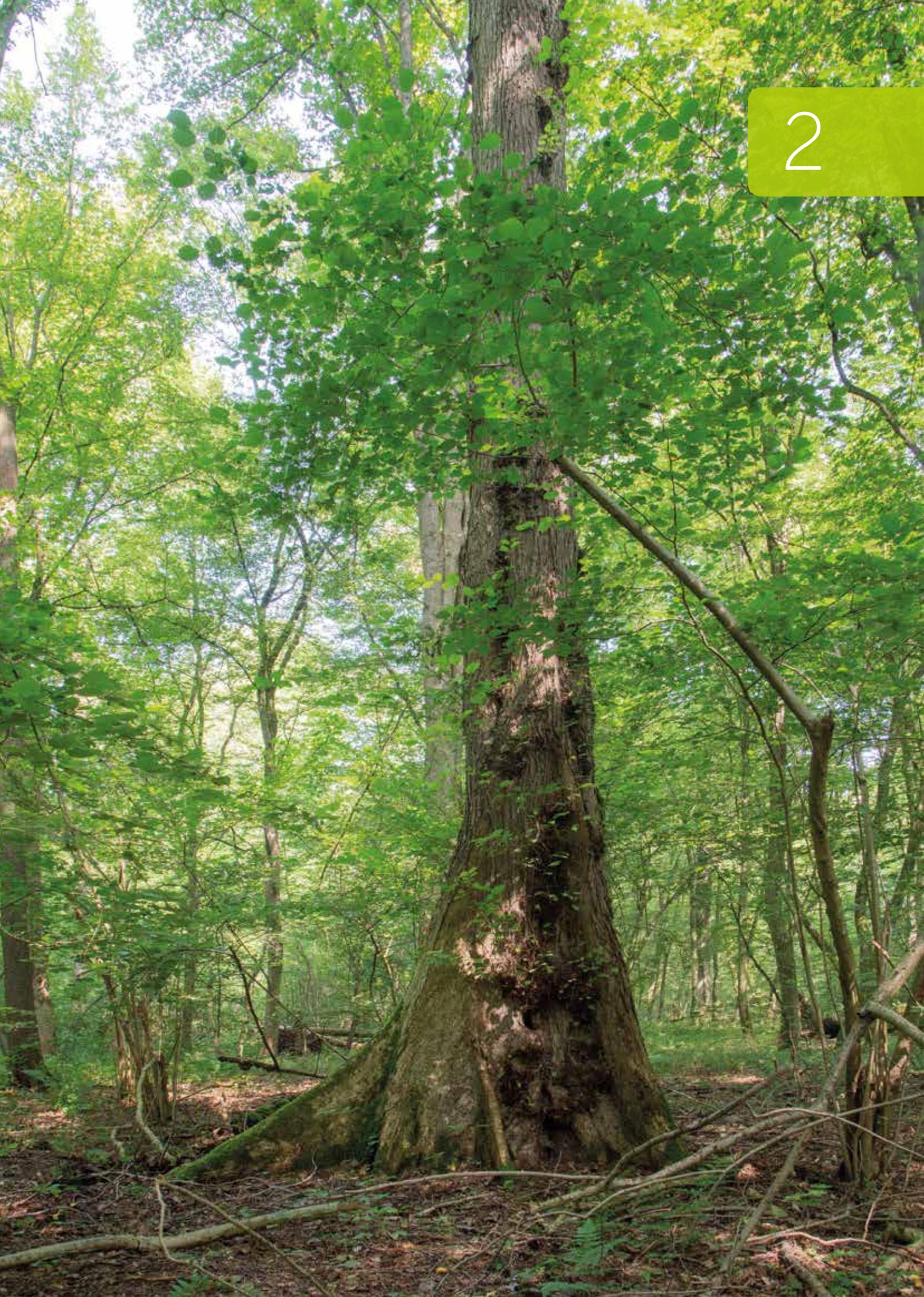
chen zu lassen? International, bundesweit, im NLP Eifel und in den WEG werden andere Methoden verwendet, wodurch eine gemeinsame Nutzung der Daten erschwert wird. Innerhalb der letzten 50 Jahre haben sich zudem neue Beobachtungsinteressen und gesellschaftliche Fragen entwickelt, beispielsweise großräumig wirkende Umweltveränderungen wie der Klimawandel. Die Erkenntnisse aus den NWZ können helfen, diese zu analysieren.

Diese Überlegungen waren Anlass, das Monitoringkonzept zu überarbeiten und das im Folgenden vorgestellte Konzept für die Naturwaldzellen in NRW zu erstellen. Das hier vorliegende Konzept ist das Ergebnis eines mehrjährigen Prozesses und intensiven Austauschs mit Expertinnen und Experten der Naturwaldforschung, mit unterschiedlichen Schwerpunkten innerhalb und außerhalb von Wald und Holz NRW sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des MULNV und LANUV.



Winter im Eichen-Mischwald NWZ 7 „Oberm Jägerkreuz“

2



Naturwälder in Nordrhein-Westfalen

In NRW gibt es, wie in Kapitel 1 beschrieben, zurzeit drei Kategorien Naturwälder: die Naturwaldzellen, die Kernzone des Nationalparks Eifel und die Wildnisentwicklungsgebiete. Die Entstehung, gesetzliche Grundlagen und Ziele dieser Naturwälder werden in diesem Kapitel kurz beschrieben.

2.1 Naturwaldzellen (NWZ)

Die ersten NWZ wurden 1971 durch den Rund-erlass (IV A2-3.1-07- v. 20.11.1970) des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NRW als erste Naturwälder in NRW ausgewiesen. Auch in anderen Bundesländern und in europäischen Nachbarländern wurden in dieser Zeit Naturwaldreservate eingerichtet. Die NWZ sind nach § 49 Absatz 5 (Schutz-wald, Naturwaldzellen) Landforstgesetz NRW geschützt. In diesem Runderlass werden sie als forstwissenschaftliche Beobachtungflächen definiert, mit denen alle wichtigen natürlichen Waldgesellschaften in NRW erfasst werden. Abgesehen von notwendigen Verkehrssicherungs- und Forstschutzmaßnahmen sind Eingriffe in den Gehölzbestand verboten. Bei der Auswei-sung soll eine Aufnahme des Waldbestandes, der Strauch- und Bodenvegetation sowie eine waldgeschichtliche Erhebung erfolgen. Diese Flächen werden mit Schildern ausgewiesen und alle fünf Jahre besichtigt. Das Ziel ist die Erforschung und Beobachtung der Waldentwicklung, um Hinweise für die forstliche Praxis bei einer naturnahen Waldbewirtschaftung abzuleiten. Die Forschungsergebnisse stehen für wissen-schaftliche Untersuchungen zur Verfügung.

Im Jahr 2014 wurde im Erlass (III-2 26.00.00.004) festgestellt, dass sich das Beobachtungsinteresse um folgende Punkte erweitert hat:

- Angewandte Waldbauforschung, insbesondere zu Fragen der Waldverjüngung und Konkurrenz
- Großräumig wirkende Umweltveränderungen, inklusive Klimawandel
- Naturschutzprozesse einschließlich der Waldzerfallsphase
- Beurteilung der NWZ hinsichtlich des Naturhaushaltes (Referenzflächen, Umweltverträglichkeit, Biotopbewertung)

- Gegenüberstellung des naturschutzfachlichen Wertes bewirtschafteter und unbewirtschafteter Wälder

Die aktuellen Erhebungsmethoden sollten entsprechend des Erlasses evaluiert und mögliche Synergien zu den weiteren Prozessschutzflächen in NRW sowie zu Naturwäldern in anderen Bundesländern genutzt werden. Die Auswertung der Daten sollte unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen wie Klima und Boden standardisiert und interessierten Nutzern bereitgestellt werden.

In NRW gibt es aktuell (Stand 31.12.2021) 75 Naturwaldzellen (s. Abbildung 1) mit einer Gesamtfläche von 1.680 ha. Die Größe der Naturwaldzellen variiert von 1,4 ha bis 109,8 ha, etwa die Hälfte der Flächen sind zwischen 10 und 20 ha groß. In 70 NWZ befinden sich Kernflächen (KF), zumeist mit einer Größe von zwei Hektar. Diese Flächen wurden von Expertinnen und Experten so ausgewählt, dass die vorhandene Waldgesellschaft gut repräsentiert wird. Die KF sind meistens kompakt, können aber auch aus mehreren Flächen bestehen. In 68 NWZ wurde eine Hälfte der KF gezäunt, um den Einfluss des Schalenwilds auf die Vegetation und Verjüngung zu beobachten.



Alle Naturwaldzellen sind durch eine Beschilderung kenntlich gemacht
NWZ 17 „Herbremen“.

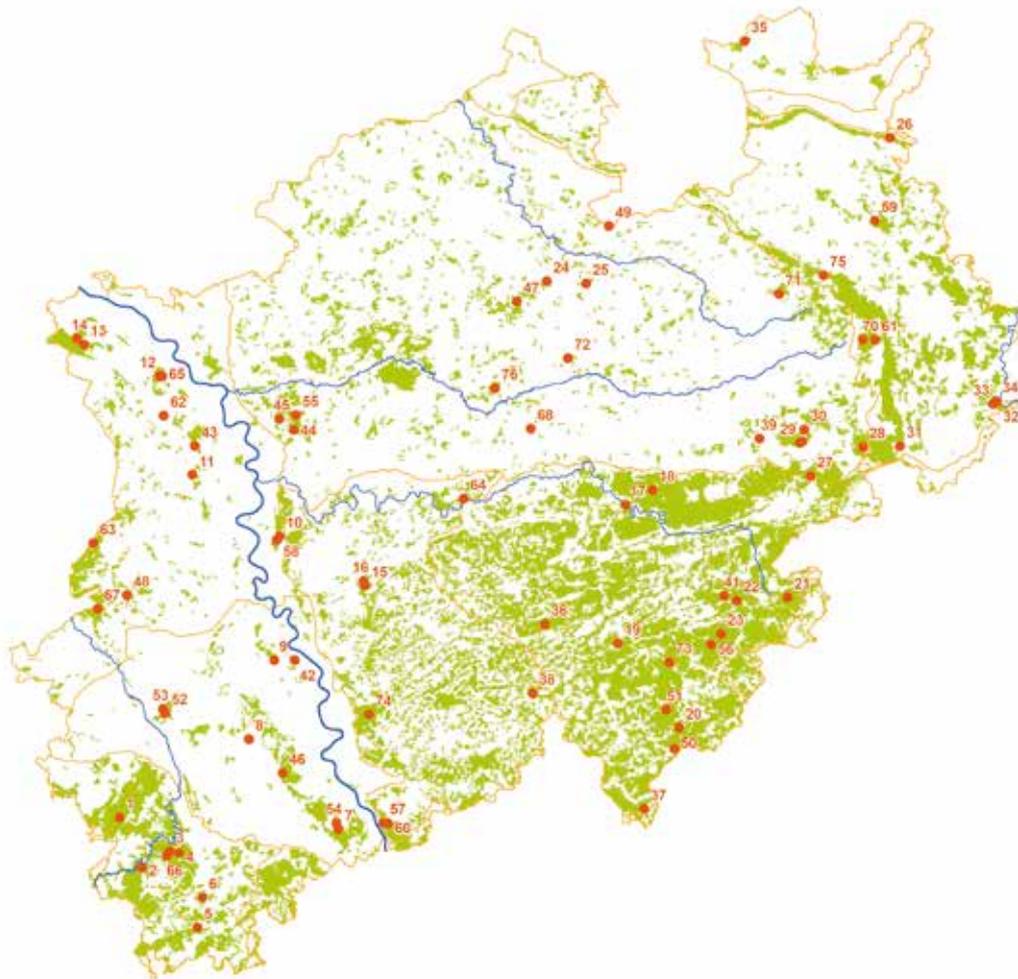


Abbildung 1: Lage der Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

2.2 Nationalpark Eifel (NLP)

Am 1. Januar 2004 trat die Verordnung über den Nationalpark Eifel (NP-VO-Eifel vom 17. Dezember 2003) in Kraft. Der Nationalpark Eifel umfasst die Bereiche Hetzinger Wald, Kermeter, Gemünd, Dedenborn und Wahlerscheid sowie den ehemaligen belgischen Truppenübungsplatz Vogelsang, heute Dreibröner Hochfläche. Der militärische Übungsbetrieb auf Vogelsang wurde 2004 eingestellt und der Truppenübungsplatz am 31. Dezember 2005 an die Bundesrepublik Deutschland zurückgegeben. Seit dem 1. Januar 2006 konnten Teile der Fläche wieder betreten werden, andere bleiben weiterhin aufgrund von Munitionsrückständen gesperrt. Der NLP Eifel hat eine Fläche von rund 10.870 ha, wovon Stand 31. Dezember 2021 rund 6.330 ha unter Prozessschutz stehen. Bis 2034 müssen 75 % der Fläche in den Prozessschutz übergegangen sein. Zwischenzeitlich finden außerhalb der Prozessschutzflächen Maßnahmen zur Waldentwicklung statt. Über-

geordnetes Ziel für die Einrichtung des NLP ist der Schutz der natürlichen Dynamik von Waldökosystemen. Darüber hinaus sollen mit der Einrichtung des NLP Bildung, Naturerleben und Forschung verfolgt werden (Nationalparkverwaltung Eifel 2008).

2.3 Wildnisentwicklungsgebiete (WEG)

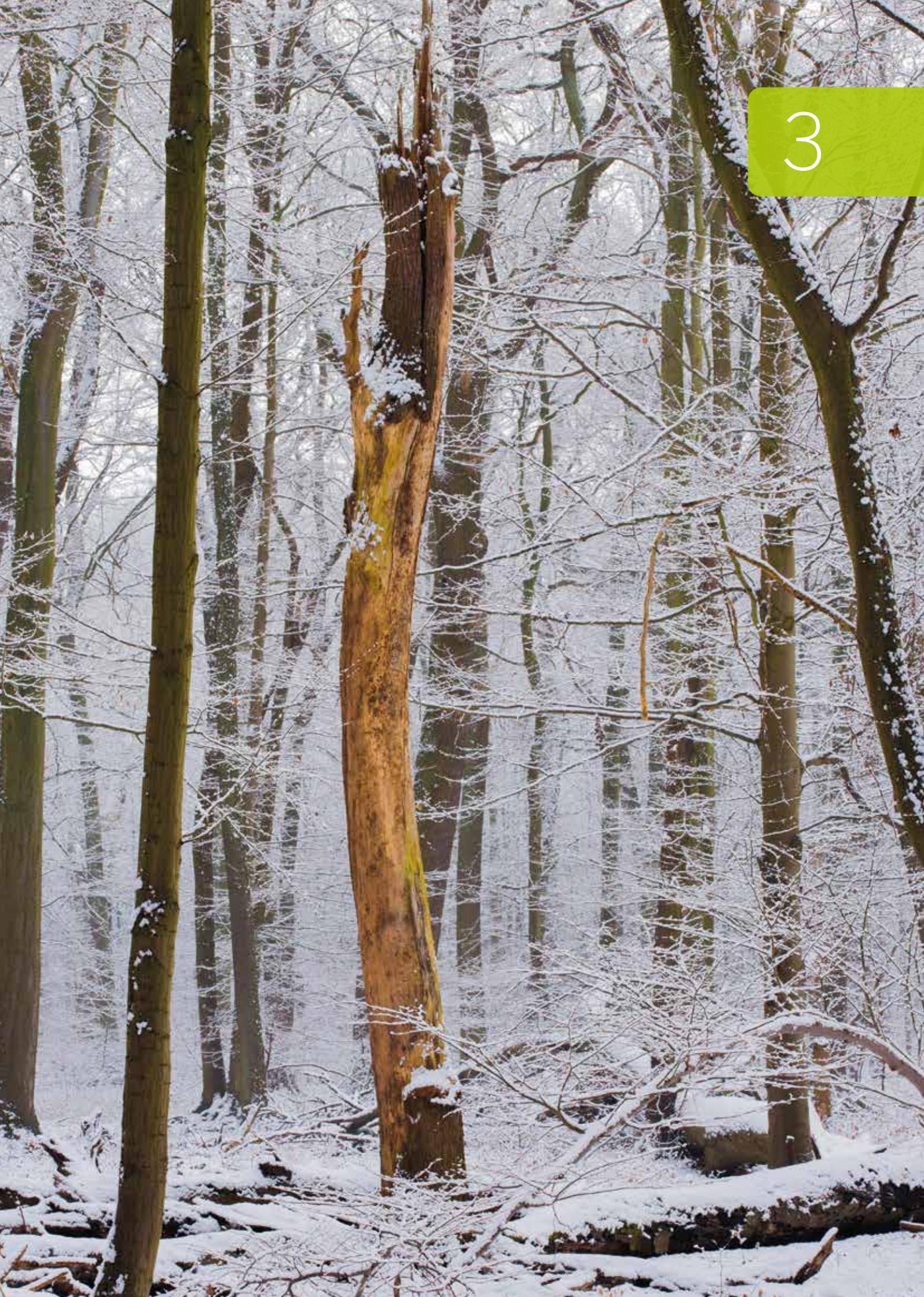
Die Bundesregierung hat in der Strategie zur biologischen Vielfalt das Ziel formuliert, 5 % der Waldfläche aus der forstlichen Nutzung zu nehmen, in öffentlichen Wäldern sogar 10 % der Fläche. In WEG soll die Alters- und Zerfallsphase nicht durch forstliche Nutzung unterbunden werden. Über die Jahre werden so vermehrt Bäume altersbedingt absterben und der Alt- und Totholzanteil wird sich deutlich erhöhen. „Wildnisentwicklungsgebiete sollen insbesondere den an die Alters- und Zerfallsphasen gebundenen Pflanzen- und Tierarten einen geeigneten Lebensraum bieten“ (§40 Abs.1 LNatSchG NRW).

Wald und Holz NRW und das Landamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) haben im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV) NRW im Jahr 2011 ein Netz von WEG ermittelt. Mit der Bekanntmachung des MKULNV – III – 1 031.07.00.21 vom 3. April 2017, mit der Ergänzung vom 28. November 2019, wurden die Wildnisentwicklungsgebiete (WEG), entsprechend den Vorgaben von § 40 Absatz 3 Satz 2 des Landnaturschutzgesetzes, als Naturschutzgebiete im Sinne des § 23 des Bundesnaturschutzgesetzes ausgewiesen.

Insgesamt sind 108 Gebiete als WEG rechtlich gesichert, die aus über 308 Einzelflächen mit einer Gesamtfläche von 7.831 ha bestehen. Zwei weitere, vertraglich gesicherte WEG mit einer Gesamtfläche von 882 ha befinden sich im Privat- bzw. Körperschaftswald (Stand 31.12.2021). Im Rahmen einer Erstinventarisierung wurde bis zum 31.12.2021 für alle WEG die Nutzungsgeschichte der Flächen dokumentiert und eine flächendeckende Biooptypenkartierung durchgeführt. Auf 32 Repräsentativflächen wurde zudem eine Brutvogel-, Pilz- und Biotopbaumkartierung durchgeführt. Die Waldstruktur und die Bodenvegetation wurde darüber hinaus mit Hilfe einer Permanenten Stichprobeninventur auf 26 der 32 Flächen aufgenommen.



Moorbirken-Bruchwald NW 36 „Im Hirschbruch“



Aktuelles Monitoringverfahren der Naturwaldzellen

Bis zum 31.12.2021 wurden über alle 75 NWZ 317 Waldstruktur-, 208 Bodenvegetations-, 31 Käfer- und 34 Pilz-Aufnahmen sowie 122 weitere Untersuchungen durchgeführt. Anhand dieser Zahlen wird deutlich, dass der Schwerpunkt des Monitorings der NWZ bisher auf der Waldstruktur und der Bodenvegetation lag. Daher soll das bisherige Vorgehen in diesen beiden Aspekten im Folgenden kurz skizziert werden.

3.1 Aktuelles Monitoring Waldstruktur

Auf drei Vierteln der NWZ wurde bisher vier- bis sechsmal die Waldstruktur aufgenommen (s. Abbildung 2). Die Aufnahmen wurden i.d.R. alle zehn Jahre durchgeführt. Diese relativ langen Zeitreihen sollen fortgeführt werden. Für die Waldstruktur wird eine Vollaufnahme in den KF durchgeführt, sowohl außerhalb als auch innerhalb des Zaunes.

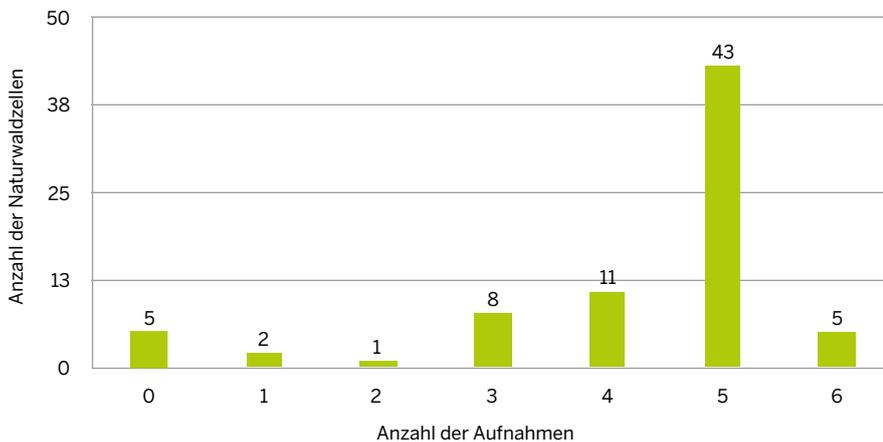


Abbildung 2: Anzahl der Waldstruktur-Aufnahmen. Insgesamt wurden 317 Aufnahmen durchgeführt. Auf fünf Flächen wurde bis 2021 keine KF eingerichtet und daher auch keine Waldstruktur-Aufnahmen durchgeführt (Stand 2021).



Abbildung 3: Nummerierung der Bäume auf den Kernflächen NWZ 40 „Obere Schütthöhe“

18 Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

Es werden folgende Parameter auf den KF aufgenommen:

Tabelle 1: Parameter der Waldstrukturaufnahme (Stand Dezember 2021): V = Vollaufnahme; S (15) = Stichprobe ca. 15 % pro Baumart und Schicht

Parameter	stehender Bestand		liegender Bestand		Verjüngung (>4 cm bis <7 cm BHD) lebend
	lebend	tot	lebend	tot	
Spezies (wissenschaftlicher Artname)	V	V	V	V	V
Anzahl getrennt nach Art					V
Objekt-Klasse	V	V	V	V	
Baumnummer	V	(V)	V	(V ¹)	
Durchmesser in 1,3 m Höhe	V	V	V	V ²	
Mittendurchmesser	V ³	V ³	V ³	V ³	
Baumhöhe/-länge	S (15)	V	S (15)	V ²	
Kronenansatz	V				
Kleinstrukturen und Mikrohabitate	V	V	V	V	
Vitalitätsklasse	V				
Schäden	V		V		
Zersetzungsgrad		V		V	
Mortalitätsursache		V		V	
Besonnung		V		V	
Auflage				V	

¹ sofern die Baumnummern noch nachvollziehbar sind

² entfällt bei frisch umgestürzten Bäumen bis Zersetzungsgrad 2

³ Je nach Objekt-Klasse, definiert in der entsprechenden Aufnahmeanweisung

3.2 Aktuelles Monitoring Bodenvegetation

Die ersten Aufnahmen der Bodenvegetation in NWZ wurden 1988 erstellt. Unter Bodenvegetation werden hier sowohl Kräuter, Gräser, Sträucher, erdbewohnende Moose und Flechten als auch Verjüngung der Bäume bis sechs Metern Höhe (Schmidt 1991) verstanden. Es

werden nur Pflanzen aufgenommen, die auf dem Boden wachsen (nicht auf Felsen oder Totholz). Ein zehnjähriger Aufnahmeturnus wurde angestrebt, der jedoch je nach NWZ variiert wurde. Auf zwei Dritteln der Flächen wurde bisher zwei- bis dreimal die Bodenvegetation aufgenommen (s. Abbildung 4). Diese Zeitreihen sollen fortgeführt werden.

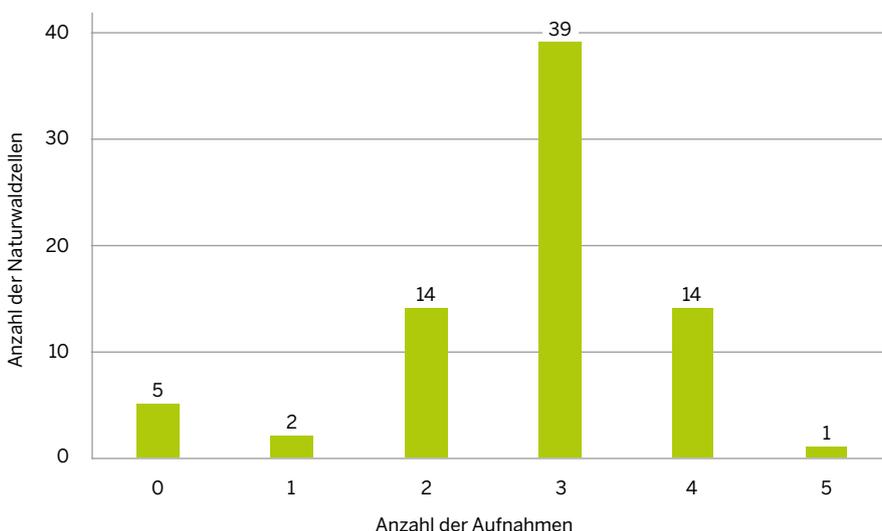


Abbildung 4: Anzahl der Bodenvegetationsaufnahmen – insgesamt 208 (Stand 2021)

Für die Aufnahme der Bodenvegetation wurden, jeweils in den gezäunten und nicht gezäunten Teilen der KF, in der Regel je acht fortlaufend nummerierte, quadratische Dauerbeobachtungsflächen (DBF) mit einer Kantenlänge von 20 m ($A = 400 \text{ m}^2$) ausgewiesen – in Abhängig-

keit von Größe und Form der KF entweder als Transekt oder in zwei Streifen (s. Abbildung 5). Somit wurde in den meisten NWZ auf einer Gesamtfläche von 6.400 m^2 die Bodenvegetation erfasst.



Abbildung 5: Lage und Benennung der Dauerbeobachtungsflächen (DBF) hier beispielhaft auf der NWZ 23 „Schiefe Wand“ mit vier Kernflächen (A-D) sowie den dazugehörigen DBF (A1-D8)

In Tabelle 2 sind die Parameter aufgelistet, die für die Aufnahme der Bodenvegetation auf den Dauerbeobachtungsflächen in den KF erhoben werden. In NWZ mit geophytenreicher Waldbodenvegetation wird, je nach örtlichen Witterungsbedingungen, im Frühjahr (April/Mai) und

im Sommer (Juni/Juli) eine Aufnahme erstellt. Der Durchführungszeitpunkt wurde im Zweifel von Wald und Holz NRW festgelegt. Diese beiden Aufnahmen werden zu einer synthetischen Aufnahme vereinigt.

Tabelle 2: Parameter der Bodenvegetationsaufnahme (Stand Dezember 2021)

Parameter	Bemerkung
wissenschaftlicher Artname	Aufnahme aller Kräuter, Gräser, Sträucher, erdbewohnende Moose und Flechten als auch Verjüngung der Bäume bis 6 m
Deckungsgrad	Schätzung nach Braun-Blanquet (1964) und modifizierte Skala nach Pfadenhauer et al. (1986) für alle Arten getrennt nach Schichten: Baumschicht (B1, B2) Strauchschicht (S) 0,5–6 m Höhe Krautschicht (K) krautige Pflanzen und Gehölze bis 0,5 m Mooschicht (M) bodenbewohnende Moose und Flechten
Gesamtdeckung für alle Schichten	Schätzung der Gesamtdeckung für B1, B2, S, K und M
Maximale Höhe Strauchschicht	Angabe in cm
Mittlere Höhe der Krautschicht	Angabe in cm
Gesamtartenliste der KF	Aufnahme weitere Arten in der KF außerhalb der DBF



Abbildung 6: 175-jähriger Buchenbestand der NWZ 3

Ergebnisse der Naturwaldforschung in NRW am Beispiel der NWZ 3 „Schäferheld“

Für eine große Anzahl der Naturwaldzellen liegen Zeitreihen für die Waldstruktur und Bodenvegetation vor. Beispielhaft sollen anhand der NWZ 3 „Schäferheld“ in der Nordwesteifel, im heutigen Nationalpark Eifel, einige Ergebnisse der Naturwaldforschung dargestellt werden. Die Waldgeschichte der NWZ 3 „Schäferheld“ kann bis zu einem Lagerbuch von 1733 belegt werden. Demnach stockt dort seitdem ein Buchenhochwald, indem nur wenige Eichen und Fichten beigemischt waren. Dieser Bestand wurde für den regional üblichen Buchen-Holz-Kohlen-Betrieb genutzt, so dass eine Einwirkung des Menschen in Richtung Buchendominanz anzunehmen ist. 1971 wurde diese Fläche als Naturwaldzelle aus der forstlichen Nutzung genommen und die Kernflächen eingerichtet. Seit 2004 liegt sie im Nationalpark Eifel.

Heute stockt dort ein fast gleichaltriger 175-jähriger Buchenbestand (s. Abbildung 6) mit wenigen Traubeneichen. Der Bestand ist zum größten Teil geschlossen, doch an einigen Stellen durch Sturm aufgelichtet, so dass sich in den Lücken Naturverjüngung aus den häufig vorkommenden Sprengmasten etablieren konnte. In der rund 23 ha großen Naturwaldzelle wurden zwei jeweils zwei Hektar große Kernflächen eingerichtet, von denen eine gezäunt ist. Der Bestandaufbau ist auch nach 50 Jahren ungestörter Entwicklung weitgehend einschichtig.

Auf beiden Kernflächen hat sich der Holzvorrat fast verdoppelt (s. Abbildung 7).

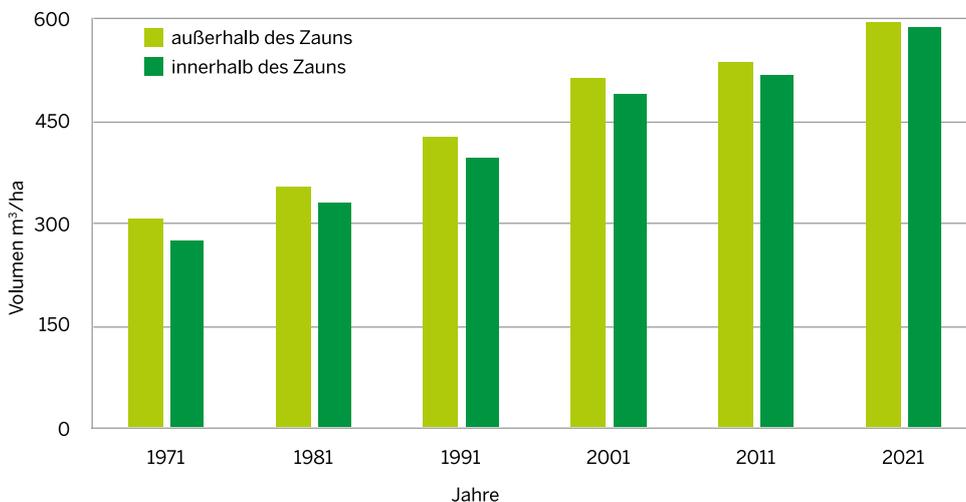
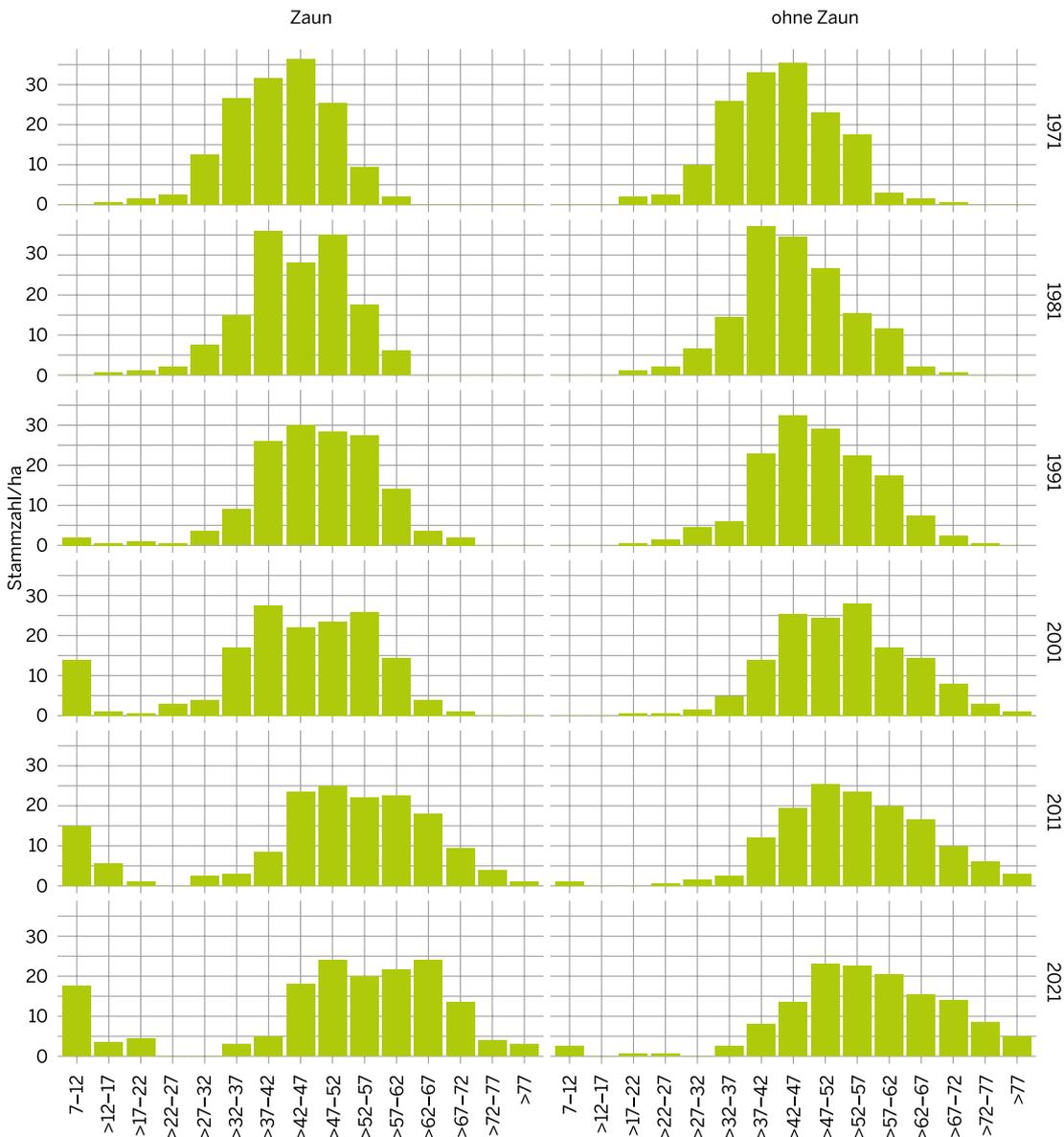


Abbildung 7: Entwicklung des Gesamtholzvorrates in m³/ha von 1971 bis 2021 auf der Kernfläche der NWZ 3

1971 lag die Durchmesser-Verteilung zwischen 34 und 63 cm BHD, ein typisch glockenförmiger Aufbau eines einschichtigen Buchen-Wirtschaftswaldes. Nach 50 Jahren zeigte die KF außerhalb des zwischen 32 und >77cm BHD eine abgeflachte, glockenförmige Verteilung. Innerhalb des Zaunes zeigte sich eine zweigeteilte Kurve. Zum einen eine abgeflachte, glockenförmige Verteilung zwischen 32 und >77cm BHD, aber auch im Bereich von 7-22cm BHD eine hohe Stammzahl/ha. Stämme mit diesem Durchmesser findet man in der ungezäunten KF selten (s. Abbildung 8).

Die Stammzahl der Buche nahm in der Ober-schicht nur im geringen Umfang ab, von 154 auf 133 auf der ungezäunten KF und von 147 auf 135 innerhalb des Zauns. Im gezäunten Bereich der Kernfläche konnten sich 18 Buchen in der Unterschicht und bereits sieben Buchen in der Mittelschicht etablieren. Im ungezäunten Bereich konnte eine Buche in der Mittel- und zwei Buchen in der Unterschicht aufgenommen werden (s. Abbildung 9).

In den Jahren 1992, 2002 und 2012 wurde zusätzlich die Bodenvegetation auf den DBF der KF aufgenommen. Betrachtet man die mittlere



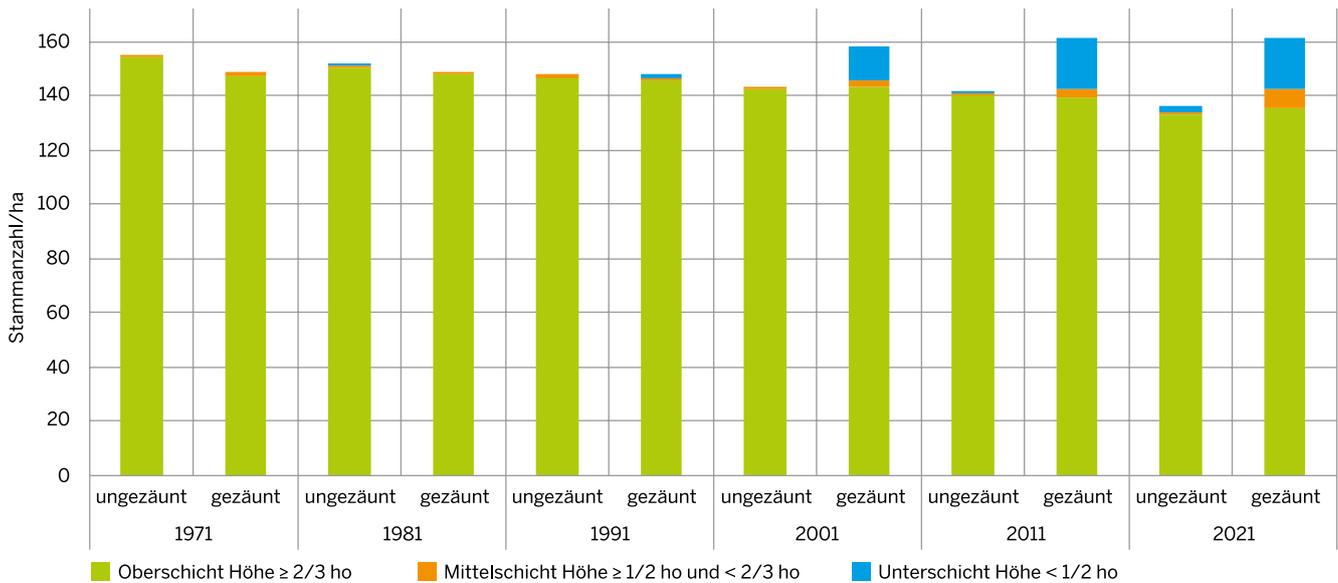


Abbildung 9: Stammzahl der Buchen pro ha in der Ober-, Mittel- und Unterschicht auf der KF der NWZ 3, ho= WEISE'sche Oberhöhe

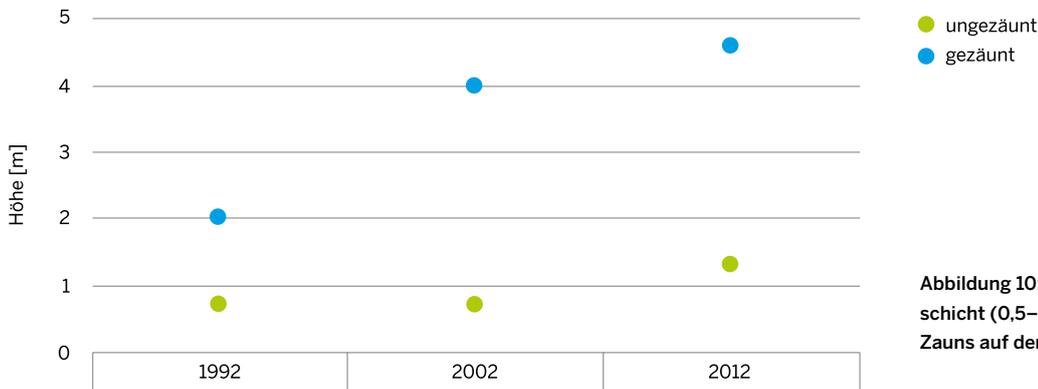


Abbildung 10: Mittlere Höhe der Strauchschicht (0,5–6 m) inner- und außerhalb des Zauns auf der KF der NWZ 3

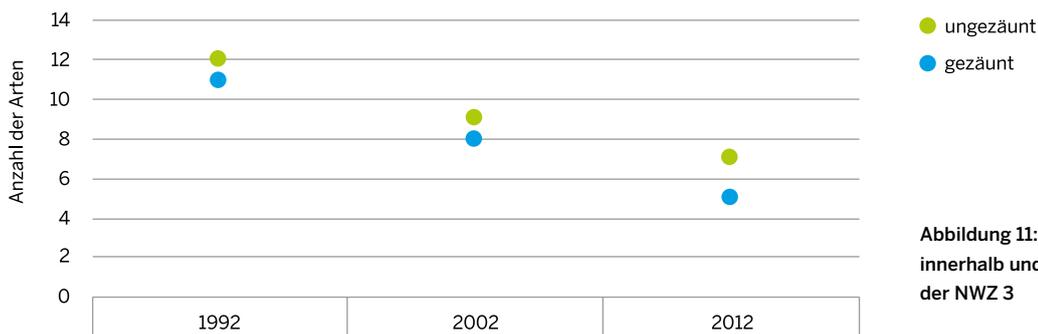
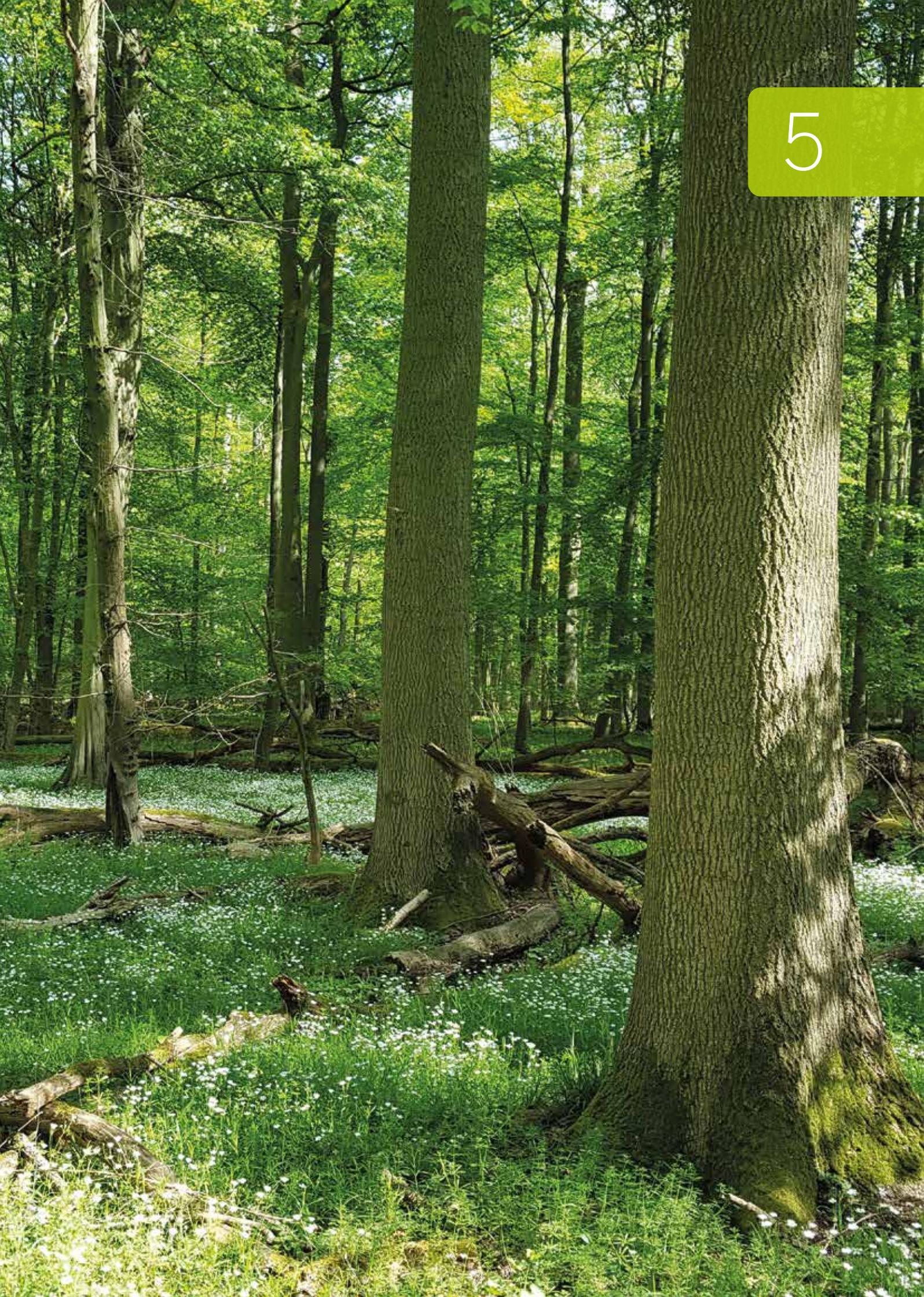


Abbildung 11: Artenzahl der Bodenvegetation innerhalb und außerhalb des Zauns in der KF der NWZ 3

waldökologischer Fragestellungen wichtig ist. Daher ist eine Fortführung des Kernflächensystems mit und ohne Zaun erforderlich.

Die Kernfläche der NWZ „Schäferheld“, hat einen relativ großen Anteil an der Gesamtfläche (17 %). In anderen NWZ repräsentiert die Kernfläche einen deutlich kleineren Anteil, so hat z.B. die NWZ 23 „Schiefe Wand“ eine Gesamtfläche von rund 77 ha und vier Kernflächen mit je 1 ha (Anteil 5 %). Die KF wurden repräsentativ für die vorkommenden Waldgesellschaften

ausgesucht, sie repräsentieren aber nicht den ganzen Bestand. Dazu eignet sich besser eine Permanente Stichprobeninventur (PSI). Eine PSI wird in NRW sowohl im Nationalpark Eifel als auch in ausgewählten Wildnisentwicklungsgebieten durchgeführt. In den NWZ wurde diese Vorgehensweise bisher lediglich in den überdurchschnittlich großen NWZ 18 und 31 zusätzlich zu den KF praktiziert. Die Vor- und Nachteile beider Systeme werden im Folgenden kurz aufgeführt.



Vor- und Nachteile Kernflächen (KF) und Permanente Stichprobeninventur (PSI)

Bundesweit haben sich zwei Verfahren für die Dauerbeobachtung von Naturwäldern etabliert. Zu Beginn der Naturwaldforschung in den 1970er und 1980er Jahren wurden auf den Flächen häufig sogenannte Kern- oder Repräsentationsflächen ausgewiesen. Diese Flächen, zumeist ein bis zwei Hektar groß, wurden gutachterlich ausgewählt und sollten die vorhande-

ne Waldgesellschaft bestmöglich repräsentieren. Ab den 1990er Jahren setzte sich mehr und mehr das System der PSI durch. Bei diesem Verfahren werden in einem Raster Probekreise auf der Fläche verteilt und aufgenommen. Die Dichte des Rasters und die Größe der Probekreise können dabei variieren. Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile (s. Tabelle 3):

Tabelle 3: Zusammenfassung Vor- und Nachteile des Kernflächensystems und der Permanenten Stichprobeninventur

	Kernflächen (KF)	Permanente Stichprobeninventur (PSI)
Anwendung (bisher)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Naturwaldzellen NRW 	<ul style="list-style-type: none"> ■ NLP Eifel ■ 26 repräsentative WEG in NRW ■ Naturwaldforschung in anderen Bundesländern
Vorteil	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vollaufnahme dieser Flächen ■ vertikale und horizontale Waldstruktur, Strukturdynamik, Konkurrenzprozesse, Bilanzierung besser darstellbar ■ günstigeres Verhältnis Fläche-Außenlänge ■ leichter einzumessen und zu zäunen ■ lange Zeitreihen in NRW 	<ul style="list-style-type: none"> ■ standörtliche und strukturelle Vielfalt wird besser dargestellt ■ gut statistisch auswertbar ■ häufigere Anwendung ■ Daten vergleichbar
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ■ kleiner (repräsentativer) Ausschnitt der Gesamtfläche ■ können Repräsentanz durch Störungen verlieren ■ standörtliche strukturelle Vielfalt wird nicht dargestellt ■ statistisch schlecht auswertbar ■ selten angewendet, Datenaustausch schwierig 	<ul style="list-style-type: none"> ■ größerer Aufwand bei großen Flächen ■ räumliche Waldstruktur und andere Prozesse schlechter darstellbar ■ Flächengröße nicht für alle Pflanzengesellschaften optimal



Stehende tote Eichen in der NWZ 17 „Herbremen“

Kernflächen haben den Vorteil, dass es sich um Vollaufnahmen handelt und dadurch viele statistische Fehlerquellen auszuschließen sind. Zudem sind sie zumeist größer als Probekreise. Auf diesen relativ großen Flächen lassen sich vertikale und horizontale Strukturen des Bestandes besser darstellen und damit auch die Struktur- und Konkurrenzprozesse in allen Waldentwicklungsphasen (Akca 1999). Auch für eine Bilanzierung sind die KF durch ihre Flächengröße besser geeignet (z.B. Totholz- und Totholzanteile durch Aufnahme der Mortalität) (Meyer et al. 2001). Probleme durch Grenz- oder herausragendes Totholz, Äste oder Bäume, sind geringer, da ein günstigeres Verhältnis von der Fläche zum Umfang vorliegt. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist, dass eine große Fläche einfacher einzumessen und zu zäunen ist, als mehrere kleine Flächen (Akca 1999). Ein weiteres wichtiges Argument für die Beibehaltung des KF-Systems in den NWZ sind die 40-50 Jahre andauernden Zeitreihen. Diese sollen fortgeführt werden. Veränderungen oder Verschiebungen der KF würden die Zeitreihen abreißen lassen.

Andererseits ist eine KF (zumeist) nur ein kleiner Ausschnitt der Gesamtfläche. Bei der

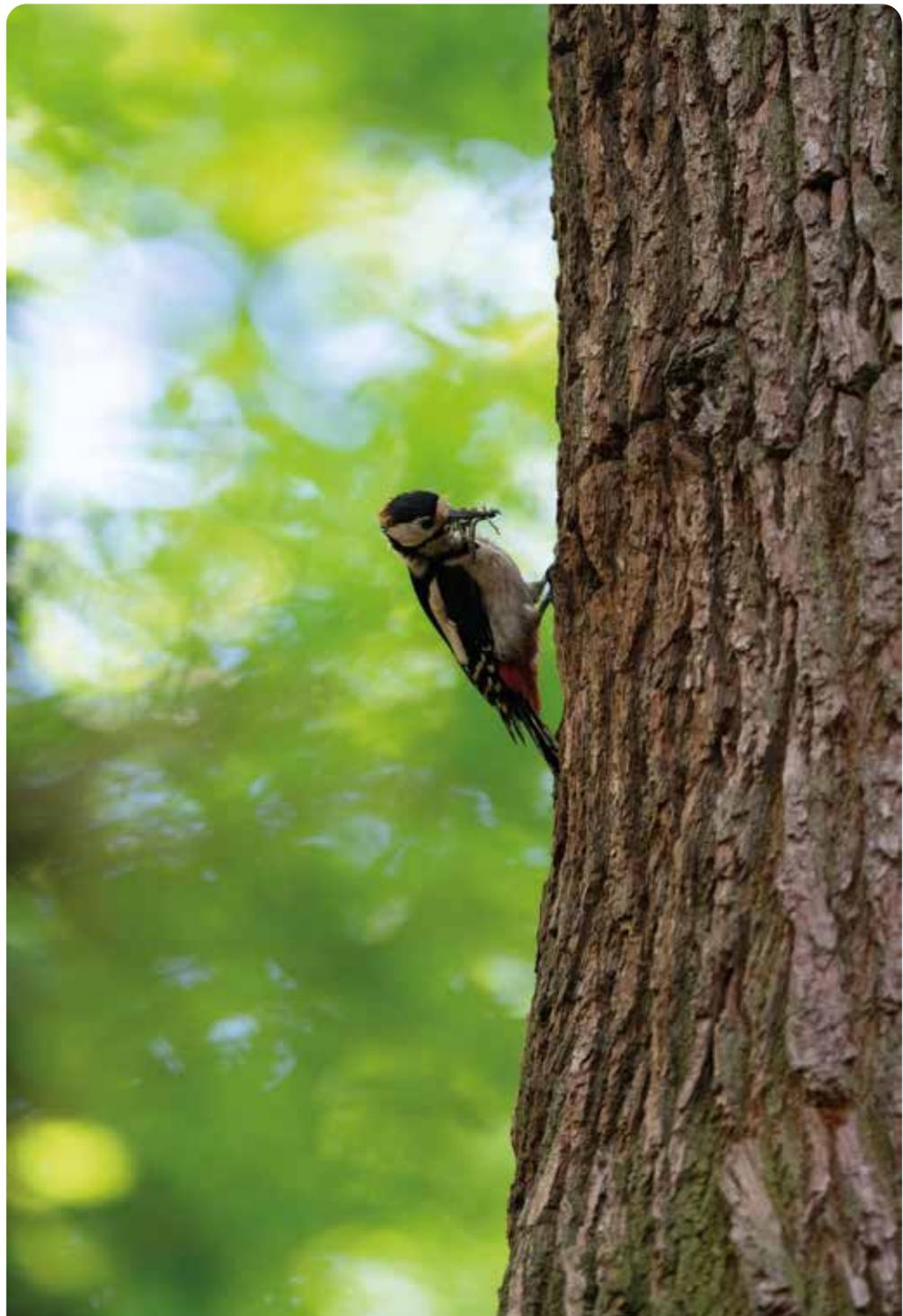
Auswahl wurde eine Homogenität dieser Fläche und der Bedingungen angestrebt (Meyer et al. 2001). Auf NWZ können Einzelereignisse (z.B. Windwurf) dazu führen, dass die KF ihre Repräsentanz verliert. Damit die Waldgesellschaft aber weiter beobachtet werden kann, müsste entweder die Fläche verlegt werden, was die Zeitreihe zerstören würde, oder man müsste neue Flächen hinzunehmen, was den Arbeitsaufwand erhöhen würde (Akca 1999; Meyer et al. 2001). Treten Veränderungen auf der Gesamtfläche auf, die nicht die KF betreffen, werden diese gar nicht erfasst. Auch in diesem Fall müsste die KF verlegt oder durch eine weitere ergänzt werden. Die standörtliche Variabilität und die daraus folgende vielfältige Ausprägung des Standortes werden nicht erfasst. Ein weiterer Nachteil ist, dass NRW als einziges Bundesland ausschließlich KF nutzt. In sämtlichen weiteren Naturwäldern in NRW wird die PSI angewandt (NLP Eifel, WEG). Ein Austausch oder Vergleich der Daten und eine gemeinsame Nutzung der Infrastruktur ist daher nur eingeschränkt möglich.

Mit einer PSI und mit einer genügend großen Anzahl an Stichprobekreisen (SPK), ist die Variabilität einer NWZ besser zu erfassen. Die

Anzahl der SPK kann je nach Fragestellung zwischen den NWZ verändert werden, sollte aber über die Jahre unverändert bleiben. Die Kreisflächen in einer PSI sollten gleich groß und dadurch vergleichbar sein (Meyer et al. 2001). Nachteile dieses Monitoringverfahrens sind, dass die Ersteinrichtung je nach Größe der Fläche und Dichte der Probekreise deutlich aufwendiger sein kann. Zudem ist die Aufnahme-fläche der Probekreise relativ klein und dadurch für manche Organismengruppen ungeeignet.

Auf zwei NWZ (18 „Hellerberg“, 31 „Hellberg“) wurde in den Jahren 1990 und 1998 eine PSI durchgeführt. Hier liegen bereits Erfahrungen, Infrastruktur und Basisdaten für weitere Stichprobeninventuren vor.

Aufgrund der oben genannten Nachteile des KF-Systems, besonders der eingeschränkten statistischen Auswertbarkeit und Austausches der Daten mit denen anderer Forschungseinrichtungen und Projekten der Naturwaldforschung, soll das Monitoringverfahren der NWZ überarbeitet werden. Gleichzeitig sollen die vorhandenen Zeitreihen wegen der hohen fachlichen Aussagekraft, besonders für die Waldstruktur und Bodenvegetation, fortgeführt werden. Eine Fortführung des KF-Systems mit gleichzeitiger Durchführung einer PSI auf allen Flächen wäre jedoch sehr aufwendig. Daher ist eine Schwerpunktsetzung notwendig und sinnvoll.



Buntspecht (*Dendrocopos major*)
in der Naturwaldzelle 54
„Probstforst“



Entwicklung des überarbeiteten Monitoringkonzeptes

Wie in der Einleitung bereits beschrieben, bedarf ein langfristig angelegtes Monitoring eines guten konzeptionellen Modells (Lindenmayer und Likens 2018). Dieses soll die Beziehungen einzelner Kompartimente des Ökosystems zueinander darstellen. Mit Hilfe des Modells werden zentrale Forschungsfragen formuliert und relevante Prozesse identifiziert, die zur Beantwortung der Forschungsfragen untersucht werden sollen. Während der Überarbeitung des

Konzeptes wurde überprüft, ob Wissenslücken bestehen, die zukünftig geschlossen werden sollen. Die für die Untersuchung der Prozesse und Schließung der Wissenslücken erforderlichen Parameter wurden abgeleitet. Als letztes wurde überprüft, ob die zurzeit erhobenen Parameter weitergeführt werden sollen oder aufgegeben werden können, da sie keiner aktuellen Fragestellung unterliegen und evtl. unnötig Ressourcen verbrauchen. (s. Abbildung 12).

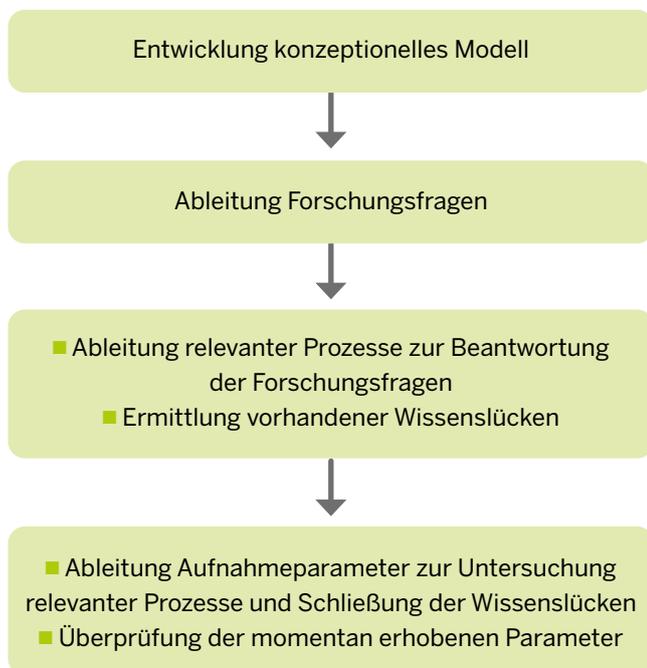


Abbildung 12: Schematische Darstellung des Vorgehens bei der Erstellung des Monitoringkonzeptes für die NWZ

Während der Entwicklung des Konzeptes fanden Abstimmungsgespräche und ein intensiver Austausch mit dem MULNV und dem LANUV statt. Dies soll fortgeführt werden. Zusätzlich wurden Workshops mit Expertinnen und Experten unterschiedlicher Fachrichtungen der Naturwaldforschung durchgeführt, um möglichst viel Expertise in den Prozess einfließen zu lassen.

6.1 Konzeptionelles Modell

Mit der Hilfe eines konzeptionellen Modells kann überprüft werden, ob alle wichtigen Komponenten bedacht wurden, können Forschungsideen gesammelt und fokussiert sowie Forschungsfragen und Theorien über

die Funktionsweise des Ökosystems abgeleitet werden (Lindenmayer und Likens 2009, 2018). Das Modell ist Basis für das Design des Monitorings oder die Anpassung der Methoden, die zur Beantwortung der Forschungsfragen notwendig sind (Meyer 2020). Es sollte nicht zu detailliert oder zu abstrakt (Lindenmayer und Likens 2018) und offen für weitere Entwicklungen sein.

Abbildung 13 zeigt ein Modell für die Naturwaldforschung in den Naturwaldzellen. Der Baumbestand steht mit anderen Teilkompartimenten des Ökosystems Wald in Wechselwirkung und bildet mit seinen zumeist vielfältigen Strukturen oft die Grundlage für ein interdisziplinäres Naturwald-Monitoring (Meyer et al. 2001). Die Fauna, weitere Flora und Pilze werden durch

30 Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

den Baumbestand und seine Struktur beeinflusst. Sie benötigen Bäume beispielsweise als Lebensraum, können aber auch die Bäume stark beeinflussen (z.B. Symbiont, Ursache von Störungen). Die Bodenvegetation, Moose und Flechten werden durch die Struktur und Zusammensetzung des Baumbestandes beeinflusst, insbesondere durch die Lichtverhältnisse am Boden. So kann die Anzahl der Gefäßpflanzen nach Einstellung der forstlichen Nutzung in relativ kurzen Zeiträumen abnehmen (Meyer 2018). Andererseits können Deckung und Artenzahl der Bodenvegetation durch große Lücken infolge des Zusammenbruchs alter Bäume deutlich zunehmen. Die Waldbindung

der Arten sollte miteinbezogen werden. Dies ermöglicht Aussagen über die Naturnähe der Wälder (Schmidt et al. 2003). Der Boden und das Klima wiederum beeinflussen sowohl den Baumbestand als auch die Bodenvegetation, Fauna und Pilze. Dieses Modell kann im Laufe der Zeit und mit zunehmender Erfahrung in der Naturwaldforschung oder neuen Techniken um neue Aspekte erweitert werden.

Die Naturwaldforschung hat nicht zum Ziel, eine Momentaufnahme des Ökosystems Wald bzw. Naturwald abzubilden, sondern die Entwicklung des Naturwaldes und die darin ablaufenden Prozesse zu untersuchen.

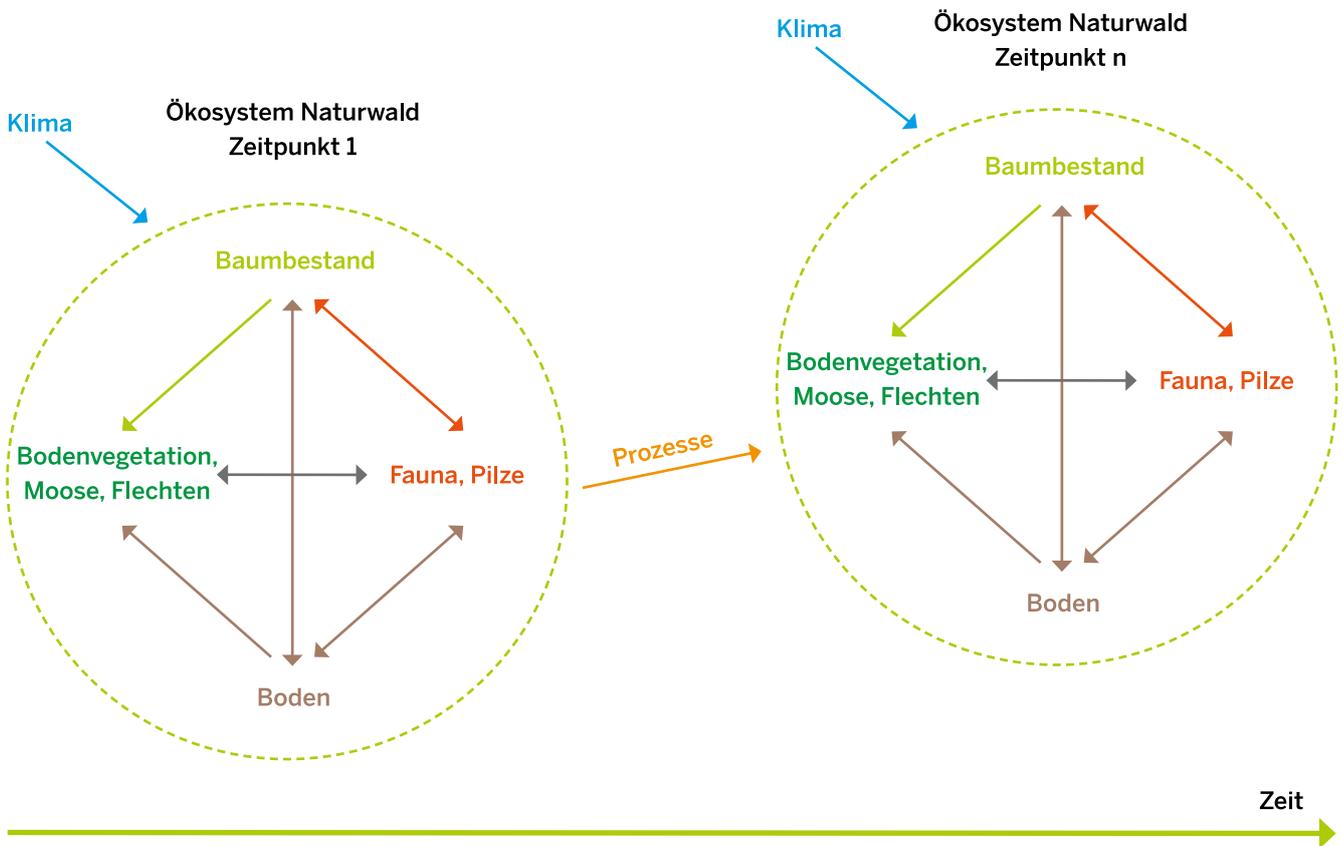


Abbildung 13: Konzeptionelles Modell des Ökosystems Naturwald für die Naturwaldforschung in den NWZ in NRW

6.2 Forschungsfragen

Forschungsfragen sind wichtig, um relevante Prozesse und entsprechende Untersuchungsparameter zu identifizieren und sich auf diese zu fokussieren. Sie sollten auf ihre Gültigkeit und Zukunftsfähigkeit immer wieder überprüft werden (Lindenmayer und Likens, 2009). NWZ sind laut Runderlass (IV A2-3.1-07- v. 20.11.1970) des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NRW Bestände, in denen eine ungestörte Entwicklung des Bodens, der Vegetation und der Tierwelt sowie die Regeneration des Waldes Gegenstand forstwissenschaftlicher Untersuchungen sind. Daher

ist die übergeordnete Fragestellung für die Forschung in den Naturwaldzellen:

Wie entwickelt sich das Ökosystem Wald unter Prozessschutz-Bedingungen und welche Rückschlüsse können für eine naturnahe Waldbewirtschaftung gezogen werden?

Da die Entwicklung des komplexen und langlebigen Ökosystems Wald in den NWZ nicht vollständig erforscht werden kann, ist eine Auswahl von Teilfragestellungen notwendig. Folgende Teilfragestellungen sollen mit Hilfe der Forschung in den NWZ untersucht werden:

- Wie entwickelt sich die Waldstruktur?
- Wie entwickelt sich die Bodenvegetation?
- Wie entwickeln sich ausgewählte relevante Bodenparameter?
- Wie entwickeln sich ausgewählte Artengruppen hinsichtlich der Biodiversität?
- Wie entwickelt sich die Kohlenstoffspeicherung?
- Welchen Einfluss hat der Klimawandel?
- Welchen Einfluss hat das Schalenwild?
- Welchen Einfluss hat die Waldgeschichte?

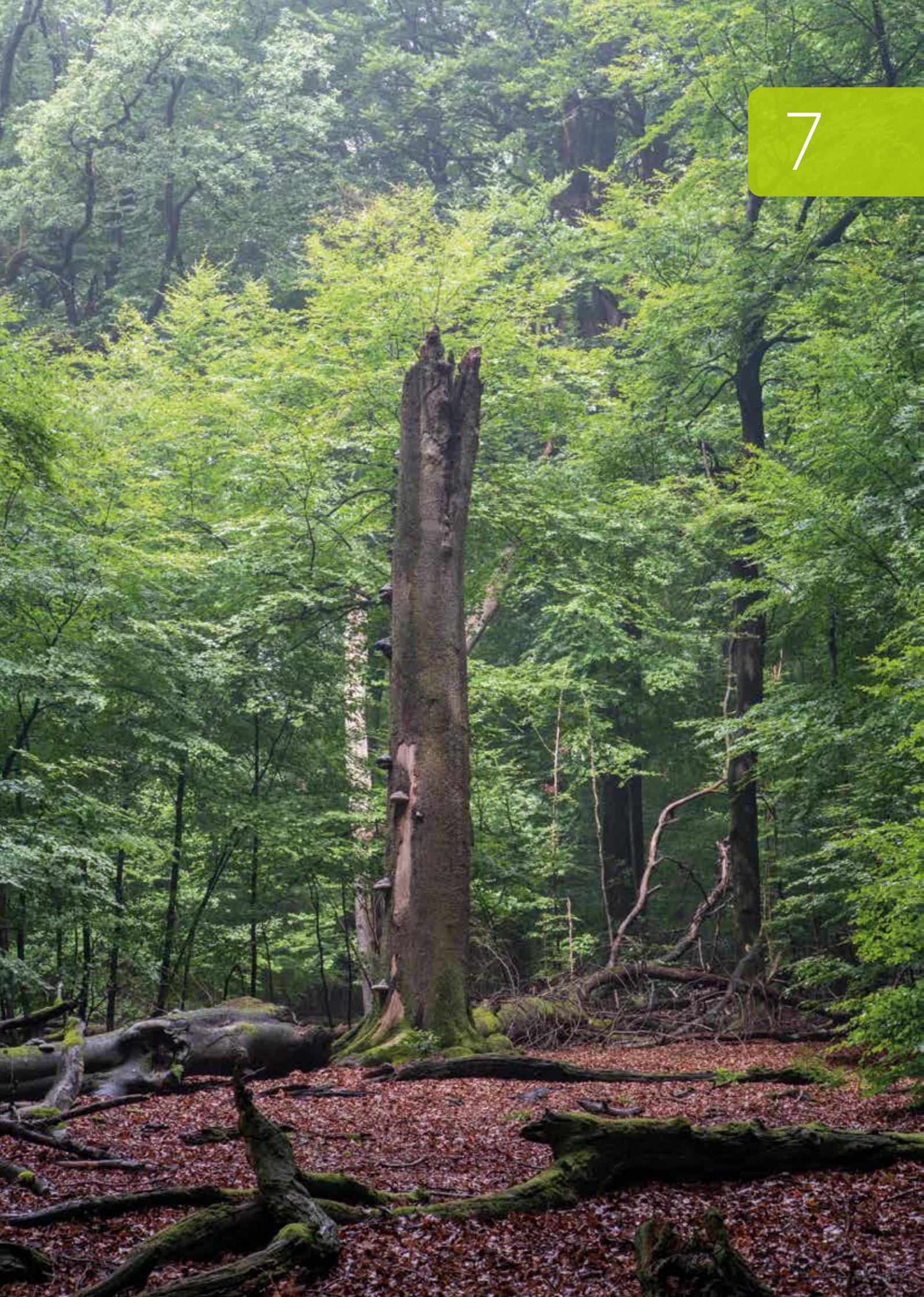
6.3 Relevante Prozesse und abgeleitete Parameter

Die Naturwaldforschung zielt darauf ab, die Entwicklung des Naturwaldes, also die darin ablaufenden Prozesse zu erfassen, zu analysie-

ren und zu dokumentieren. Von den zu untersuchenden relevanten Prozessen werden die notwendigen Parameter abgeleitet. In Tabelle 4 sind die Forschungsfragen, die daraus resultierenden zu untersuchenden Prozesse sowie die abgeleiteten Aufnahmeparameter aufgelistet. Eine genaue Beschreibung der Parameter und deren Aufnahme in den NWZ erfolgt in den Kapiteln 7.3, 7.4 und 7.5. Im Laufe der Zeit wird kontinuierlich zu überprüfen sein, ob sich neue Fragestellungen ergeben haben, ob alle relevanten Prozesse untersucht werden sowie, ob die aufgenommenen Parameter noch der Beantwortung einer Fragestellung dienen.

Tabelle 4: Auflistung der Forschungsfragen, der dafür zu untersuchenden Prozesse und der abgeleiteten Parameter

Forschungsfrage	Prozesse	Parameter
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickelt sich die Waldstruktur? ■ Wie entwickelt sich die Kohlenstoffspeicherung? 	Entwicklung Baumindividuen	Wissenschaftlicher Artname, Objekt-Klasse, Baumnummer, Koordinaten, BHD, Höhe
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickelt sich die Waldstruktur? ■ Wie entwickelt sich die Kohlenstoffspeicherung? ■ Welchen Einfluss hat die Waldgeschichte? ■ Welchen Einfluss hat das Schalenwild? ■ Welchen Einfluss hat der Klimawandel? 	Entwicklung Gesamtbestand	Wissenschaftlicher Artname, Koordinaten, BHD, Höhe
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickelt sich die Waldstruktur? ■ Welchen Einfluss hat der Klimawandel? 	Konkurrenz	Wissenschaftlicher Artname, Koordinaten, BHD, Höhe
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickelt sich die Waldstruktur? 	Mortalität	Wissenschaftlicher Artname, Baumnummer, BHD/Durchmesser
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickelt sich die Kohlenstoffspeicherung? ■ Wie entwickelt sich die Biodiversität? 	Entwicklung und Abbau Totholz	Wissenschaftlicher Artname, Objekt-Klasse, Baumnummer, Koordinaten, BHD/Durchmesser, Länge, Zersetzungsgrad, Besonnung, Auflage
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickelt sich die Waldstruktur? ■ Wie entwickelt sich die Biodiversität? 	Entwicklung Mikrohabitate	Anzahl und Art der Mikrohabitate, Baumnummer, Koordinaten
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickelt sich die Bodenvegetation? ■ Welchen Einfluss hat der Klimawandel? 	Entwicklung Bodenvegetation	Wissenschaftlicher Artname, Deckungsgrad, Mittlere Höhe, Gesamtartenliste, Klimadaten
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickelt sich die Waldstruktur? ■ Wie entwickelt sich die Bodenvegetation? ■ Welchen Einfluss hat das Schalenwild? ■ Welchen Einfluss hat der Klimawandel? 	Entwicklung Verjüngung	Wissenschaftlicher Artname, Anzahl, Höhenklasse, Verbiss, Klimadaten
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickeln sich ausgewählte relevante Bodenparameter wie z.B. Humusaufgabe und der Kohlenstoffgehalt im Boden? ■ Wie entwickelt sich die Kohlenstoffspeicherung? ■ Welchen Einfluss hat der Klimawandel? 	Entwicklung Kohlenstoffspeicherung in Pflanzen, Humus und Boden	C-Gehalt im Baumbestand, Humusaufgabe, C-Gehalt in Humus und Boden, Klimadaten
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wie entwickelt sich die Biodiversität? ■ Welchen Einfluss hat der Klimawandel? 	Populationsentwicklung ausgewählter Organismengruppen	Wissenschaftlicher Artname und Anzahl xylobionter Käfer, Laufkäfer, Ringelwürmer, Weiß- und Braunfäulepilze, Moose und Flechten, Art und Volumen Totholz, Anzahl und Art Mikrohabitate, Klimadaten



Überarbeitetes Monitoringkonzept

7.1 Einteilung der NWZ in Intensitätsstufen

Bisher lag der Schwerpunkt der Naturwaldforschung in NRW auf der Waldstruktur und der Bodenvegetation im KF-System (317 bzw. 208 Aufnahmen, Stand 31.21.2021). Das KF-System soll durch eine PSI ergänzt, weitere Parameter sollen erhoben und zusätzliche Organismengruppen untersucht werden. Sollten alle Untersuchungen in der gleichen Intensität auf allen 75 NWZ durchgeführt werden, ist fraglich, ob zum einen die entstehende Datenmenge effektiv und sinnvoll genutzt werden kann und ob zum anderen die dazu notwendigen personellen und finanziellen Ressourcen langfristig gesichert sind. Eine Einteilung der NWZ in drei Intensitätsstufen ist daher sinnvoll. In einigen NWZ wird die Forschung intensiviert, auf anderen das bisherige Monitoring weitergeführt und auf wenigen NWZ werden die Zeitintervalle zwischen den Aufnahmen der Waldstruktur und Bodenvegetation variiert. Die 75 NWZ werden in folgende Intensitätsstufen eingeteilt (s. Abbildung 18):

- Naturwaldzellen mit Forschungsschwerpunkt (NWZ FP)
- Naturwaldzellen mit Standardprogramm (NWZ SP)
- Naturwaldzellen mit Extensivprogramm (NWZ EP)

NWZ mit Forschungsschwerpunkt

Notwendiges Kriterium für diese Gruppe ist das Vorhandensein einer KF. Auf Flächen ohne KF wurden bisher sehr wenige Untersuchungen durchgeführt, so dass hier keine Zeitreihen vorliegen. Zudem wurden keine NWZ ausgewählt, die sich im Privatwald befinden, um die Forschung und die Instandhaltung der Zäune langfristig zu sichern. Auf 64 NWZ treffen die beiden oben genannten Kriterien zu. Acht dieser NWZ tragen unterschiedliche azonale Waldgesellschaften, z.B. Moor-Birken-Bruchwald. Diese NWZ sind in der Regel vergleichsweise klein (1,4-18,8 ha), weshalb dort lediglich wenige SPK eingerichtet werden könnten. Zudem gibt es keine ausreichende Anzahl an Wiederholungen der gleichen Waldgesellschaft.

Beides ist problematisch für eine statistische Auswertung. Aus diesen Gründen werden diese Flächen keine NWZ FP, bleiben aber für spezielle Untersuchungen oder Projekte offen.

Die verbleibenden 56 NWZ wurden den folgenden vier, für NRW wichtigsten, zonalen Waldtyp-Klassen zugeordnet:

Buchenwälder stark saurer Böden (16 NWZ)

Darunter sind die nord- und mitteleuropäischen planaren Drahtschmielen-Buchenwälder sowie die kollinen bis submontanen Hainsimsen-Buchenwälder auf stark sauren Böden nach Härdtle et al. (2004) zusammengefasst. Sie kommen vor allem auf basenarmen Braun- und Parabraunerden bzw. bei besonders nährstoffarmen Substraten auf Podsol-Braun- und Podsol-Parabraunerden vor. Ausgangssubstrat für Drahtschmielen- und Hainsimsen-Buchenwälder bilden vor allem basenarme Silikatgesteine, Geschiebelehme und -sande sowie Lössablagerungen. In NRW sind Lössböden unter Wäldern überwiegend basenarm (Gehrmann 1996). Zumeist bilden sich in Drahtschmielen- und Hainsimsen-Buchenwäldern aufgrund niedriger pH-Werte Moder-Humusformen (Härdtle et al. 2004).

Buchenwälder stark saurer Böden nehmen wenigstens 58 % der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation (hpnV) und mindestens 61 % der noch vorhandenen Waldfläche ein (Asche 2004). Planare Buchenwälder stark saurer Böden in NRW befinden sich schwerpunktmäßig im Westen des niederrheinischen Tiefland und der Kölner Bucht, in nördlichen Teilen des Weserbergland sowie im Süden der Westfälischen Bucht. Kolline bis submontane Buchenwälder stark saurer Böden haben in NRW ihren Verbreitungsschwerpunkt im Sauerland, dem Bergischen Land sowie der Eifel.



Abbildung 14: Beispiel für Buchenwälder stark saurer Böden NWZ 18 „Hellerberg“

Buchenwälder stark saurer Böden – montan (9 NWZ)

Bei diesem Waldtyp handelt es sich um die montanen bis hochmontanen Hainsimsen-Buchenwälder der Mittelgebirge ab mindestens 450 m ü. N.N.. Ausgangssubstrate sind Silikategesteine sowie Lössablagerungen. Die Bodentypen und Humusformen entsprechen denen der übrigen kollinen und submontanen Buchen-

wälder stark saurer Böden. Der Anteil montaner Buchenwälder stark saurer Böden an der Waldfläche würde nach hpnV rund 5 % ausmachen, aktuell sind es etwa 14 % der Waldfläche (Asche 2004). Verbreitungsschwerpunkt der montanen Buchenwälder stark saurer Böden sind das Rothaargebirge und die Hochlagen der Eifel.



Abbildung 15: Beispiel für Buchenwälder stark saurer Böden montan NWZ 21 „Brandhagen“

Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden (17 NWZ)

Diese Waldtyp-Klasse umfasst sowohl die Buchenwälder mäßig nährstoffreicher Böden (Waldmeister-Buchenwälder) als auch die Buchenwälder nährstoffreicher Böden (Waldgersten-Buchenwälder) nach der Definition von Härdtle et al. (2004).

Die Waldmeister-Buchenwälder wachsen auf verschiedensten Ausgangsmaterialien und Bodentypen mittlerer Basen- und Nährstoffversorgung. Im Mittelgebirge sind Braun- und Parabraunerden mit der vorherrschenden Humusform Mull typisch. Im Tiefland sind Buchenwälder mäßig nährstoffreicher Böden eher auf Parabraunerden mit Moder anzutreffen (Härdtle et al. 2004).

Waldgersten-Buchenwälder kommen auf zwei Typen von Böden vor: zum einen auf Rendzinen und Pararendzinen, zum anderen auf frischen basenreichen Lehm Böden über kalkhaltigem Ausgangsgestein oder basenreichem Silikatgestein. Bei letzterem Typ liegt die Entkalkungsgrenze unterhalb des Hauptwurzelraumes, wobei aber basische Kationen aus dem Unterboden einer Versauerung entgegenwirken. Bei Asche (2004) wird der Anteil von Buchen-

wäldern (mäßig) nährstoffreicher Böden an der hpnV mit rund 13 % beziffert. An der derzeitigen Waldfläche sind die Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden mit etwa 13 % beteiligt. In NRW findet man Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden großflächig in den südlichen und östlichen Wuchsbezirken des Weser- und Weser-Leine BergLand, im Kernmünsterland, in der Kalkeifel sowie im Osten der Hellwegbörde.



Abbildung 16: Beispiel für Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden NWZ 6 „Sandkaul“

Eichenwälder und Eichenmischwälder (14 NWZ)

In diese Waldtyp-Klasse fallen NWZ, die laut Forsteinrichtung einen Eichenanteil von über 50 % an der Gesamtgrundfläche haben. Die Standorte können sowohl in der Nährstoffversorgung, Bodenart als auch im Wasserhaushalt variieren. Auf einigen Flächen sind diese

Eichenwälder vermutlich Ersatzgesellschaften, die durch die Pflege des Menschen erhalten blieben. Eichenwälder sind wichtig für den Erhalt der Biodiversität vieler Organismengruppen (Ssymank 2016; Bußler 2016, Mölder et al. 2019). Daher sollen NWZ mit hohen Eichenanteilen auch Forschungsschwerpunkt-Flächen werden.



Abbildung 17: Beispiel für Eichenwälder und Eichenmischwälder NWZ 9 „Am Sandweg“

36 Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

Von jeder der oben beschriebenen vier Waldtyp-Klassen werden mindestens vier NWZ mit Forschungsschwerpunkt (FP) ausgewählt, die zusätzlich folgende Kriterien erfüllen:

- Mindestens eine KF ist gezäunt, mindestens eine Kernfläche ist ungezäunt.
- Die NWZ befindet sich im Staatswald.
- Die NWZ ist größer als 15 ha oder umgeben von anderen Naturwäldern (WEG, Kernfläche des NLP Eifel).
- Jedes der sechs forstlichen Wuchsgebiete in NRW (Gauer und Aldinger 2005) soll in den NWZ mit FP mindestens einmal vertreten sein.

Alle NWZ, die die oben genannten Kriterien erfüllen, wurden nach Größe der NWZ plus der umgebenden Naturwälder sortiert. Die Größten wurden in der Regel als FP ausgewählt. Sollten so nicht alle forstlichen Wuchsgebiete in den NWZ FP vertreten gewesen sein, mussten Flächen entsprechend getauscht werden. Die umgebenen Naturwälder wurden in die Auswahl mit einbezogen, um Untersuchungen dieser Flächen mitnutzen und Organismen mit aufzunehmen, für die die Fläche der NWZ allein zu klein ist. Die Auswahl der NWZ FP ist in Tabelle 5 dargestellt. Die NWZ 12 und 65 sowie die NWZ 32 und 34 wurden jeweils zu einer NWZ FP zusammengefasst, da sie direkt aneinandergrenzen und eine gemeinsame Aufnahme im Rahmen einer PSI sinnvoll ist. Somit erhöht sich die Anzahl der NWZ FP von geplanten 16 auf 18 Einzelflächen.

In den NWZ FP soll die Forschung konzentriert und intensiviert werden. Die Aufnahmen in den KF werden fortgeführt, die Zäune bleiben erhalten, einige Parameter werden ergänzt, wenige aufgegeben (s. Kapitel 7.3 und 7.4). Das Monitoringprogramm der Waldstruktur und Bodenvegetation wird auf diesen NWZ und den umgebenden WEG (s. Tabelle 5) durch eine PSI erweitert und zusätzliche Organismengruppen werden aufgenommen (s. Abbildung 19, Kapitel 7.2 und 7.5). Die Aufnahmen werden alle zehn Jahre stattfinden. Sollten NWZ FP innerhalb des NLP Eifel liegen, sollen in Absprache mit der Nationalparkverwaltung Daten der PSI des NLP verwendet werden.

Alle NWZ stehen für Forschungsvorhaben anderer Forschungseinrichtungen nach Absprache mit der Koordinierungsstelle bei Wald und Holz NRW zur Verfügung. Nach Möglichkeit sollten diese Aktivitäten in den NWZ FP stattfinden, damit von diesen Flächen ein möglichst umfangreicher Datensatz entsteht, der viele verschiedene Aspekte der Ökosystemforschung abbildet.

NWZ mit Standardprogramm (SP)

Von den 64 prinzipiell als FP geeigneten NWZ verbleiben 46 NWZ. Diese wurden als NWZ mit Standardprogramm klassifiziert (s. Abbildung 18). Dort wird das Monitoring wie bisher fortgeführt (s. Abbildung 19). In den KF werden weiterhin Waldstruktur und Bodenvegetation

Bisheriges Monitoringkonzept



Überarbeitetes Monitoringkonzept



Abbildung 18: Einteilung der 75 NWZ in drei Intensitätsstufen, Kriterien der Flächenauswahl. Zahl entspricht der Anzahl der NWZ, die den drei Intensitätsstufen zugeordnet werden. Die Anzahl der NWZ FP ist 18, da jeweils zwei aneinandergrenzende NWZ zu einer NWZ FP zusammengefasst wurden (s. Tabelle 5).

aufgenommen. Die Bodenvegetation wird in den bereits eingerichteten Stichprobenflächen, i.d.R. 16 Dauerbeobachtungflächen (DBF) à 20 m x 20 m, aufgenommen. Der Abstand zwischen den Aufnahmen kann je nach Waldentwicklungsphase variieren; der bisherige 10-jährige Turnus soll nach Möglichkeit beibehalten werden. Während der 5-jährigen Bereisung soll abgeschätzt werden, ob starke Veränderungen im Wald zu erwarten sind und eine Aufnahme in den nächsten fünf Jahren empfehlenswert ist. Die Zäune sollen erhalten bleiben. In begründeten Einzelfällen kann, im Einvernehmen mit der Obersten Forstbehörde, davon abgewichen werden.

Können in den NWZ SP besondere Fragestellungen oder Aspekte untersucht werden, kann das Monitoring auf diesen Flächen intensiver fortgeführt werden. Dies trifft beispielsweise auf die NWZ 41 „Hunau“ mit dem Aspekt Buchen-Fichten Konkurrenz oder auf die NWZ 55 „Kirchheller Heide“ als einem der wenigen Birken-Eichenwälder zu.

Einige NWZ SP sollen für die Öffentlichkeitsarbeit ausgewählt werden (s. Kapitel 9.2). Diese sollten NWZ sein, die bereits von vielen Erholungssuchenden genutzt werden, die durch

Wanderwege erschlossen oder gut einsehbar sind. Ziel ist es hier, die ohnehin zahlreichen Erholungssuchenden zu informieren und zur Schonung der NWZ zu lenken.

NWZ mit Extensivprogramm (EP)

Elf NWZ haben bisher keine KF bzw. befinden sich im Privatwald. Diese wurden den NWZ mit Extensivprogramm (EP) zugeordnet (s. Abbildung 18). Laut Runderlass (IV A2-3.1-07- v. 20.11.1970, mit dem Stand vom 10.11.2019) des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NRW soll für alle Flächen eine Basisaufnahme durchgeführt werden. Für die Flächen, von denen noch keine Basisaufnahme vorliegt, soll überprüft werden, ob durch Landwaldinventur (LWI) und Forsteinrichtung ausreichend Daten vorhanden sind. Sollte dies nicht der Fall sein, so wird auf diesen Flächen eine Stichprobeninventur mit Aufnahme der Waldstruktur und der Bodenvegetation durchgeführt. Im Rahmen der 5-jährigen Bereisung soll auch auf diesen Flächen abgeschätzt werden, ob aufgrund besonderer Veränderungen (z.B. große Störungen) eine Aufnahme sinnvoll ist. Die Zäune sollen i.d.R. erhalten bleiben. In begründeten Einzelfällen kann, im Einvernehmen mit der Obersten Forstbehörde, davon abgewichen werden.

Bisheriges Monitoringkonzept

75 NWZ Standardprogramm

- Vollaufnahme Waldstruktur auf KF alle 10 Jahre
- Aufnahme Bodenvegetation auf DBF auf KF alle 10 Jahre
- Aufnahme anderer Organismengruppen projektbezogen

Überarbeitetes Monitoringkonzept

18 NWZ Forschungsschwerpunkt

- Vollaufnahme Waldstruktur auf KF und PSI alle 10 Jahre
- Aufnahme Bodenvegetation auf 16 DBF auf KF und PSI alle 10 Jahre
- Aufnahme anderer Organismengruppen
- Bodenanalysen

46 NWZ Standardprogramm

- Vollaufnahme Waldstruktur auf KF alle 10 Jahre
- Aufnahme Bodenvegetation auf DBF auf KF alle 10 Jahre

11 NWZ Extensivprogramm

Basisaufnahme Waldstruktur und Bodenvegetation, falls noch keine Daten vorhanden, Basisaufnahme über Stichprobenkreise

Abbildung 19: Zusammenfassung des Monitoringprogramms der drei Intensitätsstufen der NWZ. Zahl entspricht der Anzahl der NWZ, die den drei Intensitätsstufen zugeordnet werden. Die Anzahl der NWZ FP ist 18, da jeweils zwei aneinandergrenzende NWZ zu einer NWZ FP zusammengefasst wurden (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Ausgewählte NWZ FP RFA = Regional Forstamt, NWZ SP sind in Anhang A: Naturwaldzellen mit Standardprogramm und NWZ EP in Anhang B: Naturwaldzellen mit Extensivprogramm aufgelistet

NWZ Nr.	Name NWZ	Jahr der Ausweisung	RFA	Höhe min [m ü N.N.]	Wuchsgebiet	Fläche NWZ [ha]		Name WEG	WEG Größe [ha]	Gesamtfläche mit WEG [ha]	Anzahl Untersuchungen		
											Waldstruktur	Vegetation	Andere Organismengruppen
Buchenwälder stark saurer Böden													
12	Hochwald I	1971	Niederrhein	60	Niederrheinisches Tiefland	13,7		WG-KLE-0004-01	33,3	74,7	5	3	1
65	Hochwald II	1994		30		27,7					3	3	1
14	Geldenberg	1971	Niederrhein	50	Niederrheinisches Tiefland	21,9		WG-KLE-0002-02	96,8	118,7	5	2	3
18	Hellerberg	1976	Arnsberger Wald	350	Sauerland	109,8		WG-HSK-0003-07; -08; -09	179,1	288,9	5	3	4
74	Großer Steinberg	2004	Rhein-Sieg-Erft	110	Bergisches Land	45,3				45,3	2	2	1
Buchenwälder stark saurer Böden (montan)													
3	Schäferheld	1971	Nationalparkforstamt	460	Nordwesteifel	23,3		Kernfläche NLP			6	3	11
20	Grauhain	1976	Siegen-Wittgenstein	480	Sauerland	49,8		WG-SI-0002-10	28,5	78,3	5	3	0
21	Brandhagen	1976	Oberes Sauerland	760	Sauerland	24,2		WG-HSK-0009-04	12,1	36,3	5	3	2
23	Schiefe Wand	1976	Oberes Sauerland	690	Sauerland	77,1		WG-HSK-0010-01; -03	38,0	115,1	5	3	1
Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden													
30	Untere Kellberg	1978	Hochstift	250	Westfälische Bucht	12,6		WG-PB-0011-01	125,4	138,0	5	4	1
31	Hellberg	1979	Hochstift	260	Weserbergland	58,3				58,3	5	2	3
32	Am Karlsbrunn	1979	Hochstift	280	Weserbergland	28,5				41,1	5	4	1
34	Süstertal	1978		200		12,9					5	3	3
75	Hermannsberg	2005	Ostwestfalen-Lippe	230	Weserbergland	80,7				80,7	1	0	0
Eichenwälder und Eichenmischwälder													
9	Am Sandweg	1971	Rhein-Sieg-Erft	40	Niederrheinische Bucht	18,3		WG-K-0001-03	42,9	61,2	6	4	7
11	Littard	1971	Niederrhein	30	Niederrheinisches Tiefland	24,5				24,5	6	3	3
25	Wartenhorster Sundern	1978	Münsterland	60	Westfälische Bucht	9,8		WG-WAF-0004	13,8	23,6	5	3	4
54	Probstforst	1984	Rhein-Sieg-Erft	165	Niederrheinische Bucht	36,3				36,3	4	3	5
Gesamtfläche						732,2		Gesamtfläche mit WEG (ohne Kernzone NLP)	1.244,6				

7.2 Einrichtung der Permanenten Stichprobeninventur

Für die PSI wird ein Raster über die NWZ und das umgebende WEG eingerichtet, eingehängt in das Raster der LWI. Um eine ausreichende Anzahl an Aufnahmen von mindestens 20 Probekreisen zu erhalten, hängt die Rastergröße und damit die Anzahl der Probekreise von folgenden Faktoren ab:

- Form und Größe der NWZ bzw. WEG
- Heterogenität des Bestandes
- Heterogenität des Standortes

Daraus wurden für die NZW FP drei unterschiedliche Rastergrößen abgeleitet: 100 m x 100 m, 125 m x 125 m sowie 150 m x 150 m.

In den NWZ „Hellberg“ und „Hellerberg“ wurden bereits zwei PSI in den 1990er Jahren durchgeführt. Es wurde damals ein Raster von 100 x 100 m verwendet. Dies wird zur Fortführung der Zeitreihen beibehalten. Liegt die NWZ in der Kernzone des NLP, wird ein Raster auf der NWZ eingerichtet und in Absprache mit der NLP-Verwaltung Daten des NLP hinzugezogen. Die Einrichtung des Stichprobenkreises erfolgt in Anlehnung an das PSI-System des NLP (Nationalparkverwaltung Eifel 2017) und der WEG.

An den Rasterpunkten werden Stichprobenkreise (SPK) mit einem Radius von 12,62 m eingerichtet. Dies entspricht einer Kreisfläche von 500 m² (0,05 ha). Der Mittelpunkt des Probekreises wird dauerhaft mit einem metallischen Vermarkungsrohr markiert, um den Mittelpunkt auch mit einem Metalldetektor wiederzufinden zu können. Zur besseren Wiederauffindbarkeit wird auf das Vermarkungsrohr eine gelbe Abschlusskappe gesetzt und der Punkt mit einem farbigen Holzpflock gekennzeichnet.

Für die Aufnahme der Bodenvegetation wird 1 m westlich des Mittelpunktes ein 10 x 10 m großes Quadrat und für die Verjüngungs- und Verbissaufnahmen 1 m östlich des Mittelpunktes ein 5 x 5 m großes Quadrat eingerichtet. 100 m² für die Aufnahme der Bodenvegetation im Wald sind relativ klein und sollte nicht unterschritten werden. Durch eine ausreichende Anzahl an SPK und die größeren DBF in den KF wird dies ausgeglichen. Im Abstand von 10 m vom Mittelpunkt, werden in den Haupt- und Nebenhimmelsrichtungen Proben für die Bodenanalysen genommen (s. Kapitel 7.4, Abbildung 20). Für die Aufnahme der Bestandesstruktur, der Bodenvegetation, der Verjüngung und des Verbisses erfolgt in den entsprechenden Flächen eine Vollaufnahme (Details der Aufnahmen s. Kapitel 7.3, 7.4).

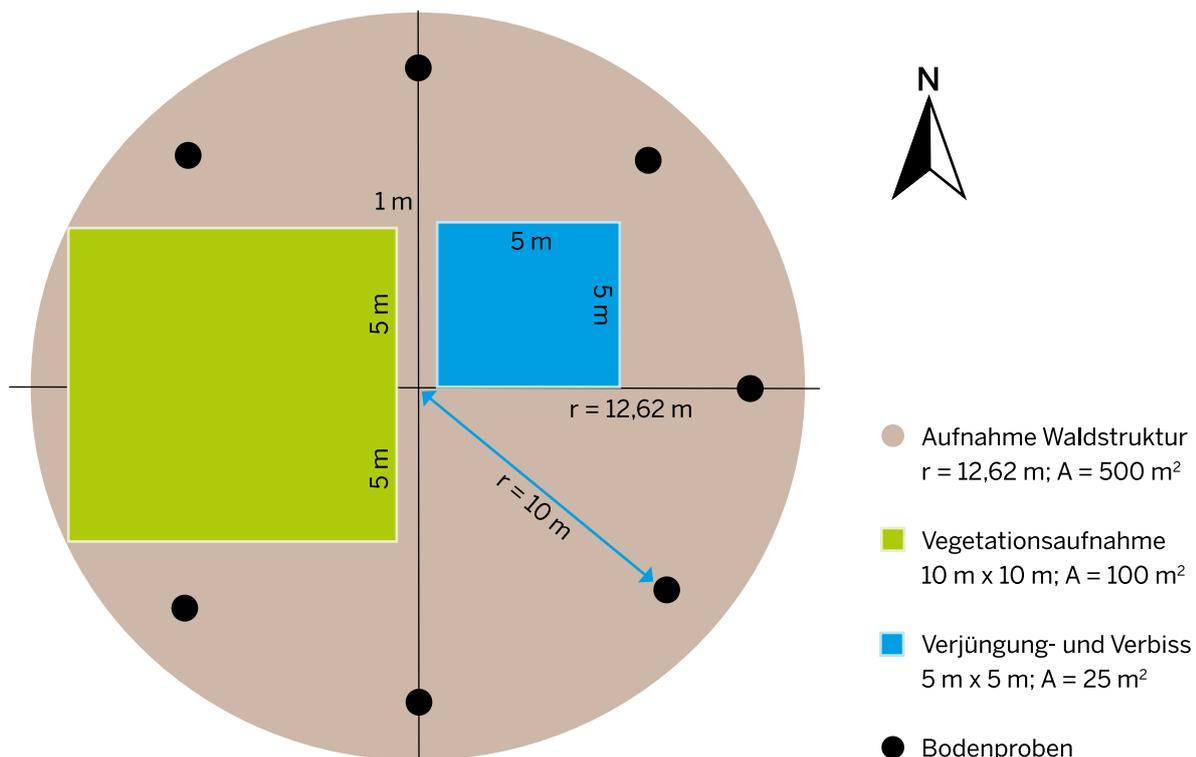


Abbildung 20: Schematische Darstellung des Aufbaus eines Stichprobenkreises für die PSI

7.3 Aufnahme Waldstruktur

7.3.1 Zielsetzung

Waldbäume interagieren intensiv mit allen anderen Kompartimenten des Ökosystems (z.B. Bodenvegetation, Fauna) (s. Abbildung 13 und Kapitel 6.1). Die Aufnahmen der Waldstruktur-Parameter liefern wichtige Basisdaten für weitere wissenschaftliche Arbeiten und stehen daher oft im Mittelpunkt eines interdisziplinären Naturwald-Monitorings (Meyer et al. 2001). Mit Hilfe der Waldstruktur-Parameter sollen die Forschungsfragen in Kapitel 6.2 beantwortet werden. Weiterhin soll die Ent-

wicklung des Totholzes und der Mikrohabitate (Kraus et al. 2016) dokumentiert werden, die wichtige Grundlagen für viele andere Organismen sind. Angestrebt wird, die Aufnahme der Waldstruktur, der Bodenvegetation und anderer Organismen möglichst zeitnah (max. 2-3 Jahre) durchzuführen, um so Verknüpfungen zwischen den Daten zu ermöglichen.

Das Monitoring der Waldstruktur soll dazu beitragen, verschiedene Forschungsfragen zu beantworten. Diese und die dafür zu untersuchenden Prozesse sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Relevante Prozesse zur Beantwortung der Forschungsfragen

Forschungsfragen	Zu untersuchende Prozesse
Wie entwickelt sich die Waldstruktur?	Entwicklung einzelner Baumindividuen, des Bestandes insgesamt, Konkurrenz, Mortalität, Mikrohabitate, Entwicklung und Abbau Totholz
Wie entwickelt sich die Kohlenstoffspeicherung?	Entwicklung einzelner Baumindividuen, des Bestandes insgesamt, Konkurrenz, Entwicklung und Abbau Totholz
Welchen Einfluss hat der Klimawandel?	Entwicklung der Verjüngung und des Bestandes insgesamt, Konkurrenz
Welchen Einfluss hat das Schalenwild?	Entwicklung der Verjüngung und des Bestandes insgesamt
Welchen Einfluss hat die Waldgeschichte?	Entwicklung des Bestandes insgesamt

In Kapitel 4 konnte am Beispiel der NWZ 3 gezeigt werden, dass mit Hilfe des bisherigen Monitorings und den daraus entstanden Zeitreihen bereits zahlreiche Erkenntnisse gewonnen werden konnten. Es bestehen aber auch Wissenslücken, die mit Hilfe der Aufnahme weiterer Parameter oder der weiteren Auswertung der vorhandenen Daten geschlossen werden

sollen. Einige der bisherigen Erkenntnisse und entsprechende bestehende Wissenslücken sind in Tabelle 7 aufgelistet. Diese Tabelle soll Grundlage für einen fortwährenden Prozess sein, in dem regelmäßig überprüft wird, welche Wissenslücken bestehen und wie sie geschlossen werden können.

Tabelle 7: Ausgewählte Erkenntnisse und Wissenslücken bei der Erfassung der Waldstruktur

Erkenntnisse	Wissenslücken
Bestandesentwicklung	Naturnähe des Bestandes, Verknüpfung der Daten mit Klimadaten
Einfluss Schalenwild (indirekt durch Zaun)	Quantifizierung des Verbisses
Verjüngung der Baum- und Straucharten nach Art und Anzahl	Höhenklassen der Verjüngung

7.3.2 Abgeleitete Waldstruktur-Parameter

Die aufzunehmenden Waldstruktur-Parameter sollten für die Untersuchung der oben genannten Forschungsfragen, Prozesse und zur Schließung der Wissenslücken relevant sein und zudem folgende Kriterien erfüllen:

- einfach und nach Möglichkeit das ganze Jahr erfassbar
- repräsentativ
- gut definierbar

- häufig genutzt, damit ein Datenaustausch möglich ist
- statistisch auswertbar
- gutes Kosten-/Nutzenverhältnis (Meyer et al. 2001)

In Tabelle 8 und Abbildung 22 sind die Parameter für die Aufnahme der Waldstruktur aufgelistet und dargestellt.

42 Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

Tabelle 8: Parameter der Waldstrukturaufnahme auf der KF und PSI – $S_{(15)}$ Stichprobe ca. 15 % pro Baumart, gleichmäßig über das Durchmesser-Spektrum verteilt, V = Vollaufnahme, V(T) = Vollaufnahme Teilfläche, MDD = Mindestdurchmesser (Zopfdurchmesser)

Parameter Waldstruktur	stehender Bestand		liegender Bestand		relevant für	NWZ-Intensitätsstufen
	lebend	tot	lebend	tot		
wissenschaftlicher Artnamen	V	V	V	V	waldökologische Grundinfor- mation	NWZ FP, SP, bei EP Totholz Aufteilung nach Laub-, Nadel- und Eichenholz ¹
Objekt-Klasse	V	V	V	V	differenziertes Bild der Bestandes-Objekte, bzw. Entwicklung der Bestandes- Objekte, Mortalität, Volumen- berechnung	NWZ FP, SP und EP
Baumnummer	V	V	V	V	Einzelbaumbezogene Daten- reihen	NWZ FP und SP
Baumkoordinaten	V		V		räumliche Verteilung und Ent- wicklung Einzelbaumbezoge- ne Datenreihen	NWZ FP und SP ²
Durchmesser in 1,3 m Höhe/von Stammfuß	V	V	V	V	Grundinformation für Wald- wachstum und Bestandes- struktur	NWZ FP, SP und EP
Mitteldurchmesser ³	V	V	V	V	Volumenberechnung	NWZ FP, SP und EP ⁴
Baumhöhe/-länge	S(15)	V	S(15)	V	Grundinformation für Wald- wachstum und Bestandes- struktur	NWZ FP, SP und EP
Baumschicht ⁵	V				horizontale Verteilung und Entwicklung	NWZ FP, SP und EP
Kleinstrukturen und Habitate	V	V	V	V	Aussagen zum Struktureich- tum, Biodiversität diverser Organismengruppen (s. Kapitel 7.5)	NWZ FP, SP und EP
menschlicher Einfluss	V	V	V	V	Trennung von natürlichen Pro- zessen und direktem mensch- lichem Einfluss	NWZ FP, SP und EP
Schäle	V		V		Abschätzung des Wileinflus- ses auf Artenzusammenset- zung und Struktureichtum	NWZ FP, SP und EP
Zersetzungsgrad, ab MDD ≥ 20 cm		V		V	differenzierte Totholzuntersu- chungen, evtl. Aussagen zum Struktureichtum, Biodiversi- tät diverser Organismengrup- pen (s. Kapitel 7.5)	NWZ FP, SP und EP
Besonnung, ab MDD ≥ 20 cm		V		V		NWZ FP und SP
Auflage, ab MDD ≥ 20 cm				V		NWZ FP und SP

¹ Totholz Artengruppen, falls Art nicht mehr bestimmbar. Wegen der Bedeutung des Eichenholzes für spezialisierte Arten und der eigenen Zersetzungsdynamik wird diese extra aufgenommen

² Auf NWZ EP ist die Bezugsgröße ha. Einzelbaumbezogene Daten werden nicht mehr erhoben, da die Baumnummern nach mehreren Jahren nicht mehr nachvollziehbar sind.

³ sofern Objekt mit Stammfuß und Länge/Höhe $\geq 1,3$ m, sonst Mitteldurchmesser

⁴ Totholzerfassung in NWZ FP ab MDD ≥ 7 cm, in NWZ SP und EP ab MDD ≥ 20 cm

⁵ wird in den KF aus den Höhenmessungen berechnet, bei der PSI im Gelände geschätzt, da Berechnung aufgrund der geringen Stammzahl im SPK zu klein für eine Berechnung

Aufnahme Verjüngung

Im Rahmen der Aufnahme der Bodenvegetation wird der Deckungsgrad der Strauchschicht (0,5–6 m) nach Arten in Prozent geschätzt. Dies wird zukünftig so fortgeführt. Im Rahmen der Aufnahme der Waldstruktur wurde auf der gesamten KF die Anzahl aller Bäume und Sträucher mit einem BHD größer 4 und kleiner 7 cm, nach Art getrennt, aufgenommen. Dieser Parameter wird ersetzt durch die Aufnahme aller lebenden Gehölzpflanzen, inkl. Straucharten, mit einem BHD < 7 cm und ab einer Höhe von 0,5 m nach Art, Anzahl und Höhenklasse (s. Tabelle 9), in Anlehnung an das Verfahren der NW-FVA (NW-FVA 2017). Die Aufnahme erfolgt auf Teilflächen der SPK (s. Kapitel 7.2) und auf der KF.

In den NWZ FP wird dazu die KF in 20 m x 20 m-Quadrate eingeteilt. Die DBF der Aufnahme der Bodenvegetationsaufnahme werden als Ausgangspunkt für das Raster verwendet (s. Abbildung 21 A). In der südwestlichen Ecke dieser 20 m x 20 m-Quadrate werden Stichprobenflächen von 50 m² (7,07 m x 7,07 m, entspricht 800 m²/ha) für die Aufnahme der Gehölzver-

jüngung > 1,5 m Höhe und Stichprobenflächen von 20 m² (4,47 m x 4,47 m, entspricht 320 m²/ha) zur Aufnahme der Gehölzverjüngung ≤ 1,5 m eingerichtet. Bei einer quadratischen KF mit einem Hektar Größe hat dies 16–26 Quadrate zur Folge. Für die 50 m² großen Quadrate liegt der Stichprobenumfang damit zwischen 8 % und 13 % der KF und bei den 20 m²-Quadraten zwischen 3 % und 5 % der KF, systematisch über die gesamte KF verteilt.

Für die NWZ SP erfolgt dies analog. Allerdings wird die KF nicht vollständig in 20 m x 20 m-Quadrate unterteilt, sondern es werden die DBF der Bodenvegetation verwendet (s. Abbildung 21 B). Für die Verjüngung < 1,5 m ergibt sich damit ein Stichprobenumfang von 2 % und für die Verjüngung über > 1,5 m liegt er bei 4 %. Ohne neue Einmessung kann der Stichprobenumfang um vier weitere Flächen auf insgesamt zwölf erhöht werden, was einem Stichprobenumfang von 2 % bzw. 6 % entspricht.

In den NWZ EP wird die Verjüngung nicht aufgenommen.

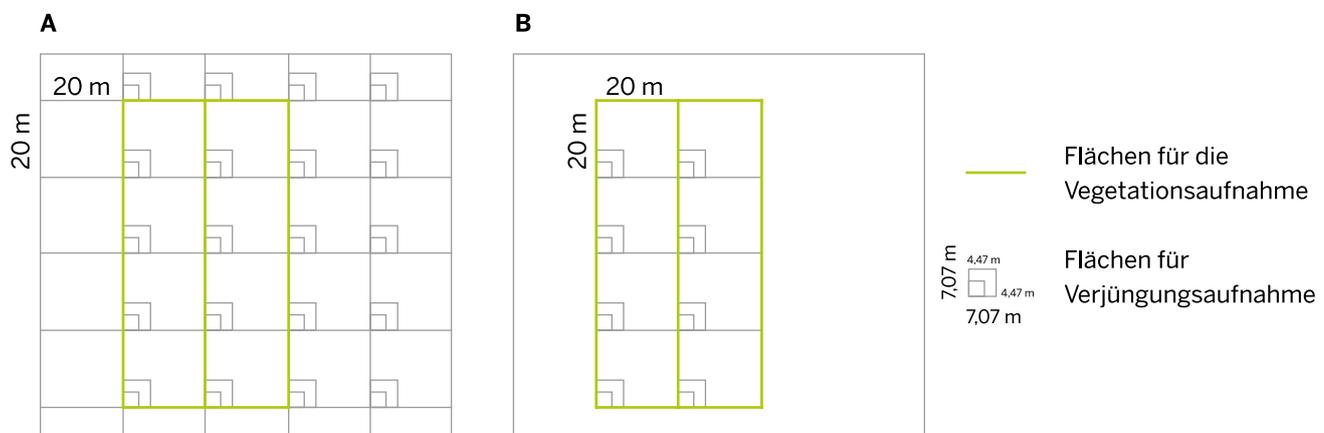


Abbildung 21: Einteilung der KF in Teilflächen für die Aufnahme der Verjüngung und des Verbisses in den NWZ FP (A) und NWZ SP (B)

Aufnahme Einfluss des Schalenwilds

Der Einfluss des Schalenwilds wird zurzeit indirekt durch den Vergleich der Anzahl und Höhe der Verjüngung auf der gezäunten und nicht gezäunten KF dargestellt. Dieser Kontrast liefert wichtige Informationen und soll erhalten bleiben. Diese Aussage soll durch eine direkte Aufnahme des Verbisses in den NWZ FP und SP ergänzt werden. Auf der ungezäunten KF wird der Verbiss in den 20 m²-Quadraten der Verjüngungsaufnahme aufgenommen. Auf der

gezäunten KF geschieht dies lediglich, wenn der Zaun nicht mehr wilddicht ist. Bei den NWZ FP erfolgt die Aufnahme auf den gleichen Teilflächen der SPK, auf denen auch die Verjüngung aufgenommen wird. Die Verbissansprache wird in Anlehnung an NW-FVA (2017) und Odermatt (2018) durchgeführt. Aufgenommen wird der Jahres-Verbiss des vorrausgehenden Jahres am Terminaltrieb pro Baumart und Höhenklasse. Der prozentuale Anteil an verbissenen Pflanzen wird in fünf Stufen geschätzt.

44 Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

Tabelle 9: Parameter der Aufnahme der Verjüngung und des Verbisses

Parameter	relevant für:
wissenschaftlicher Artname	waldökologische Grundinformation
Anzahl	Dichte und Artzusammensetzung der Verjüngung
Höhenklassen ¹ [$\geq 0,5$ m – $< 1,3$ m, $\geq 1,3$ m – $\geq 3,0$ m und $> 3,0$ m]	Höhenverteilung und Konkurrenz der Verjüngung
Verbiss [letztjähriger Verbiss am Terminaltrieb]	Abschätzung des Wildeinflusses auf die Verjüngung

¹ Höhenklassen sind deckungsgleich mit denen im NLP und WEG

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Parametern werden bei allen lebenden Bäumen ≥ 7 cm BHD die Schälstellen (Länge oder Breite > 10 cm) aufgenommen, die nicht älter als zwölf Monate sind. Dabei wird nach dem Präsenz-Absenz-Prinzip vorgegangen.

Zukünftig nicht mehr aufgenommene Parameter

Die momentan erhobenen Parameter wurden dahingehend überprüft, ob sie noch einer aktuellen Fragestellung unterliegen (s. Kapitel 6, Abbildung 12). Einige Parameter werden zukünftig nicht mehr erhoben bzw. durch andere Parameter ersetzt. Diese Parameter und eine Begründung für deren Aufgabe sind in der Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: Parameter, die nicht weiter aufgenommen werden, da sie keiner aktuellen Fragestellung unterliegen bzw. keine Zeitreihen oder keine klaren Definitionen vorliegen.

Parameter	Begründung
Kronenansatz	Wird erst seit 2017 erhoben, es liegen keine Zeitreihen vor. Eine Auswertung ist in Kombination mit Kronenradien, z.B. für Kronenmodellierung sinnvoll. Kronenradien wurden und werden jedoch zukünftig nicht erhoben
Vitalitätsklasse	Es liegt keine klare Definition vor. Die Vitalität eines Baumes kann auch indirekt durch Höhe und BHD abgeleitet werden
Schäden	Nach 10 bis 20 Jahren nicht zuverlässig feststellbar
Mortalitätsursache	Nach 10 bis 20 Jahren nicht zuverlässig feststellbar
Vollaufnahme Verjüngung auf der KF ≥ 4 cm bis < 7 cm BHD	Ersetzt durch Verjüngungsaufnahme auf Teilflächen der KF und SPK
Mittendurchmesser für Totholz (≥ 7 cm)	Ausführlichere Begründung s.u. und Tabelle 11

70 Totholzaufnahmen aus 28 NWZ zeigen, dass bei liegendem Totholz bis zu einem Mindestdurchmesser von 20 cm rund 81 % der Holzstücke aufgenommen werden, diese Stücke aber nur etwa 12 % des gesamten Totholzvolumens ausmachen (s. Tabelle 11). Um die Totholzaufnahme zu vereinfachen, wird das liegende Totholz zukünftig in den NWZ SP und EP erst ab einem Mindestdurchmesser von 20 cm auf-

genommen. In den NWZ FP wird weiterhin das liegende Totholz ab einem Mindestdurchmesser von 7 cm aufgenommen. Dazu wird über die KF ein 20 m x 20 m-Rasternetz gelegt (s. Aufnahme Verjüngung, Abbildung 21).

In Abbildung 22 ist eine Zusammenfassung, welche Parameter auf welchen Intensitätsstufen erhoben werden, dargestellt.

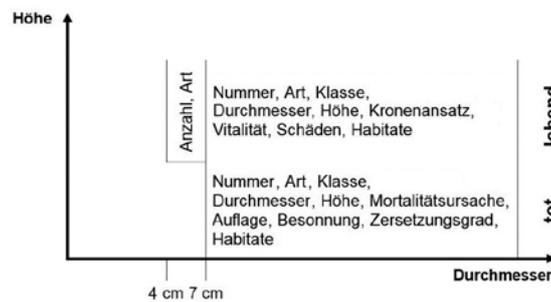
Tabelle 11: Verhältnis der Anzahl der Totholzstücke (liegend) zum Volumen des Totholzes im Bezug zum Mindestdurchmesser (gemessen am schwächeren Ende). Ergebnis aus 70 Totholzaufnahmen auf 28 NWZ.

Mindestdurchmesser [cm]	Anzahl kumulativ [%]	Volumen kumulativ [%]
7	4,9	0,1
8	21,0	0,6
9	33,8	1,2
10	43,2	1,9
11	51,0	2,6
12	57,1	3,5
13	62,2	4,5
14	66,0	5,3
15	69,7	6,4
16	72,5	7,5
17	75,1	8,6
18	77,1	9,7
19	79,1	10,8
20	80,7	12,1
21	82,1	13,3
22	83,4	14,6
23	84,7	16,1
24	85,7	17,5
25	86,9	19,1



Durchführung der Waldstrukturaufnahme durch einen Mitarbeiter des Teams Waldnaturschutz in der NWZ 60 „Nonnenstromberg“

NWZ „alt“



NWZ FP



NWZ SP



NWZ EP

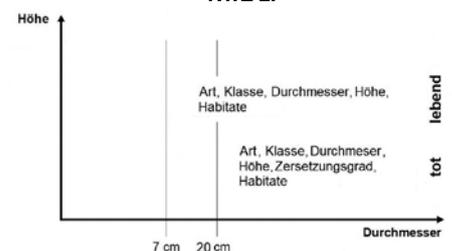


Abbildung 22: Zusammenfassung der Waldstrukturparameter unterteilt nach den drei Intensitätsstufen der NWZ

7.4 Aufnahme der Bodenvegetation und ausgewählter Standortparameter

7.4.1 Zielsetzung

Die Bodenvegetation reagiert im Vergleich zur Baumschicht relativ schnell auf Veränderungen durch Verschiebung der Arten- bzw. der Dominanzstruktur. Pflanzen der krautigen Vegetation eignen sich durch eine große Artenzahl und bekannte Standortansprüche, beispielsweise die Zeigerwerte von Ellenberg (2010), zur Beschreibung des momentanen Waldzustandes und der darin ablaufenden Prozesse unter sich verändernden Umweltbedingungen (Schmidt und Schmidt 2007). Durch die bekannten Standortansprüche der meisten Arten können sie als Indikatoren für Stoffeinträge und Veränderungen der Standorte genutzt werden. Unter Berücksichtigung der Waldbindung der Arten ist auch eine Aussage über die Naturnähe

der Bestände möglich (Schmidt et al. 2003, Schmidt et al. 2011).

Zur besseren Beschreibung des Standortes sollen zukünftig auch die Humusauflage und der Kohlenstoff-Gehalt (C-Gehalt) im Boden untersucht und deren Veränderungen dokumentiert werden. Humus ist wichtig für die Bodenfruchtbarkeit, beeinflusst das Wasserspeichervermögen und spielt eine wichtige Rolle bei der Kohlenstoffbindung (Flessa et al. 2012). Sowohl die Entwicklung der Humusauflage als auch des C-Gehaltes im Boden sind wichtige Faktoren in Fragen des Klimawandels.

Mit Aufnahme der Bodenvegetation und der Bodenparameter sollen die in Tabelle 12 aufgeführten Forschungsfragen und entsprechenden Prozesse untersucht werden.

Tabelle 12: Zusammenfassung der Forschungsfragen und abgeleitete, zu untersuchende Prozesse für die Bodenvegetation, Standortparameter und Einfluss des Schalenwilds

Forschungsfragen	Zu untersuchende Prozesse
Wie entwickelt sich die Bodenvegetation?	Entwicklung Bodenvegetation
Welchen Einfluss hat der Klimawandel?	Entwicklung Bodenvegetation
Welchen Einfluss hat die Waldgeschichte?	Entwicklung Bodenvegetation
Wie entwickelt sich die Kohlenstoffspeicherung?	Entwicklung C-Speicherung in Pflanzen, Humus und Boden
Wie entwickeln sich Bodenparameter und der Kohlenstoffgehalt im Boden?	Entwicklung der Humusauflage und des C-Gehaltes im Boden

Wie bei den Waldstruktur-Parametern wurden auch bei den Parametern der Bodenvegetation und des Standortes Wissenslücken festgestellt, die mit Hilfe zukünftiger Aufnahmen oder

weiterer Auswertung der vorhandenen Daten geschlossen werden sollen. Diese und bisherige Erkenntnisse sind in Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Ausgewählte Erkenntnisse und Wissenslücken bei der Erfassung der Bodenvegetation und Standortparameter

Erkenntnisse	Wissenslücken
Artenzusammensetzung und Dominanzstruktur der krautigen Vegetation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Waldbindung der Arten ■ Naturnähe des Bestandes ■ Krautige Pflanzen als Indikator für Einträge
Bodenparameter (einmalige Aufnahme durch Feinbodenkartierung)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Entwicklung Humusauflage und Kohlenstoff im Boden
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Einbindung Klimadaten in die Auswertungen

7.4.2 Abgeleitete Bodenvegetations- und Standortparameter

Aufnahme krautige Vegetation

Zur Erhaltung und Fortführung der Zeitreihen wird die Methodik der Aufnahmen in Anlehnung an Braun-Blanquet (1964) beibehalten. Der Deckungsgrad wird direkt in Prozent geschätzt und diese Angaben in einer Datenbank gespeichert. Für eine Auswertung in Verbindung mit älteren Daten werden die Prozent-Angaben in die modifizierte Skala für die Schätzung der Deckungsgrade nach Pfadenhauer et al. (1986) umgerechnet. Die Aufnahmen der krautigen Vegetation wird in allen 16 bereits eingerichteten Dauerbeobachtungsflächen durchgeführt und bei den NWZ FP zusätzlich auf den Teilflächen der Stichprobenkreise (SPK) (s. Kapitel 7.2). Die Gesamtartenliste auf der KF wird weiter fortgeführt, um das erstmalige Auftreten von Arten in NWZ zu dokumentieren, die als Neophyten später invasiv werden können (z.B. *Impatiens parviflora*) oder als Indikatoren für Umweltveränderungen wie den Klimawandel gelten (z. B. *Juglans regia*). Der Aufnahmezeitpunkt in NWZ mit geophytenreicher Vegetation wird nach phänologischen Aspekten festgelegt. Für die Frühjahrsaufnahme gilt die Blütezeit der Anemone nemorosa und für die Sommeraufnahme der Zeitraum der phänologischen Phasen des Deutschen Wetterdienstes vom Frühsommer bis zum Spätsommer.

Bodenanalysen (Humusaufgabe und Kohlenstoffgehalt im Boden)

In allen NWZ FP soll eine Feinbodenkartierung durchgeführt werden. Sofern sie noch nicht vorliegt, soll sie sobald wie möglich mit Hilfe des Geologischen Dienstes NRW nachgeholt werden.

In den NWZ FP soll zusätzlich die Humusaufgabe und der C-Gehalt im Boden bestimmt werden. Die Probenahme erfolgt in Anlehnung an die Bodenzustandserhebung (BZE II) und soll alle 10–20 Jahre durchgeführt werden. Um den Mittelpunkt des SPK wird im Abstand von 10 m jeweils in den acht Haupt- und Nebenhimmelsrichtungen eine Bodenprobe genommen (s. Abbildung 20). Bei einer Wiederholung der Probenahme werden die Stellen der Bodenproben um 10 Gon verschoben.

Die Humusaufgabe wird mit einem Stechrahmen oder einem Stechzylinder entnommen. Die Humusaufgabe wird in L-, Of- und Oh-Lage getrennt beprobt. Alle acht Proben eines Horizonts werden für die weiteren Analysen vereint. Vegetationsteile und lebende Wurzeln

werden entfernt, Äste, Zweige und Fruchtschalen bleiben in der Probe. Für den Mineralboden werden an den acht Punkten Bodenproben in den Stufen 0–5 cm, 5–10 cm sowie 10–30 cm genommen.

Pro Stufe wird eine Mischprobe erstellt. Die Proben werden laut Handbuch der Forstlichen Analytik getrocknet, der Humusvorrat berechnet und der pH-Wert gemessen (Gutachterausschuss Forstliche Analytik 2014). Der Kohlenstoffgehalt der Mischproben wird mit einer Elementaranalyse mittels Elementaranalysatoren bestimmt (Wellbrock et al. 2016).

Klimadaten

Klimadaten für die NWZ FP und SP werden aus der Datenbank des Deutschen Wetterdienstes entnommen. Sie sollen zukünftig in die Auswertung der Daten mit einbezogen werden, um Rückschlüsse auf den evtl. Einfluss des Klimawandels auf die Vegetation ziehen zu können. Die aufzunehmenden Parameter sind in Tabelle 14 zusammengefasst dargestellt.



In der NWZ 23 „Schiefe Wand“ ist die Fichte am Bestandesaufbau beteiligt.

48 Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

Tabelle 14: Parameter für Aufnahme der Bodenvegetation und des Standortes. DBF = Dauerbeobachtungsflächen

Parameter	relevant für	NWZ Intensitätsstufen
wissenschaftlicher Arname	waldökologische Grundinformation	NWZ FP, SP, EP
Deckungsgrad Vegetation in %	Dichte und Artenzusammensetzung	NWZ FP auf 16 DBF und SPK, NWZ SP auf 16 DBF, NWZ EP auf 8 DBF oder SPK
Höhe	Entwicklung Bodenvegetation	NWZ FP auf 16 DBF und SPK, NWZ SP auf 16 DBF, NWZ EP auf 8 DBF oder SPK
Gesamtartenliste auf der KF	Artenzusammensetzung, evtl. Einwanderung anderer Arten	NWZ FP und SP auf KF
Klimadaten	Einfluss des Klimawandels auf Bodenvegetation, Veränderung der Artenzusammensetzung	NWZ FP und SP
Humusaufgabe	Veränderungen der Humusaufgabe und des C-Gehaltes im Boden	NWZ FP auf SPK
Kohlenstoffspeicherung im Boden	Veränderung der Humusaufgabe und des C-Gehaltes im Boden	NWZ FP auf SPK

7.5 Untersuchungen der Biodiversität

Gemäß der Biodiversitätsstrategie des Land Nordrhein-Westfalen sollen Wälder eine natürliche Vielfalt von Flora und Fauna beherbergen und so ihre Schutzfunktion gewährleisten (MKULNV 2015). In Naturwäldern sind sehr alte, absterbende und abgestorbene Bäume natürlich vorkommende Bestandteile. Sie besitzen eine große Bedeutung für die Artenvielfalt – vor allem im Hinblick auf die walddynamischen Arten der Alters- und Zerfallsphase: Moos-, Flechten-, Pilz- und Insektenarten (Paillet et al. 2010). Nicht nur Altbestände, sondern auch junge Sukzessionsstadien sowie struktur- und blütenreiche Waldinnen- und -außenränder sind wichtig für den Erhalt der Artenvielfalt.

In bewirtschafteten Wäldern wird der Großteil der Bäume in der Regel weit vor Erreichen ihrer natürlichen Altersgrenze entnommen und auch die frühe Pionierphase der Waldentwicklung mit offenen und halboffenen Lebensräumen wird zumeist ausgespart. Daher ist das Lebensraumangebot für auf diese Waldentwicklungsphasen spezialisierte Arten eingeschränkt. Naturwälder mit einem forstlichen Nutzungsverzicht von mehreren Jahrzehnten und idealerweise einer Fläche von mindestens 30 ha (Korpel 1995) können somit als Referenzflächen für das Potenzial der Wälder in Bezug auf die Vielfalt vieler walddynamischer Artengruppen fungieren.

Im NLP Eifel werden die Veränderungen der Lebensräume mit ihrer Flora und Fauna in ihrer natürlichen, eigendynamischen Entwicklung erfasst. Ziel des Monitorings ist es, die Entwicklung der Biodiversität und ausgewählter Zielarten des Nationalparks zu dokumentieren und Erkenntnisse für den Prozess- und den Naturschutz sowie für eine naturnahe Waldbewirtschaftung zu gewinnen. Zu diesem Zweck werden flächendeckende Erhebungen (z.B. Biotopkartierung), systematisch-punktuell Stichproben (z.B. Boden- und Waldzustand), die ökologische Flächenstichprobe sowie Erhebungen zu ausgewählten Arten (z.B. FFH-Anhangsarten) durchgeführt. Zudem werden Untersuchungen zu speziellen Organismengruppen durchgeführt, die für die natürliche Waldentwicklung von besonderer Bedeutung sind und nicht hinreichend im Rahmen des Monitorings erfasst werden (Nationalparkverwaltung Eifel 2008).

Im Rahmen der Erstinventarisierung der Wildnisentwicklungsgebiete (WEG) wurde ebenfalls eine flächendeckende Biotoptypenkartierung durchgeführt und ausgewählte Organismengruppen erfasst. Ziel der Inventarisierung ist es, den Ausgangszustand bei Ausweisung zu dokumentieren, um später die Entwicklung der Waldlebensräume bewerten zu können. Die Erhebungen können als Referenzdaten für Stichprobenverfahren sowie für eine natur-

nahe Bewirtschaftung der Wälder verwendet werden. Darüber hinaus werden in sogenannten Repräsentativflächen Waldstruktur- und Vegetations-Aufnahmen, Biotopbaum-Erfassungen, Brutvogel- und Fledermaus-Kartierungen sowie Erfassungen der Pilzgemeinschaften durchgeführt (Hinterlang und Birwe 2015).

Die Naturwaldzellen zeichnen sich durch einen vergleichsweise langen forstlichen Nutzungsverzicht aus. Andererseits liegt ihre durchschnittliche Flächengröße mit rund 20 ha deutlich unter der Größe der Kernzone des

NLP Eifel sowie der WEG. Die Entwicklung des Waldbestandes und der Vegetation in den NWZ wurde im Rahmen des kontinuierlichen Monitorings seit mehreren Jahrzehnten untersucht und bietet eine fundierte fachliche Grundlage zur Biodiversität dieser Gruppen. Im Folgenden soll ausgeführt werden, inwieweit dies auf weitere Organismengruppen ausgeweitet werden soll. Für einige NWZ liegen bereits Untersuchungen zur Besiedlung durch verschiedene Organismengruppen vor, in wenigen Fällen in Form von Wiederholungsuntersuchungen (s. Tabelle 15).

Tabelle 15: Anzahl der NWZ, in denen entweder einmalige oder mehrfache Aufnahmen unterschiedlicher Organismengruppen durchgeführt wurden.

Organismengruppen	Einmalige Aufnahme	Zwei Aufnahmen	Drei Aufnahmen	Vier Aufnahmen
Vögel	14	9	1	3
Käfer	19	6	0	0
Weiß- und Braunfäulepilze	28	3	0	0
Moose und Flechten	12	0	0	0
Spinnen	3	0	0	0
Weichtiere	3	0	0	0
Spechtkartierung FFH	0	0	0	2
Springschwänze	1	0	0	0
Stechimmen	2	0	0	0

7.5.1 Zielsetzung

Die Untersuchungen zur Biodiversität der NWZ sollen prinzipiell sämtliche Ausprägungen der biologischen Vielfalt berücksichtigen, von der genetischen Vielfalt über die Artengemeinschaften bis hin zur Landschaftsebene. Der Schwerpunkt soll dabei auf einem Systemverständnis liegen, mit einer Orientierung an Nahrungsnetzen und keiner Fokussierung auf seltene oder gefährdete Arten. Mit Hilfe von Zeitreihen können Entwicklungen von Populationen und Ökosystemen erfasst werden. Zahlreiche Organismengruppen haben eine Steuerfunktion und beeinflussen das Funktionsgefüge der Waldökosysteme. Zudem können sie als Indikatoren für Naturnähe und Biodiversität genutzt werden, da sie räumliche und funktionale Beziehungen sehr gut widerspiegeln. Die Verknüpfung der Daten der Waldstruktur, Mikrohabitate und Vegetation mit zoologischen Daten ermöglicht die Analyse der Wechselwirkungen der Tierpopulationen im Ökosystem Wald (Winter et al. 1999). Aufgrund der relativ geringen Größe der NWZ soll der Fokus auf

Artengruppen mit geringen Raumansprüchen liegen (z.B. Arthropoden, Pilze, Moose). Das Ziel der Überarbeitung des Monitorings im Bereich Biodiversität ist es, die zukünftigen Untersuchungen zu strukturieren und Schwerpunkte in Bezug auf Artengruppen und Flächen zu setzen. Die vorliegenden Erkenntnisse für die NWZ sollen einbezogen werden, um langjährige Aussagen und Wiederholungsuntersuchungen zu ermöglichen (Organismengruppen, Untersuchungsansatz). Darüber hinaus soll der Abgleich mit den WEG und dem NLP wie auch mit überregionalen Untersuchungen verbessert werden.

Konzeptionell sollen gemäß der Ausrichtung auf die Naturwaldforschung vorrangig typische Organismengruppen der Alters- und Zerfallsphase untersucht werden (Paillet et al. 2010). Die Mehrzahl der NWZ befindet sich in dieser Phase oder wird sie in den nächsten Jahrzehnten erreichen. Zukünftig werden auch andere Phasen in den NWZ entstehen, evtl. müsste dann die Untersuchung der Biodiversität ent-

50 Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

sprechend angepasst werden. In Bezug auf das zugrunde gelegte Modell (s. Kapitel 6.1) sollen möglichst vielfältige trophische und funktionelle Gruppen erfasst werden. Die bisher untersuchten Organismengruppen und Methoden sollen im Hinblick auf ihre Aussagekraft und Reproduzierbarkeit überprüft und ggf. korrigiert bzw. ergänzt werden.

Wissenschaftlich werden folgende Ziele angestrebt:

- Erfassung des Zustands ausgewählter Organismengruppen
- Veränderung dieser Organismengruppen im Verlauf natürlicher Waldentwicklung
- Analyse und Interpretation der Daten im Hinblick auf kausale Zusammenhänge
- Ableitung von Maßnahmen für Naturschutz und naturnahe Waldbewirtschaftung

Untersuchungen der Biodiversität sollen auf die NWZ FP konzentriert werden, damit Zeitreihen entstehen können, die die Beobachtung der Entwicklung der Populationen erst ermöglichen. Weitere NWZ sollen je nach Fragestellung ergänzend für Aufnahmen der Biodiversität hinzugezogen werden.

7.5.2 Aufnahme der Biodiversität

Im Rahmen des Naturwald-Monitorings ist eine Begrenzung auf ausgewählte Organismengruppen notwendig (Winter et al. 1999). Zur Erreichung der oben genannten wissenschaftlichen Ziele sollen darüber hinaus Flächen ausgewählt

werden, in denen technische Vorarbeiten (z.B. Einrichtung der SPK) durchgeführt und Basisdaten (z.B. Waldstruktur) bereits erhoben worden sind. Daher werden folgende Leitlinien zu Grunde gelegt:

- Beschränkung auf funktionell und indikativ bedeutsame Gruppen
- Auswahl repräsentativer Flächen bzw. Strukturen
- Einsatz möglichst standardisierter, reproduzierbarer und einfacher Methoden
- Ergänzung durch Zusatzprogramme für weitergehende Fragestellungen

Winter et al. (1999) empfehlen anhand der Kriterien Artenzahl, ökologischer Kenntnisstand, Bestimmbarkeit, Steuerfunktion im Ökosystem, Quantifizierbarkeit, Indikatorfunktion, Stratenzugehörigkeit und trophische Ebene folgende Tiergruppen: Coleoptera (Käfer), Macrolepidoptera (Großschmetterlinge), Aves (Vögel), Annelida (Ringelwürmer), Hymenoptera aculeata (Stechimmen), Araneae (Spinnen) und Heteroptera (Wanzen).

Im Rahmen der Erstellung eines einheitlichen Methodenleitfadens zum Insektenmonitoring in Deutschland (Streitberger et al. 2021) werden für das Monitoring häufiger Insekten in Wäldern folgende Gruppen empfohlen: Laufkäfer und bodenlebende Spinnen (Bodenfallen) sowie ergänzend die xylobionten Käfer (Kreuz-Fensterfallen), letztere vor allem in unbewirtschafteten Wäldern.



100-jähriger Buchenwald in der NWZ 40 „Obere Schüttshöhe“

Zusätzlich ist zu beachten, dass auf jene Artengruppen fokussiert werden sollte, deren Raumanspruch dem Größenangebot der NWZ entspricht. Bis auf wenige Ausnahmen bedeutet dies, dass die NWZ sich nicht für Untersuchungen zu Populationsentwicklungen der Vögel und Fledermäuse eignen (i.d.R. < 50 ha). Zudem werden beide Artengruppen im Rahmen der WEG-Inventarisierung in 32 Gebieten untersucht (s.o., i.d.R. > 50 ha). Daher sollen die Erkenntnisse für Vögel und Fledermäuse schwerpunktmäßig in den WEG gewonnen werden. In den NWZ werden sie lediglich im Rahmen von ergänzenden Untersuchungen erfasst. Aus diesen Gründen sollen in den NWZ mit Forschungsschwerpunkt standardisiert die Organismengruppen Käfer (Laufkäfer, xylobionte Käfer), Regenwürmer, Pilze, Moose und Flechten untersucht werden.

Untersuchungsdesign

Für alle Gruppen werden die Untersuchungen in den zehn selben Stichprobenkreisen (SPK) durchgeführt, um die verschiedenen Gruppen in Beziehung setzen zu können. Diejenigen SPK die einem Sonderstandort entsprechen oder sich in Waldrand-Nähe befinden, werden dabei ausgeschlossen. Von den verbleibenden Punkten werden zehn der Waldtyp-Klasse entsprechende SPK systematisch ausgewählt, die sich nicht in direkter Nachbarschaft befinden. Die systematische Verteilung der SPK hängt dabei von der Form und Gesamtanzahl der SPK auf der NWZ ab. In jeder NWZ liegt ein SPK auf der ungezäunten KF, um eine Vergleichbarkeit mit älteren Aufnahmen sicherzustellen.

In den bisherigen Untersuchungen in den NWZ wurden auch Methoden verwendet, wie z.B. Handfangmethoden, bei denen die Erfahrung des Gutachters oder der Gutachterin den Umfang der Ergebnisse beeinflussen kann. In waldökologischen Studien und in den aktuellen Entwürfen für ein überregionales Monitoring von Insekten in Wäldern werden daher standardisierte Methoden empfohlen (vgl. Streitberger et al. 2021). Zukünftig werden diese standardisierten Methoden auch für die Erfassung der Organismengruppen in den NWZ genutzt. Dies ermöglicht einen Austausch der Daten mit den geplanten überregionalen Ansätzen zum Monitoring von Biodiversität in Wäldern (z.B. bundesweites Insektenmonitoring, Insektenmonitoring im Wald) und eine Vergleichbarkeit der Aufnahmen über die Zeit. Diese Argumente rechtfertigen die methodische Veränderung mit einem Schwerpunkt auf standardisierte Methoden.

Die Organismengruppen werden i.d.R. in einem 10-jährigen Rhythmus aufgenommen, wobei nicht alle Organismengruppen in einem Jahr aufgenommen werden müssen. Die Aufnahme der Käfer und Pilze sollte möglichst zeitnah nach der Aufnahme der Waldstruktur erfolgen, da diese über das Totholzvorkommen verknüpft sind. Weiterhin sollte die Aufnahme der Regenwürmer, die stark witterungsabhängig ist, wenn möglich für alle NWZ FP, zumindest aber für alle Flächen einer Waldtyp-Klasse, in einem Jahr erfolgen.



Eichenwurzel-Düsterkäfer (*Hypulus quercinus*), entwickelt sich in historisch alten Wäldern im unteren Stammbereich absterbender oder toter Eichen

Käfer

In Deutschland sind etwa 6.500 Käferarten nachgewiesen worden, die im Wald sämtliche Straten vom Boden bis in die Baumkrone besiedeln, oftmals an spezielle Mikrohabitate gebunden sind und vielfältige Nahrungsquellen nutzen. Zudem gibt es einen umfassenden Wissensstand über die ökologische Einnischung der Arten und ein etabliertes Methodenset. Daher sind sie sehr gut zur Beurteilung von Waldökosystemen geeignet (Winter et al. 1999). Bisher (Stand 31.12.2021) wurden für 25 NWZ Erfassungen der Käferfauna durchgeführt, davon in sechs NWZ zusätzlich eine Wiederholungsuntersuchung nach rund 20-25 Jahren (s. Tabelle 15). Fünf dieser Flächen werden zukünftig NWZ FP sein. Die Untersuchungen zeigten eine große Artenvielfalt dieser Gruppe in diesen NWZ. Wesentliche Erkenntnisse der Wiederholungsuntersuchungen waren, dass (i) entsprechend dem zunehmenden Angebot (und wahrscheinlich einer größeren Vielfalt) an Totholzstrukturen eine Zunahme der Arten festgestellt werden konnte sowie, dass (ii) aufgrund des zunehmenden Kronenschlusses licht- und

52 Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

wärmebedürftige Arten abnehmen (Köhler 2014).

Im Fokus der Untersuchungen in den NWZ FP sollen die xylobionten Käfer und die Laufkäfer stehen.

Für die xylobionten Käfer liegen umfassende Daten für 25 Naturwaldzellen vor. Zudem sind sie zukünftig für das bundesweite Insektenmonitoring in Wäldern allgemein und auch in unbewirtschafteten Wäldern vorgesehen (Streitberger et al. 2021). Als xylobionte Käfer werden diejenigen Käferarten bezeichnet, „die sich am oder im Holz jeglicher Zustandsformen und Zerfallsstadien einschließlich der holzbewohnenden Pilze reproduzieren bzw. sich während des überwiegenden Teils ihrer individuellen Lebensspanne dort obligatorisch aufhalten“ (Schmidl und Bußler 2004). Es handelt sich demnach um eine ökologisch definierte Artengruppe, die bundesweit rund 1.400 Arten aus über 70 verschiedenen Käferfamilien umfasst. Der Kenntnisstand zur Ökologie und Lebensweise der Artengruppe ist vergleichsweise gut.



Kreuzfensterfalle an 300-jähriger Eiche mit Stammhöhle

Aufgrund der hohen Artenvielfalt, der unterschiedlichen ökologischen Anspruchstypen und den fünf verschiedenen Substratgilden zeichnen sich die xylobionten Käfer durch eine besonders herausragende Indikatorfunktion für waldökologische Fragestellungen aus. Ein Großteil der Arten sind Altholzbesiedler (Schmidl und Bußler 2004). Viele Arten sind demnach auf naturnahe Waldbestände angewiesen. Die sogenannten „Urwaldreliktarten“ sind ausbreitungsschwache, inzwischen extrem seltene Arten, die nur noch in Wäldern mit langer Habitattradition vorkommen (Eckelt et al. 2018).

Xylobionte Käfer eignen sich demnach als besonders gute Indikatoren für die Struktur und Naturnähe von Wäldern.

Xylobionte Käfer lassen sich mit verschiedenen Methoden erfassen. Für standardisierte Erfassungen im Rahmen ökologischer Studien kommen oft Kreuzfensterfallen zum Einsatz (s. Streitberger et al. 2021). Diese Methode bildet quantitative Daten im Sinne von Aktivitätsdichten ohne konkreten Raumbezug ab. Aufgrund des Artenreichtums umfasst diese Artengruppe einen hohen Bestimmungsaufwand. Zudem stehen wenige Expertinnen und Experten zur Verfügung. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen sowie der hervorragenden bioindikatorischen Eignung sollen sie jedoch weiterhin in den Naturwaldzellen erfasst werden. Um die Verknüpfung mit den bisherigen Untersuchungen zu ermöglichen, sollen zusätzlich an wenigen Probenahmepunkten Handaufsammlungen, z.B. Totholz-Gesiebe durchgeführt werden.

Laufkäfer sind in Deutschland mit 566 etablierten Arten vertreten (Schmidt et al. 2016). Die Imagines der meisten Laufkäferarten leben auf der Bodenoberfläche (epigäisch) oder in den obersten Bodenschichten. Die meisten Arten sind karnivor, manche ernähren sich jedoch zum Teil oder sogar in erster Linie vegetarisch. Laufkäfer sind sowohl als Konsumenten als auch als Beute für etliche Vertreter anderer Tiergruppen von Bedeutung (Trautner 2017). Die Gruppe der Laufkäfer ist gut untersucht und zeichnet sich durch große interspezifische Unterschiede bezüglich der Habitatansprüche, viele stenöke Arten und einen guten Kenntnisstand ihrer Biologie und Ökologie aus. Dies macht sie zu sensiblen und gut interpretierbaren Indikatoren für Veränderungen der Habitateigenschaften. Die aktuelle Verbreitung und Gefährdung der Laufkäferarten in NRW liegt vor (Hannig und Kaiser 2021), so dass die erhobenen Daten eingeordnet werden können.

Für die Erfassung von Laufkäfern haben sich weitgehend standardisierte Erfassungsmethoden etabliert, die reproduzierbare Ergebnisse mit quantitativen Aussagen erlauben. Standardmäßig werden Bodenfallen eingesetzt. Die mit Hilfe von Bodenfallen generierten Daten spiegeln lediglich die Aktivitätsdichten wider, sie ermöglichen somit keinen Flächenbezug. Einem vergleichsweise geringen Arbeitsaufwand für die Geländearbeit stehen aufwendige Bestimmungsarbeiten im Labor gegenüber, die nur durch qualifiziertes Personal geleistet werden können (Trautner und Fritze

1999). Ein großer Vorteil ist, dass die Anzahl an Expertinnen und Experten für diese Artengruppe im Vergleich zu vielen anderen Insektengruppen als hoch anzusehen ist. Im zukünftigen bundesweiten Insektenmonitoring ist eine Erfassung auf Landschaftsebene vorgesehen (Streitberger et al. 2021). So ermöglicht die Aufnahme der Laufkäfer in den NWZ nicht nur den Vergleich mit Wirtschaftswäldern, sondern auch mit den Entwicklungen außerhalb der Wälder.

Die mit Hilfe der beschriebenen Methoden erfassten weiteren Käferfamilien (z.B. Kurzflügelkäfer) sollen ebenfalls mit in die Auswertung einfließen. Dies ermöglicht eine Aussage auf breiterer Basis, in Bezug auf die Artenvielfalt wie auch auf die funktionelle Diversität (z.B. Trophie). Dafür werden die weiteren Gruppen zunächst konserviert und ggf. später durch Spezialisten determiniert bzw. durch die Nutzung moderner Methoden (z.B. Meta-Barcoding) Artenlisten generiert.

Somit werden die Käfer im Wesentlichen durch Artengruppen aus zwei verschiedenen Straten abgedeckt: die epigäische Fauna durch Laufkäfer sowie die alt- und totholzbewohnende Fauna durch xylobionte Käfer. Auf diese Weise lassen sich zahlreiche trophische Gilden abbilden und somit das Spektrum der betrachteten ökologischen Funktionen erweitern.

Regenwürmer

In Mitteleuropa sind 47 Arten von Regenwürmern (Lumbricidae) nachgewiesen worden. Als Primärzersetzer – Zersetzer des Bestandesabfalls – und als Bodenwühler sind sie maßgeblich an der Ausbildung der Humusform beteiligt. Zudem werden sie als Ökosystemingenieure bezeichnet, da sie durch ihre Aktivität sowohl den Gas- und Wassertransport im Boden steuern, als auch mineralische und organische Substanz durchmischen. Lumbriciden besitzen eine feste Standortbindung, da ihre Artenzusammensetzung stark durch den Chemismus der Bodenlösung beeinflusst wird. Somit stellen sie sowohl funktionell als auch indikatorisch eine bedeutende Gruppe dar und werden häufig im Monitoring von Waldökosystemen eingesetzt. Für ihre Erfassung haben sich Standardmethoden etabliert, ihre Bestimmung erfordert in der Regel keinen besonderen Aufwand (Winter et al. 1999).

Die Erfassung der Regenwürmer erfolgt im Frühjahr mit Hilfe von Handauslese der Streuauflage, kombiniert mit einer Extraktion des

Mineralbodens mit Hilfe von Strom oder einer applizierten Lösung. Die Erfassungen sollten möglichst auf allen NWZ mit Forschungsschwerpunkt im gleichen Jahr durchgeführt werden. Sollte dies nicht möglich sein, müssen mindestens die vier NWZ FP eines Waldtyps in einem Jahr aufgenommen werden.



Stehendes Totholz NWZ 66 „Heererer Holz“

Pilze

Pilze haben in unterschiedlichen Bereichen von Waldökosystemen zentrale Funktionen. Saprophytische Pilze bauen im Zusammenspiel mit anderen Bodenorganismen organisches Material in pflanzenverfügbare Nährstoffe um. Symbiotische Pilze, Mykorrhizapilze, sind wichtig für die Nährstoff- und Wasserversorgung der Pflanzen. Parasitische Pilze können zu Störungen und damit zur Bildung von kleineren oder größeren Lücken im stehenden Bestand führen. In diesen drei Gruppen gibt es Pilzarten, die wirts- bzw. substratspezifisch sind.

Darüber hinaus gibt es eine auf Expertenwissen beruhende und weithin akzeptierte Liste an Naturnähe-Zeigerarten. Demnach werden 68 holzzersetzende Pilzarten als Naturnähezeiger definiert, die ihren Schwerpunkt in sehr naturnahen Wäldern aufweisen, eng an die Alters- und Zerfallsphase von Wäldern gebunden sind, einen hohen Anspruch an die Totholzqualität und -quantität aufweisen und bei intensiver Waldbewirtschaftung deutlich zurückgehen (Blaschke et al. 2009). Somit stellen sie sowohl funktionell als auch indikatorisch eine bedeutende Gruppe dar.

Bisher wurden auf 31 NWZ Untersuchungen der Pilzarten durchgeführt, mit dem Fokus auf saprophytische holzabbauende Weiß- und Braunfäulepilze. Auf drei NWZ fand eine Wiederholung statt, sieben dieser 31 NWZ werden zukünftig NWZ FP. Für die Aufnahme der Pilze galten dabei als Kriterium ausschließlich die Pilzfruchtkörper, die auf zufällig provisorisch eingerichteten Teilflächen der KF, sowohl substrat- wie flächenbezogen aufgenommen wurden (Schlechte und Keitel 2007).

Zukünftig sollen neben den Fruchtkörpern der Weiß- und Braunfäulepilze auch die Fruchtkörper der bodenbewohnenden Pilze erfasst werden, um Hinweise auf die vorkommenden Mykorrhizaarten im Wald zu erhalten. Diese Gruppe der Pilze wird im Rahmen der Diskussion um Stickstoffeinträge und Klimawandel häufiger untersucht (Bennett und Classen 2020). Einerseits können sie eine wichtige Rolle bei der Wasserversorgung der Pflanzen spielen, andererseits geht die Artenanzahl und die Ausbildung des Mycel im Boden durch hohe Stickstoffeinträge zurück (Egli und Brunner 2011).

Die Aufnahmen sollen im Spätsommer bis Herbst stattfinden, da in diesem Zeitraum der größte Teil der Pilzarten ihre Fruchtkörper ausbildet. Optimal sind sechs Begehungen der



Pilze an Totholz NWZ 07 „Oberm Jägerkreuz“

Flächen, über zwei Jahre verteilt. Die Begehungen innerhalb eines Jahres sollten mindestens vier Wochen Abstand haben, dies kann aber witterungsbedingt variieren. Auf der Gesamtfläche der ausgewählten SPK werden die Fruchtkörper der Weiß- und Braunfäulepilzarten und der bodenbewohnenden Pilze aufgenommen. Es werden nur Großpilze über 2 mm Größe aufgenommen. Die Aufnahmezeit für Fruchtkörper wird auf 30 Minuten pro SPK begrenzt. Weiterhin soll das Substrat, auf dem sie wachsen, notiert werden, dies bedarf evtl. zusätzlicher Zeit.

Die Bestimmung der Fruchtkörper ist keine Vollaufnahme der vorkommenden Pilzarten, da es Pilzarten gibt, die nur selten oder nie Fruchtkörper ausbilden oder witterungsbedingt im Jahr der Aufnahme keine Fruchtkörper gebildet haben. Ergänzend zu der Erfassung der Fruchtkörper könnten zukünftig Bodenproben genommen, die Pilz-DNA extrahiert, mit Hilfe einer DNA-Sequenzierung und einem Vergleich mit entsprechend gut bearbeiteten Datenbanken die Pilze im Boden bestimmt werden. Dies würde ein umfassenderes Bild der vorkommenden Pilzarten ermöglichen.

Moose und Flechten

Für Moose und Flechten (674 bzw. 1.002 Taxa) existieren ebenfalls gute Informationen zur Wald- und Substratbindung (Schmidt et al. 2011). Sie besitzen ein großes bioindikatorisches Potenzial in Bezug auf den Natürlichkeitsgrad und die anthropogene Belastung von Waldökosystemen (z.B. Schadstoffeintrag aus der Luft). Im Rahmen der Vegetationsaufnahmen in NWZ (s. Kapitel 3.2) werden bereits die am Boden wachsenden Moose (Substrate Humus, Torf) erfasst. Diese Erfassung wird auf Flechten sowie auf die epiphytischen (Substrat Rinde) und epilithischen Moose (Substrat Gestein) erweitert.

Bereits Mitte der 1990er Jahre wurde ein Konzept zur Erfassung und Dauerbeobachtung der Moos- und Flechtenvegetation in acht NWZ in NRW umgesetzt (Bungartz und Zimreck 1997). Dieses setzte sich aus einer flächendeckenden Kartierung der Moos- und Flechtenarten sowie der Ausweisung von Dauerflächen innerhalb der Kernfläche zur Erfassung der epiphytischen Arten zusammen. Dazu wurden Einzelindividuen der Hauptbaumarten ausgewählt und an der Stammbasis sowie am Stamm in allen Himmelsrichtungen Aufnahmeflächen ausgewiesen. Das Verfahren hat sich aufgrund des hohen Aufwandes nicht fest etabliert.

Die zukünftig verwendete Methodik orientiert sich an dem gemeinsamen Aufnahmeverfahren der Nationalparke Hainich, Kellerwald-Edersee und Eifel (Nationalpark Hainich und Kellerwald-Edersee 2016) und erlaubt somit auch eine gebietsübergreifende Auswertung.

Aufgrund der differenzierten ökologischen Ansprüche der Kryptogamen werden drei Aufnahmekompartimente mit unterschiedlicher Methodik dokumentiert: Die epiphytischen Arten werden am Stammfuß (< 40 cm Höhe) und am Stamm (40-180 cm Höhe) von jeweils fünf ausgewählten Individuen der vorkommenden Baumarten im Probekreis aufgenommen. Sind mehr als fünf Bäume einer Baumart vorhanden, so werden die Bäume nach einem festgelegten Schema über den SPK verteilt. Über ihre PSI-Koordinaten sind die ausgewählten Bäume dauerhaft reproduzierbar. In beiden Aufnahmebereichen wird getrennt die Gesamtdeckung der Moose und Flechten sowie die Artmächtigkeit der angetroffenen Arten aufgenommen. Die Aufnahme der boden- und steinbewohnenden Arten erfolgt auf der vegetationskundlichen Aufnahmefläche des PSI-Punktes ebenfalls in Form einer Vegetationsaufnahme. Zusätzlich wird eine Gesamtartenliste der Moos- und Flechtenarten des gesamten Probekreises erstellt.



NWZ 57 „Petersberg“

7.6 Nutzung von Fernerkundungsdaten in der Naturwaldforschung

Fernerkundungsdaten werden schon lange zur Unterstützung von forstlichen Inventuren verwendet (Koch 2011). Für die Aufnahmen der Daten stehen inzwischen eine Anzahl verschiedener Plattformen wie Satelliten, Flugzeuge und Drohnen zur Verfügung. Die Sensorik hat mittlerweile eine weite Spannweite (Ackermann et al. 2019), z.B. Laserscanner oder Hyperspektalkameras. Bei Wald und Holz NRW werden Daten der Fernerkundung (FEK) bereits genutzt und in ForstGIS zur Verfügung gestellt, z.B. zur Berechnung der Baumhöhen mit Hilfe des normalisierten Digitalen Oberflächenmodells (nDOM) basierend auf LiDAR (Light Detection and Ranging) Daten, oder zur flächendeckenden Erfassung von Vitalitätseinbußen in den Beständen mit Hilfe von Sentinel 2 Daten.

Auch in der Naturwaldforschung spielen Fernerkundungsdaten eine immer größere Rolle, z.B. zur Erfassung von stehendem Totholz (Zielewska-Büttner et al. 2020), zur Analyse der Vertikalstruktur des Bestandes (Kilian et al. 2017), zur Ermittlung von Lücken im Bestand (Zielewska-Büttner et al. 2016) oder zur Waldinventur im Nationalpark Bayerischer Wald (Heurich et al. 2015).

Für den Einsatz der Fernerkundung in der Naturwaldforschung in NRW stellen sich im Wesentlichen zwei Fragen:

Ersten: Sollen mit Hilfe der Fernerkundung Parameter nachgebildet, d.h. bisher terrestrisch erhobene Parameter durch Fernerkundungsdaten ersetzt werden, oder neue Parameter

abgebildet werden (z.B. Identifizierung von Lebensräumen und ehemaligen Nutzungsformen, Analyse der Lückendynamik)?

Die Parameter in den NWZ werden auch zukünftig terrestrisch aufgenommen, um die kontinuierliche Fortführung der Zeitreihen sicherzustellen (s. Kapitel. 1, 5). Trotzdem sollten die Möglichkeiten der Fernerkundung weiter ausgelotet und zu einem späteren Zeitpunkt in die Naturwaldforschung integriert werden. Terrestrische Aufnahmen sind keine Vollaufnahme des Bestandes, sondern entweder eine Vollaufnahme einer Teilfläche oder Stichproben. FEK-Daten können wichtige Ergänzungen sein, um Aussagen über die gesamte Fläche zu erhalten.

In einem Projekt wurde bereits versucht, mit Hilfe einer Drohne waldbauliche Daten in der NWZ 43 „Niederkamp“ aufzunehmen. Es wurde ein Überflug der NWZ 43 im belaubten und im unbelaubten Zustand des Bestandes durchgeführt, um die Baumhöhen und die vertikale Struktur zu erfassen (s. Abbildung 23 und Abbildung 24).

Die Erfahrungen in diesem Projekt zeigten, dass eine Erhebung waldbaulicher Parameter mit Hilfe einer Drohne möglich ist und mit Hilfe des Abgleichs mit den terrestrischen Daten optimiert werden kann. Die Datenerhebung, -auswertung und -haltung und die Etablierung des Systems sind jedoch sehr aufwendig und durch entsprechendes Fachpersonal zu erbringen.

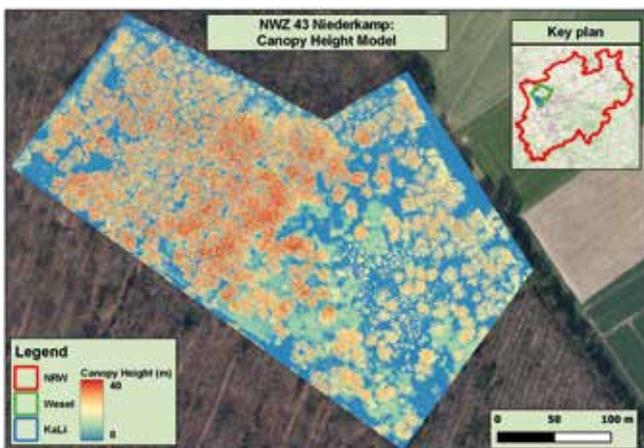


Abbildung 23: Gesamtansicht Kronendach (Baumhöhenmodell) der NWZ 43 erstellt mit Daten eines Drohnenüberflugs (DJI Matrice 600 Pro und Laserscanner Velodyne Puck Life) Dezember 2020



Abbildung 24: Ausschnitt Höhenmodell der NWZ 43 erstellt mit Daten eines Drohnenüberflugs (DJI Matrice 600 Pro und Laserscanner Velodyne Puck Life) Dezember 2020

Zweitens: Sollen eigene Daten erhoben oder Daten von anderen Institutionen verwendet werden (z.B. Geobasis NRW)?

Die Nutzung von Drohnen zur Erhebung eigener Daten ermöglicht eine hohe räumliche Auflösung und eine Flexibilität sowohl in der Verwendung der unterschiedlichen Sensoren, als auch im Zeitpunkt der Aufnahmen. Die Datenaufnahme ist allerdings aufwendig und wetterabhängig. Zudem sind Einsatzbereiche und Zeitpunkte des Flugs aufgrund der aktuellen rechtlichen Bestimmungen eingeschränkt. Die entsprechende Hard- und Software, Rechnerkapazitäten und personelle Ausstattung stehen zurzeit nur eingeschränkt zur Verfügung. Daher bietet sich hier ein weiterer Austausch mit anderen Institutionen mit dahingehender Expertise an. Eine automatisierte Datenauswertung und lernende Systeme werden in anderen Institutionen weiterentwickelt, wodurch die Verwendung von FEK-Daten zukünftig erleichtert wird.

Die Nutzung von vorhanden Daten, beispielsweise von Geobasis NRW, bedingt gewisse Nachteile aufgrund der geringeren zeitlichen und räumlichen Auflösung sowie dem vorgegebenen Aufnahmezeitpunkt. Vorteile sind ein dauerhafter Zugriff auf Daten, die Möglichkeit zur Erstellung von Zeitreihen, da auch ältere Daten genutzt werden können, ein Vergleich mit Wirtschaftswäldern, keine Notwendigkeit der eigenen Datenhaltung sowie die Nutzung von Synergien durch die Verwendung bereits vorhandener Auswertungsalgorithmen.

Aus den oben beschriebenen Gründen sollen für die Einführung der FEK in die Naturwaldforschung zunächst Daten von Geobasis NRW verwendet werden. Eine eigene Datenerhebung soll zunächst projektbasiert erfolgen. Auf diesem Wege sollen zunächst zwei Parameter etabliert und zu einem späteren Zeitpunkt um zusätzliche Parameter erweitert werden:

Erfassung der Vitalität der Bestände

In den Jahren 2019, 2020 und 2021 wurde die Vitalität der Buchen in Naturwaldzellen untersucht (Schlagner Neidnicht et. al. 2020). Die Aufnahmen waren aufwendig, da insgesamt 492 Baumindividuen auf unterschiedlichen NWZ aufgenommen wurden. Erhebungen der Baumvitalität könnten ebenfalls jährlich mit Hilfe von Satellitendaten (z.B. Sentinel 2) erfolgen. Dies wäre bei einem etablierten Prozess mit einem vergleichsweise geringen Aufwand vor Ort verbunden. Zudem wäre eine Verknüpfung mit zur Verfügung stehenden Wetter- und Klimadaten möglich. Dieses Verfahren wird bereits bei

Wald und Holz NRW verwendet, um die Vitalitätsverluste im Nadelwald nachzuweisen. Dazu werden Sentinel-2-Daten und der Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) verwendet. Dieses Verfahren müsste für die NWZ entsprechend für Laubwälder angepasst werden. In Zeiten des Klimawandels können sich innerhalb des 10-jährigen Turnus der terrestrischen Aufnahmen starke Veränderungen einstellen. Diese könnten mit FEK-Daten im jährlichen Turnus besser dokumentiert werden. Die terrestrischen Daten bilden dabei eine wichtige Grundlage zur Überprüfung des Verfahrens.

Die Aufnahme der Kronenlücken

Kronenlücken sind ein wichtiger Bestandteil der vertikalen Struktur des Bestandes und für viele Waldarten ein entscheidender Lebensraum-Faktor. In vielen NWZ besteht zurzeit eine große Dynamik, bedingt durch das zunehmende Alter der Bestände und beschleunigt durch die Trockenjahre 2018, 2019 und 2020. Dadurch entstehen zahlreiche Bestandeslücken, die Einfluss auf die Biodiversität und die Entwicklung des folgenden Bestandes haben könnten. Für die Untersuchung der Kronenlücken könnten LiDAR-Daten mit einer räumlichen Auflösung von einem Meter und dem normalisierten Digitalen Oberflächenmodell (nDOM) verwendet werden.

Fernerkundungsdaten gewinnen in der Naturwaldforschung aktuell stark an Bedeutung. Die Nutzung und Möglichkeiten der FEK sollten in gemeinsamen Projekten mit anderen Institutionen, wie z.B. dem LANUV und den dort untersuchten WEG, genutzt und etabliert werden. Die vorliegenden Zeitreihen der NWZ sind eine gute Datengrundlage zur Überprüfung der FEK-Verfahren und sollten entsprechend zur Verfügung gestellt werden. Mit Hilfe der FEK können zukünftig Daten kostengünstiger erhoben und in Modelle integriert werden, um bessere Aussagen über die Naturwälder zu erhalten, beispielsweise die Modellierung von Artvorkommen in Abhängigkeit von der Waldstruktur.



Schwarzspecht (*Dryocopus martius*) an einer Rotbuche in der NWZ 7 „Oberm Jägerkreuz“



Daten-Aufnahme und -Management

8.1 Aktuelles Konzept

50 Jahre Naturwaldforschung in NRW haben bereits eine große Datenmenge entstehen lassen. Zukünftig wird der Datenumfang weiter anwachsen – und damit auch der Aufwand für ein effektives Management: Prüfung der Daten, zeitnahe Auswertung und Veröffentlichung sowie Archivierung für einen einfachen Zugriff. Daher ist für das Datenmanagement ein mit der Datenaufnahme vor Ort vergleichbarer Zeitaufwand einzuplanen.

Dafür wird zunächst im letzten Quartal jedes Jahres festgelegt, welche Aufnahmen (Art, Ort) im folgenden Jahr durchzuführen sind. Dabei ist das Standardprogramm der NWZ, aber auch Aufnahmen außerhalb der Reihe zu bedenken. Anschließend wird die Datenaufnahme entweder durch Wald und Holz NRW vorbereitet oder für Unternehmerinnen und Unternehmer ausgeschrieben. Es besteht die Möglichkeit, die Daten mithilfe vorformatierter Eingabetabellen bereits während der Erfassung im Gelände einfachen Plausibilitätskontrollen zu unterziehen und so fehlende bzw. falsche Eingaben zu vermeiden (z.B. Höhenwert im Vergleich zur vorherigen Aufnahme).

Nach der Aufnahme der Parameter im Bestand werden die Daten in ihrer Gesamtheit auf Plausibilität und Konsistenz überprüft. Unternehmen übergeben die Daten in digitaler Form an Wald und Holz NRW. Zukünftig sollen einfache Auswertungen der Daten automatisiert erfolgen und zeitnah zur Verfügung gestellt werden (z.B. deskriptive Statistik, Stammanzahl, Mitteldurchmesser und –höhe) (s. Abbildung 25).

In Abbildung 26 ist beispielhaft die bestehende Datenverarbeitung der Waldstruktur-Parameter dargestellt: Nachdem die Daten in einer Excel-Formatvorlage eingegeben wurden, werden manuell aufwendige Konsistenz- und Plausibilitätsprüfungen durchgeführt. Der wichtigste Aspekt zur Qualitätssicherung sind die stichprobenartigen Kontrollen der Aufnahmen im Gelände. Sie bestehen zum einen aus einem systematischen Teil (z.B. Überprüfung von 5% der Höhenmessungen), zum anderen in der gezielten Überprüfung von auffälligen Werten aus

der Plausibilitätskontrolle (z.B. H/D-Wert). Die Daten zur Erstellung der Höhenkurve werden teilmanuell ermittelt. Die Berechnung der Höhenkurve erfolgt mittels des Programms „R“. Mit Hilfe der Höhenkurve wird daraufhin die Höhe der Bäume berechnet, für die keine Höhen gemessen wurden. Darüber hinaus wird mit Hilfe eines Algorithmus das Totholz- und Baumvolumen sowie die Schichtzugehörigkeit ermittelt. Diese Schritte sollen zukünftig zunehmend automatisiert werden. Die Daten werden in die Datenbank Microsoft Access importiert und gespeichert. Für eine Auswertung der Daten werden diese wieder in die entsprechende Software exportiert.

Die Daten der Bodenvegetationsaufnahmen wurden bis 2020 ebenfalls in Access gespeichert. Alle Daten der Bodenvegetation wurden 2020 in Turboveg (Version 2.144) übertragen, wobei der Datensatz in Access erhalten blieb. Zukünftige Daten der Bodenvegetation werden ausschließlich in Turboveg gespeichert. Die Gesamtartenliste wird in einer weiteren Turboveg-Datenbank gespeichert. Für die Verwendung von Turboveg sprechen folgende Aspekte:

- Es ist eine etablierte wissenschaftliche Standardsoftware für die Datenhaltung von Vegetationsaufnahmen.
- Die Software wird durch die Universität Wageningen, Niederlande, weiterentwickelt.
- Es findet mit Hilfe eines Abgleichs der wissenschaftlichen Artnamen mit der jeweils gültigen GermanSL eine Qualitätssicherung der Eingangsdaten statt.
- Der NLP Eifel verwendet diese Software bereits, so dass ein direkter Informations- und Datenaustausch möglich ist.

8.2 Überarbeitetes Konzept

Datenaufnahme

Die Datenaufnahme im Bestand soll über ein Toughpad in vorformatierte Eingabetabellen erfolgen. Dies verringert Übertragungsfehler und ermöglicht eine Konsistenz- und Plausibilitätsprüfung der Daten direkt vor Ort. Es ist geplant, eine entsprechende App zu entwickeln, die auch den Unternehmerinnen und Unternehmern zur Verfügung gestellt werden kann. Zurzeit werden die Baumindividuen über eindeutige Nummern im Bestand identifiziert und die Daten mit Hilfe dieser Nummer verknüpft. Eine Einmessung der Bäume erfolgte in den 1970er und 1980er Jahren im Rahmen der Ersteinrichtung der NWZ. Für später eingerichtete NWZ und den aufwachsenden Bestand in allen NWZ soll dies ergänzt werden.

Datenauswertung

Für eine zeitnahe Bereitstellung der Daten wie Stammzahl, Mitteldurchmesser, Grundfläche soll die Auswertung stärker automatisiert werden. Ein Tool zu diesem Zweck ist die online-Plattform „NW-Explorer“. Dieses Programm wurde für Standard-Auswertungen und beschreibende Statistik von PSI-Aufnahmen entwickelt. Die Entwicklung erfolgte durch die NW-FVA in Kooperation mit anderen Nutzern des Verfahrens (u.a. Wald und Holz NRW inkl. NLP Eifel). Bei der Entwicklung des überarbeiteten Monitoringkonzeptes wurde auf eine prinzipielle Kompatibilität beider Systeme geachtet. Zur vollständigen Nutzbarkeit sind jedoch noch Anpassungen in der Datenformatierung notwendig, unter anderem für die Nutzung der Aufnahmen der KF.

Die Auswertung der Aufnahme der Bodenvegetation soll mit Hilfe von Statistikprogrammen wie z.B. R durchgeführt werden. Mit beiden Programmen liegen bereits Erfahrungen bei Wald und Holz NRW vor. Die Auswertung soll darüber hinaus für bestimmten Fragestellungen durch neu entwickelte Programme ergänzt werden.

Datenverwaltung

Bisher wurde nur ein Teil der Daten der NWZ mit Geodaten verknüpft. Für die Außengrenzen der NWZ wurden diese Daten in ForstGIS veröffentlicht. Die Punktkoordinaten der Ecken der Kernflächen liegen von 62 NWZ und der DBF für die Bodenvegetation von 47 NWZ im Gauß-Krüger-Koordinatensystem vor. Die Eckpunkte von 49 KF und 45 DBF wurden bereits in eine ArcGIS File-Geodatabase in ETRS (European Terrestrial Reference System 1989) übertragen

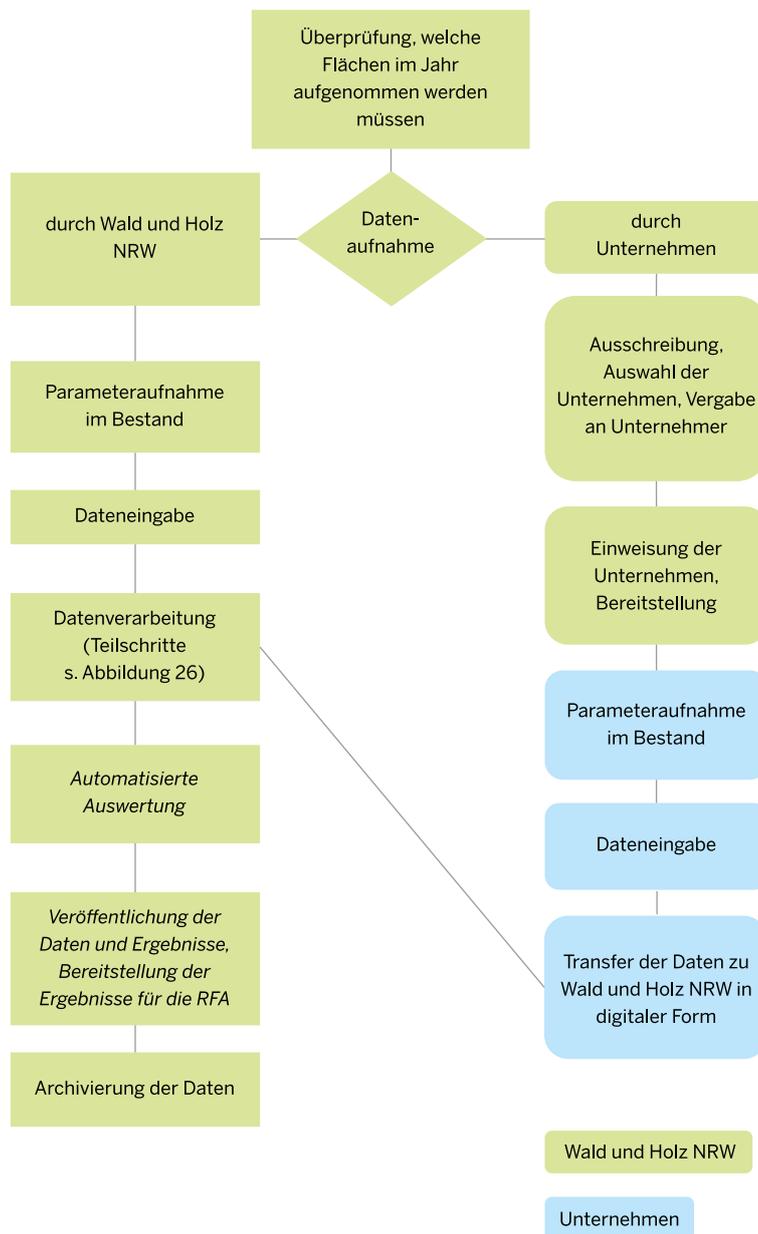
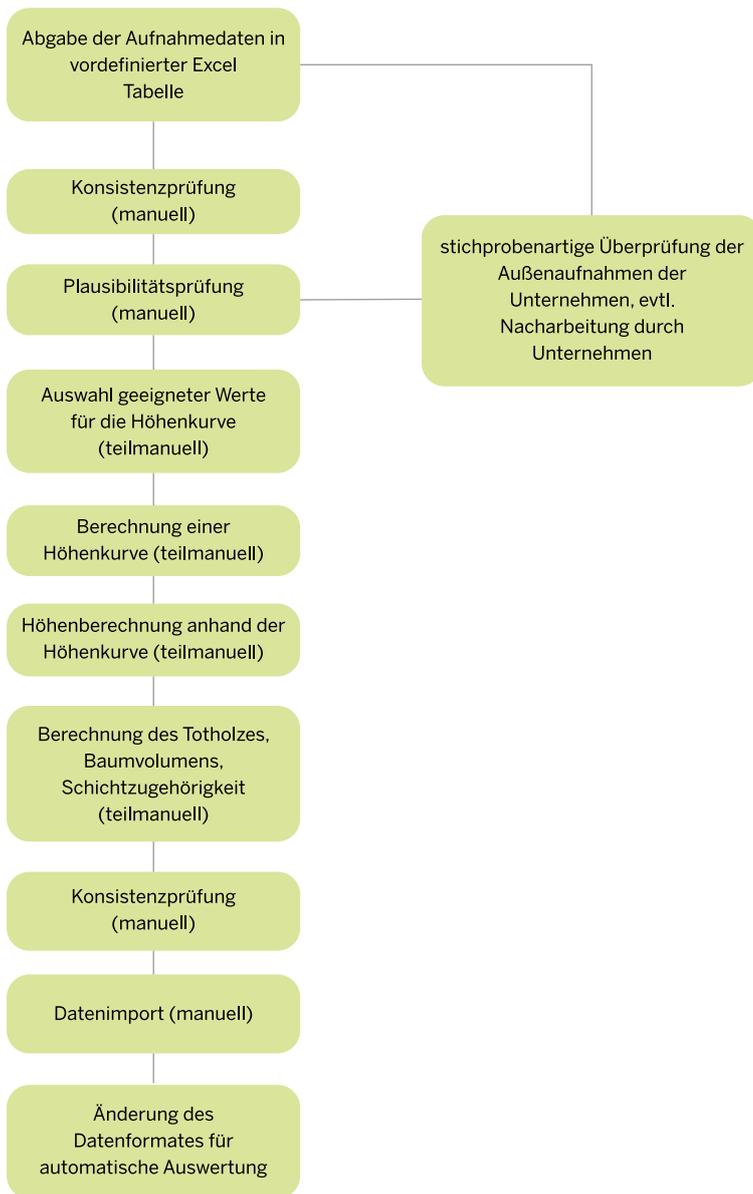


Abbildung 25: Ablauf der Datenaufnahme und -verarbeitung für Waldstruktur und Bodenvegetation. Kursiv: soll zukünftig intensiviert werden

und sind dort als Polygone abgelegt. Die Lage der KF und der DBF sollen im ForstGIS Kolleginnen und Kollegen zur Verfügung gestellt werden. Die Mittelpunkte der SPK werden eingemessen.

Ziel ist eine zentrale Datenhaltung der Daten der NWZ, der WEG, des Projektes „Naturerbe Buchenwälder OWL“ und zukünftiger Projekte im Bereich Prozessschutzflächen, um so eine Verschneidung der Daten zu ermöglichen. Dabei sollen die Daten direkt zugänglich sein, ohne genauere Kenntnisse der Programmierung oder Struktur der Datenbank. Es soll die Möglichkeit bestehen, Teildatensätze individuell zu filtern, die in entsprechende Analyseprogramm, z.B. „R“ oder NW-Explorer überführt oder an Unter-



NWZ 21 „Brandhagen“

Abbildung 26: Detaillierte Darstellung der aktuellen Datenverarbeitung der Waldstruktur-Parameter

nehmer bzw. Unternehmerinnen weitergegeben werden können. Um die Datenhaltung genauer zu beschreiben, wird ein Datenmodell erstellt, in dem auch Standards für die Metadaten festgeschrieben werden. Dieser Standard ist notwendig, damit Kolleginnen und Kollegen auch zukünftig nachvollziehen können, welche Daten von wem, wann und wie erhoben wurden.

Die Daten der Waldstruktur-Aufnahme werden weiterhin in Access und die Daten der Bodenvegetation in Turboveg gespeichert. Zukünftig werden in den NWZ FP Aufnahmen zur Biodiversität durchgeführt (s. 7.5). Diese Daten sollen in MultibaseCS verwaltet werden. Eine Überführung der bereits vorliegenden Daten, z.B. Käfer- und Pilzaufnahmen wird angestrebt.

MultibaseCS wird bereits im NLP Eifel genutzt. So können Synergien genutzt und ein Datenaustausch vereinfacht werden.

Langfristig ist es das Ziel, zumindest die Daten der Waldstruktur-Aufnahmen zusätzlich mit der Post-SQL-Datenbank von Wald und Holz NRW zu verknüpfen. Diese Datenbank hat den Vorteil einer Multiuserfunktion, so dass auch Kolleginnen und Kollegen von Wald und Holz NRW direkt auf die Daten der NWZ zugreifen können, um sie beispielsweise als Referenzdaten für andere Projekte zu nutzen.

Fenster in den Dämmerwald

Erkundung im Koordinatenkreuz

Was entdecken Sie alles im Koordinatensystem? Wo sind Stechpalme, Liane, Totholz, ...?

Finden Sie Arten und Strukturen!

Mit der App können Sie eine virtuelle Reise in den Wald unternehmen.

	A	B	C	D	
	?	Buche	Eiche	Buche	1
Stechpalme		?	Eiche Stechpalme	Ache	2
	?	Totholz	?	Buche	3

Lianen auf dem Weg z

• Waldgeißblatt
25 Meter hoch kann es den Baum einspinnen. Die Beeren sind giftig!

• Efeu
Mit seinen Haftwurzeln erklimmt der Kletterer bis zu 30 Meter hohe Bäume.



Kommunikationskonzept

Die Kommunikation zu Naturwaldzellen ist ein Teilbereich der Kommunikation über Naturwälder in NRW: Naturwaldzellen, Nationalpark und Wildnisentwicklungsgebiete. Für die WEG wurde bereits ein Kommunikationskonzept entwickelt, das für die NWZ mitgenutzt wird. Zugleich ist sie ein Bestandteil der von Wald und Holz NRW geplanten Kampagne zur Bedeutung der Klima- und Naturschutzleistungen des Waldes. Die Kampagne soll das gesellschaftliche Bewusstsein für die essenzielle Bedeutung des Waldes zur Wahrung der Biodiversität schärfen und die zentrale Rolle von Wald und Holz NRW zur dauerhaften Sicherung der Waldfunktionen verdeutlichen.

9.1 Ziel der Kommunikation

Die Naturwaldforschung in NRW blickt auf 50 Jahre zurück. In dieser Zeit wurden 75 Naturwaldzellen unter Prozessschutz gestellt, viele Daten erhoben und wertvolle Zeitreihen erstellt. Ziel des Kommunikationskonzeptes ist es, die Hauptbotschaft

„Wald und Holz NRW verfügt mit den NWZ über Forschungslaboratorien, in denen seit über 50 Jahren die natürliche Waldentwicklung untersucht wird, um daraus Erkenntnisse für den Waldnaturschutz und für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung zu gewinnen“

an folgende Zielgruppen zu vermitteln:

- die breite, interessierte Öffentlichkeit inkl. der Waldbesitzenden
- Forscherinnen und Forscher
- innerhalb von Wald und Holz NRW.

Für die Vermittlung der Hauptbotschaft an diese drei Zielgruppen werden unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt.

9.2 Breite, interessierte Öffentlichkeit

Für diese Zielgruppe stehen der Schutz und das Erleben im Mittelpunkt. Eine wichtige Teilbotschaft für diese Gruppe ist, dass die NWZ Bausteine zum Schutz der biologischen Vielfalt sind und damit auch ein wichtiger Baustein für nationale Strategien und internationale Abkommen. Durch die Aufgabe der forstlichen

Nutzung auf diesen Flächen entstehen hier Waldentwicklungsphasen und Lebensräume für viele Arten, die in diesem Umfang in bewirtschafteten Beständen nicht zu finden sind. Die natürlichen Prozesse laufen wie auch in den WEG und in der Kernzone des NLP ungestört ab. Im Vergleich zu diesen sind die NWZ aber deutlich länger aus der forstlichen Nutzung genommen und ihre Entwicklung wurde und wird kontinuierlich dokumentiert.

Eine weitere wichtige Teilbotschaft für diese Zielgruppe ist, dass der Besuch der NWZ eine besondere Rücksicht erfordert. Verhaltensregeln sollen erklärt werden, da diese Wälder wichtige Bereiche des Natur- und Artenschutzes sind, die so wenig wie möglich gestört werden sollen. Zudem soll auf die besonderen Gefahren, wie das vermehrte Aufkommen von Totholz aufmerksam gemacht werden.

Diese Teilbotschaften sollen vor allem mit folgenden Maßnahmen vermittelt werden:

- eine Beschilderung vor Ort
- Broschüren und Faltblätter
- geeignete Informationen im Internet.

Die beiden ersten Maßnahmen werden nicht mit gleicher Intensität auf allen Flächen verwendet, sondern in zwei Stufen:

- 1) An jeder NWZ soll eine Basisbeschilderung mit einer kurzen Beschriftung, einigen wenigen Informationen und einem Hinweis auf weiterführende Informationen, z.B. in Form eines QR-Codes, installiert werden.
- 2) Für weiterführende Öffentlichkeitsarbeit und für eine waldbezogene Umweltbildung bzw. Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) wurden zehn NWZ ausgewählt (s. Anhang C: Naturwaldzellen für Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung). Diese sollen gut erreichbar und keine Forschungsschwerpunktflächen sein sowie sich an Orten erhöhter Erholungsnutzung befinden. Zudem sollen sie möglichst gut über NRW verteilt sein.

An diesen NWZ soll eine Beschilderung mit ausführlicheren Informationen aufgestellt werden.



Rotbuchen im Eichen-Hainbuchenwald der NWZ 7 „Oberm Jägerkreuz“

Sowohl bei der Beschilderung als auch bei den Broschüren soll auf das Kommunikationskonzept für die WEG zurückgegriffen werden. In diesem Konzept wurden bereits Layouts für Schilder bzw. Stelen sowie Broschüren erarbeitet. Die Inhalte müssen für jede der zehn NWZ entsprechend angepasst werden.

Das dritte Instrument ist eine optisch ansprechende Homepage, idealerweise für alle Naturwälder in NRW. Bereits vorhandene Materialien wie die Karte zu den NWZ und jeweiligen Informationen von Wald und Holz NRW im Internet (<https://www.wald-und-holz.nrw.de/wald-in-nrw/naturwaldzellen>) sollen aktualisiert und durch Lage und Informationen zu WEG und NLP ergänzt werden. Ein regelmäßiger Content für Social Media wäre wünschenswert, ist aber aktuell personell nicht abzudecken. Daher wird bis auf Weiteres zu diesem Zweck eine projektbezogene Herangehensweise, wie bei der geplanten Kommunikationskampagne zur Bedeutung der Klimaschutz- und Naturschutzleistungen des Waldes, angestrebt.

9.3 Forscherinnen und Forscher

Für diese Zielgruppe sollen vor allem drei Teilbotschaften transportiert werden:

- Es werden bzw. wurden zahlreiche Projekte in den NWZ durchgeführt.
- Es liegen bedeutsame Zeitreihen für die NWZ vor.
- Forschende sind eingeladen, die NWZ für Kooperationen zu nutzen.

Für eine effektive Kommunikation dieser Teilbotschaften sind die Projekte gebündelt auf der Homepage von Wald und Holz NRW zu beschreiben bzw. zu verlinken und vorliegende Daten vorzustellen. Weitere Maßnahmen sind eine verstärkte Präsenz auf wissenschaftlichen Veranstaltungen, die Ausrichtung von wissenschaftlichen Veranstaltungen sowie die vermehrte Darstellung der Forschung und der Ergebnisse in Vorträgen und in Fachpublikationen.

9.4 Interne Kommunikation

Ziel der internen Kommunikation ist es, die NWZ und ihre Ziele, die Erkenntnisse und die Ansprechpersonen für die Kolleginnen und Kollegen bei Wald und Holz NRW bekannter zu machen. In diesem Zusammenhang sollen folgende Teilbotschaften vermittelt werden:

- Die NWZ sind ein wichtiger Baustein zum Schutz der Artenvielfalt in der Region und ein

Beitrag für nationale Strategien und internationale Abkommen.

- Die NWZ sind ein Rückzugsraum für gefährdete Arten des Waldes und ein Ausgangspunkt für die Wiederbesiedlung.
- Die NWZ zeigen, wie sich der Wald auf diesem Standort ohne forstliche Nutzung entwickeln kann.

Dieses Ziel und die Vermittlung der Teilbotschaften sollen auf mehreren Wegen erreicht werden:

- Im Intranet sollen allgemeine Informationen zum Umgang mit NWZ sowie konkrete Informationen zu den einzelnen NWZ zur Verfügung gestellt werden. Ergänzend wird die regelmäßige Vorstellung einer NWZ mit den zuständigen Kolleginnen und Kollegen angestrebt. Eine weitere Möglichkeit wäre hier die Naturwaldforschung in NRWeb-TV vorzustellen, der wöchentlichen Informationssendung für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Wald und Holz NRW.
- Die alle fünf Jahre stattfindende Bereisung der NWZ soll verstärkt für einen intensiven Austausch zwischen der zentralen Koordination der NWZ und den Kolleginnen und Kollegen vor Ort genutzt werden.
- Schließlich sollen die Ergebnisse des Monitorings zukünftig kurzfristig ausgewertet und den jeweiligen RFÄ und FBB zur Verfügung gestellt werden, um die Verbundenheit der Kolleginnen und Kollegen für „ihre“ NWZ weiter zu stärken.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Forstverwaltungen spielen eine zentrale Rolle in der erfolgreichen Umsetzung des Waldnaturschutzes (Winkel und Spellmann 2019). Damit sie diese Aufgabe wahrnehmen können, sollten Meilensteine des Waldnaturschutzes in entsprechenden Zielvereinbarungen verankert werden und in die betrieblichen Ressourcen und Abläufe mit eingeplant werden. Darüber hinaus wird zu diesem Zweck empfohlen, die NWZ (z.B. NWZ FP oder NWZ ÖA) turnusgemäß in die Bereisungen der RFÄ durch die Leitung von Wald und Holz NRW zu integrieren.

Im Rahmen des Transformationsprozesses, der Umstellung von der indirekten auf die direkte Förderung, können Kolleginnen und Kollegen eine neue Aufgabe im Waldnaturschutz finden, die auch Aktivitäten in der Öffentlichkeitsarbeit beinhaltet. Dies wird ab 2022 im Rahmen des Moduls „Schutzgebietsmanagement“ umgesetzt. Dabei vertiefen interessierte Kolleginnen und Kollegen unter anderem ihre Kenntnisse zu den rechtlichen Rahmenbedingungen der Naturwälder in NRW und den damit verbundenen Aufgaben vor Ort, um in ihrem RFA als Spezialistinnen und Spezialisten für diese Aufgabe wirken zu können.



Flächige Buchennaturverjüngung auf der Naturwaldzelle NWZ 27 „Am weissen Spring“

10 Literatur

- Ackermann J., Alder P., Engels F., Franz S., Hoffmann K., Jütte K., Ruffer O., Sagischewski H., Seitz R., (2019): „Die Arbeitsgruppe Forstliche Fernerkundung der Länder“ AFZ-DerWald 22, S. 16–17
- Akca A., Mench A., Beisch Th., Ludwig H. (1999): Abschlussbericht zum Forschungsauftrag „Erfassung und waldkundliche Analyse des Zustandes und der Entwicklung der Naturwaldzelle Hellberg im Jahre 1998 mit Hilfe einer Wiederholungsinventur von systematisch verteilten, permanenten Stichproben“ unveröffentlicht
- Ammer C., Schall P., Großner M., Fischer M., et al. (2017): „Waldbewirtschaftung und Biodiversität: Vielfalt ist gefragt“ AFZ-DerWald 17, S. 20–25
- Asche, N. (2004): „Waldtypen in Nordrhein-Westfalen“ AFZ-DerWald 4, S. 203–205
- Bennett A.E., Classen A.T. (2020): „Climate change influences mycorrhizal fungal-plant interactions, but conclusions are limited by geographical study bias“ Ecology 101 (4), e02978
- Blaschke M., Helfer W., Ostrow H., Hahn C., Loy H., Bußler H., Krieglsteiner L. (2009): „Naturnähezeiger – Holz bewohnende Pilze als Indikatoren für Strukturqualität im Wald“ Natur und Landschaft 84, S. 560–566
- BMU (2007): „Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt.“
- Braun-Blanquet, J. (1964): „Pflanzensoziologie; Grundzüge der Vegetationskunde“ Springer-Verlag, Wien
- Bugmann H., Commarmot B., Meyer P., Heiri C., Wunder J., Matter J.-F., Brang P. (2011): „Die Bedeutung von Naturwaldreservaten für die Forschung“ In: Brang P., Heiri C., Bugmann H. (Red.): „Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz“ Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Zürich, ETH Zürich. Ber, Stuttgart, Wien, Haupt, S. 56–71
- Bungartz F., Zimmeck F. (1997): „Methodenentwicklung zur Erfassung und Dauerbeobachtung der Moos- und Flechtenvegetation in Naturwaldzellen Nordrhein-Westfalens“ Bonn, 90 S.
- Bußler H. (2016): „Eichenwälder und Biodiversität in der Windsheimer Bucht“ AFZ-DerWald, S. 33–34
- Eckelt A., Müller J., Bense U., Brustel H., Bussler H. C. et al. (2018): „Primeval forest relict beetles of Central Europe: a set of 168 umbrella species for the protection of primeval forest remnants“. Journal of Insect Conservation 22, S. 15–28
- Egli S., Brunner I. (2011): „Mykorrhiza. Eine faszinierende Lebensgemeinschaft im Wald“ Merkblatt für die Praxis Nr. 35, 3. Auflage, Eidg. Forschungsanstalt WSL
- Engel F., Meyer P., Bauhus J., Gärtner S., Reif A., Schmidt M., Schultze J., Wildmann S., Spellmann H. (2016): „Wald mit natürlicher Entwicklung – ist das 5 %-Ziel erreicht?“ AFZ-DerWald 9, S. 46–48
- Ellenberg H., Leuschner C. (2010): „Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer, und historischer Sicht“ 6. Edition, UTB-Verlag, Stuttgart, 1357 S.
- Flessa H., Müller D., Plassmann K., Osterburg B., Techen A.-K., Nitsch H., Nieber H., Sanders J., Meyer zu Hartlage O., Beckmann E., Ansprach V. (2012): „Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor“ Sonderheft 361 Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI), Braunschweig, 437 S.
- Gauer J., Aldinger E. (2005): „Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke – mit Karte 1:1.000.000“ Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, 324 S.
- Gehrmann J. (1996): „BZE, Landweite Bodenzustandserhebung in Nordrhein-Westfalen, Band 1 Ergebnisse einer waldökologischen Stichprobeninventur“ LÖBF Recklinghausen, unveröffentlicht
- Gutachterausschuss Forstliche Analytik (Hrsg.) (2014): „Handbuch der forstlichen Analytik“
- Hannig K., Kaiser M. (2021): „Rote Liste und Artenverzeichnis der Laufkäfer – Carabidae – in Nordrhein-Westfalen“ Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 96, S. 1–25
- Härdtle W., Ewald J., Hölzel N. (2004): „Wälder des Tiefland und der Mittelgebirge“. Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, 252 S.
- Heisterkamp S., Finck P., Riecken U. (2019): „Mehr Wildnis in Deutschland – warum wir Wildnisgebiete brauchen“ Natur und Landschaft 94. Jahrgang, Heft 12, S. 524–530
- Heurich M., Krzystek P., Polakowsky F., Latifi H., Krauss A., Müller J. (2015): „Erste Waldinventur auf Basis von Lidardaten und digitalen Luftbildern im Nationalpark Bayerischer Wald“ Forstliche Forschungsberichte München 214, S. 101–113
- Hinterlang D., Birwe L.M. (2015): „Inventarisierung der Wildnisbiotope in Nordrhein-Westfalen“. Recklinghausen, 44 S.
- Kilian M., Adler P., Mathow T., Breunig T. (2017): „Forsteinrichtung Version 3.0“ oder: Nutzen der „Waldstrukturkarte“ AFZ-DerWald 72/4, S. 21–25

- Kluttig H. (2007): „Über die Bedeutung der Naturwälder für den Naturschutz in Deutschland und ihre Geschichte“ Forstarchiv 78, S. 202–204
- Koch B. (2011): „Stand und Perspektiven der Nutzung neuer Fernerkundungstechnologien im Waldbereich“ Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 162(6), S. 156–163
- Köhler F. (2014): „Die klimabedingte Veränderung der Totholzkäferfauna (Coleoptera) des nördlichen RheinLand“ Hrsg. Wald und Holz NRW
- Korpel S. (1995): „Die Urwälder der Westkarpaten“ Gustav Fischer Verlag, Stuttgart Jena New York, 310 S.
- Kraus D., Bütler R., Krumm F., Lachat T., Larrieu L., Mergner U., Paillet Y., Rydkvist T., Schuck A., Winter S. (2016): „Katalog der Baummikrohabitate – Referenzliste für Felddaufnahmen“ Integrate + Technical Paper, 16 S.
- Lindenmayer D.B., Likens G.E. (2009): „Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring.“ Trends in Ecology and Evolution 24 (9), S. 482–486
- Lindenmayer D.B., Likens G.E. (2018): „Effective ecological monitoring“ second edition CSIRO Publishing, 210 S.
- Meyer P., Ackermann J., Balcar P., Boddenberg J., Detsch R., Förster B., Fuchs H., Hoffmann B., Keitel W., Kölbl M., Köthke C., Koss H., Unkrig W., Weber J., Willig J. (2001): „Untersuchung der Waldstruktur und ihrer Dynamik in Naturwaldreservaten; Methodische Empfehlungen; erarbeitet im Auftrag des Arbeitskreises Naturwälder in der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung“, IHW-Verlag, Eching, 107 S.
- Meyer P., Schmidt M. (2008): „Aspekte der Biodiversität von Buchenwäldern- Konsequenzen für eine naturnahe Bewirtschaftung“ In: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche, Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 3. Universitätsverlag Göttingen, Göttingen, S. 159–192
- Meyer P. (2018): „Wald ohne Bewirtschaftung: sinnvoll oder überflüssig?“ AFZ-DerWald 73 (20), S. 26–29
- Meyer P. (2020): „Stubborn and adaptive-five decades of monitoring and research of self-regulated tree demography in Lower Saxony, Germany“ Allgemeine Forst- und Jagd Zeitung 190 (5/6), S. 120–135
- Meyer P., Aljes M., Culmsee H., Feldmann E., Glatthorn J., Leuschner Ch., Schneider H. (2021): „Quantifying old-growthness of lowland European beech forests by a multivariate indicator for forest structure“ Ecological Indicators 125, S. 1–14
- MKULNV (2015): „Für die Vielfalt in der Natur – Die Biodiversitätsstrategie des Land Nordrhein-Westfalen“
- Mölder A., Engel F., Schmidt M., Nagel R.-V., Meyer P. (2019): „Erhaltung der Habitatkontinuität in Eichenwäldern-Aktuelle Forschungsergebnisse aus Schleswig-Holstein“ Jahresbericht 2019 zur biologischen Vielfalt, Jagd und Artenschutz, Hrsg. Schleswig-Holstein Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung
- MULNV (Hrsg.) (2021): Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen – Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung, 190 S.
- Nationalpark Hainich und Nationalpark Kellerwald-Edersee (2016): „Aufnahmeanleitung für ein Monitoring von Moosen und Flechten in Wald-Nationalparks und vergleichbaren Schutzgebieten“ – Bad Langensalza, Bad Wildungen, 11 S. (unveröffentlicht)
- Nationalparkverwaltung Eifel (2017): „Permanente Stichprobeninventur im Nationalpark Eifel“ Schriftenreihe zum Nationalpark Band 7, Schleiden-Gemünd. 116 S.
- Nationalparkverwaltung Eifel (2008): „Nationalparkplan – Band I: Leitbild und Ziele“ Schleiden-Gemünd, 78 S.
- NW-FVA (2017): „Aufnahmeanweisung; Kernflächeninventuren in niedersächsischen Naturwäldern Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt“
- Odermatt, O. (2018): „Verbissprozent – eine Kontrollgröße im Wildmanagement“, Merkblatt für die Praxis 62, Eidg. Versuchsanstalt WSL, 8 S.
- Paillet Y., Bergès L., Hjältén J., Ódor P., Avon C., Bernhardt-Römermann M., Bijlsma R.-J., de Bruyn L., Fuhr M., Grandin U., Kanka R., Lundin L., Luque S., Magura T., Matesanz S., Mészáros I., Sebastià M.-T., Schmidt W., Standovár T., Tóthmérész B., Uotila A., Valladeres F., Vellak K., Virtanen R. (2010): „Biodiversity Differences between Managed and Unmanaged Forests: Meta-Analysis of Species Richness in Europe“ Conservation Biology 24 (1), S. 101–112
- Pfadenhauer J., Poschlod, P., Buchwald R. (1986): „Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern, Teil 1“ Methodik der Anlage und Aufnahme. Berichte Bayrische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 10, S. 41–60
- Scherzinger W. (1996): „Naturschutz im Wald: Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung“ Verlag Eugen Ullmer, 448 S.
- Schlagner-Neidnicht J., Hipler U., Bantin J., Elmer M., (2020): „Vitalität der Buchen in Naturwaldzellen“ Natur in NRW 4, S. 30–35
- Schlechte G.B., Keitel W. (2007) „Braun- und Weißfäulepilze: Erhebungen in nordrhein-westfälischen Naturwaldzellen auf der Basis von Stichproben zum Maximalaspekt“ Forstarchiv 78, S. 224–230
- Schmidl J., Bußler H. (2004): „Ökologische Gilden xylobionter Käfer: Einsatz in der landschaftsökologischen Praxis - ein Bearbeitungsstand“ Naturschutz und Landschaftsplanung 36 (7), S. 202–218

68 Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen

- Schmidt, J., Trautner, J., Müller-Motzfeld, G. (2016): „Rote Liste und Gesamtartenliste der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) Deutschlands (3. Fassung)“. In: Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Hrsg.): Rote Liste der gefährdeten Pflanzen, Tier und Pilze Deutschlands, Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (4): Wirbellose Tiere (Teil 2), S. 137–204, Bonn-Bad Godesberg
- Schmidt M., Ewald J., Fischer A., Oheimb G. v., Kriebitzsch W.-U., Ellenberg H., Schmidt W (2003): „Liste der typischen Waldgefäßpflanzen Deutschlands“ Mitteilung der Bundesforschungsanstalt Forst-Holzwirtschaft 212, S. 1–35
- Schmidt M., Schmidt W. (2007) „Vegetationsökologisches Monitoring in Naturwaldreservaten“ Forstarchiv 78, S. 205–214
- Schmidt M., Kriebitzsch W.-U., Ewald J. (Red.) (2011): „Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands“ BfN-Skripten 299, 111 S.
- Schmidt W. (1991): „Die Veränderung der Krautschicht in Wäldern und ihre Eignung als pflanzlicher Bioindikator“ In: Schriftenreihe für Vegetationskunde (21), Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn-Bad Godesberg, 258 S.
- Schulte U. (2012): „Buche in Naturwaldzellen auf dem Vormarsch - Waldkundliche Ergebnisse nach 40 Jahren Dauerbeobachtung“ In: „40 Jahre Naturwaldforschung in NRW-Eine Zwischenbilanz“ Schriftreihe der Landforstverwaltung NRW Heft 23, 140 S.
- Ssymank A. (2016): „Biodiversität und Naturschutz in Eichen-Lebensraumtypen“ AFZ-DerWald 20, S. 10–13
- Streitberger, M., Stuhldreher, G., Fartmann, T., Ackermann, W. (2021): „Endbericht Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FKZ 3518820500) Konzeptentwicklung zum bundesweiten Insektenmonitoring“ Osnabrück, 185 S.
- Thomas A., Mrotzek R., Schmidt W. (1995): „Biomonitoring in naturnahen Buchenwäldern“ Angewandte Landschaftsökologie Heft 6, Bundesamt für Naturschutz Bonn-Bad Godesberg, 150 S.
- Trautner, J., Fritze, M.-A. (1999): „Laufkäfer“ In: VUBD (Vereinigung umweltwissenschaftlicher Berufsverbände Deutschlands e.V.) (Hrsg.): Handbuch landschaftsökologischer Leistungen. Empfehlungen zur aufwandsbezogenen Honorarermittlung, Nürnberg, S. 184–195
- Trautner, J. (Hrsg.) (2017): „Die Laufkäfer Baden-Württembergs, Band 1“. Stuttgart, 416 S.
- Wellbrock N., Bolte A., Flessa H. (eds) (2016): „Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland. Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald 2006 bis 2008“. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep. 43 DOI:10.3320/REP1473930232000
- Wildmann S., Engel F., Meyer P., Spellmann H., Schultze J., Gärtner S., Reif A., Bauhus J. (2014) „Definition und Flächen Wälder mit natürlicher Entwicklung in Deutschland“ AFZ-DerWald 2, S. 28–30
- Winter K., Bogenschütz H., Dorda D., Dorow W. O., Flechtner G., Graefe U., Köhler f., Menke N., Schaueremann J., Schubert H., Schulz U., Tauchert J., (1999): „Programm zur Untersuchung der Fauna in Naturwäldern“ IHW-Verlag, 61 S.
- Winkel und Spellmann (Hrsg) (2019) „Naturschutz im Landwald Konzepte, Umsetzung und Perspektiven“ BfN Skripten 542, 333 S.
- Wirth C., Gleixner G., Heimann M., (2009): „Old-Growth Forests: Function, Fate and Value-an Overview“ In Wirth C., Gleixner G., Heimann M. (Editors) Ecological Studies 207: „Old-Growth Forests Function, Fate and Value“, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 512 S.
- Zielewska-Büttner K., Adler P., Ehmann M., Braunisch V. (2016): „Automated detection of forest gaps in spruce dominated stands using Canopy Height Models (CHM) derived from stereo aerial imagery.“ Remote Sensing 8, 175, 21 S.
- Zielewska-Büttner K., Adler P., Kolbe S., Beck R., Ganter L.M., Koch B., Braunisch V. (2020): „Detection of Standing Deadwood from Aerial Imagery Products: Two Methods for Addressing the Bare Ground Misclassification Issue“ Forests, 11 (8), 801, 27 S.



Anhang A: Naturwaldzellen mit Standardprogramm

Buchenwälder stark saurer Böden
Buchenwälder stark saurer Böden montan
Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden
Eichen-Hainbuchenwälder
Azonale Waldgesellschaften

NWZ Nr.	Name	WB-Art	Jahr der Ausweisung	Fläche [ha]	RFA (betrieblich)	Waldtyp-Klasse	Höhe (min)	Wuchsgebiet	Name WEG	WEG Größe [ha]	Fläche mit WEG [ha]
1	Kreitzberg	Land	1971	11,9	Rureifel-Jülicher Börde	Buchenwälder stark saurer Böden	400	Nordwesteifel	Huertgenwald_15_Hardt, WG-AC-0001-15	57,46	69,36
2	Im Brand	Land	1971	14,6	Nationalparkforstamt	Buchenwälder stark saurer Böden montan	480	Nordwesteifel	Kernfläche NLP		
4	Wiegelskammer	Land	1971	13,9	Nationalparkforstamt	Buchenwälder stark saurer Böden	360	Nordwesteifel	Kernfläche NLP		
7	Oberm Jägerkreuz	Land	1972	19,4	Rhein-Sieg-Erft	Eichen-Hainbuchenwälder	170	Niederrheinische Bucht			
8	Kerpener Bruch	Land	1972	17,5	Rhein-Sieg-Erft	Eichen-Eschen-Mischwälder	80	Niederrheinische Bucht			
10	Hinkesforst	Land	1971	13,5	Niederrhein	Eichen-Hainbuchenwälder	37	Niederrheinisches Tiefland			
13	Rehsol	Land	1971	27,9	Niederrhein	Buchenwälder stark saurer Böden	35	Niederrheinisches Tiefland	WG-KLE-002-04	10,6	38,5
15	Steinsieperhöh	Land	1972	5,3	Rhein-Sieg-Erft	Buchenwälder stark saurer Böden	240	Bergisches Land			
16	Meersiepenkopf	Land	1972	12,9	Rhein-Sieg-Erft	Buchenwälder stark saurer Böden	160	Bergisches Land			
17	Herbremen	Land	1976	10,8	Arnsberger Wald	Eichen-Hainbuchenwälder	200	Sauerland	WG-HSK-0004-02 und -03	18,82	29,62
22	An der Frauengrube	Land	1976	9,5	Oberes Sauerland	Buchenwälder stark saurer Böden montan	680	Sauerland	WG-HSK-0008-05	49,94	59,44
24	Teppes Viertel	Land	1978	6,3	Münsterland	Eichen-Hainbuchenwälder (bis Buchenwälder stark saurer Böden)	53	Westfälische Bucht			
26	Nammer Berg	Land	1978	17,2	Hochstift	Buchenwälder stark saurer Böden	170	Weserbergland			
27	Am weißen Spring	Land	1978	15,8	Hochstift	Buchenwälder stark saurer Böden (Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden)	425	Westfälische Bucht	WG-PB-0014-04	105,78	121,58
28	Kurzer Grund	Land	1979	17,7	Hochstift	Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden (Teile Buchenwälder stark saurer Böden)	380	Westfälische Bucht			
29	Kluß	Land	1978	13,2	Hochstift	Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	350	Westfälische Bucht	WG-PB-0011-03	61,05	74,25
33	Eichenberg	Land	1978	8,6	Hochstift	Trockenhang-Kalkbuchenwälder (Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden)	210	Weserbergland			
35	Ostenberg	Land	1974	13,7	Hochstift	Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	100	Mittelwestniedersächsisches Tiefland	WG-MIN-0001	32,48	46,18
36	Im Hirschbruch	Land	1977	6,9	Kurkölnisches Sauerland	Moor-Birken-Bruchwald	520	Sauerland			
37	Großer Stein	Land	1976	28,5	Siegen-Wittgenstein	Buchenwälder stark saurer Böden (Basaltkuppe mit Buchenwälder (mäßig) nährstoffreichen Böden; Sonderstandort: Eschen-Bergahorn-Wald)	400	Sauerland	WG-SI-0006	43,1	71,6
38	Puhlbruch	Land	1976	16,6	Rhein-Sieg Erft	Buchenwälder stark saurer Böden	360	Bergisches Land			

NWZ Nr.	Name	WB-Art	Jahr der Ausweisung	Fläche [ha]	RFA (betrieblich)		Waldtyp-Klasse	Höhe (min)	Wuchsgebiet	Name WEG	WEG Größe [ha]	Fläche mit WEG [ha]
39	Schorn	Land	1978	17,3	Hochstift		Eichen-Hainbuchenwälder	280	Westfälische Bucht			
40	Obere Schüttshöhe	Land	1979	18,5	Hochstift		Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	340	Westfälische Bucht			
41	Hunau	Land	1977	11,5	Oberes Sauerland		Buchenwälder stark saurer Böden montan	750	Sauerland	WG-HSK-0008-04	4,96	16,46
42	Worringer Bruch	Kommunal	1980	18,8	Rhein-Sieg-Erft		Traubenkirschen-Eschenwälder	40	Niederrheinische Bucht			
43	Niederkamp	Land	1978	8,2	Niederrhein		Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	27	Niederrheinisches Tiefland			
44	Hiesfelder Wald	Land	1978	9	Ruhrgebiet		Buchenwälder stark saurer Böden	55	Westfälische Bucht			
45	Krummbeck	Land	1978	20,4	Niederrhein		Buchenwälder stark saurer Böden (Sonderstandort: Winkelseggen-Erlen-Eschenwald)	45	Westfälische Bucht			
46	Altwald Ville	Land	1978	20	Rhein-Sieg-Erft		Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	130	Niederrheinische Bucht			
47	Amelsbüren	Land	1978	14,6	Münsterland		Eichen-Hainbuchenwälder (Buchenwälder stark saurer Böden)	60	Westfälische Bucht			
48	Schwalmtal	Land	1980	7,8	Niederrhein		Erlen-Bruchwälder (Traubenkirschen-Eschenwälder)	56	Niederrheinisches Tiefland			
49	Vinnenberg	Land	1981	1,4	Münsterland		Moorbirken-Bruchwälder	60	Westfälische Bucht			
50	Netphener Hauberg	Land	1980	23,7	Siegen-Wittgenstein		Buchenwälder stark saurer Böden (montan) (Eichen-Birken-Niederwald)	460	Sauerland			
51	Eichenwälder Bruch	Land	1980	5,1	Siegen-Wittgenstein		Moor-Birken-Bruchwald	550	Sauerland			
55	Kirchheller Heide	Kommunal	1984	57,5	Niederrhein		Birken-Eichenwälder	55	Westfälische Bucht			
56	Latrop	Land	1984	12,9	Oberes Sauerland		Buchenwälder stark saurer Böden (montan)	550	Sauerland	WG-HSK-0010-05	33,52	46,42
57	Petersberg	Stiftung	1987	16,2	Rhein-Sieg-Erft		Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	180	Bergisches Land			
58	Überanger Mark	Kommunal	1986	14,1	Niederrhein		Eichen-Hainbuchenwälder	37	Niederrheinisches Tiefland			
59	Am Rintelner Weg	Kommunal	1990	16,4	Ostwestfalen-Lippe		Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	180	Weserbergland			
61	Ochsenberg	Land	1990	18,6	Hochstift		Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	270	Weserbergland			
62	Winkel'scher Busch	Land	1989	3,3	Niederrhein		Birken-Eichenwälder	25	Niederrheinisches Tiefland			
63	Brachter Wald	Stiftung	1990	7,7	Niederrhein		Birken-Eichenwälder	53	Niederrheinisches Tiefland			
64	Hengsteysee	Kommunal	1991	13,9	Ruhrgebiet		Buchenwälder stark saurer Böden	120	Bergisches Land			
68	Heerener Holz	Land	1992	31,4	Ruhrgebiet		Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden (Eichen-Hainbuchenwälder)	70	Westfälische Bucht			
70	Rosenberg	Land	1998	35,4	Hochstift		Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	220	Weserbergland	WG-PB-0001-01 und -02	149,75	185,15
73	Rüspers Wald	Land	2000	69	Kurkölnisches Sauerland		Moor-Birken-Bruchwald	560	Sauerland			

Anhang B: Naturwaldzellen mit Extensivprogramm

NWZ Nr.	Name der NWZ	WB-Art	Jahr der Ausweisung	Fläche [ha]	RFA (betrieblich)	Waldtyp-Klasse	Wuchsgebiet	Name WEG
5	Hütterbusch	Privat	1971	16,3	Hocheifel-Zülpicher Börde	Buchenwälder stark saurer Böden	Nordwesteifel	
6	Sandkaul	Privat	1971	4,6	Hocheifel-Zülpicher Börde	Trockenhang-Kalkbuchenwälder (Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden)	Nordwesteifel	
19	Unterm Rosenberg	Land	1976	24,1	Kurkölnisches Sauerland	Buchenwälder stark saurer Böden	Sauerland	WG-OE-0001-01 und 02
52	Lindenberger Wald I	Privat	1982	7,2	Rureifel-Jülicher Börde	Eichen-Hainbuchenwälder	Nieder-rheinische Bucht	
53	Lindenberger Wald II	Privat	1983	12,3	Rureifel-Jülicher Börde	Eichen-Hainbuchenwälder	Nieder-rheinische Bucht	
60	Nonnenstromberg	Privat	1989	15,2	Rhein-Sieg-Erft	Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden (Eichen-Hainbuchenwälder)	Bergisches Land	
66	Hohenbach	Land	1994	32	Nationalparkforstamt	Buchenwälder stark saurer Böden (Eichen-Niederwald Sonderstandort: Eschen-Ahorn-Schluchtwälder)	Nordwesteifel	Kernfläche NP
67	Arsbecker Bruch	Stiftung	1994	50,1	Rureifel-Jülicher Börde	Erlen-Bruchwald	Nieder-rheinisches Tiefland	
71	Holter Wald	Privat	1999	15,9	Hochstift	Buchenwälder stark saurer Böden	Westfälische Bucht	
72	Laendern	Privat	1999	16,7	Ruhrgebiet	Eichen-Hainbuchenwald (Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden)	Westfälische Bucht	
76	Kohusholz	Privat	2006	42,36	Ruhrgebiet	Eichen-Hainbuchenwälder	Westfälische Bucht	

Anhang C: Naturwaldzellen für Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung

NWZ Nr.	Name der NWZ	WB-Art	Jahr der Ausweisung	Fläche [ha]	RFA (hoheitlich/betrieblich)	Waldtyp-Klasse	Wuchsgebiet	Name WEG	WEG Größe [ha]	Fläche mit WEG [ha]
7	Oberm Jägerkreuz	Land	1972	19,4	Rhein-Sieg-Erft	Eichen-Hainbuchenwälder	Nieder-rheinische Bucht			
10	Hinkesforst	Land	1971	13,5	Niederrhein	Eichen-Hainbuchenwälder	Nieder-rheinisches Tiefland			
13	Rehsol	Land	1971	27,9	Niederrhein	Buchenwälder stark saurer Böden	Nieder-rheinisches Tiefland	WG-KLE-002-04	10,6	38,5
15	Steinsieperhöh	Land	1972	5,3	Bergisches Land	Buchenwälder stark saurer Böden	Bergisches Land			
22	An der Frauen-grube	Land	1976	9,5	Oberes Sauerland	Buchenwälder stark saurer Böden (montan)	Sauerland	WG-HSK-0008-05	49,9	59,4
24	Teppes Viertel	Land	1978	6,3	Münsterland	Eichen-Hainbuchenwälder (Buchenwälder stark saurer Böden)	Westfälische Bucht			
44	Hiesfelder Wald	Land	1978	9	Ruhrgebiet	Buchenwälder stark saurer Böden	Westfälische Bucht	Kernfläche NP		
60	Nonnenstromberg	Privat	1989	15,2	Rhein-Sieg-Erft	Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden (Eichen-Hainbuchenwälder)	Bergisches Land			
68	Heerener Holz	Land	1992	31,4	Ruhrgebiet	Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden (Eichen-Hainbuchenwälder)	Westfälische Bucht			
70	Rosenberg	Land	1998	35,4	Hochstift	Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden	Weserbergland	WG-PB-0001-01 und -02	149,8	185,2

Anhang D: Mitglieder der Expertengruppe

Name	Institution
Dr. Norbert Asche	Ehemals Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Markus Blaschke	Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Irene Breil	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Dr. Barbara Darr	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Dr. Stefan Franz	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Kay Genau	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Christoph Grüneberg	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Rudolf Hansknecht	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Dr. Steffi Heinrichs	Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie
Dr. Burkhard Herzig	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Matthias Herkt	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Dr. Dirk Hinterlang	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Elisabeth Huse	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Dr. Gero Hütte-von Essen	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Dr. Judith Kretschmer	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur-und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Dr. Jan Lehmann	Westfälische Wilhelms-Universität, Institut für Landschaftsökologie
Jörg-Detlef Meißner	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Nicole Menden	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur-und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Prof. Dr. Hanna Meyer	Westfälische Wilhelms-Universität, Institut für Landschaftsökologie
Dr. Michael Meyer	Westfälische Wilhelms-Universität, Institut für Landschaftsökologie
Dr. Peter Meyer	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Ute Nolden-Seemann	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Dr. Ralf Petercord	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur-und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Dr. Peter Schall	Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie
Prof. Dr. Christoph Scherber	Zoologisches Forschungsmuseum Alexander König, Zentrum für Biodiversitätsmonitoring
Dr. Carsten Schmidt	Freier Gutachter Kryptogame
Prof. (i.R.) Dr. Wolfgang Schmidt	Ehemals Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie
Uta Schulte	Ehemals Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Nico Schumacher	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Dr. Lucia Seebach	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
Renate Späth	Ehemals Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur-und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Dr. Hans-Joachim Spors	Ehemals Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Dr. Carolin Stiehl	Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Dr. Heinrich Terlutter	LWL-Museum für Naturkunde
Prof. Dr. Helge Walentowski	HAWK Göttingen, Fakultät Ressourcenmanagement
Dr. Katarzyna Zielewska-Büttner	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Abkürzungsverzeichnis

BHD	Brusthöhendurchmesser
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (seit 2021 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, BMUV)
BZE	Bodenzustandserhebung
DBF	Dauerbeobachtungsflächen
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
FBB	Forstbetriebsbezirke
ho	WEISE'sche Oberhöhe (entspricht der Höhe des Grundflächen Mittelstammes der 20% stärksten Bäume des Bestandes)
hpnV	heutige potentielle natürliche Vegetation
KF	Kernfläche
LNatSchG NRW	Gesetz zum Schutz der Natur in Nordrhein-Westfalen (Landnaturschutzgesetz)
LANUV	Landamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LIDAR	Light detection and ranging
LWI	Landwaldinventur
MKULNV NRW	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Land Nordrhein-Westfalen (seit 2018 Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, MULNV NRW)
NLP Eifel	Nationalpark Eifel
NRW	Nordrhein-Westfalen
NV	Naturverjüngung
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NW-FVA	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
NWZ	Naturwaldzelle(n)
NWZ EP	Naturwaldzelle Extensivprogramm
NWZ FP	Naturwaldzelle Forschungsschwerpunkt
NWZ SP	Naturwaldzelle Standardprogramm
PSI	Permanente Stichprobeninventur
RGBI	Rot-Grün-Blau-Nahes Infrarot
RFA	Regionalforstamt
SPK	Stichprobenkreise
V	Vollaufnahme
V(T)	Vollaufnahme auf Teilflächen
WEG	Wildnisentwicklungsgebiet(e)
WB-Art	Waldbesitzart

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen	14
Abbildung 2: Anzahl der Waldstrukturaufnahmen	17
Abbildung 3: Nummerierung der Bäume auf den Kernflächen NWZ 40 „Obere Schütthöhe“	17
Abbildung 4: Anzahl der Bodenvegetationsaufnahmen	18
Abbildung 5: Lage und Benennung der Dauerbeobachtungsflächen für die Bodenvegetationsaufnahmen	19
Abbildung 6: 175-jähriger Buchenbestand der NWZ 3	20
Abbildung 7: Entwicklung des Gesamtholzvorrates in m ³ /ha von 1971 – 2021 auf den Kernflächen der NWZ 3	21
Abbildung 8: Durchmesserklassen [cm] innerhalb und außerhalb des Zauns auf den KF der NWZ 3	22
Abbildung 9: Stammanzahl der Buchen pro ha in der Ober-, Mittel-, und Unterschicht auf der KF der NWZ 3	23
Abbildung 10: Mittlere Höhe der Strauchschicht inner- und außerhalb des Zauns auf der NWZ 3	23
Abbildung 11: Artenanzahl der Bodenvegetation inner- und außerhalb des Zauns auf der NWZ 3	23
Abbildung 12: Schematische Darstellung des Vorgehens bei der Erstellung des Monitoringkonzeptes für die NWZ	29
Abbildung 13: Konzeptionelles Modell des Ökosystems Naturwald für die Naturwaldforschung in den NWZ in NRW	30
Abbildung 14: Beispiel für Buchenwälder stark saurer Böden NWZ 18 „Hellerberg“	34
Abbildung 15: Beispiel für Buchenwälder stark saurer Böden montan NWZ 21 „Brandhagen“	34
Abbildung 16: Beispiel für Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Böden NWZ 6 „Sandkaul“	35
Abbildung 17: Beispiel für Eichenwälder und Eichenmischwälder NWZ 9 „Am Sandweg“	35
Abbildung 18: Einteilung der 75 NWZ in Intensitätsstufen, Kriterien der Flächenauswahl	36
Abbildung 19: Zusammenfassung des Monitoringprogramms der drei Intensitätsstufen der NWZ	37
Abbildung 20: Schematische Darstellung des Aufbaus eines Stichprobenkreises für die PSI	40
Abbildung 21: Einteilung der KF in Teilflächen für die Aufnahme der Verjüngung und des Verbisses	43
Abbildung 22: Zusammenfassung der Waldstrukturparameter unterteilt nach den drei Intensitätsstufen der NWZ	45
Abbildung 23: Gesamtansicht Kronendach (Baumhöhenmodell) NWZ 43 erstellt mit Daten eines Drohnenüberflugs	56
Abbildung 24: Ausschnitt Höhenmodell der NWZ 43	56
Abbildung 25: Ablauf der Datenaufnahme und -verarbeitung für Waldstruktur	60
Abbildung 26: Detaillierte Darstellung der aktuellen Datenverarbeitung der Waldstrukturparameter	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Parameter der Waldstrukturaufnahme	18
Tabelle 2: Parameter der Bodenvegetationsaufnahme	19
Tabelle 3: Zusammenfassung der Vor- und Nachteile des Kernflächensystems und der Permanenten Stichprobeninventur	25
Tabelle 4: Auflistung der Forschungsfragen, der dafür zu untersuchende Prozesse und der abgeleiteten Parameter	31
Tabelle 5: Ausgewählte Naturwaldzellen mit Forschungsschwerpunkt	38
Tabelle 6: Relevante Prozesse zur Beantwortung der Forschungsfragen (Waldstruktur)	41
Tabelle 7: Ausgewählte Erkenntnisse und Wissenslücken bei der Erfassung der Waldstruktur	41
Tabelle 8: Parameter der Waldstrukturaufnahme auf der KF und PSI	42
Tabelle 9: Parameter der Aufnahme der Verjüngung und Verbisses	44
Tabelle 10: Parameter die nicht weiter aufgenommen werden (Waldstruktur)	44
Tabelle 11: Verhältnis der Anzahl der Totholzstücke (liegend) zum Volumen des Totholzes im Bezug zum Mindestdurchmesser	45
Tabelle 12: Zusammenfassung Forschungsfragen und zu untersuchende Prozesse für die Bodenvegetation, Standortparameter	46
Tabelle 13: Ausgewählte Erkenntnisse und Wissenslücken bei der Erfassung der Bodenvegetation und Standortparameter	46
Tabelle 14: Parameter für die Aufnahme der Bodenvegetation und des Standortes	48
Tabelle 15: Anzahl der NWZ, in denen entweder einmalige oder mehrfache Aufnahmen der unterschiedlicher Organismengruppen durchgeführt wurden	49

Impressum

Herausgeber

Wald und Holz NRW
Stabsstelle Presse und Kommunikation
Albrecht-Thaer-Straße 34
48147 Münster
info@wald-und-holz.nrw.de
www.wald-und-holz.nrw.de

Fachredaktion/Fachtexte

Wald und Holz NRW
Fachbereich IV
Team Waldnaturschutz

Bildnachweis

Michael Elmer: 6, 10, 15, 17, 20, 21, 22, 24, 34, 47, 53, 55, 58, 61, 62, 69
Marcel Dogotari: 56
Max Fornfeist: 65
Frank Köhler: 51, 52
Klaus Striepen: 8, 9, 11, 12, 13, 16, 26, 27, 28, 32, 34, 35, 45, 50, 54, 57, 64

Zitiervorschlag

Lang C., Elmer M., Schlagner-Neidnicht J., Striepen K., Scheible A., Bantin J., Hipler U., (2022):
„Schützen-Forschen-Lernen. Konzept für die Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen.“
Hrsg. Wald und Holz NRW

Gestaltung

dot.blue – communication & design
www.dbcd.de
Jutta Schlotthauer

Wald und Holz NRW
Albrecht-Thaer-Straße 34
48147 Münster
Telefon 0251 91797 0
Telefax 0251 91797 100
info@wald-und-holz.nrw.de
www.wald-und-holz.nrw.de

