



Scopus Indexed Journal

Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz – Forest Ecology, Landscape Research and Nature Conservation

www.afsv.de/index.php/waldoekologie-landschaftsforschung-und-naturschutz



Bewertung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung von Wäldern in Deutschland – Grenzen und Potentiale

Evaluation of the naturalness of the tree species composition of forests in Germany – limits and potentials

Hendrik Stark, Stefanie Gärtner, Reiner Suck & Albert Reif

Abstract

Naturalness is an important criterion for evaluating forests in nature conservation and forest management. The degree of naturalness is derived from a comparison between the actual state of an ecosystem with its potential natural state, which acts as reference. This paper compares different methodological approaches to evaluate the naturalness of the tree species composition of forests in Germany, using the data of the Third German National Forest Inventory (NFI3). Our goal was to analyze the naturalness evaluation methodology as implemented within the German National Forest Inventory.

Depending on the evaluation methodology the results can vary greatly driven by fundamental differences among the references and the methodology used for evaluation.

- (1) One fundamental difference between the two available nation-wide reference systems was tree species composition („natural forest types“ of NFI3, „basic units“ from the map of the potential natural vegetation of Germany). Differences were found regarding the number of tree species in the reference, their ecological niches, and the role of pioneer tree species.*
- (2) Depending on the definition of the evaluation scales results of the naturalness evaluation differed greatly. This was particularly attributed to the number scale levels, and the thresholds between them, and the variables that were included to define the scales. This shows how susceptible the method for assessing naturalness of tree species composition in Germany's national forest inventory is, where the weak points are and how they can be made more comprehensible and robust.*

Keywords: *Comparison of methods, potential natural vegetation, natural forest communities, German National Forest Inventory*

Zusammenfassung

Naturnähe ist ein wichtiges naturschutzfachliches und forstwirtschaftliches Kriterium zur Beurteilung von Lebensräumen. Zur Ermittlung des Grades der Naturnähe wird der aktuelle Zustand eines Ökosystems mit einem potentiell natürlichen Zustand (Referenz) verglichen und bewertet. Die vorliegende Arbeit beinhaltet einen Methodenvergleich zur Erfassung und Bewertung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung der Wälder. Die Analyse basiert auf den Daten der dritten Bundeswaldinventur Deutschlands (BWI3). Es zeigte sich, dass die Einstufung der Naturnähe der Wälder sehr unterschiedlich sein kann. Dies hängt ab von den jeweils angewendeten Bewertungsmethoden mit ihren implizit gesetzten Eingangsvariablen.

- (1) Die Baumartenzusammensetzung der Referenz in den beiden deutschlandweit verfügbaren Referenzsystemen unterscheidet sich stark („natürliche Waldgesellschaften“ der Bundeswaldinventur versus „Grundeinheiten“ der Karte der potentiellen natürlichen Vegetation Deutschlands). Unterschiede bestehen vor allem in der Anzahl der Baumarten im Referenzsystem, ihrer ökologischen Stellung, und in der Einbeziehung von Pionierbaumarten.
- (2) Je nach Definition der Naturnähestufen ergibt sich eine deutlich unterschiedliche Bewertung der Naturnähe. Einfluss hat hier besonders die Anzahl an Naturnähestufen, ihre jeweilige Abgrenzung nach oben und unten sowie die Variablen, die zur Definition genutzt werden. Dies zeigt, wie anfällig die Methode zur Naturnähebewertung in der Bundeswaldinventur Deutschlands ist, wo die Schwachstellen liegen und wie sie nachvollziehbarer und robuster gestaltet werden können.

Schlüsselwörter:

Methodenvergleich, potentielle natürliche Vegetation, natürliche Waldgesellschaften, Bundeswaldinventur, BWI, pnV

1 Einleitung

Naturnähe ist eines der zentralen Kriterien zur naturschutzfachlichen Bewertung von Ökosystemen (SCHERZINGER 1996, SCHULTZE et al. 2014, WINTER et al. 2010). Wichtige Waldzertifizierungssysteme fordern eine naturnahe Waldbewirtschaftung mit einer Ausweisung von Naturwaldentwicklungsflächen, den Schutz „natürlicher Waldökosysteme“, eine Herstellung „naturnäherer Bedingungen“ (FSC 2019) oder einen „Schutz der natürlichen Vielfalt und Dynamik“ (NATURLAND 2014). In der Waldstrategie 2020 (BMELV 2011) und in der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (BMUB 2007) wird die große Bedeutung von naturnahen Waldgesellschaften für die Förderung und die Erhaltung der biologischen Vielfalt und zur Anpassung an den Klimawandel herausgestellt. Die Ergebnisse zur Naturnähe der Baumartenzusammensetzung in der Bundeswaldinventur werden öffentlichkeitswirksam präsentiert (ENGLERT et al. 2016).

Naturnähe ist nicht statisch: Die heute als naturnah eingestufte Waldvegetation wird sich unter veränderten Klimaverhältnissen ebenfalls verändern. Es wird sich eine „neue Natur“ mit veränderten (Baum)Artenzusammensetzungen einstellen (CZÚCZ et al. 2011, METTE et al. 2013). Diese ist heute nur modellhaft zu erkennen (DYDERSKI et al. 2018, GAZOL et al. 2015, MAIORANO et al. 2021), beispielsweise durch Analyse von heutigen Standortsbedingungen in Regionen, in denen für eine Region das prognostizierte Klima der Zukunft bereits heute realisiert ist (HOHNWALD et al. 2020). Fremdländische Baumarten, die potentiell besser an das zukünftige Klima angepasst sind, werden aktuell geprüft (DE AVILA & ALBRECHT 2018). Waldentwicklungsszenarien mit mehr Potential zur Kohlenstoffsequestrierung, z. B. unter Beteiligung von mehr Douglasie, werden berechnet (OEHMICHEN et al. 2018). Dies hat Waldumbaumaßnahmen zur Folge (LINDNER et al. 2014) und wird insbesondere auch zu Debatten über die künftige Naturnähe der Wälder führen.

Daher muss der Ansatz zur Bewertung von Naturnähe transparent und verständlich sein und die Naturnähebewertung im Rahmen eines Monitorings wie z. B. der Bundeswaldinventur (BWI) überprüfbar werden. Dazu sind standardisierte Methoden und Definitionen eine wichtige Grundvoraussetzung. Um wichtige Aspekte bei der Erstellung solcher Methoden herauszuarbeiten, nutzen wir hier entsprechende Methoden, Konzepte und Daten, die noch in einer Zeit entstanden sind, als die Auswirkungen des Klimawandels insbesondere auf die Vegetation weniger akut waren als heute. Die Prinzipien der Methodik zur Erfassung und Bewertung der Baumartenzusammensetzung sind aber vor und während des Klimawandels dieselben.

Naturnähe beschreibt den Grad der Abweichung eines aktuellen Zustandes von seinem Naturzustand und die Erfassung dieses Unterschieds in einer Skala (BONČINA et al. 2017, KOWARIK 1999). Aufgrund fehlender natürlicher, vom Menschen unbeeinflusster Wälder in Mitteleuropa wurde das Konzept der potentiell natürlichen Vegetation (pnV) als Beschreibung des Naturzustands eingeführt, basierend auf den Arbeiten von JALAS (1955) und TÜXEN (1956). Definiert wurde für jeden Standort eine sich „schlagartig einzustellende Schlusswaldgesellschaft“. Diese ist die idealisierte natürliche Pflanzengesellschaft zu einem bestimmten Zeitpunkt unter Berücksichtigung des jeweils aktuellen Standorts (TÜXEN 1956, SUCK et al. 2014a) und bezieht damit konzeptionell die veränderten Standortsbedingungen, z. B.

des Klimas mit ein. Bis heute ist die heutige pnV als „natürliches Referenzsystem“ eines der wichtigsten Bausteine zur naturschutzfachlichen Bewertung von Wäldern (BONČINA et al. 2017, MERGANIĆ et al. 2012, SOMODI et al. 2012), selbst wenn diese wegen konzeptioneller Schwachpunkte wie ihrer statischen Ausrichtung zurecht kritisiert wird (CHIARUCCI et al. 2010). Ein zentrales Element der Naturnähe von Wäldern und ihrer Analyse ist die Baumartenzusammensetzung, denn diese prägt den Wald als Lebensraum inklusive seiner natürlichen Prozesse (vgl. FERRIS & HUMPHREY 1999). Ein praktischer Vorteil dieser selektiven Bewertung ist auch, dass die Baumartenzusammensetzung standardmäßig durch forstliche Inventuren erhoben wird und die Information dadurch großräumig verfügbar ist.

Als natürliche Referenz der Baumartenzusammensetzung stehen für das gesamte Bundesgebiet zwei experten-basierte Konstrukte der potentiell natürlichen Vegetationszusammensetzung zur Verfügung: Die sog. „Grundeinheiten“ der pnV-Karte Deutschlands, darunter 156 verschiedene potentiell natürliche Pflanzengesellschaften mit Waldbestockung, sie wurden für ganz Deutschland im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) konzipiert (SUCK et al. 2010, SUCK et al. 2014b). Die sog. „natürlichen Waldgesellschaften“ (natWGs) wurden parallel und unabhängig davon durch die Forstverwaltungen vieler Bundesländer als Referenz eines standortsbezogenen Naturzustandes der Baumartenzusammensetzung entwickelt, vor allem für die Anwendung in der Bundeswaldinventur (BWI) (BMEL 2001).

Über diesen vegetationskundlichen Ansatz hinaus wird die Naturnähe von Wäldern durch weitere Variablen wie z. B. Großflächigkeit, das Vorhandensein von Lücken, Totholz, Mikrohabitaten, Ablauf der natürlichen Phasendynamik, Waldkontinuität, weiterhin durch die Durchmesser- und Vitalitätsverteilung der Bäume und ihre Vitalität bestimmt (CÔTÉ et al. 2019, SCHERZINGER 1996, SCHULTZE et al. 2014, WINTER et al. 2010). Eine umfassende Analyse und Bewertung der Naturnähe erfordert eine Vielzahl von Indikatoren zur Beschreibung des Zustandes und der natürlich ablaufenden Prozesse (vgl. GRABHERR et al. 2000, WINTER et al. 2010).

Deutschlandweit wurde die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung im Rahmen der zweiten (SCHMITZ et al. 2004, 2005, 2008) und dritten BWI analysiert (RIEDEL et al. 2017). Demnach sind deutschlandweit 76 % der Waldfläche als „sehr naturnah, naturnah oder bedingt naturnah“ zu bewerten (BMEL 2016, ENGLERT et al. 2016).

Von Anfang an wurden die Aussagen der BWI zur Naturnähe kontrovers diskutiert (REIF et al. 2005). Dies lag vor allem daran, dass es für nicht unmittelbar am Prozess Beteiligte schwierig oder gar unmöglich war nachzuvollziehen, wie die Naturnäheergebnisse zustande gekommen sind und was genau sie bedeuten.

Trotz der zentralen forstwirtschaftlichen, umwelt- und naturschutzpolitischen Bedeutung ist die Naturnähe-einstufung in der Praxis mit großer Unsicherheit behaftet (WINTER 2012), denn die Analyse und Bewertung der Naturnähe ist sehr komplex (REIF & WALENTOWSKI 2008). Den meisten „AnwenderInnen“ ist der Einfluss der zugrundeliegenden Methode auf die resultierende Naturnähe nicht bekannt.

Mit diesem Artikel möchten wir für eine Bewertung der Naturnähe der Waldbestockung durch die BWI die methodisch

gesehen kritischen Eingangsvariablen zur Naturnähebewertung der Baumartenzusammensetzung benennen und Lösungsmöglichkeiten aufzeigen, die wir im Rahmen eines vom BfN geförderten Projektes erarbeitet haben. Eine ausführliche Dokumentation ist in STARK et al. (2019) zu finden.

Hauptziel ist eine Quantifizierung der Auswirkungen einer Veränderung folgender Eingangsvariablen auf die Ergebnisse der Naturnähebewertung:

1. Auswirkungen des als potentiell natürlich angenommenen Referenzsystems auf die Bewertung der Naturnähe
2. Auswirkung der verwendeten Skala zur Bewertung der Naturnähe
3. Auswirkung der Differenziertheit der Vollständigkeit der Baumartenzusammensetzung

Alle Schritte dieser Analysen und Überprüfungen sind in den BfN-Skripten 531 und 532 im Detail dokumentiert (STARK et al. 2019).

2 Auswirkungen der verwendeten Referenz auf die Bewertung der Naturnähe

Leitprinzip einer Bewertung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung ist die Abweichung der aktuellen Bestockung von einem kriteriengestützt konstruierten Naturzustand. Dieser wird in der BWI durch die Baumartenzusammensetzung der natWgs definiert, die zu den Gruppen Haupt-, Neben-, und Pionierbaumarten (einschl. Begleitbaumarten) zusammengefasst werden. Die Naturnähe der Stichproben (Traktecken bzw. Inventurpunkte) bewertet die BWI mit einer fünfstufigen Skala (Tab. 1).

2.1 Methode: Parallelisierung der natürlichen Waldgesellschaften mit den Grundeinheiten der pnV

Die Auswirkungen dieser Bewertungsmethodik auf die Naturnähe der Wälder in Deutschland allein lassen sich nicht quantifizieren. Möglich ist nur ein Vergleich mit einer alternativen Bewertung, die z. B. auf dem einzigen anderen

deutschlandweit verfügbaren Referenzsystem, den Waldgesellschaften der Grundeinheiten der pnV (SUCK et al. 2010, 2014b), beruht. Als vorgelagertes Ziel ist daher ein Abgleich (Parallelisierung) dieser beiden Naturnähereferenzen notwendig. Diese Grundeinheiten waren ursprünglich durch ihre Baumartenzusammensetzung des Schlusswaldes charakterisiert und in Form von Deckungsgraden definiert; Pionierbaumarten waren entsprechend der Definition von TÜXEN (1956) nicht einbezogen (SUCK et al. 2014b).

Um die Grundeinheiten mit den natWgs der BWI kompatibel zu machen, mussten die Grundeinheiten expertenbasiert um ein Verjüngungswaldstadium mit Pionierbaumarten erweitert werden. Dieses Verjüngungswaldstadium enthält Pionierbaumarten sowie Vorausverjüngung von Schlusswaldbaumarten, die nach großflächiger Störung die Sukzession einleiten. Diese Erweiterung der pnV berücksichtigt damit die natürlicherweise dynamischen Veränderungen von Artenzusammensetzung und Struktur mitteleuropäischer Wälder durch großflächige Störungen und kleinflächige Phasendynamik (KORPEL 1994, LEIBUNDGUT 1993).

Weiterhin mussten die Grundeinheiten mit den natWgs der BWI kompatibel gemacht werden; dazu musste eine Übersetzung von Deckungsgraden als Definitionsmerkmal in den Grundeinheiten hin zum Definitionsmerkmal der Baumartenzusammensetzung in den natWgs (Beschreibung als Haupt- und Nebenbaumarten) entwickelt werden (Dokumentation siehe STARK et al. 2019). Hierzu wurden die in den Grundeinheiten angegebenen Deckungsgrade durch die Setzung von Schwellenwerten in Klassen überführt. Es flossen in Anlehnung an die Vorgehensweise in der BWI (H.G. MICHIELS, pers. Mitt. 2016, FVA Freiburg) Überlegungen zur vertikalen Struktur der Wälder in Anlehnung an die Kraft'schen Klassen, zur Schattentoleranz und zur Verjüngungsökologie der einzelnen Baumarten sowie zu ihren möglichen ökologischen Rollen in verschiedenen Waldgesellschaften mit ein. Folgende Definitionen für Haupt-, Neben- und Pionierbaumarten wurden gesetzt:

- Hauptbaumarten kommen im Verjüngungs- und Schlusswald vor, im Schlusswald Anteil > 20 %.
- Nebenbaumarten kommen im Verjüngungs- und Schlusswald vor, im Schlusswald Anteil < 20 %.

Tab 1: Fünfstufige Skala zur Einstufung der Naturnähe in der Bundeswaldinventur (BWI) und die Bestockungsanteile von Haupt-, Neben- und Pionierbaumarten (Quelle: BWI III in BMEL 2016).

Tab 1: Five-point scale for classifying grades of naturalness in the German National Forest Inventory (NFI), and the stocking proportions of main, secondary and pioneer tree species (Source: BWI III in BMEL 2016).

Naturnähestufe		Indikatoren
I	Sehr naturnah	Alle Hauptbaumarten der natürlichen Waldgesellschaft vorhanden; ihr Bestockungsanteil in der Summe > 50 %; Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft > 90 %; Anteil der außereuropäischen Baumarten < 10 %.
II	Naturnah	Bestockungsanteil der Hauptbaumarten der natürlichen Waldgesellschaft in der Summe zwischen 10 und 50 %; Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft > 75 %; Anteil der außereuropäischen Baumarten < 30 %.
III	Bedingt naturnah	Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft zwischen > 50 % und 75 %.
IV	Kulturbetont	Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft zwischen 25 % und 50 %.
V	Kulturbestimmt	Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft < 25 %.

- Pionierbaumarten sind Baumarten, welche nur in frühen Sukzessionsstadien des Waldes (Verjüngungswald) vorkommen und im Schlusswald ausgedunkelt werden.

Um die Auswirkungen dieser Ergänzung von Pionierbaumarten auf die Ergebnisse der Naturnähebewertung zu zeigen, wurden die Analysen in zwei Varianten durchgeführt, einmal mit und einmal ohne Pionierbaumarten in der Referenz (vgl. STARK et al. 2019). Hierzu wurden in Variante (1) Pionierbaumarten aus den natWgs entfernt, d. h. beide Referenzsysteme beinhalteten dann nur Schlusswaldbaumarten; in Variante (2) wurden die natWgs und Grundeinheiten unter Einschluss der Pionierbaumarten verglichen. Zur Einschätzung der Naturnähe wurde in beiden Fällen die originale fünfstufige Bewertungsskala der BWI verwendet (Tab. 1).

Eine Voraussetzung für eine vergleichende Analyse der verwendeten Referenzen war, dass den Stichprobepunkten der BWI eine entsprechende Grundeinheit eindeutig zugeordnet wird. Die natWg für jeden Stichprobepunkt wurde im Rahmen der BWI vergeben. Hier musste je eine Grundeinheit auf Grundlage der sehr grobskaligen pnV-Karte zu jedem BWI Stichprobepunkt zugeordnet werden. Um die Zahl der dabei unvermeidlich auftretenden Fehlzuordnungen zu minimieren, wurden sieben großflächig vorkommende und bezüglich der Baumartenzusammensetzung möglichst verschiedene Grundeinheiten mit Vorkommen in neun großen Naturräumen ausgewählt, denen jeweils 1) möglichst viele

Stichprobepunkte zugeordnet waren, 2) für die Standortsinformationen zu Höhenstufe und/oder Wasserhaushalt vorlagen und 3) für die eine Grundeinheit eindeutig zugeordnet werden konnte. Ausgewählt wurden drei von Eichen und Waldkiefern geprägte Waldgesellschaften aus Ostdeutschland (Tieflagen, arme Böden, kontinentales Klima); drei weit verbreitete buchengeprägte Waldgesellschaften mit unterschiedlicher Nährstoffversorgung und von der planaren bis zur montanen Höhenstufe aus drei Naturräumen; sowie eine hochmontane Waldgesellschaft mit vorherrschender Buche und Anteilen von Fichte (Hochlagen, saure Böden, relativ kontinentales Klima) (Tab. 2). Die Auswahl dieser natWgs stellt also eine Serie von Fallbeispielen ökologisch möglichst verschiedener Waldgesellschaften dar und umfasst 1.114 Stichprobepunkte.

2.2 Ergebnisse: Auswirkungen der verwendeten Referenz auf die Naturnähergebnisse

Gezeigt werden zwei sich ergänzende Ansätze. Im ersten Ansatz erfolgte der Abgleich durch Eliminierung der Pionierbaumarten aus den natWgs, da die Grundeinheiten ursprünglich ohne natWgs definiert waren (vgl. Tab. 3). Im zweiten Ansatz erfolgte der Abgleich unter Einbeziehung der Pionierbaumarten, also mit Grundeinheiten, denen neben dem Schlusswald auch ein Verjüngungswald, d. h. auch

Tab 2: Parallelisierung zwischen 9 natürlichen Waldgesellschaften der BWI mit den entsprechenden Grundeinheiten der pnV, Fallbeispiele aus 7 Naturräumen.

Tab 2: Parallelization between 9 natural forest types of the federal forest inventory with corresponding basic units ("Grundeinheit") of the potential natural vegetation (pnV), case studies from 7 physical regions.

Natürliche Waldgesellschaft (natWg)	Grundeinheit der pnV	Naturraum	Bemerkungen
Weißmoos-Kiefernwald (inkl. Traubeneiche in natWg) (162)	Blaubeer-Kiefern-Traubeneichenwald (P1a)	Wuchsgebiet Düben-Niederlausitzer Altmoränenland (25)	32 Inventurpunkte, oligotrophe Standorte, planar
Preiselbeer-Eichenwald (161)	Blaubeer-Kiefern-Traubeneichenwald (P1a)	Wuchsgebiet Düben-Niederlausitzer Altmoränenland (25)	83 Inventurpunkte, oligotrophe Standorte, planar
Preiselbeer-Eichenwald (161)	Waldreitgras-Kiefern-Traubeneichenwald (P1b)	Wuchsgebiet Düben-Niederlausitzer Altmoränenland (25)	181 Inventurpunkte, oligomesotrophe Standorte
Hainsimsen-Buchenwald, z. T. mit Tanne (1)	Typischer Hainsimsen-Tannen-Buchenwald (Ld3a)	Wuchsgebiet Schwarzwald (73)	156 Inventurpunkte, oligotroph-mesotrophe, mäßig frische Standorte, montan
Waldmeister-Buchenwald, z. T. mit Tanne (3)	Typischer Waldmeister-Buchenwald (Mc4)	Ostholsteinisch-Westmecklenburger Jungmoränenland (5)	77 Inventurpunkte, planar
Waldgersten-Buchenwald, z. T. mit Tanne (4)	Typischer Waldgersten-Buchenwald (Nc3)	Mitteldeutsches Trias-, Berg- und Hügelland (37)	159 Inventurpunkte, kollin-submontan
Hainsimsen-Buchenwald, z. T. mit Tanne (1)	Rasenschmielen-Hainsimsen-Buchenwald (Lc6a)	Hunsrück (66)	145 Inventurpunkte, montan
Hainsimsen-Buchenwald, z. T. mit Tanne (1)	Hainsimsen-Fichten-Tannen-Buchenwald (Le7b)	Wuchsgebiet Schwarzwald (73)	82 Inventurpunkte, hochmontan
Fichten-Buchenwald (8)	Wollreitgras-Fichten-Tannen-Buchenwald (Le7a)	Erzgebirge (56)	199 Inventurpunkte, hochmontan

Pionierbaumarten, zugeordnet wurde (vgl. Tab. 4).

2.2.1 Vergleich der Naturnähe unter Ausschluss der Pionierbaumarten in der Referenz

Die Unterschiede der Baumartenzusammensetzung in den Referenzsystemen (ohne Pionierbaumarten) führten dazu, dass sich bei der pauschalen Gesamtbetrachtung aller 1.114 Stichprobenpunkte der exemplarisch ausgewählten Waldgesellschaften durch die Verwendung der Grundeinheiten als Referenz 50 % der Stichproben aus Naturnähestufe 1

zu Naturnähestufe 2 (naturnah), 53 % der Stichproben von Naturnähestufe 2 zu Naturnähestufe 3 (bedingt naturnah) und 25 % der Stichproben aus Naturnähestufe 3 zu Naturnähestufe 5 (kulturbestimmt) zuordnen (Tab. 3). Rund 17 % der ehemals „bedingt naturnahen“ Stichproben (Naturnähestufe 3) werden zu „naturnah“ (Naturnähestufe 2). Dies bedeutet, dass beispielsweise die Anzahl der Stichproben mit ursprünglich Naturnähestufe 1 durch die Verwendung der Grundeinheiten als Referenz um ca. 55 % reduziert wird, während sich Naturnähestufe 2 um 54 % erhöht.

Tab. 3: Datenübersicht zur Migration von BWI Inventurpunkten zwischen verschiedenen Naturnähestufen (NNST), wenn die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung statt mit den natWgs der BWI alternativ mit den Grundeinheiten der pnV-Karte Deutschlands berechnet wird. Die Darstellung beruht auf einem Teildatensatz der BWI mit 1.114 Inventurpunkten, wobei jedem Inventurpunkt eine entsprechende Grundeinheit der pnV-Karte Deutschlands als alternative Referenz zugeordnet wurde. Pionierbaumarten wurden bei dieser Betrachtung ausgeschlossen.

Erklärung der Tabellenspalten: „N natWg“: Anzahl Inventurpunkte in den jeweiligen Naturnähestufen (NNST), wenn Naturnähe basierend auf natWg als Referenz berechnet; „N Grundeinheit“: Anzahl Inventurpunkte in der Naturnähestufe, wenn Naturnähe basierend auf Grundeinheiten als Referenz berechnet; $\Delta = (N \text{ natWg} - N \text{ Grundeinheiten})/N \text{ natWg} * -100$; „Migration“: Richtung der „Wanderung“ der Naturnähe der Inventurpunkte von einer Naturnähestufe in eine andere, bedingt durch die Verwendung der Grundeinheiten als alternative Referenz; „Migration absolut“: Absolute Anzahl an Inventurpunkten für jede Migrationsrichtung; „Migration relativ“: Anteil der Inventurpunkte in einer Naturnähestufe, der durch die Berechnung der Naturnähe basierend auf den Grundeinheiten als alternative Referenz in die gleiche oder eine andere Naturnähestufe wandert.

Tab. 3: Migration of NFI inventory points between different grades of naturalness (NNST) when the naturalness of tree species composition is calculated using the basal units („Grundeinheiten“) of the map of the potential natural vegetation of Germany as a reference, instead of using the so-called „natural forest communities“ („natWg“) of the NFI as a reference. The representation is based on a NFI sub-set with 1,114 inventory points, with each inventory point being assigned a corresponding basic unit of the pnV map of Germany as an alternative reference. Pioneer tree species were excluded from this calculation.

Explanation of the table columns: „N natWg“: Number of inventory points for each naturalness grade (NNST), if the natWgs are used as reference; „N basic unit“: number of inventory points for each naturalness grade (NNST), if the basic units (Grundeinheiten) are used as reference; $\Delta = (N \text{ natWg} - N \text{ basic units})/N \text{ natWg} * -100$; „Migration“: Direction of the migration of the grades of naturalness of the BWI inventory points from one grade of naturalness to another, due to the use of the basic units (Grundeinheiten) as an alternative reference; „Migration absolute“: Absolute number of inventory points for each migration direction; „Migration relative“: Relative number of inventory points for each migration direction.

NNST	N natWg	N Grundeinheit	Δ (%)	Migration	Migration absolut	Migration relativ (%)
1	269	119	- 55,8	1 → 1	116	43,1
				1 → 2	134	49,8
				1 → 3	19	7,1
2	178	275	54,5	2 → 1	3	1,7
				2 → 2	57	32,0
				2 → 3	94	52,8
				2 → 4	14	7,9
				2 → 5	10	5,6
3	495	383	- 22,6	3 → 2	84	17,0
				3 → 3	270	54,6
				3 → 4	17	3,4
				3 → 5	124	25,1
4	56	70	25	4 → 4	39	69,6
				4 → 5	17	30,4
5	116	267	130,2	5 → 5	116	100

2.2.2 Vergleich der Naturnähe unter Einbeziehung der Pionierbaumarten in der Referenz

Ein ähnliches Ergebnis ergibt sich bei der Gesamtbetrachtung der sieben großflächig verbreiteten Waldgesellschaften als Fallbeispiele unter Einbeziehung der Pionierbaumarten in den beiden Referenzsystemen. Der Abgleich mit der jeweiligen Grundeinheit anstelle der natWg als Referenz bewirkt, dass 49 % der Stichprobenpunkte aus Naturnähestufe 1 (sehr naturnah) zu Naturnähestufe 2 (naturnah) zugeordnet werden, 47 % der Stichprobenpunkte von Naturnähestufe 2 zu Naturnähestufe 3 (bedingt naturnah) sowie 22 % der Stichprobenpunkte aus Naturnähestufe 3 zu Naturnähestufe 5 (kulturbestimmt) (Tab. 4). Rund 17 % der ehemals „bedingt naturnahen“ Stichprobenpunkte (Naturnähestufe 3) steigen zu „naturnah“ (Naturnähestufe 2) auf.

2.3 Zusammenfassung der wichtigsten Teilbefunde

Die sieben analysierten natürlichen Waldgesellschaften unterschieden sich sowohl in der Baumartenzahl als auch in der Anzahl ihrer Nennung bzw. Häufigkeit jeweils in den natWGs und Grundeinheiten. Die Einstufung der Naturnähe

änderte sich für die Mehrzahl der Stichprobenpunkte nicht. Interessant ist jedoch der Blick auf diejenigen Stichproben, wo sich Änderungen und Unterschiede ergaben, und auf deren Ursachen.

Unter Ausschluss der Pionierbaumarten kamen in den sieben betrachteten natWGs insgesamt 19 Baumarten (mit insgesamt 55 Nennungen) vor, in den entsprechenden neun Grundeinheiten insgesamt 15 Baumarten (mit insgesamt 31 Nennungen). NatWGs und Grundeinheiten haben 13 Baumarten gemeinsam, die insgesamt 29-mal genannt werden. Fünfmal wurden Baumarten in den Grundeinheiten aber nicht in den natWGs genannt; 23-mal wurden Baumarten in den natWGs aber nicht in den Grundeinheiten genannt.

Unter Einbeziehung der Pionierbaumarten kommen in den natWGs 21 Baumarten vor, die aufsummiert insgesamt 79 Nennungen ergeben. In den entsprechenden neun Grundeinheiten kommen insgesamt 19 Baumarten vor, welche aufsummiert insgesamt 55 Nennungen ergeben. 17 Baumarten kommen in beiden Referenzsystemen vor, sie werden insgesamt über alle Fallbeispiele hinweg 50-mal genannt. In den natWGs kamen im Vergleich zu den Grundeinheiten 18 weitere Baumarten vor, die in den 9 Fallbeispielen insgesamt

Tab. 4: Datenübersicht zur Migration von BWI Inventurpunkten zwischen verschiedenen Naturnähestufen, wenn die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung statt mit den natWGs der BWI alternativ mit den Grundeinheiten der pnV-Karte Deutschlands berechnet wird. Die Darstellung beruht auf einem Teildatensatz der BWI mit 1.114 Inventurpunkten, für die eine natWg sowie eine Grundeinheit manuell und gutachterlich eindeutig zugeordnet werden konnte. Pionierbaumarten wurden bei dieser Betrachtung einbezogen (Unterschied zu Tabelle 3).

Tab. 4: *Migration of NFI inventory points between different grades of naturalness (NNST), when the naturalness of tree species composition is calculated based on the basal units (Grundeinheiten) of the map of the potential natural vegetation of Germany as a reference, instead of using the so-called „natural forest communities“ (natWg) of the NFI as a reference. The representation is based on a NFI sub-set with 1,114 inventory points, with each inventory point being assigned a corresponding basic unit of the pnV map of Germany as an alternative reference. Pioneer tree species were included in this calculation.*

NNST	N natWg	N Grundeinheit	Δ (%)	Migration	Migration absolut	Migration relativ (%)
1	281	128	- 54,4	1 → 1	125	44,5
				1 → 2	138	49,1
				1 → 3	18	6,4
2	201	301	49,8	2 → 1	3	1,5
				2 → 2	74	36,8
				2 → 3	95	47,3
				2 → 4	18	9,0
				2 → 5	11	5,5
3	519	410	- 21	3 → 2	89	17,2
				3 → 3	296	57,0
				3 → 4	21	4,1
				3 → 5	113	21,8
4	31	64	106,5	4 → 3	1	3,2
				4 → 4	25	80,7
				4 → 5	5	16,3
5	82	211	157,3	5 → 5	82	100

25mal genannt wurden. In den Grundeinheiten waren im Vergleich zu den natWGs zwei zusätzliche Baumarten zu finden, die insgesamt über alle Fallbeispiele fünfmal genannt wurden.

Die tendenziell höhere Naturnähe bei Anwendung der BWI-internen natWGs als Referenz hat mehrere Ursachen:

- Die natWGs beinhalten eine größere Anzahl an Baumarten, verglichen mit den korrespondierenden Grundeinheiten. Dies erhöht für Stichprobenpunkte die Wahrscheinlichkeit einer Übereinstimmung zwischen aktueller Bestockung und der natWg als Referenz, weshalb die Stichprobenpunkte basierend auf der natWg insgesamt eine größere Naturnähe attestiert bekommen.
- Die Variante unter Ausschluss der Pionierbaumarten zeigt vor allem bei Betrachtung der weit verbreiteten Buchenwaldgesellschaften, dass in den entsprechenden natWGs der BWI insbesondere Eichen- und Edellaubbaumarten wesentlich häufiger als natürliche Schlusswaldbaumarten genannt werden. In den Grundeinheiten dagegen werden diese Baumarten nicht als Schlusswaldbaumarten gesehen, sondern ihr Vorkommen auf menschlich bedingte Förderung zurückgeführt.
- In manchen buchegeprägten natWGs wird die Fichte als Nebenbaumart genannt, während sie in den entsprechenden Grundeinheiten nicht als natürlich eingestuft wurde und daher nicht enthalten ist (vgl. REIF et al. 2005).
- Die Variante unter Einbeziehung der Pionierbaumarten zeigt bei Betrachtung der weit verbreiteten Buchenwaldgesellschaften (vgl. Tab. 4), dass in den entsprechenden natWGs der BWI Pionierarten und insbesondere die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) auch in bodensauren Buchenwäldern häufig als Pionierbaumart genannt werden. Dies hat zur Folge, dass Stichprobenpunkte mit einer menschlich bedingten Förderung der Wald-Kiefer bis hin zu deren Monokulturen eine relativ hohe Naturnähe zugesprochen wird.

Die beiden deutschlandweit verfügbaren Referenzen für die potenzielle natürliche Baumartenzusammensetzung, die natWGs der BWI und die Grundeinheiten der pnV-Karte, haben eine gemeinsame Ausgangsbasis, nämlich die Beschreibung der Waldgesellschaften durch OBERDORFER (1992). Jedoch wurden sie unabhängig voneinander weiterentwickelt und interpretiert. Sie unterscheiden sich im einbezogenen Baumartenspektrum, im Umgang mit neuheimischen Baumarten, in der Definitionsweise der Baumartenzusammensetzung und der Baumartenproportionen innerhalb einer Waldgesellschaft (prozentuale Stetigkeiten versus Klassen von Haupt-, Neben- und Pionierbaumarten), in der Systematik bzw. Aggregation der verwendeten Waldgesellschaften (42 in den natWGs in einer Vielzahl regional unterschiedlicher Ausprägungen versus 156 in den Grundeinheiten der pnV-Karte Deutschlands), und in der Methode zur Regionalisierung.

Eine Ursache dieser Unterschiede ist das unterschiedliche Waldökosystemverständnis der jeweils involvierten forstlichen bzw. vegetationskundlichen Experten, bedingt durch eine differierende Einschätzung des natürlichen Standortpotentials der Baumarten. Diese schätzen beispielsweise das natürliche

Auftreten von Eichenarten, der Fichte und der Wald-Kiefer in bestimmten Waldökosystemen unterschiedlich ein. Diese Unterschiede verdeutlichen die Wichtigkeit der Erarbeitung einer fachübergreifenden, einheitlichen, transparent abgeleiteten, im Konsens als „natürlich“ angesehenen Referenz als Grundlage aller weiteren Arbeiten zur Naturnähebewertung. Ein Konsens bezüglich der eingebürgerten „neuheimischen“ Baumarten auf entsprechenden Standorten bzw. in entsprechenden Waldgesellschaften muss ebenfalls gefunden werden. Besondere Bedeutung hat diese Vorgehensweise auch für die Konstruktion einer potentiell natürlichen Vegetation unter veränderten Klimabedingungen.

3 Auswirkung der verwendeten Skala zur Bewertung der Naturnähe

In der BWI dient für die Bewertung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung die jeweilige natWg als Referenz für die naturnahe Baumartenzusammensetzung. Die Methodik zur Messung der Naturnähe wiederum wird mit Hilfe der sogenannten Naturnähestufen unter Berücksichtigung von vier Variablen durchgeführt, umfasst fünf Stufen (vgl. Tab. 1) und geht auf ein regionales Projekt von SCHIRMER (1993) zurück.

Die Bewertung der Naturnähe durch eine Skala ist immer eine Setzung. Die Anzahl der Stufen, ihre Schwellenwerte, und die jeweils berücksichtigten Variablen der Baumartenzusammensetzung führen somit theoretisch zu jeweils anderen Ergebnissen. Als ökologische oder naturschutzfachliche Begründung für die Naturnähestufen werden in der BWI nicht näher erläuterte waldbauliche und vegetationskundliche Kriterien genannt. Allerdings führt die aktuelle Version der Naturnähestufen in der BWI nicht immer zu ökologisch plausiblen Einschätzungen (siehe STARK et al. 2019 und Beispielbox).

Im Folgenden wird der Einfluss der Definition dieser Naturnähestufen auf das Ergebnis der Naturnähebewertung exemplarisch analysiert und quantifiziert. Außerdem werden alternative Herangehensweisen geprüft werden, wie die Definition der Stufen nachvollziehbarer und umfassender gestaltet werden kann.

3.1 Methode

Um die Auswirkungen der verwendeten Skala auf die Bewertung der Naturnähe anhand eines möglichst großen Stichprobenkollektivs untersuchen zu können, wurden alternative Definitionen der Naturnähestufen vorgeschlagen (Tab. 5) und basierend auf der natWg als Referenz für 51.363 Stichprobenpunkte der BWI neu berechnet.

3.2 Auswirkung einer Bewertungsskala mit äquidistanter Setzung der Schwellenwerte

Wird anstelle der originalen Naturnäheskala der BWI mit ihren nicht-äquidistanten Intervallen eine ebenfalls fünfstufige Skala mit äquidistanten Intervallen für die Bewertung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung verwendet (Tab. 6), bleibt das Verteilungsmuster der Stichprobenpunkte über die Naturnähestufen in den Grundzügen erhalten (Tab. 6).

3.3 Auswirkung einer sechsstufigen Bewertungsskala mit äquidistanten Intervallen

In einem weiteren Vergleich wurde anstelle der fünfstufigen eine sechsstufige Skala verwendet (Tab. 7). In dieser wurden die bisherigen Namen der Wertigkeitsstufen beibehalten; einzig die neu hinzugekommene Naturnähestufe 6 wurde als „anthropogen“ bezeichnet, was z. B. für standortsfremde Fichtenmonokulturen zutreffender ist als der bisherige Name der Stufe 5, „kulturbestimmt“.

Wird anstelle der ursprünglichen fünfteiligen Naturnäheabstufung der BWI mit nicht-äquidistanten Intervallen eine sechsstufige Skala mit äquidistanten Intervallen verwendet (Tab. 7), führt dies zu einer massiven Veränderung der Naturnähe von Stichprobenpunkten; insbesondere

werden zahlreiche Stichprobenpunkte von Naturnähestufe 3 zu Naturnähestufe 4 abgestuft (von vorher 3.694 auf jetzt 20.595 Stichprobenpunkte, also ca. 35 % des betrachteten Datensatzes von 51.363 Stichprobenpunkten; Tab. 8).

3.4 Zusammenfassung der wichtigsten Teilbefunde

In den öffentlich wahrgenommenen Ergebnispräsentationen zur Naturnähe der Wälder in Deutschland werden die Ergebnisse der BWI aufgegriffen, es werden „... 76 % der Bestände in der Hauptbestockung als sehr naturnah, naturnah und bedingt naturnah“ dargestellt (vgl. ENGLERT et al. 2016). Bei Verwendung einer sechsstufigen und äquidistanten Naturnähestufenvariante werden jedoch nur noch 41 % der betrachteten Stichprobenpunkte als sehr

Tab. 5: Naturnäheberechnung mit 5 Stufen und äquidistanter Einteilung der Intervalle (n. d. = nicht definiert). Wichtige Schwellenwerte der BWI wurden nach Möglichkeit erhalten. Artanteile in Prozent. Zur Naturnähebewertung werden die Kriterien für Naturnähestufen 1 bis 5 iterativ mit Stufe 1 beginnend für jeden Stichprobenpunkt abgefragt.

Tab. 5: Calculation of naturalness with 5 grades and equidistant division of the intervals (n. d. = not defined). Important NFI thresholds were retained where possible. Species proportions in percent. For the naturalness assessment, the criteria for naturalness levels 1 to 5 are queried iteratively for each sampling point, starting with grade 1.

Naturnähestufe (NNST)	Gesamtanteil natWg Baumarten (H, N, P) an Grundfläche [%]	Anteil Hauptbaumarten der natWg an der Grundfläche [%]	Vollständigkeit der Hauptbaumarten der natWg [%]	Anteil außereuropäischer Baumarten an Grundfläche [%]
1 sehr naturnah	80 < x < 100	55 < x < 100	100	0 < x < 15
2 naturnah	60 < x < 80	10 < x < 55	n. d.	15 < x < 30
3 bedingt naturnah	40 < x < 60	n. d.	n. d.	n. d.
4 kulturbetont	20 < x < 40	n. d.	n. d.	n. d.
5 kulturbestimmt	0 < x < 20	n. d.	n. d.	n. d.

Tab. 6: Migration der Naturnähe der Inventurpunkte, wenn statt den ursprünglichen fünfteiligen Naturnähestufen mit nicht-äquidistanten Intervallen eine ebenfalls fünfstufige Skala, aber mit äquidistanten Intervallen verwendet wird. Die Ergebnisse beruhen auf 51.363 Inventurpunkten der BWI.

Tab. 6: Migration of the grades of naturalness of the NFI inventory points if, instead of the original five grades of naturalness levels with non-equidistant intervals, a five-grade scale with equidistant intervals is used. The results are based on 51,363 inventory points of the BWI.

NNST	N natWg	N Grundeinheit	Δ (%)	Migration	Migration absolut	Migration relativ (%)
1	7785	8078	3,8	1 → 1	7258	93,2
				1 → 2	527	6,8
2	10694	12048	12,7	2 → 1	820	7,7
				2 → 2	9874	92,3
3	20579	20358	- 1,1	3 → 2	1647	8
				3 → 3	18932	92
4	3694	3056	- 17,3	4 → 3	1426	38,6
				4 → 4	2268	61,4
5	8611	7823	- 9,2	5 → 4	788	9,1
				5 → 5	7823	90,9

Tab. 7: Variante der Naturnäheestufung mit 6 Stufen und äquidistanten Intervallen (n.d. = nicht definiert). Zur Naturnähebewertung werden die Kriterien für Naturnähestufen 1 bis 5 iterativ mit Stufe 1 beginnend für jeden Stichprobenpunkt abgefragt. Wichtige Schwellenwerte der BWI wurden nach Möglichkeit erhalten. Anteile in Prozent.

Tab. 7: Variant of the naturalness scale with six grades and equidistant intervals (n. d. = not defined). For the naturalness assessment, the criteria for naturalness grades 1 to 5 are queried for each sampling point iteratively, starting with grade 1. Important NFI thresholds were retained where possible. Shares in percent.

Naturnähestufen	Gesamtanteil natWg Baumarten (H,N,P) an Grundfläche [%]	Anteil Hauptbaumarten der natWg an der Grundfläche [%]	Vollständigkeit der Hauptbaumarten der natWg [%]	Anteil außereuropäischer Baumarten an Grundfläche [%]
1 sehr naturnah	$83,2 \leq x \leq 100$	$70 \leq x \leq 100$	100	$0 \leq x \leq 10$
2 naturnah	$66,6 \leq x \leq 83,2$	$40 \leq x \leq 70$	$50 \leq x \leq 100$	$10 \leq x \leq 20$
3 bedingt naturnah	$50 \leq x \leq 66,6$	$10 \leq x \leq 40$	n. d.	$20 \leq x \leq 30$
4 kulturbetont	$33,3 \leq x \leq 50$	n. d.	n. d.	n. d.
5 kulturbestimmt	$16,6 \leq x \leq 33,3$	n. d.	n. d.	n. d.
6 anthropogen	$0 \leq x \leq 16,6$	n. d.	n. d.	n. d.

Tab. 8: Migration der Naturnähe der Inventurpunkte, wenn statt den ursprünglichen fünfteiligen Naturnähestufen mit nicht-äquidistanten Intervallen eine sechsstufige Skala mit äquidistanten Intervallen verwendet wird. Die Ergebnisse beruhen auf 51.363 Inventurpunkten der BWI. Erklärung der Tabellenspalten: „N 5-stufig“: Anzahl Inventurpunkte in den jeweiligen Naturnähestufen (NNST), wenn die Naturnähe basierend auf der ursprünglichen 5-stufigen BWI Skala berechnet wird; „N 6-stufig“: Anzahl Inventurpunkte in der Naturnähestufe, wenn die Naturnähe basierend auf der 6-stufigen Skala mit äquidistanten Intervallen berechnet wird; „Δ“: $(N\ 5\text{-stufig} - N\ 6\text{-stufig})/N\ 5\text{-stufig} * 100 * -1$; „Migration“: Richtung der Migration der Naturnähe der Inventurpunkte von einer Naturnähestufe in eine andere, bedingt durch die Verwendung der alternativen 6-stufigen Skala; „Migration absolut“: Absolute Anzahl an Inventurpunkten für jede Migrationsrichtung; „Migration relativ“: Anteil der Inventurpunkte in einer Naturnähestufe, der durch die Berechnung der Naturnähe basierend auf der alternativen 6-stufigen Skala in die gleiche oder eine andere Naturnähestufe wandert. „NA“ = keine Angabe möglich.

Tab. 8: Migration of the NFI points, if the scale of the five original grades of naturalness with non-equidistant intervals be replaced by a scale with six equidistant intervals. The results were calculated including 51,363 inventory points of the NFI. A detailed description of the table columns is shown in caption of table 3.

Explanation of the table columns: „N 5-stufig“: number of inventory points for each naturalness grade („NNST“), if this grade is calculated based on the original NFI-scale with 5 grades; „N 6-stufig“: number of inventory points for each naturalness grade („NNST“), if this grade is calculated based on a scale with 6 grades and equidistant intervals; „Δ“: $(N\ 5\text{-stufig} - N\ 6\text{-stufig})/N\ 5\text{-stufig} * 100 * -1$; „Migration“: Direction of the migration of the grades of naturalness of the inventory points from a grade to another one due to the application of a scale with 6 equidistant instead of 5 grades; „Migration absolute“: Absolute number of inventory points for each direction of migration; „Migration relative“: relative number of inventory points for each direction of migration. „NA“ = specification not possible.

NNST	N 5-stufig	N 6-stufig	Δ (%)	Migration	Migration absolut	Migration relativ (%)
1	7785	6328	- 18,7	1 → 1	5914	76,0
				1 → 2	1871	24,0
2	10694	6691	- 37,4	2 → 1	414	3,9
				2 → 2	4261	39,8
				2 → 3	6019	56,3
3	20579	7902	- 61,6	3 → 2	559	2,7
				3 → 3	1883	9,2
				3 → 4	18137	88,1
4	3694	20595	457,5	4 → 4	2458	66,5
				4 → 5	1236	33,5
5	8611	2603	- 69,8	5 → 5	1367	15,9
				5 → 6	7244	84,1
6	NA	7244		NA	NA	NA

naturnah, naturnah oder bedingt naturnah bewertet. Diese Reduktion von 76 % auf 41 % kann als beachtlich bezeichnet werden und zeigt, wie anfällig die Ergebnisse der aktuellen Naturnähebewertung in der BWI gegenüber Änderungen im Bewertungsschema, hier konkret der Anzahl der Naturnähestufen und ihrer Benennung, sind. Diese Schlussfolgerung scheint trivial, ist in ihrer Kommunikationswirkung jedoch beachtenswert.

4 Differenziertheit der Vollständigkeit der Baumartenzusammensetzung

Die Diversität der Baumarten ist eines der wichtigsten Kriterien der Naturnähebeurteilung (WINTER 2012) und der Förderung der „für natürliche Wälder typischen biologischen Vielfalt“ (BMUB, 2007, S. 32). In der BWI wird jedem Stichprobenpunkt eine natürliche Waldgesellschaft und damit eine natürliche Baumartenzusammensetzung zugeordnet. Trotzdem wird bei der Naturnähebewertung dabei nur für Naturnähestufe 1 in Bezug auf die Hauptbaumarten nach der Vollständigkeit des Artspektrums gefragt (vgl. Tab. 1). Das stets abgefragte Kriterium „Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft“ kann praktisch durch eine oder wenige dieser Baumarten erfüllt werden und verdeckt somit jegliche Information zur Identität oder Vollständigkeit des Artspektrums. Nebenbaumarten (unter Einschluss der „akzessorischen“ Begleitbaumarten) und Pionierbaumarten bleiben so in ihrer Identität ganz unberücksichtigt und gehen ausschließlich über ihren Anteil am Gesamtanteil der Referenzbaumarten in der Bestockung summarisch in die Bewertung ein (vgl. Tab. 1).

Die Schwellenwerte der Gesamtanteile der Referenzbaumarten zur Abgrenzung der 5 Naturnähestufen in der BWI sowie ihre Benennung stellen eine Setzung dar. Dies wirkt sich direkt auf die Ergebnisse der Naturnähe aus, führt aber nicht immer zu ökologisch plausiblen Einschätzungen. Dies zeigt das folgende theoretische Beispiel:

Tab. 9: Integration des Kriteriums „Vollständigkeit des Artspektrums der natürlichen Waldgesellschaft“ in die Naturnähebewertung. Variante mit 6 Naturnähestufen und äquidistanter Einteilung der Intervalle. Da nicht erwartet werden kann, dass das gesamte Artspektrum der natWg in einer Winkelzählprobe der BWI vollständig vorhanden ist, wurde festgelegt, dass ein Stichprobenpunkt mindestens 1/3 bzw. 33 % des Artspektrums der natWg enthalten muss, um als „sehr naturnah“ bewertet werden zu können. Wichtige Schwellenwerte der BWI wurden nach Möglichkeit erhalten. Anteile in Prozent, n. d. = nicht definiert.

Tab. 9: *Integration of the criterion „completeness of the tree species composition of the natural forest type“ in the assessment of the naturalness grades. Variant with 6 grades of naturalness and equidistant division of the intervals. Since it is unreasonable to expect the complete set of tree species of a natural forest type in one single angle count sample of the NFI, it was determined that a inventory point must contain at least 1/3 or 33 % of the tree species spectrum of the potential natural forest type in order to be assessed as „very close to natural“. Important BWI thresholds were retained where possible. Shares in percent, n. d. = not defined.*

Naturnähestufen	Gesamtanteil natWg Baumarten (H,N,P) an Grundfläche [%]	Anteil Hauptbaumarten an Grundfläche [%]	Vollständigkeit der Hauptbaumarten [%]	Anteile außer-europäischer Baumarten an Grundfläche [%]	Vollständigkeit des gesamten Baumartenspektrums der natWg
1 sehr naturnah	$83,3 \leq x \leq 100$	$70 \leq x \leq 100$	100	$0 \leq 10$	$33 \leq 100$
2 naturnah	$66,7 \leq x \leq 83,2$	$40 \leq x \leq 70$	$50 \leq x \leq 100$	$10 \leq 20$	$26,5 \leq x \leq 33$
3 bedingt naturnah	$50 \leq x \leq 66,6$	$10 \leq x \leq 40$	n. d.	$20 \leq 30$	$19,9 \leq x \leq 26,4$
4 kulturbetont	$33,4 \leq x \leq 50$	n. d.	n. d.	n. d.	$13,3 \leq x \leq 19,8$
5 kulturbestimmt	$16,7 \leq x \leq 33,3$	n. d.	n. d.	n. d.	$6,7 \leq x \leq 13,2$
6 anthropogen	$0 \leq x \leq 16,6$	n. d.	n. d.	n. d.	$0 \leq x \leq 6,6$

In der BWI wird die Naturnähestufe 2 („naturnah“) für einen Stichprobenpunkt bereits dann attestiert, wenn die Gesamtheit aller Baumarten in der entsprechenden natWg einen Anteil von 75 % an der Gesamtgrundfläche des aktuellen Bestandes hat und mindestens 10 % davon von einer Hauptbaumart der natWg beigetragen wird. Die Vollständigkeit der Hauptbaumarten der natWg wird nur in Naturnähestufe 1 („sehr naturnah“) abgefragt bzw. gefordert. Für eine naturnahe Waldgesellschaft mit z. B. zehn Baumarten kann damit theoretisch bereits die Kombination aus einer Nebenbaumart (von mehreren weiteren Nebenbaumarten der entsprechenden natWg) mit 65 % Grundflächenanteil, einer Hauptbaumart der natWg mit 10 % Grundflächenanteil sowie einer oder mehreren standortsfremden Baumarten (also Baumarten, die nicht in der natWg des jeweiligen Standorts enthalten sind) mit maximal 25 % Grundflächenanteil einen „naturnahen“ Bestand bilden, wie etwa ein Bergahorn(65 %)-Buchen(10 %)-Fichten(25 %)-Bestand im bewirtschafteten frischen Kalkbuchenwald. Ebenfalls wäre es mit dieser Definition von Naturnähestufe 2 denkbar, dass ein Bestand zu 75 % der Grundfläche aus einer Hauptbaumart der natWg besteht, während alle anderen möglichen Nebenbaumarten der natWg nicht vorhanden sind. In diesem Fall würde diese eine Hauptbaumart alle Kriterien der Stufe 2 „naturnah“ erfüllen.

Die Stufe 2 ist also sehr „breit“ angelegt und deckt viele mögliche Bestandessituationen als „naturnah“ ab. Auch der Sprung von der Anforderung der Naturnähestufe 1 („sehr naturnah“; alle Hauptbaumarten müssen vorhanden sein) zu Naturnähestufe 2 („naturnah“; eine Hauptbaumart ist ausreichend) ist sehr weit definiert.

4.1 Methode

In einer weiteren Variante der Naturnähestufen wurde zusätzlich zum „Anteil der Hauptbaumarten“ die Abfrage der Vollständigkeit des gesamten potentiell natürlichen Artkollektivs angewandt (vgl. Tab. 9).

Tab. 10: Migration der Naturnähe der Inventurpunkte, wenn statt den ursprünglichen fünf Naturnähestufen mit nicht-äquidistanten Intervallen eine sechsstufige Skala mit äquidistanten Intervallen und unter Abfrage der Vollständigkeit des Artkollektives verwendet wird. Die Ergebnisse beruhen auf 51.363 Inventurpunkten der BWI. Erklärung der Tabellenspalten: „N ohne AV“: Anzahl Inventurpunkte in den jeweiligen Naturnähestufen (NNST), wenn die Naturnähe ohne Abfrage der Artvollständigkeit (AV) auf den ursprünglich fünfteiligen Naturnähestufen mit nicht-äquidistanten Intervallen berechnet wird; „N mit AV“: Anzahl Inventurpunkte in der Naturnähestufe, wenn die Naturnähe mit Abfrage der Artvollständigkeit auf der sechsstufigen Skala mit äquidistanten Intervallen berechnet wird; „Δ“: $(N \text{ ohne AV} - N \text{ mit AV}) / N \text{ ohne AV} * 100 \text{ \textpercento}$; „Migration“: Richtung der „Migration“ der Naturnähe der Inventurpunkte von einer Naturnähestufe in eine andere, bedingt durch die Abfrage der Artvollständigkeit; „Migration absolut“: Absolute Anzahl an Inventurpunkten für jede Migrationsrichtung; „Migration relativ“: Anteil der Inventurpunkte in einer Naturnähestufe, der durch die Berechnung der Naturnähe unter Abfrage der Artvollständigkeit in der gleichen Naturnähestufe verbleibt oder in eine andere wandert. „NA“ = keine Angabe möglich.

Tab. 10: Migration of the naturalness of the inventory points if a scale with six grades and equidistant intervals is used instead of the original scale with five grades of naturalness and non-equidistant intervals; an additional modification is the inclusion of the completeness of the tree species composition. The results are based on 51,363 inventory points of the NFI.

Explanation of the table columns: „N ohne AV“: Number of inventory points in the respective grades of naturalness (NNST), if the naturalness is calculated based on the original NFI-scale with five grades and non-equidistant intervals, and without including the completeness of the tree species composition; „N mit AV“: number of inventory points, if the naturalness is calculated based on a modified scale with six grades and equidistant intervals, and including the completeness of the tree species composition; „Δ“: $(N \text{ ohne AV} - N \text{ mit AV}) / N \text{ ohne AV} * 100 \text{ \textpercento}$; „Migration“: Direction of the migration of the grades of naturalness of the NFI inventory points from a grade to another one; „Migration absolute“: Absolute number of inventory points for each direction of migration; „Migration relative“: relative number of inventory points for each direction of migration. „NA“ = specification not possible.

NNST	N ohne AV	N mit AV	Δ (%)	Migration	Migration absolut	Migration relativ (%)
1	7785	989	- 87,3	1 → 1	935	12,0
				1 → 2	1318	16,9
				1 → 3	2026	26,0
				1 → 4	1659	21,3
				1 → 5	1536	19,7
				1 → 6	311	4,0
2	10694	3031	- 71,7	2 → 1	54	0,5
				2 → 2	1577	14,8
				2 → 3	5586	52,2
				2 → 4	2213	20,7
				2 → 5	1164	10,9
				2 → 6	100	0,9
3	20579	8881	- 56,8	3 → 2	136	0,7
				3 → 3	1269	6,2
				3 → 4	12188	59,2
				3 → 5	6516	31,7
				3 → 6	470	2,3
4	3694	17759	380,8	4 → 4	1699	46,0
				4 → 5	1821	49,3
				4 → 6	174	4,7
5	8611	12303	42,9	5 → 5	1266	14,7
				5 → 6	7345	85,3
6	NA	8400	NA	NA	NA	NA

Eine der Herausforderungen in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass man in einer Stichprobe nicht das vollständige Artenspektrum der Grundgesamtheit, also des jeweiligen Waldtyps, erwarten kann. Dies muss bei Einführung eines Kriteriums wie der Artvollständigkeit berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurde anhand von Überlegungen zum Zusammenhang zwischen Artvorkommen und Flächengröße 33 % als unterer Schwellenwert für das Anerkennen von Naturnähestufe 1 gesetzt (detaillierte Ausführungen dazu vgl. STARK et al. 2018, Kapitel 7, Seite 135 ff.).

4.2 Ergebnis

Wird anstelle des „Anteils der Hauptbaumarten“ zusätzlich die Vollständigkeit des gesamten potentiell natürlichen Artkollektivs abgefragt, ist die Verschiebung von 87 % der Inventurpunkte aus Naturnähestufe 1 in die Stufen 3 bis 6 zu beobachten (Tab. 10). In allen vorherigen Varianten der NaturnäheEinstufung sind Neuordnungen aus Naturnähestufe 1 lediglich in Naturnähestufe 2 erfolgt, nie aber bis in Stufe 3, 4, 5 oder gar 6.

Ebenfalls werden insgesamt ca. 72 % der Stichproben von Naturnähestufe 2 in die Stufen 3, 4, 5 und 6 zugeordnet. Auch aus Naturnähestufe 3 werden Stichproben (57 %) in die Stufen 4, 5 oder auch 6 verschoben. Als Folge wächst das Kollektiv der Naturnähestufe 4 (kulturbetont) um 381 % an und die Häufigkeit der Naturnähestufen 1, 2 und 3 (sehr naturnah, naturnah, bedingt naturnah) nimmt im Mittel um 72 % ab.

4.3 Zusammenfassung der wichtigsten Teilbefunde

Der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung wird eine wichtige Rolle für die Aufrechterhaltung der Waldfunktionen beigemessen, beispielsweise im Kontext der Erhaltung der Biodiversität, Resistenz und Resilienz der Ökosysteme und somit auch im Kontext des Klimawandels (BMELV 2011, BMUB 2007, BAUHUS et al. 2017). Über die pauschale Berücksichtigung von Haupt- und Nebenbaumarten hinaus ist die Einbeziehung der Baumartenzahl und -zusammensetzung deshalb besonders für die Einschätzung der naturnäherelevanten Biodiversität bedeutsam (vgl. WINTER 2016).

Die Einführung einer sechsstufigen (äquidistanten) statt einer fünfstufigen Naturnäheskala erforderte eine neue Abgrenzung der Naturnähestufen und einen Abgleich der Benennung, insbesondere auch die Einführung der neuen Stufe „künstlich“ als Gegenpol zu „bedingt naturnah, natürlich und sehr naturnah“. In dieser jetzt 6-stufigen Bewertungsskala wurde wie in der BWI der Schwellenwert eines Anteils von 50 % standortsheimischer Baumarten als Unterscheidung zwischen den drei tendenziell „naturnahen“ und drei tendenziell „kulturbetonten“ Stufen beibehalten. Zusätzlich wurde ein weiteres wichtiges Kriterium in den Naturnähestufen eingeführt, welches die „Vollständigkeit des natürlichen Baumartenspektrums“ berücksichtigt.

Bei Anwendung der äquidistanten, sechsteiligen Skala samt Berücksichtigung der Artvollständigkeit wurden letztendlich 12.901 von insgesamt 51.363 betrachteten Inventurpunkten als „sehr naturnaher, naturnaher oder bedingt naturnaher“ eingestuft (25 %). Dies steht im starken Kontrast zu dem originalen BWI Ergebnis, laut dem 74 % der Inventurpunkte als

„sehr naturnah, naturnah oder bedingt naturnah“ eingestuft wurden (vgl. ENGLERT et al. 2016).

Mit der ursprünglichen Version der Naturnähestufen der BWI ist es theoretisch denkbar, dass ein Bestand laut natWg potentiell eine Hauptbaumart und mehrere Nebenbaumarten umfasst (es gibt in der BWI bis zu 22 Baumarten pro natWg), in der tatsächlichen Bestockung aber zu 100 % aus einer einzigen Hauptbaumart besteht, und trotzdem als „sehr naturnah“ eingestuft wird.

Die Beurteilung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung ohne Abfrage der Baumartendiversität scheint unter aktuellen Bedingungen und im Zeitalter einer naturnahen Waldbewirtschaftung unvollständig und nicht mehr zeitgemäß (BMUB, 2015), denn eine natürliche (Baum-) Artendiversität ist wichtig für die Funktionsfähigkeit von Waldökosystemen und die Bereitstellung vielfältiger Ökosystemdienstleistungen (SCHERER-LORENZEN et al. 2007).

5 Diskussion

In der Waldstrategie 2020 (BMELV 2011) und in der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (BMUB 2007) wird die große Bedeutung von naturnahen Waldgesellschaften für die Förderung und die Erhaltung der biologischen Vielfalt zur Anpassung an den Klimawandel herausgestellt. Naturnaher Waldgesellschaften sind jedoch nicht automatisch mit einer hohen Biodiversität gleichzusetzen; sie sind teilweise mehr, teilweise aber auch weniger divers an Baumarten als z.B. bewirtschaftete Mischwälder mit einer gesteuerten Baumartenzusammensetzung (PAILLET et al. 2010, BAUHUS et al. 2017). Der besondere Wert naturnaher Waldgesellschaften bzw. naturnah bewirtschafteter Wälder (BRANG et al. 2014) für die Biodiversität und die Abgrenzung solcher Wälder gegenüber konventionellen Wirtschaftswäldern liegt daher in ihrer natürlichen Standortsangepasstheit (ALDINGER & MICHELS 1997, TÜXEN 1956) und ihren, gegenüber konventionell bewirtschafteten Wäldern, natürlichen räumlichen und zeitlichen Strukturen, Prozessen und Entwicklungen (MERGANIĆ et al. 2012, WINTER et al. 2013). Damit wiederum sind Habitate für eine Vielzahl von Pflanzen- und Tierarten verschiedener sukzessionaler Phasen verbunden (MITCHELL & KIRBY 1989, POMMERENING & MURPHY 2004, SWANSON et al. 2010, WINTER & BRAMBACH 2011). Gleichzeitig rücken Wälder angesichts des Klimawandels durch ihre Wirkung als Kohlenstoffsenken zunehmend in den Fokus der Aufmerksamkeit. Im Gutachten der WBAE und WBW (2016) wird ein Szenario vorgeschlagen, in dem der Anteil von Nadelholzbaumarten (auch der Douglasie) auch auf potentiell natürlichen Laubwaldstandorten der tieferen Lagen ausgeweitet werden soll, um die Produktivität und damit die Kohlenstoffsenkenwirkung (einschließlich der Holzprodukte) zu erhöhen. Auch JACTEL et al. (2017) schlägt die Optimierung der Baumartenzusammensetzung basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen der jeweiligen Baumartentraits als Anpassungsstrategie an den Klimawandel vor. Im Gegensatz zur natürlich gegebenen Funktions- und Anpassungsfähigkeit naturnaher Wälder bzw. Baumartenzusammensetzungen sind die ökologischen Auswirkungen und die Funktionsfähigkeit solcher neuer, anthropogen gestalteter Baumartenzusammensetzungen allerdings noch nicht vollständig erforscht (RATCLIFFE et al. 2017). Die Betonung naturnaher Waldökosysteme bzw. der naturnahen Waldwirtschaft in der Waldstrategie 2020 und der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt ist deshalb sowohl als eine

Reaktion auf die nach wie vor häufig vertretenen Reinbestände aus standortsfremden Nadelholzbaumarten als auch eine Reaktion auf die vorgeschlagene, optimierte Anpassung dieser Wälder an den Klimawandel zu verstehen. Besonders wenn es in Zukunft zunehmend weniger "historisch naturnahe Wälder" und stattdessen entweder "neue naturnahe" Baumartenzusammensetzungen oder hinsichtlich ihrer Klimaanpassung oder Senkenleistung optimierte Baumartenzusammensetzungen geben wird, werden verständliche Methoden zur Bewertung bzw. zum Vergleich der Baumartenzusammensetzung immer wichtiger.

Unsere Analysen haben gezeigt, wie anfällig der aktuelle Ansatz zur Bewertung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung in der BWI gegenüber auch nur kleinen Veränderungen in der verwendeten pnV-Referenz und der Bewertungsmethodik ist. Unsere Analyse zeigt:

1. Die Festlegung der Baumarten in den jeweiligen Referenzen ist ein mächtiges Instrument, welches große Auswirkungen auf die Ergebnisse der Naturnähebewertung hat. Bei der Konstruktion der Referenz für die naturnahe Baumartenzusammensetzung unterscheiden sich die Ansichten der verschiedenen Experten darüber, welche Baumarten in welchen Waldgesellschaften, Regionen und Standorten potentiell natürlich vorkommen und welche Rolle sie im potentiell natürlichen Bestand einnehmen. Daher ist es wichtig, die ökologischen Fundierungen der konstruierten Referenzsysteme der potentiell natürlichen Vegetation im Konsens aller forstlichen und vegetationskundlichen Experten zu erarbeiten und transparent darzustellen.
2. Die BWI integriert Pionierbaumarten in der natWg, was ökologisch sinnvoll ist. Dadurch steigt die Häufigkeit der Naturnähestufen 1, 2 und 3 (sehr naturnah, naturnah, bedingt naturnah) um 8 %, 14 % und 17 % im Vergleich zur Nicht-Berücksichtigung von Pionierbaumarten (vgl. STARK et al. 2018, Kapitel 8, Seite 183 ff.). Durch die pauschale Berücksichtigung von Pionierbaumarten (wie z.B. der Kiefer in *Luzulo-Fageten* in der natWg) ohne Rücksicht auf die Waldentwicklung können allerdings auch Monokulturen von Pionierbaumarten dauerhaft als bedingt naturnah (Naturnähestufe 3) toleriert werden. In diesen Fällen können also selbst Kiefernreinbestände zum politisch relevanten Kollektiv von als „naturnah“ benannten Naturnähestufen 1 bis 3 beitragen (ENGLERT et al., 2016, S. 3), obwohl sie dauerhaft als solche bewirtschaftet werden und damit die natürliche Waldentwicklung unterbinden, und obwohl die potentiell natürlichen vielfältigen Strukturen und Habitate frühsukzessionaler Wälder nur ansatzweise berücksichtigt sind.
3. Die Bewertungsmethodik der BWI (Naturnähestufen) enthält eine nicht-äquidistante Setzung von Schwellenwerten und Skalierungen. Die Diversität der Baumarten wird nur sehr reduziert für Hauptbaumarten, nicht aber für Nebenbaumarten erfasst. Werden Schwellenwerte und Skalen äquidistant aufgeteilt und die Diversität der Baumarten als Kriterium integriert, reduziert dies für ein berechnetes Fallbeispiel die Häufigkeit der Naturnähestufen 1, 2 und 3 (sehr naturnah, naturnah, bedingt naturnah) um 72 %. Deshalb sollte die Erfassung der Baumarten sowie ein Abgleich unter Berücksichtigung der potentiell natürlichen (Baum-)Artendiversität ein fester Bestandteil der Berechnung und Bewertung der Naturnähe sein.

4. Der Klimawandel verursacht rasch Veränderungen in den Standortbedingungen, weshalb sich auch die Verbreitung und Zusammensetzung der Waldgesellschaften verändern werden, also eine potentielle natürliche Vegetation der Zukunft entstehen wird (SYKES et al. 1999, HICKLER et al. 2012). Das Monitoring dieser Entwicklung sowie die Ableitung einer zukünftigen potentiell natürlichen Referenz ist auf nationaler Ebene nur sehr eingeschränkt möglich. Diese Arbeiten können nur in Kooperation auf europäischer Ebene erfolgreich umgesetzt werden.

6 Fazit

Im Spagat zwischen Naturschutz und Wirtschaftszielsetzungen ist die Erfassung der Naturnähe zur Erfüllung der Ziele der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt bedeutsam. Allerdings gibt es an vielen Stellen der Analyse und Bewertung der Naturnähe Eingangsvariablen, welche den Bewertungsprozess komplex und unübersichtlich machen.

Eine ökologisch fundierte und fachübergreifend anerkannte Herleitung und Dokumentation der Einstufung der Naturnähe und ihrer Ergebnisse ist vor dem Hintergrund ihrer großen naturschutzfachlichen und politischen Bedeutung dringend notwendig. Beispielsweise greift der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft in einer Kurzstellungnahme die Ergebnisse der BWI auf, um anschließend zu berichten, „... 76 % der Bestände in der Hauptbestockung [sind] sehr naturnah, naturnah und bedingt naturnah...“ (ENGLERT et al. 2016).

Die Bundeswaldinventur wurde ursprünglich für forstwirtschaftliche Erhebungen von Nachhaltigkeitsparametern konzipiert. Das Inventurdesign ist vom Konstruktionsprinzip her nur sehr bedingt dazu geeignet, die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung zu beurteilen. Ein möglicher erster Schritt zum konstruktiven Umgang mit dieser Situation wäre, die Naturnähebewertung auf Ebene von Kollektiven ökologisch ähnlicher Stichprobenpunkte statt auf Einzelstichprobenebene durchzuführen, beispielsweise einer natWg aus einem Naturraum.

Eine Naturnähebewertung ist angesichts der in Mitteleuropa nicht mehr existenten natürlichen Lebensräume als Referenz immer ein Konstrukt, dessen Annahmen kritisierbar sind. Dies gilt umso mehr, da sich auch die potentielle natürliche Vegetation durch den Wandel des Klimas als Standortfaktor ändern wird (vgl. DYDERSKI ET AL. 2018, GAZOL et al. 2015, MAIORANO et al. 2021). Dies beeinflusst bereits heute die Diskussion über die Naturnähebewertung von Bestockungen, die als Anpassung an den Klimawandel mit Baumarten aus warm-trockeneren Klimaten stammen (FISCHER et al. 2019). Nachvollziehbarkeit der einbezogenen Kriterien sowie Logik und Transparenz der Bewertungsschritte sind daher unabdingbar.

Danksagung

Für Mithilfe bei der Beschaffung von früheren und aktuellen Daten, Teilnahme an Workshops und kritischen, aber konstruktiven Rückmeldungen zum Projekt „Beurteilung der Naturnähe der Bestockung von Wäldern in Deutschland vor dem Hintergrund von Klimaveränderung und zunehmender Biomassennutzung“ bedanken wir uns bei Dr. Anke Höltermann, BfN Bonn-Bad Godesberg; Dr. Gerald Kändler,

FVA Freiburg; Franz Kroihner, Thünen-Institut Eberswalde; Dr. Hans-Gerd Michiels, FVA Freiburg; Prof. Dr. Wolfgang Schmidt, Univ. Göttingen; Prof. Dr. Helge Walentowski, Hochschule f. Angewandte Wissenschaft und Kunst, Göttingen.

Literatur

- BAUHUS, J., FORRESTER, D.I., GARDINER, B., JACTEL, H., VALLEJO, R., PRETZSCH, H. (2017): Ecological Stability of Mixed-Species Forests. S. 337-382. In: PRETZSCH, H., FORRESTER, D.I., BAUHUS, J.: Mixed-Species Forests - Ecology and Management. Springer.
- BMEL (2001, unveröffentlicht): Bundeswaldinventur. Allgemeine und spezielle Kriterien für die Bestimmung der Baumarten der potenziellen natürlichen Waldgesellschaft bei der BWI II. Konsenspapier der Besprechung am 10.12.2001.
- BMEL (2016): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur, 2014. URL <https://www.bundeswaldinventur.de/index.php?id=421>.
- BMELV (Hrsg.) (2011): Waldstrategie 2020. Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung. 36 S. URL https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Waldstrategie2020.pdf?__blob=publicationFile. Zugriff 25.4.2020.
- BMUB (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. 179 S. URL https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/biologischevielfalt/Dokumente/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf. Zugriff 25.4.2020.
- BONČINA, A., KLOPČIĆ, M., SIMONČIĆ, T., DAKSKOBLER, I., FICKO, A., ROZMAN, A. (2017): A general framework to describe the alteration of natural tree species composition as an indicator of forest naturalness. *Ecol. Indic.* **77**: 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.039>.
- CHIARUCCI, A., ARAÚJO, M.B., GUILLAUME DECOCQ, G., BEIERKUHNLEIN, C., FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. (2010): The concept of potential natural vegetation: an epitaph? *Journal of Vegetation Science* **21**: 1172-1178. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2010.01218.x.
- CÔTÉ, S., BÉLANGER, L., BEAUREGARD, R., THIFFAULT, E., MARGNI, M. (2019): A Conceptual Model for Forest Naturalness Assessment and Application in Quebec's Boreal Forest. *Forests* **10**: 325; doi:10.3390/f10040325.
- CZÚCZ, B., GÁLHIDY, L., MÁTYÁS, C. (2011): Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Annals of Forest Science* **68**: 99-108. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0011-4>.
- DE AVILA, A.L., ALBRECHT, A. (2018): Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe – eine Stoffsammlung. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA).
- DYDERSKI, M.K., PAŻ-DYDERSKA, S., FRELICH, L.E., JAGODZIŃSKI, A.M. (2018): How much does climate change threaten European forest tree species distributions?. *Glob Change Biol.* **24**: 1150-1163. <https://doi.org/10.1111/gcb.13925>.
- ENGLERT, H., LORENZ, M., DIETER, M. (2016): Waldstrategie 2020 im Spiegel der dritten Bundeswaldinventur: Kurzstellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft. Bericht Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik (WBW): 36 S. URL https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Wald-Fischerei/TI-Waldstrategie-BWI.pdf?__blob=publicationFile. Zugriff 25.4.2020.
- FERRIS, R., HUMPHREY, J.W. (1999): A review of potential biodiversity indicators for application in British forests. *Forestry* **72**: 313-328.
- FISCHER, H.S., MICHLER, B., FISCHER, A. (2019): High resolution predictive modelling of potential natural vegetation under recent site conditions and future climate scenarios: Case study Bavaria. *Tuexenia* **39**: 9-40.
- FSC (FOREST STEWARDSHIP COUNCIL) (2019): Natürliche Waldentwicklung. Info Wald 2019: 4 S. <https://www.fsc-deutschland.de/preview.fsc-themenpapier-naturwaldentwicklungsflichen.a-1395.pdf>.
- FSC (FOREST STEWARDSHIP COUNCIL) (2020): Deutscher FCS-Standard 3.0. Umsetzungshilfe. Info Wald 2020: 54 S. <https://www.fsc-deutschland.de/de-de/wald/waldstandards>.
- GAZOL, A., CAMARERO, J.J., GUTIÉRREZ, E., POPA, I., ANDREU-HAYLES, L., MOTTA, R., NOLA, P., RIBAS, M., SANGÜESA-BARRERA, G., URBINATI, C., CARRER, M., VETAAS, O. (2015): Distinct effects of climate warming on populations of silver fir (*Abies alba*) across Europe. *J. Biogeography* **42**: 1150-1162. DOI: 10.1111/jbi.12512.
- GRABHERR, G., KOCH, G., KIRCHMEIER, H., REITER, K. (2000): Hemerobie österreichischer Waldökosysteme. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck: 493 S.
- HICKLER, TH., VOHLAND, K., FEEHAN, J., MILLER, P.A., SMITH, B., COSTA, L., GIESECKE, TH., FRONZEK, S., CARTER, T.R., CRAMER, W., KÜHN, I., SYKES, M.T. (2012): Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecol. Biogeogr.* **21**: 50-63. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00613.
- HOHNWALD, S., INDREICA, A., WALENTOWSKI, H., LEUSCHNER, C. (2020): Microclimatic Tipping Points at the Beech-Oak Ecotone in the Western Romanian Carpathians. *Forests* **11**: 919. DOI: 10.3390/f11090919.
- JALAS, J. (1955): Hemerobie und hemerochrome Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch. *Acta Soc. Flora Fauna Fennica* **72**: 1-15.
- KORPEL, S. (1995): Die Urwälder der Westkarpaten. Fischer, Stuttgart: 310 S.
- KOWARIK, I. (1987): Kritische Anmerkungen zum theoretischen Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation mit Anregungen zu einer zeitgemäßen Modifikation. *Tuexenia* **7**: 53-67.
- KOWARIK, I. (1999): Natürlichkeit, Naturnähe und Hemerobie als Bewertungskriterien. S. 1-18. In: KONOLD, W., BÖCKER, R., HAMPICKE, U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. Ecomed, Landsberg. URL <https://doi.org/10.1002/9783527678471.hbnl1999029>. Zugriff 25.4.2020.
- LEIBUNDGUT, H. (1993): Europäische Urwälder. Haupt, Bern: 260 S.
- LINDNER, M., FITZGERALD, J.B., ZIMMERMANN, N.E., REYER, C., DELZON, S., VAN DER MAATEN, E., SCHELHAAS, M.-J., LASCH, P., EGGERS, J., VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M. et al. (2014): Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *J. Environ. Manag.* **146**: 69-83. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.030>.
- MAIORANO, L., CHEDDADI, R., ZIMMERMANN, N.E., PELLISSIER, L., PETITPIERRE, B., POTTIER, J., LABORDE, H., HURDU, B.I., PEARMAN, P.B., PSOMAS, A., SINGARAYER, J.S., BROENNIMANN, O., VITTOZ, P., DUBUIS, A., EDWARDS, M.E., BINNEY, M.E., GUISAN, A. (2021): Building the niche through time: using 13,000 years of data to predict the effects of climate change on three tree species in Europe. *Global Ecology and Biogeography* **22**: 302-317. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2012.00767.x>.

- MERGANIČ, J., MERGANIČOVÁ, K., MORAVČÍK, M., MARUŠÁK, R. (2012): Objective Evaluation of Forest Naturalness: Case Study in Slovak Nature Reserve. *Polish J. Environm. Stud.* **21** (5): 1327-1337. URL <http://www.pjoes.com/abstracts/2012/Vol21/No05/27.html>.
- METTE, T., DOLOS, K., MEINARDUS, C., BRÄUNING, A., REINEKING, B., BLASCHKE, M., PRETZSCH, H., BEIERKUHNLEIN, C., GOHLKE, A., WELLSTEIN, C. (2013): Climatic turning point for beech and oak under climate change in Central Europe. *Ecosphere* **4** (12): 1-19. <http://dx.doi.org/10.1890/ES13-00115.1>.
- NATURLAND (2014): Naturland Richtlinien ökologische Waldnutzung: 8 S. https://www.naturland.de/images/Naturland/Richtlinien/Naturland-Richtlinien_Waldnutzung.pdf.
- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV Wälder und Gebüsch. 2. Aufl., Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York. Textband 282 S., Tabellenband 580 S.
- OEHMICHEN, K. et al. (2018) : Die alternativen WEHAM-Szenarien: Holzpräferenz, Naturschutzpräferenz und Trendfortschreibung. Szenarienentwicklung, Ergebnisse und Analyse, Thünen Report, No. **59**, ISBN 978-3-86576-184-2, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig. <http://dx.doi.org/10.3220/REP1527686002000>.
- REIF, A., WALENTOWSKI, H. (2008): The assessment of naturalness and its role for nature conservation and forestry in Europe. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* **6**: 63-76. URL <http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/frontdoor/index/index/docId/9473>.
- REIF, A., WAGNER, U., BIELING, C. (2005): Analyse und Diskussion der Erhebungsmethoden und Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur vor dem Hintergrund ihrer ökologischen und naturschutzfachlichen Interpretierbarkeit. *BfN-Skripten* **158**: 46 S.
- RIEDEL, T., HENNIG, P., KROIHER, F., POLLEY, H., SCHMITZ, F., SCHWITZGEBEL, F. (2017): Die dritte Bundeswaldinventur (BWI 2012). Inventur- und Auswertemethoden: 124 S. https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Downloads/BWI_Metho-denband_web.pdf. Zugriff 25.4.2020.
- SCHERER-LORENZEN, M., SCHULZE, E.-D., DON, A., SCHUMACHER, J., WELLER, E. (2007): Exploring the functional significance of forest diversity: A new long-term experiment with temperate tree species (BIOTREE). *Perspect. Plant Ecol. Evolution and Systematics* **9**: 53-70. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.08.002>.
- SCHERZINGER, W. (1996): Naturschutz im Wald – Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Ulmer Verlag, Stuttgart: 448 S.
- SCHMITZ, F., POLLEY, H., HENNIG, P., SCHWITZGEBEL, F., KRIEBITZSCH, W.-U. (2004): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI2: Das Wichtigste in Kürze. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.), Bonn.
- SCHMITZ, F., POLLEY, H., SCHWITZGEBEL, F. (2005): Die zweite Bundeswaldinventur - BWI2: der Inventurbericht. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn: 231 S.
- SCHMITZ, F., POLLEY, H., HENNIG, P., DUNGER, K., SCHWITZGEBEL, F. (2008): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI2. Inventur- und Auswertungsmethoden zu den Bundeswaldinventuren 2001 bis 2002 und 1986 bis 1988. – Arbeitsbericht aus dem Institut für Waldökologie und Waldinventuren **2008/1**: 80 S. URL https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk041201.pdf. Zugriff 25.4.2020.
- SCHULTZE, J., GÄRTNER, S., BAUHAUS, J., MEYER, P., REIF, A. (2014): Criteria to evaluate the conservation value of strictly protected forest reserves in central europe. *Biodiversity and conservation* **23** (14): 3519-3542. doi: 10.1007/s10531-014-0787-2.
- SOMODI, I., MOLNÁR, Z., EWALD, J. (2012): Towards a more transparent use of the potential natural vegetation concept – an answer to CHIARUCCI et al. *J. Veg. Sci.* **23**: 590-595.
- STARK, H., GÄRTNER, S., REIF, A. (Hrsg.) (2019): Naturnähe der Baumartenzusammensetzung in Deutschland: Einfluss von Referenz, Bewertungsmethodik und Klimawandel. *BfN-Skripten* **531**: 275 S. (Band1), 630 S. (Band 2). Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg. DOI: 10.6094/UNIFR/16663.
- SUCK, R., BUSHART, M., HOFMANN, G., BOHN, U. (2010): Karte der potentiellen Natürlichen Vegetation Deutschlands, 2010. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg. URL <http://www.buchweltshop.de/karte-der-natuerlichen-vegetation-deutschland.html>.
- SUCK, R., BUSHART, M., HOFMANN, G., SCHRÖDER, L. (2013): Karte der potentiellen natürlichen Vegetation Deutschlands. Kartierungseinheiten. *BfN-Skripten* **349**. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- SUCK, R., BUSHART, M., HOFMANN, G., SCHRÖDER, L. (2014a): Karte der potentiellen natürlichen Vegetation Deutschlands. Erläuterungen, Auswertungen, Anwendungsmöglichkeiten, Vegetationstabellen. *BfN-Skripten* **377**. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- SUCK, R., BUSHART, M., HOFMANN, G., SCHRÖDER, L. (2014b): Karte der potentiellen natürlichen Vegetation Deutschlands. Grundeinheiten. *BfN-Skripten* **348**: 449 S. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- SYKES, M.T., PRENTICE, I.C., LAARIF, F. (1999): Quantifying the Impact of Global Climate Change on Potential Natural Vegetation. *Climatic Change* **41**: 37-52. <https://doi.org/10.1023/A:1005435831549>.
- TÜXEN, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angew. Pflanzensoziol.* **13**: 5-42.
- WINTER, S., FISCHER, H.S., FISCHER, A. (2010): Relative Quantitative Reference Approach for Naturalness Assessments of forests. *For. Ecol. Manag.* **259**: 1624-1632.
- WINTER, S. (2012): Forest naturalness assessment as a component of biodiversity monitoring and conservation management. *Forestry* **85** (2): 293-304. doi: 10.1093/forestry/cps004.

Submitted: 16.05.2020
 Reviewed: 23.06.2020
 Submitted again: 02.02.2021
 Accepted: 22.03.2021

Autorenanschriften:

Dr. Hendrik Stark
 Prof. Dr. Dr. h.c. Albert Reif
 Universität Freiburg
 Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen
 Professur für Standorts- und Vegetationskunde
 Tennenbacherstr. 4
 79106 Freiburg
 E-Mail: stark.hendrik@icloud.com
 E-Mail: albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de

Dr. Stefanie Gärtner
Nationalpark Schwarzwald
Fachbereich Ökologisches Monitoring, Forschung & Arten-
schutz
Kniebisstraße 67
77740 Bad Peterstal-Griesbach
E-Mail: stefanie.gaertner@nlp.bwl.de

Dr. Reiner Suck
Institut für Vegetationskunde und Landschaftsökologie
Georg-Eger-Straße 1b
91334 Hemhofen
E-Mail: Reiner.Suck@ivl-web.de