

# Biologische Vielfalt des deutschen Waldes im Lichte der zweiten Bundeswaldinventur (BWI<sup>2</sup>)

Gerald Kändler, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Freiburg i. Br.

## **Kurzfassung:**

Der Beitrag stellt die Ergebnisse einer Analyse der Bundeswaldinventur unter dem Gesichtspunkt der Naturnähe und biologischen Diversität vor. Das Datenmaterial der Bundeswaldinventur zeichnet sich durch großräumige Repräsentativität aus und hat den Vorteil, dass es für das Gebiet der Bundesrepublik nach einem einheitlichen Erhebungsverfahren in einem definierten Zeitraum (2001/2002) gewonnen worden ist. Damit sind die Ergebnisse räumlich und zeitlich gut vergleichbar. Gegenüber der ersten Bundeswaldinventur (BWI<sup>1</sup>) (1986 bis 1990 im früheren Bundesgebiet) wurde das Aufnahmespektrum der zweiten Bundeswaldinventur (BWI<sup>2</sup>) um ökologische Parameter erweitert (Totholz, Naturnähe, Bodenvegetation, Waldränder). Die Charakterisierung der biologischen Vielfalt von Wäldern oder Waldlandschaften ist nur über eine Reihe von Kenngrößen möglich. Aus der Bundeswaldinventur werden zur Beschreibung der Biodiversität folgende Indikatoren herangezogen: Baumartenverteilung, Naturnähe der Baumartenzusammensetzung, Totholzvorräte, Waldränder sowie Strauch- und Bodenvegetation. Zusammenhänge mit naturräumlichen Variablen sowie Bestockungseigenschaften werden aufgezeigt ebenso die Beziehungen zwischen den Diversitäts-Kenngrößen untereinander, wie z.B. Naturnähe und Totholzvorräte, Naturnähe und bestimmte Arten der Bodenvegetation. Die regionale Differenzierung der biologischen Vielfalt wird am Beispiel der Schutzgebiete (Naturschutzgebiete, Nationalparks, FFH-Gebiete u. a.) dargestellt.

Wenngleich nicht alle ökologisch relevanten Informationen aus den Daten extrahiert werden können, bilden Großrauminventuren eine wesentliche Komponente eines langfristig ausgelegten Umweltmonitorings: Flächendeckende repräsentative standardisierte Inventuren liefern Grundinformationen über den Zustand von Waldökosystemen und ermöglichen, wenn sie in regelmäßigen zeitlichen Abständen erfolgen, eine objektive Dokumentation von Entwicklungen. Die Unzulänglichkeiten der aktuell verfügbaren Informationen werden erörtert und Erweiterungsoptionen für künftige Erhebungen skizziert.

**Schlüsselwörter:** Biodiversität, Großrauminventur, Bundeswaldinventur, Naturnähe, Totholz

**Abstract: Information on Biological Diversity within German Forests from the Second National Forest Inventory** Gerald Kändler, Baden-Württemberg Forest Research Institute, Freiburg . Br.

This paper presents the results of an analysis into the recent German National Forest Inventory, with a focus on closeness to nature and biological diversity. Data from the National Forest Inventory has the advantage of being representative across a large scale due to the application of a uniform data collection method across the entire country within a predefined time period (2001/2002). As a result, the data obtained is both spatially and temporally com-

parable. As opposed to Germany's first National Forest Inventory (1986-1990 in the western states), the spectrum of data collected in the second National Forest Inventory has been expanded to include ecological parameters such as dead wood, closeness to nature, ground vegetation and forest borders. Characterising biological diversity within forests and forest landscapes is only possible by interpreting a series of statistics. Biodiversity in German forests can be analysed by interpreting data collected during the last National Forest Inventory in the following categories: species distribution, similarity to natural species composition, dead timber stocks, forest border characteristics and ground vegetation. Associations between natural spatial variables and stand attributes, as well as relationships between diversity parameters such as closeness to nature and dead wood stocks or closeness to nature and ground vegetation for example, can also provide useful information. The regional differentiation of biological diversity can also be analysed by comparing data with the location of protected areas such as nature protection areas, national parks, FFH areas and others conservation areas.

Even when not all ecologically relevant information can be extracted, forest inventories form an important component of long-term environmental monitoring activities. Large-scale, standardised and representative inventories provide basic information on the state of forest ecosystems and can offer an objective documentation of forest development when performed at regular intervals. The inadequacies of information currently available is discussed and further options for future inventory activities are outlined.

**Keywords:** Biodiversity, large-scale inventories, National Forest Inventory, closeness to nature, dead wood.

## 1 Einführung und Problemstellung

Wälder spielen in zahlreichen internationalen Prozessen und Programmen zum Schutz der Umwelt und des Klimas eine zentrale Rolle. Beispielhaft zu nennen sind auf UN-Ebene das Waldforum (UNFF) und das Kyoto-Protokoll sowie auf europäischer Ebene die Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder Europas oder die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, die in erheblichem Umfang Waldgebiete betrifft. Die Bedeutung der Wälder für die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen manifestiert sich auch in den Zertifizierungsprozessen und in internationalen Abkommen („Helsinki-Prozess“, Biodiversitätskonvention von Rio, 1992).

Nationale Waldinventuren auf der Grundlage eines statistischen Stichprobenkonzepts sind heute in nahezu allen europäischen Ländern Standard. Neben den traditionellen dendrometrischen Inventurgrößen, welche den Wald bezüglich Baumartenzusammensetzung, Vorrat und Vorratsstruktur beschreiben, müssen Waldinventuren zunehmend Daten bereitstellen, die geeignet sind, den ökologischen Zustand von Wäldern als Lebensräume zu charakterisieren. Diesem Anliegen wurde bei der Bundeswaldinventur II erstmals Rechnung getragen, indem sogenannte ökologische Parameter erfasst wurden.

Die veröffentlichten bzw. über das Internet<sup>1</sup> zugänglichen Ergebnisse der BWI<sup>2</sup> umfassen eine Fülle von Tabellen, die auch eine Reihe ökologischer Größen betreffen. Die Themenfelder „Naturnähe“ und „Biodiversität“ sind allerdings in dieser ersten Auswertungsphase nicht abschließend bearbeitet worden. Die hinreichende Kenntnis über den Zustand und die Dynamik der biologischen Vielfalt in den Waldökosystemen ist aber für eine sachgerechte Forst- und Umweltpolitik unverzichtbar.

---

<sup>1</sup> <http://www.bundeswaldinventur.de>

Der folgende Beitrag soll aufzeigen, welche Aspekte der biologischen Vielfalt anhand der Daten der Bundeswaldinventur fassbar sind. Der Schwerpunkt liegt zunächst bei einer deskriptiven Darstellung.<sup>2</sup> Dabei soll auch ausgelotet werden, inwieweit eine Großrauminventur geeignet ist, die notwendigen Daten und Informationen zu liefern, die es ermöglichen, die Entwicklung der biologischen Vielfalt und Naturnähe von Wäldern zu verfolgen und zu beurteilen.

## 2 Methoden und Datengrundlagen

### 2.1 Inventurdesign

Die Bundeswaldinventur soll einen Überblick über die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten liefern und wird nach einem gemeinsamen zwischen Bund und Ländern abgestimmten Erhebungsverfahren durchgeführt. Generell basieren Waldinventuren auf systematischen Stichprobenetzen. Die Bundeswaldinventur-Stichproben sind in Trakten angeordnet, die ihrerseits in einem am Gauß-Krüger-System orientierten Gitternetz angelegt sind. Die Verwaltungsvorschrift schreibt ein Grundnetz mit 4 X 4 km Maschenweite vor. Verdichtungen auf 2,83 X 2,83 km bzw. 2 X 2 km sind möglich. Ein Trakt ist ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 150 m (Abb. 1).

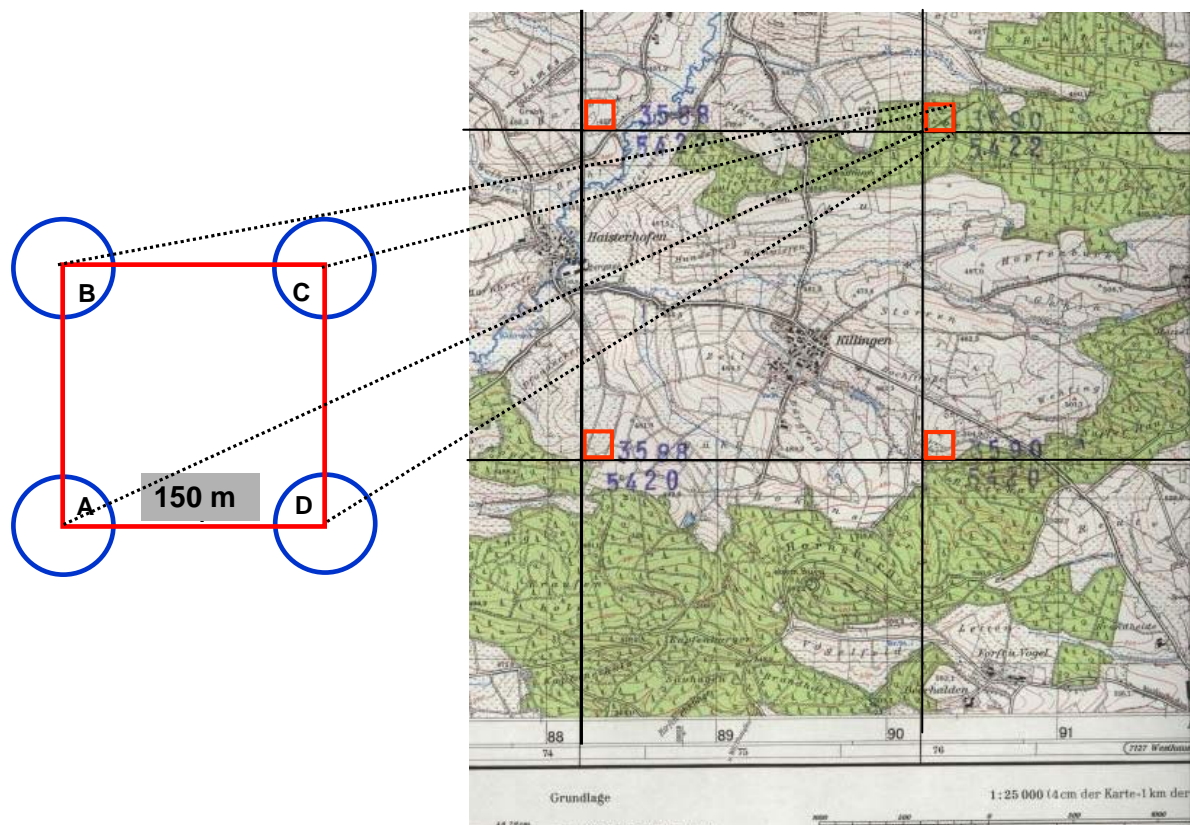


Abb. 1: Stichprobenetz und Stichprobentrakt der Bundeswaldinventur

<sup>2</sup> Detailliertere statistische Analysen sind im Rahmen eines laufenden Forschungsvorhabens vorgesehen.

Die Traktecken, die auf Wald treffen, bilden den Mittelpunkt für eine Reihe von Aufnahmeverfahren. Wesentliches Merkmal ist, dass es sich um dauerhaft und unsichtbar vermarkte, sogenannte permanente Stichproben handelt. Dies bedeutet, dass bei wiederholten Inventuren die Aufnahme immer an denselben Punkten erfolgt, sofern der Wald nicht umgewandelt wird. Permanente Stichproben ermöglichen es, die Veränderungen des Waldes durch Zuwachs und Nutzung oder natürliche Mortalität genau zu erfassen.

An den Traktecken werden folgende Aufnahmen durchgeführt:

- Eine Winkelzählprobe mit Zählerfaktor 4 für Probebäume mit einem BHD  $\geq 7$  cm mit Rinde. Die Position dieser Bäume wird eingemessen, so dass sie bei einer Folgeinventur eindeutig identifiziert werden können. An den Probebäumen erfolgt eine Reihe von Messungen bzw. Beobachtungen (Baumart, Brusthöhendurchmesser, teilweise Höhe, Stammschäden, Zugehörigkeit zu Bestandesschicht usw.)
- In Probekreisen mit einem Radius von 1 m bzw. 1,75 m werden die jungen Bäume aufgenommen (ab einer Höhe von 20 cm bis zu einem Durchmesser in 1,3 m Höhe von 6,9 cm m. R.).
- Im Probekreis mit Radius 10 m werden der Deckungsgrad und der relative Anteil aller Bäume mit einer Höhe bis 4 m Höhe sowie von Sträuchern und ausgewählten Artengruppen der Bodenvegetation erhoben.
- Mit einer weiteren Winkelzählprobe mit Zählerfaktor 1 oder 2 (je nach Dichte der Bestockung) ohne BHD-Messung werden alle Bäume über 4 m Höhe erfasst, um auch über Bestandessgrenzen hinaus das am Stichprobenpunkt vorkommende Baumartenspektrum charakterisieren können. Zusammen mit der Aufnahme im Probekreis mit Radius 10 m bildet diese Erhebung eine der Grundlagen für die Naturnäheestufung.
- Das Totholz wird in einem Probekreis mit Radius 5 m erfasst. Es wird nach verschiedenen Totholztypen (liegendes und stehendes Totholz sowie Stöcke), Holzartengruppen sowie Zersetzungsgrade unterschieden.
- Im Probekreis mit 25 m Radius werden Geländemerkmale (Exposition, Hangneigung, Geländeform), Waldränder und Bestandessgrenzen angesprochen.

Die Außenaufnahmen erfolgten in den Jahren 2001 und 2002 (Stichjahr 2002). Für die alten Bundesländer ist die BWI<sup>2</sup> eine Wiederholungsinventur, die es ermöglicht, Zuwachs und Nutzung zu schätzen die sowie Änderungen bei einer Reihe von Zustandsgrößen im Zeitraum 1987 (Stichjahr der BWI<sup>1</sup>) darzustellen. Solche Vergleiche sind jedoch für die erstmals bei der BWI<sup>2</sup> erfassten ökologischen Parameter nicht möglich.

## **2.2 Erfassung des Arteninventars**

Die Erfassung des Artenvorkommens beschränkt sich bei einer Waldinventur auf die für den Wald typischen Holzgewächse sowie bestimmte Artengruppen der Strauch- und Bodenvegetation. Abgesehen vom Schalenwild wurden kein Vorkommen von Tierarten erfasst.

### **2.2.1 Baumarten**

Die im Wald vorkommenden Baumarten wurden nur zum Teil als explizite Art erfasst, ein Teil wurde nur mit der Gattung, z.B. Linde, beschrieben, und sehr seltene, meist außereuropäische Arten wurden schließlich Baumartengruppen, wie sonstige Nadelbäume, zugewiesen. Bei der Bundeswaldinventur II konnten die Länder zwei Baumartenlisten verwenden, eine

lange, welche 86 Arten bzw. Gattungen und Artengruppen umfasste, oder eine kurze mit insgesamt 55 Arten, Gattungen oder Gruppen (Übersicht 1). Es handelt sich somit um ein „unechtes“ Baumartenspektrum, da diese Listen nur zum Teil eindeutig definierte Arten enthalten.

Übersicht 1: **Baumartenspektrum**, das bei der BWI erfasst worden ist

**Lange Liste:**

**86** Baumarten, Baumgattungen oder Gruppen

- eindeutig definierte Arten: 65
- eindeutige Art + Hybride: 4 (Japan. Lärche, Schwarzpappel, Graupappel, Balsampappel)
- Gattungen: 11 (u. a. Linde, Ulme, Nussbaum, Weide)
- Gruppen: 6 (u. a. übrige Nadelbäume, übrige Laubbäume mit hoher bzw. niedriger Lebensdauer)

Angewandt in den Bundesländern: BY, HB, HH, MV, NI, NW, SH, ST (Waldfläche 5.806.478 ha)

**Kurze Liste:**

**55** Baumarten, Baumgattungen oder Gruppen

- eindeutig definierte Arten: 40
- eindeutige Art + Hybride: 4 (Japan. Lärche, Schwarzpappel, Graupappel, Balsampappel)
- Gattungen: 8 (sonstige Fichten, sonstige Kiefern, sonstige Tannen, Linde, Ulme, Nussbaum, Weide, Erle)
- Gruppen: 3 (sonstige Nadelbäume, sonstige Laubbäume mit hoher bzw. niedriger Lebensdauer)

Angewandt in den Bundesländern BW, BB, BE, HE, RP, SL, SN, TH (Waldfläche 5.267.191 ha)

Bei der ersten BWI wurde eine andere, weniger differenzierte Baumartenliste verwendet (mit 37 verschiedenen Arten, Gattungen bzw. Artengruppen), so dass Vergleiche zwischen BWI<sup>1</sup> und BWI<sup>2</sup> erschwert sind. Für eine bundeseinheitlich vergleichbare Beschreibung der Baumartenvielfalt muss bei der Bundeswaldinventur II das Baumartenspektrum auf die kurze Baumartenliste beschränkt werden.

Bezogen auf die kurze Baumartenliste sind 11 Baumarten bzw. –gruppen als außereuropäische Arten eingestuft (die Douglasie, die sonstigen Fichten-, Tannen- und Kiefernarten, die japanische Lärche, die Robinie, die Roteiche, die Balsampappel, sonstige Nadelbäume wie z. B. Thuja, sonstige Laubbäume wie z. B. der Götterbaum).<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Bezogen auf die lange Baumartenliste sind es 38 Arten(-gruppen), was belegt, dass die lange Liste gegenüber der kurzen Liste im Wesentlichen durch die explizite Unterscheidung außereuropäischer Arten erweitert worden ist.

Bei der Beschreibung der Artenvielfalt auf der Basis von Stichprobeninventuren tritt grundsätzlich das Problem auf, dass seltene Arten nicht in ausreichendem Umfang erfasst werden. Statistisch gesehen ist dies auch korrekt, da sie ja selten sind und bei einer repräsentativen Auswahl in entsprechend geringem Umfang in der Stichprobe auftreten. Die Tatsache, dass nur wenige verschiedene Baumarten unseren Wald prägen, ist daran ersichtlich, dass für statistisch gesicherte Aussagen lediglich neun Baumartengruppen gebildet werden, von denen eigentlich nur 2, nämlich Buche (*Fagus sylvatica*) und Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) „artenrein“ sind. Die Gruppen Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche und Eiche enthalten jeweils das gattungsspezifische Artenspektrum. Bei Fichte, Tanne und Kiefer dominiert allerdings die jeweilige einheimische Art (*Picea abies*, *Abies alba* bzw. *Pinus sylvestris*), bei der Eiche handelt es sich überwiegend um die einheimischen Arten *Quercus robur* und *Q. petraea*, allenfalls die nordamerikanische Art *Q. rubra* kommt noch vor. Sammel-Baumartengruppen sind die Gruppen „andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer“ (ALH) bzw. „andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer“ (ALN).

Die Baumartenansprache nach kurzer bzw. langer Liste galt für alle Probebäume der Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4 (Bäume mit einem Durchmesser in 1,3 m Höhe [ $d_{1,3}$ ] von mindestens 7 cm mit Rinde) sowie für die jungen Bäume, welche in den Probekreisen mit Radius 1 m (Höhe 20 bis 50 cm) bzw. mit Radius 1,75 m (Höhe über 50 cm bis zu einem  $d_{1,3}$  von 6,9 cm m. R.) aufgenommen wurden.

Für die Berechnung von **Baumartenanteilen** gibt es prinzipiell mehrere Verfahren. Bei der Bundeswaldinventur wurden sogenannte Standflächen geschätzt, allerdings nur für Bäume des Hauptbestands<sup>4</sup> aus der Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4 sowie aus den Probekreisen mit Radius 1 m bzw. 1,75 m. Diese Standflächen bilden die Basis für die Herleitung der Baumartenanteile. Bei der Winkelzählprobe mit Zählfaktor 1 oder 2 zur Bestimmung des Baumartenspektrums für die Naturnäheherleitung (siehe Abschn. 2.3) wurden dagegen Grundflächenanteile ermittelt.

## 2.2.2 Strauchschicht und Bodenvegetation

Die Strauchschicht und Bodenvegetation wurden durch folgende 14 sog. morphologische Pflanzengruppen beschrieben: Flechten, Moose, Farne, krautige Samenpflanzen, Gräser, Großlianen (Efeu, Waldrebe), Zwergsträucher (Heide, Heidelbeere), Halbsträucher (Himbeere, Brombeere), Sträucher < 0,5 m Höhe, Sträucher von 0,5 bis 2 m Höhe, Sträucher > 2 m Höhe, Bäume von 0,5 bis 2 m Höhe, Bäume von 2 bis 4 m Höhe.

Das Vorkommen dieser Pflanzengruppen wurde durch die Dichte der Bodenbedeckung im Probekreis mit 10-m-Radius in vier Stufen erfasst (nicht vorhanden, selten [bis 10%], häufig [>10 bis 50%], flächig [> 50%])

Zusätzlich wurden besonders forstlich bedeutsame Pflanzenarten der Bodenvegetation aufgenommen (Adlerfarn, Brennessel, Riedgras, Honiggras, Reitgras, Heidekraut, Heidelbeere, Brombeere), jeweils in denselben Dichtestufen.

## 2.2.3 Diversitätsindex

Zur Charakterisierung von Diversität sind verschiedene Maße als Indices gebräuchlich. Ein allgemein anerkanntes Diversitätsmaß ist der sog. Shannon-Weaver-Index, welcher auf ein

---

<sup>4</sup> Nach der BWI-Aufnahmeanweisung (BMVEL, 2001) ist der Hauptbestand die Bestandesschicht, auf der das wirtschaftliche Hauptgewicht liegt. Wenn der Deckungsgrad mindestens 5/10 beträgt, ist diese stets Hauptbestand.

zentrales Maß der Informationstheorie zurückgeht. Es wird in zahlreichen Studien verwendet (Weber, 2000). Mit Hilfe dieses Index können unterschiedliche Arteninventare mit ihrer Artenverteilung charakterisiert werden und Vergleiche anhand einer einzigen Kenngröße vorgenommen werden.

$$SWI = \sum_i^n p_i \ln(p_i)$$

$p_i$  : relativer Anteil der  $i$  ten Art in einem betrachteten Stratum mit  $n$  Arten

## 2.3 Naturnähe

Die Naturnähe ist ein wichtiges Kriterium für die naturschutzfachliche Beurteilung von Wäldern als Lebensraum.<sup>5</sup>

Im Rahmen einer Großrauminventur mussten bezüglich des Umfangs der Aufnahmeparameter und der Differenzierung der Ansprache Kompromisse gefunden werden. Folglich beschränkte man sich auf die Erfassung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung. Für weitere Kriterien lagen entweder keine geeigneten Referenzen für die Messgrößen vor (Mischungsform, Vertikalstruktur, Totholz) oder es wäre ein erheblicher zusätzlicher Erhebungsaufwand notwendig gewesen, der aus Zeit- und Kostengründen nicht geleistet werden konnte (Erhebung des Bodenzustands, der Epiphytenflora, der Fauna)

Die zur Naturnäheherleitung verwendete Referenz ist die heutige potenzielle natürliche Vegetation (Definition in der VwV-BWI II vom 17.07.2000); ein wichtiger Aspekt ist die Einbeziehung von Pionierphasen (Aspekt der Dynamik).

Für das Bundesgebiet wurden 42 Typen sog. „natürlicher Waldgesellschaften“ festgelegt, die jeweils standortstypischen Schlusswaldcharakter besitzen können.

Die Baumarten der natürlichen Waldgesellschaften wurden nach vier Kategorien festgelegt:

- (1) Hauptbaumarten: im oberen Kronenraum dominierend
- (2) Nebenbaumarten: obligate Begleiter, die nicht im oberen Kronenraum dominieren
- (3) Begleitbaumarten: akzessorische Begleiter, aber keine Pionierbaumarten
- (4) Pionierbaumarten: Baumarten, die den Standort in frühen Stadien der Sukzessionsentwicklung nach einer Störung besiedeln.

Die Naturnähe an den Stichprobenpunkten wurde nach folgendem Verfahren hergeleitet:

- (1) Bestimmung der am Inventurpunkt auftretenden natürlichen Waldgesellschaft, in zwei Schritten (i) deduktiv aufgrund von Standortsinformation und einer standorts- bzw. vegetationskundlichen Beurteilung („top down“), sofern entsprechende Daten in der Standortdatenbank verfügbar waren; (ii) ergänzende Ansprache durch den Inventurtrupp mit Hilfe eines speziell entwickelten Schlüssels in den Fällen, in denen keine zentral verfügbaren Standortsinformationen vorlagen
- (2) Erfassung des am Inventurpunkt vorliegenden Baumartenspektrums, differenziert nach zwei Schichten (Bäume bis 4 m Höhe = „Verjüngung“ sowie Bäume größer als 4 m). Die Bäume über 4 m Höhe wurden mittels Winkelzählprobe mit Zählerfaktor 1 oder 2 erfasst (inventurtechnisch wurden somit Grundflächenanteile geschätzt, also keine Baumzahlhäu-

---

<sup>5</sup> Ein ausführlichere Beschreibung des Verfahrens findet sich bei Michiels (2005)

figkeiten!). Die Winkelzählprobe mit Zählerfaktor 1 oder 2 (je nach Bestockungsdichte) wurde deswegen eingeführt, weil die reguläre Winkelzählprobe mit Zählerfaktor 4 eine kürzere Reichweite hat und somit die oft trupp- bis horstweisen Mischungsformen unserer Wälder nicht ausreichend erfasst (Michiels, 2005). Hinzu kommt, dass sich die Winkelzählprobe 4 auf waldbaulich definierte Bestandessituationen beschränkte und somit nicht über etwaige Bestandesgrenzen reichte. Bei der Winkelzählprobe 1 oder 2 wurden dagegen waldbaulich bedingte Bestandesgrenzen nicht berücksichtigt. Insofern messen die zwei Winkelzählproben unterschiedliche Sachverhalte.

- (3) Naturnähe-Klassifikation durch Vergleich des am Stichprobenpunkt vorgefundenen Baumarteninventars mit dem charakteristischen Baumartenspektrum der zutreffenden natürlichen Waldgesellschaft nach dem in Übersicht 2 dargestellten Schema.

Übersicht 2: Schema zur Herleitung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung (nach Michiels, 2005)

<p><b>sehr naturnah</b></p> <p>Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft einschließlich Neben-/Begleit und Pionierbaumarten <math>\geq 90</math> %.</p> <p>Alle Hauptbaumarten der natürlichen Waldgesellschaft sind vorhanden;</p> <p>Bestockungsanteil dieser Baumarten in der Summe <math>\geq 50</math> %.</p> <p>Gesamtanteil der außereuropäischen Baumarten <math>\leq 10</math> %.</p> <p><b>naturnah</b></p> <p>Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft einschließlich Neben-/Begleit und Pionierbaumarten <math>\geq 75</math> %.</p> <p>Eine oder mehrere Hauptbaumarten der natürlichen Waldgesellschaft sind mit insgesamt mindestens 10% vorhanden.</p> <p>Anteil der außereuropäischen Baumarten <math>\leq 30</math> %.</p> <p><b>bedingt naturnah</b></p> <p>Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft einschließlich Neben-/Begleit und Pionierbaumarten <math>\geq 50</math> %</p> <p><b>kulturbetont</b></p> <p>Anteil der Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft einschließlich Neben-/Begleit und Pionierbaumarten <math>\geq 25</math> %</p> <p><b>kulturbestimmt</b></p> <p>Alle sonstigen Bestände (bei denen Naturnähestufe 1-4 nicht erreicht wird)</p>
--

Die Bestimmung der Naturnähestufe erfolgte für jeden Stichprobenpunkt für beide Schichten (bis 4 m und über 4 m), sofern jeweils Baumarten erfasst worden waren. Für die zwei Schichten wurde außerdem entschieden, welche Hauptbestockung war. Bei der Berechnung der Flächen der Naturnähestufen wurde jeweils nur die Naturnähestufe der Hauptbestockung berücksichtigt.

Ogleich für das alte Bundesgebiet mit der BWI<sup>2</sup> eine Wiederholungsinventur vorliegt, kann streng genommen kein Vergleich der Naturnähe und ihrer etwaigen Veränderung zwischen den zwei Inventurzeitpunkten angestellt werden, da das oben geschilderte spezielle Verfahren der Baumartenbestimmung für die Naturnäheherleitung erstmals bei der BWI<sup>2</sup> angewandt wurde. Trotzdem wurde für Baden-Württemberg der Versuch unternommen, mit Hilfe eines bezüglich der Baumartenerfassung modifizierten Verfahrens die flächenmäßige



Verteilung der Naturnähestufen zum Zeitpunkt der BWI<sup>1</sup> zu schätzen. Die Erfassung der Baumartenspektrums für den Vergleich mit dem Referenzartenspektrum der jeweiligen natürlichen Waldgesellschaft erfolgte hierfür hilfsweise mittels der regulären Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4, und zwar für beide Inventurzeitpunkte. Anschließend wurde jeweils der Abgleich mit den Baumarten der für den Stichproben zutreffenden natürlichen Waldgesellschaft vorgenommen und die Naturnähestufe nach obigem Schema bestimmt.

## **2.4 Totholz**

Totholz wurde in einem Probekreis mit Radius 5 m aufgenommen. Es wurde nach fünf Typen (liegend, stehender ganzer Baum, stehend abgebrochen, Stöcke, Abfuhrrest), nach Zersetzungsgraden (frisch abgestorben, beginnende Zersetzung, fortgeschrittene Zersetzung, stark vermodert) sowie nach drei Baumartengruppen (Nadelbäume, Laubbäume außer Eiche, Eiche) kategorisiert. Als Aufnahmegrenze für das liegende Totholz galt ein Mindestdurchmesser von 20 cm am stärkeren Ende, für stehendes Totholz ebenfalls (gemessen in 1,3 m Höhe). Stöcke wurden als Totholz aufgenommen, wenn sie mindestens 60 cm Schnittflächendurchmesser aufwiesen oder wenn sie über 50 cm hoch waren und dabei einen Schnittflächendurchmesser von mindestens 20 cm hatten. Durch diese Mindestanforderungen wurde zum einen die ökologisch relevantere, weil langsamer abbaubare Totholzfraktion erfasst, und zum anderen der Aufnahmeaufwand reduziert. Die Volumenbestimmung erfolgte anhand gemessener Durchmesser und Längen (liegendes Totholz: Mittendurchmesser, stehendes Totholz: Durchmesser in 1,3 m Höhe, Stöcke: Schnittflächendurchmesser).

## **2.5 Waldränder**

Waldränder sind ein wichtiges Strukturmerkmal und ein Maß für die Fragmentierung von Waldlandschaften. Randlinien, die den Übergang zwischen Landschaftselementen markieren, sind für viele Pflanzen- und Tierarten von besonderer Bedeutung und bilden spezielle Biotopsituationen. Im Rahmen der Bundeswaldinventur wurden Waldaußen- und -innenränder unterschieden sowie Randlinien zwischen unterschiedlich hohen Beständen, wobei der vorgelagerte Bestand eine mindestens 20 m geringere Bestandeshöhe aufweisen musste. Grenzen zwischen unterschiedlichen Bestandestypen wurden ebenfalls erfasst, werden im Zusammenhang mit einer ökologischen Bewertung hier aber nicht näher behandelt. Die Einmessung von Randlinien erfolgte in einem Umkreis von 25 m zum Stichprobenmittelpunkt.

# **3 Ausgewählte Ergebnisse zur Beschreibung der biologischen Diversität der Wälder**

Der ökologische Begriff der Vielfalt oder Biodiversität umfasst verschiedene Elemente und Aspekte. Sie kann nur über mehrere Größen als Indikatoren quantitativ beschrieben werden. Im folgenden Abschnitt werden wesentlichen Kennwerte und ihre Beziehungen untereinander sowie zu Bestockungsmerkmalen vorgestellt. Dabei wird nur ein Teil der zahlreichen möglichen Beziehungen herausgegriffen. Der Schwerpunkt liegt bei einer deskriptiven Darstellung und haben beispielhaften Charakter für die Auswertungsmöglichkeiten des vorliegenden Datenmaterials. Für spezielle Fragestellungen können weitere gezielte Analysen durchgeführt werden.

### 3.1 Baumartenspektrum

Ein Aspekt der Biodiversität ist die Anzahl der in einem Ökosystem oder einer Landschaft vorkommenden Arten; je größer die Artenzahl, umso diverser ist das System. Ein weiteres Kriterium ist die Struktur eines Systems, die sich auf das Auftreten diskreter, kategorisierbarer Elemente bezieht (Weber, 2000). In der Regel bestehen zwischen Strukturelementen funktionale Beziehungen oder Interaktionen. Strukturen treten ferner in einer räumlichen und zeitlichen Dimension auf.

Ein generelles Ergebnis der Bundeswaldinventur für das alte Bundesgebiet, für welches die BWI<sup>2</sup> die Entwicklung und Veränderung des Waldzustands in der Periode 1987 bis 2002 erlaubt, ist die Tatsache, dass der Anteil der Laubbäume deutlich zugenommen hat (Abb. 2). Gleichzeitig sind die Vorräte gestiegen und die Bäume sind stärker geworden, was sich in deutlich höheren Starkholzanteilen am Holzvorrat ausdrückt. Damit verbunden ist auch eine Zunahme des Anteils älterer Bestände.

Die hier vorgestellten Baumartenanteile basieren auf den Standflächenschätzungen der Hauptbestandsbäume, die mit der Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4 bzw. den Probekreisen mit Radius 1 m bzw. 1,75 m aufgenommen wurden. Betrachtet man das aufgenommene Spektrum der Baumarten detaillierter, erkennt man, dass die drei Baumarten Fichte, Kiefer und Buche zusammen 68 % der Waldfläche einnehmen und so das Waldbild in Deutschland prägen. Anteile von jeweils 1 bis 5 % haben insgesamt 10 Baumarten (Traubeneiche, Birke, Stieleiche, Europäische Lärche, Erle, Esche, Douglasie, Bergahorn, Weißtanne und Hainbuche). Anteile von jeweils zwischen 0,1 und 1 % erreichen 18 weitere Arten und weniger als jeweils 0,1 % Flächenanteil haben die verbleibenden 24 Arten(gruppen).

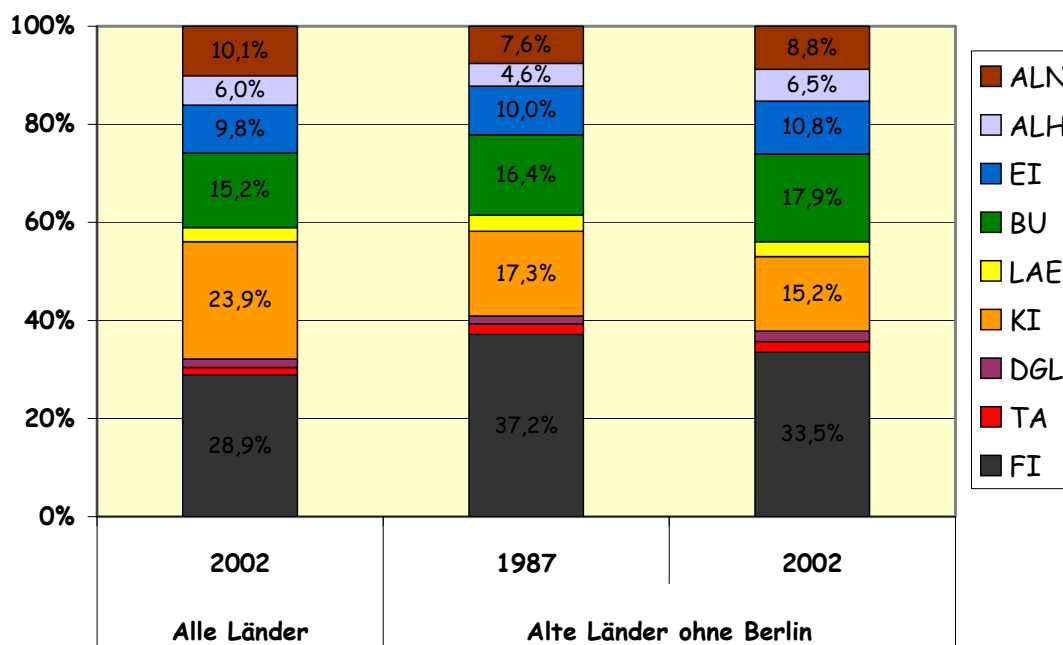


Abb. 2: Die Baumartenverteilung im Gesamtwald zum Stichjahr 2002 (BWI 2) im gesamten Bundesgebiet sowie Vergleich der Baumartenanteile von 1987 (BWI 1) und 2002 im alten Bundesgebiet (ohne Berlin)

Die Baumartengruppe Fichte umfasst neben der einheimischen Art *Picea abies*, die Omorika-Fichte, sonstige außereuropäische Fichtenarten sowie andere Nadelbäume und die Eibe. Der Baumartengruppe Tanne zugeordnet sind neben der *Abies alba* die außereuropäische

Tannenarten. Der Douglasie sind keine anderen Arten zugewiesen, die Artengruppe Lärche umfasst die Europäische und die Japanische Lärche; der Artengruppe Kiefer sind neben der *Pinus sylvestris* außereuropäische Kiefernarten, die Schwarz-, Berg- und Zirbelkiefer sowie die Rumelische Kiefer zugeordnet. Die Buche steht ohne weitere Baumart für sich. Der Artengruppe Eiche sind die einheimischen Arten Stiel- und Traubeneiche sowie die nordamerikanische Roteiche zugewiesen.

Hinter den Laubbaumartengruppen ALH (andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer) und ALN (andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer) verbirgt sich ein größeres Baumartenspektrum, welches mit seinen Anteilen an der gesamten Waldfläche in der folgenden Tabelle 1 dargestellt ist.

Der Anteil der außereuropäischen Baumarten liegt insgesamt bei knapp 4,1 % (Douglasie 1,7 %, Jap. Lärche 0,7 %, Roteiche 0,4 %, Robinie 0,3 %, Balsampappel 0,2 %, sonstige Arten 0,8 %).

Tab 1: Baumartenspektrum der Baumartengruppe ALH (Andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer) und ALN (Andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer)

ALH		ALN	
Esche	2,03%	Birke	4,44%
Bergahorn	1,56%	Erle	2,09%
Hainbuche	1,09%	Zitterpappel	0,67%
Linde	0,44%	Weide	0,56%
Robinie	0,33%	Vogelbeere	0,45%
Feldahorn	0,15%	Schwarzpappel (hybride)	0,38%
Spitzahorn	0,13%	Vogelkirsche	0,37%
Ulme	0,11%	Moorbirke	0,36%
Edelkastanie	0,07%	Balsampappel	0,24%
Mehlbeere	0,03%	Faulbaum	0,22%
Roskastanie	0,03%	Andere außereuropäische Laubbäume mit niedriger Lebensdauer	0,09%
Andere außereuropäische Laubbäume mit hoher Lebensdauer	0,02%	Graupappel	0,05%
Stechpalme	0,02%	Gewöhnliche Traubenkirsche	0,05%
Nussbäume	0,01%	Weißpappel	0,03%
Speierling	0,00%	Elsbeere	0,02%
Maulbeerbaum	0,00%	Wildapfel	0,02%
		Wildbirne	0,01%
		Baumhasel	0,01%

### 3.2 Naturnähe

Die Zuordnung jeden Stichprobenpunkts zu einer Naturnähestufe, sofern aufgrund der Bestockungsaufnahme eine Naturnähestufe hergeleitet werden konnte, ermöglicht es, Flächen bzw. Flächenanteile der fünf Naturnähestufen für beliebige Befundeinheiten zu berechnen.

### 3.2.1 Naturnähe und natürliche Waldgesellschaften

Das Vorkommen und die regionale Verteilung der natürlichen Waldgesellschaften ist in Verbindung mit der forstlichen Nutzungsgeschichte für die Naturnäheestufung maßgeblich. Die für Deutschland ausgewiesenen natürlichen Waldgesellschaften sind in ihrer Verbreitung sehr ungleich verteilt (Tab. 2). Im wesentlichen bestimmen Buchenwaldgesellschaften das Bild; zusammengenommen würden Buchenwälder fast drei Viertel der Waldfläche einnehmen.

Tab. 2: Natürliche Waldgesellschaften (zum Teil zu Gruppen zusammengefasst), geordnet nach ihrem Anteil an der Waldfläche

Natürliche Waldgesellschaft(en)	Flächenanteil
Hainsimsen-Buchenwald	41,8%
Waldmeister-Buchenwald	13,4%
Drahtschmielen-Buchenwald	9,3%
Waldgersten-Buchenwald	6,5%
Preiselbeer-Eichenwald, Weißmoos-Kiefernwald, Xerotherme Eichen-Mischwälder	4,2%
Alpenhecken-Tannen-Buchenwald, Seggen-Buchenwald, Fichten-Buchenwald, Bergahorn-Buchenwald	3,3%
Schwarzerlen-Bruch- und Sumpfwälder, Bach-Eschenwälder, diverse Auewälder	3,0%
Buchen-Traubeneichenwald	2,9%
Hainsimsen-, Labkraut-, Preiselbeer-, Wintergrün-Fichten-Tannenwälder	2,3%
Birken-Traubeneichenwald	2,2%
Sternmieren-Hainbuchen-Stieleichenwald	2,2%
Birken-Stieleichenwald	2,0%
Traubeneichen-Lindenwälder, Edellaubbaum-Steinschutt- u. Blockhangwälder	1,7%
Schneeheide-Kiefernwälder; Kiefern-Steppenwald; Weißmoos-Kiefernwald	1,4%
Waldlabkraut-Hainbuchen-Traubeneichenwald	1,4%
Rauschbeeren-Moorwälder	0,9%
Fichtenwälder, Blockwälder, Grünerlengebüsch, Alpenrosen-Latschengebüsche	0,7%
Ahorn-Eschenwald	0,7%

Die Verteilung der Naturnähestufen je Waldgesellschaft(sgruppe) ist in Tab. 3 zusammengestellt. Die höchsten Naturnähewerte finden sich bei den eher seltenen Waldgesellschaften, die zumeist in höheren Lagen vorkommen. So nehmen die ersten fünf Waldgesellschaftsgruppen mit den höchsten Naturnähewerten nur etwa 8,6 % der Waldfläche ein (Tab. 3).

Tab. 3: Verteilung der Naturnähestufen nach natürlichen Waldgesellschaften (zum Teil zu Gruppen zusammengefasst), geordnet nach ihrer Naturnähe (Anteile über 20% sind fett markiert)

Natürliche Waldgesellschaft(en)	Sehr naturnah	Naturnah	Bedingt naturnah	Kulturbetont	Kulturbestimmt
Fichtenwälder, Blockwälder, Grünerlengebüsch, Alpenrosen-Latschengebüsche	<b>82,0%</b>	6,9%	5,7%	0,6%	4,7%
Schneeheide-Kiefernwälder, Kiefern-Steppenwald, Weißmoos-Kiefernwald	<b>84,0%</b>	3,3%	3,5%	2,8%	6,4%
Hainsimsen-, Labkraut-, Preiselbeer-, Wintergrün-Fichten-Tannenwälder	<b>25,6%</b>	<b>63,6%</b>	9,2%	0,6%	1,1%
Alpenhecken-Tannen-Buchenwald, Seggen-, Fichten-, Bergahorn-Buchenwald	<b>26,9%</b>	<b>52,4%</b>	10,3%	4,1%	6,2%
Rauschbeeren-Moorwälder	<b>23,0%</b>	<b>40,3%</b>	<b>27,1%</b>	3,7%	5,9%
Birken-Stieleichenwald	6,6%	<b>29,5%</b>	<b>51,6%</b>	3,3%	9,0%
Hainsimsen-Buchenwald	12,4%	<b>21,2%</b>	<b>44,7%</b>	6,3%	15,5%
Schwarzerlen-Bruch- und Sumpfwälder, Bach-Eschenwälder, diverse Auewälder	18,8%	<b>21,9%</b>	<b>26,2%</b>	10,7%	<b>22,3%</b>
Ahorn-Eschenwald	10,0%	<b>29,2%</b>	<b>32,4%</b>	9,5%	18,9%
Waldgersten-Buchenwald	<b>25,4%</b>	15,8%	<b>21,1%</b>	10,7%	<b>27,1%</b>
Waldmeister-Buchenwald	<b>20,3%</b>	18,8%	<b>24,6%</b>	9,8%	<b>26,6%</b>
Priselbeer-Eichenwald, Weißmoos-Kiefernwald, Xerotherme Eichen-Mischwälder	1,8%	2,7%	<b>87,2%</b>	2,0%	6,2%
Waldlabkraut-Hainbuchen-Traubeneichenwald	4,5%	<b>38,0%</b>	<b>26,2%</b>	7,6%	<b>23,7%</b>
Drahtschmielen-Buchenwald	3,7%	6,4%	<b>75,3%</b>	5,5%	9,1%
Birken-Traubeneichenwald	3,2%	9,4%	<b>71,4%</b>	5,0%	11,0%
Sternmieren-Hainbuchen-Stieleichenwald	7,6%	<b>26,5%</b>	<b>28,1%</b>	11,4%	<b>26,3%</b>
Buchen-Traubeneichenwald	3,6%	<b>31,2%</b>	<b>29,4%</b>	8,0%	<b>27,8%</b>
Traubeneichen-Lindenwälder, Edellaubbaum-Steinschutt- u. Blockhangwälder	0,4%	12,4%	<b>47,3%</b>	5,2%	<b>34,7%</b>
<b>Gesamtwald</b>	<b>14,6%</b>	<b>20,7%</b>	<b>41,2%</b>	<b>6,7%</b>	<b>16,9%</b>

### 3.2.2 Naturnähe und Altersstruktur

Die Naturnähe korreliert offensichtlich mit der Altersklassenverteilung: naturnahe und sehr naturnahe Wälder weisen einen deutlich höheren Anteil älterer Altersklassen auf als bedingt naturnahe, kulturbetonte oder –bestimmte Bestockungen. Sehr deutlich ist der Zusammenhang zwischen Naturnähestufe und dem Anteil der über 100 jährigen Bestände: dieser Anteil beträgt im Durchschnitt über alle Baumarten im Gesamtwald 21 %; in sehr naturnahen Wäldern liegt er bei ca. 42 %, in naturnahen bei gut 29 %, in bedingt naturnahen bei knapp 16 %, in kulturbetonten bei gut 14 % und in kulturbestimmten bei nicht einmal 9 %. Allerdings darf daraus nicht geschlossen werden, dass das Alter ein Kriterium für Naturnähe ist, vielmehr deutet sich hier an, dass die Baumarten der natürlichen Schlusswaldgesellschaften eine höhere Lebensdauer haben und dementsprechend mit dem Anteil älterer Entwicklungsphasen die Naturnähe zunimmt.

### 3.2.3 Naturnähe und Vorratsstruktur

Der Zusammenhang zwischen älteren Entwicklungsphasen und der Naturnähe spiegelt sich auch in der Relation zwischen Naturnähe und Vorratsstruktur wider, ausgedrückt durch die Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen. So beträgt der durchschnittliche Starkholzanteil (Vorrat aller Bäume mit einem Mindestdurchmesser in 1,3 m Höhe von 50 cm m. R.) über alle Baumarten 18 %; in sehr naturnahen Wäldern liegt der Starkholzanteil bei 33 %, in naturnahen bei knapp 24 %; bedingt naturnahe Wälder liegen allerdings mit nur 12 % Starkholz unter dem Wert von 17 % der kulturbetonten Wälder; kulturbestimmte, von jüngeren Altersklassen geprägte Waldungen erreichen nur noch 10 % Starkholzanteil.

### 3.2.4 Naturnähe und natürlichen Höhenstufen

Zwischen der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung und den natürlichen Höhenstufen bestehen ebenfalls Zusammenhänge: die Naturnähe nimmt mit der natürlichen Höhenstufe zu. Am naturnächsten sind die Wälder in der montanen bis hochmontanen/subalpinen Höhenstufe. Der Zusammenhang mit der Verbreitung der natürlichen Waldgesellschaften ist offensichtlich. In den Mittel- und Hochgebirgslagen prägen die Nadelbäume Tanne und Fichte in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet das Waldbild. Dies erklärt auch die höheren durchschnittlichen Naturnähewerte in den Landesteilen mit höheren Anteilen an Gebirgsregionen. Dieser Befund deckt sich mit Ergebnissen der Hemerobiestudie für den Wald in Österreich (Grabherr et al., 1998).

Tab. 4: Naturnähe und natürliche Höhenstufen

Naturnähestufe → Natürliche Höhenstufe ↓	sehr naturnah	naturnah	bedingt naturnah	kulturbe- tont	kultur- bestimmt
planar	10,5%	12,7%	54,2%	6,0%	16,7%
kollin	18,3%	20,1%	31,5%	8,4%	21,8%
submontan	12,5%	15,5%	42,1%	8,9%	20,9%
montan	19,8%	44,2%	28,1%	2,4%	5,5%
hochmontan/subalpin	42,2%	53,6%	3,9%	0,1%	0,2%

### 3.2.5 Naturnähe und Eigentumsarten

Zwischen den Eigentumsarten Staatswald (Bund und Land), Körperschaftswald und Privatwald bzw. Treuhandwald zeichnen sich bezüglich der Anteile der Naturnähestufen an der Waldfläche deutliche Unterschiede ab. Überdurchschnittliche Anteile an naturnahen bis sehr naturnahen Bestockungen finden sich im Öffentlichen Wald (Staats- und Körperschaftswald), während im Privatwald die bedingt naturnahen Bestockungen stärker vertreten sind. Diese Unterschiede in der Naturnähestufenverteilung lassen sich zum Teil aus der eigentümerspezifischen Kombination von Waldaufbau, Naturraum und Höhenstufe erklären. Sie sind aber auch Ausdruck unterschiedlicher Eigentümerzielsetzungen und Bewirtschaftungsintensität.

Tab. 5: Naturnähe nach Waldeigentumsarten

Naturnähestufe → Eigentumsart ↓	sehr naturnah	naturnah	bedingt naturnah	kulturbetont	kulturbestimmt
Staatswald (Bund/Land)	17,2%	22,9%	38,6%	7,0%	14,3%
Körperschaftswald	18,3%	22,2%	34,0%	7,8%	17,6%
Privatwald	10,8%	19,2%	45,8%	6,1%	18,1%
Treuhandwald	14,7%	8,6%	48,0%	5,6%	23,0%
<b>Gesamtwald</b>	<b>14,6%</b>	<b>20,6%</b>	<b>41,1%</b>	<b>6,7%</b>	<b>16,9%</b>

### 3.2.6 Veränderung der Naturnähe: hat die Naturnähe des Waldes zugenommen? (Beispiel Baden-Württemberg)

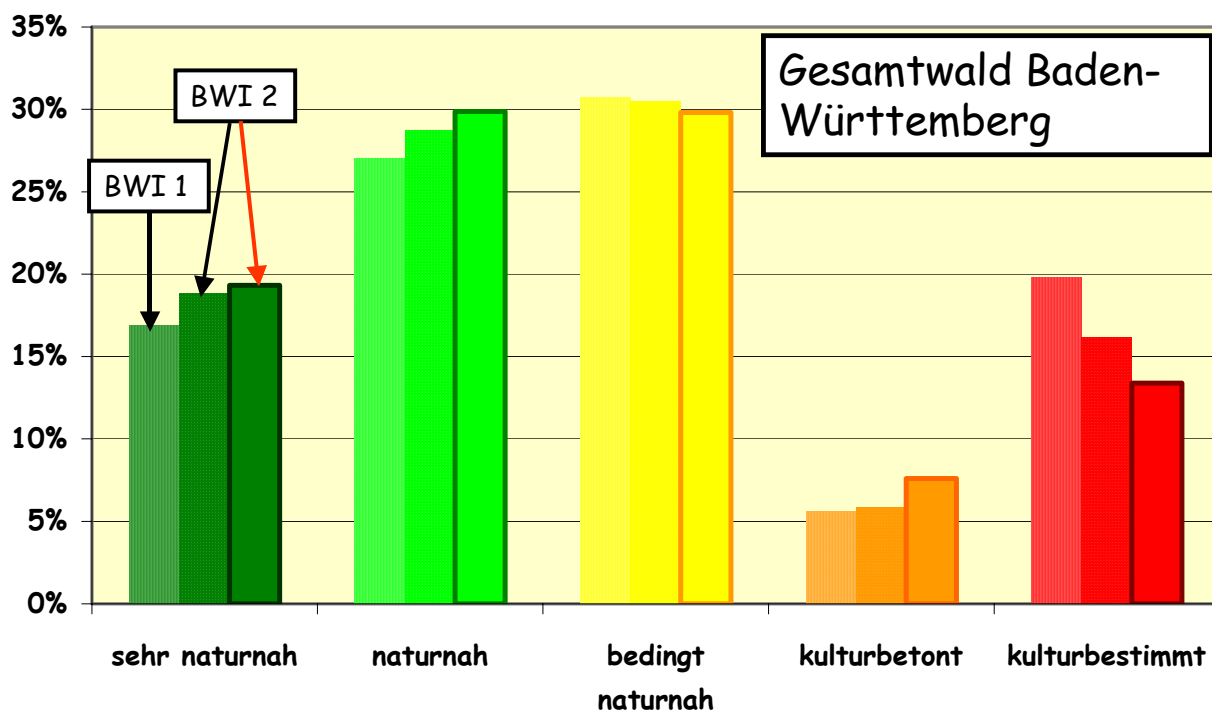


Abb. 3: Vergleich der Naturnähebestimmung für den Gesamtwald in Baden-Württemberg; die Naturnähebestimmung erfolgt zusätzlich zum Regelverfahren mit einer modifizierten Methode auf der Basis der Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4, die auch auf die BWI<sup>1</sup> angewandt werden kann. Die rechte Säule ist das Ergebnis des Regelverfahrens; die linke und mittlere Säule geben die Naturnähebestimmung für BWI<sup>1</sup> bzw. BWI<sup>2</sup> mit Hilfe des modifizierten Verfahrens wieder.

Obgleich man die spezielle Baumartenerfassung zur Bestimmung der Naturnähe erstmals bei der zweiten Bundeswaldinventur eingeführt hat, wurde, wie in Abschnitt 2.3 skizziert, für den **Wald in Baden-Württemberg** mit einem modifizierten Verfahren die Naturnähe zu den zwei Inventurzeitpunkten 1987 und 2002 hergeleitet, um abzuschätzen, ob sich die Naturnähe der Wälder in dieser Periode geändert hat. Die Beschränkung der Baumartenerfassung auf die Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4 führt in der Tat zu Ergebnissen, die von den mit dem „Regelverfahren“ bestimmten Werten etwas abweichen. Demnach unterschätzt das modifizierte Verfahren die Anteile der sehr naturnahen und naturnahen sowie kulturbetonten Waldflächen, während die kulturbestimmten überschätzt werden, und führt so gegenüber dem Regelverfahren zu einer etwas ungünstigeren Verteilung der Naturnähestufen. Für den Vergleich der Naturnähe zu beiden Inventurzeitpunkten ist diese Abweichung jedoch zweitrangig. Stellt man die mit dem modifizierten Verfahren hergeleiteten Anteile der fünf Naturnähestufen zu den beiden Zeitpunkten 1987 und 2002 gegenüber, lässt sich der Trend einer Zunahme der Naturnähe von 1987 bis 2002 belegen. So haben die Anteile der Naturnähestufen 1 und 2 zugenommen, der Anteil der Stufe 3 ist leicht zurückgegangen, die Fläche der Stufe 4 ist nahezu unverändert, während die Fläche der Stufe 5 (kulturbestimmt) deutlich abgenommen hat.

### **3.3 Totholz**

Die Bundeswaldinventur weist für den Gesamtwald einen mittleren Totholzvorrat von  $11,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aus. Er besteht zu mehr als der Hälfte ( $6,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) aus liegendem Totholz mit einem Mindestdurchmesser von 20 cm am stärkeren Ende; der Vorrat an stehendem Totholz erreicht  $2,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $1,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ganze bzw.  $1,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  abgebrochene Bäume); die Stöcke bilden einen Vorrat von  $2,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Im Durchschnitt finden sich 4,7 Stück je ha stehendes Totholz (ganze bzw. abgebrochene Bäume) mit einer mittleren Stückmasse von  $0,5 \text{ m}^3$ .

#### **3.3.1 Totholzvorräte und Baumartenmischung**

Die Bundeswaldinventur II weist einen hohen Mischungsgrad des Waldes auf: im Mittel weist der Wald zu 73% eine aus mehreren Baumarten zusammengesetzte Bestockung auf. Differenziert man die Totholzvorräte nach Bestockungsmischung, zeigt sich ein klarer Einfluss der Baumartenmischung auf die Höhe des Totholzvorrats: im Mittel über alle Bestockungsverhältnisse ist der Totholzvorrat in gemischten Bestockungen mit  $12,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  signifikant höher als in Reinbestockungen, die einen mittlerer Totholzvorrat von  $7,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aufweisen. Zwischen den verschiedenen Bestockungstypen treten allerdings Unterschiede auf: Bei der Buche sind die Unterschiede der Totholzvorräte zwischen gemischten Bestockungen und Reinbestockungen weniger deutlich ( $17,1$  gegenüber  $16,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), wesentlich größere Unterschiede treten bei Eichen-Bestockungen ( $11,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  in Eichen-Bestockungen mit Beimischung,  $5,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  in reinen Eichenbestockungen) und insbesondere Kiefern-Bestockungen auf. Es zeigt sich hier, dass Kiefern-geprägte Wälder absolut die niedrigsten Totholzvorräte aufweisen: In Kiefernbestockung mit Beimischung beträgt der Totholzvorrat im Mittel  $6,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , in Kiefern-Reinbestockungen sogar nur  $2,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Eine Erklärung für dieses Phänomen ist sicherlich die Tatsache, dass Kiefernbestockungen zu einem großen Teil noch jungen Altersklassen angehören. In älteren Bestandesphasen dagegen tritt die Kiefer zunehmend weniger als führende Baumart auf. In Fichten-geprägten Wäldern sind die Unterschiede im Totholzvorrat zwischen den Mischungsverhältnissen (mit bzw. ohne Beimischung anderer Baumarten) wiederum weniger deutlich ( $13,8$  zu  $11,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ).



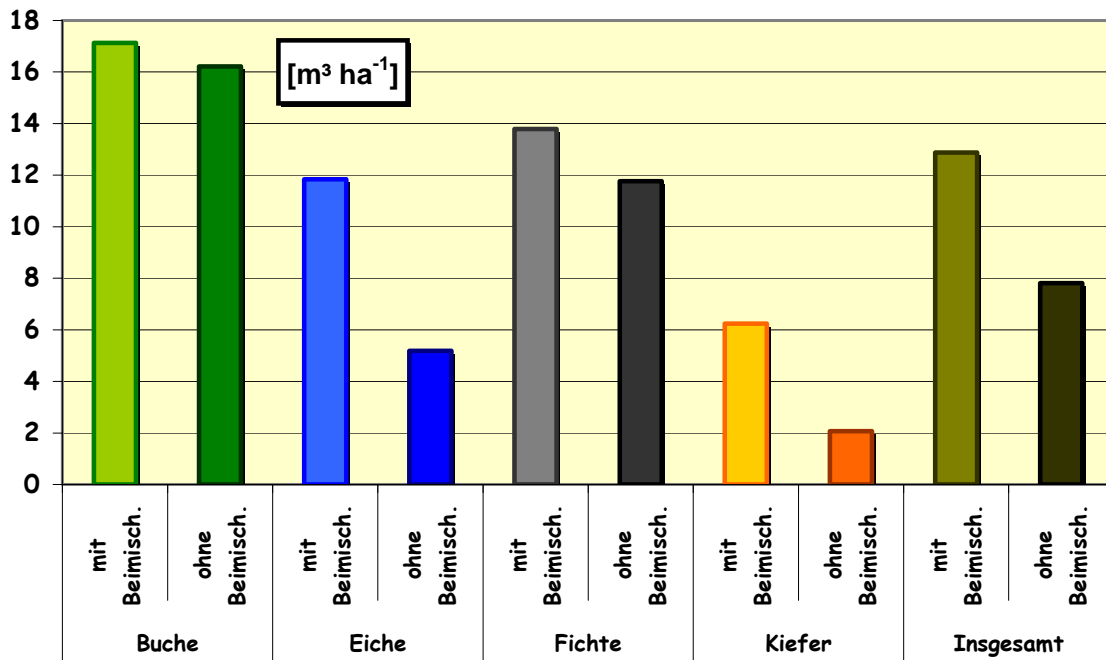


Abb. 4: Totholzvorrat je ha und Baumartenmischung, differenziert nach Bestockungstypen

### 3.3.2 Totholzvorräte und natürliche Höhenstufe sowie Geländeneigungs-klassen

Berechnet man die Totholzvorräte differenziert nach natürlichen Höhenstufen (von planar bis hochmontan) bzw. nach Hangneigungsklassen, zeigen sich klare Zusammenhänge: Der Totholzvorrat nimmt mit der natürlichen Höhenstufe von planar bis montan/hochmontan zu; noch deutlicher ist der Anstieg des Totholzvorrats mit der Geländeneigung (Abb. 5), die ihrerseits mit der Höhenlage korreliert.

### 3.3.3 Totholzvorräte und Eigentumsarten

Die Ausstattung der Wälder mit Totholz variiert zwischen den Eigentumsarten. Die höchsten Vorräte finden sich im Staatswald der Länder ( $15,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) und im Körperschaftswald ( $13,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), während im Bundeswald sowie im Privat- und Treuhandwald die Werte zwischen  $8,4$  und  $8,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  liegen. Diese deutlichen Unterschieden sind nicht ausschließlich auf unterschiedliche Bewirtschaftung zurückzuführen, sondern lassen sich auch mit der standörtlichen Verteilung der Waldeigentumsarten erklären.

### 3.3.4 Totholz und Sturmereignisse: Beispiel Baden-Württemberg

In den Wäldern Baden-Württembergs hat der Sturm „Lothar“ im Jahr 1990 erhebliche Schäden angerichtet. Anhand zusätzlicher landesspezifischer Erhebungen lässt sich der Vorratsverlust und die räumliche Verteilung der Sturmschäden aus den Daten der Bundeswaldinventur herleiten. Die Sturmkatastrophe von 1999 betraf ca. 15 % der Waldfläche und führte zu einem Vorratsverlust von 44,3 Mio.  $\text{m}^3$  Vorratsfestmaß mit Rinde. Auch die Verteilung der Totholzvorräte und deren Höhe lässt sich für die Gebiete, die vom Sturm besonders betroffen waren, gesondert berechnen. Demnach hat der Sturm auf die Höhe des Totholzvorrats einen klaren Einfluss: in den vom Sturm betroffenen Wäldern beträgt der mittlere Totholzvorrat

(liegend, stehend und Wurzelstöcke)  $49,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , auf den nicht vom Sturm beeinflussten Flächen liegt er dagegen bei  $13,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

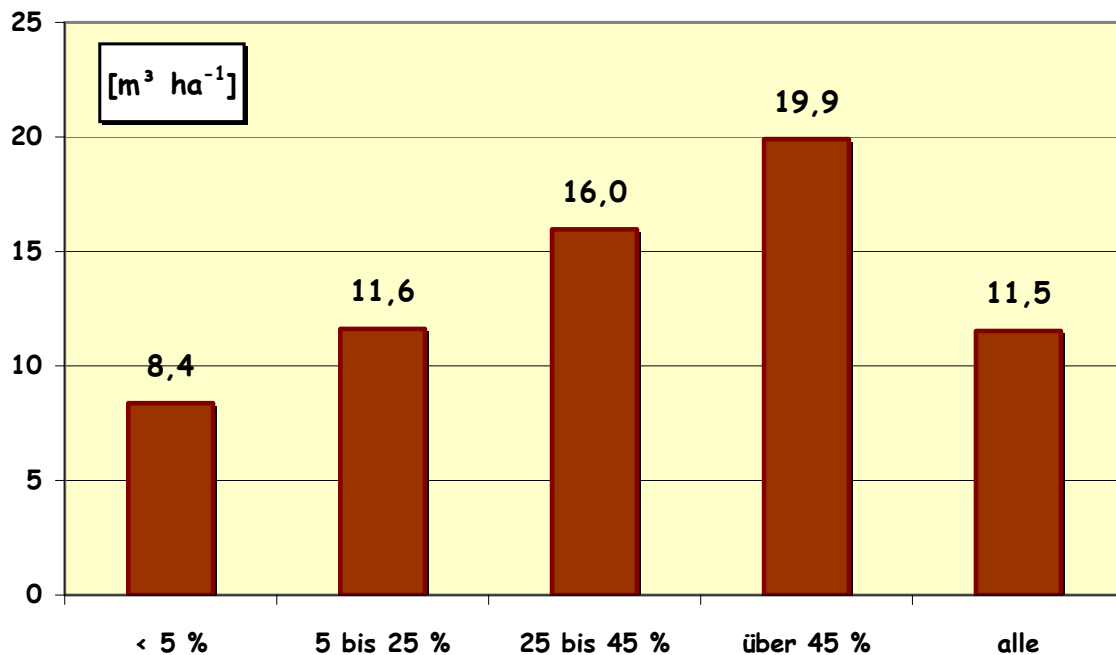


Abb. 5: Totholzvorrat je ha nach Hangneigungsklassen im Gesamtwald

### 3.4 Waldränder

Waldränder haben zum einen eine ökologische Bedeutung als besondere Habitatstrukturen und sind gleichzeitig auch ein Maß für die Fragmentierung von Waldgebieten.

#### 3.4.1 Waldrandlängen und natürliche Höhenstufen

Die mittlere Waldaußenrandlänge im Gesamtwald beträgt  $46,8 \text{ m ha}^{-1}$  und übertrifft die mittlere Waldinnenrandlänge von  $5,7 \text{ m ha}^{-1}$  erheblich. Die Waldaußenrandlänge nimmt mit der Höhenstufe signifikant ab; in den höchsten Lagen, wo die Wälder in größeren zusammenhängenden Flächen auftreten, hat sie mit  $7,6 \text{ m ha}^{-1}$  ihren niedrigsten Wert und liegt in derselben Größenordnung wie die Waldinnenrandlänge, die in allen anderen Höhenstufen kleiner ist, insbesondere im Verhältnis zur jeweiligen Außenrandlänge.

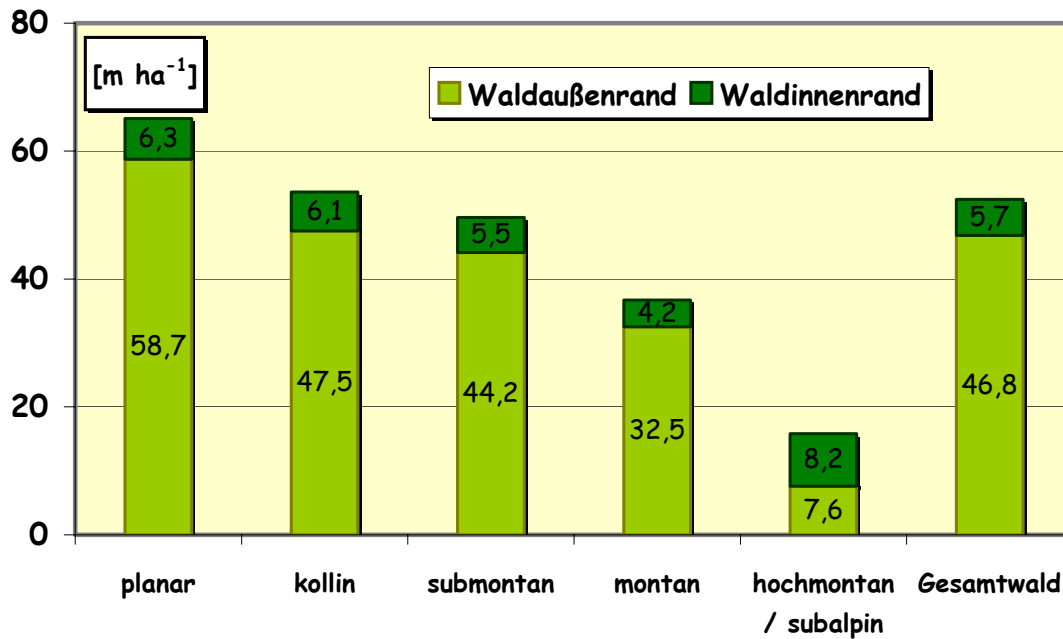


Abb. 6: Waldrandlängen (Waldaußen- bzw. Waldinnenränder) nach natürlicher Höhenstufe

### 3.4.2 Waldrandlängen und Eigentumsarten

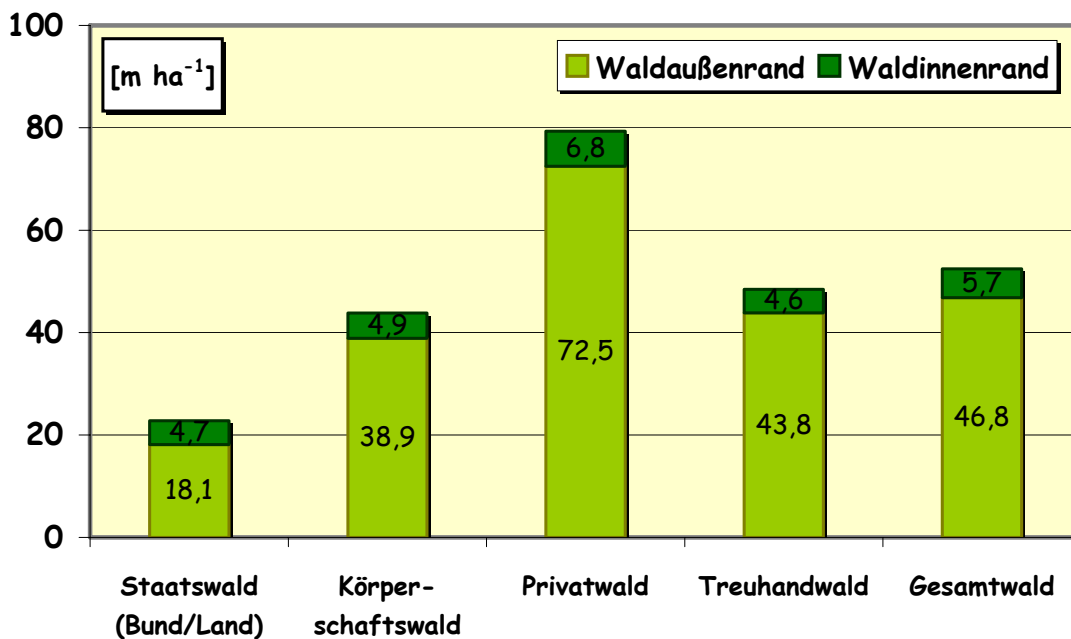


Abb. 7: Waldrandlängen (Waldaußen- bzw. Waldinnenränder) nach Eigentumsart

Die Waldeigentumsarten unterschieden sich teilweise deutlich in ihrem Fragmentierungsgrad, ausgedrückt durch die mittlere Waldaußenrandlänge. Der Privatwald weist mit der höchsten Waldaußenrandlänge die stärkste Fragmentierung auf, während der Staatswald größere geschlossene Waldkomplexe umfasst.

### 3.5 Strauch- und Bodenvegetation

Die Abhängigkeit des Vorkommens morphologischer Pflanzengruppen von der natürlichen Höhenstufe soll nur anhand einiger Beispiele gezeigt werden. Dabei wird nur das Vorkommen insgesamt über alle Dichtestufen (selten, häufig, flächig) betrachtet.

Für die *Flechten*, die insgesamt überwiegend in der Dichtestufe „selten“ auftreten, besteht eine klare Beziehung zur natürlichen Höhenstufe: ihr Vorkommen nimmt mit der Höhenstufe zu. Dies trifft auch für die *Farne* zu und in etwas abgeschwächter Form für die *krautigen Samenpflanzen*. Bei den *Moosen* und *Gräsern* ergibt sich dagegen keine klare Höhenabhängigkeit. Bei den *Großlianen* (Efeu und Waldrebe) ist erwartungsgemäß das Vorkommen im planaren und kollinen Bereich konzentriert. Für die *Zwergsträucher* gilt generell eine Zunahme mit der Höhenstufe, wobei ein Minimum im Kollin auftritt.

### 3.6 Zusammenhänge zwischen Baumartenvielfalt, Naturnähe, Totholz, Waldrändern und Bodenvegetation

#### 3.6.1 Baumartenvielfalt und Naturnähe

Stellt man die Baumartenverteilung getrennt nach den Naturnähestufen dar, ergeben sich klare Tendenzen: So werden *sehr naturnahe* Wälder von der Buche dominiert, die einen Anteil von 55 % erreicht und damit weit über ihrem Durchschnittswert im Gesamtwald von 15 % liegt. Fichte und Kiefer sind dagegen weit unterdurchschnittlich vertreten. Die Tanne wiederum ist in sehr naturnahen Wäldern deutlich stärker repräsentiert. In *naturnahen* Wäldern kommen Eichen- und Buntlaubholzarten überdurchschnittlich häufig vor. Beherrschende Baumart der *bedingt naturnahen* Wälder ist die Kiefer mit einem Anteil von knapp 39 % (Bundesdurchschnitt 24 %), während die Buche hier nur noch 5 % erreicht. In *kulturbetonten* Wäldern treten die sonstigen Laubbäume mit niedriger Lebensdauer sowie Douglasie und Lärche relativ häufig auf. Die *kulturbestimmten* Wälder sind ganz klar von den Nadelbäumen geprägt (82 %); beherrschende Baumart ist die Fichte mit einem Anteil von 51 %, während die Buche als „Leit-Baumart“ der naturnahen Wälder einen verschwindend geringen Anteil von 2 % erreicht. Überproportional vertreten sind auch hier Douglasie und Lärche, während die Kiefer mit knapp 19 % unter ihrem Bundesdurchschnitt (24 %) liegt.

Interessanterweise korreliert die Naturnähe nicht mit der Artenvielfalt, wie sie sich durch die Anzahl der vorkommenden Arten oder durch einen Diversitätsindex beschreiben lässt. Die Naturnähestufe „sehr naturnah“ weist mit 48 Arten die niedrigste Artenzahl und den niedrigsten Wert des Shannon-Weaver-Indexes auf, sie liegt damit unter den Werten der Naturnähestufe „kulturbestimmt“ (Abb. 6).

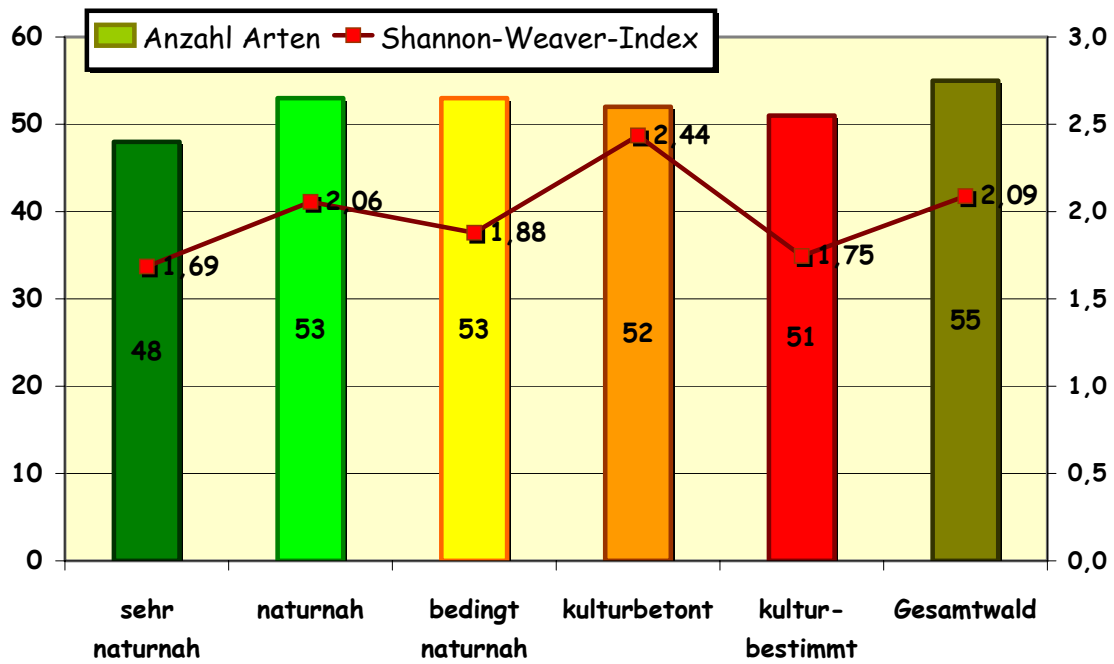


Abb. 8: Naturnähestufen und Artenzahl sowie Shannon-Weaver-Index

### 3.6.2 Naturnähe und Totholz

Zwischen der Naturnähe und dem Vorrat an Totholz besteht folgende Beziehung (Abb. 7): naturnahe und sehr naturnahe Wälder haben deutlich überdurchschnittliche Totholzvorräte. Es fällt auf, dass die bedingt naturnahen Wälder die niedrigsten Totholzvorräte aufweisen. Eine Erklärung hierfür liegt im Zusammenhang zwischen Baumartenverteilung und Naturnähestufe: in bedingt naturnahen Wäldern sind Kiefern-Bestockungen überproportional vertreten, in überwiegend jüngeren Altersklassen, welche generell niedrigere Totholzvorräte aufweisen.

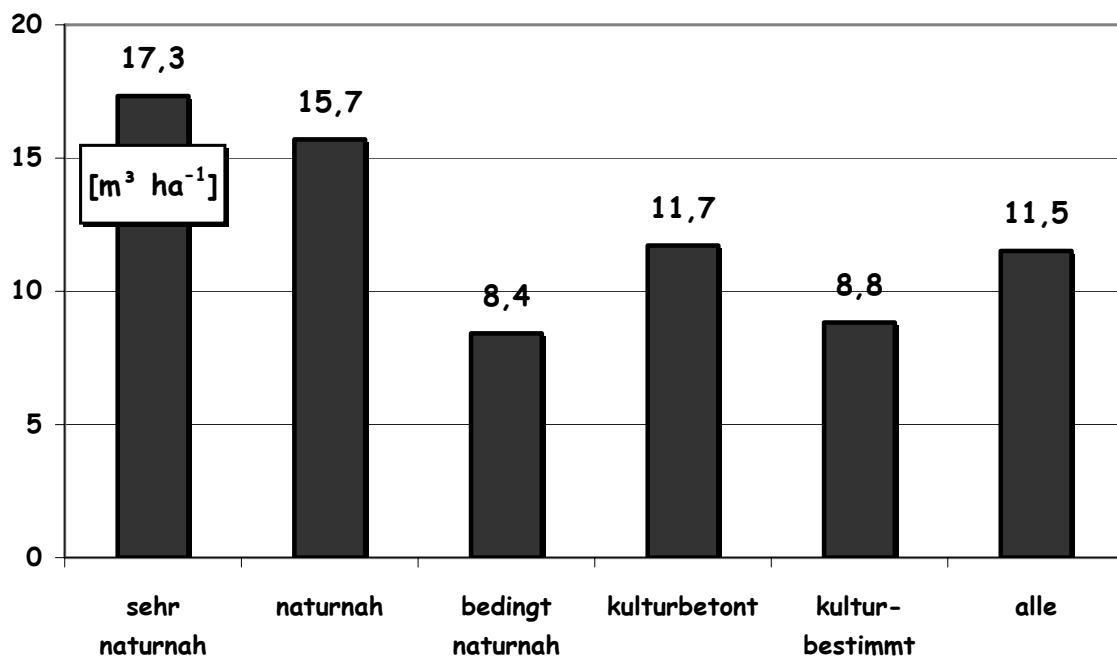


Abb. 9: Totholzvorrat und Naturnähestufe

### 3.6.3 Naturnähe und Waldränder

Waldflächen unterschiedlicher Naturnähestufen weisen teilweise verschiedene Waldrandlängen und somit Fragmentierungsgrade auf (Abb. 8).

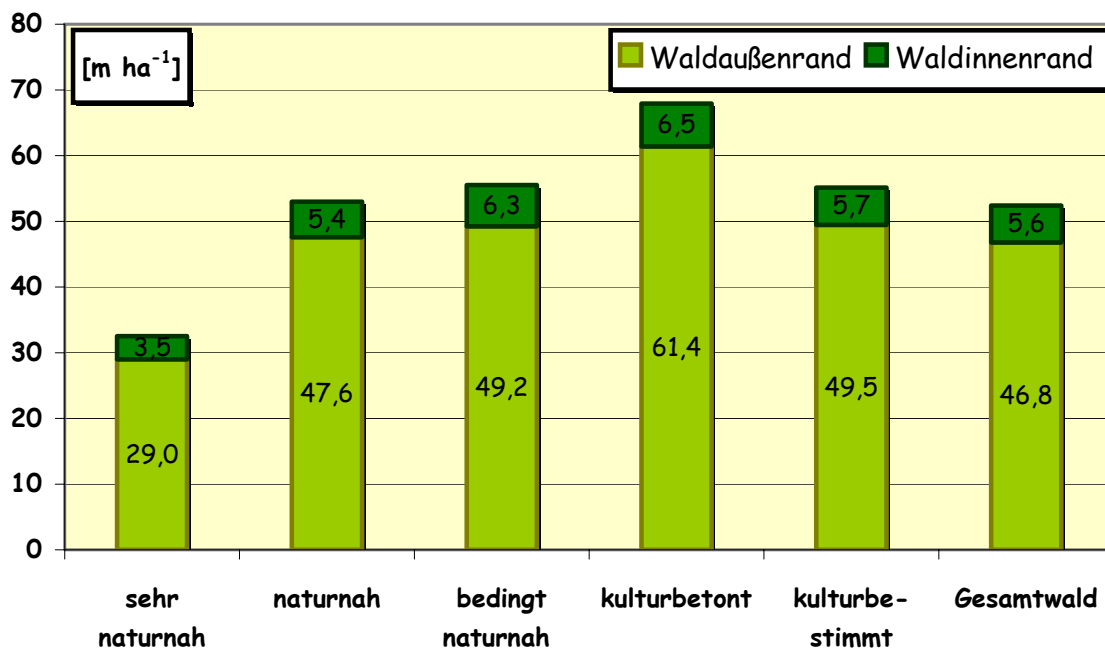


Abb.10: Mittlere Waldrandlängen (Waldaußen- und Waldinnenränder) differenziert nach Naturnähestufen der Wälder

Die geringsten Waldrandlängen finden sich in sehr naturnahen Wäldern. Offensichtlich handelt es sich um geschlossene Waldgebiete, oft in höheren Lagen, während kulturbetonte Wälder in Regionen vorkommen, in denen der Wald stärker zerschnitten ist. Die übrigen Naturnähestufen liegen etwa im Durchschnitt.

### 3.6.4 Naturnähe und Bodenvegetation

Aus der Fülle möglicher Auswertungen soll hier nur exemplarisch der Zusammenhang zwischen Naturnähestufen und dem Vorkommen der Flechten als eine morphologische Artengruppe sowie der Brombeere als einer forstlich bedeutsamen Pflanzenart dargestellt werden. Die Flechten gelten generell als Indikator-Organismen für Umweltveränderungen. Die Brombeere wird als forstliche „Problempflanze“ betrachtet, weil sie verjüngungshemmend wirken kann, zugleich ist sie ein Weiser für gestörte Bodenverhältnisse sowie eine beliebte Äsungspflanze.

Zu beachten ist, dass die Prozentangaben keine Flächenanteile (im Sinne von Deckungsgraden) darstellen, sondern lediglich angeben, auf wie viel Prozent der Fläche die jeweilige Artengruppe vorkommt (in einer der Dichtestufen „selten“, „häufig“ oder „flächig“). So treten die Flechten weit überwiegend in der Dichtestufe „selten“ (Deckung bis 10%) auf und kommen insgesamt auf einen niedrigen Deckungsgrad.

Es fällt auf, dass das Vorkommen der Flechten mit der Naturnähe korreliert: je naturnäher der Wald, umso höher die Auftretenswahrscheinlichkeit von Flechten. Es besteht zusätzlich ein Effekt der Höhenlage (das Vorkommen nimmt mit der Höhenlage zu). Eine statistische Analyse unter Einbeziehung beider Faktoren (Naturnähe und Höhenstufe) ergibt allerdings für beide Faktoren einen signifikanten Einfluss.

Umgekehrt verhält es sich mit dem Auftreten der Brombeere: ihre Häufigkeit nimmt mit abnehmender Naturnähe der Bestockung zu.

Tab. 6: Vorkommen der Flechten und der Brombeere differenziert nach Naturnähe des Waldes

Naturnähestufe → Morphologische Artengruppe ↓	sehr natur- nah	naturnah	bedingt naturnah	kulturbetont	kulturbe- stimmt
<b>Flechten</b>	16,0%	14,5%	12,5%	9,0%	8,0%
<b>Brombeere</b>	28,0%	38,0%	40,0%	47,0%	44,0%

### 3.6.5 Baumartenvielfalt und Waldrandbereiche

Waldrandbereiche bieten gegenüber der Wald-Innenlage andere ökologische Verhältnisse, die sich auch auf die Artenbesetzung auswirken. Die Baumarten haben offensichtlich unterschiedliche Waldaußenrandpräferenzen, wie sich in Abb. 9 aus dem Vergleich des Artenvorkommens in Waldaußenrandbereichen und im Gesamtwald zeigen lässt.

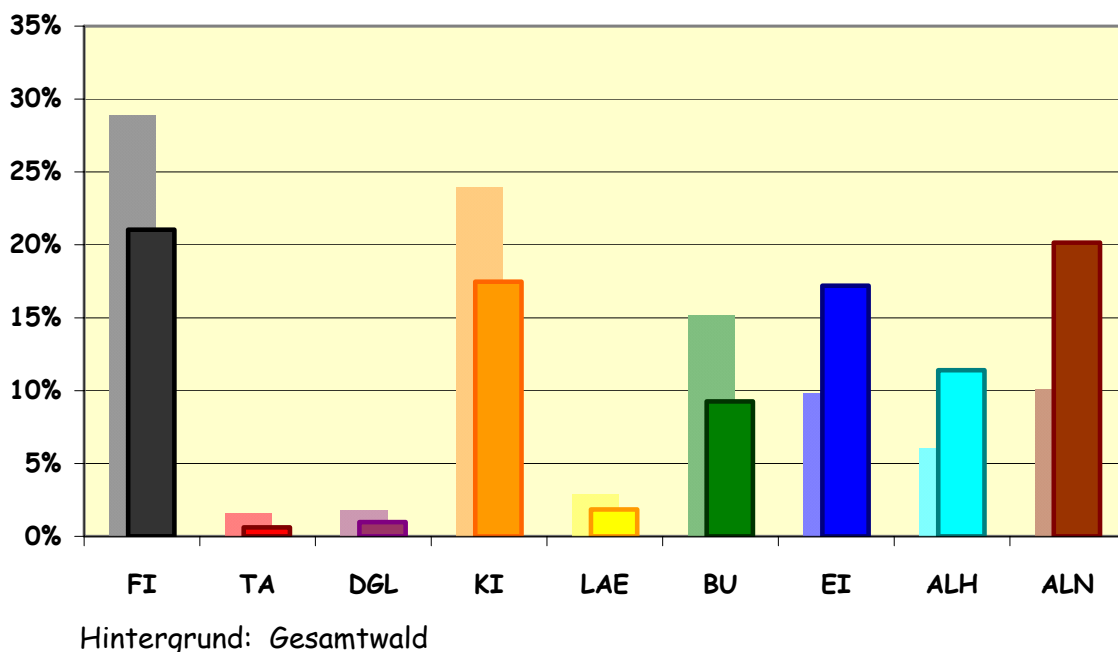


Abb. 11: Baumartenverteilung in Waldaußenrandbereichen im Vergleich zur Baumartenverteilung im Gesamtwald

Demnach kommen die Nadelbaumarten relativ seltener an Waldrändern vor als die lichtbedürftigeren Laubbaumarten Eichen, Buntlaubebäume (Eschen, Ahorn, Hainbuchen, Robinie, Linden) und Arten aus der Gruppe der anderen Laubbäume mit niedriger Lebensdauer wie z. B. Birken, Erlen, Zitterpappeln, Weiden (Tab. 7). Von den Laubbäumen ist nur die Buche unterdurchschnittlich an Waldaußenrändern vertreten.

Diese Befunde stimmen gut mit ähnlichen Ergebnissen aus der Österreichischen Waldinventur überein (Hauk, 2005)

Tab. 7: Baumartenspektrum der Baumartengruppe ALH (Andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer) und ALN (Andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer) an Waldaußenrändern (in Klammern stehen die Flächenanteile im Gesamtwald)

ALH		ALN	
Esche	4,0% (2,0)	Birke	6,7% (4,4)
Bergahorn	2,3% (1,6)	Erle	4,6% (2,1)
Hainbuche	2,1% (1,1)	Zitterpappel	1,7% (0,7)
Robinie	0,8% (0,3)	Weide	1,6% (0,6)
Linde	0,8% (0,4)	Schwarzpappel	1,4% (0,4)
Feldahorn	0,4% (0,2)	Vogelkirsche	1,1% (0,4)
Spitzahorn	0,3% (0,1)	Moorbirke	0,8% (0,4)
Ulme	0,2% (0,1)	Vogelbeere	0,7% (0,5)
Edelkastanie	0,1% (0,1)	Balsampappel	0,7% (0,2)
Roskastanie	0,1% (0)	Andere außereuropäische Laubbäume m. niedriger Lebensdauer	0,3% (0,1)
Andere außereuropäische Laubbäume m. hoher Lebensdauer	0,1% (0)	Faulbaum	0,2% (0,2)
Mehlbeere	0,1% (0)	Graupappel	0,2% (0,1)
Stechpalme	0,0% (0)	Gewöhnliche Traubenkirsche	0,1% (0,1)
Nussbaum	0,0% (0)	Wildapfel	0,1% (0)
Speierling	0,0% (0)	Weißpappel	0,1% (0)
		Wildbirne	0,0% (0)
		Elsbeere	0,0% (0)
		Baumhasel	0,0% (0)

### 3.7 Regionale Differenzierung: Schutzgebiete

#### 3.7.1 Wald in Naturschutzgebieten

Aus der Bundeswaldinventur lässt sich für die Naturschutzgebiete Deutschlands eine Waldfläche von rund 596.000 ha ( $\pm$  24.200 ha) herleiten; dies entspricht einem Bewaldungsanteil von rund 57 %.<sup>6</sup> Die Waldfläche in Naturschutzgebieten setzt sich aus 565.700 ha Holzbodenfläche und 30.700 ha Nicht-Holzboden zusammen. Die begehbare Holzbodenfläche umfasst 497.900 ha; dies bedeutet, dass ein relativ großer Teil (12 %) des Holzbodens nicht zugänglich ist, was sicherlich ein Charakteristikum dieser Gebiete darstellt; denn im Bundesdurchschnitt beträgt der Anteil der nicht zugänglichen Holzbodenfläche bei nur 1,4 % der gesamten Holzbodenfläche. Insgesamt liegt im Bundesdurchschnitt 5,4 % des Waldes in Naturschutzgebieten, differenziert man nach Alten und Neuen Ländern, sind es im Westen 4,6 % , im Osten 7,4 % des Waldes.

<sup>6</sup> Zugrundegelegt wird eine Gesamtfläche der Naturschutzgebiete in Deutschland von 1.047.363 ha (BfN <http://www.bfn.de>)



Rund zwei Drittel des Waldes in Naturschutzgebieten ist in öffentlicher Hand (Bund, Land und Kommunen), ein Drittel ist Privat- bzw. Treuhandwald.

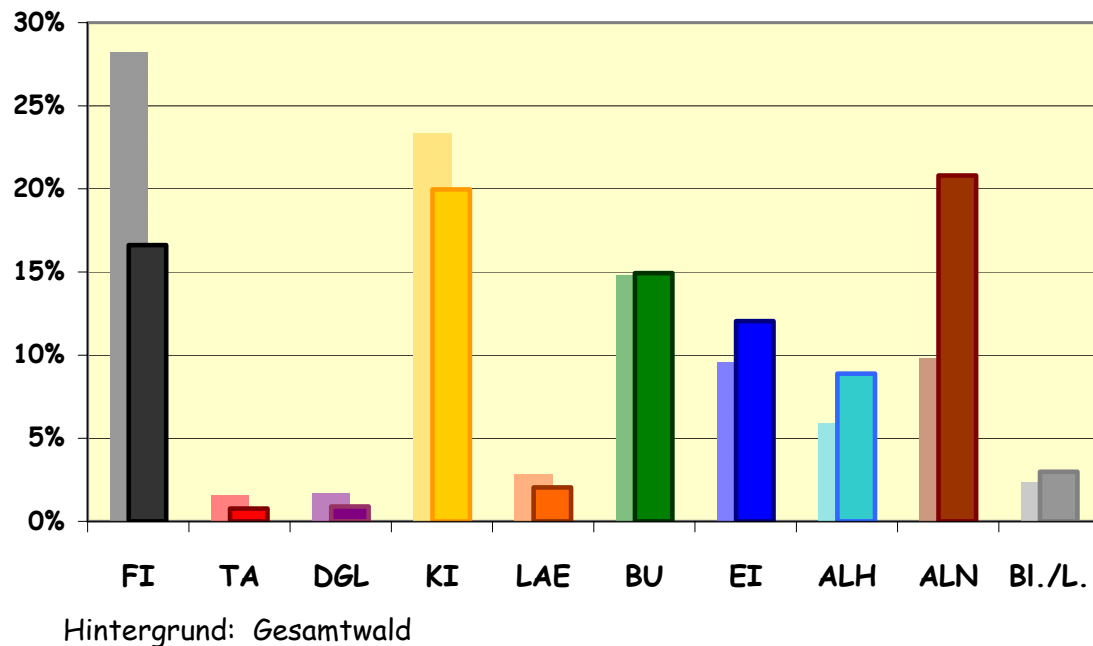


Abb. 12: Baumartenverteilung in Naturschutzgebieten im Vergleich zum Gesamtwald

Die **Baumartenverteilung** in den Naturschutzgebieten weicht von Bundesdurchschnitt in folgenden Punkten ab: das Verhältnis von Laubbäumen zu Nadelbäumen ist genau umgekehrt: in den Naturschutzgebieten dominieren die Laubbäume mit einem Anteil von 58 %, während sie im Gesamtwald nur einen Anteil von 41 % erreichen. Besonders überdurchschnittlich vertreten sind die Eichen, Bunt- oder Edellaubbäume (Baumartengruppe ALH, insbesondere Esche, Ahornarten, Linden, Hainbuche etc.) sowie die sog. Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (ALN), worunter Birken, Vogelbeere, Erlen, Weiden, Pappeln u. a. fallen. Stark unterdurchschnittlich vertreten ist die Fichte.

Die Verteilung der **Naturnähestufen** weicht ebenfalls vom Bundesdurchschnitt ab und ist zu den naturnäheren Stufen verschoben, allerdings treten auch kulturbetonte und –bestimmte Flächen auf.

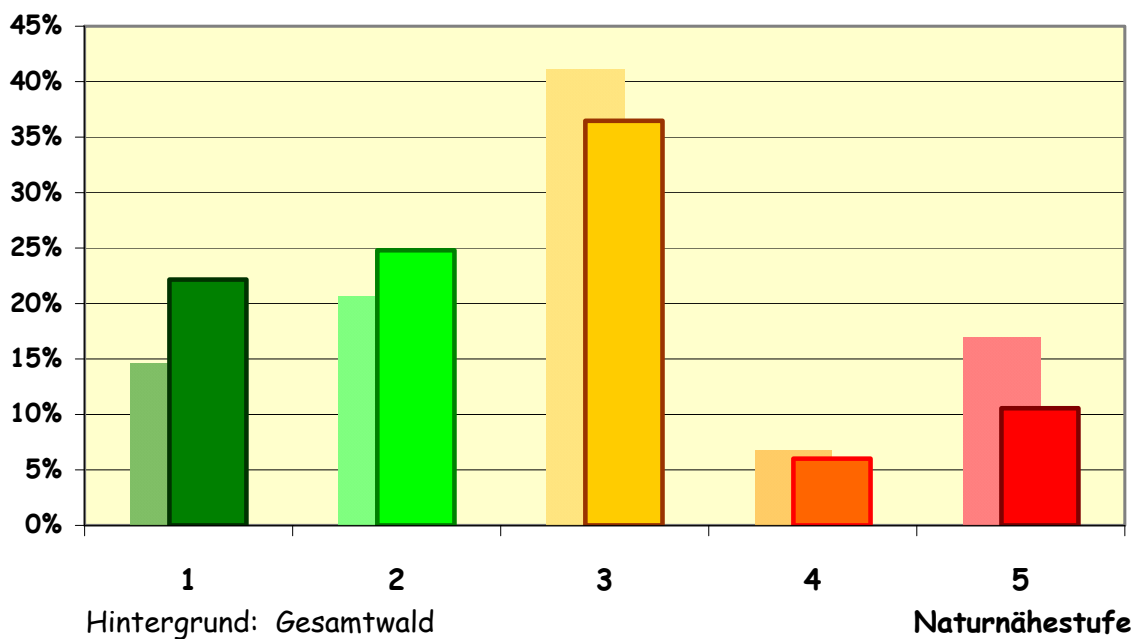


Abb.13: Verteilung der Naturnähestufen (Flächenanteile) in Naturschutzgebieten im Vergleich mit dem Gesamtwald

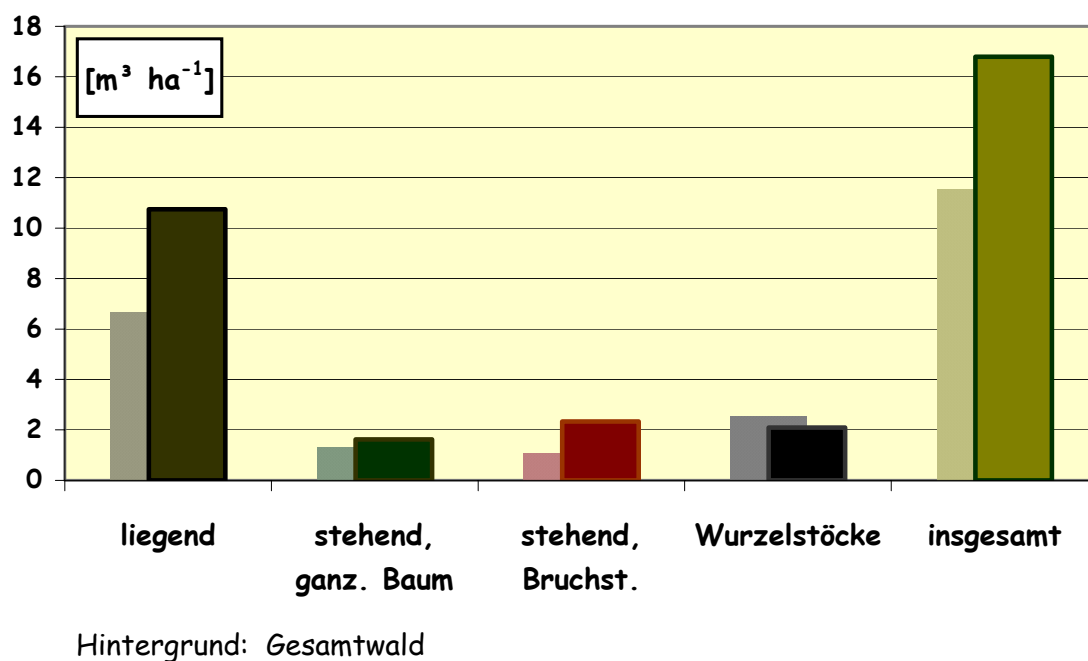


Abb. 14: Totholzvorrat je ha in Naturschutzgebieten differenziert nach Totholztyp im Vergleich mit dem Gesamtwald #

Die **Totholzvorräte** sind mit  $16,8 m^3 ha^{-1}$  in den Naturschutzgebieten um ca. 45 % höher als im Bundesdurchschnitt ( $11,5 m^3 ha^{-1}$ ). Der Anteil stehenden Totholzes in Form ganzer Bäume oder Bruchstücke ist relativ sogar noch höher.

Auch bei den Zersetzungsgraden zeigen sich Abweichungen von den Durchschnittsverhältnissen, die belegen, dass in Naturschutzgebieten die Totholzakkumulation schon länger anhält.

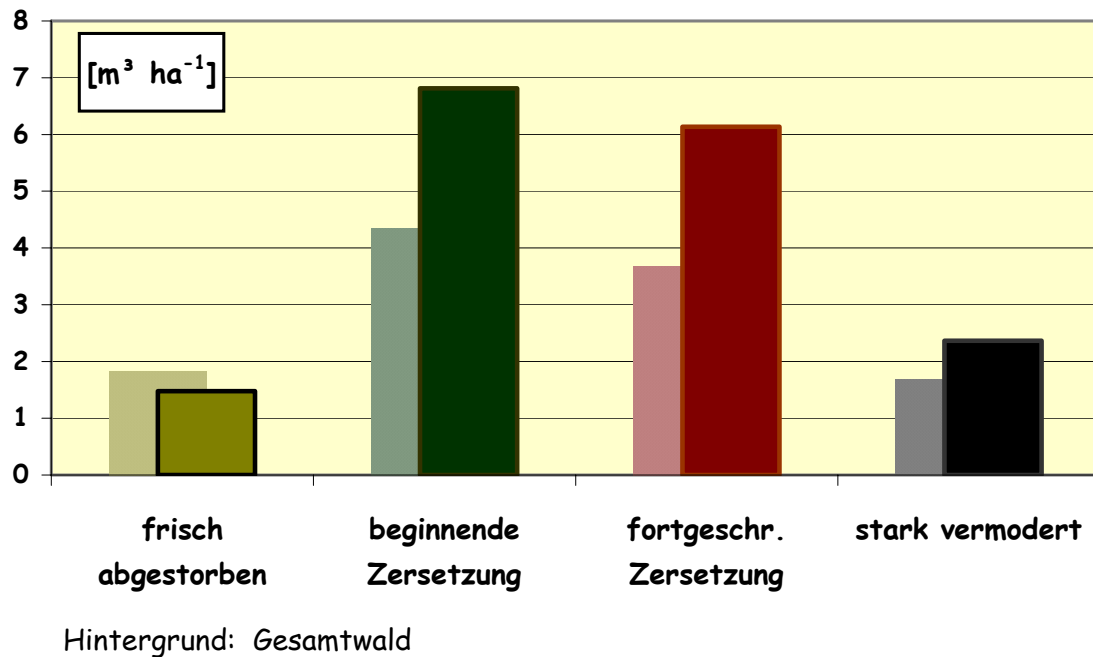


Abb. 15: Totholz in Naturschutzgebieten differenziert nach Zersetzungsgrad im Vergleich mit dem Gesamtwald

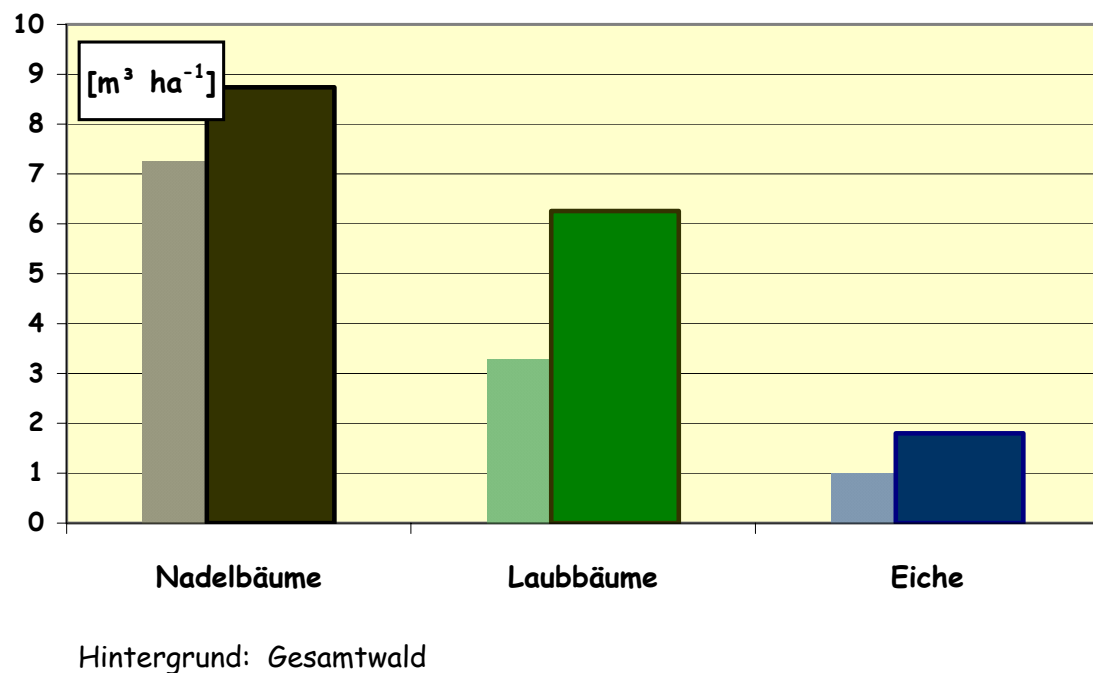


Abb. 16: Totholz in Naturschutzgebieten nach Baumartengruppen im Vergleich mit dem Gesamtwald

Der Baumartenverteilung entsprechend ist die Zusammensetzung des Totholzvorrats nach Baumartengruppen in Naturschutzgebieten zum Laubholz verschoben: Die Totholzvorräte von Laubbäumen und Eichen ( $6,3$  bzw.  $1,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) sind fast doppelt so hoch wie der Durchschnitt im Gesamtwald ( $3,3$  bzw.  $1,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ).

### 3.7.2 Wald in Nationalparks

In Deutschland existieren insgesamt 10 Nationalparks mit Wäldern, deren Fläche aus der Bundeswaldinventur auf insgesamt 126.900 ha ( $\pm 12.100$  ha) geschätzt wird, was ca. 1,2 % des Gesamtwaldes entspricht (in den Alten Bundesländern 0,9 %, in den Neuen Ländern 1,9 % des Gesamtwaldes). Wegen der vergleichsweise geringen Flächengröße und entsprechend geringeren Stichprobenzahl sind die BWI-Auswertungen für die Nationalparks allerdings mit einem größeren Fehler behaftet. Die Gesamtfläche der Nationalparks in Deutschland wird ohne marine Wasserflächen mit 194.136 ha angegeben; somit ergibt sich ein Bewaldungsanteil von 65 %. Der Wald in Nationalparks ist zu 89 % in öffentlicher Hand, zu 3 % Privat- und zu knapp 8 % Treuhandwald.

Die Baumartenverteilung zeigt, dass die Wälder in Nationalparks von den Nadelbäumen, vornehmlich Fichte und Kiefer geprägt werden. Die Nadelbäume nehmen insgesamt knapp zwei Drittel der Fläche ein, was über dem Bundesdurchschnitt liegt. Die Dominanz der Nadelbäume erklärt sich aus der naturräumlichen Lage oder Nutzungsgeschichte der Nationalparks. Dass es sich um geschlossene Waldgebiete handelt, wird an der mittleren Waldaußenrandlänge deutlich, die ein Maß für die Fragmentierung ist: in den Nationalpark-Wäldern beträgt dieser Wert nur  $13,7 \text{ m ha}^{-1}$  gegenüber dem Durchschnittswert von  $46,8 \text{ m ha}^{-1}$ ; die entsprechenden Werte für Waldinnenränder sind  $2,8 \text{ m ha}^{-1}$  im Nationalpark gegenüber  $5,7 \text{ m ha}^{-1}$  im Durchschnitt des Gesamtwaldes.

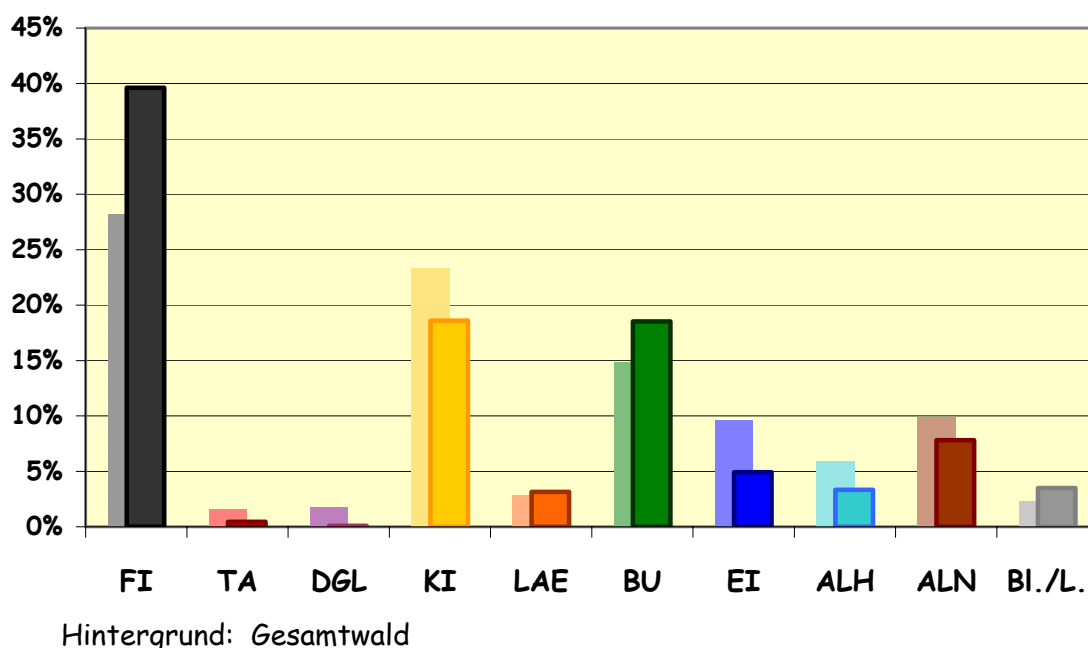


Abb. 17: Baumartenverteilung in Nationalparkwäldern im Vergleich mit dem Gesamtwald

Der Totholzvorrat erreicht in den Nationalparkwäldern einen Spitzenwert von  $35,8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  (Durchschnitt:  $11,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ). Bemerkenswert ist der hohe Vorrat an stehendem Totholz ganzer Bäume von  $9,6 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  und von  $3,9 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  stehender Bruchstücke.

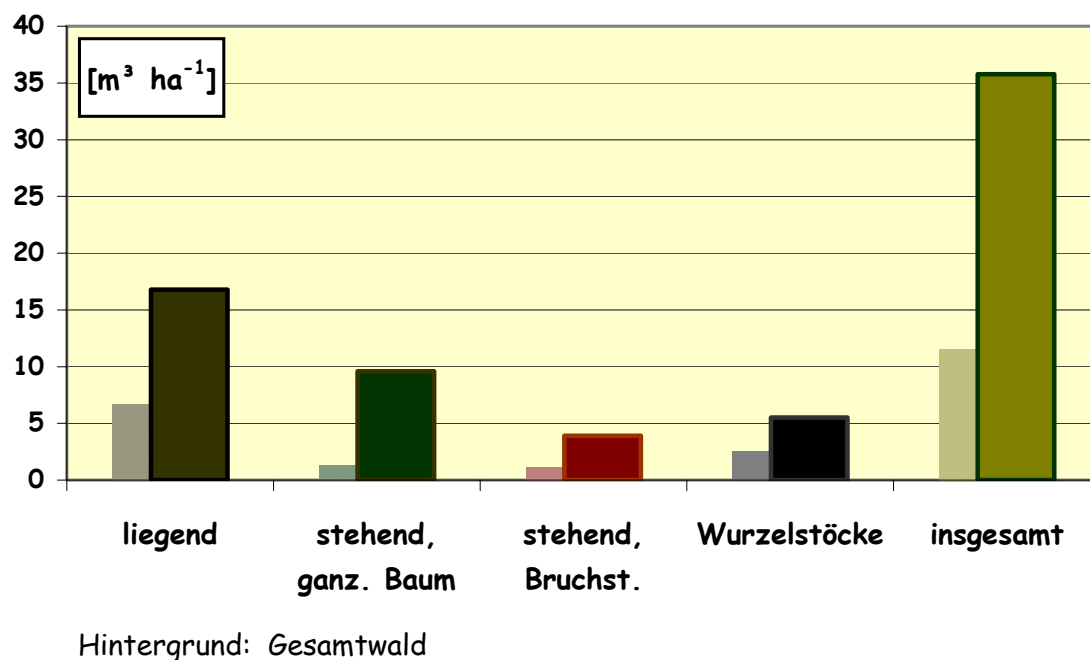


Abb. 18: Totholzvorrat in Nationalpark-Wäldern im Vergleich mit dem Gesamtwald #ä #

### 3.7.3 Wald in Biosphärenreservaten und Naturparks

Wälder in Biosphärenreservaten umfassen rund 441.000 ha ( $\pm 20.800$  ha), was einem Anteil von 4 % am Gesamtwald entspricht, wobei zwischen Alten und Neuen Bundesländern wieder ein deutlicher Unterschied besteht (Alte Länder 3,2 %, Neue Länder 6,1 %). Anzumerken ist, dass Biosphärenreservate teilweise Naturschutzgebiete oder Nationalparkflächen umfassen, so dass die Flächen von Biosphärenreservaten und Naturschutzgebieten bzw. Nationalparks nicht addiert werden dürfen.

Die Baumartenverteilung in Biosphärenreservaten ist von der Kiefer geprägt, die gut ein Drittel der Waldfläche einnimmt. Unterdurchschnittlich vertreten ist die Fichte (16 %) und etwas über dem Durchschnitt ist der Anteil der Buche (18 %). Das Nadel- zu Laubbaum-Verhältnis entspricht in etwa dem Bundesdurchschnitt (der Laubbaumanteil ist in den Biosphärenreservaten etwas höher).

Naturparks enthalten eine sehr große Waldfläche, nämlich 4.056.100 ha ( $\pm 59.800$  ha), und schließen oft andere Schutzgebietskategorien ein. Ihr Anteil am Gesamtwald beträgt 37 % und ist in den Alten Ländern mit 39,3 % höher als in den Neuen Ländern (29,8 %). Der Waldanteil liegt bei 51 %.

### 3.7.4 Wald in Fauna-Flora-Habitat-Gebieten (FFH / Natura 2000)

Diese forstpolitisch und naturschutzfachlich besonders aktuelle Gebietskategorie eines europäischen Schutzgebietssystems, welches den Erhalt bzw. die Wiederherstellung der biologischen Vielfalt zum Ziel hat, wird hier nur am Beispiel des Waldes in Baden-Württemberg dargestellt, da ein aktueller Stand der ausgewiesenen Gebietskulissen für das gesamte Bundesgebiet noch nicht verfügbar war.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Für Deutschland existiert ein Stand der FFH-Gebietsmeldungen (28.01.05), für eine Analyse mit den Daten der BWI werden jedoch die digitalen Gebietsabgrenzungen (shapefiles) benötigt, welche vom BfN zusammengeführt werden und zum Zeitpunkt dieser Analysen noch nicht zur Verfügung standen.

Für Baden-Württemberg ist laut aktueller FFH-Gebietsmeldung (BfN, 2005) eine terrestrische Gesamtfläche von 414.009 ha in insgesamt 260 Gebieten ausgewiesen. Die Verschneidung dieser Gebiete mit den Stichproben der Bundeswaldinventur ergibt für diese Gebiete eine Waldfläche (einschließlich Nicht-Holzboden) von 249.060 ha ( $\pm 8.557$ ); dies entspricht einem Waldanteil von 60%, der deutlich über dem Landesdurchschnitt von 38,1 % liegt. An diesem Wert wird die ökologische Bedeutung der Wälder für die biologische Vielfalt unserer Landschaft deutlich. Vergleicht man den Wald innerhalb der FFH-Gebiete mit den Wäldern außerhalb, zeigen sich folgende Unterschiede:

- **Baumartenverteilung:** in den FFH-Gebieten dominiert das Laubholz mit einem Anteil von ca. 65% (außerhalb 38%); wichtigste Baumart ist die Buche mit einem Anteil von 32,8 % (außerhalb 18,7%); aber auch die Eichenarten (FFH 10,1%, außerhalb 6,7 %) und die Buntlaubhölzer (FFH 16,3 %, außerhalb 8,8 %) sind gegenüber den Verhältnissen außerhalb der FFH-Wälder überproportional vertreten.
- **Alters- und Vorratsstruktur:** Insbesondere bei Buche und Eiche sind in den FFH-Gebieten die älteren Altersklassen relativ häufiger, so sind 45 % der Buchenfläche und 56 % der Eichenfläche über 100 Jahre alt. Dementsprechend macht der Anteil des Buchen-Starkholzes (ab einem Durchmesser von 50 cm) in FFH-Gebieten 30 % des Gesamtvorrats aus (gegenüber knapp 27 % in Buchenwäldern außerhalb der FFH-Gebiete), bei der Eiche liegt der Anteil des Starkholzes sogar bei 49 % (außerhalb 41 %).
- **Verjüngungssituation:** Entsprechend dem höherem Alter der Bestände in FFH-Gebieten findet sich ein überdurchschnittlich hoher Anteil an Verjüngungsflächen mit Naturverjüngungsprozentsen, welche die ohnehin schon hohen Landesdurchschnittswerte von rund 80% noch übertreffen: so erreichen die Naturverjüngungsanteile bei der Buche und den Buntlaubhölzern in FFH-Gebieten rund 95 %.
- **Naturnähe:** Die FFH-Gebiete weisen eine höhere durchschnittliche Naturnähe auf als die übrigen Waldgebiete:

Tab. 8: Verteilung der Naturnähe der Wälder in und außerhalb von FFH-Gebieten in Baden-Württemberg

	<b>sehr naturnah</b>	<b>naturnah</b>	<b>bedingt naturnah</b>	<b>kulturbetont</b>	<b>kulturbestimmt</b>
<b>FFH</b>	27,2%	30,2%	25,2%	7,3%	10,0%
<b>außerhalb FFH</b>	18,0%	29,4%	30,4%	7,9%	14,3%

- **Totholzvorrat:** mit  $20,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  liegt der Totholzvorrat knapp über dem Landesdurchschnittswert von  $19,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , der allerdings durch den Sturm von 1999 beeinflusst ist, der vor allem Nadelholzbestände betroffen hat. In den FFH-Gebieten dürfte der Sturmeinfluss dagegen eher gering sein.

## 4 Diskussion

Das Konzept der Biodiversität ist bislang wissenschaftlich noch nicht einheitlich klar definiert und wird sehr unterschiedlich interpretiert. Insofern gibt es noch keine allgemein anerkannten Messverfahren für Biodiversität. Auf europäischer Ebene befasst sich erst seit 2004

eine Arbeitsgruppe im Rahmen einer COST-Aktion<sup>8</sup> mit der Frage, wie die biologische Vielfalt der Wälder im Rahmen von nationalen Waldinventuren gemessen und beschrieben werden kann.

Die Charakterisierung der biologischen Vielfalt von Wäldern oder Waldlandschaften ist nur über eine Reihe von Kenngrößen möglich. Waldinventuren liefern Informationen über die vorkommenden Baumarten und sonstige für Wälder typische Pflanzenarten, die Dimensionen (Durchmesser, Höhen, Vorräte) der Bäume, Totholz, die Zusammensetzung von Beständen nach Baumarten sowie Waldrandlinien. Bei einer Großrauminventur muss man sich jedoch aus pragmatischen Gründen bei der Differenzierung und dem Detaillierungsgrad der zu erhebenden Variablen einschränken. So mussten auch bei der Bundeswaldinventur II nicht zuletzt aus Kostengründen bezüglich Umfang und Differenzierung der Erhebung Kompromisse gefunden werden. Dies gilt insbesondere für die Naturnähe-Ermittlung. Außerdem stößt man bei einer stichprobenbasierten Großrauminventur an Grenzen, was die räumliche Ausdehnung und die Erfassung seltener Merkmale und Arten, besonderer Strukturen und Eigenschaften betrifft, die aus naturschutzfachlicher Sicht von besonderem Interesse sind. Aus der vorliegenden und noch zu vertiefenden Analyse der ökologischen Daten können aber auch Hinweise und Erkenntnisse gewonnen werden, welche Erhebungen bei künftigen Inventuren notwendig sind, um Naturschutz- bzw. Biodiversitäts-relevante Aussagen zu erhalten.

Bei der Herleitung der **Naturnähe** des Waldes wurde aus methodischen Gründen ein beschränkter Naturnähebegriff verwendet, nämlich die Naturnähe der Baumartenzusammensetzung. Aus Sicht des Monitorings stellte sich die Frage, mit welchen operationalen Ansätzen Natürlichkeit gemessen und bewertet werden kann.

Die Naturnähe der Baumarten ist nur ein Kriterium für Hemerobie, zusätzliche Kriterien sind die Vielfalt der Baumarten und Bodenvegetation, Entwicklungs- und Strukturmerkmale sowie nutzungsbezogene Kriterien. So schreibt Reif (1999/2000) in einer grundsätzlichen Kritik zur Naturnäheherleitung für Wälder, dass die Bestimmung der Naturnähe von Wäldern über die Baumartenanteile im Bestand hinausgehen müsse; insbesondere die Textur, d.h. die dynamische, mosaikartige Waldstruktur mit unterschiedlich verteilten und verschieden großen Lichtungen im Wechsel mit geschlossenen Partien müsse bei der Beschreibung der Naturnähe mit einbezogen werden. In diesem Zusammenhang spielt auch der Begriff der Ursprünglichkeit eine Rolle. Hier stößt allerdings eine stichprobenbasierte Inventur, die in relativ weiten Abständen Punktinformation erhebt, an ihre Grenzen.

Als Referenz für die Beurteilung der Naturnähe wurde das Konzept der heutigen potenziell natürlichen Vegetation gewählt, die in Form natürlicher Waldgesellschaften für den jeweiligen Standort konstruiert und definiert werden musste. Hier tritt ein Grundproblem auf (Michiels, 2005, Reif, 1999/2000), denn in Mitteleuropa stehen natürliche Waldökosysteme, die unsere wichtigsten Waldgesellschaften repräsentieren und als geeignete Referenz für Naturnähe dienen können, nicht zu Verfügung. Daraus ergeben sich zwangsläufig aus ökologischer Sicht Defizite. Zwar ist dem Fazit von Reif (1999/2000), dass die Dynamik des Naturzustands einzubeziehen sei, indem Strukturvielfalt, Nischenreichtum, Artenausstattung der Sukzessionsstadien und zyklischen Phasen aufgenommen werden und so die Naturnähe auf der Ebene der Waldlandschaft fassbar wird, prinzipiell zuzustimmen, diese Anforderung kann jedoch

---

<sup>8</sup> COST Action E43 Harmonisation of National Inventories in Europe: Techniques for Common Reporting (COST: European Cooperation in the field of scientific and technical research; <http://cost.cordis.lu>)

von einer terrestrischen Stichprobeninventur ohne wesentliche Erweiterung nicht geleistet werden.

Trotz dieser methodischen Einschränkungen lassen die Ergebnisse der Bundeswaldinventur einige Tendenzen erkennen. Die für das westliche Bundesgebiet nachgewiesenen Trends über die Entwicklung der Baumartenanteile zugunsten der Laubbäume, die gestiegenen Anteile älterer Bestände und Zunahme des Starkholzes sind aus ökologischer Sicht positiv zu bewerten. Sie untermauern die näherungsweise Abschätzung einer Zunahme an Naturnähe, wie sie am Beispiel der Wälder in Baden-Württemberg gezeigt werden konnten. Dieser Befund erscheint plausibel angesichts der Tatsache, dass in der Periode 1987 bis 2002 vor allem labile Bestockungen aus Fichte als Folge der säkularen Sturmereignisse von 1990 und 1999 deutlich an Fläche verloren haben. Gleichzeitig haben die Forstverwaltungen bundesweit verstärkt Prinzipien der naturnahen Waldwirtschaft in die Praxis umgesetzt und einen ökologischen Waldumbau intensiviert.

**Totholz** ist ein wichtiges Kriterium für die Naturnähe und biologische Diversität von Wäldern, da Totholz in verschiedenen Stadien der Zersetzung einen vielfältigen Lebensraum für Biozöosen, vor allem Insekten und Pilze, aber auch Vögel und Kleinsäuger, bildet. Totholz erfüllt darüber hinaus weitere Funktionen, z. B. als Erosionsschutz, Nährstoffspeicher oder Anwuchshilfe für die Verjüngung. In Naturwaldstudien spielt die Erfassung der Totholzvorräte eine große Rolle und wird mit einem entsprechenden Aufwand betrieben. Im Rahmen einer Großrauminventur musste die Erhebung auf ein vertretbares Maß beschränkt werden: ein Probekreis mit Radius 5 m stellt sicher die Untergrenze dar. Dieser kleine Probekreis hat den Nachteil einer höheren Varianz der geschätzten Totholzvorräte.

Die Höhe der Totholzvorräte kann als Maß für Naturnähe und Strukturvielfalt von Waldökosystemen betrachtet werden. Die Biodiversität von Wäldern lässt sich daher durch Totholzanreicherung steigern. Bezüglich der Höhe des Totholzvorrats in Wirtschaftswäldern gibt es allerdings unterschiedliche Vorstellungen: aus Sicht des Naturschutzes sind möglichst große Totholz mengen wünschenswert (z.B. WWF, 2004), während aus Sicht des Waldschutzes, der Holznutzung und Verkehrssicherungspflicht hohe Totholz mengen durchaus Risiken bergen.

Die von der Bundeswaldinventur nachgewiesenen durchschnittlichen Totholzvorräte für den gesamten Wald liegen teilweise deutlich über den bisher für Wirtschaftswälder in Mitteleuropa bekannten Werten. Der Wert von  $11,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  entspricht etwa dem durchschnittlichen Totholzvorrat in der Schweiz von  $11,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (LFI 2: [www.lfi.ch](http://www.lfi.ch)) und liegt über dem Wert von  $6,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  für den Wald in Österreich (Mehranj-Myllany & Hauk, 2004). Beim Vergleich mit Werten aus unterschiedlichen Studien ist aber stets zu bedenken, dass eine Fülle unterschiedlicher Aufnahmeverfahren und vor allem Definitionen bestehen, die rein methodisch zu unterschiedlichen Zahlen führen können. So gelten unterschiedliche Schwellenwerte bezogen auf Mindestdurchmesser und/oder Mindestlängen für die Aufnahme des liegenden Totholzes oder der Stöcke.

Regional, topografisch, naturräumlich und nach Waldeigentumsart treten allerdings innerhalb des Waldes in Deutschland deutliche Unterschiede auf. Die Totholz mengen werden zum einen durch die Bewirtschaftung und ihre Intensität beeinflusst, hängen aber auch stark von den standörtlichen Gegebenheiten und den Bestockungsverhältnissen, vor allem der Baumartenzusammensetzung und der Nutzungsgeschichte ab. Die Unterschiede zwischen den Waldeigentumsarten sind sicherlich nicht ausschließlich auf die Bewirtschaftung zurückzuführen, sondern erklären sich aus der standörtlichen Situation, der Altersklassen- und der Baumarten-



zusammensetzung. Naturschutzgebiete und Nationalparks weisen deutlich höhere Vorräte an Totholz auf, was im Grunde auch zu erwarten ist. Der Einfluss von Sturmkalamitäten auf die Höhe des Totholzvorrats lässt sich am Beispiel des Sturms Lothar im Jahr 1999 in Baden-Württemberg gut nachweisen.

Allgemein ist zwar festzuhalten, dass die Durchschnittswerte für größere regionale Einheiten immer noch deutlich unter den Totholz mengen liegen, die unter natürlichen Bedingungen in ungenutzten Wäldern vorkommen. Andererseits zeichnet sich ein Trend zur Totholz anreicherung ab, der in Wirtschaftswäldern allerdings auch differenziert zu bewerten ist.

Die Beschreibung von **Wäldern in Schutzgebieten** mit Hilfe der Bundeswaldinventur ist prinzipiell möglich, allerdings mit einigen Einschränkungen. So ist zu bedenken, dass teilweise sehr heterogene Waldverhältnisse unter einer Kategorie, z.B. Nationalpark, zusammengefasst werden. Insbesondere bei Naturschutzgebieten und Nationalparks spielen oft ganz bestimmte landschaftliche oder ökologische Eigenarten eine wesentliche Rolle als eigentlicher Schutzzweck. Oft handelt es sich um seltene Biozönosen oder Arten mit ganz spezifischen Habitatansprüchen, die meist nur in flächenmäßig kleinen Kernbereichen angesiedelt sind. Diese besonderen Verhältnisse werden durch Flächen, die als Pufferbereiche oder aus Arrondierungsgründen in das jeweilige Schutzgebiet miteinbezogen werden, nivelliert. Dieser nivellierende Effekt tritt auf der Ebene einer großräumigen Zusammenfassung von Schutzgebieten verstärkt auf. Hinzu kommt, dass die aus naturschutzfachlicher Sicht hochwertigen Gebiete Nationalparks und Naturschutzgebiete eine relativ kleine Waldfläche enthalten, die mit entsprechend geringen Stichprobenumfängen und folglich relativ großen Stichprobenfehlern von der Bundeswaldinventur erfasst werden.

Trotzdem lassen sich einige klare Unterschiede zwischen dem „Durchschnittswald“ und den Wäldern in den Schutzgebieten finden. Erwähnenswert sind die Unterschiede in den Totholzvorräten und ihrer Zusammensetzung, so weisen beispielsweise die Nationalparks die höchsten Totholzvorräte mit einem weit überdurchschnittlichen Anteil stehenden Totholzes auf.

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Großrauminventuren bilden eine wesentliche Komponente eines langfristig ausgelegten Umweltmonitorings: Flächendeckende repräsentative nach einem einheitlichen Verfahren durchgeführte Inventuren liefern wesentliche Grundinformationen über den Zustand von Waldökosystemen und ermöglichen, wenn sie in regelmäßigen zeitlichen Abständen erfolgen, eine objektive Dokumentation von Entwicklungen.

Die zweite Bundeswaldinventur hat gegenüber der ersten wesentliche neue Parameter aufgenommen, wenngleich aus Kostengründen Kompromisse eingegangen werden mussten. Für die Zukunft muss sichergestellt werden, dass die erreichten Standards gehalten werden. Zusätzliche Aufnahmen erscheinen sinnvoll, um die Aussagekraft zu erhöhen. Sie müssen allerdings mit vertretbarem Aufwand in das bestehende Inventurdesign integrierbar sein. Besonders interessant erscheint die Kombination der terrestrischen Inventur mit anderen Informationsquellen, welche insbesondere flächige Strukturinformationen liefern können, die bisher methodenbedingt bei Punkt-Stichproben fehlen. Eine aussichtsreiche Möglichkeit besteht in der Einbeziehung von Fernerkundungsdaten: klassische Luftbilder oder moderne flugzeuggetragene Laserscanner können flächige Informationen über Bestockungsmerkmale liefern. Die deutliche Verbesserung der Auflösung von Satellitenbildern könnte auch den Einsatz dieser

Technik sinnvoll machen. Generell limitierend für den Einsatz der Fernerkundung war bisher jedoch die Kostenfrage.

Als Fazit aus Inventursicht ist festzuhalten: ein Monitoring des Waldzustands in regelmäßigen Abständen ist unverzichtbar (permanentes Stichprobennetz); allerdings müssen zusätzliche Aspekte bzw. operationale Mess- und/oder Beobachtungsgrößen/kriterien festgelegt werden, welche die objektive Erfassung der Entwicklungsdynamik erlauben. Jede Inventur erfasst nur einen momentanen Zustand, der Wert dieser Inventuren nimmt allerdings mit der Zahl der Wiederholungen zu, vor allem, wenn auf einem permanenten Netz (also stets an denselben Stichprobenpunkten) beobachtet wird. Gerade die Schaffung einer Zeitreihe erlaubt es, langfristige Entwicklungen zu verfolgen, zu dokumentieren und zu beurteilen. Einen wesentlichen Vorteil bietet die Georeferenzierung der Stichprobendaten, wodurch die Informationen mit anderen raumbezogenen Daten verknüpft werden können.

Wichtig für künftige Erhebungen ist die Beibehaltung des Inventurdesigns. Erweiterungen sollten nur dann erfolgen, wenn sie mit dem Design kompatibel sind. Die Kontinuität ist bei allen wichtigen Parametern, z.B. die Baumartenliste, zu wahren, um Vergleichbarkeit mit vorangegangenen Inventuren zu gewährleisten. Für spezielle Fragestellungen lassen sich zusätzliche Stichprobenverfahren implementieren, wie das Beispiel der Österreichischen Waldinventur (Russ, 2005) zeigt, bei der für die Erfassung seltener Arten die Methode des „Distance sampling“ eingesetzt wurde. Auch die Weiterentwicklung des Schweizer Landesforstinventars zu einer Landschaftsinventur geht in diese Richtung (BUWAL, 2002).

## 6 Literatur

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) (2001): Aufnahmeanweisung für die Bundeswaldinventur II (2001-2002), 2. korr., überarbeitete Auflage, Mai 2001. 108 S.

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) (Hg.) (2005): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI<sup>2</sup> Das Wichtigste in Kürze

BUWAL (2002): Landesforstinventar – Wirkungsanalyse zu LFI 1 und 2 und Bedarfsanalyse für das LFI 3. Umwelt-Materialien Nr. 143. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL

Grabherr G., Koch G., Kirchmeir H., Reiter K., 1998: Hemerobie österreichischer Waldökosysteme. Österreichische Akademie der Wissenschaften. Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Programms, Innsbruck, (17): 493 S.

Hauk, E (2004): Wald und Waldränder als Landschaftselemente. BFW Praxis Information Nr. 3: 14 - 17

Kändler, G; Bösch, B; Schmidt, M (2005): Wesentliche Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur in Baden-Württemberg - Rückblick und Ausblick. Forst und Holz Nr. 2, Febr. 2005: 45-49

Michiels, H-G (2005): Erhebung der Naturnähe der Waldzusammensetzung in der Bundeswaldinventur II. Forst und Holz Nr. 2, Febr. 2005: 55-58

Reif, A (1999/2002): Das naturschutzfachliche Kriterium der Naturnähe und seine Bedeutung für die Waldwirtschaft. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz: 239-249

Rondeux, J. (1999): Forest inventories and biodiversity. Unasylva-No. 196, Vol. 50-1999/1

Russ, W (2005): Verbreitung seltener Holzgewächse nach der Österreichischen Waldinventur. BFW Praxis Information Nr. 6: 3 – 5

VwV-BWI II (2000): Verwaltungsvorschrift für die Bundeswaldinventur II. Bundesanzeiger vom 17.07.2000, BAnz. Nr. 146a

Weber, J (2000): Geostatistische Analyse der Struktur von Waldbeständen am Beispiel ausgewählter Bannwälder in Baden-Württemberg. Berichte Freiburger Forstliche Forschung Heft 20. 133 S.

WWF (2004): Deadwood in European forests: not enough! In: Deadwood – living forests, WWF Report October 2004, 19 S.

## 7 Dank

Die diesem Beitrag zugrundeliegenden Auswertungsarbeiten, von denen nur ein kleiner Ausschnitt vorgestellt worden ist, waren nur mit Hilfe eines engagierten Teams zu bewältigen. Der Verfasser wurde insbesondere unterstützt durch Dr. Matthias Schmidt, Diplom-Forstwirt Johannes Breidenbach, Diplom-Forstwirt Jürgen Kayser sowie Assessor des Forstdienstes Uli Riemer.

Für die Bereitstellung von Daten wird der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH), Institut für Waldökologie und Waldinventuren, Eberswalde, gedankt, insbesondere Frau Petra Hennig und Dr. Heino Polley, sowie dem Bundesamt für Naturschutz (BfN).

Anschrift des Verfassers:

Dr. Gerald Kändler

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Abt. Biometrie und Informatik

Wonnhaldestr. 4

79100 Freiburg i. Br.

Tel. +49(0)761-4018120

Fax +49(0)761-4018333

[Mailto:gerald.kaendler@forst.bwl.de](mailto:gerald.kaendler@forst.bwl.de)

<http://www.fva-bw.de>

Biologische Vielfalt des deutschen Waldes im Lichte der zweiten Bundeswaldinventur (BWI <sup>2</sup> ) .....	1
1 Einführung und Problemstellung .....	2

2	Methoden und Datengrundlagen .....	3
2.1	Inventurdesign .....	3
2.2	Erfassung des Arteninventars .....	4
2.2.1	Baumarten .....	4
2.2.2	Strauchschicht und Bodenvegetation .....	6
2.2.3	Diversitätsindex .....	6
2.3	Naturnähe .....	7
2.4	Totholz .....	9
2.5	Waldränder .....	9
3	Ausgewählte Ergebnisse zur Beschreibung der biologischen Diversität der Wälder ...	9
3.1	Baumartenspektrum .....	10
3.2	Naturnähe .....	11
3.2.1	Naturnähe und natürliche Waldgesellschaften .....	12
3.2.2	Naturnähe und Altersstruktur .....	14
3.2.3	Naturnähe und Vorratsstruktur .....	14
3.2.4	Naturnähe und natürlichen Höhenstufen .....	14
3.2.5	Naturnähe und Eigentumsarten .....	15
3.2.6	Veränderung der Naturnähe: hat die Naturnähe des Waldes zugenommen? (Beispiel Baden-Württemberg) .....	15
3.3	Totholz .....	16
3.3.1	Totholzvorräte und Baumartenmischung .....	16
3.3.2	Totholzvorräte und natürliche Höhenstufe sowie Geländeneigungsklassen .....	17
3.3.3	Totholzvorräte und Eigentumsarten .....	17
3.3.4	Totholz und Sturmereignisse: Beispiel Baden-Württemberg .....	17
3.4	Waldränder .....	18
3.4.1	Waldrandlängen und natürliche Höhenstufen .....	18
3.4.2	Waldrandlängen und Eigentumsarten .....	19
3.5	Strauch- und Bodenvegetation .....	20
3.6	Zusammenhänge zwischen Baumartenvielfalt, Naturnähe, Totholz, Waldrändern und Bodenvegetation .....	20
3.6.1	Baumartenvielfalt und Naturnähe .....	20
3.6.2	Naturnähe und Totholz .....	21
3.6.3	Naturnähe und Waldränder .....	22
3.6.4	Naturnähe und Bodenvegetation .....	22
3.6.5	Baumartenvielfalt und Waldrandbereiche .....	23
3.7	Regionale Differenzierung: Schutzgebiete .....	24
3.7.1	Wald in Naturschutzgebieten .....	24
3.7.2	Wald in Nationalparks .....	28
3.7.3	Wald in Biosphärenreservaten und Naturparks .....	29
3.7.4	Wald in Fauna-Flora-Habitat-Gebieten (FFH / Natura 2000) .....	29
4	Diskussion .....	30
5	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	33
6	Literatur .....	34
7	Dank .....	35