

# **Totholzuntersuchungen in nordwestdeutschen Naturwäldern: Methodik und erste Ergebnisse**

## **Dead wood research in forest reserves of Northwest-Germany: methodology and results**

Von P. MEYER

### **Zusammenfassung**

Methodik und Ergebnisse zur Totholzdynamik in 7 niedersächsischen Naturwäldern werden vorgestellt und im Hinblick auf ein Totholzkonzept im Wirtschaftswald diskutiert. Konzeptionelle Vorüberlegungen zeigen, daß die ca. 1 ha großen und seit rund 20 Jahren dauerhaft beobachteten Naturwald-Kernflächen gut zur Untersuchung der Totholzdynamik geeignet sind. Im Zuge der 1996 durchgeführten Drittaufnahmen dieser Untersuchungsflächen wurde das Erfassungs- und Auswertungsverfahren für Totholz optimiert. Die Verfahrensweise wird beschrieben. Bei der Volumenermittlung wurde eine möglichst gute Vergleichbarkeit mit dem lebenden Bestand angestrebt. Die größte Fehlerquelle der Totholzkubierung stellt die mit der Messung äußerer Dimensionen nur unzureichend erfaßte Zersetzung von Innen- und Zwischenteilen des Holzkörpers dar.

Die 1996 in den Untersuchungsflächen vorhandenen Totholzvorräte bewegen sich zwischen 9 und 79 m<sup>3</sup>/ha. Den größten Anteil nimmt das liegende und das stärker dimensionierte Totholz ein. Die wichtigste Entstehungsursache für Totholz ist durch verschiedene Störungen ausgelöste Einzelbaummortalität.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse wird ein Totholzkonzept für den Wirtschaftswald skizziert, bei der die störungsbedingte Totholzentstehung in die Planungen einbezogen wird.

**Schlüsselwörter:** Naturwälder, Totholz, Aufnahmemethodik, Volumenermittlung, Störungen, Naturschutz

### **Summary**

Results and methodology of deadwood assessment in 7 forest reserves in Lower Saxony are presented and suggestions for a deadwood concept in managed forests are derived. The results are based on time series data of approximately 1 ha core areas in unmanaged forest reserves. The monitoring period comprises 19 to 25 years. For the third inventory the methodology was changed considerably in order to optimize deadwood assessment. This methodology is described in detail. The volume calculation for deadwood is comparable to the volume calculation for the living stand. Calculations are based on the measurement of dimensions at specific points of a certain object. Therefore, decay of the inner section and of parts between measured points are the biggest sources of error for volume estimation.

Deadwood volume in 1996 varies between 9 and 79 m<sup>3</sup>/ha in the examined stands. The main portion are objects on the ground and deadwood with a diameter above 20 cm. Exogenously caused tree mortality is the most important source for deadwood formation. An efficient habitat strategy for deadwood in managed forests should therefore include disturbance mortality.

**Keywords:** Forest reserves, deadwood, methodology, volume calculation, disturbance, protection of nature

### **1 Einleitung**

In natürlichen Wäldern spielt Totholz verschiedener Zustandstypen und Zersetzungsgrade in mehrfacher Hinsicht eine bedeutende Rolle. Es ist ein vielfältiges Strukturelement, das eine große Zahl ökologischer Nischen für Flora und Fauna bietet (GEISER 1989 zit. n. ALBRECHT 1991, RÖHRIG 1991), und ist auch für den Stoffhaushalt und die Produktivität von Relevanz (HARMON et al. 1986, MASER et al. 1988). Die Totholzmenge unterliegt in

Abhängigkeit von der Baumartenzusammensetzung, den klimatischen Bedingungen, dem Störungsregime und einer Vielzahl weiterer Einflußfaktoren ausgeprägten natürlichen Schwankungen. Besonders totholzreich sind im allgemeinen die fortgeschrittenen Waldentwicklungsphasen wie die Alters- und Zerfallsphase (SCHERZINGER 1996). Im Wirtschaftswald sind diese Entwicklungsabschnitte i. d. R. nicht vertreten. Darin liegt der hauptsächliche Grund für den im Vergleich zu natürlichen Wälder deutlich geringeren Totholzanteil (ALBRECHT 1991, AMMER et al. 1995, SCHMITT 1992).

Aktuelle Konzepte der Landesforstverwaltungen (z. B. OTTO 1992) rücken eine naturnahe Waldbehandlung in den Vordergrund. Dabei soll unter anderem auch das Lebensraumangebot für die häufig stark gefährdeten Totholzbesiedler (ALBRECHT 1991, BRECHTEL 1990, WINTER 1988) verbessert werden. Hierzu wird ein flächenhafter Nutzungsverzicht in Naturwäldern, Nationalparks und auf Grenzertragsstandorten mit einem verbesserten Totholzangebot im Wirtschaftswald kombiniert (z. B. NDS. MELF 1994). Den Ansätzen der Forstwirtschaft stehen meist weitaus höhere Forderungen des Naturschutzes für den flächenhaften und den anteiligen Nutzungsverzicht gegenüber (AK NATURSCHUTZ UND WALD 1997, KLEINSCHMIT 1997, LANA 1992, RIPKEN 1994). Auch im Zusammenhang mit der Zertifizierung von Forstbetrieben gehört das Kriterium Totholzanteil zu den strittigen Fragen. So sieht die Naturland-Zertifizierung (NATURLAND 1997) einen pauschalen Totholzanteil von 10 % vor, der nach den Berechnungen von BORCHERS (1998) zu erheblichen Mindererträgen führen kann.

Zwar wird der in Wirtschaftswäldern anzustrebende Totholzanteil immer auf einen Kompromiß zwischen Nutz- und Naturschutzziele beruhen und damit zu einem wesentlichen Teil das Ergebnis eines Bewertungsprozesses sein. Es ist jedoch wünschenswert, sowohl die zugrunde gelegten Referenzwerte als auch das Konzept für ein nachhaltiges Totholzmanagement naturwissenschaftlich zu fundieren. Mit den seit rund 25 Jahren aus der Nutzung genommenen und dauerhaft beobachteten Naturwäldern (GRIESE 1997, MEYER 1995) liegen in Niedersachsen zahlreiche Untersuchungsflächen vor, die für eine dementsprechende Analyse gut geeignet sind. Nachfolgend sollen daher am Beispiel dieser Untersuchungsflächen Verfahren und Ergebnisse der Totholzforschung vorgestellt und Konsequenzen für ein Totholzkonzent im Wirtschaftswald gezogen werden.

## 2 Methodik der waldkundlichen Totholzuntersuchungen

### 2.1 Konzeptioneller Hintergrund

Die waldkundliche (d. h. den Gehölzbestand betreffende) Naturwaldforschung läßt sich als passives Monitoring über sehr lange Zeiträume charakterisieren (THOMAS et al. 1995). Das Naturwaldforschungskonzept der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt (NFV) basiert auf der Dauerbeobachtung und Analyse der Verjüngungs-, Wachstums-, Mortalitäts- und im Zusammenhang mit der Totholzdynamik auch der Zersetzungsprozesse im Gehölzbestand von Waldökosystemen (vgl. MEYER 1997a). Aus Vergleichs- und Effizienzgründen werden die Totholzuntersuchungen auf den Derbholzbestand ( $\geq 7$  cm Durchmesser) beschränkt.

Ein kausales Verständnis der Totholzdynamik setzt voraus, daß nicht allein die Nettoveränderungen, sondern auch die einzelnen Veränderungskomponenten wie Absterberaten, Kronenbruch und Zersetzung untersucht werden. In diesem Zusammenhang stellt die Baum mortalität eine Schlüsselgröße dar. Mortalitätsraten lassen sich auf permanenten Probestellen ermitteln, wenn die Entwicklungsgänge der Einzelbäume individuell verfolgt werden können. Dies setzt erfahrungsgemäß die Numerierung der Bäume bzw. deren sichere Reidentifikation anhand ihrer Koordinaten voraus.

Durch eine Gegenüberstellung von Mortalitätsraten und tatsächlichem Totholzvorrat unter Einbeziehung des Kronenbruchholzes kann eine grobe Vorstellung über die Zersetzungsraten gewonnen werden. Eine solche Bilanzierung ist jedoch nur möglich, wenn die

Randeffekte durch das von außerhalb der Probefläche hereinfallende und aus der Probefläche herausfallende Holz nicht zu groß sind. Geeignete Aufnahmeflächen sollten, auch weil der Totholzanzahl im allgemeinen einer hohen kleinräumigen Variation unterliegt, eine gewisse Mindestgröße haben. Darüber hinaus können Randeffekte durch ein günstiges Umfang/Flächen-Verhältnis und die Einrichtung einer Pufferzone vermindert werden. Nach bisherigen Erfahrungen sind quadratische Probeflächen von rund 1 Hektar Größe für Bilanzierungen und Untersuchungen der kleinräumigen horizontalen Verteilungsmuster von Totholz gut geeignet.

## 2.2 Erfassung des Totholzes auf Kernflächen

Die seit rund 20 Jahren im Rahmen von überwiegend bereits 3 Aufnahmen dauerhaft beobachteten Kernflächen (Abb. 1) in niedersächsischen Naturwäldern eignen sich aufgrund ihrer Flächengröße und der bereits vorliegenden Zeitreihendaten gut für die oben skizzierten Totholzuntersuchungen. Nachteilig ist jedoch, daß das Totholz bei den ersten beiden Inventuren nur extensiv erfaßt wurde (MEYER 1995). Das neu entwickelte Verfahren der NFV für die Drittaufnahme (MEYER 1998) erlaubt hingegen eine genaue Quantifizierung des gesamten stehenden und liegenden Totholzes  $\geq 7$  cm Durchmesser.

Bei dem Verfahren wird grundsätzlich zwischen dem sog. „stehenden Bestand“, der alle aufrecht stehenden und hängenden Objekte über 1,3 m Höhe umfaßt, und dem „liegenden Bestand“ mit allen liegenden Objekten und den unterhalb von 1,3 m abgebrochenen Stümpfen, unterschieden.

Ein zentraler Bestandteil des Erfassungsprogramms ist die Klassifikation aller Gehölzobjekte. Hier wird in einem ersten Schritt zwischen lebenden, absterbenden und toten Objekten unterschieden. Weiterhin wird nach der Position zur Horizontalebene (stehende, hängende und liegende Objekte) und den vorhandenen Baumkomponenten klassifiziert (Abb. 2). Die Klassifizierung erfolgt in Form eines einfachen Buchstabenschlüssels (s. MEYER 1998). Angesichts der großen Zahl unterschiedlicher Zustandsformen und ent-

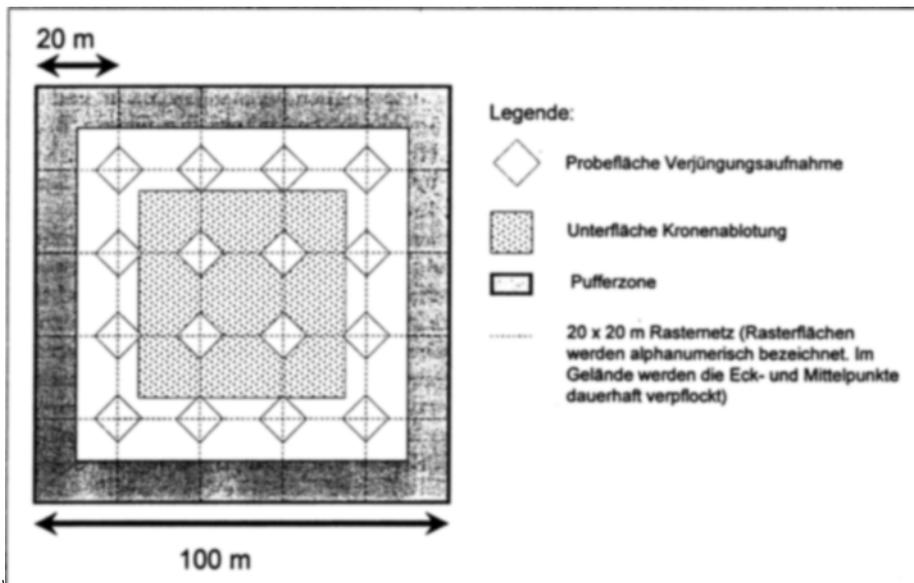


Abb. 1. Unterteilung der Untersuchungsfläche

Fig. 1. Subdivision of the research plot

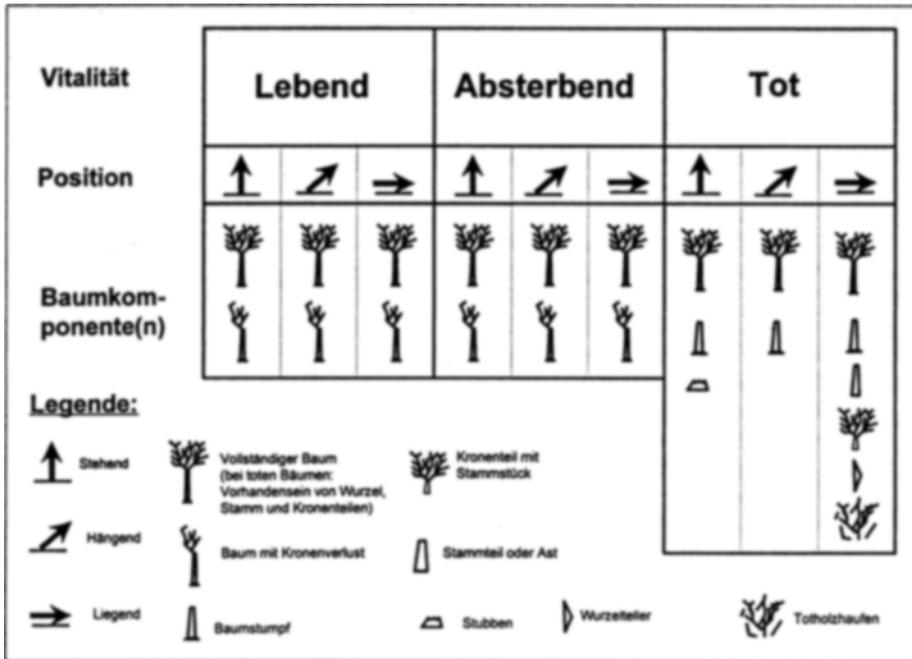


Abb. 2. Klassifikation der Gehölzobjekte bei der Kernflächenaufnahme  
Fig. 2. Classification of inventory objects

sprechender Berechnungswege beispielsweise im Zuge der Massenermittlung erleichtert sie die Datenerfassung, -prüfung und -auswertung erheblich.

Um Zerfallsprozesse, wie das Auseinanderbrechen ehemals vollständiger Bäume, nachzeichnen zu können, wird ein zweistufiges, hierarchisch aufgebautes Numerierungssystem verwendet. Mit der sog. Obernummer wird der ursprünglich vollständige Baum und mit den Unternummern dessen nachfolgende „Abkömmlinge“ bezeichnet. Entstehen z. B. aus einem Baum mit der Nummer 12 die Objekte „Hochstumpf“ und „Stammstück mit Krone“, so werden diese unter den Nummern 12.1 und 12.2 aufgenommen. Hierdurch lassen sich bei der Datenauswertung Mortalitäts- und Bruchraten sicher herleiten.

Die Reidentifikation der Totholzobjekte ist eine wichtige Voraussetzung, um interne Veränderungsvorgänge wie Zugangs- und Abgangsraten ableiten zu können. Hierzu dient die Erfassung von Lagekoordinaten aller stehenden Totholzobjekte  $\geq 7$  cm BHD und aller liegenden Objekte  $> 20$  cm Durchmesser am stärksten Ende (Abb. 3). Zudem werden alle stehenden Bäume mit einem an ummanteltem Draht befestigten Alu-Nummernplättchen versehen. Aus Effizienzgründen wird auf die genaue Lageerfassung liegender Objekte mit einem Durchmesser zwischen 7 und 20 cm verzichtet. Es werden ausschließlich polare Koordinaten erhoben. Als Bezugspunkte für die Messungen dienen die verpflockten Mittelpunkte der  $20 \times 20$  m Rasterflächen (Abb. 1). Bei der Entfernungsmessung hat sich der Forester-Vertex-Höhenmesser (JABKLO u. PERLWITZ 1997) bewährt. Die Koordinatenerfassung dient neben der Reidentifikation der einzelnen Aufnahmeobjekte auch zur Untersuchung der horizontalen Verteilung des Totholzes sowie der rechnerischen Ermittlung der Längen liegender Objekte.

Zur Volumenberechnung sind Höhen- bzw. Längenwerte und Durchmesserangaben notwendig. Bei der Inventur haben sich unterschiedliche Meßstellen und Meßgenauigkeiten in Abhängigkeit von Objekttyp und Dimension bewährt (Abb. 3). So werden bei Li-

Position	Objekt	Meßstellen
Stehend*	Ganzer Baum oder Baumstumpf	
	Stubben	
Liegend	Ganzer Baum > 20 cm d	
	Stammteil oder Starkast > 20 cm d	
	Stamm mit Krone > 20 cm d	Wie ganzer Baum > 20 cm d, jedoch ohne Wurzelteilereckpunkte und ehemaligen Standpunkt, allerdings mit Messung des D2.
	Verhau und Totholzhaufen	Verhau: Messung der ganzen Bäume (s. o.), wobei Umrisskoordinaten nur vom gesamten Verhau gemessen werden. Totholzhaufen: nur Umrisskoordinaten messen.
	Linienobjekte $\geq 7$ cm d und $\leq 20$ cm d	

Tabelle 1. Verfahren zur Kubierung der einzelnen Tothholzobjekte

Table 1. Calculus for estimating volume of deadwood

Objekt	Kubierungsansatz	Annahmen
Stehender oder hängender ganzer Baum	Formzahlfunktionen BERGEL (1973, 1974, 1987). Bei hängenden Bäumen wird statt der Höhe die Länge verwendet.	–
Baumstumpf	1. Stück von 0,5 m bis Endhöhe wird nach der Kegelstumpfformel (s. KRAMER u. AKÇA 1987) kubiert, wobei die Anfangs- und Enddurchmesser aufgrund des BHD aus den Ausbauchungsreihen (SCHÖBER 1952) hergeleitet werden. 2. Erdstammstück wird nach der Formel für den Neiloidstumpf kubiert.	zu 2.: Zur Herleitung des mittleren Durchmessers des Neiloidstumpfes wird eine Durchmesserzunahme von 12 % je lfd. m angenommen. Zur Herleitung des unteren Durchmessers des Neiloidstumpfes wird eine Durchmesserzunahme von 24 % je lfd. m angenommen.
Stubben	Kubierung wie das Erdstammstück des Baumstumpfes.	Wie das Erdstammstück des Baumstumpfes.
Liegender ganzer Baum > 20 cm BHD	Formzahlfunktionen BERGEL (1973, 1974, 1987). Die Länge wird aus der Höhenkurve hergeleitet.	–
Linienobjekte > 20 cm Durchmesser außer Ganzbäumen einschl. Stammstücken mit Krone	Kubierung nach der Kegelstumpfformel (s. KRAMER u. AKÇA 1987). Rechnerische Ermittlung des Enddurchmessers und der Derbholzlänge aufgrund der sich aus der Differenz von D1 und D2 ergebenden Abholzigkeit.	Bei Verzweiselungen wird angenommen, daß die Masse der einzelnen Zwiesel der Masse einer gedachten durchgehenden Stammachse mit der abgeleiteten Abholzigkeit entspricht.
Linienobjekte ( $\geq 7$ cm und $\leq 20$ cm Durchmesser am stärksten Ende	Kubierung nach der Huberschen Formel (s. KRAMER u. AKÇA 1987). Korrektur des Mittendurchmessers und der Derbholzlänge, falls der aufgrund der angenommenen Abholzigkeit errechnete Enddurchmesser < 7 cm ist.	Abholzigkeit von 1 cm je lfd. Meter.

### 2.3 Auswertungsverfahren

In der Software SAS 6.11 wurde ein Datenprüfungs- und -auswertungssystem für die waldkundliche Dauerbeobachtung von Naturwald-Kernflächen entwickelt, das verschiedene Optionen für eine Standardauswertung einschließlich des Tothholzes anbietet.

Eine zentrale Zielgröße ist das zu einem gegebenen Zeitpunkt vorhandene Tothholzvolumen. Da häufig Vergleiche mit dem lebenden Bestand gewünscht werden, sollten möglichst die gleichen Kubierungsverfahren angewendet werden. Daher werden die liegenden ganzen Bäume nach dem gleichen Verfahren wie der stehende lebende Bestand kubiert (Tab. 1). Für die Massenermittlung der anderen Objekttypen und ihrer Teile (Tab. 1) werden die Modellkörper Neiloid- und Kegelstumpf und die entsprechenden Formeln zur Inhaltsermittlung (s. KRAMER u. AKÇA 1987) zugrunde gelegt.

### 2.4 Aufwand und Intensitätsabstufung

Tothholz kommt im Wald typischerweise in einer Vielzahl verschiedener Zustände vor (Abb. 2 und Tab. 1). Eine adäquate Untersuchungsmethodik muß hierauf in Form eines entsprechend differenzierten Erfassungs- und Auswertungsprogramms eingehen. Das be-

deutet aber auch, daß der Aufwand im Vergleich zu herkömmlichen waldwachstumskundlichen Inventuren ansteigt. Je nach Ausgangslage sind für die Kernflächenerhebungen des lebenden und toten Derbholzbestandes und der Naturverjüngung pro ha 1 bis 2 Wochen bei einem eingearbeiteten 2-Personenteam erforderlich. Die Totholzinventur beansprucht ca. ein Drittel der Gesamtaufnahmezeit. Bei Folgeaufnahmen dürfte sich der Arbeitsumfang deutlich verringern, da die Koordinatenmessungen nur noch für die hinzugekommenen Objekte notwendig sind. Die nachfolgende Dateneingabe, -prüfung und -standardauswertung erfordert nochmals ca. eine halbe bis eine Woche Arbeitszeit für eine Dateneingabekraft und einen Wissenschaftler.

Im Rahmen des Gesamtkonzeptes der waldkundlichen Naturwaldforschung stellen die Kernflächenerhebungen „Intensivforschungsflächen“ dar (SPELLMANN 1997). Sie werden durch die auf der gesamten Naturwaldfläche systematisch verteilten Probekreisaufnahmen (GRIESE 1991) ergänzt. Hier wird Totholz erst ab einer Aufnahmegrenze von 20 cm Durchmesser und mit wesentlich weniger Aufnahmevariablen erfaßt. Aus der Verbindung von Kernflächen- und Probekreisaufnahmen können die mit hoher Sicherheit und Genauigkeit ermittelten Ergebnisse der Kernflächen auf die Gesamtfläche des Naturwaldes übertragen werden. Diese Intensitätsabstufung gewährleistet einen insgesamt tragbaren Inventur- und Auswertungsaufwand.

### 3 Die Untersuchungsflächen

Zur Untersuchung der Totholzdynamik soll ein Kernflächenkollektiv herangezogen werden, das die wesentlichen zonalen Waldgesellschaften Nordwestdeutschlands repräsentiert. Die Untersuchungsflächen sollen zudem einen vergleichbaren und ausreichend langen Zeitraum unter Beobachtung stehen, die vorliegenden Zeitreihendaten eine befriedigende Qualität aufweisen und der Entwicklungszustand (Waldentwicklungsphase) vergleichbar sein. Aufgrund dieser Kriterien ergibt sich ein Kollektiv von 7 Untersuchungsflächen (Tab. 2), für das jeweils 3 waldkundliche Inventuren über einen Zeitraum von minimal 19 und maximal 26 Jahren vorliegen.

Typisch für Naturwälder ist eine hohe Heterogenität, die beispielsweise am Alter der führenden Baumarten deutlich wird (vgl. Tab. 2). Das absolute Alter erlaubt jedoch nur eingeschränkte Aussagen über die Waldentwicklungsphase (LEIBUNDGUT 1978). Trotz der großen Altersspanne sind die Untersuchungsflächen hinsichtlich ihrer stadialen Entwicklung weitgehend vergleichbar. Nur die Kernfläche des Naturwaldes Landwehr befindet sich in der ersten Untersuchungsperiode nicht in der Optimal-, sondern in der Regenerationsphase. Hier ist es aufgrund des Ausfalls einiger sehr durchmesserstarker Stieleichen im Zuge des „Eichensterbens“ (HARTMANN et al. 1989, HARTMANN u. BLANK 1992) zu einem Netto-Vorratsabbau gekommen, der jedoch durch den Zuwachs des verbleibenden Bestandes weitgehend kompensiert wurde.

## 4 Totholzdynamik

### 4.1 Totholzvolumen und -qualität

Hinsichtlich des Totholzvorrates und seiner Zusammensetzung nach Baumarten unterscheiden sich die Untersuchungsflächen recht stark (Abb. 4). Mit 9 m<sup>3</sup>/ha wird im Naturwald Lüßberg der minimale Wert und mit 79 m<sup>3</sup>/ha im Naturwald Königsbuche der maximale Wert erreicht. 3 der 7 Flächen weisen einen Totholzanteil von über einem Zehntel auf. Hingegen liegt der Totholzanteil in den restlichen 4 Naturwäldern weit darunter (Tab. 3). Das liegende Totholz überwiegt in allen Untersuchungsflächen das stehende Totholz deutlich.

Starktotholz (hier Definition nach ERDMANN u. WILKE 1997: Durchmesser > 20 cm, Länge > 2 m) ist aus Naturschutzsicht von besonderem Wert (UTSCHIK 1991). Dessen

Table 2. Charakteristik der Untersuchungsflächen.  
Table 2. Description of the research plots.

Naturwald	Waldgesellschaft <sup>1)</sup>	Entwicklungsphase <sup>2)</sup>	Wuchsbezirk	Bodentyp	Führende Baumarten <sup>3)</sup>		Untersuchungszeitraum	
					Art	Alter		Gfl.-%
Hünstollen (Kernfläche 1)	Waldgersten-Buchenwald Bergland	Optimalphase	Göttinger Wald	Rendzina	Buche	109	86	1970-1996
Landwehr (Kernfläche 1)	Buchen-Stieleichenwald	Regenerations-Optimalphase	Lüchower Niederung	Vergleyre Braunerde	Stieleiche Hainbuche Buche	171, 301 116 171	42 40 11	1972-1996
Lüßberg (Kernfläche 3)	Buchen-Traubeneichenwald bzw. Hainsimsen-Buchenwald	Optimalphase	Hohe Heide	Podsolige Braunerde	Buche Traubeneiche	157 157	55 43	1977-1996
Vogelherd (Kernfläche 1)	Hainsimsen-Buchenwald Bergland	Optimalphase	Hoher Solling	Podsolige Braunerde	Buche	133	100	1974-1996
Königsbuche (Kernfläche 1)	Waldmeister-Buchenwald Bergland	Optimalphase	Südwestl. Harzvorland	Braunerde	Buche Traubeneiche	87 85	83 11	1974-1996
Friedeholz (Kernfläche 1)	Hainbuchen-(Buchen)-Stieleichenwald	Optimalphase	Geest-Mitte	Vergleyre Braunerde	Stieleiche Esche Hainbuche Buche	121 121 89 121	36 22 18 15	1975-1996
Lohn (Kernfläche 1)	Waldmeister-Buchenwald Tiefland	Optimalphase	Ost-Heide	Braunerde	Buche	116	97	1974-1996

<sup>1)</sup> = Zuordnung nach LAMPRECHT et al. (1974) außer Naturwald Lüßberg, eigene Einschätzung

<sup>2)</sup> = Nach dem Verfahren von MEYER (1995)

<sup>3)</sup> = Alter (nach LAMPRECHT et al. 1974) und Grundflächenanteil zum Zeitpunkt der Erstaufnahme, nur Baumarten > 10 % Grundfläche

Tabelle 3. Absolutes und prozentuales Angebot an Gesamt- und an Starktotholz zum Zeitpunkt der Drittaufnahme 1996.

Table 3. Volume and percentage of deadwood ≥ 7 cm diameter and of deadwood > 20 cm diameter and > 2 m length in 1996.

Naturwald	Lebender Derbholz- vorrat	Totholz gesamt		Stehendes Totholz			Liegendes Totholz		
		m <sup>3</sup> /ha	% <sup>1</sup>	N/ha	BHD > 20 cm		D > 20 cm, Länge > 2 m		
	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	% <sup>1</sup>	N/ha	m <sup>3</sup> /ha	% <sup>2</sup>	N/ha	m <sup>3</sup> /ha	% <sup>2</sup>
Hünstollen	576	22	4	4	6	26	11	11	51
Landwehr	345	77	18	16	25	33	29	43	55
Lüßberg	375	9	2	1	2	20	12	4	43
Vogelherd	443	27	6	4	4	14	16	20	75
Königsbuche	612	79	11	15	14	18	47	39	49
Friedeholz	391	58	13	7	17	30	37	29	51
Lohn	687	41	6	3	1	3	20	38	83

<sup>1</sup> = Prozent vom gesamten Derbholzvorrat

<sup>2</sup> = Prozent vom gesamten Totholzvorrat

Anteil beträgt in allen Flächen mehr als 60 % (Tab. 3). Auch hier liegt das Schwergewicht beim liegenden Holz. Die Aufteilung auf die Baumarten spiegelt grob die Baumartenzusammensetzung der Untersuchungsflächen (Tab. 2, Abb. 4) wider. In den artenreicheren Beständen ergibt sich daher ein qualitativ sehr differenziertes Totholzangebot.

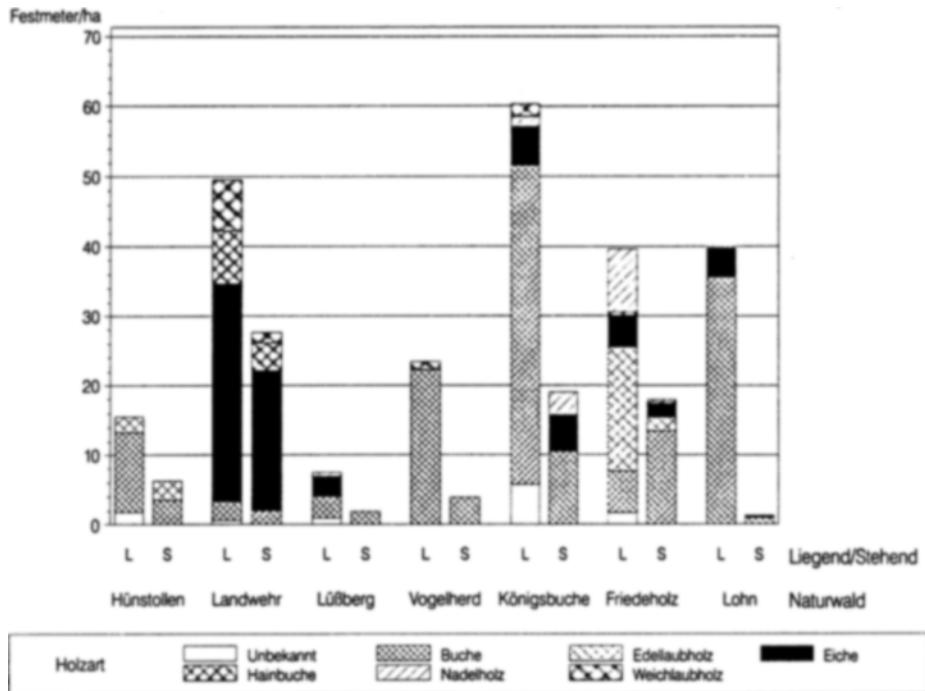


Abb. 4. Liegendes und stehendes Totholzvolumen je Baumartengruppe 1996

Fig. 4. Volume of deadwood on the ground and snags per species group in 1996

#### 4.2 Rolle der Mortalität

Dichteabhängige sowie exogen verursachte Absterbeprozesse haben in den Untersuchungsflächen eine unterschiedlich große Bedeutung als Totholzquelle gehabt:

- Hünstollen: Windwurf 1972, Windbruch einer Mittelwaldbuche, konkurrenzbedingtes Absterben unter- und zwischenständiger Bäume.
- Landwehr: Eichensterben, Windwurf 1972, Alterstod Birken, Absterben unterständiger Hainbuchen.
- Lüßberg: Absterben einer herrschenden Buche.
- Vogelherd: Windwürfe 1972 und 1976, Absterben einzelner Buchen möglicherweise aufgrund von Zunderschwammbefall.
- Königsbuche: Starkes konkurrenzbedingtes Absterben unterständiger Buchen, Windwurf 1991, konkurrenzbedingtes Absterben von Eichen.
- Friedeholz: Windwurf 1972 (Holz vor Naturwaldausweisung geräumt), nicht näher spezifizierte nachfolgende Windwürfe, Absterben einzelner Buchen infolge eines Frühjahrshochwassers.
- Lohn: Windwürfe 1972, 1976 und 1995, konkurrenzbedingtes Absterben von Eichen.

Diese Zusammenstellung ist zwangsläufig unvollständig, da erst seit kurzem regelmäßige Naturwaldbegänge durchgeführt werden (NDS. MELF 1993) und damit nur unvollständige Informationen über Absterbeereignisse in den 70er und 80er Jahren vorliegen.

Der Vergleich zwischen den Totholzvorräten (Tab. 3) und dem durch exogene Ursachen entstandenen Totholz (Tab. 4) zeigt, daß störungsbedingtes Absterben eine der wesentlichen Ursachen für die Totholzentstehung ist. Auch hier ergeben sich große absolute Unterschiede zwischen den Untersuchungsflächen.

*Tabella 4.* Durchschnittliche jährliche Raten des durch exogene Mortalität gebildeten stehenden (Stammzahl = N/ha) und gesamten Starktotholzes (Derbholzvolumen = m<sup>3</sup>/ha). Die Untersuchungsperioden sind jeweils rund 10 Jahre lang. Der gesamte Untersuchungszeitraum ist aus Tabelle 2 zu ersehen.

*Table 4.* Average rates of exogenous mortality of trees above 20 cm DBH per year. N/ha = stems per ha, m<sup>3</sup>/ha = volume per ha. The observation period comprises approx. 10 years.

Naturwald	1. Periode		2. Periode	
	N/ha	m <sup>3</sup> /ha	N/ha	m <sup>3</sup> /ha
Hünstollen	0	0,5	0,2	0,9
Landwehr	0,2	2,9	0,3	1,4
Lüßberg	0,1	0,2	0	0
Vogelherd	0,1	0,4	0,2	0,9
Königsbuche	0,1	< 0,1	0,4	3,4
Friedeholz	1,2	2,4	0,3	2,2
Lohn	0	0	0	0,9

#### 5 Diskussion

Die Volumenermittlung beruht auf der Messung äußerer Dimensionen an wenigen Meßpunkten. Dadurch wird die stärkere Zersetzung von Zwischenteilen oder des inneren Holzkörpers nur unzureichend erfaßt. Dies führt mit fortschreitendem Zersetzungsgrad zu einer steigenden systematischen Überschätzung der Totholzmasse. Während die Erfassung der Baum mortalität recht genau möglich ist, fehlen also insbesondere quantitative Vorstellungen über den Zersetzungsverlauf.

Die Totholzdynamik unterliegt von Untersuchungsfläche zu Untersuchungsfläche enormen Schwankungen. Diese Unterschiede hängen erstens von der Baumartenzusammensetzung ab, die wiederum den Zersetzungsverlauf und z. T. auch das Störungsregime (z. B. Eichensterben) bestimmt; zweitens ist der Aufbau und Entwicklungszustand des Ausgangsbestandes von Bedeutung. Beispielsweise läßt sich die fehlende konkurrenzbedingte Mortalität in der Untersuchungsfläche Lüßberg auf eine horstweise Einmischung der Traubeneiche und die insgesamt geringe Stammzahlhaltung zurückführen. Hingegen beruht die hohe Mortalität in der Kernfläche Königsbuche auf dem Absterben des ursprünglich sehr stammzahlreichen Buchen-Unterstandes. Darüber hinaus spielt drittens das in gewissen Grenzen zufällige Störungsregime eine sehr bedeutende Rolle. Hierdurch kommt es zu der für natürliche Wälder typischen räumlichen Heterogenität der Totholzentstehung (BURSCHEL 1992, UTSCHICK 1991). Weitere Ergebnisse aus der Naturwaldforschung bestätigen die bedeutende Rolle von Störungen (DÖBBELER u. BARTSCH 1996, MEYER 1997b, MEYER et al. 1998, RICHTER 1990), und auch Konzepte zur natürlichen Vegetationsdynamik beziehen diesen Faktorenkomplex explizit ein (BÖHMER 1997, OTTO 1993, REMMERT 1991, SCHMIDT 1998, CONNELL u. SLATYER 1977).

Im Vergleich zu den Angaben über Totholzvorräte in Wirtschaftswäldern, die zwischen 1–5 m<sup>3</sup>/ha (ALBRECHT 1991), rund 5–14 m<sup>3</sup>/ha (ERDMANN u. WILKE 1997, Buchen-Wirtschaftswälder) und ca. 4 m<sup>3</sup>/ha (SCHMITT 1992, ebenfalls Buchen-Wirtschaftswälder) schwanken, hat in einem Teil der Untersuchungsflächen ein starker Totholzaufbau in vergleichsweise kurzer Zeit stattgefunden. Die von AMMER (1991) als optimal angesehene und sehr langfristig anzustrebende Totholzmenge von 15–30 m<sup>3</sup>/ha ist in fast allen Untersuchungsflächen erreicht bzw. überschritten. Dieser vergleichsweise rapide Totholzaufbau ist zu einem erheblichen Teil auf die genannten Störungen zurückzuführen, deren Häufigkeit und Intensität bisher offensichtlich unterschätzt wurden.

In den Untersuchungsflächen überwiegt das liegende Totholz deutlich den Anteil des stehenden Totholzes. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen DÖBBELER u. BARTSCH (1996) und MARTIN (1992, zit. n. DÖBBELER u. BARTSCH 1996). Das von ERDMANN u. WILKE (1997) gewählte Verhältnis von 3 : 1 zwischen liegendem und stehendem Totholz kann als gute Annäherung an natürliche Verhältnisse in nordwestdeutschen Laubwäldern angesehen werden.

## 6 Schlußfolgerungen für ein Totholzkonzept im Wirtschaftswald

Statistiken über außerplanmäßige Nutzungen (BURSCHEL 1992, NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT 1998) zeigen, daß Störungen auch den Wirtschaftswald in einem erheblichen Ausmaß betreffen. Das Holz ist oftmals stark entwertet. Wenn Forstschutzgesichtspunkte nicht entgegenstehen bietet sich hier eine Möglichkeit, den Totholzanteil zu erhöhen, ohne Wirtschaftsziele übermäßig einzuschränken (AMMER 1991, BURSCHEL 1992). Wird beispielsweise angenommen, daß die Hälfte des in den Beispielflächen durch Störungen anfallenden Totholzes im Wald verbleibt, ergibt sich eine natürliche Totholz-Nachlieferungsrate, die in den meisten Fällen über oder im Bereich der von AMMER (1991), BORCHERS (1998) und ERDMANN u. WILKE (1997) errechneten Werte für eine nachhaltige Bereitstellung von Totholz liegt.

„Zufällig“ anfallendes Totholz kann also eine bedeutende Größe im Rahmen eines Totholzkonzeptes im Wirtschaftswald darstellen. Um planerischen Freiraum für diese Totholzquelle zu schaffen, müßten die exakten Richtwerte für ein flächendeckendes Angebot durch Minimumangaben zur Qualität (z. B. Vorhandensein stehenden Laubtotholzes > 20 cm BHD) ersetzt werden. Der Naturschutzwert eines bestimmten Totholzangebotes hängt nämlich nicht in erster Linie von dessen absoluter Menge, sondern von dessen Qualität ab (SCHERZINGER 1996). Durch die Annahme störungsbedingt entstandenen Totholzes ergibt sich eine tendenziell geklumpfte räumliche Verteilung. Mittels der Ergebnisse der Forsteinrichtung und Waldbiotopkartierung (BÖCKMANN et al. 1998, AK FORSTLICHE LANDES-

PFLEGE 1996) läßt sich prüfen, inwieweit das entstandene Totholzangebot den exakten Richtwerten auf größerer Fläche entspricht, in welchem Umfang totholzarme durch totholzreiche Flächen ausgeglichen werden und wo das Totholzangebot verbessert werden sollte. Der Flächenausgleich darf allerdings nicht dazu führen, eine durchgehende Minimalausstattung zu vernachlässigen, die aufgrund der geringen Ausbreitungsfähigkeit vieler totholzbewohnender Arten (ALBRECHT 1991) gewährleistet werden sollte. Eine mögliche Referenzgröße für den Flächenausgleich wäre das Minimumstrukturareal, also diejenige Flächengröße eines natürlichen Waldes, ab der alle Waldentwicklungsphasen in einem stabilen Verhältnis vertreten sind (KOOPEL 1982). Für Buchenwälder ist von 30 bis 50 ha (KOOPEL 1982, KOOPEL 1982) auszugehen.

Aus Naturschutzsicht ist es nicht zielführend, ein bestimmtes Totholzangebot in kurzer Zeit künstlich zu erzeugen, um ein festes „Plansoll“ je ha zu erfüllen (AMMER 1991). Im Gegenteil: insbesondere langsam absterbende Bäume und Überhälter sind besonders wertvoll (KASTL 1982, KÖHLER 1990, UTSCHIK 1991, WINTER 1988). Auch ein pauschaler und qualitativ nicht näher differenzierter Prozentsatz auf ganzer Fläche, wie bei der Naturland-Zertifizierung gefordert (NATURLAND 1997), wird weder der natürlichen Totholzdynamik gerecht, noch ist er für eine Optimierung des Habitatangebotes ausreichend operational.

## 7 Danksagung

Die Untersuchungsergebnisse wurden im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Forschungsvorhabens an der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt gewonnen. Der Autor dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die gewährte Unterstützung.

Ein herzliches Dankeschön für die kritische Durchsicht des Manuskripts sowie wichtige Anregungen und Vorschläge gehen an Katharina Steingaß, Heidi Döbbeler, Jürgen Nagel und Herrn Dr. Winter.

## 8 Literatur

- AK FORSTLICHE LANDESPFLEGE, Hrsg. 1996: Waldlebensräume in Deutschland. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg.
- AK NATURSCHUTZ UND WALD, 1997: Strategieempfehlung „Wildnisgebiete“. Stand 17. 10. 1997, unveröff. Manuskript.
- ALBRECHT, L., 1990: Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Diss. Forstwiss. Fak. Universität München.
- ALBRECHT, L., 1991: Die Bedeutung des toten Holzes im Wald. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 110, 106–113.
- AMMER, U., 1991: Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzforschung für die forstliche Praxis. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 110, 149–157.
- AMMER, U.; DETSCH, R.; SCHULZ, U., 1995: Konzepte der Landnutzung. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 114, 107–125.
- BERGEL, D., 1973: Formzahluntersuchungen an Buche, Fichte, europäischer und japanischer Lärche zur Aufstellung neuer Massentafeln. Allg. Forst- und Jagdztg., 146, 117–124.
- BERGEL, D., 1974: Massentafeln für Nordwestdeutschland II. Eiche, Roteiche, Kiefer. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt.
- BERGEL, D., 1987: Derbholz-Massentafeln III Nordwestdeutschland. Douglasie, Fichte, Kiefer, Europäische Lärche. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt.
- BÖCKMANN, T.; SPELLMANN, H.; HÜSING, F., 1998: Neukonzeption und Weiterentwicklung der Forsteinrichtung in Niedersachsen. Forst und Holz, 53 (10), 298–302.
- BÖHMER, H. J., 1997: Zur Problematik des Mosaik-Zyklus-Begriffs. Natur und Landschaft, 72 (7/8), 333–338.
- BORCHERS, J., 1998: Mindererträge und Mehraufwendungen infolge Zertifizierung. Forst und Holz, 53 (14), 443–446.
- BRECHTEL, F., 1990: Zur Lebensweise und Bestandessituation holzbewohnender Wespenarten in Mitteleuropa und Konsequenzen für ihren Schutz. Seminarbericht Naturschutzzentrum NRW, 4 (10), 26–3118.

- BURSCHEI, P., 1992: Totholz und Forstwirtschaft. Allgemeine Forstzeitschrift, 21, 1143–1146.
- CONNELL, J. H.; SLATYER, R. O., 1977: Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. The American Naturalist, 111 (982), 1119–1144.
- DÖBBELER, H.; BARTSCH, N., 1996: Auswirkungen des Ulmensterbens im Naturwaldreservat Gimpelrhein auf Bestandesstruktur und Totholzanfall. Forstarchiv, 67 (5), 199–207.
- ERDMANN, M.; WILKE, H., 1997: Quantitative und qualitative Totholzerfassung in Buchenwirtschaftswäldern. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 116, 16–28.
- GRIESE, F., 1991: Zu den Bestandesinventuren der Naturwälder „Meninger Holz“ und „Staufenberg“ im Jahre 1988. Berichte der NNA, 4 (2), 123–131.
- GRIESE, F., 1997: Naturwälder in den niedersächsischen Landesforsten - Flächen, Schutz und Betreuung von 1972 bis 1997. Forst und Holz, 52 (18), 524–531.
- HERMON, M. E.; FRANKLIN, J. F.; SWANSON, F. J.; SOLLINS, P.; GREGORY, S. V.; LATTIN, J. D.; ANDERSON, N. H.; CLINE, S. P.; AUMEN, N. G.; SEDELL, J. R.; LIENKAEMPER, G. W.; CROMACK Jr., K.; CUMMINS, K. W., 1986: Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Advances in Ecological Research, Vol. 15, Academic Press.
- HARTMANN, G.; BLANK, R.; LEWARK, S., 1989: Eichensterben in Norddeutschland. Verbreitung, Schadbilder, mögliche Ursachen. Forst und Holz, 44, (18), 475–487.
- HARTMANN, G.; BLANK, R., 1992: Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. Forst und Holz, 15, 443–452.
- JABKLO, P.; PERLWITZ, W., 1997: Baumhöhenmeßgeräte im Vergleich. AFZ/Der Wald, 15, 815–817.
- KASTL, S., 1982: Baumhöhlen und Faulholz. Der Forst- und Holzwirt, 6, 169–171.
- KLEINSCHMIT, H., 1997: Forderungen des Naturschutzes und ihre Auswirkungen auf die Holz-, Geld- und sonstigen Erträge in den Landesforsten. Vortrag beim betriebswirtschaftlichen Seminar 1997 in Münchhof, unveröffentlicht.
- KÖHLER, F., 1990: Anmerkungen zur ökologischen Bedeutung des Alt- und Totholzes in Naturwaldzellen. Seminarbericht Naturschutzzentrum NRW, 4 (10), 14–18.
- KOOP, H., 1982: Waldverjüngung, Sukzessionsmosaik und kleinstandörtliche Differenzierung infolge spontaner Waldentwicklung. In: Dierschke, H. (Hrsg.): Struktur und Dynamik von Wäldern. Ber. Symp. Int. Vereinigung für Vegetationskunde in Rinteln, 1981, 235–267.
- KORPEL, S., 1982: Degree of equilibrium and dynamical changes of the forest on example of natural forests of Slovakia. Acta facultatis forestalis, 24, 9–30.
- KRAMER, H.; AKÇA, A., 1987: Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.
- LAMPRECHT, H.; GÖTTSCHE, G.; JAHN, G.; PEIK, K., 1974: Naturwaldreservate in Niedersachsen. Aus dem Walde, 23.
- LANA, 1992: Lübecker Grundsätze des Naturschutzes. LANA Schriftenreihe, 3.
- LEIBUNDGUT, H., 1978: Über die Dynamik europäischer Urwälder. Allgemeine Forstzeitschrift, 24, 687–690.
- MASER, C.; TARRANT, R. F.; TRAPPE, J. M.; FRANKLIN, J. F., Hrsg. 1988: From the forest to the sea: a story of fallen trees. Pacific Northwest Research Station, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Portland, Oregon. General Technical Report PNW-GTR-229.
- MEYER, P., 1995: Untersuchung waldkundlicher Entwicklungstendenzen und methodischer Fragestellungen in Buchen- und Buchenmischbeständen niedersächsischer Naturwaldreservate (NWR). Cuvilier Verlag, Göttingen.
- MEYER, P., 1997a: Probleme und Perspektiven der Naturwaldforschung am Beispiel Niedersachsens. Forstarchiv, 68 (3), 87–98.
- MEYER, P., 1997b: Zur Populationsdynamik in nordwestdeutschen Naturwäldern. Forst und Holz, 52 (18), 532–538.
- MEYER, P., 1998: Waldkundliche Dauerbeobachtung von Naturwald-Kernflächen. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt.
- MEYER, P.; BALCAR, P.; KOLBEL, M.; SCHULTE, U., 1998: Entwicklung der Baumarten- und Strukturdiversität in Buchen-Naturwaldreservaten. Symposium „Buchen-Naturwaldreservate – Unsere Urwälder von morgen“, 29. 9. – 2. 10. 1998, Bad Driburg, Tagungsband im Druck.
- MUHLE, H.; LEBLANC, F., 1975: Bryophyte and lichen succession on decaying logs. I. Analysis along an evaporational gradient in Eastern Canada. J. Hattori Bot. Lab., 39: 1–33.
- NATURLAND, 1997: Richtlinien zur ökologischen Waldnutzung. 4. Fassung, Naturland-Verband für naturgemäßen Landbau e. V.
- NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT, 1998: Zufällige Nutzungen und Gesamteinschläge. Niedersächsisches Forstplanungsamt, 7/1998, unveröffentlicht.
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 1993: Betreuung von Naturwäldern in den niedersächsischen Landesforsten. Rd.Erl. vom 15. 10. 1993.

- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 1994: Langfristige ökologische Waldbauplanung für die Niedersächsischen Landesforsten. Rd.Erl. vom 5. 5. 1994.
- OTTO, H.-J., 1992: Ökologische Grundlagen des Regierungsprogramms. Allgemeine Forstzeitschrift, 11, 566–568.
- OTTO, H.-J., 1993: Der dynamische Wald. Ökologische Grundlagen des naturnahen Waldbaues. Forst und Holz, 48 (12), 331–335.
- REMMERT, H., 1991: Das Mosaik-Zyklus-Konzept und seine Bedeutung für den Naturschutz: Eine Übersicht. Laufener Seminarbeiträge, 5, 5.
- RICHTER, J., 1990: Sturmschäden in Naturwaldzellen. Schriftenreihe der LAFO, 5, 45–58.
- RIPKEN, H., 1994: Waldnaturschutz im Ziel- und Organisationssystem der Niedersächsischen Landesforstverwaltung. Forst und Holz, 49 (19), 553–557.
- RÖHRIG, E., 1991: Totholz im Wald. Forstliche Umschau, 34 (4), 259–270.
- SCHERZINGER, W., 1996: Naturschutz im Wald. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHMIDT, W., 1998: Dynamik mitteleuropäischer Buchenwälder. Naturschutz und Landschaftsplanung, 8–9, 242–249.
- SCHMITT, M., 1992: Buchen-Totholz als Lebensraum für xylobionte Käfer. Waldhygiene, 19, 97–191.
- SCHÖBER, R., 1952: Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. Berlin.
- SPELLMANN, H., 1997: Entwicklung der Naturwaldforschung in den niedersächsischen Landesforsten. Forst und Holz, 52 (18), 523–524.
- THOMAS, A.; MROTZEK, R.; SCHMIDT, W., 1995: Biomonitoring in naturnahen Buchenwäldern. Angewandte Landschaftsökologie, 6.
- UTSCHICK, H., 1991: Beziehungen zwischen Totholzreichtum und Vogelwelt in Wirtschaftswäldern. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 110, 135–148.
- WINTER, K., 1988: Altholz und Totholz. Allgemeine Forstzeitschrift, 24, 686–688.

*Anschrift des Verfassers:* Dr. PETER MEYER, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abt. A, Grätzelstr. 2, D-37079 Göttingen, Tel.: 05 51 / 6 94 01-80, e-mail: meyer@nfvserver.uni-forst.gwdg.de