

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 152 (2001)

Heft: 10

Artikel: Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen- und der Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien

Autor: Saniga, Milan / Schütz, Jean-Philippe

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098316>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen- und der Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien

MILAN SANIGA und JEAN-PHILIPPE SCHÜTZ

Keywords: Biomass; necromass; deadwood; virgin forest; primeval forest; West Carpathians. FDK 174.7 *Picea* : 176.1 *Fagus* : 181 : 228.81 : (437.6)

Abstract: An analysis was carried out, over a period of 40 years, of the dynamics of deadwood in two mixed virgin forests in the West Carpathians in the phytogeographic domain of pure beech and mixed fir-beech forests. Deadwood (expressed as % of dendromass, i.e. living and dead biomass) is subject to great variations at different evolutive phases. The relation between deadwood and living biomass in the aggradation phase (juvenile growing phase) is 1:2 in the Badín forest and varies between 1:2 and 1:3 in the Dobroč forest, while a maximum is reached in the optimal phase with a variation between 1:5 and 1:6.

Abstract: Die Analyse der Dynamik der Totholzanteile während vierzig Jahren zeigt, dass der Totholzanteil je nach Entwicklungsstadium grossen Schwankungen unterliegt. Während das Verhältnis zwischen Totholz und lebender Biomasse in den Stadien des Heranwachsenden (Aggradationsstadium) und des Zerfalls zwischen 1:2 (Urwald Badín) und 1:3 (Urwald Dobroč) beträgt, steigt es im Optimalstadium bis auf 1:5 oder 1:6.

1. Einleitung und Problemstellung

In jedem Wald laufen ununterbrochen sowohl nicht periodisch wiederkehrende als auch zyklische (periodische) Prozesse ab. Zu den ersteren gehören die Fruktifikation, die Ansammlung, das Wachstum, die inter- und zwischenspezifische Konkurrenz, die natürliche Stammzahlreduktion, die Alterung und das Absterben. Zu den zyklischen Prozessen gehören der Wechsel der Entwicklungsstadien und -phasen, die Naturverjüngung oder der Wechsel der Baumarten und die Perioden ihrer Herrschaft und Prosperität.

Grundsätzlich gehört das Totholz zur Eigenart eines Naturwaldes. Während der phylogenetischen Entwicklung haben sich die Naturwälder zu artenreichen und ausgewogenen Lebensgemeinschaften entwickelt, deren Zusammensetzung von den Eigenschaften der Einzelkomponenten wie auch von den Umweltfaktoren abhängig sind. Der Prozess der Entstehung und des Ablebens ist im Wesentlichen durch die Baumarten bestimmt. Die abgestorbene Biomasse der Bäume (die sogenannte Nekromasse) ist in den letzten zwanzig Jahren zu einem wichtigen Gegenstand der Naturreservat- und Urwaldforschung geworden. Die aus diesen «Waldlaboratorien» gewonnenen Erkenntnisse finden in einigen Ländern bei der Gestaltung funktionsgerechter und multifunktionaler Wälder Anwendung.

Der Urwald unterscheidet sich von einem Wirtschaftswald insbesondere durch das Alter der Bäume, die Strukturen sowie die Menge des Totholzes. Das Totholz wird somit zum Merkmal der Naturnähe und steht für die zweckmässige und naturgerechte Bewirtschaftung der Wälder (KORPEL' 1995).

Mit der Holznutzung übernimmt der Mensch die Rolle eines fremden Konsumenten. Diese Tätigkeit führt zu einer erheblichen Veränderung der Anteile der biozönotischen Komponenten und somit ihrer Wechselwirkungen mit der Umwelt und dementsprechend auch der gesamten ökologischen Stabilität des Waldes. In den bewirtschafteten Wäldern der Slowakei wurden systematisch Sanitärhiebe durchgeführt, angeblich aus Gründen der Bestandeshygiene. Dieses Vorgehen führte meistens zu einer langfristigen Eliminierung des Totholzes in den Wäldern. Das Fehlen von Totholz wirkt sich

negativ auf diejenigen Organismen aus, welche auf diese Biotopvoraussetzungen angewiesen sind. Nach KAULE (1986) und MOOSMAYER (1996) gehören etwa 60% solcher Organismen zu den vom Aussterben stark bedrohten Arten. Von den bedrohten höheren Pilzen leben 20 bis 30% auf Totholz (DETSCH *et al.* 1994; SCHALES 1992).

Der Urwald als natürliches Waldökosystem ist durch ein dynamisches Gleichgewicht gekennzeichnet, das eine gewisse Proportionalität zwischen lebenden und toten Bestandteilen aufweist. Hier spielen die Totholzbioasse in unterschiedlichen Zersetzungsstadien (zumindest ein Teil davon) sowie die am Prozess mitbeteiligten Organismen eine ausschlaggebende Rolle. Durch die langfristige Entwicklung haben sich die Proportionen zwischen lebenden und toten Biomassebestandteilen auf ein Gleichgewicht eingependelt. Die Nekromasse darf als eine Übergangsform des gesamten organischen Substanzumsatzes in den geochemischen und energetischen Kreisläufen betrachtet werden, welche die Entwicklung des Urwaldes und seine Dauerhaftigkeit sicherstellen. So spielt das Totholz im Entwicklungszyklus des Naturwaldes für seine Stabilität und sein Gleichgewicht eine bedeutende Rolle (SANIGA 1999a und b).

Im Rahmen der Urwaldforschung sind Struktur und Volumen des Totholzes bereits in mehreren europäischen Ländern erfasst worden. Die bisher bekanntesten Ergebnisse stammen aus Urwäldern im pflanzengeographischen Bereich der natürlichen Tannen-Buchenwälder mit Fichtenanteil. Zu diesen seit längerer Zeit beobachteten Objekten gehören die Urwälder Boubín und Žofín in der Tschechischen Republik (PRŮŠA 1985), der Rotwald in Österreich (MAYER *et al.* 1979), Čorkova Uvala in Kroatien (PRPIČ *et al.* 1994), Peručica in Bosnien (PINTARIČ 1978), Rajhenavski Rog in Slowenien (BONČINA 1997) und andere. Sie sind charakterisiert durch die relativ hohen Totholzvolumen sowie deren grosse Streuung zwischen 130 und 220 m³/ha. Dies entspricht einem Anteil von 19 bis 32% des durchschnittlichen stehenden Holzvorrats der lebenden Bäume. Das höchste erfasste Totholzvolumen wurde auf einer Teilfläche in Rajhenavski Rog mit 474 m³/ha ausgewiesen (BONČINA 1997). Der Quotient zwischen liegendem und stehendem Totholz ist in diesem Fall am grössten.

Auch in den Wirtschaftswäldern, welche nach Prinzipien der multifunktionalen und funktionsgerechten Naturnähe zu behandeln sind, sollte die Totholzmasse einen angemessenen Anteil ausmachen. Die gezielte Erhaltung der Totholzmasse ist biologisch-ökologisch begründet und soll somit bewusst angestrebt werden. Für die Festlegung der Mengen, Dimensionen bzw. Anteile von Totholz unterschiedlicher Zersetzungsstufen kann man sich nach den Erkenntnissen aus den Naturwäldern richten. Dabei ist eine räumliche Variation der Anteile, wie sie im Urwald vorkommt, anzustreben. Allerdings sind die in Wirtschaftswäldern anzustrebenden Proportionen im Sinne eines haushälterischen Umgangs im Kohlenstoffkreislauf und mit Rücksicht auf den Treibhauseffekt auf ein Minimum auszurichten, im Gegensatz zu den im Urwald vorkommenden maximalen Anteilen. Für die genaue Festlegung der für Xylobionten notwendigen Totholzanteile besteht noch Forschungsbedarf.

Die Ansichten bezüglich Volumen, Struktur und räumlicher Verteilung der Totholzmasse für konkrete Waldgesellschaften variieren beträchtlich. Mehrere Autoren vertreten die Auffassung, dass ein Kompromiss zwischen belassenem Totholz, Gesundheit und Wirtschaftlichkeit anzustreben ist (AMMER 1991, SCHAPER 1992). So fordern auch mehrere Waldbauer, dass ein gewisses Volumen an Totholz systematisch in den normal genutzten Wäldern zu belassen sei (BONČINA 1997, BURSCHEL 1992, MÖLLER 1991, SCHÜTZ 1997). Die Frage, ob sich die Bestandeshygiene und das Belassen von Totholz widersprechen, darf nicht zu einseitig betrachtet werden. Berücksichtigt man die komplexen Wechselwirkungen und natürlichen Regulierungen in Ökosystemen, wird ersichtlich, dass das Totholz auch eine günstige Rolle spielt, z.B. bei der Förderung von Antagonisten von wichtigen Waldschädlingen (WERMELINGER et al. 1999).

Das Ziel dieses Beitrages besteht darin, die Dynamik der Totholzmasse während den letzten vierzig Jahren in zwei bekannten und lange beobachteten Urwäldern der Slowakei, nämlich in den Urwäldern von Dobroč und Badín, zu analysieren.

2. Die Forschungsobjekte und die Methodik

2.1 Der Urwald Badín

Die Forschung im Urwald Badín begann 1957. Bereits 1913 wurde das Gebiet als Totalwaldreservat unter Schutz gestellt. Das Reservat lässt sich folgendermassen charakterisieren: Die Gesamtfläche beträgt 30,70 ha. Davon sind 6,10 ha aus einem grossflächigen Zerfall entstanden und können aus der Sicht der ontogenetischen Entwicklung als sekundäre Sukzession in der Zwischenwaldphase bezeichnet werden. Diese Fläche wurde bei der Inventur nicht aufgenommen. Der Urwald befindet sich im südöstlichen Teil des Kremnické vchy-Gebirges, im Einzugsbereich des Forstamtes Badín, und ist nördlich bis nordwestlich mit einer Hangneigung von 20 bis 40% exponiert. Klimatisch gehört dieser Urwald mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 5,5 bis 6 °C zum kühlen Klimagebiet. Die Jahresniederschläge betragen 850 bis 900 mm. Der geologische Untergrund besteht aus Tuff und Konglomeraten von pyroxenischem Andesit, Tuffiten (Mitte des westlichen Teils) und von kompaktem Andesit (Insel im unteren Teil). Die Hangböden weisen eine Gründigkeit von 120 bis 140 cm auf und setzen sich aus von der Verwitterung gemischtem Material aus Tuff und Konglomeraten zusammen, wobei die Anteile von Feinmaterial und Skeletten lokal kleinflächig stark variieren.

Die lehm- und lösslehmhaltigen Böden sind als mittelgründig bis tiefgründig, skelettreich, mineralisch gut versorgt und schwach sauer (pH 5,5 bis 6,3) einzustufen. Die Ausbildung

und der Humusgehalt sind als gut zu bezeichnen, mit 8 bis 12% im Feinboden des A-Horizontes sowie 2 bis 4% im Feinboden des B-Horizontes.

Pflanzensoziologisch gehört die Fläche vorwiegend zur Waldgesellschaft *Fagetum typicum* bzw. im oberen Teil (zu 20%) zum *Abieti-Fagetum* mittlerer Ausprägung mit *Asperula odorata*, *Oxalis acetosella*, (*Senecio nemorensis*), *Prenantes purpurea*, *Asperula odorata*, *Oxalis acetosella*, (*Senecio nemorensis*), *Mercurialis perennis*, (*Dentaria eneaphylos*) und *Prenantes purpurea*. Auf etwa 10% der Fläche auf nass-feuchtem Boden dominiert die Waldgesellschaft *Aceri-Fraxinetum* (KORPEL' 1989).

1957 wurde von Professor Korpel' eine Serie, bestehend aus zwei Dauerversuchsflächen (DVF) von je 0,5 ha Grösse, eingerichtet, welche im Stadium des Zerfalls standen. 1970 wurden zwei weitere Dauerversuchsflächen ausgeschieden, die im Stadium der Aggradation (des Heranwachsenden) bzw. im Optimalstadium standen. 1970 befanden sich die Teilflächen in den folgenden Entwicklungsstadien:

- DVF-1 fortgeschrittene Phase des Zerfallstadiums;
- DVF-2 Anfangsphase des Zerfallstadiums;
- DVF-3 Anfangsphase des Aggradationsstadiums;
- DVF-4 fortgeschrittene Phase des Optimalstadiums.

Im Aufnahmejahr 1997 wurde der folgende Zustand festgestellt:

- DVF-1 fortgeschrittene Phase des Zerfallstadiums;
- DVF-2 fortgeschrittene Phase des Zerfallstadiums;
- DVF-3 fortgeschrittene Phase des Aggradationsstadiums;
- DVF-4 Anfangsphase des Zerfallstadiums.

2.2 Der Urwald Dobroč

Der Urwald Dobroč wurde 1913 zum Totalwaldreservat erklärt. Die ursprüngliche Fläche von 49,88 ha (Abteilung 68a) wurde mittlerweile auf eine Fläche von 101,82 ha erweitert. Der Urwald liegt im westlichen Teil des slowakischen Erzgebirges auf dem Gebiet des Forstbetriebes Čierny Balog auf einer Höhe zwischen 720 bis 1000 m ü.M. und ist nordwestlich bis westlich exponiert. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 4,5 bis 5 °C, die jährlichen Niederschläge 890 bis 960 mm, davon 515 bis 600 mm während der Vegetationszeit. Der geologische Untergrund wird von kompakten Granodioriten, verschieferten Graniten und Dioriten mit Quarz gebildet. Der Granodiorit kommt im südwestlichen Teil des Gebietes vor.

Nach den Angaben von ŠALY (1980) ist im Urwald folgende Bodenstruktur anzutreffen: Die Böden sind teils ungesättigt, humos und schwach skeletthaltig, teils ungesättigt und mittel skeletthaltig. Es sind in beiden Fällen tiefgründige Braunerden mit guten physikalischen Eigenschaften sowie frischem bis sehr frischem A-Horizont und frischem bis mittelfrischem B-Horizont. Im Allgemeinen sind dies produktionsgünstige Waldböden. Ein kleiner Teil der Fläche in den seitlichen Tälern im süd- und nordöstlichen Gebiet stockt auf Modergleyböden. Der Auflagehumus weist eine saure Reaktion auf (pH 4 bis 5). Die Humusform ist aber Mull bis Moder. Der Nährstoffgehalt des Auflagehumus ist in den von Tannen oder Buchen beherrschten Mischbeständen höher als in den Teilen mit Dominanz der Fichte (ŠALY 1980).

Die sechs zwecks Nachweis der Struktur- und Entwicklungsänderungen ausgeschiedenen Dauerversuchsflächen befinden sich alle auf typischer ungesättigter Braunerde. Im ursprünglichen Teil des Urwaldes kommen folgende Waldgesellschaften vor, anteilmässig nach PRIESOL & RANDUŠKA (1967):

<i>Fagio-Abietetum</i>	3,7% der Gesamtfläche
<i>Abieti-Fagetum</i>	68,8% der Gesamtfläche
<i>Abieti-Fagetum (aceretosum)</i>	7,7% der Gesamtfläche

<i>Fagio-Aceretum</i>	9,6% der Gesamtfläche
<i>Luzulo-Fagetum (=Fagetum-pauper)</i>	9,2% der Gesamtfläche
<i>Fraxino-Alnetum</i>	1,0% der Gesamtfläche

Alle ausgeschiedenen Dauerversuchsflächen liegen im Bereich der Waldgesellschaften *Abieti-Fagetum* mit folgenden Untertypen: *Filices*, *Asperula odorata*, *Oxalis acetosella*, *Lamium galeobdolon* (29,15 ha), (*Filices*), *Asperula odorata*, *Oxalis acetosella*, *Lamium galeobdolon* (32,9 ha), *Filices*, *Asperula odorata*, *Oxalis acetosella*, *Sanicula europaea* (5,7 ha).

1958 wurden drei Dauerversuchsflächen von je 1 ha Ausdehnung ausgeschieden (Nummern 1, 2, 3). 1968 wurden sie in je zwei Teilflächen von 0,5 ha halbiert (1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B). Dies ermöglichte eine genauere Identifizierung der Entwicklungsphasen und -stadien. In der Tat war die Entwicklungsdynamik teilweise von Teilfläche zu Teilfläche verschieden, was eine andere Zuordnung bedingt hätte. So bestätigt sich, dass für die Erfassung der Struktur- und Entwicklungsveränderungen in europäischen Urwäldern noch kleinere Dauerversuchsflächen von weniger als 1 ha notwendig sind (KORPEL' 1989).

1958 wurden die Flächen bei der Einrichtung der Versuchreihe drei verschiedenen Entwicklungsstadien zugeordnet, im Jahr 1998 erfolgte eine weitere Differenzierung (Tabelle 1).

Tabelle 1: Entwicklungsstadien: Zuordnung der Dauerversuchsflächen in den Jahren 1958 und 1998.

Table 1: *Evolutionary phases: attribution of the permanent trial plots in the year 1958 and 1998.*

1958	1998
1 Zerfallstadium	1A fortgeschrittene Phase des Zerfallstadiums 1B Anfangsphase des Aggradationsstadiums
2 Aggradationsstadium	2A Anfangsphase des Aggradationsstadiums 2B fortgeschrittene Phase des Aggradationsstadiums
3 Optimalstadium	3A fortgeschrittene Phase des Optimalstadiums 3B fortgeschrittene Phase des Zerfallstadiums

2.3 Methodik der Totholzvermessung

In den Dauerversuchsflächen der beiden Urwälder wurde das Totholz der abgestorbenen Bäume getrennt nach stehendem und liegendem Totholz erfasst. Es wurde das Volumen des Derbholzes, d.h. der Individuen mit mehr als 8 cm BHD, gemessen. Das Volumen der stehenden Stämme wurde wie bei lebenden Bäumen mit Hilfe der Massentafeln aufgrund des BHD und der Stammhöhe bestimmt. Für die stehenden, aber abgebrochenen Stämme, erfasste man das Volumen unter Berücksichtigung der auf dem Boden liegenden Reste. Es wurde folgendermassen verfahren: Nach der Messung der Höhe der Bruchstelle mit dem Höhenmesser und des BHD wurde der auf dem Boden liegende identifiziert und dessen Länge bis zu dem Wipfelende mit dem Messband gemessen. Die vermessene Länge des liegenden Teiles wurde zur Stammhöhe hinzugezählt und das Volumen nach den Massentafeln der Baumarten berechnet.

Beim liegenden Holz wurden die Stammlänge und der Durchmesser in der Mitte des Stammes gemessen und daraus das Volumen berechnet. Das Volumen der Äste wurde nicht erfasst.

Das Totholz (sowohl liegendes als auch stehendes) wurde folgenden Zersetzungsstufen zugeordnet:

- a) frisch gefallene Bäume oder absterbende Bäume, deren Holz noch relativ gesund und bei denen die Baumart noch feststellbar ist;
- b) angefaulte, aber noch kompakte Stämme: die Rinde fällt ab, die Baumart ist noch eruierbar;
- c) morsches Holz im fortgeschrittenen Zersetzungsstadium, die Baumart ist nicht mehr bestimmbar.

Inventuren der Holznekromasse erfolgten bei jeder periodischen Aufnahme der Dauerversuchsflächen, ausser bei der Aufnahme im Urwald Badín 1957. Zwischen 1977 und 1997 erfolgten die Aufnahmen in einem Turnus von zehn Jahren. Alle liegenden Stämme wurden nummeriert und bezüglich Stand des Holzabbaus sorgfältig eingestuft.

3. Analyse der Ergebnisse

3.1 Der Urwald Badín

Die Totholzmasse wurde getrennt nach den einzelnen Kategorien zusammengestellt (Tabellen 2 bis 4). Abbildung 1 zeigt die entsprechende Entwicklungsdynamik in den letzten vierzig Jahren. Tabelle 2 zeigt die Totholzmasse des Urwaldes Badín in absoluter und relativer Grösse für eine Entwicklungssequenz, die für den Lebenszyklus und die Strukturmerkmale entsprechend den durchlaufenen Entwicklungsstadien dieses Urwaldes charakteristisch ist. Der maximale Wert der Totholzmasse beträgt 455,36 m³/ha (Zerfallstadium), der minimale 228,36 m³/ha (Optimalstadium).

Betrachtet man nur den Anteil des liegenden Totholzes (Tabelle 2), ergeben sich ähnliche Tendenzen. Den geringsten Anteil beobachtete man mit 93,23 m³/ha bei der Aufnahme der Dauerversuchsfläche IV im Jahr 1970 im Optimalstadium, den höchsten mit 393,34 m³/ha bei der Aufnahme 1997 im Zerfallstadium. Beim stehenden Totholz (Tabelle 4) beträgt der Höchstwert 224,54 m³/ha (Zerfallstadium) und der niedrigste 39,70 m³/ha bzw. 38,80 m³/ha (Optimalstadium bzw. Aggradationsstadium). Die Tanne als dominierende Baumart weist mit mehr als 80% auf der überwiegenden Mehrheit der Dauerversuchsflächen auch den grössten Anteil an Totholz auf, ausser im Jahr 1997.

Der konstante, dominierende Anteil der Tanne am gesamten Totholzvolumen steht in engem Zusammenhang mit der

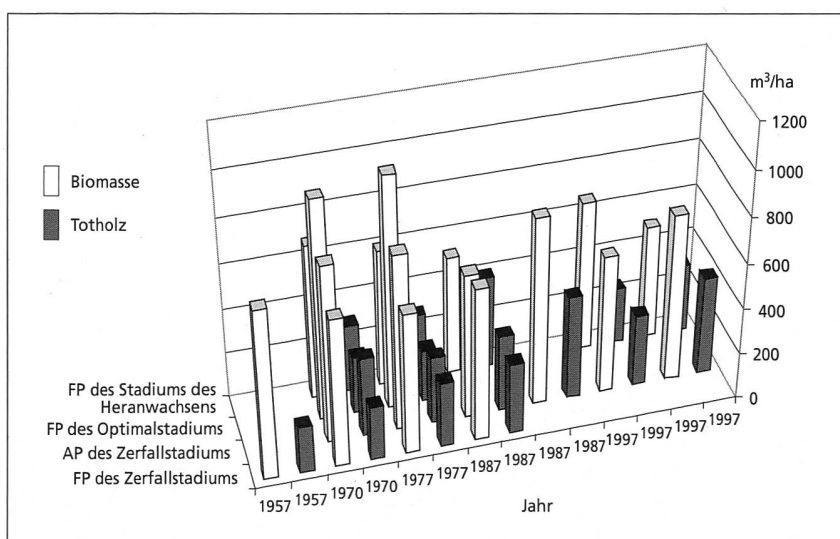


Abbildung 1: Volumen der lebenden Bäume und des Totholzes nach Entwicklungsstadien im Urwald Badín.

Figure 1: *Volume of living trees and deadwood showing variations at different evolutionary phases in the virgin forest of Badín.*

Tabelle 2: Volumen der lebenden Bäume und des Totholzes im Urwald Badin (Aufnahmejahre 1957–1997).

Table 2: Volume of dendromass in the virgin forest of Badin (between 1957 and 1997).

Aufnahmejahr	Entwicklungsstadien	DVF	Gesamtvolumen				Totholz					
			Lebende Bäume m ³ /ha	%	Abgestorbene Bäume m ³ /ha	%	Liegendes Totholz m ³ /ha	%	Stehendes Totholz m ³ /ha	%	Zersetzungsstufe c m ³ /ha	%
1957	FP des Zerfallstadiums	I	745,26	78,37	205,70	21,63	171,76	83,50	33,94	16,50	128,13	62,29
1970	FP des Zerfallstadiums	I	648,54	73,36	235,56	26,64	196,70	83,51	38,86	16,49	171,31	72,72
	AP des Zerfallstadiums	II	781,42	69,23	347,26	30,77	122,72	35,34	224,54	64,66	76,20	21,94
	FP des Stadiums des Heranwachsens	III	681,64	69,70	296,26	30,30	167,70	56,61	128,56	43,39	102,09	34,46
	FP des Optimalstadiums	IV	968,00	79,39	251,31	20,61	93,23	37,10	158,08	62,90	35,12	13,97
1977	FP des Zerfallstadiums	I	617,22	68,37	285,50	31,63	155,00	54,29	130,50	45,71	86,00	30,12
	AP des Zerfallstadiums	II	773,94	72,43	294,65	27,57	177,18	60,13	117,47	39,87	104,95	35,62
	FP des Stadiums des Heranwachsens	III	603,70	67,88	285,72	32,12	140,60	49,21	145,12	50,79	104,08	36,43
	FP des Optimalstadiums	IV	1015,61	81,64	228,36	18,36	125,40	54,91	102,96	45,09	69,00	30,22
1987	FP des Zerfallstadiums	I	670,04	68,40	309,56	31,60	220,16	71,12	89,40	28,88	90,20	29,14
	AP des Zerfallstadiums	II	634,57	65,44	335,17	34,56	238,77	71,24	96,40	28,76	101,06	30,15
	FP des Stadiums des Heranwachsens	III	521,73	56,28	405,34	43,72	315,04	77,72	90,30	22,28	135,46	33,42
	AP des Zerfallstadiums	IV	827,57	64,51	455,36	35,49	347,56	76,33	107,80	23,67	130,66	28,69
1997	FP des Stadiums des Heranwachsens	I	663,22	72,98	245,60	27,02	206,80	84,20	38,80	15,80	82,89	33,75
	AP des Zerfallstadiums	II	605,31	65,71	315,86	34,29	256,66	81,26	59,20	18,74	143,35	42,60
	FP des Stadiums des Heranwachsens	III	502,16	62,62	299,78	37,38	236,98	79,05	62,80	20,95	120,30	40,13
	FP des Zerfallstadiums	IV	736,07	62,96	433,04	37,04	393,34	90,83	39,70	9,17	156,68	36,18

FP: Fortgeschrittene Phase; AP: Anfangsphase; DVF: Dauerversuchsfläche

Jahr	Entwicklungsstadium	DVF	Buche	Tanne	Ahorn und Ulme	Total
1957	FP des Zerfallstadiums	I	324,90	420,36		745,26
1970	FP des Zerfallstadiums	I	457,44	191,10		648,54
	AP des Zerfallstadiums	II	463,82	317,60		781,42
	FP des Stadiums des Heranwachsens	III	157,78	399,70	124,16	681,64
	FP des Optimalstadiums	IV	832,66	135,34		968,00
1977	FP des Zerfallstadiums	I	462,25	154,97		617,22
	AP des Zerfallstadiums	II	532,47	241,47		773,94
	FP des Stadiums des Heranwachsens	III	163,00	285,10	155,60	603,70
	FP des Optimalstadiums	IV	904,77	110,84		1015,61
1987	FP des Stadiums des Heranwachsens	I	637,13	32,91		670,04
	FP des Zerfallstadiums	II	478,82	155,75		634,57
	FP des Stadiums des Heranwachsens	III	164,73	175,09	181,91	521,73
	AP des Zerfallstadiums	IV	699,63	127,94		827,57
1997	FP des Stadiums des Heranwachsens	I	631,52	31,70		663,22
	AP des Zerfallstadiums	II	538,47	66,84		605,31
	FP des Stadiums des Heranwachsens	III	205,88	142,34	153,94	502,16
	AP des Zerfallstadiums	IV	663,05	73,02		736,07

FP: fortgeschrittene Phase; AP: Anfangsphase; DVF: Dauerversuchsfläche

Tabelle 3: Derbholzmasse nach Baumarten im Urwald Badin (1957–1997).

Table 3: Wood volume according to tree species in the virgin forest of Badin (1957–1997).

Dauer-versuchsfläche	Aufnahmejahr	Buche m ³	%	Tanne m ³	%	Ahorn und Ulme m ³	%	Total m ³	%
I + II	1957	1,41	4,15	32,53	95,85	0,00		33,94	100,00
I	1970	0,88	2,26	37,98	97,74	0,00		38,86	100,00
	1977	3,00	2,30	127,50	97,70	0,00		130,50	100,00
	1987	1,30	1,50	88,10	98,50	0,00		89,40	100,00
	1997	14,50	37,40	24,30	62,60	0,00		38,80	100,00
II	1957	10,04	4,46	214,50	95,31	0,52	0,23	225,06	100,00
	1970	5,08	4,32	112,39	95,68	0,00		117,47	100,00
	1987	1,30	1,30	95,10	98,70	0,00		96,40	100,00
	1997	6,00	10,10	53,20	89,90	0,00		59,20	100,00
III	1970	9,56	7,44	117,34	91,27	1,66	0,29	128,56	100,00
	1977	3,50	2,41	119,72	82,50	21,90	15,09	145,12	100,00
	1987	1,10	1,20	79,30	87,80	9,90	11,00	90,30	100,00
	1997	0,90	1,40	31,50	50,20	30,40	48,40	62,80	100,00
IV	1970	48,82	30,88	109,26	69,12	0,00		158,08	100,00
	1977	15,62	15,17	87,34	84,83	0,00		102,96	100,00
	1987	26,60	24,70	80,80	75,00	0,30		107,80	100,00
	1997	27,50	69,30	4,90	12,30	7,30	18,40	39,70	100,00

Tabelle 4: Volumen des stehenden Totholzes nach Baumarten in den einzelnen Dauerversuchsflächen (hochgerechnet auf 1 ha) im Urwald Badin (Aufnahmejahre 1957–1996).

Table 4: Volume of deadwood according to tree species in the permanent trial plots in the virgin forest of Badin (calculated for 1 ha) (1957–1997).

Reduktion ihres Anteils am lebenden Vorrat (*Tabelle 3*). Dieser betrug 1957 noch 420,36 m³/ha und reduzierte sich bis 1997 auf nur noch 78,48 m³/ha. Diese Angaben gelten als Durchschnitt der vier Teilflächen. Diese Reduktion lässt sich mit den drei folgenden Ursachen erklären:

- Erstens gehört der Hauptteil dieses Waldes zur Waldgesellschaft des *Fagetum typicum* (70%). Daher dominiert weitgehend die Buche, die Tanne ist nur beigemischt. Der Volumenanteil der Tanne überschreitet nie 40%, auch nicht in den Teilflächen, die sich pflanzensoziologisch gesehen am Übergang zwischen *Fagetum typicum* und *Abieti-Fagetum* befinden.
- Zweitens verhindert die Verbissbelastung durch das Rotwild das Aufkommen des Tannennachwuchses.
- Drittens verursachte die starke Immissionsbelastung vor allem in den Jahren 1970 bis 1990 einen Rückgang der Tanne. Ohne Reduzierung der Luftbelastung wird der Tannenanteil weiterhin zurückgehen und die Buche entsprechend zunehmen, was zur Verkürzung des Lebenszyklus führt. Die Dauer des Entwicklungszyklus wird tatsächlich einerseits durch das physiologische Alter der Buche bestimmt; andererseits hängt die Beschleunigung des Überganges vom Optimalstadium zum Zerfallstadium hauptsächlich von der Stabilität der Buche gegenüber Stürmen ab, da sie sich auf diesen nährstoffreichen Böden flach bewurzelt. So lässt sich im Teil des Urwaldes im Optimalstadium (heute nur eine Fläche von etwa 10%) dieses Phänomen des schnellen Zerfalls erkennen und – trotz der beträchtlichen Höhen – 44 bis 45 m – der flachen Bewurzelung der Buche zuordnen. Dies ist auch einer der Gründe, warum eine so beträchtliche Menge an Totholz im Optimalstadium zu finden ist. Den überwiegenden Teil des Totholzvolumens nimmt die Tanne ein, da ihre Zersetzung 40 bis 50 Jahre dauert. Aus der kurzen Dauer des Optimalstadiums (etwa 20 bis 30 Jahre) lässt sich ableiten, weshalb sich ein grosser Teil des Totholzvolumens im zweiten bzw. dritten Stadium der Holzersetzung befindet.

Abbildung 1 zeigt die Veränderungsdynamik des lebenden und toten Holzvorrats in den einzelnen Stadien des Lebenszyklus im Urwald Badín in den Aufnahmejahren 1957 bis 1997. Da sich einige Dauerversuchsflächen in den einzelnen Jahren im gleichen Entwicklungsstadium bzw. der gleichen Entwicklungsphase befanden, wurden sie in den Abbildungen graphisch getrennt dargestellt.

Betrachtet man die Situation im Stadium des Heranwachsenden, so lässt sich eine Parallelität zwischen Abnahme des stehenden Vorrates und Zunahme des Totholzes erkennen, allerdings mit einer zeitlicher Staffelung, und dies bis zur Kulmination des Totholzanteils bei einer Höhe von knapp 400 m³/ha. Der Verlauf der gesamten Totholzentwicklung (alle Kategorien von Zersetzungsgraden) und des Holzvorrats zeigt bis auf kleinere Schwankungen grosse Ähnlichkeiten. Das Verhältnis dieser zwei Grössen beträgt 1:2.

Im Optimalstadium hingegen ist das Totholzvolumen viel geringer und steht in einem Verhältnis 1:5 bzw. 1:6 zum Vorrat. Die Entwicklung aller Totholzklassen im Stadium des Zerfalls hat im Vergleich zum stehenden Vorrat über die letzten 40 Jahre einen anderen Charakter. Auch wenn diese Partien ursprünglich von Professor Korpel' als fortgeschrittene Phase des Zerfallstadiums eingestuft wurden, zeigte die effektiv beobachtete Entwicklung nach der Einrichtung von weiteren Teilflächen (1970), dass trotz weniger Schwankungen im Vorrat doch eine deutliche Zunahme des Totholzes von 200 m³/ha auf 433 bis 455 m³/ha in den Jahren 1997 bzw. 1987 stattfand. Dies ist dort zu erwarten, wo die Buchen durch das Absterben von vereinzelt beigemischten Tannen von günstigen

Wuchsbedingungen profitieren, was sich positiv auf ihren Zuwachs auswirkt. Hier betrug das Verhältnis des stehenden Vorrates zum Totholz am Anfang 4:1, am Ende 2:1.

3.2 Der Urwald Dobroč

Der Urwald Dobroč mit seinen Fichten-, Tannen- und Buchenmischbeständen gehört gemäss seiner Baumartenstruktur zu den produktionsstärksten Wäldern der Slowakei. Die *Tabellen 5* und *6* dokumentieren die Veränderungsdynamik der Biomasse und der Totholzmasse in Abhängigkeit von den für den Lebenszyklus des Urwaldes typischen Bestandesstrukturen.

In diesem Mischwald beträgt die Dauer des Lebenszyklus 350 bis 400 Jahre. Dies ist bei der Analyse der Totholzstruktur und ihrer Veränderungsdynamik zu berücksichtigen. Die hier bestimmenden Baumarten sind die Tanne und die Fichte. Das geringste Totholzvolumen im ganzen Lebenszyklus überhaupt wird mit 164,1 m³/ha (11,65%) im Optimalstadium erreicht (Aufnahme 1958). In den nächsten Zeitabschnitten steigt das Totholz auf 198,44 m³/ha (Aufnahme 1968) bzw. auf 212,54 m³/ha (1978). Das entspricht einem Anteil an der gesamten Biomasse (Biomasse und Nekromasse) von 15,88% bzw. 17,39%.

Im Vergleich mit dem Urwald Badín lässt sich der geringere Anteil an Totholz im Optimalstadium durch die lange Dauer dieses Stadiums (80 bis 100 Jahre) erklären. Weil das Totholz der vorherigen Generation praktisch zersetzt ist, ergibt sich eine Verlangsamung der ganzen Totholzdynamik. In der fortgeschrittenen Phase des Optimalstadiums steigt das Totholzvolumen infolge des langsamen Absterbens der einzelnen Bäume der Oberschicht wieder an. Dieses punktuelle Absterben bedeutet für dieses Stadium jedoch keine ernste Störung der Struktur und der Wuchsprozesse des Urwaldes.

Der maximale Wert des Totholzes ist mit 439,16 m³/ha (Aufnahme 1968, Fläche IA) in der fortgeschrittenen Phase des Stadiums des Zerfalls erreicht (*Tabelle 5*). Im Verhältnis zur gesamten Biomasse (Biomasse und Nekromasse) entspricht dies 41,71%. Über das ganze Zerfallstadium betrachtet streut der Totholzanteil zwischen 30 bis 40% der gesamten Biomasse.

Das Aggradationsstadium im Urwald Dobroč zeichnet sich im Vergleich mit dem Zerfallstadium durch ein geringes Totholzvolumen aus (*Tabelle 5*). Je nach Fläche und Entwicklungsphase streut es zwischen 200 und 310 m³/ha und macht 19,17 bis 32,81% der gesamten Holzmasse aus. Diese Proportionen streuen zwischen 21,41 bis 29,24%, wenn alle Aufnahmen und Stadien betrachtet werden.

Tabelle 7 informiert über das Volumen des stehenden Totholzes. Hier dominiert der Anteil der Tanne mit 48,4 bis 99,3% entsprechend der Baumartenanteile im Vorrat. Diese Tatsache entspricht der Baumartenzusammensetzung des lebenden Derbholzvorrats, bei dem der Anteil der Tanne seit 1958 abnimmt (*Tabelle 6*). Wenn diese Abnahme durch den durchschnittlichen Vorrat auf allen Dauerversuchsflächen (Entwicklungsstadien) ausgedrückt wird, so stellt man fest, dass die Werte der Tanne von 445,58 m³/ha im Jahr 1958 auf 211,33 m³/ha im Jahr 1998 gesunken sind. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Tanne auf den erfassten Teilflächen im Aggradationsstadium und Zerfallstadium besonders von Absterben bzw. starkem Wildverbiss betroffen ist, was den Nachwuchs der jungen Tannen verhindert, so dass sich die Tanne in der Nachfolgenergeneration nicht im gleichem Ausmass durchsetzen kann.

Abbildung 2 zeigt auch die Veränderungsdynamik des Anteils an Totholz während des ganzen Lebenszyklus. Der Verlauf ist ähnlich wie im Urwald Badín, jedoch mit etwas geringeren Anteilen im Optimalstadium.

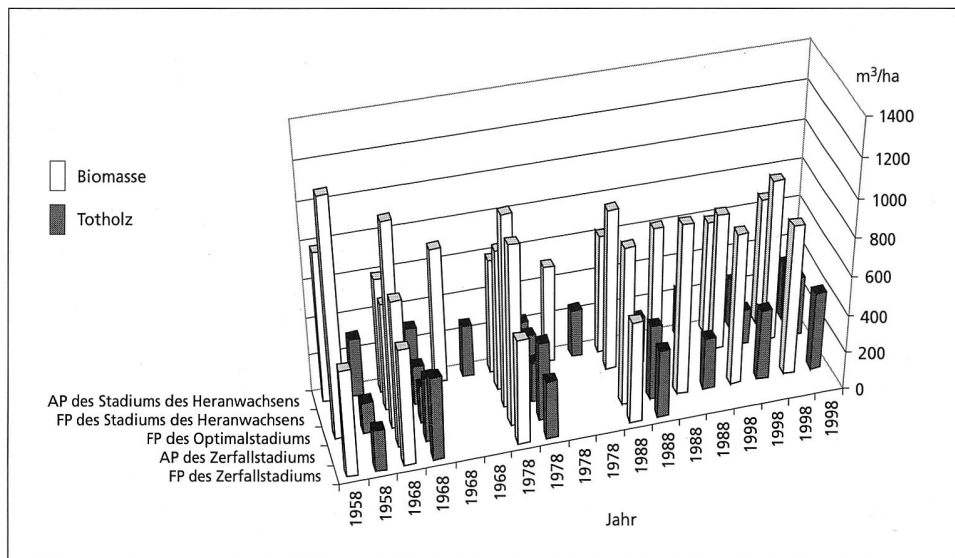


Abbildung 2: Volumen der lebenden Bäume und des Totholzes nach Entwicklungsstadien im Urwald Dobroč.

Figure 2: Volume of living trees and deadwood showing variations at different evolutive phases in the virgin forest of Dobroč.

Tabelle 5: Volumen der lebenden Bäume und des Totholzes im Urwald Dobroč (Aufnahmejahre 1958–1998).

Table 5: Volume of dendromass in the virgin forest of Dobroč (between 1958 and 1998).

Aufnahmejahr	Entwicklungsstadien	DVF	Gesamtvolumen						Totholz			
			Lebende Bäume		Abgestorbene Bäume		Liegendes Totholz		Stehendes Totholz		Zersetzungsstufe c	
			m³/ha	%	m³/ha	%	m³/ha	%	m³/ha	%	m³/ha	%
1958	Zerfallstadium	I	559,96	71,89	218,96	28,11	174,58	79,73	44,38	20,27	78,84	36,01
	Stadium des Heranwachsens	II	793,89	71,78	312,15	28,22	265,68	85,11	46,47	14,39	35,10	11,24
	Optimalstadium	III	1244,87	88,35	164,13	11,65	153,36	93,44	10,77	6,56	96,00	58,49
1968	FP des Zerfallstadiums	IA	613,78	58,29	439,16	41,71	309,44	70,46	129,72	29,54	134,06	30,53
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IB	605,64	65,88	313,72	34,12	228,54	72,85	85,18	27,15	160,86	51,28
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IIA	710,86	72,11	274,98	27,89	221,36	80,50	53,62	19,50	95,56	34,75
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIB	565,38	73,34	205,54	26,66	190,16	92,52	15,38	7,48	159,50	77,60
	AP des Zerfallstadiums	IIIA	766,30	69,42	337,54	30,58	123,40	36,56	214,14	63,44	33,78	10,01
	FP des Optimalstadium	IIIB	1075,28	84,42	198,44	15,58	158,80	80,02	39,64	19,98	99,48	50,13
1978	FP des Zerfallstadiums	IA	553,38	64,37	306,26	35,63	211,46	69,05	94,8	30,95	104,30	34,06
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IB	599,24	71,40	240,04	28,60	147,10	61,28	92,94	38,72	108,64	45,26
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IIA	513,08	67,19	250,54	32,81	166,4	66,42	84,14	33,58	133,06	53,11
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIB	741,78	73,83	262,96	26,17	239,64	91,13	23,32	8,87	150,46	57,22
	AP des Zerfallstadiums	IIIA	946,72	69,69	411,66	30,31	250,04	60,74	161,62	39,26	108,40	26,33
	FP des Optimalstadium	IIIB	1009,88	82,61	212,54	17,39	164,36	77,33	48,18	22,67	101,58	47,79
1988	FP des Zerfallstadiums	IA	535,92	59,77	360,76	40,23	227,42	63,04	133,34	36,96	204,92	56,80
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IB	627,06	80,83	148,72	19,17	105,16	70,71	43,56	29,29	54,14	36,40
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IIA	617,36	71,64	244,40	28,36	170,58	69,8	73,82	30,20	118,02	48,29
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIB	846,82	77,42	247,02	22,58	196,30	79,47	50,72	20,53	134,06	54,27
	AP des Zerfallstadiums	IIIA	829,62	67,79	394,16	32,21	313,48	79,53	80,68	20,47	127,94	32,46
	AP des Zerfallstadiums	IIIB	897,14	76,59	274,14	23,41	223,44	81,51	50,70	18,49	95,82	34,95
1998	AP des Stadiums des Heranwachsens	IA	600,40	69,90	258,56	30,10	214,62	83,01	43,94	16,99	164,66	63,68
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IB	673,64	68,99	302,82	31,01	158,80	52,44	144,02	47,56	72,18	23,84
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIA	727,74	79,86	183,56	20,14	163,22	88,92	20,34	11,08	108,4	59,05
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIB	853,12	73,31	310,58	26,69	278,18	89,57	32,40	10,43	96,44	31,05
	AP des Zerfallstadiums	IIIA	799,08	68,28	371,19	31,72	321,79	86,69	49,40	13,31	178	47,95
	AP des Zerfallstadiums	IIIB	794,26	65,87	411,50	34,13	227,00	55,16	184,50	44,84	75,16	18,26

FP: Fortgeschrittene Phase; AP: Anfangsphase; DVF: Dauerversuchsfläche

Tabelle 6: Derbholzvolumen nach Baumarten im Urwald Dobroč.

Table 6: Wood volume according to tree species in the virgin forest of Dobroč.

Jahr	Entwicklungsstadien	DVF	Buche	Tanne	Fichte	Andere	Total
1958	Zerfallstadium	I	166,33	355,01	29,68	8,94	559,96
	Stadium des Heranwachsens	II	105,38	442,99	245,31	0,21	793,89
	Optimalstadium	III	372,22	684,68	187,97	0,00	1244,87
1968	FP des Zerfallstadiums	IA	335,61	247,02	13,74	17,41	613,78
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IB	215,84	320,94	45,74	23,12	605,64
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IIA	156,67	425,96	127,92	0,31	710,86
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIB	19,09	354,90	190,86	0,53	565,38
	FP des Zerfallstadiums	IIIA	67,46	256,88	425,00	16,96	766,30
	FP des Optimalstadiums	IIIB	318,64	295,72	460,92		1075,28
1978	FP des Zerfallstadiums	IA	324,12	201,70	10,14	17,42	553,38
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IB	198,42	351,96	26,50	22,36	599,24
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IIA	88,08	174,48	250,36	0,16	513,08
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIB	73,06	364,36	302,32	2,04	741,78
	AP des Zerfallstadiums	IIIA	207,82	259,88	426,88	52,14	946,72
	FP des Optimalstadiums	IIIB	207,58	311,68	490,62		1009,88
1988	FP des Zerfallstadiums	IA	334,76	155,48	11,64	34,04	535,92
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IB	255,66	295,46	68,50	7,44	627,06
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IIA	106,24	217,04	294,08		617,36
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIB	72,00	335,02	428,88	10,92	846,82
	AP des Zerfallstadiums	IIIA	190,14	174,46	465,02		829,62
	AP des Zerfallstadiums	IIIB	243,16	81,12	572,86		897,14
1998	AP des Stadiums des Heranwachsens	IA	354,78	196,26	8,98	40,38	600,40
	AP des Stadiums des Heranwachsens	IB	294,34	332,46	39,64	7,20	673,64
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIA	134,88	238,44	354,24	0,18	727,74
	FP des Stadiums des Heranwachsens	IIB	82,28	288,34	466,84	15,66	853,12
	AP des Zerfallstadiums	IIIA	235,56	115,06	448,38	0,08	799,08
	AP des Zerfallstadiums	IIIB	271,12	97,40	425,74	0,00	794,26

FP: Fortgeschrittene Phase; AP: Anfangsphase; DVF: Dauerversuchsfläche

Tabelle 7: Volumen des stehenden Totholzes nach Baumarten auf den einzelnen Dauerversuchsflächen (hochgerechnet auf 1 ha) im Urwald Dobroč (Aufnahmejahre 1958–1998).

Table 7: Volume of deadwood according to tree species in the permanent trial plots in the virgin forest of Dobroč (calculated for 1 ha) (1958–1998).

Dauer-versuchsflächen	Aufnahme-jahr	Tanne		Fichte		Buche		Total	
		m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
I	1958	36,68	89,49	0	0	4,31	10,51	40,99	100,00
IA	1968	93,54	72,11	24,84	19,15	11,34	8,74	129,72	100,00
	1978	68,22	71,90	26,06	27,50	0,52	0,60	94,80	100,00
	1988	130,46	97,80	2,74	2,10	0,14	0,10	133,34	100,00
	1998	39,58	90,10	0,36	0,80	4,00	9,10	43,94	100,00
IB	1968	64,42	75,63	3,62	4,25	17,14	20,12	85,18	100,00
	1978	91,12	98,00	0,22	0,20	1,60	1,80	92,94	100,00
	1988	33,18	76,20	10,06	23,10	0,32	0,70	43,56	100,00
	1998	99,26	68,90	3,74	2,60	41,02	28,50	144,02	100,00
II	1958	29,69	99,30	0,21	0,70			29,90	100,00
IIA	1968	46,80	87,28	6,64	12,38	0,18	0,34	53,62	100,00
	1978	44,60	53,00	32,74	38,90	6,80	3,40	84,14	100,00
	1988	67,20	91,00	0,34	0,50	6,28	8,50	73,82	100,00
	1998	17,40	85,50	1,18	5,80	1,76	8,70	20,34	100,00
IIB	1968	15,20	98,83	0,18	1,17			15,38	100,00
	1978	19,82	85,00	3,44	14,80	0,06	0,20	23,32	100,00
	1988	49,92	90,50	4,80	9,50			50,72	100,00
	1998	19,76	61,00	12,58	38,80	0,06	0,20	32,40	100,00
III	1958	27,32	79,14			7,20	20,86	34,52	100,00
IIIA	1968	199,58	93,20	2,94	1,37	11,62	5,43	214,14	100,00
	1978	90,92	56,30	70,70	43,70			161,62	100,00
	1988	67,26	83,40	13,42	16,60			80,68	100,00
	1998	15,44	31,30	33,96	69,00			49,40	100,00
IIIB	1968	31,48	79,41			8,16	20,59	39,64	100,00
	1978	23,32	48,40	24,86	51,60			48,18	100,00
	1988	42,32	83,50	8,38	46,50			50,70	100,00
	1998	127,60	69,20	56,90	30,80			184,50	100,00

Die Entwicklung des lebenden Vorrats bzw. des Totholzes (und dessen Zersetzungsklassen) ist seit Beobachtungsbeginn recht ausgeglichen. Das Verhältnis der Totholzmasse zum lebenden Vorrat beträgt im Optimalstadium während der gesamten Zeit 1:6. Im Aggradationsstadium ist dieses Verhältnis 1:2 bis 1:3. Im Zerfallstadium zeichnen sich ähnliche Werte bzw. Verhältnisse ab. Das grösste Volumen an stehendem Totholz überhaupt wurde bei den Aufnahmen 1968 und 1998 im Urwald von Dobroč im Stadium des Zerfalls registriert (Tabelle 7). Im Urwald Dobroč verläuft das Zerfallstadium meist so, dass die abgestorbenen Tannen stehen bleiben, die übrigen Baumarten aber abgebrochen oder entwurzelt werden. In solchen Situationen ergeben sich auf den Stellen mit den stehenden abgestorbenen Bäumen bessere Bedingungen für die Verjüngungsphase, weil der Kronenschluss nicht plötzlich und auf keiner grösseren Fläche gelockert wird.

Die grosse Streuung in der lebenden und toten Dendromasse während des Lebenszyklus entspricht der Grundcharakteristik des Urwaldes.

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

In verschiedenen Studien wurde versucht, das Totholz in den mitteleuropäischen Urwäldern zu charakterisieren (PRŮŠA 1985, PRPIČ *et al.* 1994, PINTARIČ 1978, BONČINA 1997). Allerdings waren dies Momentaufnahmen und weisen daher statische Zustände aus. Die vorliegenden Ergebnisse charakterisieren diesen Prozess in seiner zeitlichen Dynamik bezogen auf einen Beobachtungszeitraum von vierzig Jahren, was den längsten kontinuierlichen Aufnahmen in den Urwäldern in Europa entspricht.

Trotz den unterschiedlichen Erhebungsmethoden lassen sich die dargestellten Ergebnisse mit Angaben aus den Urwäldern Boubín und Žofín vergleichen (PRŮŠA 1985). Die Baumartenzusammensetzung entspricht den beiden untersuchten Urwäldern und die einzelnen Werte für die einzelnen Entwicklungsstadien schwanken in einer ähnlichen Spannbreite. Ähnliche Angaben wurden auch in Peručica ermittelt (PINTARIČ 1978). Die Werte von BONČINA (1997) für den Rajheňavski Rog, für den im Zerfallstadium ein Totholzvorrat von 474 m³/ha festgestellt wurde, sind höher als im Urwald Dobroč; dies ist jedoch mit Rücksicht auf den höheren Vorrat verständlich. In den übrigen Stadien des Entwicklungszyklus gleichen diese Werte jenen im Urwald Dobroč.

Die Ergebnisse der Messungen bestätigen, dass der Totholzanteil, ausgedrückt in Prozenten der lebenden Dendromasse, je nach Entwicklungsstadium ziemlich grossen Schwankungen unterworfen ist. Für das Aggradationsstadium steht das Verhältnis im Urwald Badín 1:2 bzw. von 1:2, bis 1:3 im Urwald Dobroč. Das extremste Verhältnis zwischen Totholz und lebender Biomasse findet sich im Optimalstadium. Es beträgt zwischen 1:5 bis 1:6. Im Zerfallstadium betragen die entsprechenden Werte 1:2 bis 1:2,5, ohne Berücksichtigung der Einzelphasen.

Der absolute Höchstwert der beobachteten Totholzmasse beträgt 455,36 m³/ha (Zerfallstadium im Urwald Badín). Im Urwald Dobroč sind mit 439,16 m³/ha, ebenfalls im Zerfallstadium, ähnliche Höchstwerte zu beobachten.

Die durchschnittlichen Totholzanteile im Urwald Dobroč, ausgedrückt in Prozenten der gesamten Derbholzmasse (lebendes und totes Holz), liegen zwischen 21,41 und 29,24% für den ganzen Beobachtungszeitraum. Im Urwald Badín sind die entsprechenden Werte mit 27,02 bis 37,38% deutlich höher. Die grössere Schwankung der Nekromasse im Badíner Urwald hängt mit dem physischen Alter der Tanne zusammen, die auf unseren Dauerversuchsflächen zurück geht; ihr Durchschnittsvolumen schwankt zwischen 18 bis 23 m³/ha. Die Buche wird

trotz ihrer Vitalität und Produktionskraft (sie ist noch nicht in der Altersphase) in den letzten zwanzig Jahren gruppenweise vom Wind umgeworfen, da sie auf dem stark mineralischen Boden flach wurzelt. Diese Tatsache verursacht den «unnatürlichen» Anstieg der Nekromasse. Der ausgeglichene Verlauf und der niedrigere Anteil des Totholzes im Urwald Dobroč hängt mit der Ausgeglichenheit der Produktionsverhältnisse und der Ausgewogenheit der Baumarten zusammen. Unter diesen erreichen deren zwei, nämlich die Tanne und die Fichte, etwa dasselbe physiologische Alter. Im Urwald Dobroč ist die statische Stabilität wesentlich besser und die Buche in kleineren Gruppen von drei bis fünf Arten gemischt vorhanden. Die Buche verhält sich in der physischen Altersphase gleich wie die Fichte und die Tanne; in eine Generation von Fichte und Tanne (Entwicklungszyklus von 400 Jahren) fallen allerdings beinahe zwei Buchengenerationen. Im Lebenszyklus des Urwaldes Dobroč dominiert die «Natürlichkeit» stärker als im Badíner Urwald, in dem der Wind die «Störungen» des Lebenszyklus verursacht.

Im Urwald von Badín sind sowohl die Mischungsverhältnisse als auch die Produktionspotenziale und die physiologische Alterung der vorhandenen Baumarten etwas differenzierter.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird die Dynamik der Totholzanteile während eines Lebenszyklus in den Urwäldern von Badín und Dobroč (Slowakei) aufgrund von Beobachtungen während der letzten vierzig Jahre analysiert.

Die Ergebnisse der Messungen während dieser Zeit haben bestätigt, dass der Totholzanteil, ausgedrückt in Prozent der lebenden Dendromasse, je nach Entwicklungsstadium grossen Schwankungen unterliegt. Für das Aggradationsstadium (Stadium des Heranwachsenden) beträgt das Verhältnis zwischen Totholz und lebender Biomasse um 1:2 (im Urwald von Badín) bis 1:3 (im Urwald von Dobroč). Der höchste Wert gilt für das Optimalstadium und bewegt sich zwischen 1:5 und 1:6. Im Zerfallstadium variiert das Verhältnis zwischen 1:2 und 1:2,5 (ohne Unterscheidung der Phasen).

Die Biomasse von Urwäldern mit vergleichbaren Standort- und Umweltbedingungen (ausgedrückt in Derbholzvolumen) weist einen ausgeglichenen Verlauf auf (abgesehen von einzelnen Fluktuationen). Der höchste absolute Wert der Totholzmasse wurde sowohl im Urwald Badín als auch im Urwald Dobroč im Zerfallstadium festgestellt.

Die durchschnittlichen relativen Werte des Totholzes im Urwald von Dobroč, ausgedrückt in Prozenten des gesamten Derbholzvolumens (lebendes und totes Holz), liegen zwischen 21,41 und 29,24% für den ganzen Beobachtungszeitraum. Im Urwald Badín lagen die entsprechenden Werte mit 27,02 bis 37,38% deutlich höher. Die kleinere Spannweite und tieferen Werte des Totholzes im Urwald Dobroč hängen mit der Ausgeglichenheit der Produktionsverhältnisse und mit der Baumartenmischung zusammen. Tatsächlich erreichen zwei von den drei dominierenden Baumarten in Dobroč (nämlich Tanne und Fichte) etwa dasselbe relativ hohe physiologische Alter, welches bestimmend ist für Stadienabgrenzungen und somit für die Entwicklung des Vorrates. Auch wenn die Buche einen wesentlich kürzeren Lebenszyklus aufweist, kommt es zu keiner raschen und bedeutenden Zunahme der Nekromasse.

Im Urwald Badín sind die Einflüsse der Mischungsverhältnisse der Baumarten, das Produktionspotenzial und das physiologische Alter differenzierter zu betrachten. Hier macht die Tanne den überwiegenden Anteil am Totholz aus. Die höheren Totholzanteile erklären sich dadurch, dass das Absterben der Tanne am Schluss ihres Lebenszyklus rasch erfolgt. Der Anteil der Tanne hat im Laufe der Zeit wegen Rotwildbela-

stung, Immissionen und möglicherweise Klimaveränderungen dauernd abgenommen. So erfährt die Buche pflanzensoziologisch eine zunehmend grössere Wettbewerbsfähigkeit.

Aus diesen Ergebnissen resultiert, dass je gemischerter die Baumartenzusammensetzung und je unterschiedlicher das physiologisch erreichte Alter der Baumarten ist, desto variabler ist der relative Anteil der Nekromasse während des Lebenszyklus des Urwaldes.

Résumé

Dynamique du bois mort dans deux forêts vierges mélangées des Carpates occidentales appartenant au domaine phytogéographique des hêtraies à sapin et des hêtraies pures (au cours de divers stades de développement)

La présente contribution analyse, sur la base d'observations portant sur les 40 dernières années, l'évolution des quantités de bois mort au cours de la durée d'un cycle de évolutif complet dans les deux forêts vierges de Badín et Dobroč (Slovaquie).

Les résultats de mesures portant sur cette période ont montré que le bois mort exprimé en pour-cent de la biomasse totale varie de façon importante selon les stades de développement ontogénique. Le rapport entre le bois mort et la biomasse vivante est de 1:2 pour le stade d'aggradation (croissance) dans la forêt vierge de Badín et va de 1:2 à 1:3 pour celle de Dobroč. Ce rapport est le plus bas dans les stades optimaux avec des variations comprises entre 1:5 et 1:6. Dans les stades de désagrégation (délabrement), la variation va de 1:2 à 1:2,5, sans tenir compte des différentes phases de ce stade.

Dans des conditions de station et d'environnement identiques, la biomasse des forêts vierges (mesurée en terme de bois fort) présente sur l'ensemble du développement un cours assez régulier, avec quelques fluctuations. Le bois mort atteint des valeurs maximales de 455,36 m³/ha dans la forêt vierge de Badín et de 439,16 m³/ha dans celle de Dobroč. Dans les deux cas, ces valeurs sont atteintes au cours du stade de délabrement.

Les valeurs relatives moyennes du bois mort par rapport au volume sur pied (bois fort) varient entre 21,41 et 29,24% pendant la période d'observation à Dobroč. Pour Badín, les valeurs correspondantes sont nettement plus élevées (27,02 à 37,38%). La raison du niveau plus faible de bois mort et de la plus faible variation à Dobroč s'explique par les conditions de croissance plus équilibrées et par le plus grand mélange des essences. En effet, on rencontre à Dobroč un mélange de trois essences principales dont deux (le sapin et l'épicéa) possèdent une longévité naturelle élevée de durée à peu près identique, ce qui agit sur l'ensemble du cycle évolutif de la forêt en question, sur la durée des différentes phases et sur l'évolution du volume sur pied. Le hêtre qui possède pourtant une longévité nettement plus courte ne conduit pas à une augmentation substantielle et rapide de la quantité de bois mort.

Dans la forêt de Badín, il faut différencier un peu plus l'influence du mélange des essences, du potentiel de production de la station et de la longévité. C'est le sapin qui contribue le plus à la production de bois mort. Ce résultat s'explique par le fait que le dépérissement du sapin, au terme de son cycle de vie naturel, est rapide. Au cours de la période d'observation, on a observé une diminution constante de la part du sapin dans la biomasse vivante qui est due à la pression exercée par le cerf, aux immissions et, probablement, aux changements climatiques. Cette situation profite au hêtre qui fait preuve d'une compétitivité croissante sur le plan phytosociologique.

On peut conclure de ces observations que plus le mélange des essences est élevé et plus les différences de longévité sont grandes, plus grandes seront les variations de la proportion de bois mort dans le cycle évolutif des forêts vierges.

Summary

Deadwood dynamics in two mixed virgin forests in the West Carpathians in the phytogeographic domain of pure beech and mixed fir-beech forests

This contribution analyses the amount of deadwood (necromass) in the two virgin forests «Badín» and «Dobroč» in Slovakia during one whole ontogenetic lifespan on the basis of the measurements made over a 40-year observation period.

Results from this time period confirm that deadwood (expressed as % of dendromass, i.e. living and dead biomass) shows great variations at different evolutive phases. The relation between deadwood and living biomass during the aggradation phase (juvenile ingrowing phase) is 1:2 in the Badín forest and varies between 1:2 and 1:3 in the Dobroč forest. A maximum is reached in the optimal phase with a variation between 1:5 and 1:6. In the disaggregation phase the variation is between 1: 2 and 1:2.5.

The biomass in virgin forests (expressed in m³ wood) with comparable site and environmental conditions shows a well-balanced trend, with only minor fluctuations. The highest value for deadwood is observed in the virgin forest of Badín in the disaggregation phase with 455.36 m³/ha and with 439.16 m³/ha in Dobroč for the same evolutive stage.

In Dobroč deadwood expressed as an average relative value in % of the whole biomass (living and dead) shows a variation between 21.41 and 29.24% over the whole period of observation. In the virgin forest Badín the corresponding values are significantly higher with variations between 27.02 and 37.38%. The reasons for the lower amount of deadwood and narrower variation in Dobroč are a more balanced site productivity and tree species mixture. In fact, in Dobroč, the stand comprises three tree species. Two of them (fir and spruce) attain more or less the same high physiologic longevity, which is determinant for the duration of the different evolutive stages and, therefore, for the level of standing volume. Beech has a significant shorter longevity. These differences in longevity do not, however, influence the amount of deadwood.

In the Badín virgin forest the influence of tree species mixture, natural longevity and site conditions have to be interpreted differently. In this forest the amount of dead wood is largely determined by the fir. This is because it dies very quickly when it reaches the natural end of its life cycle. Some fir in the standing composition has diminished in the last few years, mainly because of browsing by red deer, air born emissions, and perhaps also induced by climate changes. As a consequence, the beech's competitiveness has increased on this phytogeographic domain of beech forest (*Fagetum typicum*).

These results lead to the conclusion that the higher the number of tree species mixed together in virgin forests and the differences in their longevity are, the more variable is the level and variation of deadwood during the whole life cycle of these forests.

Literatur

- AMMER, U. (1991): Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzfor schung für die forstliche Praxis. Forstwiss. Centralblatt 110: 149–157.
- BONČINA, A. (1997): Naravna struktura gozda in njihove funkcije v sonaravnem gospodarjenju z gozdom. Doktor. Desertacija. Univerza Ljubljana, 210 S.
- BURSCHEL, P. (1992): Totholz und Forstwirtschaft. AFZ/Wald 21: 1143–1146.
- DETSCH, R.; KÖLBEL, M.; SCHULZ, U. (1994): Totholz – vielseitiger Lebensraum in naturnahen Wäldern. AFZ/Wald 49, 11: 586–591.
- KAULE, G. (1986): Arten- und Biotopschutz. Ulmer, Stuttgart, 176 S.

- KORPEL', Š. (1989): Urwälder der Slowakei. VEDA SAV, Bratislava, 329 S. (slowakisch).
- KORPEL', Š. (1995): Die Urwälder der Westkarpaten. Fischer Verlag, Stuttgart u.a., 310 S.
- MAYER, H.; NEUMANN, M.; SCHREMPF, W. (1979): Der Urwald Rothwald in den niederösterreichischen Kalkalpen. Verein z. Schutz d. Bergwalds. München, 79–114.
- MOOSMAYER, H.U. (1996): Totholzkonzept für den Stadtwald Freiburg. AFZ/Wald 20: 1107–1118.
- MÖLLER, G. (1991): Warum und wie sollen Holzbiotope geschützt werden. In: Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. Berlin, 56, 421–437.
- PINTARIČ, K. (1978): Urwald Peručica als natürliches Forschungslaboratorium. Allg. Forstzeitschrift 24: 702–707.
- PRIESOL, A.; RANDUŠKA, D. (1967): Der Urwald von Dobroč. SVPL Bratislava, 121 S. (slowakisch).
- PRPIČ, B.; SELETKOVIČ, Z.; VUKELIČ, J. (1994): Der Urwald Čorkova Uvala. Ein Modell für den multifunktionalen Buchen-Tannen-Plenterwald. Ergebnisse des 7. IUFRO-Tannen-Symposium, Mainz, 250–253.
- PRŮŠA, E. (1985): Die böhmischen und mährischen Urwälder – ihre Struktur und Ökologie. ACADEMIA, Praha, 578 S.
- SANIGA, M. (1999a): Struktur, Produktion und Regenerationsprozesse im Urwald von Dobroč. TU Zvolen, Vedecké štúdie 1999/A, 63 S. (slowakisch).
- SANIGA, M. (1999b): Struktur, Produktion und Regenerationsprozesse im Urwald von Badín. Journal of Forest Science 45(3):121–130 (slowakisch).
- SCHALES, N. (1992): Totholz – Ein Refugium für seltene Pilzarten. AFZ/Wald 20: 1107–1108.
- SCHAPER, C. (1992): Totholz im Wirtschaftswald. AFZ/Wald 11: 598–599.
- SCHÜTZ, J.-P. (1997): Sylviculture 2; La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 178 S.
- ŠÁLY, R. (1980): Výskum pôdneho prostredia vybraných štátnych prírodných rezervácií na Slovensku. Záverečná správa výskumnej úlohy c. VI-3-6/1a, LF VŠLD Zvolen, 118 S.
- WERMELINGER, B.; OBRIST, M.K.; DUELLI, P.; FORSTER, B. (1999): Development of the bark beetle (Scolytidae) fauna in windthrow areas in Switzerland. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 72: 209–220.

Autoren

Prof. Dr. MILAN SANIGA, Vorsteher des Institutes für Waldbau an der Technischen Universität Zvolen, Masarykova 24, SK-96053 Zvolen, Slowakei; E-Mail: saniga@vsld.tuzvo.sk.
 Prof. Dr. JEAN-PHILIPPE SCHÜTZ, Professur Waldbau der ETH Zürich, CH-8092 Zürich; E-Mail: schuetz@fowi.ethz.ch.