

**FORSTLICHE SCHRIFTENREIHE
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR, WIEN**

Band 20

EDUARD HOCHBICHLER

**FALLSTUDIEN ZUR
STRUKTUR, PRODUKTION
UND BEWIRTSCHAFTUNG VON
MITTELWÄLDERN IM OSTEN
ÖSTERREICHS (WEINVIERTEL)**

**ÖSTERR. GES. F. WALDÖKOSYSTEMFORSCHUNG
UND EXPERIMENTELLE BAUMFORSCHUNG
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR
DEZEMBER 2008**

Hochbichler E., 2008: Fallstudien zur Struktur, Produktion und Bewirtschaftung von Mittelwäldern im Osten Österreichs (Weinviertel)

Forstliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur, Wien; Bd. 20, 246 S.,

Hrsg.: Österr. Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung an der Univ. f. Bodenkultur, ISBN 978-3-900865-19-1

Kurzfassung: Vorgabe der Arbeit war die Verbesserung der waldbaulichen Entscheidungsgrundlagen für eine zielgerichtete Bewirtschaftung von Mittelwäldern im Weinviertel auf Bestandesebene. Grundlagen bildeten Biomassenerhebungen an Bäumen und Sträuchern sowie waldbauliche Erhebungen auf permanenten und temporären Untersuchungsflächen in Mittelwald- und Niederwaldbeständen mit Überhältern. Biomassenschätzfunktionen wurden für die Kompartimente Holz in Rinde und Blätter (spezifische Blattfläche) für die am häufigsten vorkommenden Baumarten (z.B. Stiel- und Traubeneiche, Esche, Berg- und Spitzahorn, Feldahorn, Hainbuche, Feldulme, Vogelkirsche) und Straucharten (z.B. Hasel, Hartriegel, Liguster) im Ober- und Unterholz abgeleitet. Einfache Ansätze zur Erfassung der Waldstruktur, ergänzt um die Merkmale Straucharten, Grundfläche in 10 cm Schafthöhe, Vermehrungsarten und Biomassenkompartimente wurden zur Beschreibung der Untersuchungsbestände verwendet. Periodische Biomassenzuwächse und Produktivitätsraten pro Blattfläche wurden für die permanenten Untersuchungsflächen kalkuliert. Für einen 40 Jahre alten und einen 4 Jahre alten Mittelwaldbestand wurde jeweils die Nettoprimärproduktion geschätzt. Einzelbaummerkmale wurden von Stiel- und Traubeneiche, Zerreiche, Esche, Berg- und Spitzahorn, Hainbuche, Vogelkirsche und Elsbeere analysiert. Bestandeskennwerte und Biomassenverhältnisse wurden vor und nach dem Mittelwaldhieb für verschiedene Oberholzteilsvarianten im Mittelwald, basierend auf erarbeiteten Stammzahlkurven, berechnet. Für die Bewirtschaftungsvarianten Niederwald und Mittelwald mit unterschiedlichen Oberholzteilen erfolgte eine betriebswirtschaftliche Bewertung unter besonderer Berücksichtigung der Biomassenproduktion und -vorräte. Die Anwendung der Stammzahlkurve und der erarbeiteten waldbau-technischen Empfehlungen wurden als Entscheidungshilfe für die waldbauliche Planung und Auszeige demonstriert.

Stichwörter: Ausschlagwald, Mittelwald, Niederwald mit Überhälter, Waldbewirtschaftung, Waldbauplanung, Waldbau-technik, Bestandesstruktur, Einzelbaummerkmale, Produktivität, Mittelwald-Modell

Hochbichler E., 2008: Case studies on structure, production and management of coppice with standards in the eastern part of Austria (Weinviertel)

Forstliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur, Wien; Bd. 20, 246 S.,

Hrsg.: Österr. Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung an der Univ. f. Bodenkultur, ISBN 978-3-900865-19-1

Summary: The aim of this research was to improve the silvicultural knowledge for managing coppice with standards stands in the Weinviertel. Basics were biomass analyses of trees and shrubs, silvicultural investigations in different permanent research plots and an inventory of a forest district of an area of 130 ha. Single tree characters of standards of oak, European turkey oak, ash, sycamore, hornbeam, wild cherry, birch and wild service tree were analyzed. Biomass functions for the compartments wood in bark and leaves (specific leaf area) were derived for the most important tree species and shrubs in the overwood and understory of investigated coppice with standards stands (oak, ash, sycamore, common maple, hornbeam, common field elm, wild cherry, willow, hazel, dogwood, comon privet). Common research procedures were used to describe the structure and diversity, supplemented with the attributes of shrub species, reproduction types and biomass compartments. Periodical biomass increments and productivity rates per leaf area were calculated. For an old and a young coppice with standards stand net primary production were estimated. Stand characteristics and biomass distributions were calculated for coppice with standards stands before and after cuttings and for different shares of overwood, based on a derived „balanced“ diameter distribution. An economic assessment was done for the silvicultural management options coppice, coppice with standards (different shares of standards) and high forest in respect to biomass resources. The implementation of the diameter distribution curve and the recommendations for silvicultural operations as a support for decisions in silvicultural planning and marking was demonstrated in examples.

Keywords: Coppice forest, coppice with standards forest, coppice with reserve forest, forest management, silvicultural technique, stand structure, single tree characteristics, productivity, coppice with standards model.

**für
Andrea
Elias, Timo und Chiara**

Vorwort und Danksagung

Mit dieser Studie versuche ich einen Überblick über die in den letzten Jahren durchgeführten Arbeiten in Laubmischwäldern im Osten Österreichs zu geben. Mein besonderes Interesse an der Mittelwaldbewirtschaftung wurde vor rund zwei Jahrzehnten mit Dickungspflegearbeiten und Grünastungen in jungen Eichenbeständen im Weinviertel geweckt und blieb bis heute erhalten. Während der vorangegangenen Jahre konnte ich vielfältige waldbauliche Erfahrungen in Diskussionen mit den für die Waldbewirtschaftung verantwortlichen Personen in dieser Region sammeln. Diese bilden eine wichtige Grundlage für meine Aktivitäten im Bereich der Laubmischwaldbewirtschaftung.

Daher möchte ich allen Waldbesitzern und Forstleuten aus dem Weinviertel, die mir die Anlage und wiederholten Inventuren der Untersuchungs- und Versuchsflächen und die Biomassenaufnahmen ermöglichten sowie tatkräftig unterstützten, danken: Mag. Benedikt ABENSPERG und TRAUN, Familien Ing. Hans und Ing. Herbert KOLLER, Familie Ph. A. SACHSEN-COBURG und GOTHA.

Mein besonderer Dank gilt auch dem FM Dipl.-Ing. Hubert SCHÖFFBERGER, Rfö Ing. Josef HIMMELBAUER, Ofö Martin EXENBERGER und Ofö Ing. Georg NETUSCHEK.

Für die Möglichkeit, die Originaldatensätze von Biomasseninventuren im Mittelwald verwenden zu können, bedanke ich mich, im Bewußtsein der mühsamen Erhebungsarbeiten, bei meinen Studienkollegen und Freunden Dipl.-Ing. Dr. Ewald PERTLIK und Dipl.-Ing. Dr. Norbert PUTZGRUBER.

Für die fachlichen Ratschläge und die gute Zusammenarbeit möchte ich Frau ao. Prof. Brigitte KLUG danken.

Ein besonderer Dank gilt meinem Mitarbeiter und mittlerweile zum Freund gewordenen Dipl.-Ing. BELLOS Panagiotis für seine tatkräftige und selbstlose Mitarbeit am Aufbau und der kontinuierlichen Erweiterung des Biomasseninventars.

Ich bedanke mich herzlichst bei meinen Studienkollegen und Freunden Dr. Dipl.-Ing. Reinhard HAGEN und Dipl.-Ing. Heinz STEINDL, welche mir mit Rat und Tat in schwierigen Situationen geholfen haben, das „gesuchte“ Probenmaterial und die Wege zu den Waldbesitzern zu finden.

Ao.Univ. Prof. Dr. Hans-Peter LANG bin ich für sein persönliches Interesse an der Arbeit, seinen fachlichen Rat und der kritischen Durchsicht des Manuskripts dankbar.

Meinem Kollegen Dipl.-Ing. Karl SCHUSTER (Landes-Landwirtschaftskammer Niederösterreich), und Dipl.-Ing. Klaus GOTSCHY (Landesforstdirektion Niederösterreich) bin ich für deren kontinuierliche und unbürokratische Unterstützung bei den Grundlagenerhebungen zu Dank verpflichtet.

Ein Dank gilt den Institutsleitern Prof. Dr. Josef SPÖRK und ao.Prof. Dr. Manfred LEXER für den gewährten Freiraum, sowie allen MitarbeiterInnen am Institut für Waldbau die gewährten und wenn notwendig, kurzzeitigen Unterstützungen.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn em. Prof. Dr. Anton KRAPFENBAUER, der mich seit vielen Jahren in kritischer und fordernder Weise unterstützt und mir über manche schwierige Situationen hinweghalf. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts und wertvollen Diskussionen und Anregungen bin ich sehr dankbar.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinem Freund Mag. Michael MATTES für die Durchsicht des Manuskripts.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meiner Lebenspartnerin Andrea für Ihre Geduld und monatelange Rücksichtnahme, aber auch für die großartige und tatkräftige Unterstützung der Arbeit und Durchsicht des Manuskriptes liebevoll bedanken. Auch bei meinen Kindern bedanke ich mich für ihre Ausdauer und ihr „geduldiges Warten“ während meiner Arbeit.

Wien, Dezember 2008

Eduard Hochbichler

INHALT

1	Einleitung und Problemstellung	11
2	Literaturbearbeitung	13
2.1	Der „Mittelwald“ – Kombination aus Nieder- und Hochwald	13
2.2	Vegetative Vermehrung	13
2.3	Der „typische“ Mittelwald	14
2.4	Niederwald mit Überhältern	20
3	Zielsetzung	21
4	Das Untersuchungsgebiet	23
4.1	Allgemeine Lage	23
4.2	Klima	24
4.3	Geologie und Böden	24
4.4	Waldgesellschaften	25
4.5	Waldbewirtschaftung	25
5	Die Untersuchungsbestände	27
5.1	Dauerbeobachtungsflächen	27
5.1.1	Untersuchungsbestände Grandmühl	27
5.1.2	Untersuchungsbestände Tuemling	28
5.2	Temporäre Untersuchungsflächen Inventur Ebenthal	30
5.3	Weitere Untersuchungsflächen für ausgewähltes Datenmaterial	31
6	Erhebungsverfahren	33
6.1	Anlage von Untersuchungsflächen	33
6.1.1	Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen	33
6.1.2	Einrichtung von temporären Untersuchungsflächen der Waldinventur	33
6.1.3	Übersicht über Untersuchungsflächen, Erhebungszeitpunkte und –methoden	34
6.2	Erhebung von Baum- und Strauchmerkmalen	34
6.3	Biomassenerhebungen	36
6.3.1	Oberirdische Biomassenkompartimente	36
6.3.2	Streifalluntersuchungen	36
6.3.3	Blattmerkmale	37
7	Datenauswertung und –material	39
7.1	Ermittlung der Biomassen von Bäumen und Sträuchern	39
7.2	Ermittlung der Blattflächen	40
7.3	Ermittlung der Bestandeskennwerte	41
7.3.1	Stammzahl	42
7.3.2	Grundfläche (in 130 cm Schafthöhe)	42
7.3.3	Grundfläche in 10 cm Schafthöhe	43
7.3.4	Überschirmungsprozent	44
7.3.5	Höhenkurven	45
7.3.6	Durchmesser der Grundflächenmittelstämme und Mittelhöhen	45
7.3.7	Baum- und Strauchartenzusammensetzung und Vermehrungsarten	46
7.3.8	Holzvolumenvorrat	46
7.3.9	Oberirdischer Biomassenvorrat	46
7.3.10	Wurzelbiomassenvorrat	48
7.3.11	Ermittlung des Importanzwertes	48
7.3.12	Ermittlung der Streifallproduktion	48
7.3.13	Ermittlung des Blattflächenindex	48

7.3.14 Bestandeskollektive, Durchmesser- und Höhenstruktur	48
7.3.15 Ermittlung von Zuwachs- und Produktivitätskennwerten	49
7.3.16 Ermittlung der Nettoprimärproduktion	50
7.4 Ermittlung von Einzelbaummerkmalen	51
7.4.1 Ermittlung der Kronenkennwerte	51
7.4.2 Ermittlung der astfreien Schaftlänge (Qualitätshöhe)	52
7.4.3 Ermittlung des h/d-Wertes	52
7.4.4 Datenmaterial	53
7.5 Ermittlung der Stammzahlhaltungskurve	54
7.6 Vorgehensweise bei der betriebswirtschaftlichen Bewertung	55
7.7 Übersicht über die Untersuchungsschwerpunkte und -bestände	57
7.8 Datenauswertung und -darstellung	57
8 Ergebnisse	59
8.1 Gesamt-Biomassen und Biomassenkompartimente von Bäumen und Sträuchern	59
8.2 Spezifische Blattflächen von Bäumen und Sträuchern	64
8.2.1 Baum- und Strauchinventur	64
8.2.2 Streusammler	65
8.3 Bestandesstruktur und -entwicklung	66
8.3.1 Stammzahlen und -verteilungen	66
8.3.1.1 Mittelwaldbestände	66
8.3.2.1 Niederwaldbestände mit Überhältern	73
8.3.2 Grundflächen in 130 cm und 10 cm Schafthöhe	76
8.3.2.1 Mittelwaldbestände	76
8.3.2.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	81
8.3.3 Überschirmungsprozent des Oberholzes	83
8.3.3.1 Mittelwaldbestände	83
8.3.3.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	86
8.3.4 Baum- und Straucharten und deren Verteilung	87
8.3.4.1 Mittelwaldbestände	87
8.3.4.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	99
8.3.5 Durchmesser und Höhen (ohne Sträucher)	105
8.3.5.1 Mittelwaldbestände	105
8.3.5.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	107
8.3.6 Vermehrungsarten	109
8.3.6.1 Vermehrungsartenverteilung	109
8.3.6.1.1 Mittelwaldbestände	109
8.3.6.1.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	114
8.3.7 Höhen- und Durchmesserentwicklung in 10 cm Schafthöhe im Unterholz	115
8.3.8 Holzvolumenvorrat	122
8.3.8.1 Mittelwaldbestände	122
8.3.8.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	126
8.3.9 HolZRindenbiomassen	126
8.3.9.1 Mittelwaldbestände	126
8.3.9.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	129
8.3.10 Wurzelbiomassen	130
8.3.10.1 Mittelwaldbestände	130
8.3.10.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	133
8.3.11 Blattmassen	134

8.3.11.1 Mittelwaldbestände	134
8.3.11.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	137
8.3.12 Biomassenkompartimentverteilungen	138
8.3.12.1 HolZRinden-, Wurzelbiomassen- und Blattmassenprozent	138
8.3.12.1.1 Mittelwaldbestände	138
8.3.12.1.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	140
8.3.13 Blattfläche	140
8.3.13.1 Mittelwaldbestände	140
8.3.13.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	143
8.4 Biomassen und Blattflächen bei einer Kluppschwelle von 5 cm	145
8.4.1 Mittelwaldbestände	145
8.4.2 Niederwaldbestände mit Überhältern	148
8.5 Betriebsklassenstrukturen im Revier Ebenthal	150
8.6 Schätzung von Nutzungsmengen und Auswirkungen waldbaulicher Eingriffe	157
8.6.1 Nachlichtungshiebe und Veränderung des Totholzdepots	157
8.6.2 Schätzung von Nutzungsmengen	159
8.6.3 Auswirkungen der Pflegeeingriffe in den Untersuchungsbeständen Tuemling	160
8.6.3.1 Importanzwert	160
8.6.3.2 Biomassenverteilung und Vermehrungsarten	162
8.7 Biomassenzuwachs und Produktivitätsrate	163
8.7.1 Untersuchungsbestände Grandmühl	163
8.7.2 Untersuchungsbestände Tuemling	164
8.8 Biomassenproduktion in Abhängigkeit vom Strauchanteil	166
8.9 Nettoprimärproduktion am Beispiel der Untersuchungsbestände Grandmühl	167
8.9.1 Streufall und -dynamik	167
8.9.1.1 Streuproduktion	167
8.9.1.2 Blattflächenindex und -entwicklung	169
8.9.1.3 Vergleich Streufangmethode und Biomasseninventur	170
8.9.2 Bedeutung der Bodenvegetation in der Jungwuchsphase	171
8.9.3 Nettoprimärproduktion	172
8.10 Analyse von Einzelbaummerkmalen	174
8.10.1 Kronenkennwerte	174
8.10.1.1 Zusammenhang Brusthöhendurchmesser und Kronendurchmesser	174
8.10.1.2 Kronenprozent	175
8.10.1.3 Plumpeitsgrad	177
8.10.2 Astfreie Schafflänge (Qualitätshöhe)	179
8.10.3 H/D-Wert	179
8.11 Stammzahlhaltungskurven und Bestandeskennwerte für den Mittelwald	181
8.11.1 Stammzahlhaltungskurven für den Mittelwald	181
8.11.2 Bestandeskennwerte	182
8.12 Betriebswirtschaftliche Bewertung	183
8.13 Bestandesweise waldbauliche Planung (Fallbeispiele)	186
9 Diskussion und Schlussfolgerungen	193
9.1 Datenmaterial	193
9.2 Biomassenschätzfunktionen für Bäume und Sträucher	194
9.3 Bestandesstruktur	195
9.4 Betriebsklassenstruktur	208
9.5 Biomassenzuwachs und Produktionsbilanzen	208

9.6 Kronenkennwerte und qualitative Merkmale wichtiger Oberholzbaumarten	209
9.7 Waldbauliche Planung und betriebswirtschaftliche Aspekte	212
9.8 Forschungsbedarf und Ausblick	214
10 Folgerungen für die Waldbauplanung und -technik	217
10.1 Produktionsziel und -zeitraum	217
10.2 Waldbautechnik	218
11 Zusammenfassung	221
12 Glossar	225
13 Literaturverzeichnis	229
14 Anhang	239

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Auen- und Landausschlagwälder nehmen in Österreich eine Fläche von 94.000 ha ein, was einem Flächenanteil von 2,4% entspricht. Rund 90% der Ausschlagwälder befinden sich in den Bundesländern Burgenland, Niederösterreich und Wien.

Landausschlagwälder, welche 73% der österreichischen Ausschlagwaldfläche einnehmen, bestocken eine Fläche von rund 70.000 ha. 43% der Landausschlagwälder fallen in die Eigentumsart Kleinwald, 57% werden von Betrieben bewirtschaftet. Da seit 1970 keine weitere Differenzierung nach Betriebsarten erfolgt, wird zur Einschätzung der Bedeutung der jeweiligen Betriebsarten auf die Flächenverteilung der Inventurergebnisse von 1961/70 zurückgegriffen (ECKHART 1975). Damals wurden vom Landausschlagwald 31% als Niederwald, 22% als Mittelwald und 47% als Niederwald mit Überhältern ausgeschieden.

Die Landausschlagwälder haben gegenwärtig ihre größte flächenmäßige Verbreitung im Burgenland (23.000 ha) und in Niederösterreich (41.000 ha). Die Flächenschwerpunkte liegen im nördlichen Burgenland (Leithagebirge) und im nordöstlichen Niederösterreich (Weinviertel). In diesen Regionen, also auf den kollinen und submontanen Standorten im Eichenmischwaldgebiet des pannonischen Ostens Österreichs, hat die Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung eine lange Tradition und ist auch heute noch für die Forstbetriebe von hoher wirtschaftlicher Bedeutung.

Aufgrund des geringen Flächenanteils der Ausschlagwälder am österreichischen Wald wurde den Waldbausystemen des Ausschlagwaldes bei den waldbaulichen Forschungsaktivitäten in den letzten Jahrzehnten keine große Bedeutung beigemessen. Abgesehen von wenigen speziellen waldbaulichen Untersuchungen ist der Wissensstand über diese regionalen Waldaufbauformen sehr gering (MARGL 1982, KRISSEL und ECKHART 1985, KRISSEL und MÜLLER 1989). Untersuchungen über Biomassenressourcen und deren Verteilungen fehlen. Aufgrund der unbefriedigenden Informationen wurden die Diskussionen über betriebliche Zielsetzungen, Waldbaustrategien und zweckmäßiges waldbauliches Vorgehen bei gegebenen Bestandessituationen mit großer Unsicherheit geführt.

Die zyklisch wechselnden Zielsetzungen, beeinflusst durch Überlegungen über die Optimierung der Ertragsfähigkeit (Niederwald vs. Mittelwald vs. Hochwald) und/oder Kalamitäten (Mistelbefall, Eichenerkrankung) haben zu vielfältigen betrieblichen Ausprägungen des Waldaufbaus geführt (KRISSEL und MÜLLER 1989, TIEFENBACHER 1996b, HOCHBICHLER 1997a, HAGEN 2005). Die traditionellen waldbaulichen Zielfindungs- und Planungsprozesse sowie Bewirtschaftungsprogramme für die eichen-dominierten Mittelwälder wurden aufgrund der anhaltenden Vitalitätsverluste der Eichen in den letzten drei Jahrzehnten zunehmend in Frage gestellt (Tiefenbacher 1996b). Damit ging auch der Trend zu sinkender Bedeutung einer geregelten Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung mit Überhältern einher.

Insgesamt kam und kommt es infolge (i) fehlender Pflege oder (ii) Förderung von Edellaubbäumen oder (iii) gezielter Oberholzanreicherung durch längere Unterholzumtriebszeiten oder (iv) irregulärer Hiebseingriffe zu entscheidenden Abweichungen von den Bewirtschaftungsregeln für den Eichenmittelwald, welche schon sehr früh in allen Einzelheiten niedergeschrieben wurden (vgl. HAMM 1900, HARTIG 1877, FRANK 1937, LORENZ-LIBURNAU 1931). Dies gilt auch für den Niederwaldbetrieb mit Überhältern (KRISSEL und MÜLLER 1989). Daraus resultieren auch bedeutende betriebswirtschaftliche Auswirkungen (HOCHBICHLER 1997a, MÜLLER 1997).

Eine Änderung trat im letzten Jahrzehnt ein, als im Zuge der Diskussion über einen anhaltend hohen Bedarf an „wertvollem“ Laubbaumnutzholz (Qualitätsholz aus dem Mittelwald erzielt hohe Erlöse) und an Biomasse für die energetische Verwertung (potenzielle Biomassenressourcen) das Interesse an diesen Waldbausystemen wieder zunahm. Weiters wird diesen traditionellen Waldbewirtschaftungsformen im Rahmen von Naturschutzüberlegungen (FREIST und KLÜSSENDORF 1991, BUCKLEY 1992, BECK 1986, BRAND 1997, GEB et al. 2004, REIF 1996) und als Impulsgeber für die Weiterentwicklung unserer Laubwald – Waldbausysteme (SCHÜTZ und ROTACH 1993) besonderes Augenmerk geschenkt.

Diese „neuen“ Entwicklungen veranlassen viele Waldbesitzer, einerseits über die Möglichkeiten einer Intensivierung der Mittelwaldbewirtschaftung, einer Restrukturierung unbefriedigender mittelwaldähnlicher Bestandesformen (z.B. durchgewachsener Mittelwald, Niederwald mit Überhältern) und andererseits über eine Reaktivierung der Niederwaldbewirtschaftung, welche bisher auf leistungsschwache Standorte beschränkt war, verstärkt Überlegungen anzustellen. Dadurch besteht von seiten der Waldbewirtschaftler gegenwärtig ein hoher Bedarf nach besseren waldbaulichen Kenntnissen über den Ausschlagwald, insbesondere den Mittelwaldbetrieb, wenn es gilt, strategische waldbauliche Ziele zu erarbeiten und bestandesspezifische Entscheidungen für die waldbauliche Behandlung bei sehr vielfältigen Ausgangslagen zu treffen.

Folgende Fragestellungen stehen dabei im Vordergrund:

- a) Welche nachhaltige Produktionsleistung an Biomasse kann erwartet werden ?
- b) Welche Holzprodukte (Nutz-, Industrie-, Energieholz) und Nichtholzprodukte (Kohlenstoff) können unter Beachtung einer nachhaltigen Bewirtschaftung erwartet werden ?
- c) Mit welcher finanziellen Ertragsfähigkeit kann aufgrund der sich verändernden wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wie einem zunehmenden Bedarf an Energieholz, gerechnet werden ?
- d) Welche waldbaulichen Gestaltungsmöglichkeiten sind auf der Basis eines vorgegebenen Bestandszustandes vorhanden ?
- e) Wie sollte bei einer ziel- und zustandsorientierten bestandesweisen waldbaulichen Planung und Umsetzung von Maßnahmen vorgegangen werden, um das Ertragsvermögen auszuschöpfen?

Für die Beantwortung dieser Fragestellungen sind unter anderem die Bereitstellung von Informationen über (i) forstproduktionsökologische Prozesse, (ii) die naturale und finanzielle Ertragsfähigkeit (Nutzholz- und Energieholzanteile) und (iii) eine zielorientierte Vorgehensweise bei der bestandesweisen waldbaulichen Analyse und Planung zur Erhaltung und/oder Restrukturierung nachhaltiger Bestandesformen von besonderer Bedeutung.

Angesichts der unbefriedigenden Kenntnislage, welche auch im nachfolgenden Kapitel bei der Literaturbearbeitung zum Ausdruck kommt, wurden zur Verbesserung der Kenntnisse seit 1996 auf mittelwüchsigen Standorten im Weinviertel permanente und temporäre Untersuchungsflächen angelegt und ein Biomasseninventar für Bäume und Sträucher aufgebaut.

Die in der Literatur dokumentierten Kenntnisse über die Waldbausysteme Mittelwald und Niederwald mit Überhältern sowie Merkmale der vegetativen Vermehrungsarten werden in Kapitel 2 (Literaturbearbeitung) dargestellt. Wissensdefizite im Zusammenhang mit dem bereits erwähnten Informationsbedarf werden aufgezeigt und in Folge zur Formulierung der Zielsetzungen dieser Arbeit herangezogen (Kapitel 3 – Zielsetzung).

2 LITERATURBEARBEITUNG

2.1 DER „MITTELWALD“ –

KOMBINATION AUS NIEDER- UND HOCHWALD

Der **Mittelwald** als eine Kombination von Nieder- und Hochwald, also von Stockausschlägen und Kernwüchsen, stellt eine spezielle Form der Waldbewirtschaftung dar. Diese ermöglicht eine sehr flexibel gestaltbare nachhaltige Produktion von Nutzholz und Brennholz auch auf kleiner Waldfläche. Nach HARTIG (1877) ist der Mittelwald eine „Verbindung der Hochwald- und der Niederwaldwirtschaft auf ein und derselben Fläche, und zwar in der Art, dass über den Niederwaldbeständen die zum nachhaltigen Betriebe der Hochwaldwirtschaft erforderlichen Stammklassen im lichten Stande erzogen werden“.

Die Bestandeskollektive des „**typischen**“ **Mittelwaldes** sind das Oberholz (Oberschicht), welches von Kernwüchsen aufgebaut wird, und das Unterholz (Unterschicht) mit dominierenden Stockausschlägen. Diese beiden Kollektive mit unterschiedlichen Umtriebszeiten, 20 bis 30 Jahre im Unterholz und eine vier- bis fünffache Unterholzumtriebszeit im Oberholz, erzeugen einen zweischichtigen Bestandaufbau. Entsprechend den Unterholzumtriebszeiten sind im Oberholz vier bis fünf verschiedene Altersklassen vertreten.

Ein für Österreich charakteristisches und weit verbreitetes Waldbausystem mit zahlreichen Übergängen im Bestandaufbau stellt der **Niederwald mit Überhältern** dar. Nach KRISSEL und MÜLLER (1989) stellt dieser ebenfalls eine Kombination von Nieder- und Hochwald dar, besitzt aber nicht die für den Mittelwald typische Altersklassenstruktur im Oberholz und hat in der Regel längere Unterholzumtriebszeiten (50 bis 60 Jahre). Das Oberholz besteht im Normalfall aus einer mehr oder weniger großen Anzahl von Überhältern mit 2-fachem Alter des Unterholzes. Um Fehleinschätzungen zu vermeiden, sollte nach KRISSEL und MÜLLER (1989) diese Waldaufbauform klar vom Mittelwald abgegrenzt werden. Auch NYLAND (2002) grenzt innerhalb des Waldbausystems Mittelwald den Niederwald mit Überhältern, der aus zwei Altersklassen besteht, vom ungleichaltrigen „typischen“ Mittelwald mit mehreren Altersklassen ab. „Durchgewachsene“ Mittelwälder oder Niederwälder mit Überhältern, welche als Folge verlängerter Unterholzumtriebszeiten entstanden sind, bilden eine ungleichaltrige Variante der Bestandesform „falscher Hochwald“.

2.2 VEGETATIVE VERMEHRUNG

Bei der Nieder- und Mittelwaldbewirtschaftung macht man sich die Fähigkeit der Bäume zur vegetativen Vermehrung zunutze. Die vegetative Vermehrung über Stockausschlag, Wurzelbrut, Rhizome und Apikalmeristeme kann für die Überlebensfähigkeit eines Individuums unter extremen Bedingungen (Überflutungen, Sommertrockenheit, Feuer, Waldgrenzbereich) eine entscheidende Rolle spielen. Die Fähigkeit zur vegetativen Vermehrung ist bei den Baumarten sehr unterschiedlich ausgeprägt (HARTIG 1877, ESPELTA et al. 1999). Nach JOHNSON et al. (2002) sind Samen- und Stockausschlagsvermehrung zwei Vermehrungsmechanismen oder -taktiken, welche Eichen als Verjüngungsstrategie entwickelt haben. So verjüngen sich die Eichenarten unter ariden Bedingungen fast ausschließlich vegetativ, während auf anderen Standorten eine Kombination beider Vermehrungsarten, bis hin zur Dominanz von generativer Vermehrung, gegeben ist. Die Arten unterscheiden sich substantiell in ihrer Abhängigkeit von der jeweiligen Vermehrungsart (NYLAND 2002). Feuer und andere Faktoren, wie Beweidung oder Trockenheit, können zu Stockausschlag führen (ESPELTA et al. 1999). Auch wechselnde Konkurrenzbedingungen haben einen bedeutenden Einfluss auf den Vermehrungs- und Verjüngungsprozess. Allein die Tatsache des Anstiegs der Ausschlagneigung gleicher Arten unter wärmeren, niederschlagsärmeren klimatischen Gegebenheiten spricht für eine natürliche Anpassung über vegetative Regeneration der Baum- und Straucharten

an Standorte mit geringerer Neigung für die Erneuerung der Arten über Samen (KRAPPENBAUER 1983, ESPELTA et al. 1999). Vorteile auf den zu Sommertrockenheit neigenden Standorten hat die Ausschlagverjüngung gegenüber generativer Verjüngung durch Existenzsicherung der Ausschläge vom gleichen Stock durch Wurzelverbund und Unabhängigkeit vom Wasserhaushalt der obersten Bodenhorizonte (KRISSEL und Müller 1989, KRAPPENBAUER 1983). Je unausgeglichener der Wasserhaushalt eines Standortes, desto sicherer gelingt in trockenen Jahren die Wiederverjüngung des Waldes durch Nutzung des Ausschlagvermögens. Weiters können sich Sträucher aufgrund ihrer Basitonie in jeder Vegetationsperiode von unten her durch Neutriebe („Schößlinge“) verjüngen.

Nur wenige Baumarten bilden Wurzelbrut. HARTIG (1877) gibt eine Übersicht über die Fähigkeit verschiedener Baumarten vom Stock und/oder der Wurzel auszutreiben, sowie deren optimale Umtriebszeit zur Erhaltung der Ausschlagfähigkeit und das Höchstalter der Stöcke bei Einhaltung optimaler Umtriebszeiten. Die Fähigkeit zum Wurzelausschlag schreibt er den Baumarten Pappel, Aspe und Robinie zu. Weiters wird sämtlichen Sträuchern erster Größe Stockausschlagfähigkeit zugeordnet. HAMM (1900) zeigt ebenfalls hohe Fähigkeit zu Wurzelbrutbildung von Aspe, Pappel, Robinie, Vogelbeere, und eine sehr geringe für Eiche, Buche, Hainbuche, Esche, Berg- und Spitzahorn auf. Das Stockausschlagvermögen verschiedener Baumarten beurteilt HAMM (1900) anhand einjähriger Triebe. Nach KRAHL-URBAN (1959) hängt bei der Eiche das Stockausschlagvermögen wesentlich vom Standort und wahrscheinlich auch von der Veranlagung, ganz wesentlich aber vom Alter der Stöcke ab. Für verschiedene Eichenarten in Nordamerika wurde das Ausschlagverhalten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Merkmalen umfassend von JOHNSON et al. (2002) beschrieben. Nach JOHNSON et al. (2002) nimmt der Anteil der Eichenstöcke, die nach einem Hieb ausschlagen, mit dem Alter und zunehmender Standortgüte ab. Die Anzahl und räumliche Verteilung der Ausschläge um den Stock beeinflusst das Wachstum der Stämme.

Das Höhenwachstum hängt von der Ausschlaganzahl pro Stock, dem Stockdurchmesser (Alter), der Überschirmung sowie dem Hiebszeitpunkt ab. Auch NYLAND (2002) weist auf die Abhängigkeit der Stockausschlagskapazität von der Baumart und Baumgröße hin. Als Beispiele führt NYLAND (2002) Untersuchungen von SOLOMON und BLUM (1967) bei Ahornarten an. So ist bei diesen zum Beispiel das Frischgewicht der Stockausschläge pro Stock bei einem Stockdurchmesser von rund 25 cm aufgrund großer Speicherreserven und hoher Nährstoffabsorptionskapazität des Wurzelsystems am höchsten. Auf die abnehmende Stockausschlagskapazität mit zunehmendem Alter der Stöcke und mehrmaligen Umtrieben bei verschiedenen Baumarten weisen zahlreiche Arbeiten hin (KARSARJAN et al. 1974, NYLAND 2002). KARSARJAN et al. (1974) zeigen, dass mit wiederholtem Ausschlag die Höhenwuchsleistung in den ersten Jahren zwar steigt, aber auch früher kulminiert. Analog verhält sich die Volumenleistung. Ab einem Alter von 30 bis 40 Jahren werden die sich ursprünglich langsamer entwickelnden Kernwüchse gegenüber den Stockausschlägen überlegen.

MULOPULOS (1927) untersuchte den Zuwachsgang von Stockausschlägen nach dem zweiten Umtrieb von Eiche, Feldulme und Robinie im Weinviertel. Er kommt zum Schluss, dass die „Anwendung einer Umtriebszeit von 20 bis 30 Jahren im Niederwaldbetrieb am günstigsten für eine längere Erhaltung der Reproduktionsfähigkeit ist, was die Erfahrung bestätigt“. Für die Bewirtschaftung ist auch von Bedeutung, dass die Stockausschlagskapazität eng mit dem Zeitpunkt und der Ausführung des Hiebes verbunden ist. Im allgemeinen gilt, dass die Stöcke nach tiefliegenden, glatten Hieben während der Vegetationsruhe kräftiger ausschlagen als nach Hieben während der Vegetationsperiode.

2.3 DER „TYPISCHE“ MITTELWALD

Strukturmerkmale

Das Verhältnis von Oberholz zu Unterholz wird entscheidend vom Produktionsziel (Nutzholz- zu Brennholzanteil) beeinflusst. Die Umtriebszeiten des Unterholzes betragen durchschnittlich 30 (25–35) Jahre. Dadurch ergibt sich ein schubweiser Verjüngungsprozess. Unterholz und Nachwuchs des Ober-

holzes (Laßreitel und/oder Kernwuchs) erneuern sich überwiegend von selbst durch Kombination von vegetativer und generativer Verjüngung.

Im allgemeinen dominieren Lichtbaumarten im Oberholz und Schatt- (Halblicht-)baumarten im Unterholz. Das Oberholz besteht weitgehend aus Kernwüchsen (generative Verjüngung) oder teilweise auch aus „durchgewachsenen“ Stockausschlägen. Im Unterholz überwiegen vegetativ verjüngte Bäume, wobei im allgemeinen Stockausschläge dominieren, und je nach Pflegeintensität Straucharten beigemischt sind. Als Nachwuchs für das Oberholz ist ein entsprechender Anteil von Kernwüchsen im Unterholz erforderlich.

Für die Aufrechterhaltung einer nachhaltigen Produktivität des Unterholzes muss ein Teil der Stöcke nach jedem Hieb durch Kernwüchse ersetzt werden (KRAPPENBAUER 1983, KRISSEL und MÜLLER 1989, NYLAND 2002). Bei dominierender Verjüngung durch Stockausschlag auf der Fläche verändert sich die räumliche Verteilung der „Bäume“ wenig (NYLAND 2002). Infolge des großen Wurzelsystems an jedem Stock, aber insbesondere durch die Mobilisierung der gespeicherten Reservestoffe, bildet sich nach dem Hieb im Winterhalbjahr im Frühjahr ein vitaler Stockausschlag, welcher die Entwicklung von Kernwüchsen stark beeinträchtigt. Er ist oft so stark, dass die Schlagfläche bereits am Ende der ersten Vegetationsperiode fast wieder vollbedeckt erscheint. Der Kronenüberschirmungsgrad sollte in der Verjüngungsphase rund 0,2 bis 0,4 betragen.

Über Ansamung, Ausschlagsverhalten, Etablierung und Jungwuchsdynamik nach einem Mittelwaldhieb im Weinviertel konnten mit den Untersuchungen von KLUG (2001), PILZ (2002), LIDL (1999), HAGEN (2005) und HOCHBICHLER (2003) wichtige waldbauliche Kenntnisse erarbeitet werden. Auswirkungen waldbaulicher Eingriffe in der Jungwuchs- und Dickungsphase des Unterholzes und von Dickungen wurden von LASCHOBBER (2000) und BELLOS (2000) untersucht.

Obwohl für eine zielorientierte und rationelle Jungbestandspflege fundierte Kenntnisse über die Konkurrenzverhältnisse zwischen Bodenvegetation, Kernwüchsen und Stockausschlägen von Bäumen und Sträuchern eine entscheidende Rolle spielen, ist der Wissensstand darüber unbefriedigend.

Charakteristisch für die Oberständer ist ihre Entwicklung in den zwei sehr unterschiedlich aufgebauten Bestandeskollektiven Unter- und Oberholz.

Während das Wuchsverhalten und die Kronenentwicklung des Laßreitel-Anwärters in der Unterholzphase durch hohen Dichtstand einem starkem Konkurrenzdruck ausgesetzt ist, wird das Wachstum der Oberständer bei freier Kronenentwicklung durch das periodisch heranwachsende Unterholz beeinflusst. Die rasche Entwicklung des Unterholzes bedeutet zunehmende Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe im Wurzelbereich.

Nach VANSELOW (1948) bewirkt jeder Unterholzumtrieb, dass der Höhenzuwachs der Oberhölzer in den ersten 5 bis 10 Jahren nach der Freistellung gehemmt ist. Weiters verläuft die Durchmesserentwicklung der Oberhölzer viel intensiver als im Hochwald, und die Jahrringe sind viel ungleichmäßiger. Nach Untersuchungen von MARGL (1982) steigt nach der Unterholznutzung das Jahrringbreitenwachstum im Oberholz um rund 30 bis 40%, wobei der maximale Zuwachs im zweiten und dritten Jahr auftritt. Der Einfluss des Unterholzes wird mit zunehmendem Alter der Oberständer geringer. Laßreitel und junge Oberständer (Bhd 15—30 cm) haben eine durchschnittliche Jahrringbreite von 2—3 mm, älteres Oberholz (ab Bhd 35 cm) von 1,4 bis 1,8 mm. Ab der dritten Altersklasse im Oberholz bleiben die Zuwächse mehr oder weniger konstant. MARGL (1982) weist auch darauf hin, dass starke Schwankungsbreiten bei den Zuwächsen vorhanden sind.

MARGL (1982) untersuchte zahlreiche Baummerkmale an Mittelwaldeichen ab dem Laßreitelstadium im Weinviertel. Nach ihm beeinflussen die Konkurrenzsituation im Oberholz und unterschiedliche Standortbedingungen die Kronendurchmesserentwicklung. Der Kronendurchmesser nimmt bei gleichem Brusthöhendurchmesser vom Unterhang zum Oberhang zu. Einflüsse der Unterholzumtriebe konnten nicht nachgewiesen werden. Mit zunehmendem Alter sinkt das Höhen-Kronendurchmesser Verhältnis, da sich die Kronenverbreiterung rascher vollzieht als die Höhenentwicklung. Die astfreie Schafflänge

der Oberholzeichen wird primär von der Höhe des Unterholzes bestimmt. Die Standortsabhängigkeit ist schwächer ausgeprägt. Auch das Höhen-Kronenlängenverhältnis sinkt mit dem Alter. Im Laßreitell stadium kommt es nach MARGL (1982) zur Kronenverlängerung durch Bildung neuer Grobäste unterhalb der Krone (Wasserreiser werden nicht zur Krone gezählt). Danach bleibt die astfreie Schaftlänge konstant. Die Wasserreiserbildungen sind nach Margl (1982) eine Folge der rasch wiederkehrenden Unterholzchübe. Diese werden weiters vom Oberholzvorrat und dem Maisholzstadium beeinflusst und sind nach Baumart und Baumalter zu differenzieren. Kenntnisse über die Entwicklung von Einzelbaummerkmalen potenzieller Laßreitell und Oberständer im Mittelwaldbetrieb fehlen.

Die betriebswirtschaftliche Bewertung des Mittelwaldbetriebes fällt sehr unterschiedlich, teilweise sogar widersprüchlich aus. Nach VANSELOW (1948) bleibt der Mittelwald in der Wertleistung gegenüber dem Hochwald zurück, da das Oberholz in der Qualität zurückbleibt. Nach ihm beträgt der Reisholzanteil im Oberholz das 2- bis 3-fache des Hochwaldes. Die Oberholzstämmen besitzen meist einen starken Wurzelaufstieg, wenn sie aus geförderten Stockausschlägen entstanden sind, und sind stark abholzig. Der äußerlich astfreie Stammteil ist kurz und die innere Astreinheit ist nicht so gut wie beim Hochwaldstamm (VANSELOW 1948). Als Vorteil bleibt dem Oberholzstamm nur die kürzere Produktionszeit durch den Lichtungszuwachs bei freiem Stand der Oberholzbäume. Nach SCHÜTZ und ROTACH (1993) erbringt der Mittelwald auf wuchskräftigen Standorten, im Vergleich zum Hochwald mit denselben Baumarten, geringere Wuchs- und nur eine mäßige Wertleistung. Der Mittelwald liefert im besten Fall 70% Brennholz und die Wertleistung ist fünf- bis zehnmals geringer als diejenige einer Hochwaldbestockung. Für eine Verbesserung dieser Situation bieten sich, vor allem auf guten Standorten, die Überführung in Hochwald oder der Aufbau eines lichten Hochwaldes an (SCHÜTZ 2001).

Nach GRÜTZ (1986) fielen im Stadtwald Iphofen, bei einer Erntemenge von 2,5 Efm ohne Rinde pro Jahr und ha, rund 68% Brennholz und 32% Stammholz an. Hingegen wurde im Hochwaldbetrieb das rund 2,2-fache genutzt, wobei rund 60% Stammholz anfielen. Insgesamt errechnete sich im Mittelwaldbetrieb ein durchschnittlicher Reinertrag von 14 €·ha⁻¹·yr⁻¹ (MAYER 1986). GRÜTZ (1986) wies aber auch darauf hin, dass der Biomassenertrag recht hoch ist und die Wertleistung gut gepflegter Oberhölzer beachtlich sein kann. Die Sorten- und Baumartendiversität kann auch auf kleineren Flächen sehr gut sein, was besonders für Kleinwaldbesitzer interessant ist. BURSCHEL und HUSS (2003) weisen aber auch darauf hin, daß im Mittelwald die unteren Schaftstücke bei entsprechenden Durchmesser sehr hochwertiges Holz liefern können. EBERTS (1950), WILHELM et al. (1999) sowie SPIECKER und SPIECKER (1988) weisen auf das mögliche Wertpotenzial freistehend wachsender Mittelwaldbäume hin. LE GOFF (1984) erarbeitete Grundlagen für die Bestimmung der Produktivität von Mittelwäldern.

Als Nachteile der Betriebsart sieht GRÜTZ (1986) die geringe Nachfrage nach Brennholz, den geringen Stammholzanteil des Oberholzes, die Entwertung des Oberholzes durch Wasserreiserbildung nach Freistellung und die geringen Möglichkeiten der biologischen Automation. Nach BURSCHEL und HUSS (2003) gibt es für die klassischen Formen des Nieder- und Mittelwaldes keine wirtschaftlich sinnvolle Bedeutung mehr.

Es werden folgende Möglichkeiten vorgeschlagen: i) Erhaltung durch betriebsartgemäße Behandlung, ii) Belassung ohne weitere Behandlung auf schlechtwüchsigen Standorten iii) Überführung und/oder Umwandlung in Hochwald. HOCHBICHLER (1997a) stellte auf der Basis vorliegender Sortenverteilungen Kalkulationen hinsichtlich der wirtschaftlichen Leistung von Nieder- und Mittelwäldern sowie hochwaldartigen Beständen an. Auf den ertragsschwachen Standorten im pannonischen Osten waren nach diesen Kalkulationen keine positiven Deckungsbeiträge zu erwirtschaften. Auf den mittel- bis besserwüchsigen Standorten nahmen die Deckungsbeiträge von der Nieder- zur Mittelwald- und hochwaldartigen Bewirtschaftung um das 3- bis 7-fache zu. Dies waren bisher Grundlagen für die Umwandlung/Überführung von niederwaldartigen (oberholzarmen) Strukturen in oberholzreiche (hochwaldartige) Strukturen. Bemerkenswert ist aber, dass mit den bisher praktizierten Behandlungsmethoden das Wertleistungspotenzial innerhalb des Mittelwaldbetriebes selbst nur zu etwa 60% ausgenützt wird (HOCHBICHLER et al. 2001, HOCHBICHLER 2003). BALLY (1999) kam bei ihrem Wertschöpfungsvergleich der Betriebsarten Niederwald, Mittelwald und Hochwald zum Schluss, dass bei der Niederwaldbewirtschaftung auch bei günstigen Standortverhältnissen keine kostendeckende Bewirtschaftung möglich ist. Nach ihren Berechnungen konnte auf mageren Standorten (Gesamtwuchsleistung 4 fm·yr⁻¹·ha⁻¹) für

den Mittelwaldbetrieb im Gegensatz zum Hochwaldbetrieb ein positiver Erfolg erzielt werden. Auffallend ist, dass trotz des verstärkten Interesses am Mittelwald eine betriebswirtschaftliche Bewertung dieses Waldbaupsystems auch im Vergleich zum Niederwald nach den „neuen“ ökonomischen Rahmenbedingungen bisher unterblieb.

Als Nachteil dieser Betriebsart wird von zahlreichen Autoren der mit der Biomassenentnahme verbundene hohe Nährstoffzug durch die periodische Unterholznutzung genannt (CROWTHER und EVANS 1984, KRAPPENBAUER 1989, BURSCHEL und HUSS 2003). Wichtige Grundlagen für die Bewertung von kritischen Biomassen- und Nährstoffzügen sind die Quantifizierungen der inneren und äußeren Kohlenstoff- und Nährstoffkreisläufe. Die Kenntnisse der Biomassenstrukturen sind dabei Schlüsselparameter (KRAPPENBAUER und HOCHBICHLER 2004).

Biomassen- und Nährstoffverhältnisse in Mittelwäldern wurden von KESTEMONT (1971), DUVIGNEAUD et al. (1971) und ANDRE und PONETTE (2003) dargestellt. Von ANDERSSON (1971) liegt die Beschreibung der Biomassenverhältnisse für einen mehrschichtigen 150-jährigen Laubmischwald mit Eiche vor. RADEMACHER et al. (2001) beschrieben die Nährstoffkreisläufe in einem Eichenwald-Ökosystem. Eine umfassende und hervorragende Darstellung der produktionsökologischen Grundlagen in einem pannonisch beeinflussten Waldökosystem erfolgte anhand der Untersuchungen in einem 65–70-jährigen Traubeneichen-Zerreichenmischwald im „Sikfökut“ (JAKUCS 1985). Strukturmerkmale und Produktionsgrundlagen wurden von WHITTAKER und WOODWELL (1968, 1969) anhand von detaillierten Biomasseninventuren von Bäumen und Sträuchern in einem Eichen-Kiefernwaldökosystem erarbeitet. In unterschiedlich aufgebauten Mittelwaldbeständen im Weinviertel wurden von HAUPOLTER (1991) und BERGER (1991) Streufalluntersuchungen in älteren Mittelwaldbeständen für die Erarbeitung von Nährstoffbilanzen durchgeführt. Eine Beschreibung von Biomassenverhältnissen in der Jungwuchsstufe wurde von BELLOS (2000) vorgenommen.

Einzelbaumschätzfunktionen für Schaft- und Astkompartimente von Eichen in Mittelwäldern erarbeiteten BISCH (1987), BISCH und AUCLAIR (1988) sowie ANDRE und PONETTE (2003). Letztere leiteten auch Funktionen für Hainbuche ab. BISCH und AUCLAIR (1988) stellten auch einen Vergleich mit der Biomassenstruktur von Hochwaldeichen an. Sie ermittelten an Mittelwaldeichen ein Verhältnis von Stamm- zu Kronenbiomasse von rund 2:1, während sie bei Hochwaldeichen ein Verhältnis von etwa 4:1 feststellten. Auf derzeit vorhandene Schwächen bei der Erarbeitung und Verwendung von Schätzfunktionen für verschiedene Kompartimente und Baumarten in unterschiedlich strukturierten (ungleichaltrigen) Beständen weisen GROTE et al. (2003) hin. Diese gelten insbesondere auch für die Schätzung der baum- und bestandesbezogenen Produktivität, Blattmassen- und Blattflächenentwicklung (LERCH 1991).

Wie aus der Literaturbearbeitung erkennbar, ist das Wissen über die Biomassenstrukturen von Einzelindividuen (Bäumen und Sträuchern) und Beständen für die Mittelwaldbewirtschaftung unter Berücksichtigung zeitlicher Veränderungen sehr gering. Dadurch wird die Bereitstellung von Informationen über die Biomassenverhältnisse und Nutzungspotenziale für Mittelwaldbestände sowie deren produktionsökologische Prozesse sehr erschwert.

Waldbauliche Planung und Waldbautechnik

Die Mittelwaldbewirtschaftung erhielt sehr früh ein detailliertes Regelwerk und ist eines der ersten Beispiele für nachhaltige Forstwirtschaft (SCHÜTZ 2001). Das Prinzip des Mittelwaldes beruht auf einer nachhaltigen Stammzahlverteilung nach Altersklassen (Durchmesserklassen) im Oberholz, und einer ausreichenden Anzahl von Nachwuchsstämmen (Laßbreitel-Anwärtern) im Unterholz. Die Zahl der Laßbreitel zur Erneuerung des Oberholzes ist daher der Ausgangspunkt für die theoretische Berechnung der Zahl an jungen Kernwüchsen, die zur nachhaltigen Sicherung des Nachwuchses für das Oberholz erforderlich ist. Nach SCHÜTZ (2001) erstaunt nicht, dass die von GURNAUD entwickelte Kontrollmethode direkt von seiner Sorge um die nachhaltige Bewirtschaftung des Mittelwaldes abgeleitet werden kann.

Der Schirmflächenanteil des Oberholzes und dessen Steuerung wird über das Verhältnis Oberholz zu Unterholz, das Verjüngungsziel, die Erhaltung einer ausreichenden Anzahl von vitalen und qualitativ entsprechenden Nachwuchsbäumen und die gewünschte Unterholzentwicklung definiert.

Für eine theoretische Ableitung einer nachhaltigen Stammzahlverteilung nach Altersklassen im Oberholz wurden von HARTIG (1877) und HAMM (1900) zwei unterschiedliche Vorgehensweisen gewählt. HARTIG (1877) schlägt für eine nachhaltige Stammzahlverteilung im Oberholz feste Stammzahlverhältnisse für die Altersklassen vor (Oberholzfaktor), während HAMM (1900) gleiche Schirmflächenanteile für jede Alters-(Durchmesser)stufe fordert. Beide Verfahren orientieren sich an Vorgaben hinsichtlich Oberholz-Überschirmungsprozenten, Zieldurchmesser und Pflegeeingriffen in den jüngeren Altersklassen. Bei der Methode der gleichen Schirmflächenanteile jeder Oberholzklasse (HAMM 1900) werden, bei definierter Überschirmung des Oberholzes, die Stammzahlen in den jeweiligen Alters-(Durchmesser)klassen aus dem Standraumbedarf des Einzelbaumes bei gegebenem Durchmesser und dem angestrebten Erntedurchmesser abgeleitet.

Für die Beschreibungen „idealer“ Mittelwaldstrukturen werden von zahlreichen Autoren für verschiedene Wuchsregionen (Standorte) und Zielsetzungen die Vorratsverhältnisse (vorratsarmer, -normaler und -reicher Mittelwald) herangezogen. Die Empfehlungen basieren überwiegend auf dem Modell von HAMM (1900). MAYER (1984) unterscheidet vorratsreiche ($200\text{--}400 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$), typische ($100\text{--}200 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$) und vorratsarme ($50\text{--}100 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$) Aufbauformen. MARGL (1982) schlägt für die Klassifizierung der Weinviertler Mittelwälder Derbholtzvorräte vor Hieb von $40 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$ für vorratsarme, $80 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$ für vorratsnormale und $120 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$ für vorratsreiche Bestände vor. Nach LORENZ-LIBURNAU (1931) soll für normal bevorratete Mittelwälder im Weinviertel ein Vorrat von rund $80 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$ angestrebt werden. Dadurch wird ein Brennholzertrag von rund $50 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$ sichergestellt. GRÜTZ (1986) spricht von oberholzarmen Mittelwäldern, wenn der Oberholzvorrat weniger als $200 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$ beträgt, und von oberholzreichen, wenn der Vorrat $200 \text{ fm}_d \cdot \text{ha}^{-1}$ überschreitet. SCHAEFFER (1951) empfiehlt eine Vorratshöhe nach dem Hieb von 60 bis $90 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ Derbholtz.

VANSELOW (1948) definiert die Mittelwälder über das Oberholzüberschirmungsprozent (oberholzarm 33%, normal bevorratet 50%, oberholzreich 75%). Schütz (2001) hält fest, daß bei Vergleichen den Merkmalen Überschirmung und Stammzahlverteilung gegenüber jenem der Vorratshöhe der Vorzug gegeben werden sollte. Um ausreichenden Nachwuchs zu sichern, fordert Hartig (1877) ein Überschirmungsprozent des Oberholzes vor Abtrieb von 50% und nach dem Abtrieb von 25 bis 30%. SCHAEFFER (1951) empfiehlt einen Deckungsgrad nach Hieb von 0,3 und PERRIN (1954) von 0,2 bis 0,3. Bei Verdoppelung des Deckungsgrades im Laufe einer Umtriebszeit errechnet sich ein Deckungsgrad von 0,4 bis 0,6 vor dem Mittelwaldhieb. In Frankreich spricht man vom „Mittelwald-Gleichgewicht“ bei einer Überschirmung des Oberholzes von 2/3 vor und 1/3 nach dem Hieb.

Tab. 2.3–1: Modell Mollmannsdorf nach KRISSEL und MÜLLER (1989) für vorratsnormale Mittelwälder mit 30-jähriger Unterholzumtriebszeit (Bhd = mittlerer Bhd [cm] der Altersklasse, N = Stammzahl [$\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$], KFL = Kronenfläche [$\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$], G = Grundfläche [$\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$]).

Table 2.3–1: Model Mollmannsdorf after KRISSEL and MÜLLER (1989) for coppice with standards stands with a normal growing stock and a rotation period of 30 years for the underwood (Bhd = mean dbh (cm) of the age class, N = stem number [$\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$], KFL = crown projection area [$\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$], G = basal area [$\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$]).

Altersklasse Jahre	nach HARTIG (1876)					nach HAMM (1900)		
	Alter (Jahre)	Bhd (cm)	N [$\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$] vor Hieb	N [$\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$] Hieb	N [$\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$] nach Hieb	N [$\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$] vor Hieb	N [$\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$] Hieb	N [$\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$] nach Hieb
I (0–30)	30	15	(72)		36	(60)		30
II (30–60)	60	25	36	18	18	30	13	17
III (60–90)	90	35	18	6	12	17	6	11
IV (90–120)	120	45	12	6	6	11	4	17
V (120–150)	150	61	6	6	0	7	7	30
		SUM	72	36	72	65	30	65
KFL [$\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$]*			5.193		2.660	5.000		2.813
G [$\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$]			8,9	5,0	3,9	10,8	5,1	5,7

[* Kronenflächen = quadratisch]

VANSELOW (1948) empfiehlt ein Stammzahlverhältnis von Laßreitel (1u) zu Oberständer (2u) und Hauptbaum (ab 3u) von 100:60:30. Der Autor weist darauf hin, dass die edlen Laubhölzer ihre Zielstärke in 3 Unterholzumtriebszeiten (60 bis 90 Jahre) erreichen und die Eiche im Alter von 5 bis 6 Unterholzumtriebszeiten (100 bis 180 Jahre).

CROWTHER und EVANS (1984) empfehlen ein Übersicherungsprozent des Oberholzes von 40% und eine Stammzahlverteilung für vier Altersklassen von 50, 30, 13 und 7 N.ha⁻¹. Die Länge der Umtriebszeit des Oberholzes hängt vom Zieldurchmesser ab und beträgt im allgemeinen bei Eiche 100–130 Jahre (5–6 Umtriebe) und bei Esche 60–100 Jahre (3–5 Umtriebe). COCHET (1971) empfiehlt für die Durchmesserstufen 3–16, 16–41 und 41–85 cm Stammzahlen von 104, 60 und 30 N.ha⁻¹.

LORENZ–LIBURNAU (1931) sieht für Mittelwälder im Weinviertel mit hohem Stellenwert der Brennholzproduktion bei fünf Unterholzumtrieben ein Stammzahlverhältnis in den Altersklassen von 100:50:33:25 zur Mitte der Maisholzumtriebszeit vor. Für normal bevorratete Mittelwälder im Weinviertel soll im Oberholz ein Vorrat von rund 80 fm_a.ha⁻¹ bei einer Stammzahl von 90 N.ha⁻¹ und einer Grundfläche von 8 m².ha⁻¹ angestrebt werden. Dadurch wird ein Brennholzertrag von rund 50 fm_a.ha⁻¹ sichergestellt.

MARGL (1982) veranschlagt für 6 Unterholzumtriebe zur Mitte der Unterholzumtriebszeit ein Verhältnis ab dem zweiten Umtrieb von 10,2:3,5:2,1:1,4:1.

KRISSL und MÜLLER (1989) entwickelten für den Mollmannsdorfer Wald ein auf den Modellüberlegungen von HARTIG (1877) und HAMM (1900) basierendes Mittelwaldmodell für ein Übersicherungsprozent von 50% und einen Zieldurchmesser von 61 cm. Die Stammzahlverteilungen in den Altersklassen zeigen zwischen den beiden Modellansätzen nach HARTIG (1876) und HAMM (1900) geringe Unterschiede. Die Nutzungsraten von 36 bis 50% in den jeweiligen Altersklassen erlauben ausreichend Pflege- und Regulierungseingriffe. Nach dem Modell von HARTIG (1877) ergibt sich bei fünf Unterholzumtrieben ab der zweiten Altersklasse ein Stammzahlverhältnis von 6:3:2:1 und nach HAMM (1900) ein Stammzahlverhältnis von 4,3:2,7:1,8:1.

Das in Tabelle 2.3–1 dargestellte Modell basiert auf fünf Eichenoberholzaltersklassen bei Unterholzumtriebszeiten von 30 Jahren. KRISSL und MÜLLER (1989) rechnen mit durchschnittlichen Jahrringbreiten der Oberholzeichen von 3 bis 4 mm. Die Kronenschirmflächen werden aus der Beziehung Kronenbreite und Durchmesser für Mittelwaldeichen geschätzt (KRISSL und MÜLLER 1989). Grundlage der Modelle bilden Altersklassen, deren Anzahl ein Vielfaches der Unterholzumtriebe beträgt und den Altersklassen zugeordnete Stärkeklassen.

Die derzeit vorliegenden Modelle und Bewirtschaftungsrichtlinien für den Mittelwald im Osten Österreichs, welche auf Alterklassenverteilungen beruhen, zielen auf die Behandlung eichendominierter Bestände ab. Die Veränderungen des Bestandesaufbaus, insbesondere der Baumartenzusammensetzung im Oberholz und das damit verbundene unterschiedliche baumartenspezifische Wuchsverhalten, werden deren Anwendung zusehends erschweren. Weiters fehlen waldbauliche Bewirtschaftungsrichtlinien, welche die Erhaltung der Mittelwaldstrukturen auch bei verschiedenen Baumartenzusammensetzungen im Oberholz gewährleisten und Möglichkeiten für die Restrukturierung (Überführung) unbefriedigender Waldaufbauformen bieten können.

Neben diesen Arbeiten liegen für die Bewirtschaftung ungleichaltriger Laubmischwälder von zahlreichen Autoren (NYLAND 2002, KERR 2002, JOHNSON et al. 2002, SCHÜTZ 2001) Empfehlungen für die Erarbeitung und Anwendung von „idealen“ Stammzahlverteilungskurven, basierend auf der negativen Exponentialfunktion von MEYER (1933) vor. Diese wiederum ist identisch mit der Durchmessererverteilungskurve nach F. DE LIOCOURT (1898) für Plenterbestände. Für Waldbestände, in denen mangels längerfristiger Beobachtungsreihen noch keine nachhaltige Struktur identifiziert werden konnte, kann nach NYLAND (2002) eine solche Stammzahlverteilungskurve ein zweckdienliches interimistisches Instrument für die Hiebskontrolle darstellen.

2.4 NIEDERWALD MIT ÜBERHÄLTERN

In der Regel ist im Oberholz nur eine Altersklasse mit doppeltem Alter des Unterholzumtriebes mit Umtriebszeiten von 50 (60) Jahren vorhanden (KRISSEL und MÜLLER 1989). Wie bereits in Kapitel 2.1 erwähnt, deckt diese Bestandesform aufgrund ihrer unterschiedlichen Ausgangslagen einen breiten strukturellen Rahmen ab. Sie kann einerseits das Ergebnis einer „geregelten“ Bewirtschaftung sein, aber andererseits auch das Ergebnis einer Mittelwaldbewirtschaftung, die zum Verlust der nachhaltigen Oberholzstruktur führte und/oder einer Niederwaldbewirtschaftung, bei welcher gezielt eine höhere Anzahl von Oberstämmern als für Samenbäume erforderlich, belassen wurde.

Für die Regelung der Stammzahlen ist analog zum Mittelwald von einem Überschirmungsprozent von 50% vor dem Hieb und von 30% nach dem Hieb auszugehen. Nach Modellberechnungen für eichendominierten Überhalt bei einem Unterholzumtrieb von 50 Jahren kann davon ausgegangen werden, dass je nach Bonität nur mit 30 bis 50 Bäumen je ha bis ins Alter von 100 Jahren der Bereich günstiger Überschirmung nicht wesentlich überschritten wird. Dafür ist jedoch zu Beginn des Überhalts im Alter von 50 Jahren eine Oberholzüberschirmung von unter 10% Voraussetzung. Bei einer längeren Überhalt–Umtriebszeit von 120 Jahren (Unterholzumtrieb 60 Jahre) und besserer Standortbonität muss die Stammzahl der Überhälter deutlich unter 30 Bäume pro ha zurückgenommen werden.

3 ZIELSETZUNG

Die **Hauptzielsetzung** liegt in der Erweiterung der waldbaulichen Kenntnisse für eine ziel- und zustandsorientierte Bewirtschaftung von Mittelwäldern bei unterschiedlicher Baumartenzusammensetzung im Oberholz und unter besonderer Berücksichtigung der Biomassenressourcen und deren Entwicklung.

Dadurch sollen die waldbaulichen Entscheidungshilfen für eine bestandesorientierte waldbauliche Planung und Umsetzung von Maßnahmen verbessert werden. Der Darstellung von Möglichkeiten zur Restrukturierung unbefriedigend aufgebauter Bestandesformen, wie zum Beispiel jene von Niederwäldern mit Überhältern, sollte besondere Bedeutung zukommen.

In dieser Arbeit wurde besonderes Augenmerk auf folgende Teilziele gelegt:

- a) Erarbeitung von oberirdischen Biomassenschätzfunktionen für wichtige Biomassenskompartimente von waldbaulich bedeutsamen Baum- und Straucharten in den Untersuchungsbeständen
- b) Eingehende, um die Biomassenverhältnisse erweiterte, waldbauliche Strukturanalyse der Untersuchungsbestände
- c) Darstellung von Produktionskenngrößen wie Biomassenzuwachs, Produktivitätsrate und Nettoprimärproduktion
- d) Beschreibung der Vorgehensweise zur Schätzung von Nutzungs- und Rücklassmengen und Darstellung von Auswirkungen von Pflegemaßnahmen im Unterholz
- e) Analyse von Einzelbaummerkmalen (Dimension, Qualität) wichtiger Oberholz-Zielbaumarten
- f) Erarbeitung eines Mittelwaldmodells unter Bedachtnahme einer künftigen Änderung der Baumartenzusammensetzung im Oberholz
- g) Beschreibung einer Vorgehensweise für eine bestandesweise, ziel- und zustandsorientierte waldbauliche Planung und Maßnahmenumsetzung

Die vorliegende Arbeit ist als **waldbauliche Leituntersuchung** unter besonderer Berücksichtigung produktionsökologischer Grundlagen angelegt, die sich auf das im letzten Jahrzehnt erhobene Datenmaterial von permanenten und temporären Untersuchungsflächen stützt.

Als Orientierungshilfe wird der weitere Aufbau der Arbeit kurz vorgestellt :

In den Kapiteln 4 und 5 werden das Untersuchungsgebiet und die Untersuchungsflächen und -bestände vorgestellt. Im Kapitel 6 wird die Vorgehensweise zum Erreichen der Zielsetzungen dargelegt. Datenmaterial und Datenauswertung werden in Kap. 7 beschrieben.

Der Ergebnisteil (Kap. 8) gliedert sich in 13 Abschnitte. In den beiden ersten Kapiteln (8.1. und 8.2) werden Biomassenschätzfunktionen für wichtige Bäume und Sträucher abgeleitet und Blattmerkmale beschrieben. Biomassen- und Blattflächenverhältnisse bilden einen wesentlichen Bestandteil der waldbaulichen Strukturanalyse von Beständen (Kap. 8.3) und Betriebsklassen (Kap. 8.5). Im Kapitel 8.3 werden aus Gründen der Übersichtlichkeit die Bestandesmerkmale getrennt nach den Mittelwaldbeständen und Niederwaldbeständen mit Überhältern gruppiert dargestellt. Im Kap. 8.4 erfolgt die Darstellung der Biomassen- und Blattflächenverhältnisse bei Berücksichtigung einer Kluppschwelle von 5 cm und im Kap. 8.6 werden Nutzungsmengen für unterschiedliche Nutzungsintensitäten kalkuliert, konkrete Nutzungseingriffe beschrieben und die Auswirkungen von Pflegeeingriffen in Jungbeständen untersucht.

Biomassenzuwächse und Produktivitätsraten werden für die permanenten Untersuchungsflächen berechnet (Kap. 8.7) und die Biomassenproduktion in Abhängigkeit vom Strauchanteil anhand der Chronosequenzreihe für den Niederwald mit Überhältern geschätzt (Kap. 8.8).

Die Nettoprimärproduktion unter Zuhilfenahme von mehrjährigen Streufalluntersuchungen wird für die permanenten Untersuchungsflächen Grandmühl kalkuliert (Kap. 8.9). Eine Analyse von Einzelbaummerkmalen wichtiger Oberholzbaumarten erfolgt in Kap. 8.10. Der ermittelte Zusammenhang zwischen Kronenbreite und Brusthöhdurchmesser bildet eine wesentliche Grundlage für die Herleitung von Stammzahlhaltungskurven für verschiedene Mittelwald-Überschirmungsvarianten (Kap. 8.11). Bestandeskennwerte für die verschiedenen Mittelwaldmodelle werden abgeleitet und betriebswirtschaftlich bewertet (Kap. 8.12). Im nachfolgenden Kapitel wird anhand der älteren Untersuchungsbestände eine mögliche Vorgehensweise für eine bestandesweise waldbauliche Planung dargelegt. Diskussion und Schlussbetrachtung erfolgen im Kap. 8.13. Nach der Diskussion der Ergebnisse in Kapitel 9 werden die waldbaulichen Folgerungen für die Waldbauplanung und -technik beschrieben.

4 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

4.1 ALLGEMEINE LAGE

Das Weinviertel wird im Westen vom Manhartsberg gegen das Waldviertel abgegrenzt, im Süden bildet die Donau und im Osten die March die Grenze.

Die Untersuchungsflächen liegen im kollinen mittleren und östlichen Weinviertel, mit Seehöhen zwischen 160 und 490 m. Das mittlere Weinviertel ist durch Buckel und Mulden vielgestaltig, während der östliche Teil einförmiger ist.

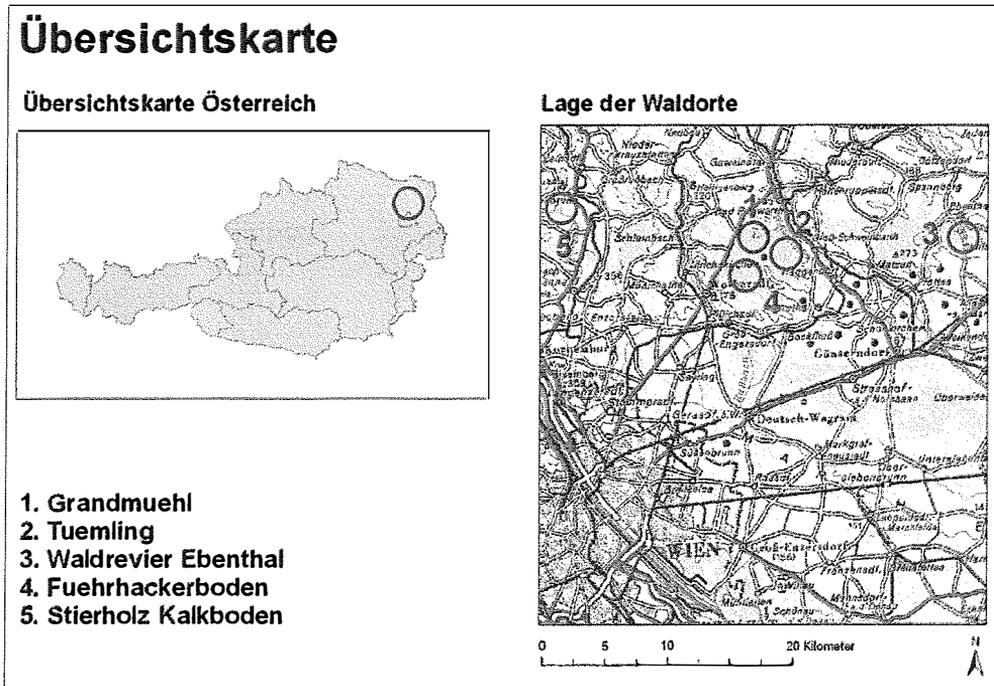


Abb. 4.2-1: Lage der Waldorte Grandmühl, Tuemling, Ebenthal, Stierholz, Kalkboden und Fuehrhackerboden im Untersuchungsgebiet

Fig. 4.2-1: Location of the investigation sites Grandmühl, Tuemling, Ebenthal, Stierholz, Kalkboden and Fuehrhackerboden, used in this study.

Das durchschnittliche Bewaldungsprozent in den Bezirken Mistelbach und Gänserndorf liegt zwischen 13 und 15%, womit diese Region zu den waldärmsten Regionen Österreichs zählt.

Die für diese Arbeit ausgewählten Untersuchungsbestände liegen im nordöstlichen Teil Niederösterreichs, dem Weinviertler Hügelland. Sie befinden sich in den Waldkomplexen Hochleithenwald, Matzner und Braunsberger Wald und sind auf die Waldorte Kalkboden und Stierholz (beide Braunsberger Wald), Grandmühl, Tuemling und Führhackerboden (Hochleithenwald) und Ebenthal (Matzner Wald) aufgeteilt (Abb. 4.2-1).

Der Hochleithenwald hat eine Größe von ca. 3.000 ha und liegt eingebettet zwischen der Brünner Bundesstraße B7, den Talrinnen von Ruß- und Weidenbach sowie dem Nordrand des Marchfeldes. Der rund 3.500 ha große Matzner Wald grenzt westlich an den Hochleithenwald an (Landesstraße Groß Schweinbarth—Pirawarth) und reicht im Osten bis zu den Marchauen.

Der Braunsberger Wald mit einer Größe von 500 ha liegt zwischen den Ortschaften Karnabrunn (Osten) und Niederfellabrunn (Nordwesten) und wird vom Rußbach im Nordwesten und der Landstraße Karnabrunn—Niederfellabrunn im Süden begrenzt.

4.2 KLIMA

Großklimatisch zählt das Arbeitsgebiet zur warm-gemäßigten Zone Mitteleuropas mit deutlichen pannonischen Zügen. Das Weinviertel liegt im subpannonischem Klimagebiet, welches sich durch trockene, heiße Sommer und schneearme, kalte Winter auszeichnet.

Die Jahresniederschläge liegen im Bereich von 450 bis 650 (700) mm bei einem ausgeprägten Sommermaximum. Die Niederschlagsmengen sind auf 100 bis 130 Tage verteilt. Die Jahresmitteltemperatur schwankt zwischen 8° und 10°C.

Das höchste Monatsmittel wird im Juli mit etwa 20°C, das niedrigste im Jänner mit Werten bis zu -3°C gemessen, wobei diese Werte typisch für das pannonische Klimagebiet sind (LAUSCHER 1960, zit. in MACHALEK 1986 und HUBER 1993).

Periodisch treten stark austrocknende SO-Winde auf, die teilweise auch eine hohe Erosionsgefährdung darstellen. Sommerliche Trockenperioden sind häufiger als in anderen Gebieten Österreichs. Daher können die Bäume in diesen Zeiträumen dem stärksten Trockenstress ausgesetzt sein. Insbesondere generative Naturverjüngungen und Pflanzungen können sowohl im Frühjahr als auch im Herbst unter verstärkter Austrocknung leiden. Das ist ein Tatbestand, der die vegetative Vermehrung und damit die Ausschlagwirtschaft schon immer begünstigt hat (KRAPPENBAUER 1983).

Besonders während der letzten beiden Dezennien war das Klima durch zahlreiche extreme Hitze- und Dürreperioden während der Frühjahrs- und Sommermonate sowie durch eine auffallende jahreszeitliche Verschiebung geringerer Niederschlagsmengen geprägt. Dafür traten aber intensivere Niederschläge, meist in Form von Schauern und Gewittern, auf (MACHALEK 1986). Auffallend ist also die Tendenz zu ständig fortschreitendem Rückgang der Niederschlagsmengen während der letzten Jahrzehnte (MARCUS und TOMICZEK 1989, HAUPOLTER 1991). Nach SCHUME (1992) ist seit etwa 1980 auch ein deutlicher Rückgang der Niederschlagsmengen außerhalb der Vegetationszeit zu verzeichnen.

4.3 GEOLOGIE UND BÖDEN

Das Arbeitsgebiet umfaßt im wesentlichen tertiäres Hügelland (Seehöhe 150—300 (350) m) und periglaziale Schotterterrassen des Marchfeldes (140—150 m Seehöhe), welche weitgehend mit Löß oder kalkfreiem Flugstaub bedeckt sind. Ältere, ausgewitterte Quarzschotter (Hollabrunn) und Kalkklippen (Leiser Berge) treten örtlich hervor.

Es ist besonders zu beachten, daß die alten Bodendecken aus dem jüngsten Tertiär (Pliozän), falls sie nicht in den Eiszeiten aufgearbeitet worden oder von quartären Sedimenten, rezenten Abtragungen oder Verschüttungen betroffen sind, sehr reife Böden mit nur geringer nachschaffender Kraft tragen (KRAPPENBAUER 1983). Entscheidend für das Waldwachstum ist der humose und verlehnte Anteil des Bodens. Der Unterboden und A/C-Horizonte sind meist mäßig bis stark karbonathaltig. Die Mächtigkeit der Bodendecken wechselt selbst in ebenem Gelände sehr stark. Dies hängt offenbar mit der Verdeckung alter Relieftteile durch Lößauflagerungen oder durch Bodenfließen und Erosion oder Ablagerungen von Erosionsmaterial zusammen. In Verbindung mit der sehr früh einsetzenden menschlichen Einflußnahme auf Boden und Vegetation ist eine reiche Vielfalt an Bodentypen entstanden.

Im Bereich Donau, Thaya und March sind Auenböden anzutreffen, Paratschernoseme auf Sand; teilweise Feuchtschwarzerden oder Rohböden kommen in einem Streifen von Straßburg bis Marchegg und im Raum Hohenau vor. Tschernoseme und Paratschernoseme auf lößähnlichen alluvialen Sedimenten über Schotter finden sich östlich und westlich von Wien. Weite Verbreitung haben Schwarzerden auf Löß oder Tegel. Im Raum Wolkersdorf—Gänsersdorf—Pirawarth sind Rohböden, untergeordnet auch Schwarzerden, anzutreffen. In einem breiten Streifen östlich von Hadersdorf bis in den Raum westlich Mistelbach und südlich in zwei Zungen bis in den Raum Korneuburg vordringend, sind Parabraunerden oder Pseudogleye auf Tegel (Löß) und Schwarzerden anzutreffen. Reliktische Braunlehme und Parabraunerden, die häufig Spuren von Pseudovergleyung zeigen, sind in diesem Bereich auf alten Bodendecken vorzufinden. Das Vorhandensein von tiefgründigen tonigen Böden mit hohem Wasserspeichervermögen begünstigt in Anbetracht des fehlenden Grundwasseranschlusses und der ungünstigen Niederschlagsverhältnisse das Waldwachstum.

4.4 WALDGESELLSCHAFTEN

Die Untersuchungsflächen liegen im Hauptwuchsgebiet „Sommerwarmer Osten“ im Wuchsgebiet „Pannonisches Tief- und Hügelland“ (KILIAN, MÜLLER und STARLINGER 1994). Leitgesellschaft sind wärmeliebende Eichen–Hainbuchenwälder der kollinen Stufe. Landausschlagwälder dominieren.

In der planaren und kollinen Stufe dominiert auf warmen, mäßig bodensauren Standorten der Zerreichen–Traubeneichenwald, und in der kollinen Stufe (200–500 m) der Eichen–Hainbuchenwald. Fragmentarisch findet sich Eichenwald auf Löß und auf sonnigen, trockenen sowie kalkreichen Standorten tritt Flaumeichenwald auf. In diesen sommerwarmen Eichenwäldern ist die Elsbeere stets eine eingesprengte bis sporadische Baumart.

Bei der Rekonstruktion der naturnahen Vegetation bestehen in diesem Gebiet aufgrund des Einflusses früherer Bewirtschaftungsformen (Waldweide, Streunutzung) und der Ausschlagbewirtschaftung auf die Vegetationszusammensetzung, Schwierigkeiten (STARLINGER 1997, DECOCQ 2000).

4.5 WALDBEWIRTSCHAFTUNG

Der pannonische Eichenmischwald ist eine an die besonderen klimatischen, geologischen und bodenkasualen Gegebenheiten angepasste Waldform. Die jahrhundertelange Nutzung der Wälder und die dabei gewonnenen waldbautechnischen Erfahrungen sind am besten mit dem Begriff „Mittelwaldbewirtschaftung“ beschreibbar. Die Bewirtschaftungsart reicht in Abhängigkeit von der Standortsbonität auf den mittleren bis besseren Standorten vom Niederwald mit Überhältern zu oberholzarmen bis –reichen Mittelwäldern. Niederwälder bleiben auf die schlechtesten Standortsbonitäten beschränkt und sind von geringerer Bedeutung.

Nach den Ergebnissen der Waldinventur 1961/70 lag in Niederösterreich der Niederwaldanteil bei rund 20%, während Mittelwälder rund 30% der Waldfläche und Niederwälder mit Überhältern rund 50% der Waldfläche bestockten (ECKHART 1975).

Die Bewirtschaftung führte zum Aufbau der für das Weinviertel charakteristischen Eichenmittelwälder. Bei FRANK (1937) finden sich Hinweise auf eine bereits seit mindestens 400 Jahren bestehende teilweise geregelte Mittelwaldbewirtschaftung in diesem Gebiet. Nach pollenanalytischen Untersuchungen von KRÁL (1985) ist während dieses Zeitraumes auch eine durch den Menschen verursachte stärkere Zunahme des Eichenanteils zu verzeichnen. Nach HAGEN (2005) wurde im Weinviertel, in den größeren Gutsbesitzungen zumeist schon seit Jahrhunderten, der Eichenmittelwald mit etwa 25– bis 30-jährigen Unterholzumtrieben bewirtschaftet. Damit war eine nachhaltige Nutzung von wertvollem Nutzholz (Furnier, Sägeholz) für

den Betrieb und ausreichende Brennholzversorgung für die Bevölkerung der umliegenden Gemeinden sichergestellt. Auch in den Agrargemeinschaftswäldern wurde durch die Kombination der Erzeugung von Bau- und Brennholz für den Eigenzweck der Mitglieder die Mittelwaldbewirtschaftung forciert.

Wie bereits eingangs erwähnt, haben sich mehrmals ändernde Zielsetzungen für die Bewirtschaftung der Mittelwälder zu sehr unterschiedlichen Waldaufbauformen geführt. Diskussionen über den „optimalen“ Oberholzaufbau im Mittelwald und Verbesserung des standörtlichen Leistungsvermögens durch Umwandlung/Überführung der Mittelwälder in Laubbaum- oder Nadelbaum-Hochwälder standen dabei im letzten Jahrhundert im Vordergrund (KRISSEL und MÜLLER 1989). Rücknahme der Pflegemaßnahmen durch die Veränderungen am Brennholzmarkt und starke Zunahme von Kalamitätsnutzungen infolge „neuartiger“ Eichenerkrankungen und starken Mistelbefalles prägen die Bewirtschaftung in den letzten drei Jahrzehnten.

Heute ist für die Mittelwälder und Niederwälder mit Überhältern in dieser Region ein breites Baumartenspektrum charakteristisch (SCHÖFBERGER 1990, HOCHBICHLER 2003). Stiel- und Traubeneichen dominieren mit einem Anteil von 60% im Oberholz. Diesen sind im Oberholz Edellaubhölzer wie Esche, Berg- und Spitzahorn, Elsbeere, Speierling, Wildkirsche und Wildbirne beigemischt. Die Edellaubbäume werden für die Zukunft als wertvolle Zielbaumarten für das Oberholz angesehen und auch bei den Pflegemaßnahmen entsprechend gefördert. Unter den meist in großer Bandbreite vorhandenen Oberholzschirmanteilen bilden Hainbuche, Feldahorn, Feldulme, Winterlinde und andere Baumarten sowie Hasel das Unterholz. Sehr häufig sind Hartriegel, Liguster, Spindelstrauch, Holunder und andere Sträucher anzutreffen (HAGEN 2005).

Vor rund vierzig Jahren wurden die Ziele für die mittel- bis gutwüchsigen Standorte in Richtung Aufbau eichendominierter vorratsreicher Mittelwaldbestände und/oder hochwaldartiger Bestände abgeändert und diesbezügliche waldbauliche Bewirtschaftungsempfehlungen erarbeitet (POLLAK 1983, HOCHBICHLER 1993, KRISSEL und MÜLLER 1989). Dadurch wollte man dem anhaltenden Trend stark abnehmender Brennholznachfrage entgegenzutreten und die Abhängigkeit von der Brennholzproduktion mit geringerer Wertleistung verringern. Die stark rückläufige Brennholznachfrage führte zu einem Rückgang der Nutzungsintensität beim Unterholz in den Mittelwaldbeständen und zu längeren Umtriebszeiten. Befristetes Aussetzen der Unterholzumtriebe zum Aufbau oberholzreicher Mittelwälder wurde auch von MARGL (1982) empfohlen, um dem verstärkt auftretenden Mistelbefall gegenzusteuern.

In Folge führte die seit den 70er Jahren anhaltende Vitalitätsschwäche der Eichen dazu, daß die Zielsetzung, eichendominierte vorratsreiche Mittelwälder anzustreben, zunehmend in Frage gestellt wurde (SENITZA 1990, TIEFENBACHER 1996b). Die traditionellen waldbaulichen Zielfindungs- und Planungsprozesse werden diskutiert (TIEFENBACHER 1996b). Einzelbaumweiser Artenwechsel bei gleichzeitiger teilweiser Verjüngung der Eichen wird als zweckmäßige mittelfristige waldbauliche Strategie zur Erhaltung der Mittelwaldstrukturen vorgeschlagen.

Erwähnenswert ist noch, dass in dieser „waldarmen“ Region seit 1990 auf großen ehemaligen landwirtschaftlichen Flächen Laubbaum-Erstaufforstungen durchgeführt worden sind, deren zielorientierte Bewirtschaftung hinkünftig eine große Herausforderung darstellen wird (HOCHBICHLER und BELLOS 2001).

5 DIE UNTERSUCHUNGSBESTÄNDE

Als Untersuchungsobjekte standen die Mittelwaldbestände Grandmühl und Tuemling und die Mittelwald- und Niederwaldbestände mit Überhältern des Forstreviers Ebenthal zur Verfügung. Bei diesen Untersuchungsbeständen handelt es sich einerseits um Dauerbeobachtungsflächen (Grandmühl und Tuemling) und andererseits um temporäre Untersuchungsflächen (Ebenthal). Für die Erweiterung der Einzelbaum-Datensätze wurde auch auf Erhebungen in den Untersuchungsbeständen Kalkboden, Stierholz und Führhackerboden zurückgegriffen.

5.1 DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN

5.1.1 UNTERSUCHUNGSBESTÄNDE GRANDMÜHL

Die Untersuchungsbestände am Waldort Grandmühl liegen im Westteil der Abt. 22 im Hochleithenwald, welche zum Forstbetrieb von Mag. Benedikt ABENSPERG und TRAUN in Wolkersdorf gehört. Der Waldort liegt ca. 4 km westlich von Groß Schweinbarth auf einer Seehöhe von 280 m auf einer Plateaulage. Die eingezäunte Versuchsanlage Grandmühl besteht aus den Untersuchungsbeständen Grandmühl 4 und Grandmühl 3 mit Flächengrößen von jeweils 2,0 und 1,5 ha.

Beim Untersuchungsbestand **Grandmühl 4 (GRM4)** handelte es sich zum Zeitpunkt der Ersterhebung (Herbst 1998) um einen 40 Jahre alten vorratsreichen Mittelwaldbestand (Hiebsjahr 1958). Im Oberholz dominierten die Eiche und die Zerreiche gefolgt von der Hainbuche. Elsbeere, Feldahorn und Speierling waren vereinzelt beigemischt. Die Eichen-Oberständer waren stark von der Eichenmistel befallen. Als Folge der langen Unterholzumtriebszeit wurde die Bestandesdynamik vom Einwuchs der Hainbuche aus dem Unter- in das Oberholz geprägt. Diese dominierte das Unterholz, in welchem Feldahorn, Hasel und Zerreiche nur geringe Anteile einnahmen. Aufgrund vernachlässigter Unterholz-Pflege fehlten Laßreitel-Anwärter weitgehend.

Der Untersuchungsbestand **Grandmühl 3 (GRM3)** entstand durch einen Mittelwaldhieb im Winter/Frühjahr 1995/1996 im Ostteil des ursprünglich größeren Untersuchungsbestandes Grandmühl 4. Das Oberholz mit Überschirmungsprozenten von 20 bis 30% wurde zu jeweils rund einem Drittel von Eiche, Zerreiche und Hainbuche aufgebaut. Speierling und Elsbeere waren sporadisch beigemischt. An den verbliebenen Eichen-Oberständern wurden die Eichenmisteln entfernt. Wie aufgrund des Aufbaus des Vorbestandes zu erwarten war, fehlten nach dem Hieb im Oberholz Stämme des Laßreitelstadiums. Auf der Schlagfläche kam es bereits im ersten Vegetationsjahr zu einer raschen Etablierung und Entwicklung einer krautigen Vegetation und von Gehölzen aus generativer und vegetativer Vermehrung. In der artenreichen Gehölzvegetation dominierte die Hainbuche.

In den Untersuchungsbeständen wechseln sich kleinstandörtlich schwer abgrenzbare, gestörte Böden (ehemalige Ackerbautätigkeit) der Bodentypen Schwarzerde, Braunlehm und Parabraunerde ab (ULRICH 1987). Als Bodenart herrscht lehmiger Ton bis sandig toniger Lehm vor. Entsprechend den Licht- und Feuchtigkeitsverhältnissen dominieren Mullhumus im Mittelwald-Bestand und mullartiger Moder auf der Mittelwald-Jungwuchsfläche. Pflanzensoziologisch gehören die Untersuchungsbestände dem Galio-Carpinetum (Traubeneichen-Hainbuchenwald) an (OBERNDORFER 1957). Nach der Ertragstafel wird den Untersuchungsbeständen eine 4. Absolutbonität (Eiche-Ungarn) nach MARSCHALL (1975) zugeordnet.

In den beiden Untersuchungsbeständen wurden jeweils Dauerbeobachtungsflächen von je 2.500 m² Größe angelegt. Auf diesen wurden die waldbaulichen Erhebungen durchgeführt.

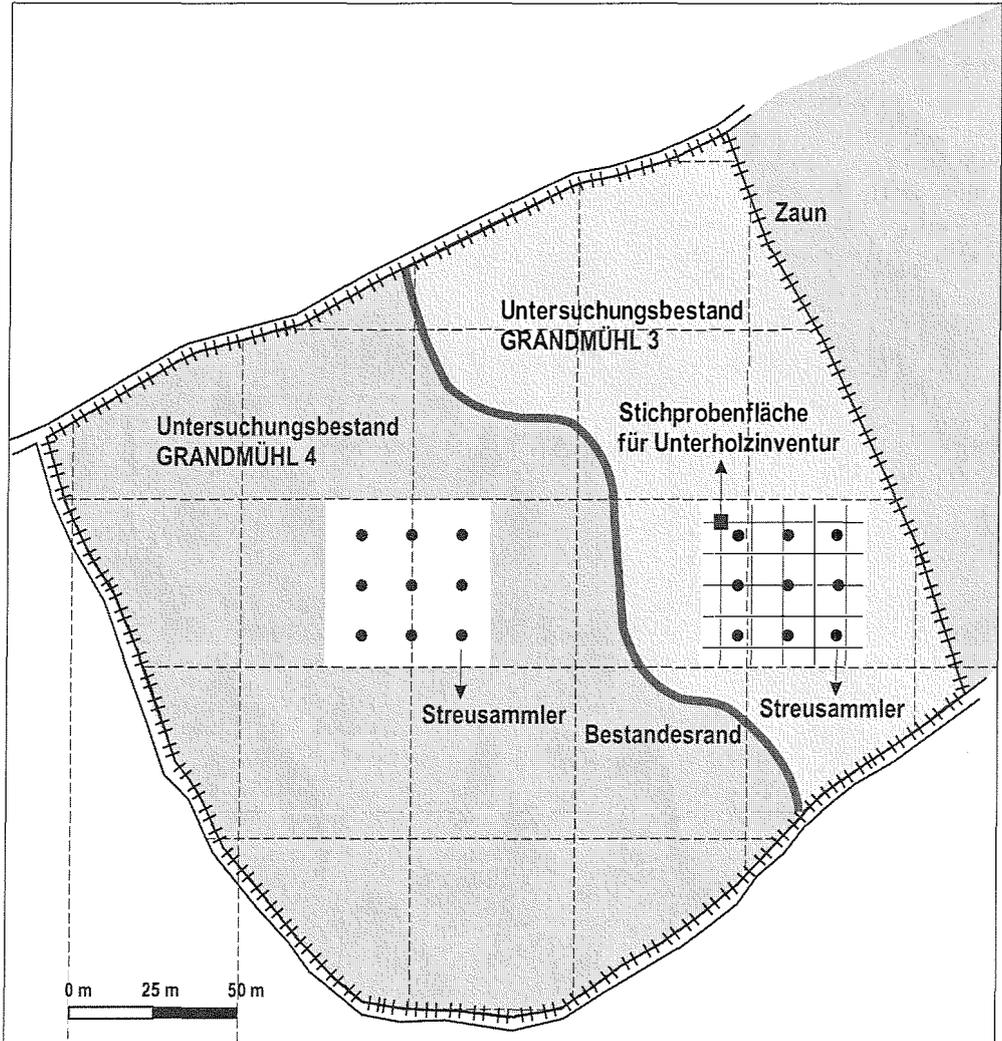


Abb. 5.1-1: Die Untersuchungsbestände und -flächen am Waldort Grandmühl.
Fig. 5.1-1: Investigation stands and sites at Grandmühl.

5.1.2 UNTERSUCHUNGSBESTÄNDE TUEMLING

Die 1,89 ha große Untersuchungsfläche Tuemling (Abt. 38 m) liegt im westlichen Teil des Matzner Waldes, ca. 3 km östlich von Groß Schweinbarth und gehört ebenfalls zum Forstbetrieb von Mag. Benedikt ABENSPERG und TRAUN in Wolkersdorf. Die ebene Untersuchungsfläche liegt auf einer Seehöhe von 250 m. Braunlehme und Parabraunerden mit leichter Pseudovergleyung und Mullhumus dominieren. Als Bodenart herrscht lehmiger Ton bis sandig toniger Lehm vor. Pflanzensoziologisch gehört die Untersuchungsfläche dem Galio-Carpinetum (Traubeneichen-Hainbuchenwald) an (Oberndorfer 1957). Nach der Ertragstafel wird dem Standort eine 4. Bonität (Eiche-Ungarn) nach MARSCHALL (1975) zugewiesen.

Zu Untersuchungsbeginn im Jahr 1996 handelte es sich um einen 7 Jahre alten Mittelwaldbestand, welcher im Winter 1989/90 als Folge eines Mittelwaldhiebes entstanden war.

Nach dem Mittelwaldhieb hatte das eichendominierte Oberholz eine Übersicherung von rund einem Drittel. Feldahorn, Hainbuche, Esche, Vogelkirsche, Elsbeere, Zerreiche, Robinie und Weißkiefer waren in unterschiedlichen Anteilen beigemischt. Auf der Schlagfläche kam es zu einer raschen Etablierung von Baum- und Straucharten, wobei stammzahlmäßig in der artenreichen Baumartenzusammensetzung die generative Vermehrung durch Bergahorn, Esche, Eiche und Hainbuche klar dominierte. Von der Bodenvegetation ging keine starke Beeinträchtigung aus.

Tab. 5.1-1: Parzellenbezeichnung, -größe [m²] und Behandlungsvarianten mit Abkürzungen der Untersuchungspartellen Tuemling

Table 5.1-1: Parcels name, parcels size [m²] and treatment variants and their abbreviations of the experimental plots Tuemling

Parzelle	Größe [m ²]	Abk.	Behandlungsvariante
P11	5.259	mZmPE	mit Zaun und mit Pflege; 2 Eingriffe, Entnahme von Hasel, Sträuchern und Stockausschlägen; Nachlichtungshieb 1998/99
P12	3.458	mZoPE	mit Zaun und ohne Pflege; Nachlichtungshieb 1998/99
P21	7.239	oZmPE	ohne Zaun und mit Pflege; 2 Eingriffe wie in Parzelle P11; Nachlichtungshieb 1998/99
P22	1.944	oZoPE	ohne Zaun und ohne Pflege; Nachlichtungshieb 1998/99

Im ersten Vegetationsjahr wurde vom Forstbetrieb auf der Mittelwaldschlagfläche ein Praxisversuch angelegt. Nach Zäunung von rund der Hälfte der Fläche wurde in beiden Teilen jeweils eine Parzelle mit und ohne Pflegemaßnahmen im Unterholz ausgeschieden. Die vier nicht gleich großen Parzellen P11, P12, P21 und P22 mit den unterschiedlichen Unterholz-Behandlungsvarianten werden in weitere Folge Behandlungsvarianten genannt (Tab. 5.1-1).

Bei den gepflegten Parzellen wurden im Zeitraum von 1991 bis Frühjahr 1997 jeweils zwei Pflegeeingriffe durchgeführt, wobei vorwiegend Hasel, Hartriegel und Stockausschläge zurückgeschnitten wurden.

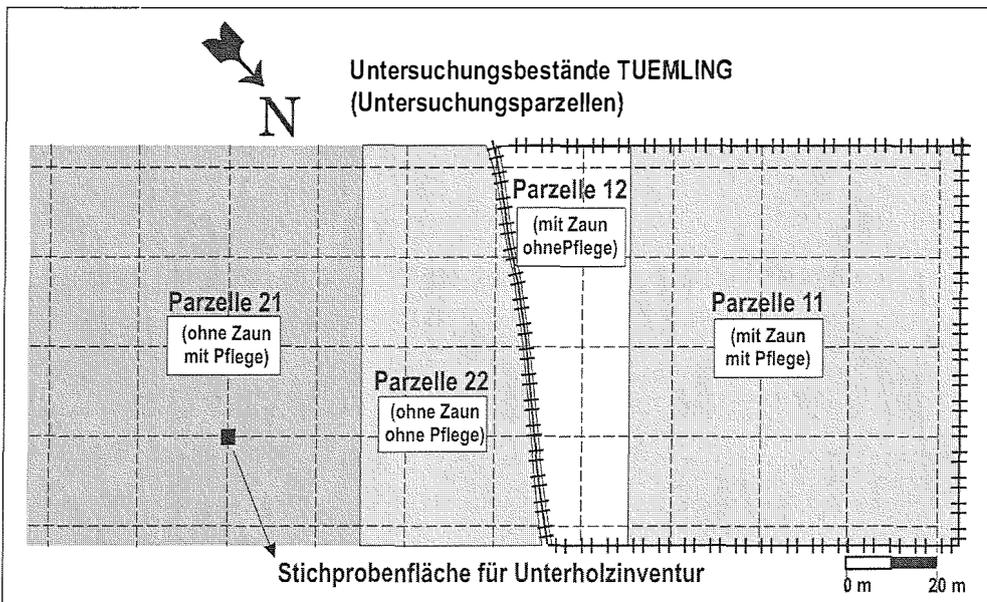


Abb. 5.1-2: Die Untersuchungsbestände (-parzellen) am Waldort Tuemling.

Fig. 5.1-2: Investigation stands (-parcels) at Tuemling.

Für die Untersuchungen wurden die gesamten Parzellenflächen als permanente Untersuchungsflächen angelegt. Im Winter 1998/99 erfolgte ein Mittelwaldnachlichtungshieb. Aufgrund des unterschiedlichen Aufbaues des Oberholzes vor und nach dem Mittelwaldhieb und unterschiedlicher Eingriffsstärke beim Nachlichtungshieb auf den Untersuchungsparzellen werden diese als eigenständige **Untersuchungsbestände** betrachtet.

5.2 TEMPORÄRE UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN INVENTUR EBENTHAL

Das Untersuchungsgebiet Ebenthal mit einer Größe von rund 130 Hektar gehört zum Gutsbetrieb Ph. A. SACHSEN-COBURG und GOTHA. Das Waldrevier liegt an der Landstraße Prottes—Ebenthal und ist Teil des Waldkomplexes Matzner Wald. Die Waldfläche erstreckt sich über eine Seehöhe von 170 bis 250 m. Mittelhanglagen mit mittelgründigen, mäßig wasserversorgten Lockersedimenten mit Parabraunerde auf Löß dominieren. Die Bodenart ist lehmiger Schluff bis schluffiger Lehm, die Humusart Mullhumus. Pflanzensoziologisch dominiert das Galio-Carpinetum (Traubeneichen-Hainbuchenwald) (OBERNDORFER 1957). Nach der Ertragstafel liegen die Absolutbonitäten im Bereich von 3,5 bis 4 (Eiche-Ungarn) nach MARSCHALL (1975).

Bei der Waldbewirtschaftung steht auf den besseren Standorten der Aufbau oberholzreicher Mittelwaldbestände im Vordergrund, und auf den ungünstigeren Standorten werden oberholzärmere Waldaufbauformen (Niederwald mit Überhältern) angestrebt. Die planmäßigen Unterholzumtriebszeiten von 25 bis 30 Jahren werden weitgehend umgesetzt. Vitalitätsverluste an den Eichen machten in den letzten zwei bis drei Jahrzehnten verstärkt irreguläre Nutzungen erforderlich und aus wirtschaftlichen Überlegungen wurde auch die Waldpflege zunehmend extensiviert.

Um die Auswirkungen der geänderten Waldbewirtschaftung abschätzen zu können, wurde im Jahr 1997 der Waldzustand im Untersuchungsgebiet mittels einer Inventur erhoben. Das Inventurkonzept beruhte auf einem Stichprobennetz mit 100 m Rasterweite und Erfassung des Waldzustandes mittels

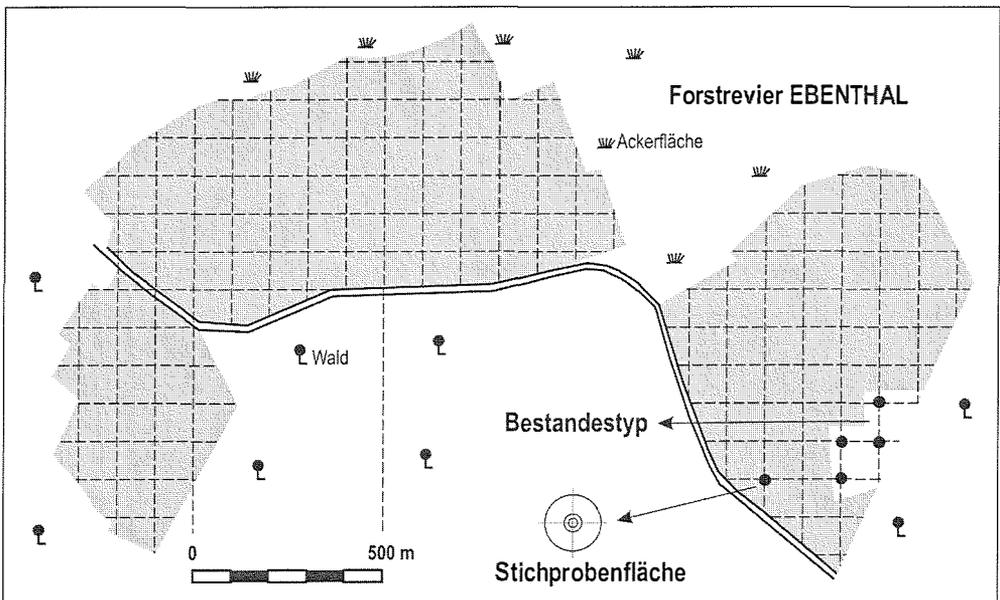


Abb. 5.2-1: Das Untersuchungsgebiet Ebenthal.
Fig. 5.2-1: The investigation area Ebenthal.

konzentrischer Probekreise. Auf den Stichprobenflächen wurden Informationen zur Betriebsart, über den Standort und den Bestand erhoben (siehe Kap. 6.1).

Für die vorliegende Arbeit wurden für die Betriebsarten Mittelwald und Niederwald mit Überhältern jeweils Stichprobenflächen innerhalb eines Altersrahmens von maximal 3 Jahren zu Bestandestypen (BET) durch Mittelwertbildung der Stichprobenbestandeskennwerte zusammengefasst.

Es ergaben sich für die Betriebsart **Mittelwald** fünf verschieden alte Bestandestypen. Diese Bestandestypen repräsentierten 15, 18, 21, 25 und 30 Jahre alte Bestände. Die Mittelwald-Bestandestypen stockten auf frischen bis mäßig frischen Unterhang- (80 %) und Mittelhangstandorten (20 %). Das Altersspektrum der Bestandestypen des **Niederwaldes mit Überhältern** reichte von 7 bis 30 Jahre (Alter 7, 8, 11, 13, 15, 18, 20, 25, 27 und 30 Jahre). Die Bestandestypen des Niederwaldes mit Überhältern wurden zu etwa gleichen Anteilen auf mäßig frischen bis mäßig trockenen Mittelhang- und Oberhangstandorten vorgefunden.

Da es sich bei den ausgeschiedenen Bestandestypen je Betriebsart um ein räumliches Nebeneinander verschieden alter Bestände auf vergleichbaren Standorten und mit gleicher Behandlung handelt, können diese bei den Analysen als „Chronosequenzreihen“ betrachtet werden.

5.3 WEITERE UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN FÜR AUSGEWÄHLTES DATENMATERIAL

Für die Einzelbaumanalysen wurden auch die Daten der Oberständer der Dauerbeobachtungsflächen Führhacker, Stierholz und Kalkboden verwendet. Nachfolgend eine zusammenfassende Beschreibung der Untersuchungsbestände:

Untersuchungsbestand Führhackerboden (LASCHNER 2000, BELLOS 2000)

Der 3,6 ha große Untersuchungsbestand **Führhackerboden** (Abt. 14 m.) liegt im westlichen Teil des Hocheithenwaldes, ca. 3 km westlich von Groß Schweinbarth und gehört ebenfalls zum Forstbetrieb von ABENSPERG und TRAUN. Die leicht nach Südost geneigte Untersuchungsfläche liegt auf einer Seehöhe von 250 m. Braunlehme und Parabraunerden mit Mullhumus dominieren. Als Bodenart herrscht lehmiger Ton bis sandig toniger Lehm vor. Pflanzensoziologisch gehört der Untersuchungsbestand dem Galio-Carpinetum (Traubeneichen-Hainbuchenwald) an (OBERNDORFER 1957). Nach der Ertragstafel wird dem Bestand eine 4. Absolutbonität (Eiche-Ungarn) nach MARSCHALL (1975) zugewiesen.

Bei diesem Untersuchungsbestand handelte es sich, wie beim Untersuchungsbestand Tuemling um einen 7 Jahre alten Mittelwaldbestand. Das Überschirmungsprozent lag bei 53%. Die Stammzahl pro Hektar im Oberholz betrug $89 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Die Grundfläche lag bei $9,9 \text{ m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ und der Vorrat bei $79 \text{ fm}_\text{s}\cdot\text{ha}^{-1}$. Stiel- und Traubeneichen dominierten mit Vorratsanteilen von 77%. Beigemischt waren Feldahorn, Weißkiefer, Vogelkirsche, Zerreiche, Robinie, Esche, Birke und Elsbeere. Auf der Schlagfläche war es zu einer raschen Etablierung von Baum- und Straucharten gekommen, wobei stammzahlmäßig in der artenreichen Baumarten- zusammensetzung die generative Vermehrung durch Hainbuche, Eiche, Kirsche und Birke dominierte. Die Verjüngungsetablierung wurde durch starken Unkrautwuchs erschwert.

Untersuchungsbestände Kalkboden 1 und Stierholz 1 (HOCHBICHLER 2004)

Diese beiden Untersuchungsflächen wurden in den Jahren 2001 und 2002 im Waldrevier der Familie Ing. Herbert KOLLER angelegt. Das Ziel der Waldbewirtschaftung in diesem Betrieb ist der Aufbau oberholzreicher Eichen-Edellaubbaum-Mittelwaldbestände. Die Umtriebszeiten des Unterholzes lagen in den letzten Jahrzehnten bei 30 (35) Jahren. Nach der Ertragstafel wird den Beständen eine 4. bis 4,5. Absolutbonität (Eiche-Ungarn) nach MARSCHALL (1975) zugewiesen.

Auf der Untersuchungsfläche **Kalkboden 1 (KAB1)**, welche in einem edellaubholzreichen Mittelwald liegt, erfolgte im Winter 99/00 ein zielstärkenorientierter Mittelwaldhieb in Kombination mit Vorratspflege. Die Stammzahl beträgt $150 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$ bei einer Grundfläche von $12 \text{ m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ und einem Vorrat von $100 \text{ fm}_\text{s}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Die Eiche dominiert in dem sehr differenziert aufgebauten ungleichaltrigen edellaubholzreichen Bestand mit einem Anteil an der Grundfläche von 55 % und mit einem Vorratsanteil von 58%.

Indem aus Naturverjüngung ungepflegter erwachsener 32-Jahre alter Eichen-Edellaubbaumischbestand im Stierholz 1 (STH1) betrug nach dem Pflegehieb die Stammzahl $717 \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$, die Grundfläche $11,2 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ und der Vorrat $81 \text{ fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$. Eiche hatte einen Mischungsanteil von 50 % an der Grundfläche, die Esche 21 % und die Elsbeere 14%.

6 ERHEBUNGSVERFAHREN

6.1 ANLAGE VON UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN

6.1.1 EINRICHTUNG VON DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN

Die Erhebung auf der Dauerbeobachtungsfläche GRM4 (Grandmühl 4 mit 2.500 m²) erfolgte als Vollaufnahme und jene auf der Untersuchungsfläche GRM3 (Grandmühl 3 mit 2.500 m²) und den Untersuchungsparzellen **Tuemling** (Parzelle 11 mit 5.159 m², Parzelle 12 mit 3.458 m², Parzelle 21 mit 7.239 m², Parzelle 22 mit 1.944 m²) als kombiniertes Verfahren von Vollaufnahme und Stichprobenerhebung.

Vollaufnahme:

Die Inventur der Oberständer (Bhd \geq 16 cm) erfolgte als Vollaufnahme. Alle Oberständer wurden dauerhaft markiert und koordinativ eingemessen. Die Inventur des Unterholzes wurde ebenfalls als Vollaufnahme durchgeführt.

Kombiniertes Verfahren:

Die Inventur der Oberständer (Bhd \geq 16 cm) erfolgte auf allen Flächen als Vollaufnahme. Alle Oberständer wurden dauerhaft markiert und koordinativ eingemessen. Die Unterholzerhebungen auf systematisch verteilten Stichprobenflächen erfolgte folgendermaßen:

Auf der Untersuchungsfläche GRM3 (50 x 50 m) wurden 25 Stichprobenflächen im Rastervon 10 x 10 m permanent verpflockt. Auf den Untersuchungsparzellen **Tuemling** wurde ein Stichprobenetz mit 20 x 20 Meter Raster permanent verpflockt. Die Stichprobenanzahl auf den Versuchsparzellen variiert je nach Pflegevariante zwischen 5 und 20 und umfaßt insgesamt 55 Stichprobenflächen.

Als Stichprobenflächengröße wurde eine Fläche von 4 m² (2 x 2 m) gewählt, wobei im nordöstlichst gelegenen Quadranten (1 m²) eine Vollaufnahme (Bäume und Sträucher) erfolgte und in den übrigen drei Quadranten (3 m²) nur Bäume und Sträucher mit einer Höhe größer gleich 130 cm aufgenommen wurden.

6.1.2 EINRICHTUNG VON TEMPORÄREN

UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN DER WALDINVENTUR

Die Waldinventur des Reviers Ebenthal erfolgte mittels Stichprobenverfahren mit einem Rasterabstand von 100 x 100 m. Auf jedem Stichprobenpunkt erfolgte eine Aufnahme der Bestandes- und Verjüngungskollektive innerhalb fixer, kreisförmiger Probeflächen (Tab.6.1-1).

Tab. 6.1-1: Erfassung der Bestandes- und Verjüngungsmerkmale und Probeflächengröße bei der Waldinventur Ebenthal.

Table 6.1-1: Survey of the stand and regeneration characteristics and sample plot size for the inventory Ebenthal

Bestandes- und Verjüngungsmerkmale	Radius [m]	Fläche [m ²]
Erfassung aller Bäume und Sträucher (inkl. Verjüngung)	1,41	6,25
Erfassung Bäume, Sträucher (Höhe > 130 cm & Bhd < 7 cm)	2,80	25,00
Erfassung Bäume, Sträucher (Bhd \geq 7 cm)	8,90	250,00

Als Flächenmerkmale wurden die Betriebsart (Hochwald, Mittelwald, Niederwald mit Überhältern), die Seehöhe, die Neigung, die Exposition, das Makro- und Mesorelief und das Unterholzalter erfasst. Das Alter des Unterholzes definierte das Bestandesalter. Als Kriterium für die Abgrenzung von Mittelwald

und Niederwald mit Überhältern auf den Stichprobenflächen wurde die Durchmesserverteilung ab einem Durchmesser von 24 cm herangezogen. Für die Ausscheidung als Mittelwald mussten mindestens 3 Durchmesserklassen bei einer Durchmesserklassenbreite von 8 cm besetzt sein.

6.1.3 ÜBERSICHT ÜBER UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN, ERHEBUNGSZEITPUNKTE UND -METHODEN

Tabelle 6.1–2 gibt eine zusammenfassende Übersicht über die Aufnahmezeitpunkte und die verwendeten Erhebungsmethoden auf den Untersuchungsflächen. In weiterer Folge werden die Bezeichnungen Untersuchungsflächen, –parzellen und Untersuchungsbestände synonym verwendet.

Tab. 6.1–2: Erfassung der Bestandes- und Verjüngungsmerkmale und Probeflächengröße bei der Waldinventur Ebenthal.

Table 6.1–2: Overview about the investigation areas (stands), time of inventory and inventory methods.

Untersuchungsflächen (-parzellen) und Bestandestypen und deren Abkürzungen**	Untersuchungs- bestände	Aufnahme- jahr	Alter	Aufnahmemethode
Grandmühl 4: GRM4	Mittelwald Grandmühl 4	1998, 2002	40, 44	Vollaufnahme
Grandmühl 3: GRM3	Mittelwald Grandmühl 3	1996, 1999, 2002	1, 4, 7	Kombiniertes Verfahren
Parzellen Tuemling: P11, P12, P21, P22	Mittelwald Tuemling	1997, (1998*) 2002	7 13	Kombiniertes Verfahren (* nur Oberholz)
Bestandestypen Ebenthal: MWBE15, MWBE18, MWBE21, MWBE25, MWBE30	Mittelwald Ebenthal	1997	15,18, 21, 25,30	Stichprobeninventur mit konzentrischen Probekreisen
Bestandestypen Ebenthal: NUBE7, NUBE8, NUBE11, NUBE13, NUBE15, NUBE20, NUBE25, NUBE27, NUBE30	Niederwald mit Überhältern Ebenthal	1997	7, 8, 11, 13 15, 20 25, 27, 30	Stichprobeninventur mit konzentrischen Probekreisen

** [Grandmühl = GRM; MWBE = Mittelwaldbestand Ebenthal; NUBE = Niederwaldbestand mit Überhältern Ebenthal]

6.2 ERHEBUNG VON BAUM- UND STRAUCHMERKMALEN

Im folgenden Abschnitt werden die für diese Arbeit relevanten Erhebungsmerkmale und Aufnahmeverfahren dargestellt.

Baum- und Strauchart (BA = Baumart; STR = Strauchart)

Die Baum- und Strauchart wurde an allen lebenden Bäumen und Sträuchern bestimmt. Für die Auswertungen und für Darstellungen der Ergebnisse wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit die in Tab. 6.2–1 dargestellten Gruppierungen vorgenommen. Obwohl die Hasel botanisch zu den Sträuchern zählt, wird sie in dieser Arbeit aufgrund ihrer Häufigkeit, des Alters und der Wuchskraft getrennt von den Sträuchern bearbeitet.

Vermehrungsart (VART)

Die Vermehrungsart wurde an allen Bäumen, Hasel und Sträuchern erhoben. War diese nicht eindeutig bestimmbar, so wurde die Vermehrungsart „nicht beurteilbar“ ausgeschieden.

kW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag, WB = Wurzelbrut, n.b. = nicht beurteilbar

Tab. 6.2–1: Baumarten, Baumartengruppen, Straucharten, Strauchartengruppen und deren Abkürzungen.

Table 6.2–1: Tree species and tree species groups, shrub species and shrub species groups and their abbreviations.

Baum- und Straucharten	Abk.		Baum- und Straucharten	Abk.		
Stieleiche (<i>Quercus robur</i> L.)	Ei	Ei	Zerreiche (<i>Quercus cerris</i> L.)	Zei	sLb	
Traubeneiche (<i>Quercus petraea</i> L.)			Bi			
Esche (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	Es	EdLb oder sEdLb	Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Rob		
Vogelkirsche (<i>Prunus avium</i> L.)	Vki		Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i> L.)	Hbu		
Bergahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	Ah		Feldahorn (<i>Acer campestre</i> L.)	Fah		
Spitzahorn (<i>Acer platanoides</i> L.)			Ful			
Elsbeere (<i>Sorbus torminalis</i> L. CRANTZ)	Els		Flatterulme (<i>Ulmus laevis</i> Pall.)	Flul		
Speierling (<i>Sorbus domestica</i> L.)	Spe		Götterbaum (<i>Ailanthus altissima</i> Mill.)	Gba		
Walnuß (<i>Juglans regia</i> L.)	Nu		Salweide (<i>Salix caprea</i> L.)	We		WLb oder sWLb
Schwarznuß (<i>Juglans nigra</i> L.)			As			
Wildbirne (<i>Pyrus communis</i> L.)	Wbi		Pappel (<i>Populus alba</i> L.)	Pa	oder sLb	
Weißkiefer (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	Wki		Wki	Winterlinde (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	Wil	sLb
Hasel (<i>Corylus avellana</i> L.)	Has	Has	Sommerlinde (<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.)	Sol		
Liguster (<i>Ligustrum vulgare</i> L.)	Lig	Lig	Sonstige Laubbäume	sLb		
Roter Hartriegel (<i>Cornus sanguinea</i> L.)	Har	Har	Holunder (<i>Sambucus nigra</i> L.)	Hol	sSTR	
Gelber Hartriegel (<i>Cornus mas</i> L.)			Sonstige Sträucher	sSTR		

Stockausschlagnummer (STA-NR):

Stockausschlagnummer (Anzahl der Stockausschläge pro Stock).

Mortalität (M):

Die Mortalität wurde an allen stehenden Bäumen und Sträuchern, soweit noch bestimmbar, erhoben.

L= lebend, T= tot

Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (D_{10})

Der Durchmesser in 10 cm Schafthöhe wurde mit einem Umfangmassband gemessen. Der Durchmesser in 10 cm Schafthöhe wurde an allen Sträuchern (Stämmen) ab einer Höhe von 20 cm ermittelt. Bei den Bäumen ab einer Höhe von 20 cm wurde im Unterholz der Durchmesser in 10 cm Schafthöhe an allen Stämmen mit einem Bhd bis 4 cm und an den Stämmen mit einem Bhd über 4 cm an mindestens 3 Stämmen pro Aufnahmefläche gemessen. Im Oberholz wurde der Durchmesser in 10 cm Schafthöhe an allen Edellaubbäumen erhoben, bei Eiche, Zerreiche und Hainbuche nur auf den Untersuchungsflächen Grandmühl und Tuemling.

Brusthöhendurchmesser (Bhd) oder Durchmesser in 130 cm Schafthöhe (D_{130})

An allen Bäumen und Sträuchern (Stämmen) wurde der Brusthöhendurchmesser (Bhd) mit einem Umfangmassband ermittelt.

Baumhöhe (H)

Von den Oberstämmen (Bhd \geq 16 cm) wurden alle Höhen mit Vertex (Suunto) gemessen. Auf den Untersuchungsflächen Grandmühl und Tuemling wurden im Unterholz an allen Bäumen und Sträuchern (Stämme) die Höhen mit einer Teleskopstange gemessen.

H (in cm bis Bhd < 4 cm; Höhe in dm ab Bhd > 4 cm): Baumhöhe

Auf den Stichprobenflächen der Waldinventur Ebenthal wurden im Unterholz die Höhen aller

Kernwüchse gemessen, während bei den Stockausschlägen (Bäume und Sträucher) mindestens an drei Stämmen pro Stock die Höhen erhoben wurden.

Primärkronenansatz (Pka)

An allen Kernwüchsen von Eiche, Edellaubbäumen, Zerreiche und Hainbuche mit einem Brusthöhendurchmesser ab 4 cm wurde der Primärkronenansatz bestimmt. Als Primärkronenansatz wurde die Ansatzhöhe des ersten lebenden Grünastes der Primärkrone definiert.

Sekundärkronenansatz (Ska)

An allen Kernwüchsen von Eiche, Edellaubbäumen, Zerreiche und Hainbuche mit einem Brusthöhendurchmesser ab 4 cm wurde der Sekundärkronenansatz bestimmt. Als Sekundärkronenansatz wurde die Ansatzhöhe des ersten lebenden Wasserreisers mit einer Mindestastlänge von 1 m definiert.

Kronenradienablotungen

An allen Kernwüchsen von Eiche, Edellaubbäumen, Zerreiche und Hainbuche mit einem Brusthöhendurchmesser ab 4 cm wurden die Kronenradien in den 8 Himmelsrichtungen abgelotet.

6.3 BIOMASSENERHEBUNGEN

6.3.1 OBERIRDISCHE BIOMASSENKOMPARTIMENTE

Das Baum- und Strauchbiomasseninventar setzt sich aus Datenmaterial verschiedener Arbeiten zusammen. Aufbauend auf von PERTLIK (1982) bearbeiteten Mittelwaldeichen wurde in Zusammenarbeit mit Diplomanden (GLÜCK 1996, LASCHÖBER 2000, BELLOS 2000) und durch laufende eigene Erhebungen in den Jahren 1997 bis 2001 das Probematerial schrittweise ergänzt. Die Arbeiten basieren auf dem Dimensionsanalyseansatz (WHITTAKER und WOODWELL 1968, JENKINS et al. 2003). Anhang 1 gibt einen Überblick über die Datenquellen. Bei der Auswahl der Probestämme und -sträucher (Erfassung der verschiedenen sozialen Baumklassen innerhalb der Versuchsfläche) wurde vor allem darauf geachtet, dass die Höhen- und Durchmesserstrukturen (in Schafthöhen von 130 cm und 10 cm) der Untersuchungsbestände zufriedenstellend repräsentiert wurden.

Die Frischgewichtsbestimmung wurde primär im Vollaufnahmeverfahren der einzelnen Biomassenkomponenten durchgeführt (HOCHBICHLER et al. 1994, HOCHBICHLER 1997, BELLOS 2000, HOCHBICHLER et al. 2006). Bei der Aufarbeitung des Probematerials (Bäume, Sträucher) vor Ort wurden die Biomassenkomponenten (Schaft- und Astholz; Holz in Rinde (> 7 cm, 7–5 cm, 5–2 cm, 2–1 cm; < 1 cm (Zweige); Dürräste, Blätter) getrennt aufgearbeitet.

Nur bei den stärkeren Bäumen erfolgte aus arbeitstechnischen Gründen die Ermittlung der Stammbolzrindenbiomasse unter Zuhilfenahme von Volumsmessungen, Stammscheibenentnahmen und Gewichtsbestimmung über Raumdichtewerte. Die Bestimmung der Zweig- und Blattmasse erfolgte nach einer gemeinsamen Frischgewichtsbestimmung vor Ort über einen aus einer Teilprobe ermittelten Umrechnungsfaktor (PERTLIK 1982, GLÜCK 1996, HOCHBICHLER 2002).

Die einzelnen Fraktionen wurden vor Ort in frischem Zustand gewogen (Frischgewichtsbestimmung). Für die Trockengewichtsbestimmung wurden bei großen Biomassenmengen Teilproben entnommen.

Im Labor wurden die Proben bei 105° C im Trockenschrank 24 Stunden getrocknet, und das Trockengewicht bestimmt. Die Ermittlung des Umrechnungsfaktors Frisch- zu Trockengewicht erfolgte für alle Proben mittels Teilproben.

6.3.2 STREUFALLUNTERSUCHUNGEN

Auf den Untersuchungsflächen Grandmühl 3 (Verjüngungsfläche) und Grandmühl 4 (Bestand) wurden je 9 Streusammler (80 x 80 cm) in einem regelmäßigen Raster aufgestellt. Die Sammleroberkante wurde

im Bestand in einer Höhe von 1,0 m und auf der Verjüngungsfläche in einer Höhe von 0,4 m angeordnet. Die Probenentnahme erfolgte, beginnend mit September 1998, in 2-monatigem Abstand bis Dezember 1999 und anschließend in 3-monatigen Perioden bis Dezember 2002.

Die Streuproben je Sammeleinrichtung wurden nach den Fraktionen Blätter (getrennt nach den Baumarten Eiche, Zerreiche, Hainbuche, Feldahorn und sonstige Laubbäume (Feldulme, Elsbeere, Speierling), Früchte (Eicheln, Samen, Fruchtblätter; Zerreiche und Eiche; Mistel; sonstige Laubbäume), sonstige Fraktion (Flechten, Moose, nicht klar zuordenbare Blattteile), Zweige (Durchmesser ≤ 1 cm; Zerreiche und Eiche; Mistel; sonstige Laubbäume), Äste (Durchmesser > 1 cm; Zerreiche und Eiche; Mistel; sonstige Laubbäume) und Holz-Rindenfragmente getrennt, bei 105°C 24 Stunden getrocknet und gewogen.

6.3.3 BLATTMERKMALE

Im Zuge der Aufarbeitung der Biomassen der Probebäume und -sträucher erfolgte auch eine zusätzliche Entnahme von Blattproben (Vollaufnahme bei Pflanzen des Kollektivs mit einer Höhe kleiner 130 cm und Mischproben mit mindestens 100 Stück pro Pflanze bei den größeren Bäumen und Sträuchern). Im Labor erfolgte die Bestimmung des Frischgewichtes der Blattproben, die Zählung und optoelektronische Planimetrierung der Blätter und die Ermittlung des Trockengewichtes (24 Stunden Trocknung bei 105°C). Bei den Streufalluntersuchungen im Herbst 1999 wurden ebenfalls für Mischproben der dominierenden Baumarten und der Mistel analog die Blattflächen und das Trockengewicht bestimmt.

Basierend auf den Untersuchungen wurden für die Baum- und Straucharten das jeweilige 100-Blatt-Trockengewicht (TG_{100} in g) und die einseitige spezifische Blattfläche (sBLFL in $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) ermittelt.



7 DATENAUSWERTUNG UND -MATERIAL

7.1 ERMITTLUNG DER BIOMASSEN VON BÄUMEN UND STRÄUCHERN

Die Abschätzung der Biomassenkompartimente von Bäumen und Sträuchern soll aus leicht erhebbaren dendrometrischen Größen erfolgen. Viele Regressionsmodelle zur Erstellung von Biomassenschätzfunktionen für Bäume und Sträucher folgen einer allometrischen Funktion (ATTIWILL 1962, WHITTAKER und WOODWELL 1968, WHITTAKER und WOODWELL 1971, WHITTAKER und MARKS 1975, MURRAY und JACOBSON 1982, CLARY und TIEDEMANN 1986, AMMER et al. 2004).

Die Beziehungen zwischen den abhängigen Variablen „Trockengewicht der Biomassenkompartimente“ und den unabhängigen Variablen „Baum- und Strauchmerkmale“ wurden mittels einer multiplen schrittweisen Regressionsanalyse hergeleitet.

Dazu wurden die Prohebäume in solche mit Brusthöhendurchmesser kleiner 1 cm und Bäume mit Brusthöhendurchmesser größer 1 cm unterteilt. Die verwendeten Variablen und ihre Abkürzungen für Prohebäume und -sträucher sind der Tabelle 6.2-1 zu entnehmen.

Mittels des allometrischen Ansatzes, in den der logarithmierte Durchmesser $\ln D$ (Brusthöhendurchmesser bei Bäumen mit Bhd größer 1 cm (Gleichung 1a) oder der Durchmesser in 10 cm Schafthöhe bei Bäumen mit Bhd kleiner 1 cm und Sträuchern (Gleichung 1b), die logarithmierte Höhe $\ln H$, die Terme $\ln 2d$, $\ln 3d$ sowie $\ln d.h$ und $\ln d2.h$ eingehen, wurde für jedes zu schätzende Kompartiment ein Parametersatz (a_0, \dots, a_6) ermittelt.

$$\ln y = a_0 + a_1 \ln Bhd + a_2 \ln H + a_3 (\ln Bhd)^2 + a_4 (\ln Bhd)^3 + a_5 \ln(Bhd * H) + a_6 \ln(Bhd^2 * H) \quad (1a)$$

$$\ln y = a_0 + a_1 \ln D_{10} + a_2 \ln H + a_3 (\ln D_{10})^2 + a_4 (\ln D_{10})^3 + a_5 \ln(D_{10} * H) + a_6 \ln(D_{10}^2 * H) \quad (1b)$$

y = Baumholz in Rinde (HR) [kg], Schaftholz in Rinde (SHR) [kg],

Astholz in Rinde (AHR) [kg], Blattmasse (BLM) [kg]

Bhd = Durchmesser in 130 cm Schafthöhe [cm]

D_{10} = Durchmesser in 10 cm Schafthöhe [cm]

H = Höhe [m]

$a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ = Parameter

Die Berechnung des Korrekturfaktors zur Beseitigung der bei der Logarithmierung entstandenen Verzerrung erfolgte im Anhalt an SPRUGEL (1983) mit Gleichung (2):

$$C = SEE^2 / 2 \quad (2)$$

C = Korrekturfaktor

SEE = Standardabweichung der Schätzung

Bei den Bäumen mit einem Brusthöhendurchmesser über 1 cm erfolgte die Berechnung der Astholzrindenkompartimente kleiner und größer 4 cm sowie kleiner und größer 2 cm mittels der Gleichungen (3) und (4)

$$\ln y = a + b * \ln x \quad (3)$$

$y = \text{AHR}/\text{AHR}<4$ oder $\text{AHR}/\text{AHR}<2$

$\text{AHR}<4 = \text{Astholz in Rinde} < 4 \text{ cm}$; $\text{AHR}<2 = \text{Astholz in Rinde} < 2 \text{ cm}$

$x = \text{AHR} = \text{Astholz in Rinde [kg]}$

$a, b = \text{Parameter}$

$$y = \text{AHR} - x \quad (4)$$

$\text{AHR} = \text{Astholz in Rinde [kg]}$

$y = \text{AHR}>4$ (Astholz in Rinde $> 4 \text{ cm}$) oder $\text{AHR}>2$ (Astholz in Rinde $> 2 \text{ cm}$) [kg]

$x = \text{AHR}/\text{AHR}<4$ oder $\text{AHR}/\text{AHR}<2$ ($\text{AHR}<4 = \text{Astholz in Rinde} < 4 \text{ cm}$; $\text{AHR}<2 = \text{Astholz in Rinde} < 2 \text{ cm}$)

Die Ermittlung der astfreien Stammholzrindenbiomassen wurde nach der Gleichung (5) vorgenommen. Das astfreie Stammholzvolumen in Rinde (fm_St) pro Baum, welches unter Zuhilfenahme der Ausbauchungskennzahlen nach GRUNDNER-SCHWAPPACH (1952) geschätzt wurde (Kap. 7.3.8), ergab sich durch Multiplikation der jeweiligen Raumdichte des Stammholzes in Rinde des Baumes mit dem astfreien Stammholzvolumen in Rinde.

$$aSTHR = \rho * fm_ST \quad (5)$$

$aSTHR = \text{astfreie Stammholzrindenbiomassen [g.m}^{-2}]$

$\rho = \text{Raumdichte des Stammholzes in Rinde [kg/fm}_s]$

$fm_ST = \text{astfreies Stammholzvolumen [fm}_j]$

Auf das allgemeine Problem, dass das bei der Berechnung der Biomasse mittels Schätzfunktionen für die gesamte Biomasse geschätzte Trockengewicht von jenem Trockengewicht abweicht, daß aus der Summe der einzelnen Teilkomponenten ermittelt wird, verweisen zahlreichen Autoren. Vielfach erfolgt ein funktioneller Ausgleich der Kompartimente oder eine einfache Differenzbildung. Da in dieser Arbeit die Darstellung der Einzelbiomassenkompartimente, insbesondere der Hauptkompartimente Holz in Rinde, Blätter und Wurzeln, und deren Entwicklung von Interesse war, wurde bei der Ermittlung der gesamten ober- oder unterirdischen Einzelbaum- und Strauchbiomassen der Summenbildung aus den Teilkomponenten der Vorzug gegeben. Das gilt auch für die Darstellung der Biomassenverhältnisse bei der Gliederung in die jeweiligen Stammholzrinden- und Astholzrindenkompartimente.

Tabelle 7.1-1 gibt einen Überblick über die in dieser Arbeit verwendeten Variablen, deren Maßeinheiten und Abkürzungen und deren Verwendungsbereich für Bäume und Sträucher.

In Tabelle 7.1-2 sind das Probenmaterial von Bäumen und Sträuchern getrennt nach den Auswertekollektiven und den Kenngrößen Brusthöhendurchmesser, Durchmesser in 10 cm Schafthöhe, Höhe, Holzrindenbiomassen, Wurzelbiomassen und Blattmassen dargestellt.

7.2 ERMITTLUNG DER BLATTFLÄCHEN

Die Blattflächen je Stamm der Bäume und Sträucher wurden über die geschätzte Blattmasse und die erarbeiteten baumspezifischen Blattflächen des jeweiligen Bestandeskollektives ermittelt.

Tab. 7.1–1: Beschreibungen, Maßeinheiten und Abkürzungen der Variablen und deren Verwendungsbereich (O) für Bäume und Sträucher bei den Auswertungen.

Table 7.1–1: Description, unit of measurement and short forms of the variables and the range of use (o) for tree species and shrub specie

Variable	Kompartiment	Einheit	Bäume + Hasel		Sträucher
			Bhd > 1 cm	Bhd ≤ 1 cm	
HR	Holzbiomassen in Rinde = Holzrindenbiomassen	kg	O	O	O
BLM	Blattmasse	kg	O	O	O
OG	Oberirdische Biomasse: HR + BLM	kg	O	O	O
WU	Wurzelbiomassen	kg	O	O	O
OUG	Ober- und unterirdische Biomassen: HR + WU + BLM	Kg	O	O	O
OBLM%	Oberirdisches Blattmassenprozent	%	O	O	O
BLM%	Blattmassenprozent: (BLM/OG)*100	%	O	O	O
WU%	Wurzelprozent: (WU/OUG)*100	%	O	O	O
W/S	Wurzel – Sproßverhältnis: WU/OG		O	O	O
SHR	Schaftholzbiomassen in Rinde = Schaftholz- rindenbiomassen (Schaftholz in Rinde > 2 cm)	kg	O		
AHR	Astholzbiomassen in Rinde = Astholzrinden- biomassen (Astholz in Rinde und Schaftholz in Rinde kleiner 2 cm)	kg	O		
HR (1)	Holzrindenbiomassen: SHR + AHR	kg	O		
AHR<4	Astholz in Rinde größer 4 cm	kg	Bhd ≥ 24 cm		
AHR>4	Astholz in Rinde kleiner 4 cm	kg			
AHR>2	Astholz in Rinde größer 2 cm	kg	Bhd < 24 cm		
AHR<2	Astholz in Rinde kleiner 2 cm	kg			
aSTHR	Astfreie Stammholzbiomassen	kg	O		
KRHR	Kronenholzbiomassen: HR oder HR(1) – aSTHR	kg	O		
D ₁₀	Durchmesser in 10 cm Schafthöhe	cm	O	O	O
Bhd	Durchmesser in 130 cm Schafthöhe (Bhd)	cm	O		
H	Höhe	m	O	O	O

7.3 ERMITTLUNG DER BESTANDESKENNWERTE

Für die Beschreibung und Analyse von Bestandesstrukturen wird die gemeinsame Betrachtung mehrerer Strukturelemente empfohlen (SPELLMANN 1995, SCHÜTZ 2001, GADOW 1999, GADOW 2003a, PRETZSCH 2002). Nach GADOW (2003b) gehören Struktur und Diversität, neben der Dichte, zu den typischen Merkmalen der Waldbestände.

In dieser Arbeit wurden einfache Ansätze zur Erfassung von Waldstrukturen und Diversität, unter Einbeziehung der Sträucher sowie von Vermehrungsarten und Biomassenkompartimenten verwendet. Absolute und prozentuelle Verteilungen der Baummerkmale nach Durchmesserklassen (Horizontalstruktur) und Höhenklassen (Vertikalstruktur) wurden beschrieben.

Die Bestandeskennzahlen und –strukturmerkmale wurden für jede Aufnahmefläche berechnet. Bei den Auswertungen der Stichprobeninventuren bei den kombinierten Aufnahmeverfahren (Unterholzerhebungen auf den Dauerbeobachtungsflächen und Probekreisverfahren bei der Waldinventur Ebenthal) wurden bei den Mittelwerten auch die relativen Standardfehler ($s_x\%$) angeführt.

Tab. 7.1–2: Anzahl (N) der Probebäume und Probesträucher sowie Mittelwerte (\bar{x}), Minima und Maxima (Min – Max) der Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm), Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (D_{10} in cm), Höhe (H in m), Holzrindenbiomassen (HR in kg) und Blattmassen (BLM in kg) für die Kollektive mit Brusthöhendurchmesser größer und kleiner 1 cm.

Table 7.1–2: Number (N) of the sample trees and shrubs and mean (\bar{x}), minima und maxima (Min – Max) of the diameter at breast height (cm), diameter at the stem height of 10 cm (D_{10} in cm), height (H in m), total tree biomass (HR in kg) and leaf biomass (BLM in kg) of the collectives with a diameter at breast height larger and less than 1 cm.

BA/STR	N	D_{10} / Bhd (cm)	H (m)	HR (kg)	BLM (kg)
		\bar{x} Min–Max)	\bar{x} Min–Max)	\bar{x} Min–Max)	\bar{x} Min–Max)
Eiche	8	D_{10} : 1,6 (1,3–2,2)	2,6 (1,5–3,6)	0,25 (0,11–0,54)	0,04 (0,02–0,12)
	36	Bhd: 21,2 (1,2–61,0)	11,3 (2,9–19,0)	442,0 (0,7–2.506,0)	4,97 (0,10–20,64)
Feldahorn	18	D_{10} : 1,4 (0,5–2,8)	2,5 (0,5–2,8)	0,22 (0,01–0,54)	0,06 (0,01–0,16)
	16	Bhd: 6,6 (1,1–16,2)	7,7 (2,6–14,1)	23,5 (0,6–74,8)	0,97 (0,09–2,32)
Hainbuche	8	D_{10} : 1,3 (0,4–3,1)	1,4 (0,4–3,5)	0,14 (0,003–0,85)	0,01 (0,003–0,06)
	22	Bhd: 6,4 (1,4–17,4)	9,2 (3,1–16,5)	25,5 (0,3–184,1)	0,68 (0,03–4,72)
Esche	7	D_{10} : 1,2 (0,8–1,8)	2,2 (1,7–2,8)	0,09 (0,04–0,23)	0,02 (0,01–0,04)
	21	Bhd: 5,5 (1,0–9,7)	6,9 (3,1–8,9)	5,4 (0,24–25,9)	0,56 (0,03–1,9)
Bergahorn	0	D_{10} : keine Bäume			
	10	Bhd: 5,1 (1,2–8,7)	6,0 (2,7–8,7)	6,8 (0,2–18,2)	0,58 (0,03–1,35)
Kirsche	8	D_{10} : 1,6 (0,8–2,1)	2,0 (0,9–3,4)	0,2 (0,03–0,28)	0,026 (0,002–0,06)
	10	Bhd: 4,2 (1,3–9,6)	5,5 (2,6–8,6)	7,2 (0,36–32,7)	0,48 (0,04–1,74)
Feldulme	0	D_{10} : keine Bäume			
	8	Bhd: 8,0 (1,8–14,5)	7,2 (3,2–11,0)	21,6 (0,37–66,5)	1,2 (0,04–4,37)
Hasel	12	D_{10} : 1,1 (0,6–1,7)	1,7 (0,5–4,2)	0,06 (0,003–0,21)	0,02 (0,004–0,11)
	19	Bhd: 4,6 (1,4–12,4)	5,7 (2,7–10,3)	8,4 (0,37–47,7)	0,64 (0,03–2,79)
Weide	0	D_{10} : keine Bäume			
	6	Bhd: 2,0 (1,2–3,0)	3,5 (2,4–4,5)	0,48 (0,30–0,78)	0,15 (0,07–0,1)
Esche und Bergahorn	0	D_{10} : keine Bäume			
	34	Bhd: 6,1 (1,0–31,3)	7,1 (2,7–22,3)	45,9 (0,2–671,3)	1,17 (0,03–8,7)
Harte Laubbäume Bhd < 24 cm	108	Bhd: 6,5 (1,1–23,0)	7,1 (2,6–21,0)	28,7 (0,3–245,5)	0,88 (0,05–5,9)
Hartriegel	16	D_{10} : 2,6 (0,9–5,6)	3,8 (2,0–5,9)	0,93 (0,1–4,1)	0,14 (0,03–0,45)
Liguster	12	D_{10} : 1,2 (0,9–2,1)	2,1 (1,0–2,1)	0,11 (0,09–0,21)	0,04 (0,02–0,07)
Sträucher	32	D_{10} : 2,5 (0,9 ¹ –1,0)	3,2 (1,0–3,9)	2,17 (0,09–13,3)	0,21 (0,02–1,01)

7.3.1 STAMMZAHL

Die Stammzahl pro Hektar (N in $N \cdot ha^{-1}$) ist ein einfach zu bestimmendes Dichtemaß. Bei allen verwendeten Aufnahmeverfahren (Vollaufnahme, Stichprobeninventur, kombiniertes Verfahren) wurden die auf den Aufnahmeflächen erhobenen Stammzahlen der **Bäume und Sträucher** auf Hektarwerte hochgerechnet. Bei den kombinierten Verfahren ergaben sich die Stammzahlen pro Hektar durch Summierung der Werte der Teilkollektive.

7.3.2 GRUNDFLÄCHE (IN 130 CM SCHAFTHÖHE)

Die Bestandesgrundfläche (G in $m^2 \cdot ha^{-1}$) ist ebenfalls ein einfach zu bestimmendes Dichtemaß. Aus den einzelnen Stammgrundflächen in 130 cm Schafthöhe der Stämme (**Bäume**) wurde für die jeweilige Aufnahmefläche die Grundfläche auf einem Hektar berechnet. Bei den kombinierten Verfahren ergab sich die Grundfläche in 130 cm Schafthöhe pro Hektar durch Summierung der Werte der Teilkollektive.

7.3.3 GRUNDFLÄCHE IN 10 CM SCHAFTHÖHE

Als eine quantitative Methode zur Deckungs- und Dichtebestimmung bei vegetationskundlichen Untersuchungen wird von KREEB (1983) die Erhebung der Basalgrundfläche (Grundfläche direkt am Boden gemessen) vorgeschlagen. Aufgrund der zu erwartenden Schwierigkeiten bei der Messung der Stammdurchmesser bei den Stockausschlägen von Bäumen und Sträuchern knapp über dem Boden erfolgte die Messung in 10 cm Schafthöhe (sh. Kap. Aufnahmeverfahren).

Da mit der Grundfläche in 130 cm Schafthöhe als wichtiges „forstliches“ Kriterium für die Bestandesdichte nur Bäume ab einer Höhe ab 130 cm erfasst werden, steht somit mit der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$) neben der Stammzahl ein weiteres wichtiges Bestandesdichtemerkmal bei Berücksichtigung aller Bäume und Sträucher zur Verfügung.

Aus den einzelnen Stammgrundflächen in 10 cm Schafthöhe der Bäume und Sträucher wurde für die jeweilige Aufnahmefläche die Grundfläche in 10 cm Schafthöhe auf einem Hektar berechnet. Bei den kombinierten Verfahren ergab sich die Grundfläche in 10 cm Schafthöhe pro Hektar durch Summierung der Werte der Teilkollektive.

Da nicht bei allen Erhebungen vor Ort die Durchmesser in 10 cm Schafthöhe gemessen wurden, wurden baumartenspezifische Schätzfunktionen für den Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser und Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (Gleichung 6) erarbeitet und die fehlenden Werte ergänzt.

$$Bhd = a + b * D_{10} \quad (6)$$

Bhd = Durchmesser in 130 cm Schafthöhe [cm]

D_{10} = Durchmesser in 10 cm Schafthöhe [cm]

a, b = Parameter

Aus Tabelle 7.3-1 sind die Spannweiten der Durchmesser in 130 cm und 10 cm Schafthöhe für jene Baumarten ersichtlich, welche für die Darstellung der Beziehung zwischen diesen beiden Durchmesserwerten zur Verfügung stehen.

Die modellhafte Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem Brusthöhendurchmesser (D_{130}) und dem Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (D_{10}) für die verschiedenen Baumarten für den Durchmesserbereich bis 24 cm ist aus der Abbildung 7.3-1 ersichtlich.

Tab. 7.3-1: Kennwerte (Mittelwerte (\bar{x}); Minima und Maxima (Min-Max)) der Baumarten Hasel (Has), Hainbuche (Hbu), Feldahorn (Fah), Esche (Es), Berg- und Spitzahorn (Ah), Winterlinde (Wli), Feldulme (Ful), Vogelkirsche (Vki), Trauben- und Stieleiche (Ei), Elsbeere (Els), Wildbirne (Wbi) und Speierling (Spei) für die Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) und dem Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (D_{10} in cm).

Table 7.3-1: Characteristics (mean (\bar{x}), minima and maxima (Min - Max)) of hazel (Has), hornbeam (Hbu), field maple (Fah), ash (Es), mountain maple and Norway maple (Ah), small-leaved lime (Wli), field elm (Ful), cherry (Vki), sessile- and common oak (Ei), wild service tree (Els), common pear (Wbi) and service tree (Spei) for the estimation of the correlation between the diameter at breast height (Bhd in cm) and the diameter at the stem height of 10 cm (D_{10} in cm).

BA	N	BHD [cm]		D_{10} [cm]		BA	N	BHD [cm]		D_{10} [cm]	
		\bar{x}	Min—Max	\bar{x}	Min—Max			\bar{x}	Min—Max	\bar{x}	Min—Max
Has	22	6,7	2,8—12,4	7,6	4,3—12,2	Hbu	166	4,6	0,2—49,0	7,8	1,1—63,0
Fah	84	3,8	0,2—17,0	6,4	2,1—21,0	Es	61	3,6	0,3—18,0	5,9	1,8—23,0
Ah	64	3,5	0,2—34,0	5,7	1,7—49,0	Wli	10	1,9	0,1—3,6	3,6	1,8—7,4
Ful	8	8,0	1,8—14,5	9,3	2,5—16,6	Vki	51	2,7	0,1—9,6	4,4	1,2—14,9
Ei	40	42,0	0,5—73,0	48,7	2,2—100	Els	36	1,9	0,7—3,4	3,1	1,5—9,5
Wbi	28	3,5	0,3—6,4	5,4	1,9—7,2	Spei	27	2,6	0,5—4,3	4,0	1,7—6,1

Tab. 7.3-2: Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser und Durchmesser in 10 cm Schafthöhe nach Baumarten (BA) und der Hasel (N = Anzahl der Probestämme, a, b = Parameter, SEE = Standardfehler, R² = Bestimmtheitsmaß).

Table 7.3-2: Correlation between the diameter at breast height and the diameter at the stem height of 10 cm for the tree species (BA) and hazel (N= number of sample trees, a, b = parameter, SEE = standard error, R² = coefficient of determination).

BA	N	a	b	SEE	R ²	BA	N	a	b	SEE	R ²
Has	22	-0,748	0,975	0,934	0,910	Vki	51	-0,618	0,781	0,421	0,957
Hbu	166	-1,058	0,663	1,143	0,673	Elsb	36	-0,582	0,843	0,416	0,799
Fah	84	-0,705	0,831	0,764	0,951	Ei	40	-0,985	0,818	0,315	0,847
Es	61	-0,247	0,677	0,761	0,799	Wbi	28	-1,067	0,772	0,852	0,628
Ah	32	-0,632	0,768	0,719	0,890	Spe	27	-0,746	0,863	0,426	0,887
Wli	10	-1,064	0,897	0,983	0,764						

Zwischen den Baumarten waren keine wesentlichen Unterschiede festzustellen. Für die Hasel ergab sich bei gleichem Durchmesser in 10 cm Schafthöhe ein deutlich höherer Brusthöhendurchmesser als bei den untersuchten Baumarten.

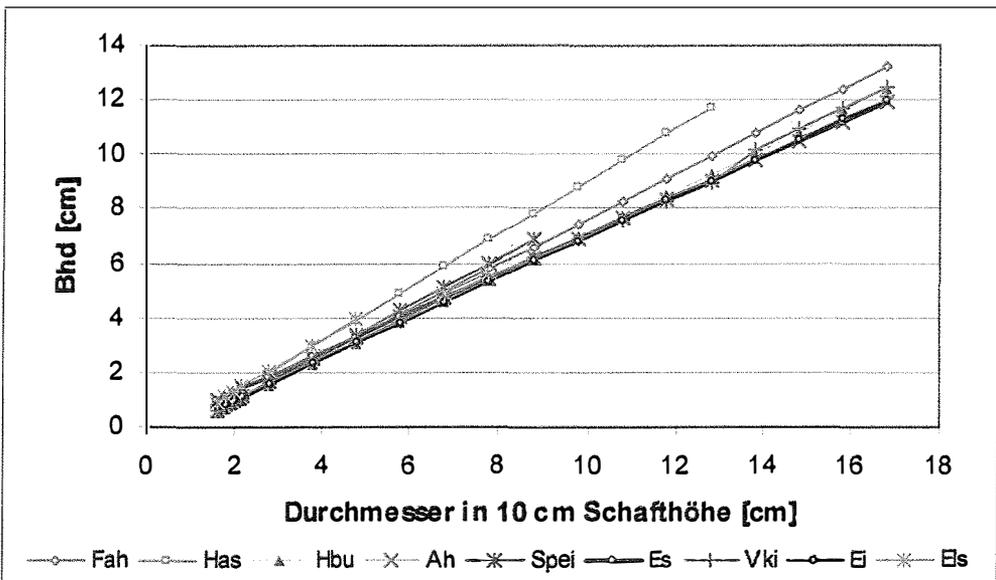


Abb. 7.3-1: Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) und Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (D₁₀ in cm) (Bhd-Rahmen bis 24 cm).

Fig. 7.3-1: Correlation between diameter at breast height (Bhd in cm) and diameter at the stem height of 10 cm (D₁₀ in cm) (dbh - range up to 24 cm).

7.3.4 ÜBERSCHIRMUNGSPROZENT

Als wichtiges Dichtemaß bei der Mittelwaldbewirtschaftung gilt das Überschirmungsprozent des Oberholzes (UB%). Das Überschirmungsprozent gibt die überschirmte Bestandesfläche pro Gesamtfläche in Prozenten wieder. Die überschirmte Bestandesfläche des Oberholzes wurde durch Summenbildung der Kronenschirmflächen **aller Bäume ab einem Brusthöhendurchmesser von 16 cm** ermittelt. Fehlende Kronendurchmesser wurden anhand der erarbeiteten Kronenmodelle ergänzt. (Kap. 8.10.1).

7.3.5 HÖHENKURVEN

Zur Berechnung der Bestandeshöhenkurven (Oberholz) wurden die Gleichungen 6 und 7 herangezogen. Mit diesen Funktionstypen konnten die Kurvenverläufe aller Baumarten am besten nachempfunden werden.

$$\ln H = a + b * \ln Bhd + c + \ln 2Bhd \quad (7a)$$

H = Höhe [m]
 Bhd = Brusthöhendurchmesser [cm]
 a, b, c = Parameter

$$\ln(H - 1,3) = a + b * 1/Bhd \quad (7b)$$

H = Höhe [m]
 Bhd = Brusthöhendurchmesser [cm]
 a, b, c = Parameter

Da bei der Waldinventur im Revier Ebenthal nicht alle Baumhöhen von Zerreiche und den sonstigen Laubbäumen (auch Unterholz) gemessen wurden, erfolgte die Berechnung der fehlenden Baumhöhen ebenfalls über Ausgleichsfunktionen (Gleichungen 6 und 7), getrennt nach Betriebsart, Reliefgruppen und Vermehrungsart.

Bei der Herleitung von Höhenkurven wurde versucht, für alle Baumarten des Oberholzes für jeden Untersuchungsbestand eine eigene Höhenkurve zu berechnen.

Bei den Mittelwald-Untersuchungsbeständen war dies für die Eiche und in wenigen Fällen für andere Baumarten möglich, obwohl die Mindestanzahl für die Aufstellung einer Höhenkurve mit 10 Durchmesser-Höhenwertepaare festgesetzt wurde. Zu Vergleichszwecken wurden daher für die Mittelwald-Untersuchungsbestände Grandmühl, Tuemling und Ebenthal jeweils gemeinsame baumartenspezifische Höhenkurven berechnet. Für die untersuchten Niederwaldbestände mit Überhältern wurde aufgrund der geringen Oberständeranzahl auf die Berechnung von Höhenkurven verzichtet und die Höhen-Durchmesser-Wertepaare in Form einer Box-Plot-Grafik dargestellt.

7.3.6 DURCHMESSER DER GRUNDFLÄCHENMITTELSTÄMME UND MITTELHÖHEN

Für alle Aufnahmeflächen wurden für die **Bäume** die Durchmesser der Grundflächenmittelstämme (D_g) und die Mittelhöhen (Loreysche Mittelhöhe; H_L) getrennt nach Ober- und Unterholz berechnet. Für die **Bäume und Sträucher** wurden je Aufnahmefläche die Durchmesser der Grundflächenmittelstämme in 10 cm Schafthöhe ($D_{g,10}$) und die mit der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe gewichtete Mittelhöhe (H_{10}) ermittelt.

Beim kombinierten Aufnahmeverfahren und den Stichprobenerhebungen Ebenthal erfolgte eine Mittelwertberechnung (inklusive Standardfehler) der Durchmesser der Grundflächenmittelstämme in 130 cm (D_g) und 10 cm Schafthöhe ($D_{g,10}$) und der Mittelhöhen (H_L und H_{10}).

Die Gleichung (8) wurde für die modellhafte Darstellung der Durchmesserentwicklung in 10 cm Schafthöhe ($D_{g,10}$) und der Höhenentwicklung (H_{10}) von Bäumen und Sträuchern im Unterholz in Abhängigkeit vom Alter anhand der Stichprobenflächen im Niederwald mit Überhältern (Chronosequenzreihe) verwendet.

$$\ln y = a + b * \ln(ALT) + c * \ln 2(ALT) \quad (8)$$

y = Durchmesser des Grundflächenmittelstammes ($D_{g_{10}}$ in cm) oder Mittelhöhe [H_{10} in m]
 ALT = Alter [Jahre]
 a, b, c = Parameter

7.3.7 BAUM- UND STRAUCHARTENZUSAMMENSETZUNG UND VERMEHRUNGSARTEN

Artspezifische absolute und relative Häufigkeiten der Stammzahlen und Grundflächen je Durchmesser- oder Höhenklasse stellten einen einfachen und wirkungsvollen Ansatz zur Beschreibung der Struktur und Vielfalt in artenreichen Beständen dar (GADOW 1999).

Basierend auf den Erhebungen der Baum- und Straucharten sowie der Vermehrungsarten (sh. Kap. 6.2), der Anzahl der Stämme und der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe auf jeder Aufnahme- fläche konnten die Hektarwerte für die artspezifischen Stammzahlen und Grundflächen in 10 cm Schafthöhe, getrennt nach Vermehrungsarten, ermittelt werden. Bei den kombinierten Verfahren ergaben sich die Größen durch Summierung der Werte der Teilkollektive.

Auch die Zusammensetzung der Baum- und Straucharten ergab sich aus der Anzahl aller Baum- und Straucharten pro Aufnahme- fläche oder Summierung aus den Teilkollektiven. In der Arbeit erfolgten aus Gründen der Übersichtlichkeit für die Auswertungen und Darstellungen der Ergebnisse Gruppenbildungen (Tab. 6.2-1). Die Gruppenbildung folgte den Überlegungen, dass primär Eiche und Edellaubbäume als Zielbaumarten für das Oberholz gewünscht werden.

Eine Aufteilung nach Vermehrungsarten erfolgte nur bei den Baumarten(gruppen) und bei der Hasel. Die Zusammensetzung der Vermehrungsarten ergaben sich ebenfalls aus der Anzahl der Vermehrungsarten pro Baumart(engruppe) oder Hasel pro Aufnahme- fläche oder Summierung aus den Teilkollektiven. Die Beschreibung der Mischungsanteile der vorhandenen Baum- und Straucharten(gruppen) und der Vermehrungsarten erfolgte primär durch die Darstellung der jeweiligen Häufigkeiten der Stammzahlen und Grundflächen in 10 cm Schafthöhe.

7.3.8 HOLZVOLUMENVORRAT

Das Holzvolumen wurde als Schaftholz in Rinde (fm_s) nach POLLANSCHÜTZ (1974) und SCHIELER (1988) bei Bäumen mit einem Brusthöhdurchmesser ab 5 cm ermittelt und je Hektar hochgerechnet (V in $fm_s \cdot ha^{-1}$). Das astfreie Stammholzvolumen in Rinde (fm_{St} in fm_s) pro Baum wurde unter Zuhilfenahme der Ausbauchungskennzahlen für Eiche und Buche nach GRUNDNER-SCHWAPPACH (1952) geschätzt.

Aus den einzelnen Volumina (Schaftholzvolumen und Schaftholzvolumen des astfreien Stammabschnittes) der Bäume ($Bhd \geq 5$ cm) wurde für die jeweilige Aufnahme- fläche der Holzvolumenvorrat je Hektar berechnet. Bei den kombinierten Verfahren ergab sich der Holzvolumenvorrat pro Hektar durch Summierung der Werte der Teilkollektive.

Für die „dynamische“ Bonitierung der Untersuchungs- und Versuchsflächen wurde die Ertragstafel Eiche-Ungarn (MARSCHALL 1975) verwendet. Die Absolutbonität wurde aus Erhebungen des Stockalters und der Höhe von starken Eichenoberstämmern im Zuge von Mittelwaldhieben in benachbarten Beständen zugewiesen.

7.3.9 OBERIRDISCHER BIOMASSENVORRAT

Die oberirdischen Biomassenvorräte der einzelnen Biomassenkompimente (Holz in Rinde, Blätter, Schaftholz in Rinde, Astholzkompartimente in Rinde) der Bäume und Sträucher ab einer Höhe von 20 cm wurden mittels der erarbeiteten Schätzfunktionen ermittelt (Anhang 2) und durch Literaturwerte ergänzt.

Für Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser über 32 cm wurde die Eichenschätzfunktion für die Ermittlung der Trockengewichte der Holzrindenkompartimente und der Blattmasse verwendet. Mangelhafte Abdeckung bestimmter Durchmesserbereiche bei einzelnen Baumarten wurde durch die Anwendung der Schätzfunktionen für hartes oder weiches Laubholz behoben. Die Schätzungen der Biomassen (Holz in Rinde und Blätter) für die Keimlinge und Jungpflanzen (Höhe < 20 cm) erfolgte mit den in Tabelle 7.3–3 dargestellten Mittelwerten.

Tab. 7.3–3: Mittlere Trockengewichte der Holzrinden- (HR in g) und Blattmassen (BLM in g) der Baumarten Eiche, Zerleiche, Feldahorn und Hainbuche mit einer Höhe unter 20 cm.

Table 7.3–3: Mean dry weight of the total above-ground wood biomass in bark (HR in g) and leaf biomass (BLM in g) for oak, turkey oak, field maple and hornbeam up to a height of 20 cm.

Baumart	N	HR (g)	BLM (g)
Eiche, Zerleiche	6	0,444	0,502
Feldahorn	7	0,249	0,339
Hainbuche	12	0,213	0,228
Gesamt		0,251	0,331

Aus den jeweiligen Biomassenkompartimenten der Bäume und Sträucher wurde für die jeweilige Aufnahme­fläche der Biomassenvorrat in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ berechnet.

Bei den Berechnungen der Bestandes­kennwerte für die verschiedenen Mittel­überschirmungsvarianten (Kap. 8.11) und deren betriebswirtschaftlicher Bewertung (Kap. 8.12) sowie bei der Darstellung der Ergebnisse der Planungsbeispiele (Kap. 8.13) wurden als Maßeinheit für die Trockenmassen $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ verwendet.

Bei den kombinierten Verfahren ergab sich der Gesamt­vorrat durch Summierung der Werte der Teilkollektive.

Bei den in Kapitel 8.6.2 dargestellten Schätzwerten der **Nutzungsmengen** wurde unterstellt, dass bei der Ernte im laubfreien Zustand Stamm- und Reisigholz unter 4 cm Durchmesser als **Rücklassmenge** am Waldort verbleibt und die Bäume möglichst knapp über dem Boden gefällt werden. Da eine Kalkulation der Astkompartimente kleiner und größer einem Durchmesser von 4 cm nur für die stärkeren Bäume möglich war, wurden zwei Bestandeskollektive (größer und kleiner einem Bhd von 24 cm) gebildet. Innerhalb des Bestandeskollektivs mit einem Brusthöhendurchmesser von kleiner 24 cm wurde zwischen den Sträuchern und Bäumen mit einem Bhd kleiner und größer 4 cm unterschieden (BK1 und BK2). Für die Sträucher und Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser kleiner 4 cm wurden die gesamten Holzrinden­biomassen und für die stärkeren Bäume (Bhd > 4 cm) die Schaft- und Astkompartimente (kleiner und größer einem Durchmesser von 2 cm) getrennt berechnet. Da Astholz mit einem Durchmesser von über 4 cm ab einem Brusthöhendurchmesser von 10 bis 12 cm zu erwarten ist, führt diese Kalkulation zu einer geringfügigen Überschätzung der Nutzungsmenge im Vergleich zu den oben genannten Vorgaben. Gleichung (9) und (10) beschreiben die Vorgehensweise.

$$NM = BK1 + BK2 \quad (9)$$

NM = Nutzungsmenge [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]

BK1 = Schaft- und Astholzrinde > 4 cm der Bäume mit einem Bhd > 24 cm [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]

BK2 = Schaft- und Astholzrinde > 2 cm der Bäume mit einem Bhd zwischen 4 und 24 cm [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]

$$RL = OHR - NM \quad (10)$$

RL = Rücklassmenge [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]

OHR = oberirdischer Holzrinden­biomassenvorrat [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]

NM = Nutzungsmenge [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]

7.3.10 WURZELBIOMASSENVORRAT

Für die Schätzung der **Wurzelbiomassen** wurde auf die folgenden Arbeiten zurückgegriffen: Eiche und Hainbuche (HOCHBICHLER und PUTZGRUBER 2004a), Bergahorn und Esche (HOCHBICHLER und PUTZGRUBER 2004b), Buche (PELLINEN 1985), kleinere Bäume (bis 4 m Höhe) und Sträucher (PAPP 1974, JAKUCS 1985, DREXHAGE und COLLIN (2001), PELLINEN (1986), VAN HEES und CLERK 2003). Aufgrund der großen Unsicherheiten bei der Bestimmung der Feinwurzelbiomassen wurde in dieser Arbeit nur auf die Daten über die Grobwurzelbiomassen (Wurzeldurchmesser > 2 mm), soweit vorhanden, zurückgegriffen (OFFENTHALER und HOCHBICHLER 2006).

Aus den jeweiligen Wurzelbiomassen der Bäume und Sträucher wurde für die jeweilige Aufnahme­fläche der Vorrat in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ berechnet. Bei den kombinierten Verfahren ergab sich der Gesamt­vorrat durch Summierung der Werte der Teilkollektive.

7.3.11 ERMITTLUNG DES IMPORTANZWERTES

Durch die Erfassung der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe wurde eine exakte Bestimmung der Deckung, ein Dichtemaß (KREEB 1983) unter Berücksichtigung aller Sträucher und Bäume kleiner 130 cm Höhe ermöglicht. In Kap. 8.6.3.1 wurde der Importanzwert (IMPW) nach CURTIS (in KREEB 1983) dargestellt. Die Summe der drei Größen relative Dichte, relative Frequenz und relative Dominanz ermöglichte eine Differenzierung im Hinblick auf die Bedeutung der Arten im Bestand.

7.3.12 ERMITTLUNG DER STREUFALLPRODUKTION

Die Ermittlung der artspezifischen Trockenmassen der Streu von Blättern, Ast- und Zweig­kompartimenten in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ erfolgte durch Mittelbildung aus den einzelnen Streusammlerwerten.

7.3.13 ERMITTLUNG DES BLATTFLÄCHENINDEX

Der Blattflächenindex (Leaf Area Index – LAI) gibt die einseitige Gesamtfläche der Blätter über einer gegebenen Bodenfläche an und wurde nach Gleichung (11) ermittelt.

$$LAI = BLFL / FL \quad (11)$$

LAI = Blattflächenindex
 BLFL = Gesamtblattfläche [m^2]
 FL = Bodenfläche [m^2]

Der Blattflächenindex wurde im Zuge der Biomasseninventuren über die Blattflächen der einzelnen Bäume und Sträucher berechnet. Aus den einzelnen Blattflächen wurden für die jeweilige Aufnahme­fläche die Gesamtblattfläche pro Hektar und der Blattflächenindex berechnet. Bei den kombinierten Verfahren ergab sich die Gesamtblattfläche pro Hektar durch Summierung der Werte der Teilkollektive. Der Blatt­flächenindex bei der Streusammlermethode wurde durch Mittelwertbildung aus den Blattstreu­massen je Streusammler und den dazugehörenden spezifischen Blattflächen berechnet.

7.3.14 BESTANDESKOLLEKTIVE, DURCHMESSER- UND HÖHENSTRUKTUR

Die bei den Erhebungen bereits vorgenommene Definition der Bestandeskollektive Ober- und Unterholz, den typischen Bestandeselementen des Mittelwaldes und Niederwaldes mit Überhältern, wurde bei den Auswertungen und Darstellungen beibehalten (Tab. 7.3–4). Den Durchmesser­klassen folgend wurde die Trennung bei einem Brusthöhendurchmesser von 16 cm vollzogen. Innerhalb dieser

beiden Bestandeskollektive wurden die Bäume und Sträucher zu den Ober-, Unterständern, Laßreiteln und Laßreitel-Anwärtern oder zu weiteren Wuchsklassen und -stufen gezählt.

Tab. 7.3-4: Zusammenstellung und Definition der verwendeten Bestandeskollektive, Wuchsklassen und -stufen für den Mittelwald und Niederwald mit Überhältern

Table 7.3-4: Description and definition of the used stand collectives, tree collectives and growth classes (-stages) for the coppice with standards system and coppice with reserves system

Kollektive	Baum, Strauch	Wuchsklassen und -stufen
Oberholz (OH): Bhd \geq 16 cm	Oberständer: alle Bäume Laßreitel: Kernwüchse von Eiche und Edellaubbäumen mit einem Bhd 16 bis 24 cm	Baumholz (BH): Bhd \geq 24 cm
		Stangenholz (STH): Bhd 8 cm bis 24 cm
Unterholz (UH): Bhd < 16 cm	Unterständer: alle Bäume und Sträucher Laßreitel-Anwärter: Kernwüchse von Eiche und Edellaubbäumen mit einem Bhd von 4 bis 16 cm	Dickung (DI): Höhe > 130 cm bis Bhd < 8 cm Jungwuchs (JW): Höhe \leq 130 cm Jungwuchs2 (JW2): 20 cm < Höhe < 130 cm Jungwuchs1 (JW1): Höhe \leq 20 cm (Jungpflanzen (JPFL) und Keimlinge (KM))

Für die Beschreibung der **Durchmesserstruktur** wurden Durchmesserklassen mit Klassenbreiten in Brusthöhe (Durchmesser in 130 cm Schafthöhe) von 4 cm oder 8 cm verwendet. Die Bezeichnung der Durchmesserklasse erfolgte über die Klassenmitte (z.B. Breite 4 cm: DK6 = 4 cm \leq Bhd < 8 cm; Breite 8 cm: DK12 = 8 cm \leq Bhd < 16 cm). Zu den schwächsten Durchmesserklassen DK2 (Breite 4 cm: 0 bis 4 cm oder DK4 (Breite 8 cm: 0 bis 8 cm) wurden auch die Bäume und Sträucher der Jungwuchsstufe 2 gezählt.

Für alle Untersuchungsbestände erfolgte eine Gliederung in die Bestandeskollektive Ober- und Unterholz und in Durchmesserklassen (Breite 4 cm) für folgende Bestandeskennwerte: Stammzahl, Grundfläche in 130 cm Schafthöhe (nur Ober- und Unterholz), Grundfläche in 10 cm Schafthöhe, Überschirmungsprozent (nur Oberholz), Baum-, Straucharten- und Vermehrungsartenzusammensetzung (nur bei Stammzahl und Grundfläche in 10 cm Schafthöhe), Holzvolumen, Holzzrindenbiomassen, Wurzelbiomassen, Blattmasse und Blattflächenindex.

Bei der Darstellung der **Höhenstruktur** wurden ebenfalls absolute Klassenbreiten von 4 m oder 8 m verwendet und die Bezeichnungen erfolgten analog denen der Durchmesserklassen über die Höhenklassenmitte (z.B. Breite 4 cm: HK6 = 4 m \leq H < 8 m). Eine Gliederung der Untersuchungsbestände nach Höhenklassen erfolgte für die Bestandesmerkmale Stammzahl, Grundfläche in 10 cm Schafthöhe und Baum- und Strauchartenzusammensetzung.

Die grafische Darstellung der Durchmesser- und Höhenverteilungen erfolgte in Form von Linien und Balkendiagrammen.

7.3.15 ERMITTLUNG VON ZUWACHS- UND PRODUKTIVITÄTSKENNWERTEN

Die Berechnung wichtiger produktionsökologischer Kennwerte folgte den unterschiedlichen Datengrundlagen zu den permanenten Untersuchungsflächen (LARCHER 1976, LERCH 1991, WHITTAKER und MARKS 1975, STRASBURGER et al. 1991). Die mittleren jährlichen Bestandesbiomassenzuwächse in der Beobachtungsperiode und der altersbezogene durchschnittliche Bestandesbiomassenzuwachs wurden ermittelt. Aufbauend auf den mittleren periodischen Blattflächen wurden die Produktivitätsraten pro Blattfläche geschätzt. Für die Berechnungen wurden folgende Gleichungen verwendet:

$$\overline{BLM} = (BLM_{t_1} + BLM_{t_2})/2 \quad (12)$$

\overline{BLM} = mittlere Blattmasse [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]
 BLM_t = Blattmasse im Alter t [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]
 t_1, t_2 = Aufnahmejahr

$$\overline{BLFL} = (BLFL_{t_1} + BLFL_{t_2})/2 \quad (13)$$

\overline{BLFL} = mittlere Blattfläche [m^{-2}]
 $BLFL_t$ = Blattfläche im Alter t [m^{-2}]
 t_1, t_2 = Aufnahmejahr

$$\Delta x = (x_{t_2} - x_{t_1})/2 \quad (14)$$

Δx = periodischer Zuwachs [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]
 x_t = Holzzinken- (HR [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]) oder Wurzelbiomassenvorrat (WU [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]) im Alter t
 t_1, t_2 = Aufnahmejahr

$$ADZ(HR) = HR_t/t \quad (15)$$

ADZ (HR) = Altersdurchschnittszuwachs der Holzzinkenbiomassen [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]
 HR_t = Holzzinkenbiomassenvorrat [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$] im Alter t
 t = Alter [Jahr]

$$PRR = (HR_{t_2} - HR_{t_1})/\overline{BLFL} \quad (16)$$

PRR = mittlere Produktivitätsrate pro Blattfläche [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]
 HR_t = Holzzinkenbiomassenvorrat [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$] im Alter t
 t_1, t_2 = Aufnahmejahr
 \overline{BLFL} = mittlere Blattfläche [m^2] der Aufnahmeperiode

Für eine modellhafte Darstellung der Holzzinkenbiomassenproduktion für den Niederwald mit Überhältern in Abhängigkeit vom Alter und dem Strauchanteil wurde die Gleichung (17) verwendet.

$$\ln(HR) = a + b * \ln(ALT) + c * Str\% \quad (17)$$

HR = Holzbiomasse in Rinde [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]
ALT = Bestandesalter [Jahre]
Str% = Grundflächenanteil (G_{10}) der Sträucher an der gesamten Grundfläche (G_{10})
in 10 cm Schafthöhe

7.3.16 ERMITTLUNG DER NETTOPRIMÄRPRODUKTION

Für die Untersuchungsflächen Grandmühl 4 und 3 wurde jeweils die mittlere jährliche Nettoprimärproduktion in der Beobachtungsperiode kalkuliert. Neben den vorhandenen Daten war es notwendig, für einige Bilanzgrößen (Verlust durch Konsumenten, Feinwurzelproduktion) auf Literaturwerte zurückzugreifen. Die mittlere jährliche Nettoprimärproduktion in der Beobachtungsperiode wurde basierend auf der Gleichung (18) kalkuliert (LARCHER 1976, WHITTAKER und WOODWELL 1971, WHITTAKER und MARKS 1975).

$$NPP = \Delta BIOM + M_{Streu} [M_{Bl} + M_{HR} + M_{WU} + M_{FRUE}] + V_{TF} \quad (18)$$

NPP = mittlere Nettoprimärproduktion (periodisch) [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]

$\Delta BIOM$ = Biomassenzuwachs [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]

M_{Streu} = Mortalität - Bestandesabfall (Streu)

M_{Bl} = Blätter

M_{HR} = Holzrindenteile

M_{WU} = Wurzeln

M_{FRUE} = Früchte, Samen

V_{TF} = Verlust durch Konsumenten

7.4 ERMITTLUNG VON EINZELBAUMMERKMALEN

Grundlage für die Analyse der Einzelbaummerkmale der wichtigsten Baumarten bildeten sämtliche Baumaufnahmen auf den für diese Arbeit ausgewählten Untersuchungsflächen, ergänzt um die Baumerhebungen in den Untersuchungsbeständen Führhackerboden, Kalkboden und Stierholz. Die Entwicklung der Einzelbaummerkmale wurde in Abhängigkeit von der Durchmesserentwicklung dargestellt.

7.4.1 ERMITTLUNG DER KRONENKENNWERTE

Der Kronenaufbau wirkt sich maßgeblich auf den Holzzuwachs aus. Die Kronenform ist das Ergebnis der Konkurrenz durch Nachbarn. Die Kronenkennwerte geben Aufschluß über die Ausformung und Dimension der Baumkronen. Für die Charakterisierung der Kronenstruktur wurden die Kronenkennwerte Kronendurchmesser, Kronenprozent und der Plumpeitsgrad herangezogen (ASSMANN 1961).

Kronendurchmesser

Der Brusthöhendurchmesser steht in engem Zusammenhang mit dem Kronendurchmesser, was zahlreiche Arbeiten zu verschiedenen Laubbaumarten wie Eiche, Bergahorn, Esche, Elsbeere zeigen (SPIECKER 1983, NUTTO 1999, HEIN 2004, HOCHBICHLER 1987).

Da keine Informationen über das Baumalter vorliegen, wird der Kronendurchmesser als vom Brusthöhendurchmesser abhängige Variable modelliert (Gleichung 19).

$$KD = a + b * Bhd \quad (19)$$

KD = Kronendurchmesser [m]

Bhd = Brusthöhendurchmesser (Durchmesser in 130 cm Schafthöhe [cm])

a, b = Parameter

Kronenprozente und Plumpeitsgrad

Für alle aufgenommenen Bäume wurde die Primär- und Gesamtkronenlänge durch Abzug der Primär- oder Sekundärkronenansatzhöhen von den Baumhöhen ermittelt (Gleichungen 20a, b). Anschließend wurden die primären und sekundären Kronenprozente berechnet (Gleichungen 21a, b).

$$Kl(Pka) = H - Pka \quad (20a)$$

Kl(Pka) = Kronenlänge der Primärkrone [m]

H = Baumhöhe [m]

Pka = Primärkronenansatzhöhe [m]

$$Kl(Pka) = H - Pka \quad (20b)$$

Kl (Ska) = Kronenlänge mit Gesamtkrone (mit Sekundärkrone) [m]
 H = Baumhöhe [m]
 Ska = Sekundärkronenansatzhöhe [m]

$$Kr\%(Pka) = (H - Pka) / H * 100 \quad (21a)$$

$$Kr\%(Ska) = (H - Ska) / H * 100 \quad (21b)$$

Kr%(Pka) = Kronenprozent der Primärkrone [%]
 Kr% Ska) = Kronenprozent der Gesamtkrone (mit Sekundärkrone) [%]

Der Plumpheitsgrad wurde unter Berücksichtigung der Gesamtkronenlänge (mit Sekundärkrone) nach der Gleichung (22) berechnet.

$$Plh = Kd / Kl(Ska) \quad (22)$$

Plh = Plumpheitsgrad
 Kd = Kronendurchmesser [m]
 Kl(Ska) = Kronenlänge der Gesamtkrone (mit Sekundärkrone) [m]

7.4.2 ERMITTLUNG DER ASTFREIEN SCHAFTLÄNGE (QUALITÄTSHÖHE)

Das potenziell wertbestimmende Baumvolumen wird über die astfreie Schaftlänge und den Brusthöhendurchmesser definiert. Kalkulationen zeigen, daß zwischen 85 und 90% des Einzelbaumwertes im unteren Stammabschnitt liegen (vgl. BACHMANN 1990, HOCHBICHLER 1987, JOHANN 1997). Die astfreie Schaftlänge entspricht der Sekundärkronenansatzhöhe.

7.4.3 ERMITTLUNG DES H/D-WERTES

Die Analyse des Schlankheitsgrades erfolgte in erster Linie deshalb, weil der Schlankheitsgrad beim Laubholz nach HUBERT und COURRAUD (1993) als Maß für die Neigung zur Wasserreiserbildung gilt. Weiters ist der h/d-Wert ein wichtiger Kennwert zur Charakterisierung der Vitalität und Wuchskraft von Auslesebäumen (ABETZ 1976, KRAMER 1988). Die Berechnung erfolgte nach der Gleichung (23).

$$h/d - \text{Wert} = H / Bhd \quad (23)$$

H = Höhe [m]
 Bhd = Brusthöhendurchmesser [cm]

Der h/d-Wert wurde als vom Brusthöhendurchmesser abhängige Variable modelliert (Gleichung 24).

$$\ln(h/d - \text{Wert}) = a + \ln(Bhd) \quad (24)$$

Bhd = Brusthöhendurchmesser [cm]

7.4.4 DATENMATERIAL

Die Spannweiten der Kenngrößen sind Tabelle 7.4-1 und Abbildung 7.4-1 zu entnehmen.

Tab. 7.4-1: Kennwerte (N = Anzahl, \bar{x} = Mittelwert, Min—Max = Minimum—Maximum) für die Mittelwaldbäume Eiche (Ei), Zerreiche (Zei), Hainbuche (Hbu), Berg- und Spitzahorn (Ah), Vogelkirsche (Vki), Esche (Es), Birke (Bi) und Elsbeere (Els) (Bhd = Brusthöhendurchmesser [cm], H = Höhe [m], Kd = Kronendurchmesser [m], Pka = Primärkronenansatz [m], Ska = Sekundärkronenansatz [m]).

Table 7.4-1: Main characteristics (N = number, \bar{x} = mean, minima and maxima (Min – Max)) of the standards oak (Ei), turkey oak (Zei), hornbeam (Hbu), mountain and maple (Ah), cherry (Vki), ash (Es), birch (Bi) and wild service tree (Els) (Bhd = diameter at breast height [cm], H = height [m], Kd = crown diameter [m], Pka = height of the primary crown base [m], Ska = height of the secondary crown base [m]).

BA	N	Bhd (cm)		H (m)		KD (m)		Pka (m)		Ska (m)	
		\bar{x}	Min—Max	\bar{x}	Min—Max	\bar{x}	Min—Max	\bar{x}	Min—Max	\bar{x}	Min—Max
Ei	540	27,7	2—94	14,0	2—27	6,1	1,0—17,2	5,9	0,2—13	5,6	0,2—13,0
Zei	81	22,8	2—65	13,1	4—25	4,9	1,0—14,1	5,9	0,8—11	5,7	0,8—10,0
Hbu	106	19,5	7—47	13,1	7—20	6,1	2,6—13,4	4,5	1,0—10,0	4,5	1,0—10,0
Ah	26	33,1	5—67	16,1	8—27	8,3	2,5—16,0	5,2	2,5—10,0	5,0	1,8—8,0
Vki	69	26,6	8—47	14,9	4—20	6,1	1,5—10,4	6,8	1,7—11,5	6,8	1,7—11,5
Es	148	25,2	2—74	16,4	5—25	6,1	1,1—18,8	6,2	1,3—13,1	5,7	0,2—12,1
Bi	91	13,4	7—26	14,9	9—21	3,6	1,4—6,4	6,9	4,0—10,0	6,9	4,0—10,0
Els	108	31,0	4—67	13,5	4—22	7,0	2,1—15,7	4,3	1,3—8,0	4,3	0,5—8,0

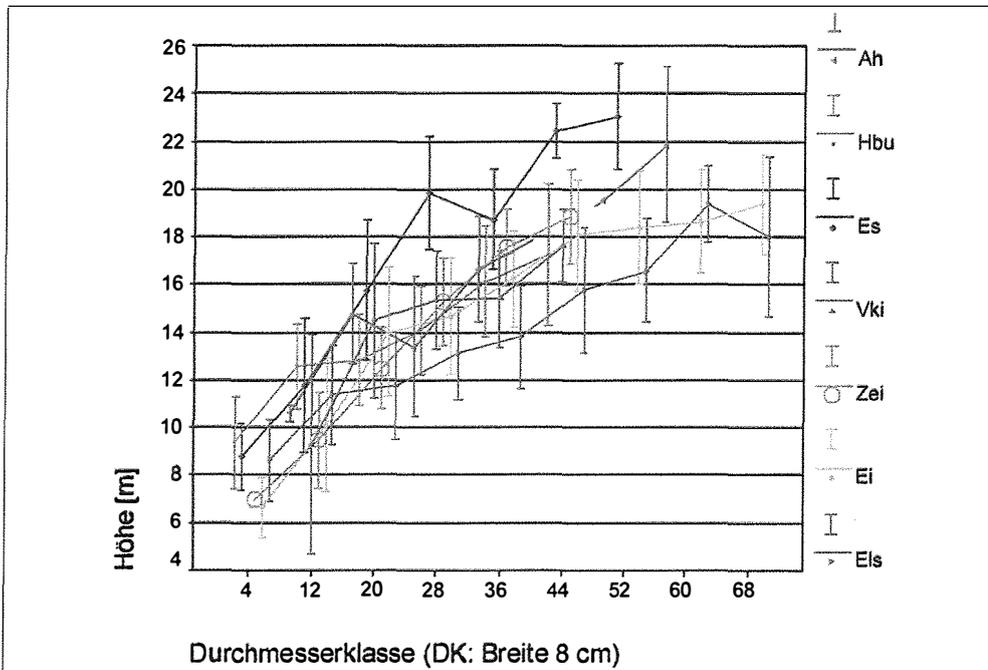


Abb. 7.4-1: Höhenkurve nach Durchmesserklassen für die Mittelwaldbäume (Fehlerbalken: Standardabweichung) (Klassenbreite: 8 cm).

Fig. 7.4-1: Height curve for the trees (error bars show standard deviation) (class range: 8 cm).

Aus Mittel- und Niederwaldbeständen mit Überhältern standen für 540 Eichen (Trauben- und Stieleiche), 81 Zerreichen, 106 Hainbuchen, 26 Ahorne (Berg- und Spitzahorn), 69 Vogelkirschen, 148 Eschen und 108 Elsbeeren Datensätze mit den Baummerkmalen Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe, Primär- und Sekundärkronenansatz und Kronendurchmesser zur Verfügung.

7.5 ERMITTLUNG DER STAMMZAHLHALTUNGSKURVE

Neben den auf Altersklassen aufbauenden Gleichgewichtsmodellen von HARTIG (1877) und HAMM (1900) liegen, wie bereits erwähnt, für die Bewirtschaftung ungleichaltriger Laubmischwälder Empfehlungen für die Erarbeitung und Anwendung von „idealen“ Stammzahlverteilungskurven, basierend auf der negativen Exponentialfunktion von MEYER (1933), vor (NYLAND 2002, KERR 2002, JOHNSON et al. 2002). Diese wiederum ist identisch mit der Durchmesser-Verteilungskurve nach F. DE LIOCOURT (1898) für Plenterbestände. Bei diesem Ansatz wird, wie von HAMM (1900) für das Mittelwaldmodell gefordert, eine Zuteilung von gleichem Standraum für jede Alters-(Durchmesser)klasse unterstellt (O'HARA und GERSONDE 2004, NYLAND 2002). Der Kurvenverlauf selbst wird durch die Bestandesdichte und Durchmesserverteilungsbreite beeinflusst. Die Bestandesdichte stellt ein wichtiges Kriterium für die Sicherstellung einer kontinuierlichen Verjüngung dar und die Durchmesserverteilungsbreite ist eng an den angestrebten Zieldurchmesser geknüpft. Dieser wiederum hängt von der Baumart, dem Standort und den Bewirtschaftungszielen ab. Auf diese Kriterien ist bei der Spezifizierung von Stammzahlverteilungskurven besonders zu achten (NYLAND 2002, JOHNSON et al. 2002, SCHÜTZ 2001).

Da längerfristig beobachtete Versuchflächen, die ausreichend Kenntnisse über die Durchmesserzuwächse in den jeweiligen Durchmesserstufen bieten würden, fehlten, wurde in dieser Arbeit für die Ableitung einer „idealen“ Mittelwald - Stammzahlverteilungskurve folgende Vorgehensweise gewählt:

Es wurde unterstellt, dass analog zu HAMM (1900) für eine nachhaltigen Stammzahlverteilung im Oberholz des Mittelwaldes gleiche Kronenschirmflächenanteile der jeweiligen Durchmesserklassen erforderlich sind. Auch NYLAND (2002) weist darauf hin, dass mit einer solchen Vorgehensweise — gleiche Zuteilung von Wuchsraum an alle Durchmesserklassen und einer konstanten Volumenproduktion — vermutlich Nachhaltigkeit erzielt wird. Eine bei 16 cm „gekappte“ Stammzahlverteilungskurve wurde gewählt, um dem zyklischen Verjüngungsprozess im Mittelwald als für diese Standorte angepasstes Verjüngungsverfahren gerecht zu werden. Analog der Vorgehensweise zur Ableitung einer Stammzahlabnahmekurve wurden für die Erarbeitung einer „idealen Mittelwaldstruktur“ unter gegebenen Standortbedingungen das (i) Überschirmungsprozent des Oberholzes (Verhältnis Oberholz zu Unterholz), (ii) die Baumartenzusammensetzung im Oberholz, (iii) der Zieldurchmesser im Oberholz und (iv) die Umtriebszeit des Unterholzes definiert.

Bei einer Durchmesserklassenbreite von 4 cm wurden Stammzahlkurven für die Varianten mit Oberholz-Überschirmungsprozenten von 33, 50 und 66%, bei einer Zieldurchmesserklasse von 60–64 cm, errechnet. Für die Schätzung der Kronenflächen in den jeweiligen Durchmesserklassen wurde das erarbeitete Kronenmodell für die Mittelwaldeiche verwendet.

Der Ausgleich der Stammzahlen über die Durchmesserklassen erfolgte mit der negativen Exponentialfunktion nach MEYER (1933) (Gleichung 25).

$$Y = a * \exp(-bx) = \ln(y) = \ln(a) - bx \quad (25)$$

Y= Stammzahl
ln = natürlicher Logarithmus
x = Durchmesserklasse

7.6 VORGEHENSWEISE BEI DER BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHEN BEWERTUNG

Eine wichtige Stufe im Entscheidungsprozess über Anwendung eines waldbaulichen Behandlungsprogrammes stellte die Darstellung ökonomisch relevanter Unterschiede zwischen verschiedenen Behandlungsalternativen dar. Daher wurden mögliche Bewirtschaftungs- alternativen für mittelwüchsige Standorte bewertet und miteinander verglichen (KNOKE 1998). Als Weiser für einen effizienten Mitteleinsatz wurde der Deckungsbeitrag II (erntekostenfreier Erlös minus Pflanzungs- und Pflegekosten) ohne Verzinsung herangezogen (SEICHT 1990). Bei der finanziellen Bewertung der Erntemengen und der Maßnahmen wurde folgendermaßen vorgegangen:

Astfreies Stammholz der Kernwüchse von Eichen und Edellaubbäumen ab der Durchmesserklasse 20 (Bhd > 16 cm) wurde als Nutzholz klassifiziert. Für jede Durchmesserklasse wurde eine durchschnittliche Güteklasseneinteilung nach Erfahrungswerten aus dem Holzverkauf von Mittelwaldbäumen aus dem Klein- und Großwald erarbeitet (HIMMELBAUER 2004, SCHÖFBERGER 2004, STEINDL 2004). Den Holzpreisen nach Stärke und Güteklassen lagen nominale Durchschnittswerte der letzten 10 Jahre für Eiche zugrunde.

Astfreiem Stammholz von Kernwüchsen von Zerreiche und sonstigen Laubbäumen wurde, ab einem Brusthöhdurchmesser von 16 cm, der Schwachholzpreis zugewiesen. Das Unterholz (Stockausschläge) und das Kronenholz der Oberständer wurden als Energieholz bewertet. Die unterstellten Kosten für die Holzernte, Wildschutz, Pflanzung und Pflegemaßnahmen entsprachen durchschnittlichen regionalen Werten (HIMMELBAUER 2004, SCHÖFBERGER 2004, STEINDL 2004).

Tab. 7.6–1: Mittlere prozentuelle Verteilung der Güteklassen (Güteklassen F, A, B, C nach den Holzhandelsusancen, SH = Schwachholz), durchschnittliche Erlöse für das Stammholz des Oberholzes (frei Straße) nach Durchmesserklassen im Mittelwaldbetrieb und durchschnittlicher Erlös pro fm Stammholz (Ist = derzeitige Situation; Pot = Potenzial aufgrund verbesserter Pflege) (gemeinsam mit SCHÖFBERGER 2004 und STEINDL 2004) (in Klammern: verbesserte Güteklassenverteilung) (Durchmesserklassenbreite 8 cm; DK20 = Bhd 18–24 cm) (Ei + EdLb = Eiche und Edellaubbäume, Zei + sLb = Zerreiche und sonstige Laubbäume).

Table 7.6–1: Mean percentage distribution of quality classes (quality classes F, A, B, C according to timber trade usages, SH = small-sized wood), mean prices for the stem log of the overwood (free on road) for diameter classes of the coppice with standards system and mean price per fm for the stem wood (Ist = actual situation, Pot = potential due to improved tending) (together with SCHÖFBERGER 2004 and STEINDL 2004) (in parenthesis: improved quality class distribution) (range of diameter class: 8 cm; DK20 = dbh 18–24 cm) (Ei + Edlb = oak and valuable broadleaved trees, Zei + sLb = turkey oak and other deciduous trees)

Nutzholz Stammholz	DK	Güteklassenverteilung [%]					Erlöse [€·fm ⁻¹]						
		F	A	B	C	SH	F/HF	A	B	C	SH	Ist	Pot
Ei + EdLb	20					100					35	35	35
	28			20	30	50			120	90	70	86	86
	36	0	7 (14)	35 (46)	50 (33)	8	550	300	150	90	70	128	144
	44	1 (2)	12 (18)	40 (52)	47 (28)	0	770	330	160	90	70	152	178
	52	2 (3)	15 (23)	55 (72)	28 (3)	0	1.040	420	180	90	70	208	257
	60	3 (5)	15 (23)	52 (68)	30 (5)	0	1.100	420	180	90	70	217	270
Zei + sLb	>16					100					35		
Kronenholz	>16			Energieholz (Stockzins)							16–30 €·t ⁻¹		
Unterholz				Energieholz (Stockzins)							12–20 €·t ⁻¹		

Mit den in der Vergangenheit umgesetzten Waldpflegeprogrammen können derzeit die in Tabelle 7.6-1 dargestellten Güteklassenverteilungen erwartet werden. Mittels der Güteklassenverteilungen und der Durchschnittserlöse für Eichen-Stammholz frei Waldstraße aus dem Mittelwald der letzten 10 Jahre errechneten sich für die jeweiligen Durchmesserklassen Erlöse pro fm Stammholz von 35 bis 217 €·fm⁻¹. Durch einzelbaumorientierte Pflege, insbesondere der Laßreitell-Anwärter wurde daher bei vorsichtiger Kalkulation durch Verbesserung der Güteklassenverteilungen eine Erhöhung der Erlöse in den stärkeren Durchmesserklassen um 13 bis 25% unterstellt (SCHÖFBERGER 2004, STEINDL 2004). Beim Unterholz wurde mit einem Stockzins für Energieholz von 12 bis 20 €·t⁻¹, und beim Kronenholz mit einem Stockzins von 16 bis 30 €·t⁻¹ kalkuliert (nach STEINDL 2004, SCHÖFBERGER 2004). Die Kosten für die Holzernte des Oberholzes unter Berücksichtigung der Hiebsvorbereitung (Lizitation), Ergänzungen und Pflegemaßnahmen sind der Tabelle 7.6-2 zu entnehmen.

Tab. 7.6-2: Erntekosten für das Oberholz und Hiebsvorbereitung im Mittelwald und Kosten für Ergänzungen und Pflegemaßnahmen im Mittelwaldbetrieb (SCHÖFBERGER 2004, STEINDL 2004).

Table 7.6-2: Harvesting costs for the overwood and for the block preparation and costs for planting, cleaning and tending in the coppice with standards system (SCHÖFBERGER 2004, STEINDL 2004).

Maßnahme	Kosten			Maßnahme	Kosten	
	[€·fm ⁻¹]	[€·St ⁻¹]	[€·ha ⁻¹]		[€·St ⁻¹]	[€·ha ⁻¹]
Holzernte Oberholz	20			Hiebsvorbereitung (Auszeige)		250
Flächenvorbereitung			1.300	Baumschutzsäule – Zaun	2,5	2.000
Ergänzung (Stückkosten)		2,0		Astung (2–3 Schritte)	5	
Jungwuchspflege			500	Dickungspflege		500

7.7 ÜBERSICHT ÜBER DIE UNTERSUCHUNGS- SCHWERPUNKTE UND -BESTÄNDE

Eine zusammenfassende Übersicht über die Untersuchungsschwerpunkte in den jeweiligen Untersuchungsbeständen und Bestandestypen gibt die Tabelle 7.7-1.

Tab. 7.7-1: Übersicht über die Untersuchungsbestände und Bestandestypen und deren Untersuchungsschwerpunkte.

Table 7.7-1: Overview about the investigation stands and stand types and the main research tasks.

Waldorte und Betriebsart	Mittelwald Grand- mühl 3	Mittelwald Tuemling				Mittelwald Grand- mühl 4	Mittelwald Ebenthal	Niederwald mit Überhäitern Ebenthal
Untersuchungsbestände und Bestandestypen (Abk.)	GRM3	P11	P12	P21	P22	GRM4	MWBE	NUBE
Alter [Jahre] zum Zeitpunkt der Erhebung	4 7	7 13	7 13	7 13	7 13	40 44	15, 18, 21, 25, 30	7, 8, 11, 13, 15, 18, 20, 25, 27, 30
Altersgruppe	Alter < 15 Jahre					Alter ≥ 15 Jahre		
Untersuchungsschwerpunkte (x)								
Biomassenfunktionen								x
Strukturanalyse: Bestand	x	x	x	x	x	x	x	x
Strukturanalyse: Betriebsklasse							x	x
Vermehrungsarten	x	x	x	x	x	x	x	x
Schätzung von Nutzungsmengen						x	Alter ≥ 15 Jahre	Alter ≥ 15 Jahre
Analyse von Nachlichtungshieben		x	x	x	x			
Auswirkungen von Pflegeeingriffen		x	x	x	x			
Zuwachs, Produktivitätsrate	x	x	x	x	x	x		
Nettoprimärproduktion (Streu)	x					x		
Strauchanteil und Produktivität								x
Einzelbaumanalyse	x	x	x	x	x	x	x	
Bestandesweise wald- bauliche Planung						x	Alter ≥ 25 Jahre	Alter ≥ 27 Jahre

Die Gliederung der Untersuchungsschwerpunkte folgte weitgehend dem Aufbau des Ergebnisteiles (Kap. 8), bei welchem aus Gründen der Übersichtlichkeit die untersuchten Mittelwaldbestände in zwei Gruppen mit der Altersschwelle von 15 Jahren unterteilt wurden.

In Abbildung 7.7-1 sind die Untersuchungsbestände und Bestandestypen nach dem Alter zum Zeitpunkt der Aufnahme dargestellt.

7.8 DATENAUSWERTUNG UND -DARSTELLUNG

Die erhobenen Daten wurden mit den unter Windows XP laufenden Programmpaketen bearbeitet. Die Datenverwaltung erfolgte mit im ACCESS und EXCEL erstellten Datenbanken. Die statistischen Analysen wurden mit dem Softwarepaket SPSS 11.5 durchgeführt. Die Ermittlung der Bestandeskennwerte

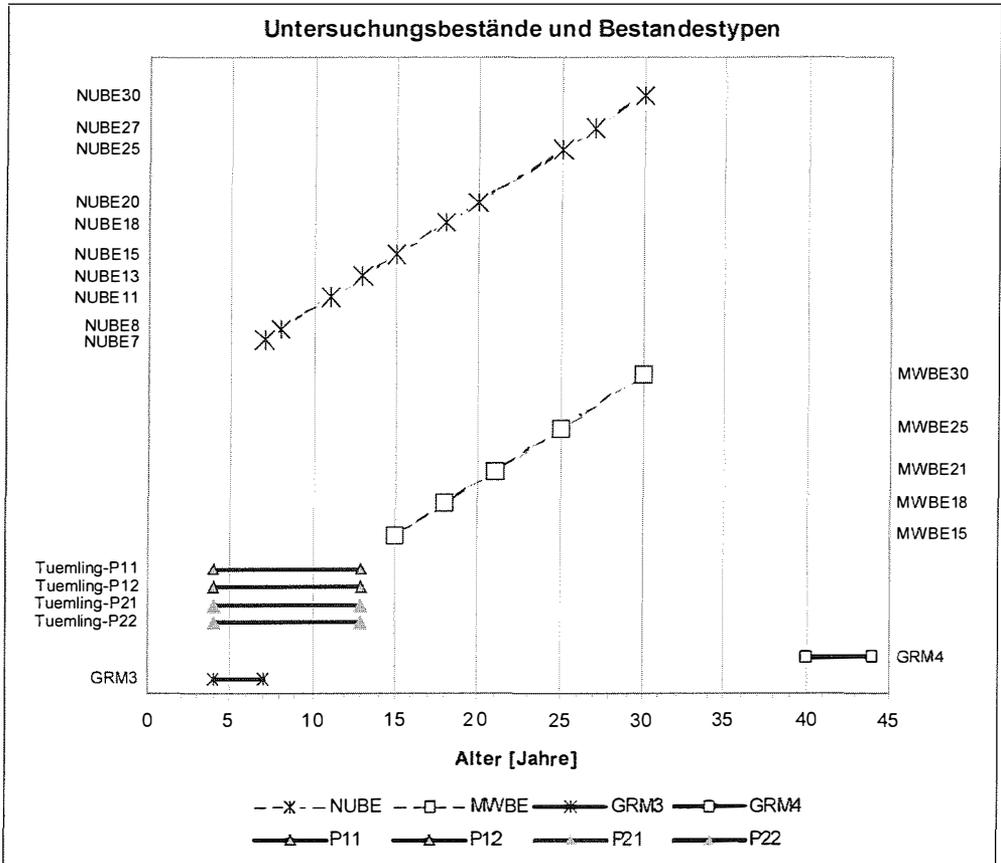


Abb. 7.7–1: Übersicht über die Untersuchungsbestände und Bestandestypen nach dem Alter zum Zeitpunkt der Aufnahme (Untersuchungsbestände: GRM3 und GRM4 = Grandmühl 3 und 4; Tuemling P11, P12, P21, P22: Parzellen Tuemling; Bestandestypen Ebenthal: MWBE = Mittelwaldbestandestypen, NUBE = Niederwaldbestandestypen mit Überhältern; durchgezogene Linien: permanente Untersuchungsflächen; gestrichelte Linien: temporäre Untersuchungsflächen).

Fig. 7.7–1: Age of the investigation stands and stand types at the time of inventory (investigation stands: GRM3 and GRM 4= Grandmühl 3 und 4; Tuemling P11, P12, P21, P22: Parcels Tuemling; stand types Ebenthal: MWBE = coppice with standard stand types, NUBE = coppice with reserves stand types; continuous lines: permanent investigation stands; broken lines: temporary investigation stands).

erfolgte unter Zuhilfenahme des gemeinsam mit ZOTRIN für die Auswertung von Untersuchungsflächen erarbeiteten Programmes EAV in der Version 3.0. Für die grafische Darstellung des Datenmaterials wurden verschiedene Möglichkeiten im EXCEL und SPSS 11.5 genutzt. Neben Balken- und Streudiagrammen wurden noch Boxplot-Diagramme verwendet. Die Box repräsentiert den Bereich der 50% mittleren Werte (Bereich zwischen 25%- und 75%-Perzentil). Der Median, das 50%-Perzentil, wird durch den Strich innerhalb der Box dargestellt. Die horizontal verlaufenden Striche unter und über der Box kennzeichnen den kleinsten bzw. größten Wert, der nicht als Ausreißer und Extremwert klassifiziert wurde.

8 ERGEBNISSE

8.1 GESAMT-BIOMASSEN UND BIOMASSEN-KOMPARTIMENTE VON BÄUMEN UND STRÄUCHERN

Die aus dem untersuchten Baum- und Strauchartenspektrum abgeleiteten Funktionen zur Schätzung der Holzrindenbiomassen, Blattmassen und der Biomassenkompimente Schaftholzrinde, Astholzrinde, sowie Astgrob- und Astfeinreisig in Rinde sind im Anhang 2 dargestellt. Die geschätzten baumspezifischen Trockenmassen für die Holzrinde und die Blätter für die Bäume und Hasel mit einem Brusthöhendurchmesser über 1 cm sind in den Abbildungen 8.1-1 und 8.1-2 dargestellt.

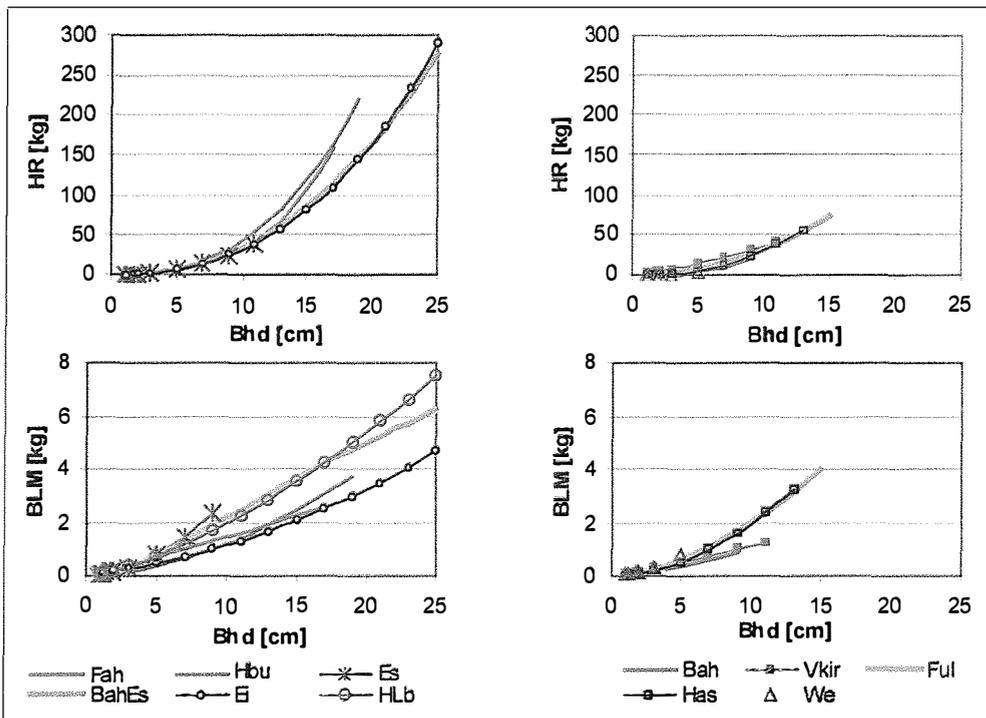


Abb. 8.1-1: Holzrindenbiomassen (HR in kg) und Blattmassen (BLM in kg) in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) nach Baumarten und Hasel (Basis: Standardhöhenkurve) (Gültigkeit: Wertebereich)

Fig. 8.1-1: Total above ground tree wood biomass (HR in kg) and leaf biomass (BLM in kg) in relation to diameter at breast height (Bhd in cm) for tree species and hazel (base: standard height curve) (validity: range of values).

Zu den baumspezifischen Funktionen wurde auch eine Summenfunktion für die Baumarten Ahorn und Esche berechnet, um den Durchmesserbereich von 12 bis 32 cm für diese beiden Baumarten abdecken zu können.

Für Bäume und Hasel mit einem Brusthöhendurchmesser von größer 1 cm ergaben sich für die Holzrindenbiomassen Bestimmtheitsmaße von über 0,97. Die Bestimmtheitsmaße der Blattmasse schwankten zwischen 0,66 (Weide) und 0,97 (Bergahorn und Esche).

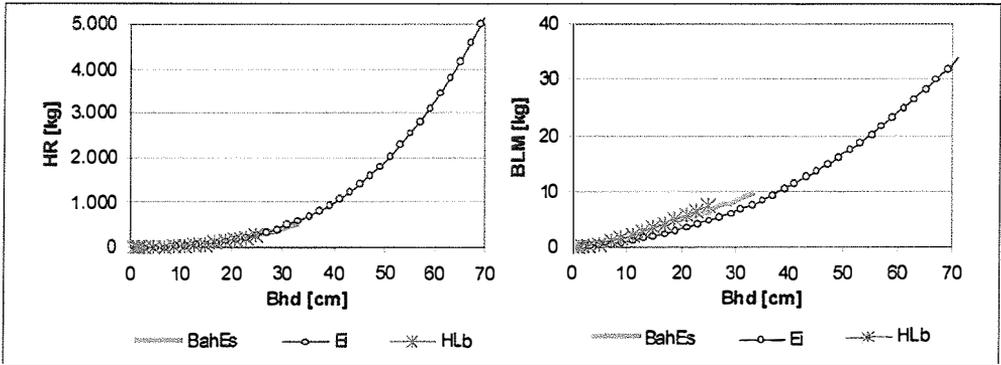


Abb. 8.1–2: Holzrindenbiomassen (HR in kg) und Blattmassen (BLM in kg) in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) für Eiche (Ei), Bergahorn und Esche (BahEs) und harte Laubbäume (HLb) (Basis: Standardhöhenkurve) (Gültigkeit: Wertebereich).

Fig. 8.1–2: Total above ground tree wood biomass (HR in kg) and leaf biomass (BLM in kg) in relation to diameter at breast height (Bhd in cm) for oak (Ei), mountain maple and ash (BahEs) and hardwood broadleaved trees (HLb) (base: standard height curve) (validity: range of values).

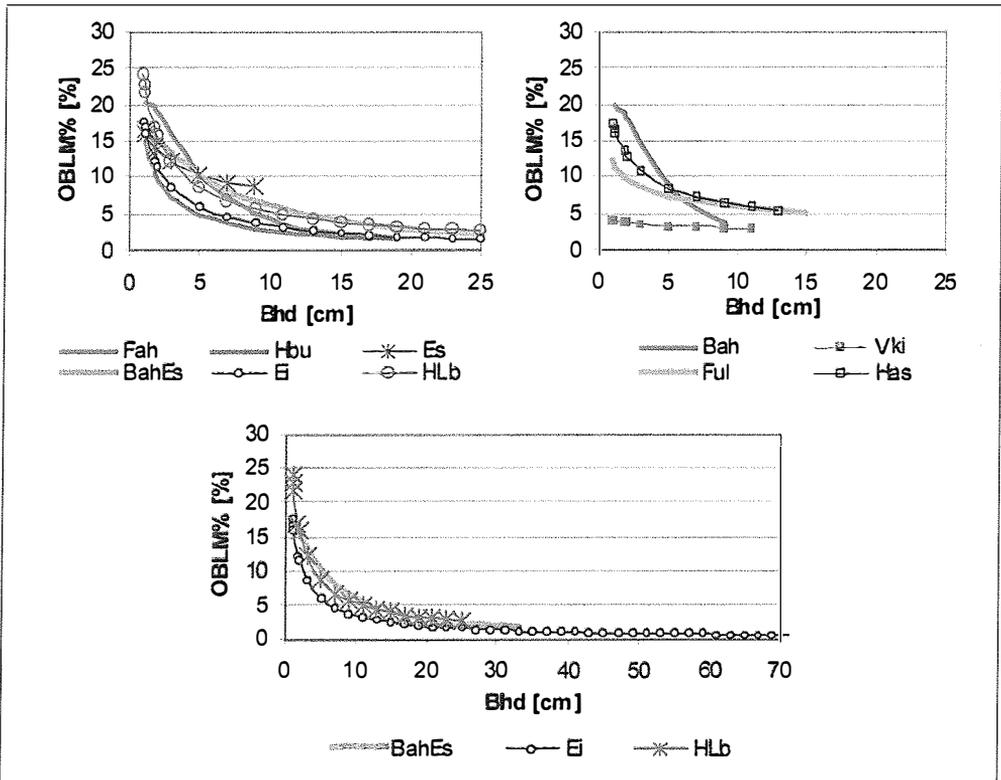


Abb. 8.1–3: Oberirdische Blattmassenprozent (OBLM% in %) in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) nach Baumarten und der Hasel (Basis: Standardhöhenkurve) (Gültigkeit: Wertebereich).

Fig. 8.1–3: Above ground percentage of leaf biomass (OBLM% in %) in relation to diameter at breast height (Bhd in cm) for tree species and hazel (base: standard height curve) (validity: range of values).

Wie aus Abbildung 8.1–1 zu entnehmen, wurden bei einem Brusthöhendurchmesser von 9 cm und 21 cm von den jeweiligen Baumarten im Durchschnitt rund 21 bis 33 kg und rund 180 kg Holzrindenbiomassen und rund 1,0 bis 2,3 kg und 3,5 bis 6,0 kg Blattmasse gebildet.

Die Veränderung des Verhältnisses von Holzrindenbiomasse zu Blattmasse in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser wird anhand des oberirdischen Blattmassenprozentes gezeigt (Abb. 8.1–3).

Die oberirdischen Blattmassenprozente lagen bei einem Durchmesser von 1 bis 2 cm, ausgenommen bei Vogelkirsche, im Bereich von 12 bis 23%. Die Blattmassenprozente verringerten sich rasch und erreichten bei einem Brusthöhendurchmesser von 10 cm Werte von 3 bis 8%. Mit stärkeren Durchmessern fielen, wie am Beispiel von Eiche, Bergahorn–Esche und harten Laubbäumen erkennbar, die oberirdischen Blattmassenprozente auf unter 3%.

Die prozentuellen Anteile der Biomassenkompartimente Schaftholzrinde und Astholzrinde mit einem Durchmesser von größer und kleiner 2 cm (Bhd–Bereich bis 24 cm) oder 4 cm (Bhd–Bereich größer 24 cm) an der oberirdischen Einzelbaumbiomasse in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser wird beispielhaft für die Baumarten Esche, Hainbuche, Feldahorn sowie die Hasel in den Abbildungen 8.1–3 und 8.1–5 dargestellt. Bei der Eiche nahm der Schaftholzrindenanteil nach Erreichen eines Durchmessers von 6 bis 7 cm kontinuierlich von rund 80% über 70% bei einem Durchmesser von 24 cm auf unter 60% im stärkeren Durchmesserbereich ab (Abb. 8.1–3 und Abb.8.1–4). Der kontinuierlich zunehmende Astanteil auf über 40% gibt den Kronenausbau ab dem Laßbreitstadium durch die freie Kronenentwicklung wider. Bei den Baumarten Esche, Hainbuche und Feldahorn, welche aus unterschiedlichen Wuchsklassen des Unterholzes stammten, ergaben sich in den jeweiligen Durchmesserbereichen steigende bis gleichbleibende Schaftholzrindenanteile. Bei einem Durchmesser von 10 cm lagen diese bei 66% (Fah), 74% (Hbu) und 88% (Es).

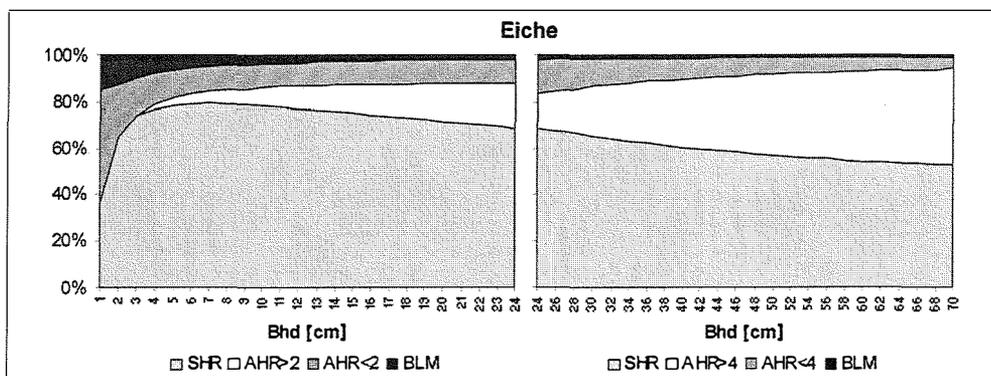


Abb. 8.1–4: Verteilung der oberirdischen Biomassenkompartimente [%] in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) für Eiche (links: Bhd < 24 cm; rechts Bhd ≥ 24 cm) (SHR = Schaftholzrinde, AHR>2 = Astholzrinde größer 2 cm, AHR<2 = Astholzrinde kleiner 2 cm, AHR>4 = Astholzrinde größer 4 cm, AHR<4 = Astholzrinde kleiner 4 cm, BLM = Blätter) (Basis: Standardhöhenkurve) (Gültigkeit: Wertebereich).

Fig. 8.1–4: Distribution of the above-ground biomass compartments [%] in relation to diameter at breast height (Bhd in cm) for oak (left: Bhd < 24 cm; right ≥ 24 cm) (SHR = stemwood in bark, AHR>2 = branchwood in bark larger 2 cm, AHR<2 = branchwood in bark smaller 2 cm, AHR>4 = branchwood in bark larger 4 cm, AHR<4 = branchwood in bark smaller 4 cm, BLM = leaf biomass) (base: standard height curve) (validity: range of values).

Bemerkenswert ist die Anteilsentwicklung bei der Hasel. Das oberirdische Blattprozent nahm im Vergleich zu den Baumarten weniger stark ab und der Schaftholzrindenanteil verringerte sich von 63% (Bhd = 4 cm) auf 47% (Bhd = 12 cm). Das heißt, dass ab einem Brusthöhendurchmesser von 7 bis 8 cm über 50% der oberirdischen Biomasse der Hasel von den Ästen gebildet werden.

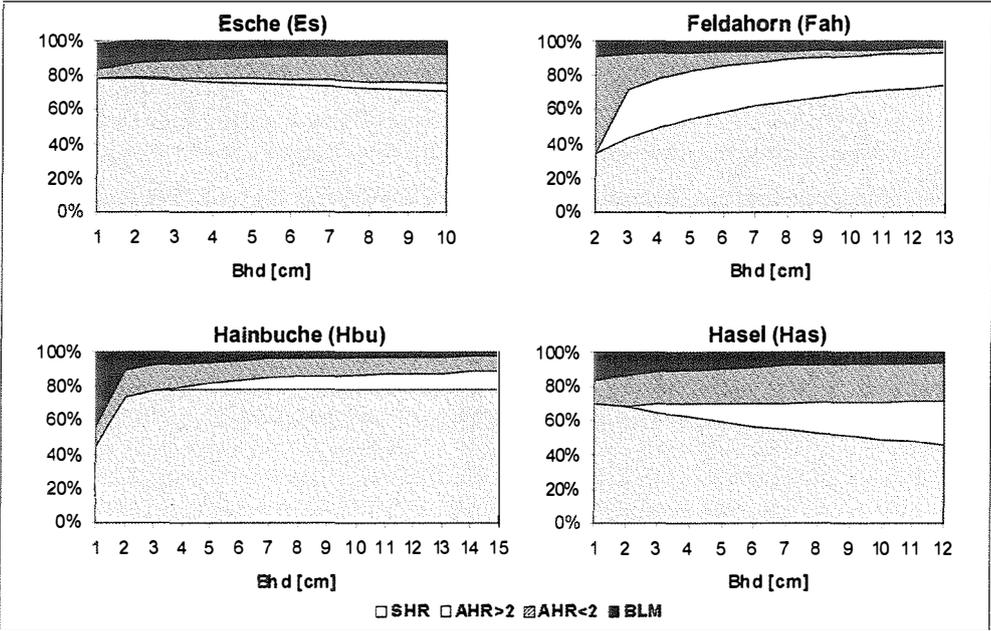


Abb. 8.1–5: Verteilung der oberirdischen Biomassenkompartimente [%] in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) für Esche, Hainbuche, Feldahorn und Hasel (SHR = Schaftholzrinde, AHR>2 = Astholzrinde größer 2 cm, AHR<2 = Astholzrinde kleiner 2 cm, BLM = Blätter) (Basis: Standardhöhenkurve) (Gültigkeit: Wertebereich).

Fig. 8.1–5: Distribution of the above-ground biomass compartments [%] in relation to diameter at breast height (Bhd in cm) for ash, hornbeam, field maple and hazel (SHR = stemwood biomass in bark, AHR>2 = branchwood biomass in bark larger 2 cm, AHR<2 = branchwood biomass in bark smaller 2 cm, BLM = leaves) (base: standard height curve) (validity: range of values).

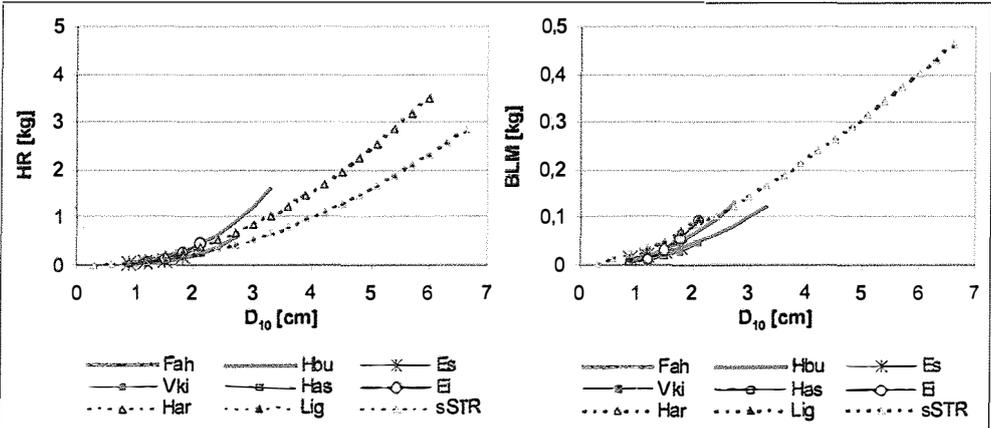


Abb. 8.1–6: Holzrindenbiomassen (HR in kg) und Blattmassen (BLM in kg) in Abhängigkeit vom Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (D₁₀ in cm) nach Baumarten und Sträuchern (Basis: Standardhöhenkurve) (Gültigkeit: Wertebereich).

Fig.8.1–6: Total above-ground tree wood biomass (HR in kg) and leaf biomass (BLM in kg) in relation to the diameter at a stem height of 10 cm (D₁₀ in cm) for the tree and shrub species (base: standard height curve) (validity: range of values).

Für das Baumkollektiv mit einem Durchmesser in 130 Schafthöhe kleiner 1 cm und kleiner 130 cm Höhe ist der Zusammenhang zwischen dem Durchmesser in 10 cm Schafthöhe und dem Trockengewicht der Holzrindenbiomassen und der Blattmasse für Eiche, Feldahorn, Hainbuche, Esche und Vogelkirsche aus Abbildung 8.1–6 ersichtlich. Bei einem Durchmesser in 10 cm Schafthöhe von 2 cm, welcher bei den Baumarten einem Brusthöhendurchmesser von knapp über 1 cm entspricht, errechnen sich 0,2 bis 0,4 kg Holzbiomasse in Rinde.

Diese Werte stimmen bei diesen Baumarten mit den Werten beim Kollektiv mit dem Brusthöhendurchmesser über 1 cm von 0,2 bis 0,5 kg gut überein. Dies gilt auch für die oberirdischen Blattmassenprozentanteile mit 10 bis 22%. Bei einem Durchmesser in 10 cm Schafthöhe von 1 cm schwanken die Blattmassenprozentanteile zwischen 10% (Vogelkirsche) und 36% (Feldahorn) (8.1–7).

Im Vergleich zu den Bäumen nahmen die oberirdischen Blattmassenprozentanteile bei den Sträuchern nicht so rasch ab. Bei einem Durchmesser in 10 cm Schafthöhe von 2 cm betragen die Blattmassenprozentanteile bei Liguster 25% und bei Hartriegel 17% (Abb. 8.1–7).

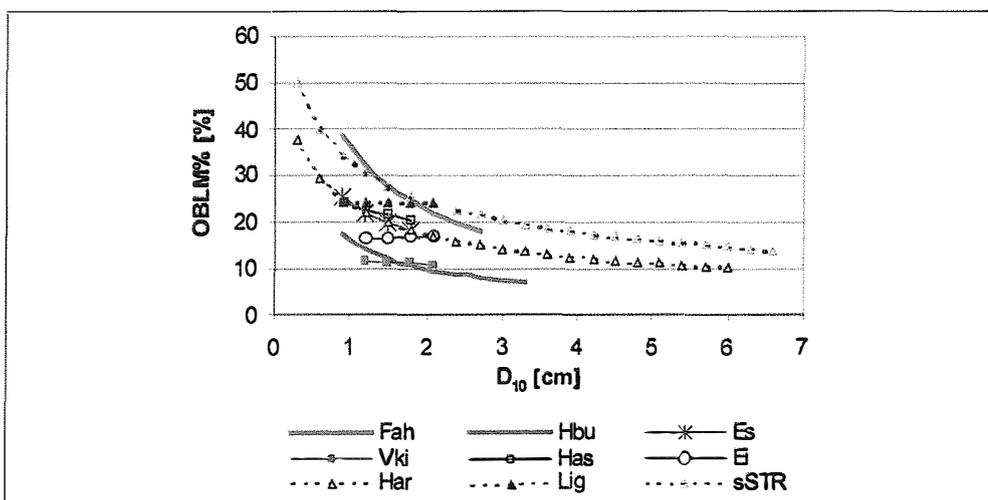


Abb. 8.1–7: Oberirdische Blattmassenprozentanteile (OBLM% in %) Abhängigkeit vom Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (D_{10} in cm) nach Baumarten und Sträuchern (Basis: Standardhöhenkurve) (Gültigkeit: Wertebereich).

Fig. 8.1–7: Percentage of above-ground leaf biomass (OBLM% in %) in relation to diameter at the stem height of 10 cm (D_{10} in cm) for tree species and shrubs (base: standard height curve) (validity: range of values).

Beim Hartriegel wurden, ausgehend von Prozentwerten für die Blattmasse von rund 30%, bei einem Durchmesser in 10 cm Schafthöhe von rund 0,5 cm, Blattmassenprozentwerte von 10% bei 5 cm Durchmesser in 10 cm Schafthöhe erreicht. Im Vergleich zu den Bäumen besitzen die Sträucher bei etwa gleich hohen Holzrindenbiomassen von 0,2 kg (Hartriegel) und 0,3 kg (Liguster) etwa gleich hohe Blattmassen (Abb. 8.1–6). Die Bestimmtheitsmaße für die Holzrindenbiomassen schwankten zwischen 0,82 und 0,93 und jene der Blattmassen zwischen 0,91 und 0,60. Auch für die Sträucher wurde eine gemeinsame Funktion erstellt, welche für die Strauchgruppe „sonstige Sträucher“ Verwendung fand.

8.2 SPEZIFISCHE BLATTFLÄCHEN VON BÄUMEN UND STRÄUCHERN

8.2.1 BAUM- UND STRAUCHINVENTUR

Tabelle 8.2-1 gibt eine Übersicht über die mittleren spezifischen Blattflächen und 100-Blatt-Trockengewichte der beprobten Baum- und Straucharten. Ergänzend zu den Untersuchungsflächen werden auch die Bestandeskollektive angeführt, die vom Probenmaterial repräsentiert wurden.

Die mittleren spezifischen Blattflächen der Stiel- und Traubeneiche lagen im Bereich von 120 bis 132 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Bei der Hainbuche nahmen die mittleren spezifischen Blattflächen bei den Oberständern und Bäumen der Jungwuchs- bis Stangenholzstufe mit 190 bis 217 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ auf bis zu 405 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ in der Unterholzstufe zu. Das 100-Blatt-Trockengewicht deckte einen Bereich von 4,6 bis 13,1 g ab. Die durchschnittlichen spezifischen Blattflächen für Esche und Bergahorn lagen im Bereich von 99 bis 128 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$, jene der Vogelkirsche zwischen 148 und 181 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Die Vogelkirschen- und Bergahornblätter blieben mit ihren 100-Blatt-Trockengewichten hinter den Eschenblättern mit 90 bis 124 g zurück. Die spezifische Blattfläche bei Feldahorn und Feldulme schwankte zwischen mittleren Werten von 158 und 187 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ bei 100-Blatt-Trockengewichten von 7,1 g bis 10,7 g. Die Werte für die spezifische Blattfläche lagen bei Hasel zwischen 213 und 230 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Das dazugehörige 100-Blatt-Trockengewicht schwankte zwischen 16,9 und 29,6 g. Allgemein ist der Trend erkennbar, dass im Unterholz der Schattenblattcharakter mit unterschiedlichen Ausprägungen bei den Baumarten zunahm.

Für Hartriegel aus dem Jungwuchs- und Dickungsstadium auf der Untersuchungsfläche GRM3 und den Untersuchungsparzellen Tuemling lag die mittlere spezifische Blattfläche bei 180 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Die Werte von Liguster, Weißdorn und Holunder schwankten zwischen 108 (Liguster) und 122 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ (Weißdorn). Im Unterholz der Untersuchungsfläche GRM4 stieg bei Hartriegel der Wert auf 218 $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Für Hartriegel und Liguster wurden mittlere 100-Blatt-Trockengewichte von 5,4 (Liguster) bis 12,5 g (Hartriegel) ermittelt.

Für die Schätzung der Blattfläche der Hainbuchen auf der Untersuchungsfläche GRM4, wo sie bis ins Oberholz durchgewachsen waren, wurde der in Abbildung 8.2-1 dargestellte Zusammenhang zwischen Baumhöhe und mittlerer spezifischer Baumblattfläche verwendet.

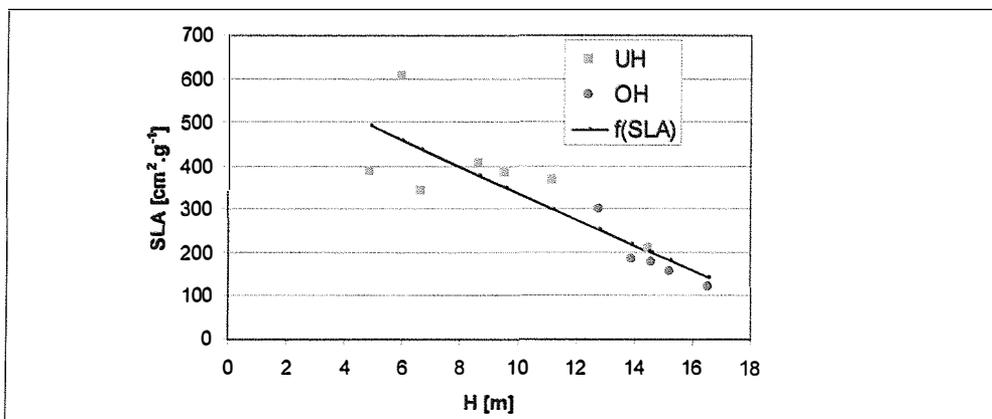


Abb. 8.2-1: Spezifische Blattfläche (SLA in $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$) in Abhängigkeit von der Baumhöhe (H in m) für Hainbuche im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, Anzahl = 13; $\text{SLA} [\text{cm}^2 \text{g}^{-1}] = 641,7 - 30,3 * H [\text{m}]$; $r^2 = 0,75$).

Fig. 8.2-1: Specific leaf area (SLA in $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$) in relation to tree height (H in m) for hornbeam in the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, number of samples = 13; $\text{SLA} [\text{cm}^2 \text{g}^{-1}] = 641,7 - 30,3 * H [\text{m}]$; $r^2=0,75$).

Tab. 8.2–1: Anzahl der Mischproben (N = Anzahl der Probebäume und –sträucher) und Mittelwerte, Standardabweichung und Spreitung (Minimal—Maximalwerte; Min—Max) des 100–Blatt–Trocken–gewichtes (TBLG₁₀₀; MW in g) und der spezifischen Blattfläche (SLA; MW in cm².g⁻¹) getrennt nach Baum– und Straucharten sowie Untersuchungs– und Versuchsflächen als auch Bestandeskollektive (OH = Oberholz, UH = Unterholz, JW = Jungwuchs, STH = Stangenholz)

Table 8.2–1: Number of samples (N = number of sample trees and shrubs) and mean, standard deviation (s) and range (minima and maxima; Min—Max) for the dry weight of 100 leaves (TBLG₁₀₀ in g) and the specific leaf area (SLA in cm².g⁻¹), divided into tree and shrub species and investigation areas and stand collectives (GRM4 = Grandmühl 4, GRM3 = Grandmühl 3, TUE = Tuemling, EBT = Ebenthal, OH = overwood, UH = underwood, JW = young growth stage, DI = thicket, STH = pole stand).

BA/ STR	UFL/VFL	OH, UH	N	TBLG ₁₀₀ (g)		SLA (cm ² .g ⁻¹)	
				MW (+-sd)	Min—Max	MW (+-sd)	Min—Max
Stei	HR1	STH	10	32,2 (7,5)	21,6—50,1	120 (22)	91—160
	GRM	OH	12	29,3 (6,8)	24,2—52,4	132 (24)	84—166
Trei	VW	JW	21	16,2 (5,2)	9,1—25,8	122 (14)	100—150
Hbu	GRM3	UH-JW	6	6,5 (2,6)	4,1—9,3	212 (19)	190—225
	HR1	STH	12	13,1 (1,6)	11,2—14,9	217 (34)	161—247
	GRM4	OH	6	9,7 (2,1)	6,7—11,4	193 (61)	123—302
	GRM4	UH	7	4,6 (1,8)	2,0—7,2	405 (91)	341—606
Has *	GRM3, TUE	UH-JW	10	29,6 (9,2)	19,5—43,3	213 (19)	183—242
	GRM4	UH	7	16,9 (3,0)	12,9—22,6	230 (27)	196—275
We	GRM3	UH-JW	6	14,6 (3,3)	10,9—17,1	148 (7)	142—156
Sipa	GRM3	UH-JW	3	14,7 (5,4)	8,9—19,5	130 (11)	122—143
Fah	GRM3	UH-JW	13	13,4 (5,7)	7,1—24,9	158 (31)	112—225
	GRM4	UH	9	13,8 (3,8)	8,9—20,3	187 (55)	101—257
Vki *	GRM3, TUE	UH-JW	10	33,3 (7,2)	21,4—46,0	148 (9)	119—169
	KAB	DI	5	18,7 (7,0)	11,8—29,4	181 (36)	124—219
Es	TUE	UH-JW	10	124,2 (15,3)	55,7—196,6	99 (16)	66—120
	KAB	DI	8	90,0 (12,0)	79,6—116,5	112 (11)	98—128
Bah	KAB	DI	10	58,5 (10,3)	45,7—74,7	128 (17)	110—160
Els	KAB	JW	14	35,7 (12,1)	13,5—55,7	110 (15)	86—136
Spe	KAB	JW	14	80,9 (27,4)	40,1—151,2	90 (9)	76—101
WiLi	KAB	DI	5	20,4 (6,8)	10,7—25,9	225 (47)	164—275
Ful	WAL	UH	8	10,7 (4,2)	4,9—17,6	166 (59)	84—262
Har *	GRM3, TUE	UH-JW	10	12,5 (3,1)	8,0—17,5	180 (18)	167—224
	GRM4	UH	5	8,2 (3,3)	5,0—13,9	228 (63)	136—312
Wedo	GRM3, TUE	UH-JW	4	5,2 (1,7)	4,1—6,4	122 (8,0)	115—128
Hol	GRM3, TUE	UH-JW	4	173 (137)	36,5—313,6	117 (74)	46—200
Lig *	GRM3, TUE	UH-JW	10	5,4 (0,5)	4,6—6,1	108 (9)	97—124

* mit BELLOS 2000;

8.2.2 STREUSAMMLER

Die Werte der spezifischen Blattflächen und des 100–Blatt–Trockengewichtes der beprobten Baumarten der beiden Untersuchungsflächen GRM4 und GRM3 sind aus Tabelle 8.2–2 ersichtlich. Bei den Eichenblättern waren zwischen den beiden Versuchsflächen geringe Unterschiede vorhanden (140 cm².g⁻¹ und 129 cm².g⁻¹), da die Eichen sich auf beiden Flächen im Oberholz befanden. Ausgeprägter sind die

Unterschiede bei der Hainbuche mit einer spezifischen Blattfläche von $292 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ im Mittelwald-Bestand (Unterholz), und $245 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ auf der Mittelwald-Verjüngungsfläche GRM3. Mit diesen Werten wurden die jährlichen Blattflächenindices aus den Blattstreuungen kalkuliert.

Tab. 8.2-2: Ergebnis Anzahl der Proben (N), Mittelwert \bar{x} und Standardabweichung ($\pm s$) des 100-Blatt-Trockengewichtes (TG_{100} in g) und der spezifischen Blattfläche (SLA in $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$), getrennt nach Baumarten und Mistel, anhand des Blatt-Streifalles im Herbst 1999, auf den Untersuchungsflächen Grandmühl 4 (GRM4) und Grandmühl 3 (GRM3)

Table 8.2-2: Number of samples (N) and mean \bar{x} , standard deviation ($\pm s$) and range (minima and maxima; Min-Max) for the dry weight of 100 leaves (TG_{100} in g) and the specific leaf area (SLA in $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$), divided into tree species and mistletoe based on the litterfall during autumn 1999 in the investigation stands Grandmühl 4 (GRM4) and Grandmühl 3 (GRM3).

UFL	BA	Anzahl		TG_{100} (g)		SLA ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	
		N	\bar{x}	$\pm s$	\bar{x}	$\pm s$	
GRM4	Trei	5	16,0	1,2	141,2	12,7	
	Stei	14	16,0	2,0	132,9	12,5	
	Ei	6	14,0	1,0	154,1	13,9	
	MW (Ei)	25	15,5	1,8	139,7	15,2	
	Zei	11	7,3	6,7	120,9	22,4	
	Fah	6	7,3	4,5	224,0	56,6	
	Hbu	16	6,0	1,7	291,5	41,3	
	Mistel	21	1,4	1,2	77,3	20,5	
GRM3	Trei	6	17,2	2,5	128,9	13,2	
	Hbu	7	8,4	0,6	244,9	15,7	
	Mistel	3	2,2	1,0	90,4	11,2	
	Fah	2	11,2	4,9	210,3	42,9	

8.3 BESTANDESSTRUKTUR UND -ENTWICKLUNG

8.3.1 STAMMZAHLN UND -VERTEILUNGEN

8.3.1.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Die mittleren Stammzahlen in den untersuchten Bestandestypen Ebenthal und dem Untersuchungsbestand GRM4 sind aus der Tabelle 8.3-1 ersichtlich. Die Stammzahlen in den beiden 15 und 18 Jahre alten Bestandestypen MWBE15 und MWBE18 lagen zwischen 40.000 und 45.000 $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Die älteren Bestände wiesen deutlich geringere Stammzahlen auf, wobei die Stammzahlen im Bereich von 11.000 bis 24.000 $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$ schwankten. Im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 hat sich bis ins Alter von 40 Jahren die Stammzahl auf 2.624 $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$ verringert, wobei während der 4-jährigen Beobachtungsperiode eine weitere Abnahme durch Mortalität im Unterholz verzeichnet wurde.

Über rund 93% der Stammzahlen befanden sich im Unterholz. Die Oberholzstammzahlen deckten einen Bereich von 120 bis 347 $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ab, wobei der 21 Jahre alte Mittelwaldbestand MWBE21 die höchsten Stammzahlen aufwies. Während der Aufnahmeperiode erhöhte sich die Stammzahl im Oberholz durch Einwuchs aus dem Unterholz von 140 auf 180 $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tab. 8.3–1: Stammzahlen (N in $N \cdot ha^{-1}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und Stammzahlanteile (N in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, UBE = Untersuchungs-bestand).

Table 8.3–1: Stem number (N in $N \cdot ha^{-1}$, mean with relative standard errors in parenthesis) and percentage of the stem number (N in %) in the overwood and underwood of the stand types coppice with standards Ebenthal and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand).

Waldort		Ebenthal					Grandmühl	
UBE		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	GRM4	
Alter in Jahren		15	18	21	25	30	40	44
N [$N \cdot ha^{-1}$]	OH	184 (22,7)	172 (15,2)	347 (20,4)	120 (13,6)	213 (19,8)	140	180
	UH	40.532 (37,3)	44.597 (17,5)	11.207 (24,8)	19.250 (52,7)	24.074 (26,1)	2.484	2.296
	Σ	40.716 (37,1)	44.769 (17,5)	11.553 (24,0)	19.370 (52,4)	24.260 (25,7)	2.624	2.467
N [%]	OH	0,5	0,4	3,0	0,7	0,9	5,3	7,3
	UH	99,5	99,6	97,0	99,3	99,1	94,7	92,7

Die Verteilungen der Stammzahlen auf Durchmesserklassen geben einen ersten Einblick in den Bestandaufbau und dessen Wuchsdynamik. In den Bestandestypen Ebenthal zeigten sich ähnliche Verteilungsformen. Mit zunehmendem Bestandesalter nahmen die Stammzahlen innerhalb der schwächsten Durchmesserklasse (bis 4 cm) von durchschnittlich rund 40.000 auf 16.000 $N \cdot ha^{-1}$ ab. Dies bedeutete auch eine Verringerung der prozentuellen Stammzahlanteile, welche von dieser Durchmesserklasse repräsentiert wurden, von 95 bis 96% auf 83 bis 90% zugunsten der nächsthöheren Durchmesserklasse DK6. Insgesamt nahmen die mittleren Stammzahlen von dem hohen absoluten Stammzahlniveau rasch bis in die Durchmesserklasse DK14 (12–16 cm) von 1.470 (DK6) über 350 $N \cdot ha^{-1}$ (DK10) auf 120 $N \cdot ha^{-1}$ ab.

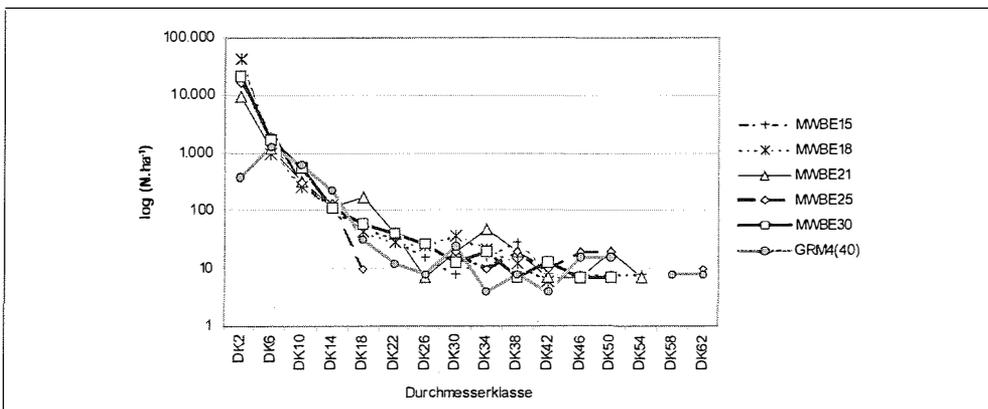


Abb. 8.3–1: Stammzahlverteilungen ($\log(N \cdot ha^{-1})$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre) und dem Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (GRM4(40) = Alter 40 Jahre) (Klassenbreite: 4 cm)

Fig. 8.3.–1: Stem number distribution ($\log(N \cdot ha^{-1})$) over diameter classes for the stand types coppice with standards Ebenthal (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years) and for the investigation stand Grandmühl 4 (GRM4(40) = age 40 years) (range of diameter class = 4 cm).

Anders verhielt es sich mit der Stammzahlverteilung im 40-jährigen Untersuchungsbestand GRM4, wo sich das Häufigkeitsmaximum mit $1.280 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (48,8%) in der Durchmesserklasse von 4 bis 8 cm befand. In der schwächsten Durchmesserklasse waren nur mehr 376 Stämme pro ha (14,3%) vorhanden. Das zeigte, dass die Stammzahlunterschiede innerhalb der Untersuchungsbestände Ebenthal und zwischen Ebenthal und Grandmühl vor allem durch die stark unterschiedlichen Stammzahlen in der schwächsten Durchmesserklasse bedingt waren.

Die Stammzahl-Durchmesserverteilungen der Oberständer für die 5 Bestandestypen Ebenthal und den Untersuchungsbestand GRM4 sind in Abbildung 8.3-2 dargestellt. Trotz unterschiedlicher absoluter Häufigkeiten lassen sich für alle untersuchten Mittelwaldbestände, ausgenommen MWBE25, ähnliche Verteilungsmuster erkennen. Häufigkeitsmaxima traten im Durchmesserbereich 16 bis 20 (24) cm auf, gefolgt vom Durchmesserbereich 28 bis 36 cm. In den Bestandestypen MWBE21, MWBE30 und dem Untersuchungsbestand GRM4 waren in den Durchmesserklassen DK42 bis DK50 weitere höhere Häufigkeiten zu erkennen. In Ebenthal waren zwei- bis dreigipfelige und in GRM4 mehrgipfelige Verteilungsformen vorhanden, wie sie entsprechend den Umtriebszeiten im Mittelwald zu erwarten waren. Eine klare Altersklassenzuordnung der Durchmesserbereiche wäre aber anhand der Durchmesserverteilungen mit großer Unsicherheit verbunden. Die Bestandesentwicklung im Untersuchungsbestand GRM 4 mit verstärktem Einwuchs von Bäumen in das Oberholz kommt in der Veränderung der Stammzahlverteilung klar zum Ausdruck.

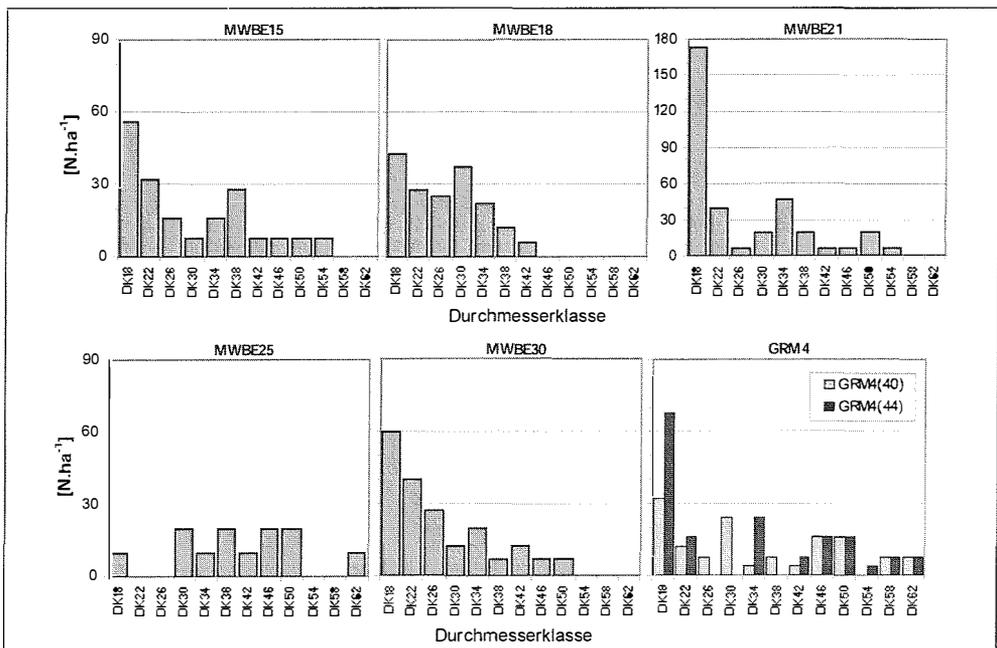


Abb. 8.3-2: Stammzahlverteilungen (N in $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$) nach Durchmesserklassen im Oberholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal (Ebenthal: MWBE 15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre) und dem Untersuchungsbestand Grandmühl4 (GRM4(40): Alter = 40 Jahre, (44): Alter = 44 Jahre) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3-2: Stem number distribution (N in $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$) over diameter classes for the overwood (coppice with standards) of the stand types Ebenthal (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years) and for the investigation stand Grandmühl 4 (GRM4(40): age = 40 years, (44): age = 44 years) (range of diameter class = 4 cm).

Die absoluten Höhenverteilungen der Stammzahlen sind der Abbildung 8.3–3 zu entnehmen. In allen untersuchten Mittelwaldbeständen waren alle Höhenklassen mit einer Klassenbreite von 4 m besetzt. Die Stammzahlverteilungen nach Höhenklassen unterschieden sich zwischen den Mittelwaldbeständen Ebenthal und Grandmühl deutlich. In den Bestandestypen Ebenthal nahmen die Stammzahlen von der Höhenklasse HK2 (bis 4 m) mit Werten von 42.500 N.ha⁻¹ (MWBE18) bis 9.300 N.ha⁻¹ (MWBE21) kontinuierlich auf durchschnittlich 18.890 (HK6), 645 (HK10), 141 (HK14), 63 (HK18) und 14 N.ha⁻¹ (HK22) ab. Über 80% der Stämme waren in der Höhengschicht bis 4 m anzutreffen und über 90% der Stämme in der Höhengschicht unter 8 m. Hingegen wurde das Häufigkeitsmaximum im Untersuchungsbestand GRM4 in der Höhenklasse HK10 (8 bis 12 m) vorgefunden. 40,2 und 51,3% der Stämme gehörten dieser Höhenklasse an.

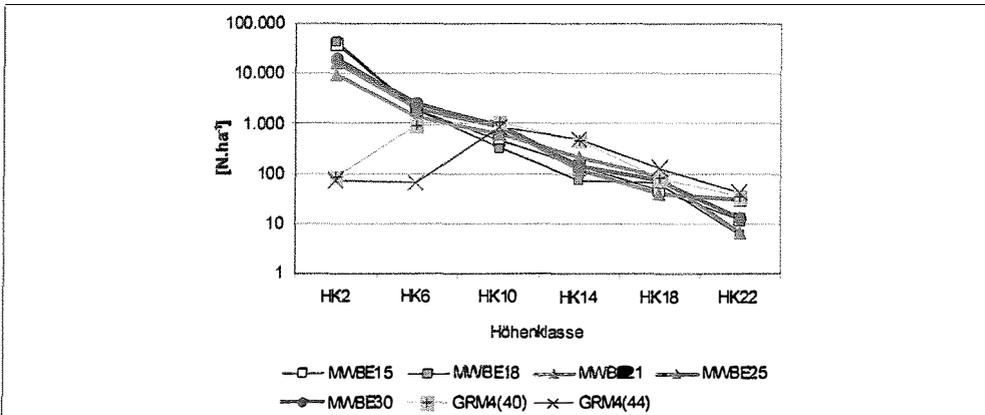


Abb. 8.3–3: Stammzahlverteilungen (log (N.ha⁻¹)) nach Höhenklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre) und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 ((40): Alter = 40 Jahre, (44): Alter = 44 Jahre) (Klassenbreite: 4 m).

Fig. 8.3–3: Stem number distribution (log (N.ha⁻¹)) over height classes for the stand types coppice with standards Ebenthal (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years) and for the investigation stand Grandmühl 4 (GRM4(40): age = 40 years, (44): age = 44 years) (range of height class = 4 m).

Wie bei der Durchmesserverteilung bereits erwähnt, war auch bei der Höhenverteilung die vorhandene Bestandesdynamik im Unterholz, welche durch hohe Mortalität bei den schwächeren Stämmchen und gleichzeitigen Auswuchs vitalerer Stämme in die nächsthöhere Höhenklasse geprägt wurde, klar erkennbar. So verringerten sich während der Beobachtungsperiode die Stammzahlen in den tieferen Höhenklassen um rund 850 N.ha⁻¹ oder 90%. Dies hatte zur Folge, dass in der Höhenklasse HK4 (bis 8 m) der Stammzahlanteil von 37,7 auf 8,5% abnahm und sich jener der Höhenklasse HK12 (8 bis 16 m) von 57,8 auf 80,9% erhöhte. Obwohl die relativen Häufigkeiten der Stammzahlen in den höheren Höhenklassen gering ausfielen, sei bemerkt, dass in der Höhengschicht zwischen 16 und 24 m die Stammzahlen zwischen 60 und 180 N.ha⁻¹ streuten.

Die durchschnittliche Anzahl der Keimlinge und Jungpflanzen bis zu einer Höhe von 20 cm schwankte zwischen 10.100 und 74.100 N.ha⁻¹ bei einer sehr inhomogenen Verteilung innerhalb der Bestandestypen Ebenthal. Die niedrigsten Werte wurden mit 10.100 N.ha⁻¹ im Bestandestyp MWBE21 ermittelt, gefolgt von 28.900 N.ha⁻¹ im MWBE18, 40.600 N.ha⁻¹ im MWBE30, 71.600 N.ha⁻¹ im MWBE25 und 74.100 N.ha⁻¹ im MWBE15. Bei Keimlingen und Jungpflanzen dominierte die Esche. Im Untersuchungsbestand GRM4 fehlten Keimlinge und Jungpflanzen.

Auf der Untersuchungsfläche GRM3 und den Parzellen Tuemling wurde in beiden Aufnahmejahren die Stammzahl und deren Entwicklung von der Unterholzdynamik geprägt.

Das Oberholz blieb auf der Untersuchungsfläche GRM3 mit 36 Stämmen pro ha unverändert, während der Oberholzaufbau auf den Parzellen in Tuemling von den Nachlichtungshieben beeinflusst wurde. Durch den Mittelwald-Nachlichtungshieb wurden die Stammzahlen von 62 bis 84 N.ha⁻¹ um 29 bis 45% auf 41 bis 53 N.ha⁻¹ reduziert.

Tab. 8.3–2: Stammzahlen (N in N.ha⁻¹, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und Stammzahlanteile (N in %) im Ober- und Unterholz der Mittelwald-Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling (OH = Oberholz, UH = Unterholz, UBE = Untersuchungsbestand; Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–2: Stem number (N in N.ha⁻¹, mean with relative standard errors in parenthesis) and percentage of the stem number (N in %) in the overwood and underwood of the investigation stand Grandmühl 3 (coppice with standards) and Tuemling (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand; Grandmühl 3 = GRM3 - mZoPE = fenced and without tending; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and with tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort	Grandmühl			Tuemling								
UBE	GRM3 mZoPE			P11 mZmPE	P12 mZoPE	P21 oZmPE	P22 oZoPE	P11 mZmPE	P12 mZoPE	P21 oZmPE	P22 oZoPE	
Alter [Jahre]	1	4	7	7				13				
N [N.ha ⁻¹]	OH	36	36	75	84	58	62	53	43	46	41	
	UH	0	105.825 (14,3)	83.250 (9,5)	87.250 (10,4)	84.250 (11,4)	94.875 (7,9)	111.500 (3,7)	84.125 (9,9)	90.080 (16,9)	88.625 (8,5)	50.000 (7,1)
	Σ	36	105.861	83.286	87.325	84.344	94.933	111.562	84.178	93.123	88.671	50.041
N [%]	OH	100	0,04	0,04	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,04	0,1	0,1
	UH	0	99,96	99,96	99,9	99,9	99,9	99,5	99,9	99,96	99,9	99,9

Im Unterholz verringerte sich die nach 4 Vegetationsperioden etablierte mittlere Stammzahl im Untersuchungsbestand GRM3 von 105.825 N.ha⁻¹ um rund 31% auf 83.250 N.ha⁻¹. Damit lag die mittlere Stammzahl des Untersuchungsbestandes GRM3 im Bereich der gleichaltrigen Parzellen Tuemling, die zwischen 84.250 und 111.500 N.ha⁻¹ streuten.

In diesen Untersuchungsbeständen kam es bis zum Alter von 13 Jahren nur auf der Parzelle P22 zu einer starken Veränderung der mittleren Stammzahlen. Auf den anderen Parzellen nahmen die Stammzahlen entweder geringfügig zu (P21) oder ab (P11, P21). Stammzahlzunahmen erfolgten überwiegend über Stockausschläge nach den Nachlichtungshieben (Schlägerungs- und Rückarbeiten). Die Stammzahlveränderung auf der Untersuchungsparzelle P22 lag daran, dass durch den Nachlichtungshieb eine Stichprobenfläche von Kronenholz bedeckt wurde. Die Standardfehler bei den Unterholzinventuren schwankten zwischen ±3,7 und ± 16,9%.

Die Stammzahl-Durchmesserverteilungen zeigten, dass die Untersuchungsbestände in beiden Aufnahmejahren eindeutig in zwei Bestandeskollektive (-schichten) gegliedert wurden. Im Alter von 7 Jahren waren die beiden Durchmesserklassen DK10 und DK14 (Bereich 8 bis 16 cm) nicht besetzt und im Alter von 13 Jahren fehlten, trotz Einwuchs von Stämmen in die DK10, Stämme im Durchmesserbereich 12 bis 20 cm, da beim Nachlichtungshieb im Zuge einer Vorratspflege Oberständer aus der Durchmesserklasse DK18 entnommen worden waren.

Auf den Parzellen in Tuemling schwankten die mittleren Stammzahlen in der Durchmesserklasse DK6 zwischen 5.125 und 7.000 N.ha⁻¹ und in die nächsthöhere Durchmesserklasse DK10 waren durchschnittlich 125 bis 625 N.ha⁻¹ eingewachsen. Zwischen den Behandlungsvarianten waren keine auffälligen Unterschiede erkennbar.

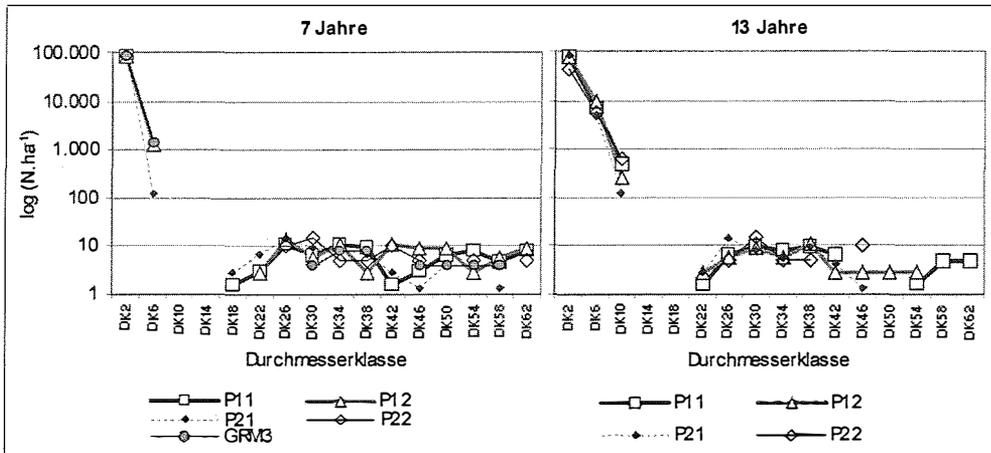


Abb.8.3–4: Stammzahlverteilung ($\log (N \cdot ha^{-1})$) nach Durchmesserklassen in den Mittelwald–Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling im Alter von 7 Jahren (links) und 13 Jahren (rechts) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21– oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–4: Stem number distribution ($\log (N \cdot ha^{-1})$) over diameter classes for the investigation stands Grandmühl 3 (coppice with standards) and Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21– oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class = 4 m).

Die Stammzahlverteilungen nach Durchmesserklassen nach dem Mittelwald–Nachlichtungshieb auf den Parzellen Tuemling sind aus Abbildung 8.3–4 ersichtlich. Auf allen Parzellen waren zweigipfelige Verteilungen (hohe Häufigkeitswerte in den Durchmesserbereichen 24 bis 32 cm und 36 bis 44 cm oder 44 bis 48 cm) und auf der Parzelle P11 eine dreigipfelige Verteilung (zusätzlich der Durchmesserbereich 56 bis 64 cm) erkennbar. Auffallend ist das Fehlen von Laßreiteln (DK20: 16 bis 24 cm) in diesen Untersuchungsbeständen (Abbildung 8.3–4). Laßreiteln fehlten auch im Untersuchungsbestand GRM3.

Die rasche Entwicklung in der Jungwuchs– und Dickungsphase zeigt sich auch bei der Analyse der Vertikalstruktur auf den Untersuchungsflächen GRM3 und den Parzellen Tuemling. Im Alter von 7 Jahren befanden sich rund 99,9% der Stämmchen in den Höhenklassen HK2 (0 bis 4 m) und HK6 (4 bis 8 m) (Abb. 8.3–6). Die Höhenklasse HK10 (8 bis 12 m) war nur auf der Untersuchungsfläche GRM3 mit $100 N \cdot ha^{-1}$ merkbar besetzt. Die Oberständer besetzten die höheren Höhenschichten mit jeweils rund 4 bis $36 N \cdot ha^{-1}$. Wie aus Abbildung 8.3–6 ersichtlich, wurde in der Höhenschicht von 8 bis 12 m (HK10) die Stammzahl innerhalb von 7 Jahren auf 500 bis $3.125 N \cdot ha^{-1}$ vergrößert. Auffallend ist, dass in den beiden gepflegten Parzellen P11 und P21 mit 2.750 und $3.125 N \cdot ha^{-1}$ ein kräftigerer Einwuchs in diese Höhenklasse als in den un gepflegten Parzellen stattfand. Die Veränderungen in den höheren Höhenklassen waren eine Folge der Nachlichtungshiebe.

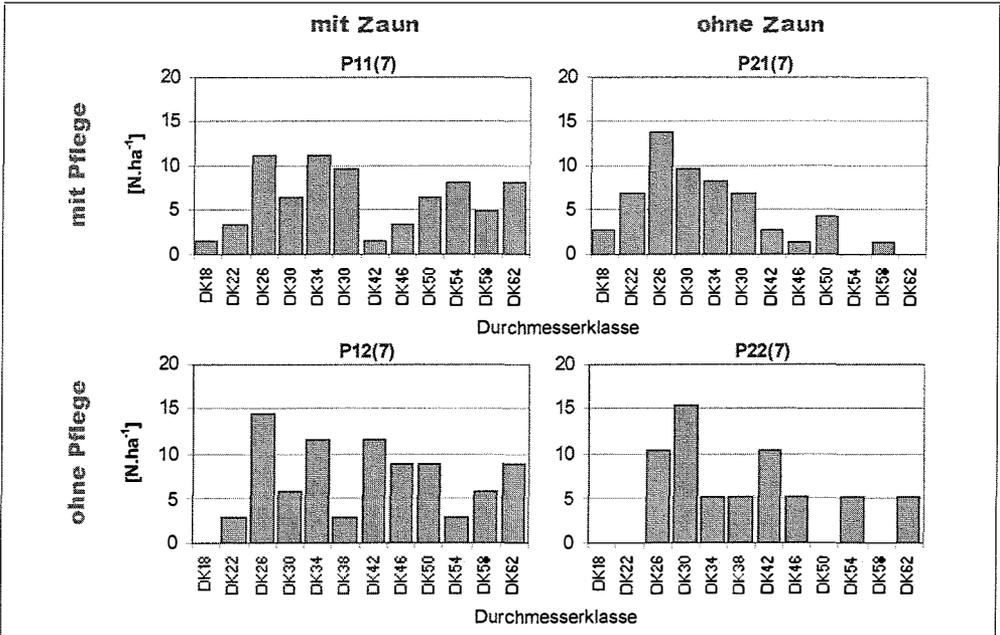


Abb. 8.3–5: Stammzahlverteilung (N in $N \cdot ha^{-1}$) nach Durchmesserklassen im Oberholz der Mittelwald-Untersuchungsbestände Tuemling im Unterholzalter von 13 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–5: Stem number distribution (N in $N \cdot ha^{-1}$) over diameter classes for overwood of the investigation stands Tuemling (coppice with standards) at the age of 13 years (left) (Tuemling parcels: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class = 4 cm).

Die rasche Entwicklung in der Jungwuchs- und Dickungsphase zeigt sich auch bei der Analyse der Vertikalstruktur auf den Untersuchungsflächen GRM3 und den Parzellen Tuemling. Im Alter von 7 Jahren befanden sich rund 99,9% der Stämmchen in den Höhenklassen HK2 (0 bis 4 m) und HK6 (4 bis 8 m) (Abb. 8.3–6). Die Höhenklasse HK10 (8 bis 12 m) war nur auf der Untersuchungsfläche GRM3 mit $100 N \cdot ha^{-1}$ merkbar besetzt. Die Oberständer besetzten die höheren Höhenschichten mit jeweils rund 4 bis $36 N \cdot ha^{-1}$. Wie aus Abbildung 8.3–6 ersichtlich, wurde in der Höhenschicht von 8 bis 12 m (HK10) die Stammzahl innerhalb von 7 Jahren auf 500 bis $3.125 N \cdot ha^{-1}$ vergrößert. Auffallend ist, dass in den beiden gepflegten Parzellen P11 und P21 mit 2.750 und $3.125 N \cdot ha^{-1}$ ein kräftigerer Einwuchs in diese Höhenklasse als in den ungepflegten Parzellen stattfand. Die Veränderungen in den höheren Höhenschichten waren eine Folge der Nachlichtungshiebe.

Die mittleren Stammzahlen der Keimlinge und Jungpflanzen mit einer Höhe unter 20 cm wiesen eine hohe Schwankungsbreite auf. Auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 verringerte sich die Stammzahl von $61.200 N \cdot ha^{-1}$ im Alter von 4 Jahren auf $8.000 N \cdot ha^{-1}$ im Alter von 7 Jahren. Auf den Untersuchungsparzellen Tuemling blieben während der Beobachtungsperiode die mittleren Stammzahlen aller Parzellen mit 57.100 und $59.300 N \cdot ha^{-1}$ nahezu unverändert. Zwischen den Parzellen schwankten die Werte von 24.000 bis $96.500 N \cdot ha^{-1}$ (Alter 7 Jahre) und 20.000 und $81.000 N \cdot ha^{-1}$ (Alter 13 Jahre). Die niedrigsten Werte waren in beiden Aufnahmejahren in der ungezäunten und ungepflegten Parzelle P22 zu finden.

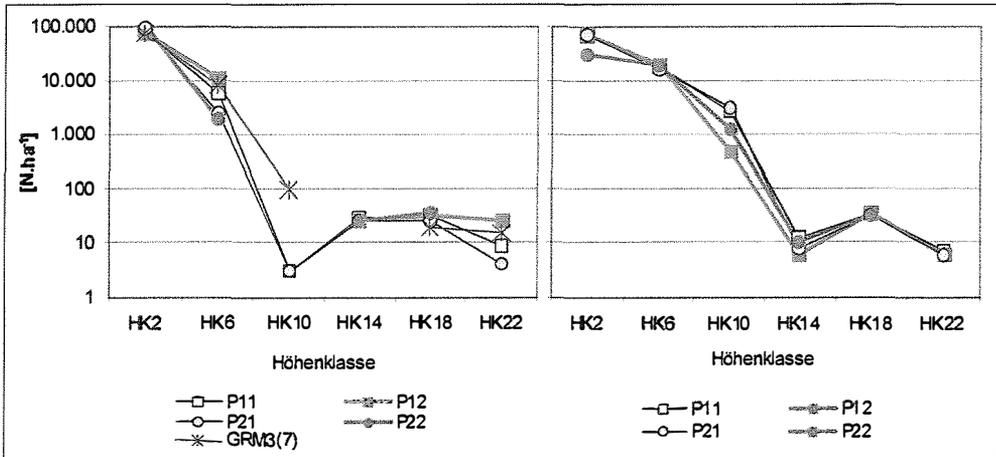


Abb. 8.3–6: Stammzahlverteilung ($\log(N \cdot \text{ha}^{-1})$) nach Höhenklassen in den Mittelwald–Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling im Alter von 7 Jahren (links) und 13 Jahren (rechts) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4 m).

Fig. 8.3–6: Stem number distribution ($\log(N \cdot \text{ha}^{-1})$) over height classes for the investigation stands (coppice with standards) Grandmühl 3 and Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of height class = 4 m).

8.3.2.1 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

Mit zunehmendem Alter nahmen die mittleren Stammzahlen pro ha von durchschnittlich $79.500 \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ in den 7 bis 11 Jahre alten auf 14.120 bis $16.867 \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ in den über 25-jährigen Bestandestypen ab. Die Werte der relativen Standardfehler lassen auf eine hohe Heterogenität, insbesondere in den jüngeren Beständen, schließen.

Der Anteil der Oberständer erreichte nur in den älteren Bestandestypen Werte von 1,2 bis 2,4%. In den 7 bis 15 Jahre alten Beständen waren jeweils bis zu $73 \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ als Oberständer nach dem Hieb verblieben. Es kann angenommen werden, dass sich in den älteren Beständen durch den Einwuchs von Bäumen aus dem Unterholz die Stammzahlen im Oberholz auf 200 bis $333 \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ erhöhten.

Diese Dynamik lässt sich aus den Stammzahl–Durchmesserverteilungen erkennen, die in der Abbildung 8.3–7 dargestellt sind. Vorweg ist anzumerken, dass im Vergleich zu den untersuchten Mittelwaldbeständen die Durchmesserspreitung in den Niederwaldbeständen mit Überhältern mit den stärksten Bäumen in der Durchmesserklasse DK46 (44 bis 48 cm) enger war. Bis zum Alter von 15 Jahren lagen die Stammzahlen in den Durchmesserklassen DK14 und DK18 unter $100 \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Im Vergleich zu den Mittelwaldbestandestypen ging mit einer engeren Durchmesserspreitung auch eine Verminderung der Höhenklassen einher. In den jüngeren Bestandestypen waren 4 und in den älteren 5 Höhenklassen besetzt. Baumhöhen über 18 m wurden nicht gemessen. Bis ins Alter von 20 Jahren befanden sich in der untersten Höhenschicht, bei von 97.300 auf $33.600 \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ stark fallenden Stammzahlen, durchschnittlich 93% (83 bis 98%) der Stämme. 6% der Stämme hatten Höhen von 4 bis 8 m erreicht. Die Untersuchungen zeigten, dass in den 25 bis 30 Jahre alten Bestandestypen sowohl nach absoluten Stammzahlen als auch nach relativen Häufigkeiten die Bedeutung der Höhenklasse HK2 zugunsten der

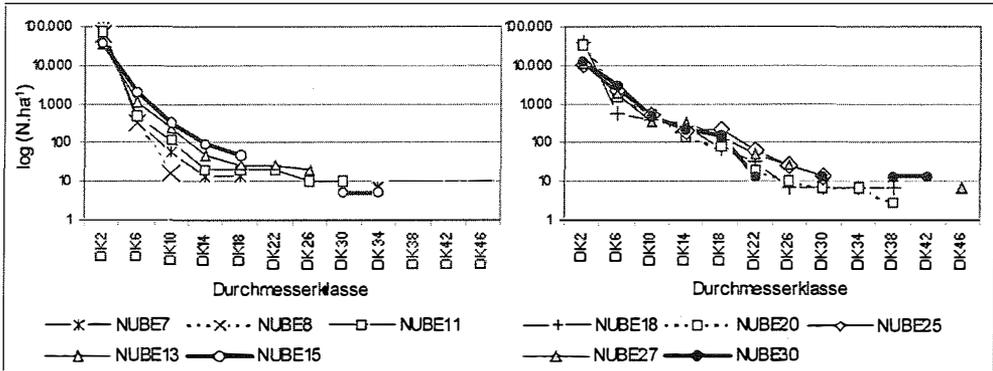


Abb. 8.3-7: Stammzahlverteilung ($\log(N \cdot \text{ha}^{-1})$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3-7: Stem number distribution ($\log(N \cdot \text{ha}^{-1})$) over diameter classes for the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of diameter class: 4 cm).

Tab. 8.3-3: Stammzahlen (N in $N \cdot \text{ha}^{-1}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und Stammzahlanteile (N in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestypen).

Table 8.3-3: Stem number (N in $N \cdot \text{ha}^{-1}$, mean with relative standard errors in parenthesis) and percentage of the stem number (N in %) in the overwood and underwood of the stand types coppice with reserves Ebenthal (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type).

Waldort		Ebenthal									
BET		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
N [$N \cdot \text{ha}^{-1}$]	OH	20 (68,3)	0	60 (79,3)	73 (51,6)	60 (47,1)	133 (51,2)	127 (28,3)	333 (28,0)	247 (23,8)	200 (23,1)
	UH	98.187 (38,3)	65.263 (13,7)	75.110 (41,1)	38.740 (34,1)	40.673 (29,5)	44.673 (21,2)	36.690 (19,1)	13.787 (49,8)	14.000 (27,3)	16.666 (37,0)
	Σ	98.207 (38,3)	65.263 (13,7)	75.170 (41,1)	38.813 (34,0)	40.807 (29,5)	44.807 (21,1)	36.817 (19,1)	14.120 (48,1)	14.247 (26,5)	16.867 (36,2)
N [%]	OH	0,02	0	0,08	0,2	0,2	0,3	0,3	2,4	1,7	1,2
	UH	99,98	100	99,92	99,8	99,8	99,7	99,7	97,6	98,3	98,8

nächstfolgenden Höhengschicht zurückgegangen ist. Rund 25% oder $4.000 N \cdot \text{ha}^{-1}$ der Stämme befanden sich in der Höhengschicht von 4 bis 8 m und rund 7% in der Höhengklasse HK10 (8 bis 12 m).

Die mittleren Keimlings- und Jungpflanzenzahlen (Höhe < 20 cm) lagen zwischen 400 und $24.800 N \cdot \text{ha}^{-1}$. Die durchschnittlichen Rahmenwerte der Stammzahlen nahmen von 400 bis $4.300 N \cdot \text{ha}^{-1}$ in den 8 bis 15 Jahre alten auf 2.500 bis $40.000 N \cdot \text{ha}^{-1}$ in den älteren Bestandestypen zu. Die Standardfehler schwankten zwischen $\pm 24,7$ und 93,7%. Esche und Feldahorn überwogen bei den Mischungsanteilen.

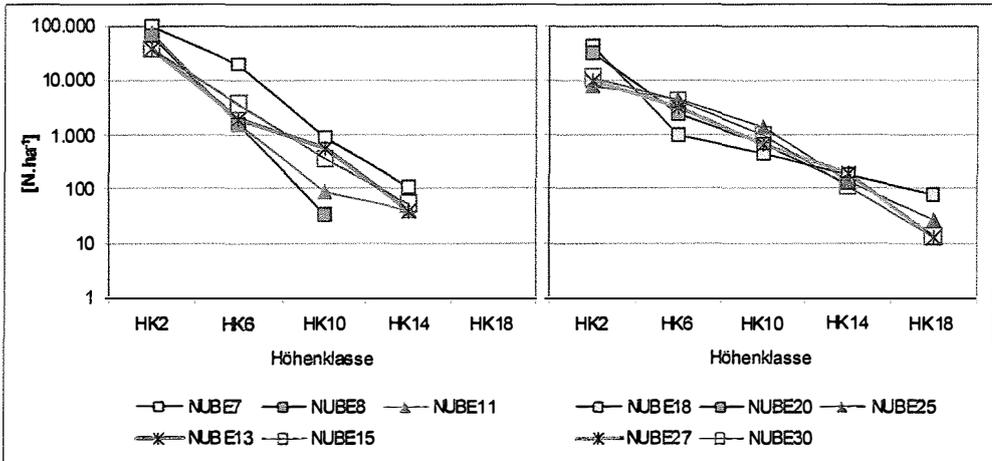


Abb. 8.3–8: Stammzahlverteilung ($\log(N \cdot \text{ha}^{-1})$) nach Höhenklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre) (Klassenbreite: 4 m).

Fig. 8.3–8: Stem number distribution ($\log(N \cdot \text{ha}^{-1})$) over height classes for the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of height class: 4 cm).

8.3.2 GRUNDFLÄCHEN IN 130 CM UND 10 CM SCHAFTHÖHE

8.3.2.1 MITTELWALDBESTÄNDE

In den Mittelwaldbeständen in Ebenthal und Grandmühl lagen ab dem Alter von 21 Jahren die Grundflächen in 130 cm und 10 cm Schafthöhe in den engen Bereichen von rund 26 bis 29 $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ und 47 bis 50 $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$. Die Grundflächenanteile des Oberholzes schwankten zwischen rund 57 und 73% und jene der Grundflächen in 10 cm Schafthöhe zwischen 42 und 74%. Die Oberholz-Grundflächen lagen zwischen 14,8 und 20,7 $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$. Auf der Untersuchungsfläche GRM4 wird der Einwuchs aus dem Unter- ins Oberholz deutlich erkennbar. In den 15 und 18 Jahre alten Bestandestypen waren die jeweiligen Grundflächenhaltungen, bei ähnlichen Verteilungen auf Ober- und Unterholz, deutlich niedriger. Die relativen Standardfehler in den Beständen schwankten zwischen $\pm 5,7$ und $\pm 13,2\%$.

Tab. 8.3-4: Grundflächen in 130 cm und 10 cm Schafthöhe (G und G_{10} in $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und Grundflächenanteile (G und G_{10} in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, UBE = Untersuchungsbestand, BET = Bestandestyp).

Tab. 8.3-4: Basal areas at the height of 130 cm and 10 cm (G und G_{10} in $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentages of basal areas (G und G_{10} in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand, BET = stand type).

Waldort		Ebenthal					Grandmühl	
UBE/BET		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	GRM4	
Alter [Jahre]		15	18	21	25	30	40	44
G [$\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$]	OH	13,1 (18,5)	9,9 (12,7)	20,7 (5,2)	16,1 (16,2)	14,8 (18,5)	15,5	17,6
	UH	8,0 (18,5)	7,0 (14,9)	7,5 (13,8)	10,0 (11,0)	10,9 (26,0)	11,4	11,0
	Σ	21,1 (11,8)	16,9 (8,4)	28,2 (6,2)	26,1 (13,2)	25,8 (8,8)	26,9	28,6
G [%]	OH	62,1	58,8	73,4	61,7	57,4	57,6	61,5
	UH	37,9	41,2	26,6	38,3	42,6	42,4	38,5
G_{10} [$\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$]	OH	23,4 (17,9)	17,9 (12,5)	36,8 (4,4)	29,1 (16,3)	27,2 (18,5)	27,8	29,1
	UH	14,4 (16,4)	13,6 (13,4)	12,9 (13,2)	17,4 (9,2)	19,5 (27,8)	21,9	19,9
	Σ	37,8 (11,1)	31,5 (7,7)	49,6 (5,7)	46,6 (13,1)	46,6 (8,0)	49,7	49,0
G_{10} [%]	OH	61,9	56,8	74,2	62,4	41,8	55,9	59,4
	UH	38,1	43,2	25,8	37,6	58,2	44,1	40,6

Die Grundflächen in 10 cm Schafthöhe waren auf die Durchmesserklassen mehrgipfelig verteilt, wie der Abbildung 8.3-9 entnommen werden kann. Ein ausgeprägt mehrgipfeliges Verteilungsmuster war auch im Bestandestyp MWBE21 mit Spitzen in den Durchmesserklassen DK6, DK18, DK34 und DK50 zu erkennen. Im älteren Bestandestyp MWBE30 und im Untersuchungsbestand GRM4 fand sich jeweils ein Häufigkeitsmaximum in den Durchmesserklassen DK6 und DK10.

In den anderen Bestandestypen traten Spitzen, wenn auch nicht so ausgeprägt, in den Durchmesserbereichen 4 bis 12 cm, 28 bis 40 cm, 44 bis 52 cm und 58 bis 62 cm auf. Die absoluten Werte der Grundflächen in 10 cm Schafthöhe schwankten in den jeweiligen Bestandestypen zwischen 3,9 und 8,3 $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$, die maximalen Werte der relativen Anteile einer Durchmesserklasse lagen zwischen $\pm 14,5$ und $\pm 16,7\%$.

Bei den Verteilungen der Grundflächen in 10 cm Schafthöhe auf die Höhenklassen mit einer Klassenbreite von 4 m fanden sich die höchsten Werte in den Bestandestypen Ebenthal in den Höhenklassen HK14 (MWBE15) und HK18 (MWBE18 bis MWBE30). Die Maximalwerte in der jeweiligen Höhenklasse streuten von 10,4 bis 19,4 $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$, die relativen Anteile von 24,8 bis 39,1%. Im Mittelwaldbestand GRM4 errechneten

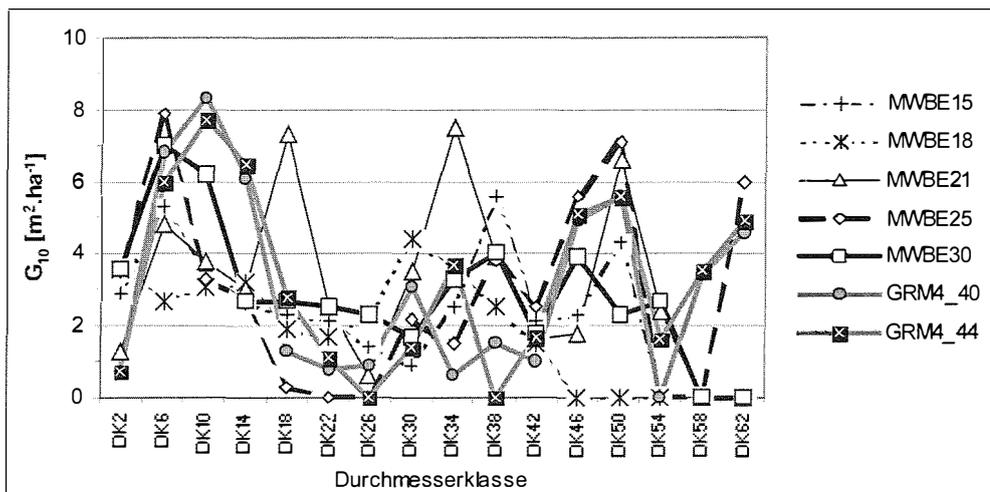


Abb. 8.3–9: Grundflächenverteilung in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$) nach Durchmesserklassen im Oberholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre; Grandmühl: GRM4(40) = Alter 40 J., GRM4(44) = Alter 44 J.) (Klassenbreite: 4 cm)

Fig. 8.3–9: Basal area distribution at the stem height of 10 cm (G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$) over diameter classes for the overwood (coppice with standards) of the the stand types Ebenthal and the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years) and for the investigation stand Grandmühl 4 (GRM4(40): age = 40 years, (44): age = 44 years) (range of diameter class = 4 cm)

sich für die Höhenklasse HK22 die höchsten Grundflächen in 10 cm Schafthöhe. In allen Bestandestypen Ebenthal nahmen die Grundflächen in 10 cm Schafthöhe von der untersten Höhengschicht von unter $5 m^2 \cdot ha^{-1}$ oder unter 10% stetig zu und blieben in der obersten Höhengschicht zurück.

Im Untersuchungsbestand GRM4 war auch die Höhengschicht zwischen 4 und 8 m mit einem Anteil von unter 10% besetzt. In den Bestandestypen Ebenthal wurde im MWBE21 von 3 Höhengklassen und in den übrigen Bestandestypen von 4 Höhengklassen der Anteil von mindestens 10% an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe erreicht. Die 20%-Schwelle wurde von mindestens zwei Höhengklassen je Bestandestyp erreicht. Zieht man zur Analyse der Vertikalstruktur nur 3 Höhengschichten heran, so zeigt sich, dass, mit Ausnahme des Untersuchungsbestandes GRM4 und des Bestandestyps MWBE21, von allen drei Höhengschichten jeweils Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe von über 20% erreicht wurden.

Bemerkenswert ist, dass die 13 Jahre alten Versuchspartzellen am Tuemling mit einer mittleren Grundfläche in 130 cm Schafthöhe von $29 m^2 \cdot ha^{-1}$ und einer durchschnittlichen Grundfläche in 10 cm Schafthöhe von $60 m^2 \cdot ha^{-1}$ über den Grundflächenhaltungen der älteren Mittelwaldbestände lagen. Wie aus Tabelle 8.3–5 erkennbar, wurden die Grundflächen in dieser Bestandesphase vom Unterholz mit Anteilen von rund 77 bis 87% geprägt. Zu Versuchsbeginn, im Alter von 7 Jahren, lagen bei Grundflächen in 130 cm Schafthöhe von $9,3$ bis $23,0 m^2 \cdot ha^{-1}$ die Grundflächenanteile des Oberholzes bei 47 bis 71%. Betrachtet man die Grundflächenhaltung in 10 cm Schafthöhe, so fällt die starke Verminderung der Oberholzanteile von 33 auf 48% gegenüber der Grundflächenhaltung in 130 cm Schafthöhe auf. Der Beitrag der Jungwuchsstufe zur Grundfläche in 10 cm Schafthöhe in dieser Bestandesphase war bedeutend. Dies zeigte sich auch bei der Grundflächenentwicklung in 10 cm Schafthöhe auf der Untersuchungsfläche GRM3. Nach 7 Jahren erreichte die Untersuchungsfläche im Dickungsstadium annähernd die Höhe der Grundflächenhaltung in 10 cm Schafthöhe der angrenzenden 44-jährigen Untersuchungsfläche GRM4 und jene der älteren Mittelwaldbestände.

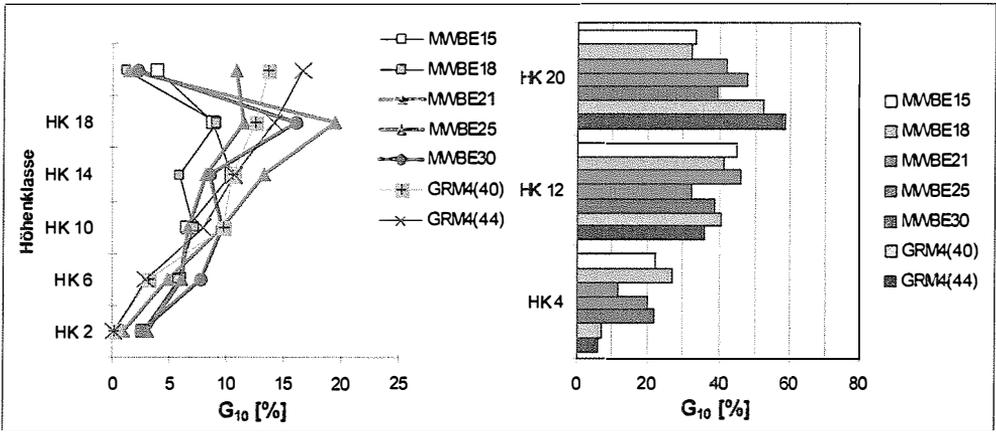


Abb. 8.3–10: Grundflächenverteilung in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) nach Höhenklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre; Grandmühl: GRM4(40) = Alter 40 Jahre, GRM4(44) = Alter 44 Jahre) (links: Klassenbreite: 4 m, rechts: Klassenbreite: 8 m).

Fig. 8.3–10: Basal area distribution at the stem height of 10 cm (G_{10} in %) over height classes for the stand types Ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (coppice with standards) (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years) and for the investigation stand Grandmühl 4 (GRM4(40): age = 40 years, (44): age = 44 years) (left: range = 4 m, right: range = 8m).

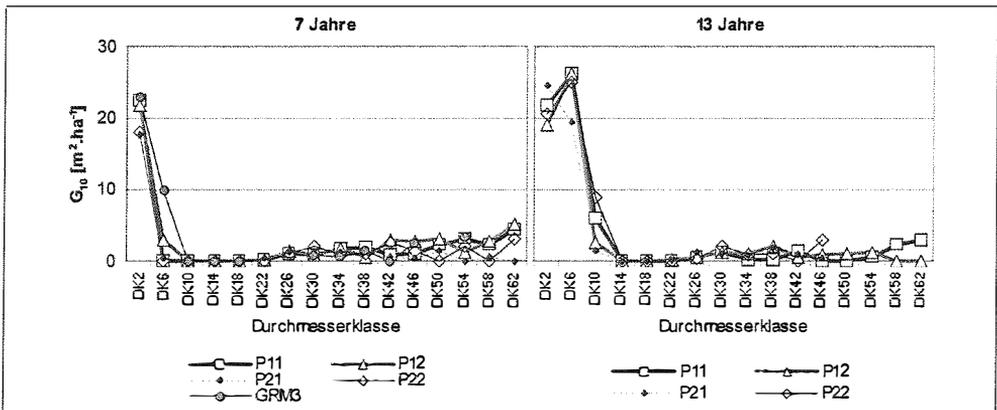


Abb. 8.3–11: Grundflächenverteilungen in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$) nach Durchmesserklassen in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling im Unterholzalter von 7 Jahren (links) und 13 Jahren (rechts) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–11: Basal area distribution at the stem height of 10 cm (G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$) over diameter classes for the investigation stands (coppice with standards) Grandmühl 3 and Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class = 4 cm).

Tab. 8.3–5: Grundflächen in 130 cm und 10 cm Schafthöhe (G und G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und Grundflächenanteile (G und G_{10} in %) im Ober- und Unterholz der Mittelwald–Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling (OH = Oberholz, UH = Unterholz, UBE = Untersuchungsbestand; Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–5: Basal areas at the height of 130 cm and 10 cm (G und G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentages of basal areas (G und G_{10} in %) in the overwood and underwood of the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand; Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort		Grandmühl			Tuemling							
UBE		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	4	7	7				13			
G [$m^2 \cdot ha^{-1}$]	OH	4,7	4,9	5,3	10,8	12,4	5,0	7,9	7,2	4,8	3,8	4,2
	UH	0,0	2,1 (21,9)	8,5 (12,9)	6,4 (16,4)	10,8 (41,6)	4,3 (29,4)	3,1 (41,5)	24,6 (15,4)	27,0 (34,0)	19,9 (21,5)	26,1 (30,7)
	Σ	4,7	7,0	13,8	17,2	23,2	9,3	11,0	31,8	31,8	23,7	30,3
G [%]	OH	100,0	70,0	61,6	62,8	46,6	53,8	71,2	22,6	15,1	16,0	13,9
	UH	0,0	30,0	38,4	37,2	53,4	46,2	28,8	77,4	84,9	84,0	86,1
G_{10} [$m^2 \cdot ha^{-1}$]	OH	8,3	8,6	9,7	19,6	22,6	8,9	14,5	12,8	8,8	6,7	7,7
	UH	0,0	9,3 (13,9)	34,0 (10,0)	22,6 (12,2)	24,9 (29,6)	18,3 (16,7)	18,1 (20,9)	54,2 (13,8)	47,8 (26,2)	45,7 (18,7)	54,6 (30,8)
	Σ	8,3	17,9	43,7	42,2	47,5	27,2	32,6	67,0	56,6	52,4	62,3
G_{10} [%]	OH	100,0	48,0	22,2	46,4	47,6	32,7	44,5	19,1	15,5	14,7	12,4
	UH	0,0	52,0	77,8	53,6	52,4	67,3	55,5	80,9	84,5	85,3	87,6

Die Entwicklung der Grundflächenverteilungen in 10 cm Schafthöhe nach Durchmesserklassen in den Untersuchungsbeständen der Parzellen Tuemling wird in der Abbildung 8.3–11 dargestellt. Am Ende der Beobachtungsperiode waren in den beiden schwächeren Durchmesserklassen jeweils Grundflächen in 10 cm Schafthöhe im Bereich von rund 19,0 bis 26,4 $m^2 \cdot ha^{-1}$ vorhanden. Somit waren rund 33 bis 47% in der schwächsten Durchmesserklasse und 37 bis 46% auf die nächsthöhere Durchmesserklasse konzentriert. Infolge des raschen Wachstums waren bereits 1,6 bis 9,1 $m^2 \cdot ha^{-1}$ (3,1 bis 14,7%) in die Durchmesserklasse DK10 eingewachsen.

Im Alter von 7 Jahren fanden sich die Häufigkeitsmaxima mit 18,1 bis 23,0 $m^2 \cdot ha^{-1}$ in der schwächsten Durchmesserklasse DK2, was prozentualen Anteilen von 45,7 bis 65,0% entsprach. Ein nennenswerter Grundflächenanteil in 10 cm Schafthöhe konnte auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 in der Durchmesserklasse DK6 mit 23,6% festgestellt werden. Die Grundflächen in 10 cm Schafthöhe in den Durchmesserklassen des Oberholzes blieben mit Werten unter 5,1 $m^2 \cdot ha^{-1}$ im Bereich von unter rund 10%.

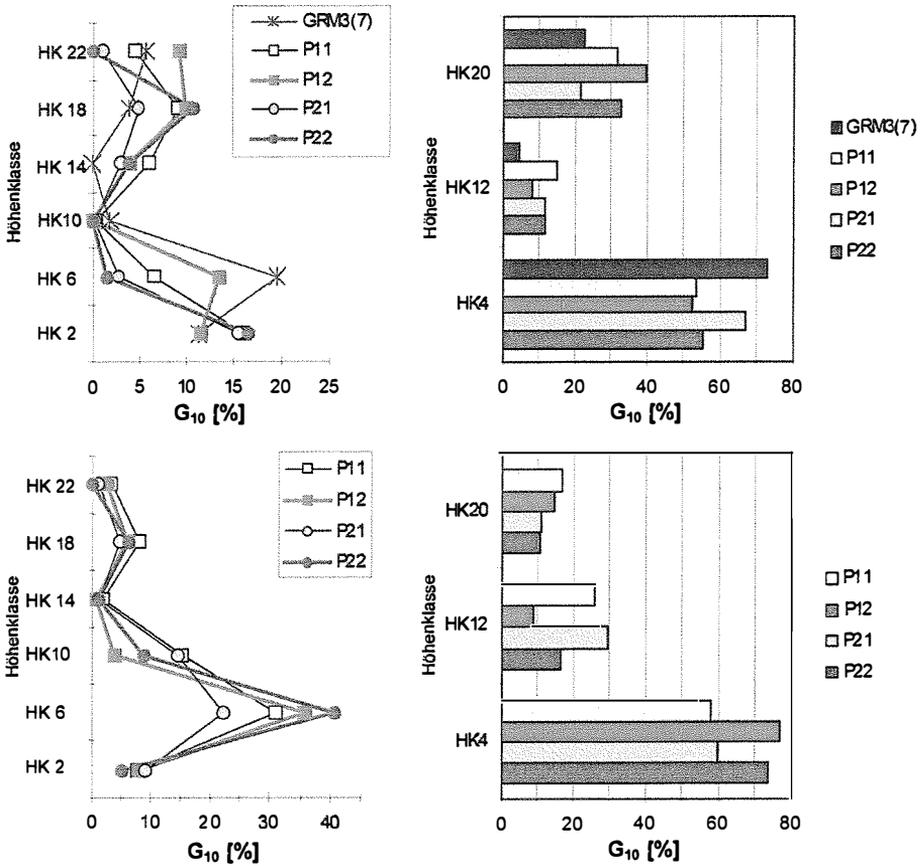


Abb. 8.3–12: Grundflächenverteilung in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) nach Höhenklassen in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling im Unterholzalter von 7 Jahren (oben) und 13 Jahren (unten) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21– oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (links: Klassenbreite: 4 m, rechts: Klassenbreite 8 m).

Fig. 8.3–12: Basal area distribution at the stem height of 10 cm (G_{10} in %) over height classes for the investigation stands (coppice with standards) Grandmühl 3 and Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (Grandmühl 3 = GRM3 - mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (left: range of height class = 4 m, right : range of height class: 8 m).

Die Verteilung der Grundflächen in 10 cm Schafthöhe nach 6 und 3 Höhenklassen in den 7-jährigen Untersuchungsbeständen zeigt die Ausbildung zweier Bestandesschichten. Auf den Parzellen in Tuemling fehlten Stämme in der Höhenschicht 8 bis 12 m zu Gänze, während im Untersuchungsbestand Grandmühl 3 ein kleiner Grundflächenanteil von $1,9 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ in diese eingewachsen war. Nach den Nachlichtungshieben auf den Parzellen Tuemling blieben die Grundflächen in 10 cm Schafthöhe in den höheren Höhenschichten noch auf rund 50% des Wertes vor dem Hieb. Bemerkenswert ist, dass auf den beiden gepflegten Parzellen P11 und P21 die Grundflächen in 10 cm Schafthöhe mit Werten von $14,5$ bis $15,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ die 20-Prozentwertschwelle bereits überschritten hatten. Damit befanden sich diese Untersuchungsbestände bereits am Übergang von der Zwei- zur Dreischichtigkeit.

8.3.2.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

Die Entwicklung der mittleren Grundflächenhaltungen in 130 cm und 10 cm Schafthöhe ist in der Tabelle 8.3–6 wiedergegeben. Die mittleren Grundflächen in 130 cm Schafthöhe erhöhten sich von 3,2 und 5,3 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ in den 7 und 8 Jahre alten Bestandestypen auf 23,2 bis 25,0 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ in den über 25 Jahre alten Bestandestypen. Analog verlief die Grundflächenentwicklung in 10 cm Schafthöhe, die Werte lagen bei 8,8 und 10,0 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (NUBE7 und NUBE8) und in den Beständen NUBE25, NUBE27 und NUBE30 bei 44,0, 42,6 und 41,1 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tab. 8.3–6: Grundflächen in einer Schafthöhe von 130 cm und 10 cm (G und G_{10} in $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und Grundflächenanteile (G und G_{10} in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp).

Table 8.3–6: Basal areas at the height of 130 cm and 10 cm (G and G_{10} in $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentages of basal areas (G and G_{10} in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand, BET = stand type).

Waldort		Ebenthal									
BET		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
G [$\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$]	OH	0,9 (78,5)	0,0	2,4 (83,5)	2,7 (53,2)	1,9 (45,6)	4,9 (44,5)	10,5 (25,0)	10,2 (16,8)	9,8 (16,3)	8,4 (13,9)
	UH	4,3 (38,3)	3,2 (34,9)	4,5 (65,4)	7,3 (34,7)	11,1 (14,8)	7,7 (29,8)	10,9 (15,7)	14,9 (13,6)	13,8 (12,0)	14,8 (17,6)
	Σ	5,3 (37,6)	3,2 (34,9)	6,9 (49,7)	10,0 (26,9)	13,0 (15,1)	12,7 (15,9)	15,5 (9,3)	25,0 (7,6)	23,6 (5,6)	23,2 (11,4)
G [%]	OH	17,0	0,0	34,8	27,0	14,6	38,6	29,0	40,4	41,5	36,2
	UH	83,0	100,0	65,2	73,0	85,4	61,4	71,0	59,6	58,5	63,8
G_{10} [$\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$]	OH	1,7 (79,6)	0,0	4,4 (83,5)	4,8 (53,2)	3,4 (45,3)	9,0 (44,5)	8,1 (25,1)	18,4 (17,4)	17,7 (16,3)	15,2 (13,9)
	UH	10,0 (29,4)	8,8 (20,5)	9,8 (50,4)	13,3 (31,8)	20,4 (14,3)	14,4 (29,2)	18,9 (14,5)	25,6 (12,3)	24,9 (12,4)	25,9 (13,2)
	Σ	11,7 (29,9)	8,8 (20,5)	14,2 (40,1)	18,2 (24,7)	23,8 (14,7)	23,4 (16,2)	27,0 (9,3)	44,0 (9,3)	42,6 (6,3)	41,1 (9,7)
G_{10} [%]	OH	14,5	0,0	31,0	26,4	14,3	38,5	30,0	41,8	41,5	37,0
	UH	85,5	100,0	69,0	73,6	85,7	61,5	70,0	58,2	58,5	63,0

Dadurch erreichten die älteren Bestandestypen bei beiden Grundflächenhaltungen etwa das Niveau der gleichaltrigen Mittelwaldbestandestypen Ebenthal.

Im Vergleich zu den Mittelwaldbestandestypen blieben aber die Beiträge des Oberholzes mit Anteilen von 36,2 bis 44,0 % deutlich zurück. Mit zunehmendem Alter nahmen auch die relativen Standardfehler ab, die ab dem Alter von 20 Jahren auf unter 10 % fielen. Im Vergleich zu den unter 21-jährigen und jüngeren Mittelwaldbestandestypen Ebenthal blieben die Grundflächenhaltungen deutlich zurück.

Die Grundflächenverteilungen in 10 cm Schafthöhe veränderten sich kontinuierlich im Zuge der Bestandesentwicklung. In den jüngeren und mittelalten Bestandestypen traten linksschiefe Häufigkeitsverteilungen auf, die in den älteren Beständen in zwei- bis dreigipfelige Verteilungen übergingen. In den 7 bis 11 Jahre alten Bestandestypen lagen die Häufigkeitsmaxima in der Durchmesserklasse DK2. Bis ins Alter von 20 Jahren verschoben sich die Höchstwerte von der Durchmesserklasse DK6 (NUBE13, NUBE15) in die Durchmesserklassen DK10 und DK14. In den 25, 27 und 30 Jahre alten Bestandestypen fanden sich Gipfelhöhen in der Durchmesserklasse DK6, in der Durchmesserklasse DK14 (NUBE27) und DK18 (NUBE25, NUBE30) und in Abhängigkeit von den Oberständern in stärkeren Durchmesserklassen.

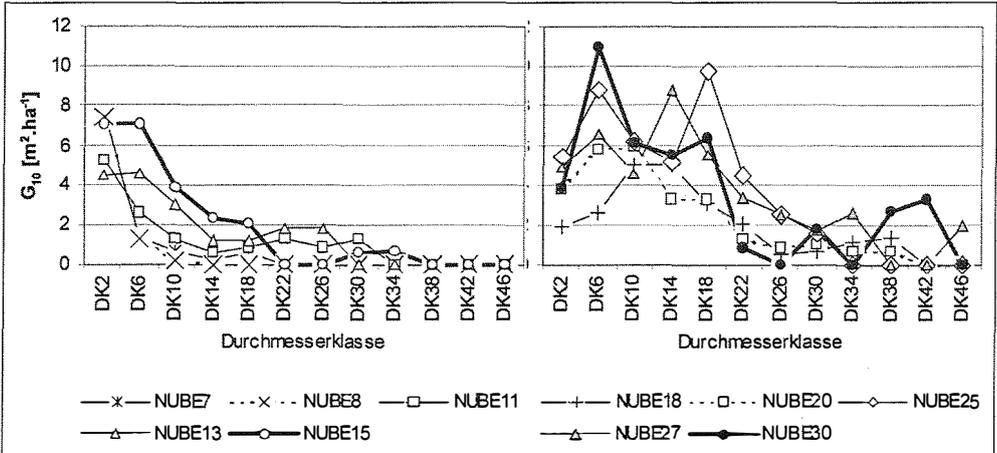


Abb. 8.3–13: Grundflächenverteilung in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–13: Basal area distribution at the stem height of 10 cm (G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$) over diameter classes for the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of diameter class: 4 cm).

Tab. 8.3–7: Mittlere Übersicherungsprozente (UB% in %) des Oberholzes (Bhd ≥ 16 cm) und des Oberholzkollektives mit einem Bhd größer als 24 cm (Bhd ≥ 24 cm) im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 und in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal (BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand).

Table 8.3–7: Mean canopy cover percentage (UB% in %) of the overwood (Bhd ≥ 16 cm) and of the overwood-collective with a dbh larger than 24 cm (Bhd ≥ 24 cm) in the investigation stand Grandmühl 4 and in the stand types Ebenthal (coppice with standards) (BET = stand type, UBE = investigation stand).

Waldort		Ebenthal					Grandmühl	
UBE/BET		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	GRM4	
Alter [Jahre]		15	18	21	25	30	40	44
UB% [%]	Bhd ≥ 24 cm	52	44	94	75	87	71	76
	Bhd ≥ 16 cm	67	57	130	85	104	80	95

Bei der engeren Variationsbreite im Höhenbereich in den Niederwaldbeständen mit Überhältern entwickelten sich die Höhenverteilungen der Grundflächen in 10 cm Schafthöhe mit zunehmendem Bestandsalter von linkschiefen zu glockenförmigen Verteilungen (Abb. 8.3–14). Die höhenklassenbezogenen Höchstwerte, welche von $10 m^2 \cdot ha^{-1}$ auf knapp über $20 m^2 \cdot ha^{-1}$ zunahmen, verschoben sich von der Höhenschicht 4 bis 8 m ab dem Alter von 18 Jahren in die Höhenschicht 8 bis 12 m. Obwohl die Schichtung stark von den wechselnden Anteilen der Oberständer beeinflusst wurde, hatten alle Bestandestypen, ausgenommen NUBE8, mindestens 3 (Alter 20 bis 30 Jahre) bis 4 (Alter 11 bis 18 Jahre) Höhenklassen mit Grundflächenanteilen in 10 cm Schafthöhe von jeweils über 10%.

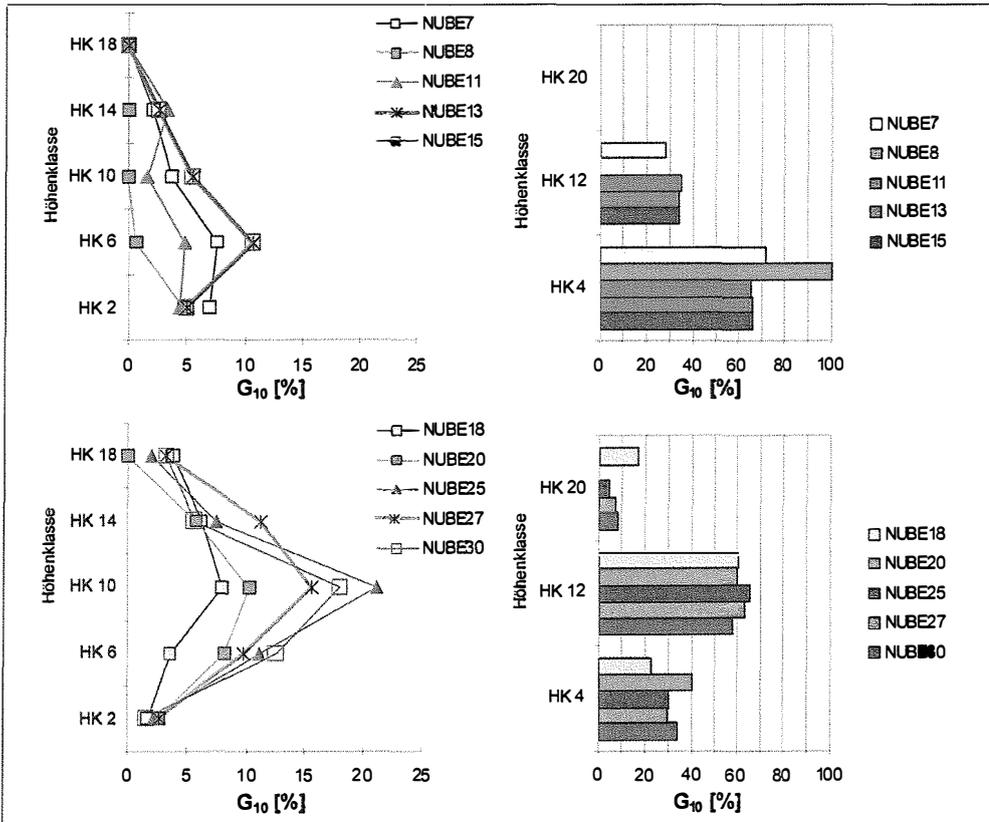


Abb. 8.3–14: Grundflächenverteilung in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) nach Höhenklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre) (links: Klassenbreite: 4 m, rechts: Klassenbreite 8 m).

Fig. 8.3–14: Basal area distribution at the stem height of 10 cm (G_{10} in %) over height classes for the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (left: range of height class: 4 m, right: range of height class: 8m).

8.3.3 ÜBERSCHIRMUNGSPROZENT DES OBERHOLZES

8.3.3.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Im Untersuchungsbestand GRM4 erhöhte sich das Überschirmungsprozent des Oberholzes im Beobachtungszeitraum von 80 auf 95%, wobei die Erhöhung weitgehend aus dem Einwuchs aus dem Unterholz resultierte. In den Mittelwaldbestandestypen Ebenthal hatten die älteren Bestandestypen ebenfalls bereits Überschirmungsprozente von über 85% erreicht, wobei der 21 Jahre alte Mittelwaldbestandestyp mit einem Oberholz-Überschirmungsprozent von 130% auffiel. Bei den 15 und 18 Jahre alten Bestandestypen lagen die Überschirmungsprozente im Bereich von 57 und 67%. Betrachtet man nur die Oberständler ab einem Brusthöhendurchmesser von 24 cm, so wurden in den älteren Bestandestypen (Unterholzalter über 21 Jahre) immerhin noch Überschirmungsprozente von über 70% gemessen.

Tab. 8.3–8: Mittlere Überschirmungsprozente (UB% in %) des Oberholzes (Bhd ≥ 16 cm) und des Oberholzkollektives mit einem Bhd größer als 24 cm (Bhd ≥ 24 cm) in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling (UB% = Überschirmungsprozent, UBE = Untersuchungsbestand, Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–8: Mean canopy cover percentage (UB% in %) of the overwood (Bhd ≥ 16 cm) and of the overwood-collective with a dbh larger than 24 cm (Bhd ≥ 24 cm) in the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (UB% = canopy cover percentage, UBE = investigation stand; Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort		Grandmühl			Tuemling							
UFL		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	4	7	7				13			
UB% [%]	Bhd ≥ 24 cm	22	23	26	45	53	23	34	30	20	20	19
	Bhd ≥ 16 cm	22	23	26	46	53	25	35	30	20	21	19

Die Überschirmungsprozente waren in allen Bestandestypen und im Untersuchungsbestand GRM4 sehr ungleichmäßig über die Durchmesserklassen verteilt, mit höheren Überschirmungsprozentsen in den Durchmesserklassen DK18, DK38 und DK50. Überschirmungsprozente von 20% in einer Durchmesserklasse wurden in den Bestandestypen MWBE21, MWBE25 und MWBE30 in den Durchmesserklassen DK18, DK38 und DK46 und DK50 überschritten.

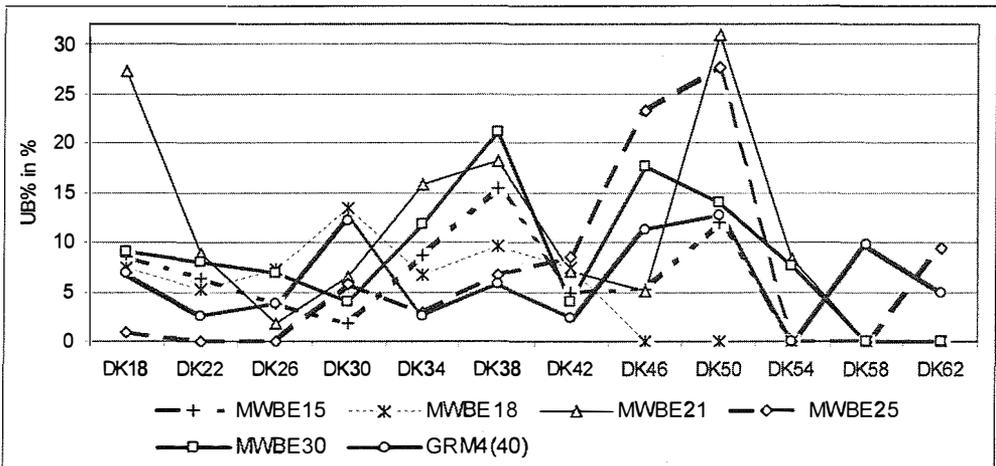


Abb. 8.3–15: Mittlere Überschirmungsprozente (UB% in %) nach Durchmesserklassen im Oberholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (Grandmühl: GRM4(40) = Alter 40 Jahre; Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre). (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–15: Mean crown cover percentage (UB% in %) over diameter classes for the overwood (coppice with standards) of the stand types Ebenthal and of the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years) (range of diameter class = 4 cm).

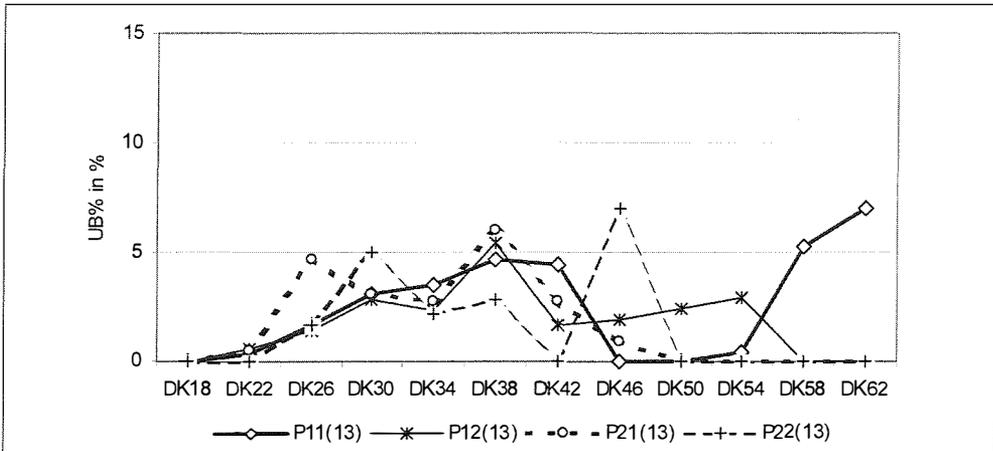


Abb. 8.3-16: Überschirmungsprozente (UB% in %) nach Durchmesserklassen im Oberholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 13 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3-16: Crown cover percentage (UB% in %) over diameter classes for the overwood of the investigation stands Tuemling (coppice with standards) at the age of 13 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class: 4 cm).

Während auf der Untersuchungsfläche GRM3 das Überschirmungsprozent 7 Jahre nach dem Mittelwaldhieb bei 26% lag, schwankten die Überschirmungsprozente auf den Parzellen Tuemling bei gleichem Unterholzalter zwischen 25 und 53%. Die durch den Nachlichtungshieb auf 26, 18, 17 und 17% verminderten Überschirmungsprozente in den Parzellen stiegen bis ins Alter von 13 Jahren geringfügig auf 19 bis 30% an. Aufgrund der fehlenden Laßreitell auf beiden Waldorten waren keine Unterschiede zwischen den Überschirmungsprozenten der Oberholzkollektive gegeben.

Abbildung 8.3-16 zeigt die Verteilung der Überschirmungsprozente nach Durchmesserklassen auf den Parzellen der Versuchsanlage Tuemling für das Unterholzalter von 13 Jahren. Die Überschirmungsprozente überschreiten nur in wenigen Durchmesserklassen pro Parzelle einen Wert von 4%.

8.3.3.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

Im Niederwald mit Überhältern wurden in den Bestandestypen mit einem Unterholzalter von über 25 Jahren Überschirmungsprozente des Oberholzes von 38 bis 58%, und in den mittelalten Bestandestypen (18 und 20 Jahre) Prozentwerte von 20 und 35% erhoben. Gegenüber den über 15 Jahre alten Mittelwaldbestandestypen in Ebenthal und dem Untersuchungsbestand GRM4 fielen die deutlich geringeren Überschirmungsprozente des Oberholzkollektives ab einem Brusthöhendurchmesser von 24 cm auf (Tab. 8.3–9).

Tab. 8.3–9: Mittlere Überschirmungsprozente (UB% in %) des Oberholzes (Bhd ≥ 16 cm) und des Oberholzkollektives mit einem Bhd größer als 24 cm (Bhd ≥ 24 cm) in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (UB% = Überschirmungsprozent, UBE = Untersuchungsbestand; Bhd ≥ 24 cm; Bhd ≥ 16 cm).

Table 8.3–9: Mean canopy cover percentage (UB% in %) of the overwood (Bhd ≥ 16 cm) and of the overwood-collective with a dbh larger than 24 cm (Bhd ≥ 24 cm) in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (UB% = canopy cover percentage, UBE = investigation stand, Bhd ≥ 24 cm; Bhd ≥ 16 cm).

Waldort		Ebenthal									
UBE		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
UB%	Bhd ≥ 24	2	0	6	4	8	27	7	10	35	22
	Bhd ≥ 16	3	0	10	14	13	35	20	53	58	38

Diese blieben in den älteren Niederwaldbestandestypen mit Überhältern, ausgenommen dem Bestandestyp NUBE27 mit einem Wert von 35%, im Rahmen von 7 bis 27%.

Wie zu erwarten, wurden die höchsten Überschirmungsprozente in den beiden schwächeren Durchmesserklassen der älteren Bestandestypen (über 18 Jahre) angetroffen (Abb. 8.3–17). Insgesamt wurden von den beiden Durchmesserklassen 18 und 22 gemeinsam rund 2 bis 4 Fünftel der Überschirmung gebildet.

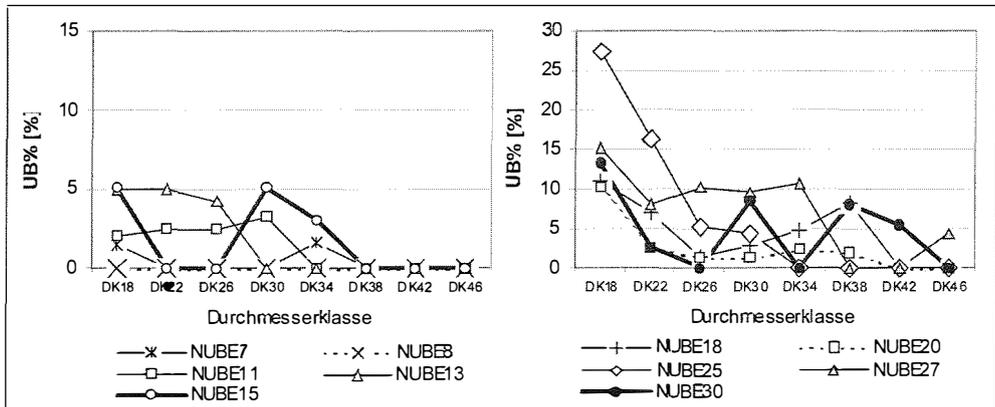


Abb. 8.3–17: Überschirmungsprozente (UB% in %) nach Durchmesserklassen im Oberholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre) (Klassenbreite: 4cm).

Fig. 8.3–17: Crown cover percentage (UB% in %) over diameter classes for the overwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of diameter class: 4 cm).

8.3.4 BAUM- UND STRAUCHARTEN UND DEREN VERTEILUNG

8.3.4.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Untersuchungsbestand GRM4 und Mittelwaldbestandestypen Ebenthal

Wie aus der Tabelle 8.3–10 ersichtlich, dominierte im Oberholz der Mittelwaldbestandestypen Ebenthal die Eiche nach der Stammzahl und der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe. Die Eichen erreichten in den Bestandestypen MWBE15 und MWBE30 Stammzahlanteile von 43,6 und 56,3%, während diese in den anderen Bestandestypen auf über 75% anstiegen. Bei den Grundflächenanteilen in 10 cm Schafthöhe wurden in allen Bestandestypen Ebenthal Werte zwischen 55,1 und 86,6% erreicht. Zerreiche, Robinie und Esche nahmen wechselnde Anteile an der Stammzahl bis 28,2% und an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe bis 24,6% ein.

Tab. 8.3–10: Stammzahl- und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (N in % und G_{10} in %) der Baumarten im Oberholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (N = Stammzahl, G_{10} = Grundfläche in 10 cm Schafthöhe, OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand).

Table 8.3–10: Percentage of stem number and basal area at the height of 10 cm (N in % and G_{10} in %) for tree species in the overwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and of the investigation stand Grandmühl 4 (N = stem number, G_{10} = basal area at the height of 10 cm, OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type, UBE = investigation stand).

Waldort BET/UBE Alter [Jahre]	Ebenthal										Grandmühl			
	MWBE15		MWBE18		MWBE21		MWBE25		MWBE30		GRM4			
	15		18		21		25		30		40		44	
[%] von	N	G_{10}	N	G_{10}	N	G_{10}	N	G_{10}	N	G_{10}	N	G_{10}	N	G_{10}
Hbu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,6	24,1	60,0	27,5
Zei	21,7	14,8	1,8	2,7	0,0	0,0	8,3	8,6	15,6	20,2	20,0	24,1	15,6	23,0
Fah	4,3	1,1	1,8	0,6	13,4	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	6,2	4,4	5,8
Ei	43,5	61,2	76,9	79,9	76,8	79,8	75,0	86,6	56,3	55,1	25,7	45,7	20,0	43,6
Bi ¹ , Rob ²	13,0 ²	5,6 ²	1,8 ²	0,8 ²	7,7 ¹	9,2 ¹	8,3 ²	1,0 ²	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Es	10,9	8,6	12,5	8,6	0,0	0,0	8,3	3,8	28,2	24,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Ah	2,2	4,7	3,6	4,3	1,9	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
sEdLb	4,3	4,0	1,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Feldahorn, Birke, Ahorn und sonstige Edellaubbäume waren bis zu Anteilen von 13% beigemischt. Während die Hainbuche in Ebenthal fehlte, lag ihr Stammzahlanteil auf der Untersuchungsfläche GRM4 im Alter von 40 und 44 Jahren bei 48,6 und 60,0%. Der Eichenstammzahlanteil reduzierte sich von 25,6% zu Versuchsbeginn zugunsten der Hainbuche auf rund 20%. Der Anteil der Zerreiche lag bei 20,0 und bei 15,6%. An der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe nahm die Eiche auf 45,7 und 43,0% ab. Die Werte für Hainbuche und Zerreiche schwankten zwischen 23,0 und 27,5%.

Im Oberholz der 15 und 30 Jahre alten Bestandestypen MWBE15 und MWBE30 waren über alle Durchmesserklassen hinweg der Eiche zahlreiche andere Baumarten wie Zerreiche, Ahorn, Esche, Feldahorn, Hainbuche und sonstige Laubbäume beigemischt.

Obwohl in den anderen Bestandestypen die Eiche die Durchmesserklassen weitgehend dominierte, erreichte die Esche in den schwächeren Durchmesserklassen der Bestandestypen MWBE18, MWBE25 und MWBE30 Mischungsanteile von 33 bis 50%. Im eichendominierten Oberholz des Bestandestyps MWBE25 trat die Eiche erst ab der Durchmesserklasse DK34 auf, während die Durchmesserklasse DK18 von Robinie besetzt war. In den Mittelwaldbestandestypen Ebenthal schwankten die mittleren Stammzahlen der Esche in den jeweiligen Durchmesserklassen zwischen 7 und 27 Stämmen pro ha, jene der Eiche

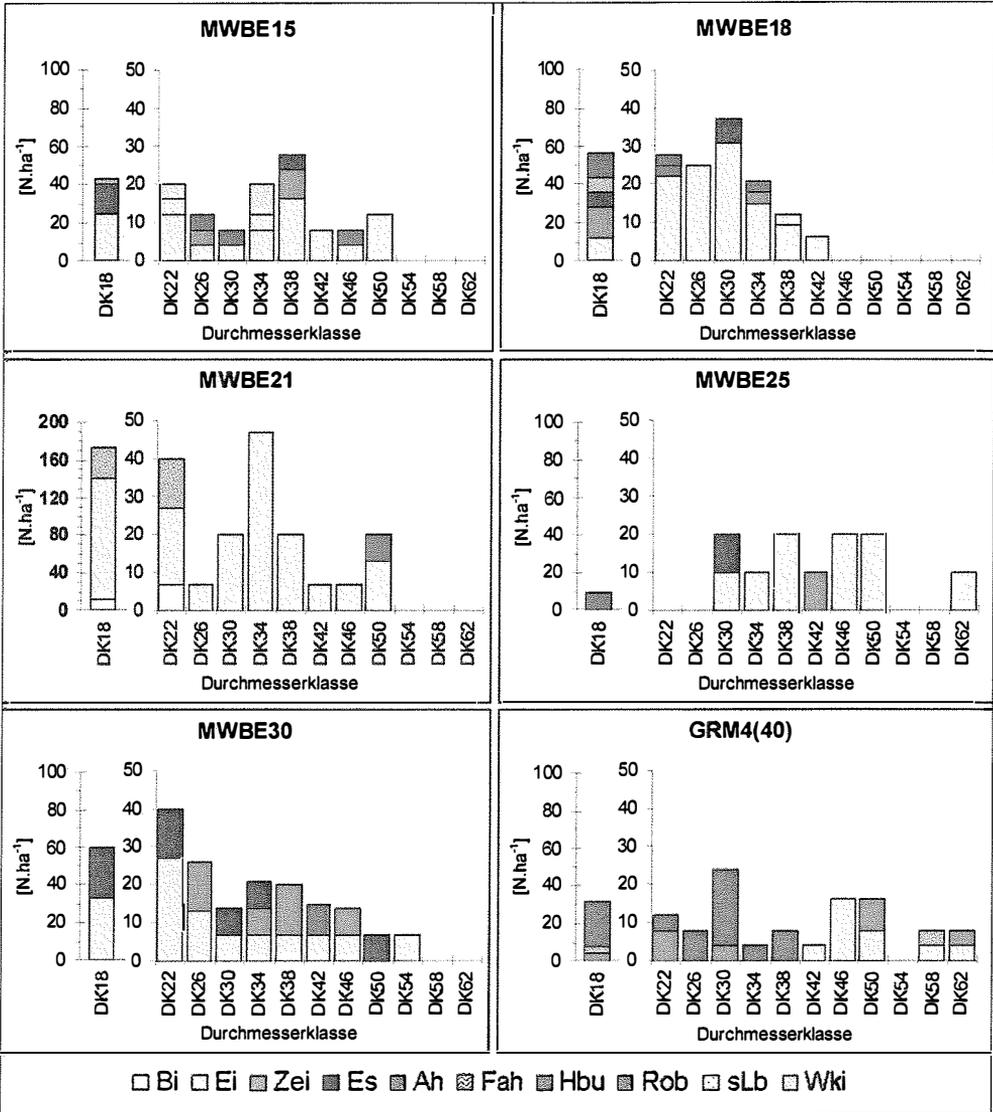


Abb. 8.3–18: Stammzahl- und Baumartenverteilung (N in N.ha⁻¹) nach Durchmesserklassen im Oberholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, Grandmühl: GRM4(40) = Alter 40 Jahre) (Klassenbreite: 4cm).

Fig. 8.3–18: Stem number distribution and tree species distribution (N in N.ha⁻¹) over diameter classes of the overwood (coppice with standards) of the stand types Ebenthal and of the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years) (range of diameter class = 4 cm).

zwischen 7 und 33 Stämmen pro ha. Die dominierende Rolle der Hainbuche auf der Untersuchungsfläche GRM4 ergab sich einwuchsbedingt durch die hohen Stammzahlen im Durchmesserbereich 16 bis 36 cm. Eichen traten erst ab der Durchmesserklasse DK 42 (ab 40 cm) auf. Die vorliegende unterschiedliche Baumartenzusammensetzung im Oberholz hilft, die Schwierigkeiten bei der Zuordnung der Oberständer zu Altersklassen anhand der Durchmesserverteilung besser zu verstehen.

In den mittelalten Mittelwaldbestandestypen, die wie bereits in Kap. 8.3.1.1.2 angemerkt, eine geringere Durchmesserspreitung aufwiesen, traten die Baumarten Feldahorn, Birke und Robinie bis zum Durchmesserbereich von 32 cm auf, während Esche sich auch in den stärkeren Durchmesserklassen fand. Ahorn, Zerleiche und sonstige Edellaubbäume traten vorwiegend in den stärkeren Durchmesserklassen auf.

Tab. 8.3–11: Stammzahl- und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (N und G_{10} in %) der Bäume und Sträucher im Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand, BA = Bäume, STR= Sträucher).

Table 8.3–11: Percentage of stem number and basal area at the height of 10 cm (N in % and G_{10} in %) for tree and shrub species in the underwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and of the investigation stand Grandmühl 4 (BET = stand type, UBE = investigation stand, BA = tree species, STR = shrubs).

Waldort BET/UBE		Ebenthal					Grandmühl GRM4	
Alter [Jahre]		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	40	44
N [%]	BA	61,8	35,4	32,4	48,6	56,4	100	100
	STR	38,2	64,6	67,6	51,4	43,6	0	0
G_{10} [%]	BA	65,6	55,2	66,7	74,1	81,4	100	100
	STR	34,4	44,8	33,3	25,9	18,6	0	0

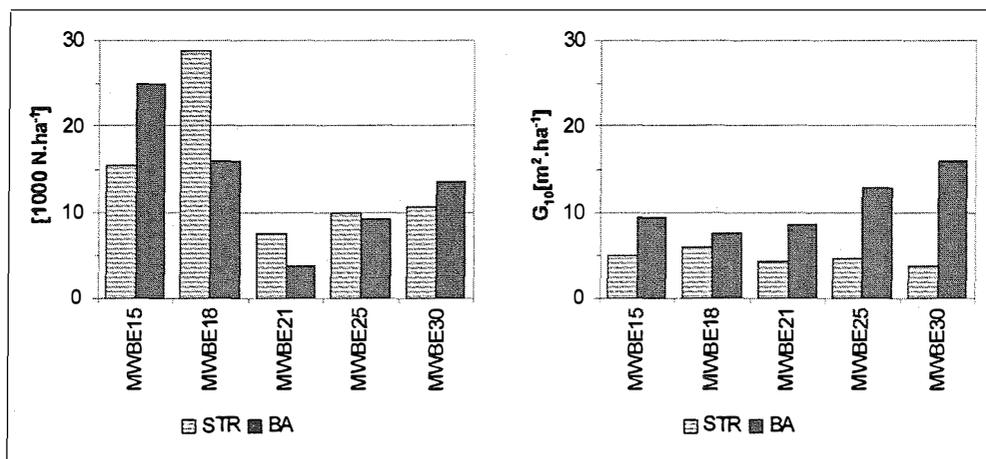


Abb. 8.3–19: Stammzahlen (N in Tsd. N.ha⁻¹, links) und Grundflächen in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in m².ha⁻¹, rechts) der Bäume und Sträucher im Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal (BA = Bäume, STR= Sträucher, Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3–19: Stem number (N in Tsd. N.ha⁻¹, left) and basal area at the stem height of 10 cm (G_{10} in m².ha⁻¹, right) for trees and shrubs in the underwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) (BA = trees, STR = shrubs, Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years).

Im Untersuchungsbestand GRM4 fehlten Sträucher im Unterholz. Im Unterholz der Bestandestypen Ebenenthal wiesen die Stammzahlen und relativen Stammzahlanteile der Sträucher eine hohe Spreitung auf.

Die Stammzahlanteile schwankten zwischen 38,2 und 67,6%. In den beiden 18 und 21 Jahre alten Bestandestypen MWBE18 und MWBE21 dominierten die Sträucher klar, im 25 Jahre alten Bestandestyp nur knapp.

Absolut errechneten sich für die Bäume mit zunehmendem Alter abnehmende Stammzahlen von 25.049 (MWBE15), 15.787 (MWBE18), 3.631 (MWBE21), 9.356 (MWBE25) und 13.599 N.ha⁻¹ (MWBE30). Zum Vergleich seien nochmals die Stammzahlen von 2.484 (Alter 40 Jahre) und 2.296 N.ha⁻¹ (Alter 44 Jahre) für den Untersuchungsbestand GRM4 angeführt.

Erwartungsgemäß lagen die Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe der Sträucher mit Werten von 44,8 bis 18,6% in allen Bestandestypen, ausgenommen MWBE15, im Vergleich zu den Stammzahlanteilen deutlich niedriger. Die Streuung der Grundflächen in 10 cm Schafthöhe zwischen den Bestandestypen war mit Werten von 3,7 und 6,0 m².ha⁻¹ auch etwas geringer. Bei den Sträuchern ging mit einer Abnahme der absoluten Grundfläche in 10 cm Schafthöhe mit zunehmendem Alter eine starke Verringerung der Anteile infolge der Grundflächenentwicklung der Bäume einher.

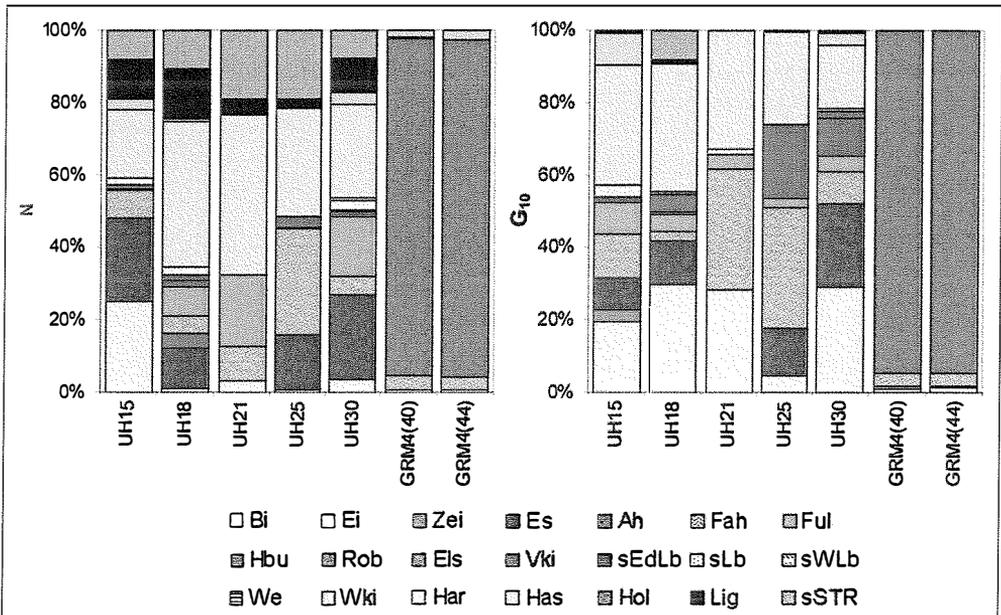


Abb. 8.3–20: Baum- und Strauchartenanteile nach Stammzahl (N in %, links) und Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %, rechts) im Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (Ebenenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, Grandmühl: GRM4(40) = Alter 40 Jahre, GRM4(44) = Alter 44 Jahre).

Fig. 8.3–20: Shares of trees and shrubs for stem number (N in %, left) for basal area at the height of 10 cm (G_{10} in %, right) in the underwood (coppice with standards) of the stand types Ebenenthal and of the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years, GRM4(44) = age 44 years).

Bemerkenswert ist, dass in Ebenthal nur im Bestandestyp MWBE15 die Eiche (25,1%) den höchsten Mischungsanteil nach der Stammzahl und im Bestandestyp MWBE30 der Feldahorn (33,4%) jenen nach der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe erreichte. In den anderen Bestandestypen war der Hartriegel mit Anteilen von 26,3 bis 44,5% am häufigsten vertreten. Liguster und sonstige Sträucher kamen mit Stammzahlanteilen von 2,1 bis 11,3% (Liguster) und 7,8 bis 19,2% (sonstige Sträucher) vor. Beim Grundflächenmischungsanteil in 10 cm Schafthöhe fielen aber der Liguster auf unter 0,8% und die sonstigen Sträucher auf unter 8,1% zurück. Im Unterholz des Bestandes GRM4 zeigte sich eine klare Dominanz der Hainbuche.

Die niedrigste Baumartenanzahl fand sich im Bestandestyp MWBE21. Die Eiche erreichte in den Mittelwaldbestandestypen und im Untersuchungsbestand GRM4, ausgenommen MWBE15, bei Stammzahlanteilen von 0,3 bis 3,7% Grundflächenanteile (G_{10}) von 0,9 bis 29,4%. Der Stammzahlanteil der Hasel erreichte Werte bis zu 4,7%, jener der Zerleiche bis zu 8,5%. Die Esche war in allen Mittel-

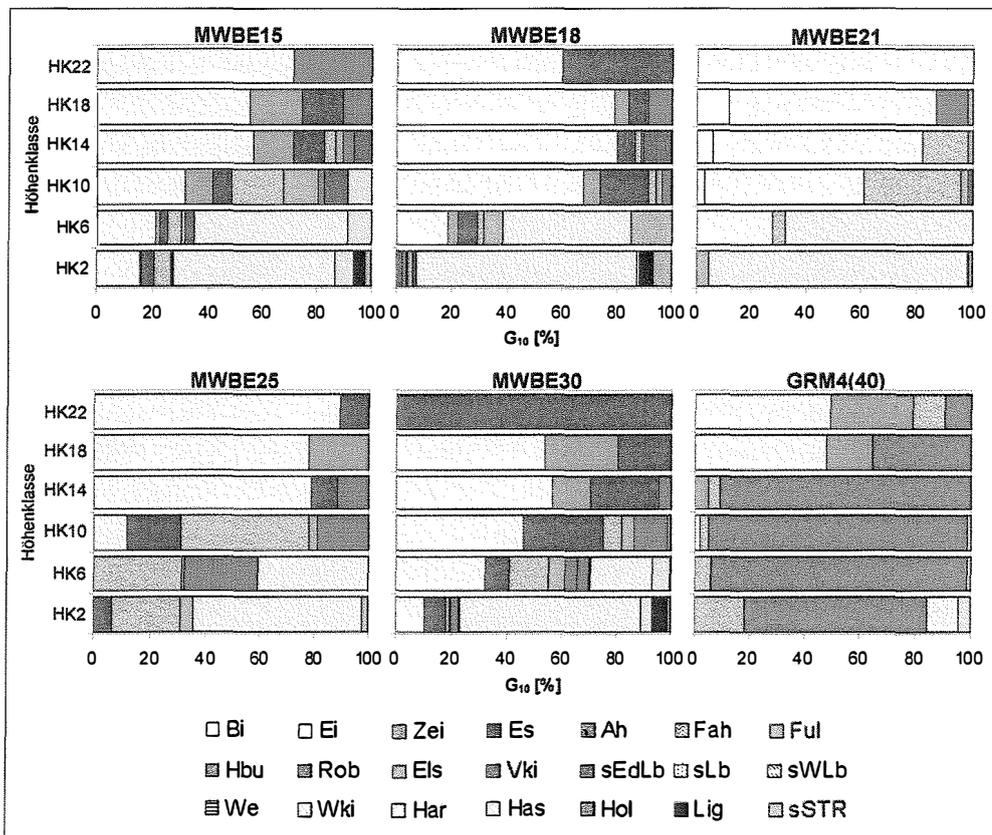


Abb. 8.3–21: Baum- und Strauchartenverteilung (G_{10} [%] = Prozent der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe) nach Höhenklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, Grandmühl: GRM4(40) = Alter 40 Jahre) (Klassenbreite: 4 m).

Fig. 8.3–21: Distribution of tree and shrub species (G_{10} [%] = percentage of basal area at the stem height of 10 cm) over height classes for the stand types Ebenthal (coppice with standards) and for the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years) (range of height class: 4 m).

waldbestandestypen, ausgenommen MWBE21 und dem Untersuchungsbestand GRM4, von Bedeutung (Mischungsanteil 12,2 bis 23,1 %). Vereinzelt beigemischt waren Ahorn, Vogelkirsche, sonstige Edellaubbäume und Weichlaubebäume.

Die Baum- und Strauchartenzusammensetzung und deren grundflächenbezogene Mischungsanteile nach Höhenklassen sind der Abbildung 8.3–21 zu entnehmen. Es zeigte sich, dass die Eiche in den beiden obersten Höhengstichten der 15– bis 25–jährigen Bestandestypen in Ebenthal dominierte. Esche, Ahorn, Zerreiche und Robinie waren mit wechselnden Anteilen in den jeweiligen Bestandestypen und im Untersuchungsbestand GRM4 beigemischt, wobei Ahorn und Esche in den Bestandestypen Ebenthal Anteile bis zu rund 40% erreichten. Im Bestandestyp MWBE30 wurde die Höhenklasse HK22 nur von Esche aufgebaut und in der Höhengsticht HK18 dominierte die Eiche, Esche und Zerreiche nahmen ungefähr gleiche Anteile ein.

In der Mittelschicht (8 bis 16 m) wurde in allen Bestandestypen Ebenthal das Baumartenspektrum um Feldahorn, Feldulme und Hasel in stark schwankenden Mischungsanteilen erweitert. Erwähnenswert ist die baumartenarme eichendominierte Mittelschicht im Untersuchungsbestand MWBE21 mit beigemischt Feldahorn.

Die Bedeutung der Sträucher für die Beurteilung des Bestandesaufbaus wurde durch deren Anteile in den beiden untersten Höhengstichten (0 bis 8 m) unterstrichen. In der untersten Höhengsticht HK2 erreichten die Sträucher prozentuelle Häufigkeiten von rund 50% bis über 90% und in der Höhengsticht HK6 immerhin noch Anteile von rund 20 bis 60%. Die höchsten Mischungsanteile in diesen beiden Höhengstichten waren im eichendominierten Bestandestyp MWBE21 zu verzeichnen. Innerhalb der Straucharten dominierte der Hartriegel, der Liguster blieb auf die unterste Höhengsticht (0 bis 4m) beschränkt.

Bemerkenswert ist, dass in der Bestandesschicht bis 8 m im Bestandestyp MWBE25 die Eiche fehlte und in den anderen Beständen unter Mischungsanteilen von einem Drittel blieb. Fehlende Eichen in der Unter- und Mittelschicht des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 unterstreichen den laufenden Entmischungsprozess zu Gunsten der Hainbuche, welche in allen 5 Höhengstichten bis 20 m dominierte. Eiche dominierte in der obersten Höhengsticht (20 bis 24 m).

Untersuchungsbestände GRM3 und Tuemling

Im Oberholz der Untersuchungsfläche GRM3 waren ein Drittel der verbliebenen Oberständiger Eichen (Tab.8.3–12). Als wertvolle Mischbaumart ist der Speierling zu 11,1% beigemischt. Zerreiche und

Tab. 8.3–12: Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) der Baumarten im Oberholz der Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–12: Percentage of basal area at the height of 10 cm (G_{10} in %) for tree species in the overwood of the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort		Grandmühl			Tuemling							
UBE		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	4	7	7				13			
G_{10} [%]	Hbu	17,4	18,8	19,6	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	24,3	0,0
	Zei	27,9	27,7	38,1	21,5	10,1	2,2	0,0	12,6	9,5	4,5	0,0
	Ei	36,0	35,6	35,0	67,0	88,0	65,0	91,7	69,6	84,6	40,9	79,5
	Fah	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	3,4	0,0	4,4	0,0	6,0	0,0
	Spei, Els ²	17,4	17,7	17,5	0,0	0,0	3,9 ²	0,0	0,0	0,0	5,9 ²	0,0
	Rob ¹ , Es ²	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	7,0 ²	0,0	0,0	0,0	11,2 ²	0,0
	Vki	0,0	0,0	0,0	4,5	1,7	4,5	8,6	8,4	5,5	7,3	20,1
	Wki	0,0	0,0	0,0	2,9	4,7	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0

Hainbuche hatten Stammzahlanteile von 22,2 und 33,3%. Die geringeren Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe der Hainbuche zeigen, dass diese in den schwächeren Durchmesserbereichen anzutreffen war.

Durch die Nachlichtungshiebe in den Untersuchungsbeständen der Parzellen Tuemling kam es auf den Parzellen P11, P12 und P22 zu keiner wesentlichen Verschiebung der Mischungsanteile der Eiche. Sie behielt sowohl bei Stammzahl als auch Grundfläche (G_{10}) ihre dominante Rolle, ausgenommen Parzelle P21. Auf dieser verminderte sich der Stammzahlanteil von 56,9 auf 45,1% bei gleichzeitiger Erhöhung des Hainbuchenanteils von 20,7 auf 27,1 %.

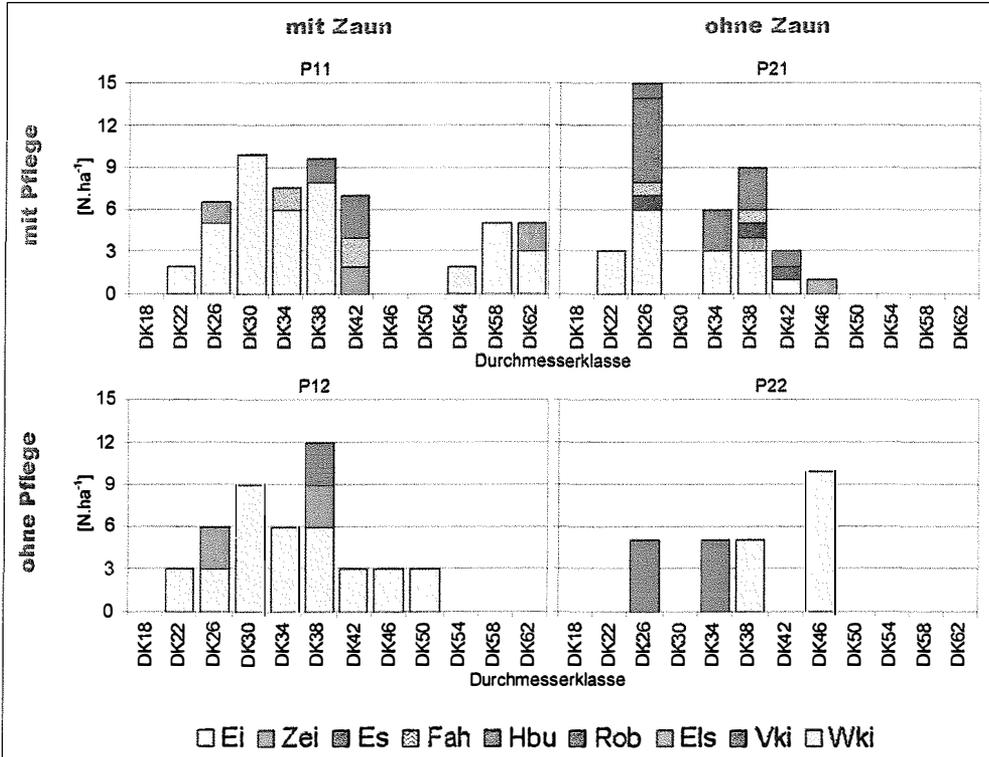


Abb. 8.3–22: Stammzahl- und Baumartenverteilung (N in $N.ha^{-1}$) nach Durchmesserklassen im Oberholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 13 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–22: Distribution of tree and shrub species (N in $N.ha^{-1}$) over diameter classes for the overwood of the investigation stands Tuemling at the age of 13 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class: 4 cm).

Die Veränderung der Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe fiel stärker aus. Die Artenvielfalt ist mit 7 Baumarten in diesem Bestand (P21) am höchsten, während in den anderen Beständen 2 bis 5 Baumarten vorkamen. Neben der Eiche kam nur die Vogelkirsche in allen Beständen vor, wobei diese im Oberholz des Bestandes P22 einen Anteil von 25,1% hatte. Wie aus Abbildung 8.3–22 ersichtlich, konzentrierten sich die Mischbaumarten Feldahorn, Hainbuche, Esche und Vogelkirsche auf die Durchmesserklassen DK26 bis DK42. Die im Untersuchungsbestand P21 eingesprengte Elsbeere wurde der Durchmesserklasse DK46 zugeordnet. Zerreiche fehlte im Bestand P22, in den anderen Parzellen trat sie unregelmäßig verteilt über den ganzen Durchmesserbereich auf.

Im Untersuchungsbestand GRM3 blieb der Strauchanteil im Unterholz unter 1,0% (Abb. 8.3–23). Die bereits im Alter von 4 Jahren vorhandene Dominanz der Hainbuche mit 84,3% hatte sich innerhalb der Beobachtungsperiode weiter verstärkt (88,2%). Die Zerreihe nahm einen etwa gleichbleibenden Anteil von 5,6 und 5,9% ein. Die Stammzahl der Eichen verringert sich von 3.900 N.ha⁻¹ (2,3%) auf 300 N.ha⁻¹ (0,3%).

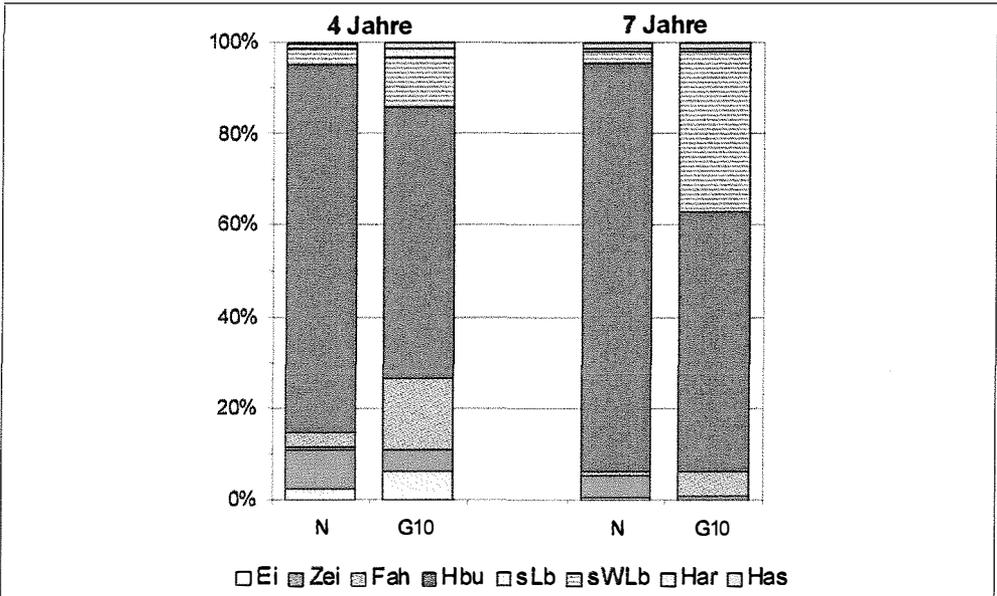


Abb. 8.3–23: Baum- und Strauchartenanteile nach Stammzahl (N in %) und Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G₁₀ in %) im Untersuchungsbestand Mittelwald Grandmühl 3 im Alter von 4 und 7 Jahren.

Fig. 8.3–23: Proportion/shares of tree and shrub species for stem number (N in %) and for basal area at the stem height of 10 cm (G₁₀ in %) for the investigation stand Grandmühl 3 at the age of 4 and 7 years.

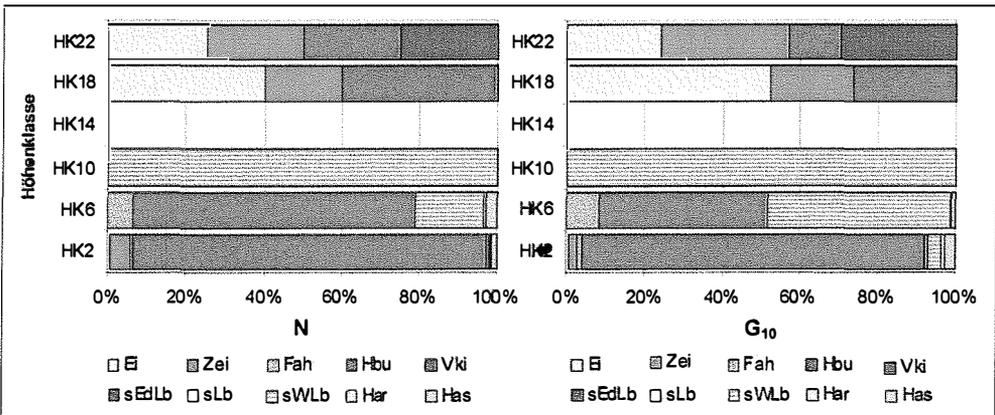


Abb. 8.3–24: Baum- und Strauchartenverteilung nach der Stammzahl (N in %, links) und der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G₁₀ in %, rechts) nach Höhenklassen im Untersuchungsbestand Grandmühl 3 im Alter von 7 Jahren (Klassenbreite: 4 m).

Fig. 8.4–24: Distribution of the tree and shrub species over height classes for stem number (N in %, left) and for basal area at the stem height of 10 cm (G₁₀ in %, right) in the investigation stand Grandmühl 3 at the age of 3 and 7 years (range of height class: 4 m).

Die Eichen, welche sich nach der Mast im Herbst 1997 etablieren konnten, starben fast zur Gänze wieder ab. Schwächer fiel die Abnahme beim Feldahorn aus. Bei etwa gleichbleibender Stammzahl von 3.550 und 3.375 N.ha⁻¹ erhöhte sich der Weidenanteil von 2,1 % (Alter 4 Jahre) auf 3,7 % (Alter 7 Jahre). Bergahorn, Hasel, Vogelkirsche und Speierling ergänzten das Baumartenspektrum.

80 bis 89% Stammzahlanteilen der Hainbuche standen rund 60% Grundflächenanteile gegenüber. Bei starkem Rückgang des Grundflächenanteiles in 10 cm Schafthöhe des Feldahorns nahm jener der Weichlaubhölzer von 10,2 auf 35,2% zu.

Das rasche Jungendwachstum und die damit verbundene hohe Konkurrenzkraft der Weichlaubhölzer wird auch bei Betrachtung der Vertikalstruktur erkennbar (Abb. 8.3–24). Weide und Aspe waren nach 7 Jahren in die Höhengschicht 8 bis 12 m eingewachsen. Hainbuche dominierte in der untersten Höhengschicht und gemeinsam mit Feldahorn und Weichlaubhölzern besetzte sie den Höhenbereich 4 bis 8 m. Auf den insgesamt zweischichtigen Bestandesaufbau wurde bereits in Kap. 8.3.2.1 hingewiesen. Wie aus Abbildung 8.3–24 ersichtlich, wurden die obersten Höhengschichten zu etwa gleichen Anteilen von Eiche, Zerreiche, Hainbuche und sonstigen Edellaubbäumen (z.B. Speierling) aufgebaut.

Tab. 8.3–13: Stammzahl- und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (N und G₁₀ in %) der Bäume (BA) und Sträucher (STR) im Unterholz der Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–13: Percentage of stem number and basal area at the height of 10 cm (N in % and G₁₀ in %) for tree species (BA) and shrub species (STR) in the underwood of the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort		Grandmühl			Tuemling							
UFL		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	4	7	7				13			
N	BA	0,0	99,7	99,5	81,1	89,6	83,4	74,4	67,6	79,1	78,8	83,7
	STR	0,0	0,3	0,5	18,9	10,4	16,6	25,6	32,4	20,9	21,1	16,3
G ₁₀	BA	0,0	0,0	0,0	91,2	94,7	85,8	76,6	94,9	95,7	93,3	98,8
	STR	0,0	0,0	0,0	8,8	5,3	14,2	23,4	5,1	4,3	6,7	1,2

Stammzahl- und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe der Bäume und Sträucher sind Tabelle 8.3–13 zu entnehmen. Im 7 Jahre alten Unterholz der Untersuchungspartellen Mittelwald Tuemling lag der mittlere Strauchanteil aller Parzellen an der Stammzahl bei 17,9%. Das entsprach einem Grundflächenanteil in 10 cm Schafthöhe von durchschnittlich 13,6 % (Minimum 5,3 %, Maximum 25,4 %).

Auf der Parzelle P11 (gezäunt und gepflegt) waren zwischen den Stammzahl- und Grundflächenanteilen der Sträucher die größten Unterschiede vorhanden (Abb. 8.3–25). Die Sträucher hatten bei der Stammzahl sowie an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe die niedrigsten Werte im gezäunten und ungepflegten Unterholz (P12), während die höchsten Werte auf der ungezäunten und ungepflegten Parzelle P22 (21,3 % und 22,3 %) zu verzeichnen waren. Im Mittel aller Parzellen stockten bei den Bäumen 77.082 Stämme je Hektar, wobei die Spannweite zwischen durchschnittlich 70.760 und 82.956 N.ha⁻¹ lag.

Während der Beobachtungsperiode von 6 Jahren stieg der Strauchanteil an der Stammzahl um etwa 5 Prozentpunkte auf durchschnittlich 22,6 % (18.255 N.ha⁻¹) an. Einer gleich hoch gebliebenen Stammzahl der Sträucher stand eine deutlich verringerte mittlere Stammzahl der Bäume mit durchschnittlich 59.952 N.ha⁻¹ gegenüber. Hingegen bedeutete die Abnahme der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe von 2,8 auf 2,1 m².ha⁻¹ bei den Sträuchern eine Verringerung des Grundflächenanteiles in 10 cm Schafthöhe um

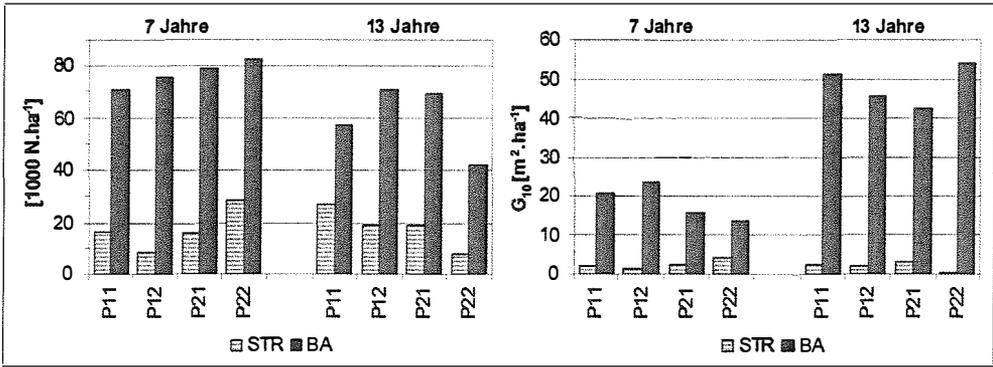


Abb. 8.3-25: Stammzahlen (N in Tsd. N.ha⁻¹, links) und Grundflächen in 10cm Schafthöhe (G₁₀ in m².ha⁻¹, rechts) der Bäume (BA) und Sträucher (STR) im Unterholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 7 Jahren (links) und 13 Jahren (rechts) (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Fig. 8.3-25: Stem number (N in Tsd. N.ha⁻¹, left) and basal area at the stem height of 10 cm (G₁₀ in m².ha⁻¹, right) for tree species (BA) and shrub species (STR) in the underwood of the investigation stands Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

rund 10 Prozent auf 4,3%. Das ist eine Reduktion auf rund zwei Drittel. Auch nach 13 Jahren waren die Sträucher in den ungepflegten Parzellen schwächer als in den gepflegten Parzellen vertreten.

Die in den Abbildungen 8.3-26 und 8.3-27 dargestellten Baum- und Strauchartenzusammensetzungen und die Mischungsanteile werden im folgenden beschrieben:

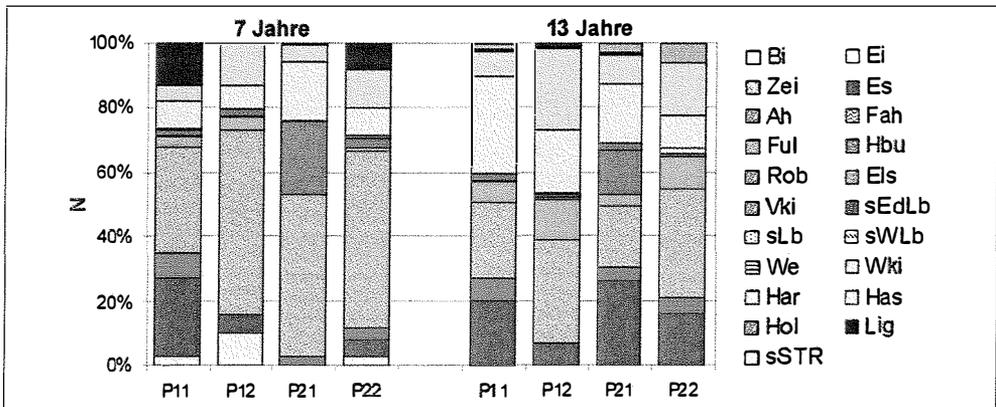


Abb. 8.3-26: Baum- und Strauchartenanteile nach der Stammzahl (N in %) im Unterholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 7 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege)

Fig. 8.3-26: Shares of tree and shrub species for the stemnumber (N in %) in the underwood of the investigation stand Tuemling at the age of 7 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Auf der Parzelle P11 hatten die Sträucher, dominiert von Hartriegel, einen Anteil von 21,8% (Alter 7 Jahre) und 29,9% (Alter 13 Jahre). Bei den Baumarten dominierten Feldahorn (43,0%, 33,7%) und Esche (30,2%, 27,7%), gefolgt von Bergahorn (9,6%, 6,5%), Hasel (6,1%, 6,0%) und Feldulme (4,1%, 9,2%). Bei Betrachtung der relativen Frequenz zeigte sich, dass Feldahorn und Esche im Alter von 7 Jahren mit 95% am häufigsten vorkamen. Hartriegel und Liguster wurden auf 65 und 55% der Aufnahmeflächen vorgefunden.

Die Esche erreichte in beiden Aufnahmejahren einen Grundflächenanteil in 10 cm Schafthöhe von knapp 50%, gefolgt vom Feldahorn mit 22,9% und 15,5%. Die Robinie nahm im Alter von 13 Jahren einen Anteil von 13,0% ein. Die Anteile der anderen Mischbaumarten blieben unter 10%. Der geringe Eichenanteil von 2,3% ging auf 1,4% zurück, wobei anzumerken ist, dass die Eiche nur bei dieser Behandlungsvariante vorkam.

Bei etwas höheren Gesamtstammzahlen pro ha im Vergleich zur gepflegten Parzelle P11 fiel der Anteil der Sträucher mit 7,6% und 14,5% auf der gezäunten und ungepflegten Parzelle P12 deutlich niedriger aus. Die mittleren Stammzahlen der Baumarten blieben auf gleichem Niveau. Der Stammzahl nach dominierte ebenfalls der Feldahorn mit 61,5% (7 Jahre) und 43,4% (13 Jahre). Die Hasel erreichte in beiden Aufnahmejahren einen Anteil von jeweils rund 15%. Die Anteile der anderen Baumarten blieben, ausgenommen Spitzahorn im Alter von 13 Jahren (13,0%), unter 10%.

Feldahorn und Esche wurden im Alter von 7 Jahren auf allen und im Alter von 13 Jahren auf 80% und 90% der Probeflächen vorgefunden. Für die Hasel errechnete sich eine Häufigkeit von 50 und 60%. Auch der Hartriegel war auf der gesamten Fläche gleichmäßig verteilt vorhanden. Robinie war mit rund 8%, Esche und Feldahorn waren mit einem Anteil von 5 bis 12% beigemischt.

Auf der ungezäunten und gepflegten Parzelle P21 verringerte sich die mittlere Stammzahl der Baumarten um etwa ein Drittel, während jene der Sträucher etwa gleich blieb. Dadurch erhöhte sich der Strauchanteil im Beobachtungszeitraum von 13,0 auf 18,9%. Wie auf der Parzelle P11 (gezaun und

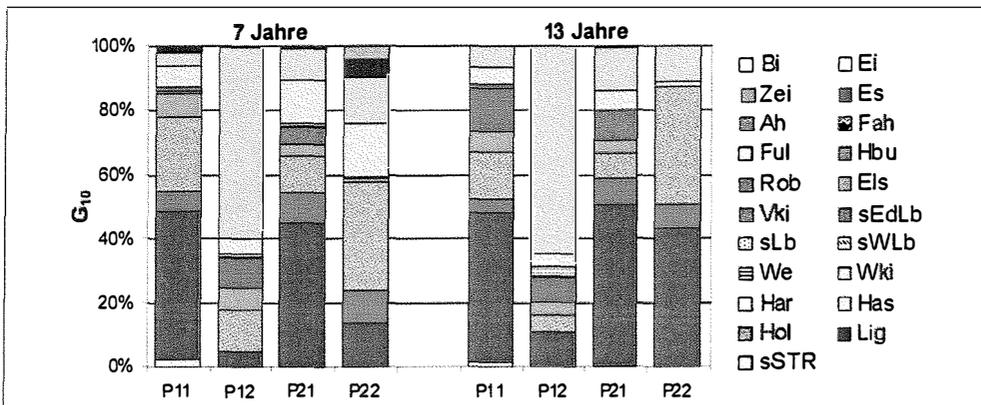


Abb. 8.3–27: Baum- und Strauchartenanteile nach Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) im Unterholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 7 und 13 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Fig. 8.3–27: Shares of tree and shrub species for the basal area at the stem height of 10 cm (G_{10} in %) in the underwood of the investigation stand Tuemling at the age of 7 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

gepflegt), herrschte im Alter von 7 Jahren der Feldahorn (41,9%) vor der Esche (27,5%) vor. Während der Beobachtungsperiode ging der Anteil des Feldahorns zugunsten des Eschen- und Feldulmenanteils zurück. Der Mischungsgrad der Hainbuche lag bei 19% und 13%.

Aufgrund der Häufigkeit des Auftretens von Feldahorn, Ahorn, Hainbuche, Hasel und Esche, die Frequenzanteile von jeweils über 55% erreichten, kann eine starke einzelbaumweise Mischung angenommen werden. Sträucher kamen ebenfalls sehr häufig vor.

Auf der Parzelle 22 (ungezäunt und ungepflegt) waren bei der mittleren Stammzahlentwicklung die stärksten Veränderungen zu beobachten. Die mittleren Stammzahlen pro ha der Bäume und Sträucher verringerten sich um rund die Hälfte, der Strauchanteil an der Gesamtstammzahl je ha blieb mit 21%

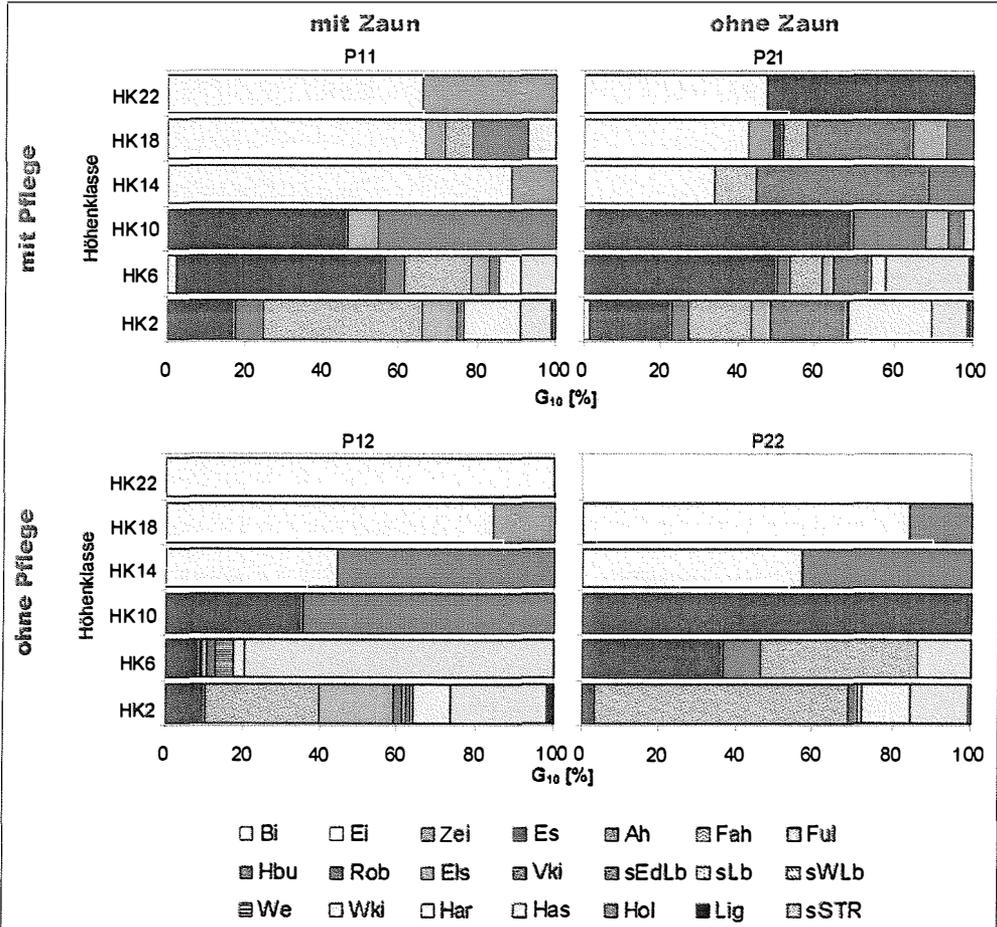


Abb. 8.3–28: Baum- und Strauchartenverteilung nach der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) nach Höhenklassen in den Untersuchungsbeständen Tuemling im Alter von 13 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Fig. 8.3–28: Distribution of tree and shrub species for the basal area at the stem height of 10 cm (G_{10} in %) over height classes in the investigation stand Tuemling at the age of 13 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of height class: 8 m).

und 17% etwa gleich. Die durchschnittlichen Stammzahlen der Bäume nahmen von 83.000 N.ha⁻¹ auf 41.875 N.ha⁻¹ ab. Bei gleich hohem Anteil der Hasel (14,5%) in beiden Aufnahmejahren verlor der Feldahorn beachtliche Mischungsanteile (65,4% im Alter von 7 Jahren, 47,0% im Alter von 13 Jahren), während jene der Esche sich von 6,1% auf 15,6%, und die der Feldulme von 1,9% auf 14,6% erhöhten. Eiche, Elsbeere und Weide fehlten im Alter von 13 Jahren, Hainbuche kam hingegen hinzu. In beiden ungezäunten Parzellen blieb der Strauchanteil (Hartriegel und Liguster) unter 9%. Auf der ungezäunten gepflegten Fläche nahm die Esche rund die Hälfte der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe ein. Ahorn erreichte einen Anteil von 10%. Feldahorn, Hainbuche und Hasel hatten einen Anteil von jeweils rund 7 bis 12%.

Hartriegel und Liguster gemeinsam hatten in beiden Aufnahmejahren einen Grundflächenanteil in 10 cm Schafthöhe von etwa 14%.

Auf der Parzelle P22 (ungezäunt und nicht gepflegt) blieb der Anteil des Feldahorns an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe in beiden Aufnahmejahren mit 34,3% und 36,6% etwa gleich. Auffallend sind die Zunahme des Eschenanteils von 13,8% (7 Jahre) auf 43,8% (13 Jahre) und der Rückgang des Strauchanteils von 22,3 auf 1,3%. Hasel und Ahorn waren zu jeweils zu 7 bis 14% beigemischt.

Die Baum- und Strauchartenverteilung nach Höhenklassen, getrennt nach Stammzahlen und Grundflächen in 10 cm Schafthöhe, im Alter von 13 Jahren ist aus Abbildung 8.3–28 ersichtlich. Die Sträucher hatten ihre Anteilsschwerpunkte auf allen Untersuchungsparzellen in der untersten Höhengruppe. Nur der Hartriegel erreichte mit geringen Anteilen die nächste Höhenklasse HK6 (4 bis 8 m).

Die Baumartenzusammensetzung und die wechselnden Mischungsanteile in den Höhenklassen HK18 und HK22 ergänzen die Übersicht über die Höhenstruktur im Oberholz (Abb. 8.3–28).

In der Höhengruppe 8 bis 12 m, in welcher die Grundflächen in 10 cm Schafthöhe mit Werten von 15,5 (P11), 3,9 (P12), 14,5 (P21) und 8,9 (P22) m².ha⁻¹ zwischen den Untersuchungsparzellen stark streuten, fanden sich ebenfalls in sehr verschiedenen Mischungsanteilen die Baumarten Esche, Robinie, Ahorn, Hainbuche und Feldulme.

In den beiden gepflegten Untersuchungsbeständen P11 und P21 mit den höchsten höhenklassenbezogenen Grundflächen in 10 cm Schafthöhe dominierte die Esche, gefolgt von Robinie und Feldulme in P11 sowie die Esche vor dem Ahorn in P21. Die Esche hatte auch die höchsten Mischungsanteile in der Höhenklasse HK6 (4–8 m), wobei auch Ahorn und andere Edellaubbäume sowie mit geringen Anteilen auch Eiche vorhanden waren. Bemerkenswert ist der Hainbuchenanteil in der Untersuchungsparzelle P22, wo sie auch in den höheren Höhengruppen (12 bis 20 m) stärker vertreten war.

Die fehlende Pflege bewirkte, dass in der Untersuchungsparzelle P11 die Esche und die Robinie und in P21 die Esche mit deutlich geringeren Grundflächenanteilen in 10 cm Schafthöhe Höhen von über 8 m erreicht hatten. Weiters fallen in den ungepflegten Untersuchungsparzellen die Haseldominanz (P12) und in P22 die hohen Anteile von Feldahorn, Esche und Hasel im Höhenbereich 4 bis 8 m auf.

8.3.4.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

In den Bestandestypen ab einem Alter von 13 Jahren dominieren im Oberholz sowohl nach Stammzahl als auch nach Grundfläche in 10 cm Schafthöhe Zerreiche und Eiche in wechselnden Mischungsanteilen (Tab. 8.3–14). Esche, Vogelkirsche und sonstige Edellaubbäume (Elsbeere) waren eingesprengt bis beigemischt. Sonstige Weichlaubebäume waren ebenfalls in den Beständen NUBE20 und NUBE25 mit Anteilen von 2,6 bis 4,0% vertreten.

Die Verteilungen der Baumarten im Oberholz auf die Durchmessergruppen sind in der Abbildung 8.3–29 dargestellt. In den älteren Bestandestypen trat die Zerreiche überwiegend in den Durchmessergruppen DK18 und DK22 auf, was auf ihre starke Wuchskraft zurückzuführen ist. Dies gilt auch für Eiche in den Bestandestypen NUBE18 und NUBE15.

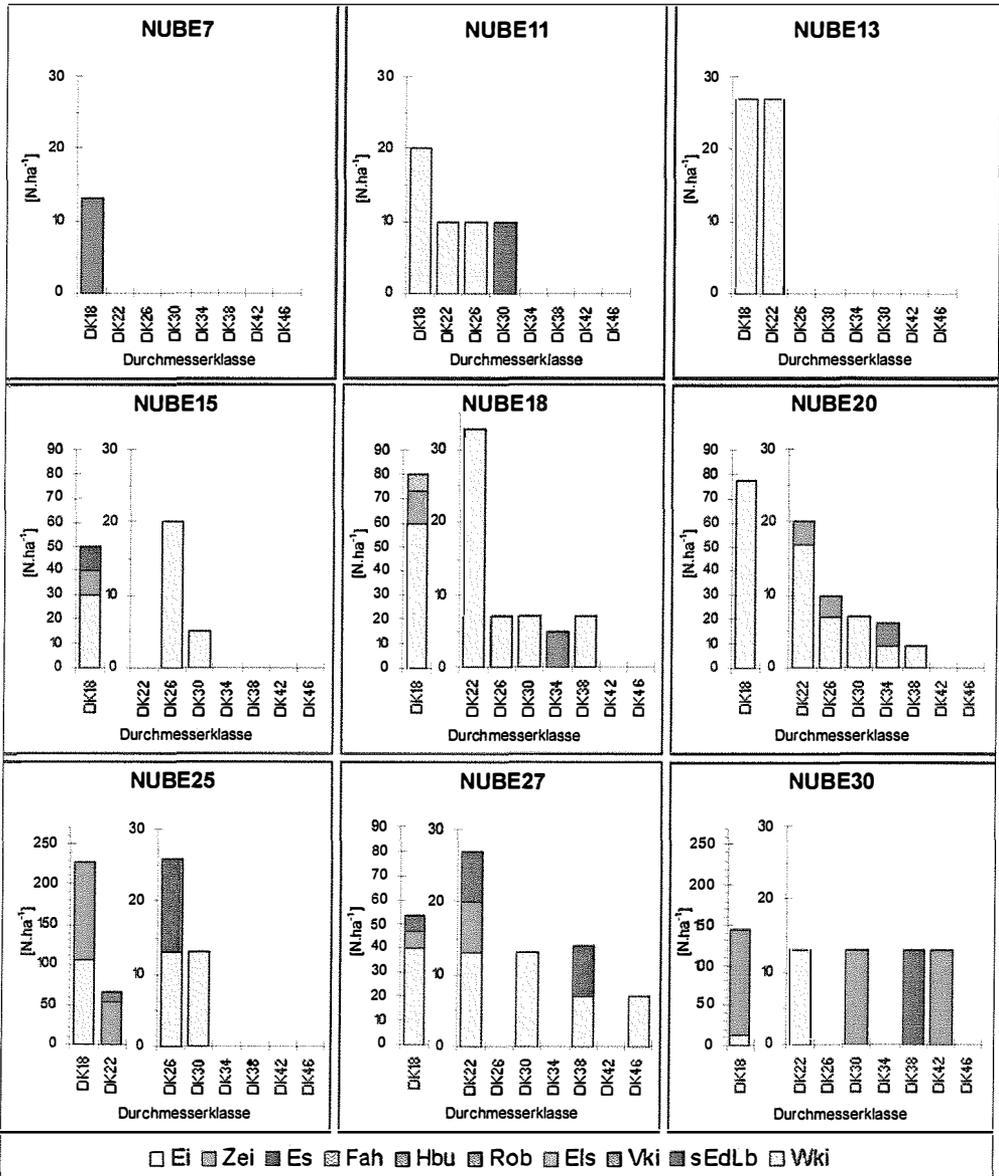


Abb. 8.3–29: Stammzahl- und Baumartenverteilung (N in N.ha⁻¹) nach Durchmesserklassen im Oberholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–29: Distribution of stem number and tree species (N in n.ha⁻¹) over diameter classes in the overwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of diameter class: 4 cm).

Tab. 8.3–14: Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) der Baumarten im Oberholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern (BET = Bestandestypen).

Table 8.3–14: Percentage of basal area at the height of 10 cm (G_{10} in %) for tree species in the overwood of the coppice with reserves stands (BET = stand types).

Waldort		Ebenthal									
BET		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
G_{10} [%]	Ei	0,0	0,0	34,6	100,0	53,7	100,0	79,5	41,8	76,9	9,3
	Es	67,1	0,0	23,8	0,0	13,0	0,0	0,0	5,9	6,9	0,0
	Ze1	0,0	0,0	10,0	0,0	12,9	0,0	11,9	47,3	10,4	73,0
	Fah, Hbu ²	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4 ²	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0
	sEdLb	0,0	0,0	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	18,0
	sWLb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Vki	34,4	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	5,8	5,0	0,0	0,0

Die Stammzahl- und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe der Bäume und Sträucher im Unterholz sind aus Tabelle 8.3–15 ersichtlich.

Der Stammzahlanteil der Sträucher pendelte um einen Mittelwert von 64,0% bei einer Variationsbreite von 47,5 bis 76,8%. Trotz Abnahme der Stammzahlen bei den Sträuchern von 64.312 auf 25.577 N.ha⁻¹ blieben deren relative Anteile auf etwa gleich hohem Niveau und somit dominant. Bei der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe lag der mittlere Anteil der Sträucher bei 32,8% (5,2 m².ha⁻¹) mit einer Streuung von 19,7 bis 52,6%. Im Vergleich zur Entwicklung bei der Stammzahl nahmen die Prozentwerte der Sträucher an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe von 52,6 und 50,2% in den 7- und 8-jährigen Bestandestypen auf durchschnittlich 19,7% bis 30,3% in den mittelalten Bestandestypen ab, um in den älteren Bestandestypen wieder auf rund 30% anzusteigen.

Betrachtet man die Entwicklung der Stammzahlen pro ha, so verringerte sich die Stammzahl der Baumarten von etwa 34.000 N.ha⁻¹ im Alter von 7 und 8 Jahren auf durchschnittlich 4.300 N.ha⁻¹ in den älteren Bestandestypen (Alter 25 bis 30 Jahre) (Abb. 8.3–30). Sie lagen damit in den älteren Bestandestypen deutlich unter den mittleren Stammzahlen der Bäume in den gleichaltrigen Mittelwaldbestandestypen Ebenthal. Bei den Sträuchern lag die Stammzahl in den Niederwaldbeständen mit Überhältern höher. Der Verlauf der Strauchanteilsentwicklung bei der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe spiegelt sich auch bei der absoluten Grundflächenentwicklung wider. Insgesamt stiegen die Grundflächen in 10 cm Schafthöhe der Bäume mit zunehmendem Unterholzalter erwartungsgemäß von rund 4 m².ha⁻¹ (Alter 7 und 8 Jahre) auf rund 18 m².ha⁻¹ (Alter 25 bis 30 Jahre) an.

Tab. 8.3–15: Stammzahl- und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (N und G_{10} in %) der Bäume und Sträucher im Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (BET = Bestandestyp, BA = Bäume, STR = Sträucher).

Table 8.3–15: Percentage of stem number and basal area at the height of 10 cm (N in % and G_{10} in %) for tree species (BA) and shrub species (STR) in the underwood of the coppice with reserves stands (BET = stand types).

Waldort		Ebenthal									
BET		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
N [%]	BA	34,5	52,5	35,7	33,2	43,6	40,6	31,2	32,3	33,7	23,2
	STR	65,5	47,5	64,3	66,8	56,4	59,4	68,8	67,7	66,3	76,8
G_{10} [%]	BA	47,4	49,8	57,1	79,7	69,7	88,8	80,3	78,6	70,1	69,7
	STR	52,6	50,2	42,9	20,3	30,3	19,2	19,7	31,4	29,9	30,3

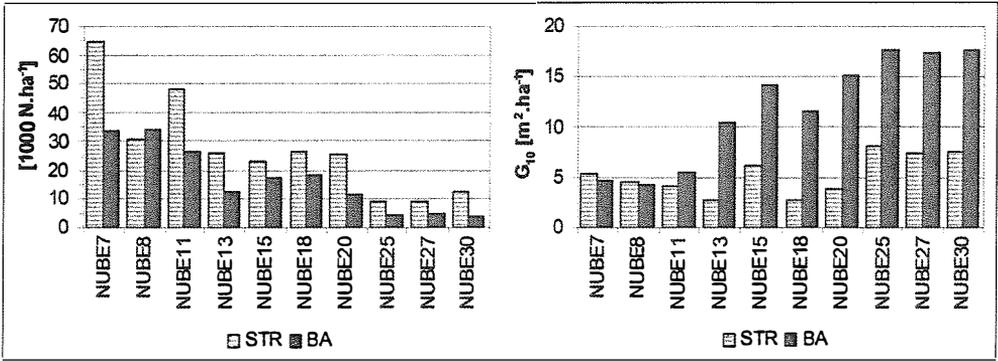


Abb. 8.3-30: Stammzahl (N.ha⁻¹ in Tsd.) und Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G₁₀ in m².ha⁻¹) im Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3-30: Stem number (N.ha⁻¹ in Tsd.) and basal area at the stem height of 10 cm (G₁₀ m².ha⁻¹) in the underwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years).

Abbildungen 8.3-31 und 8.3-32 geben eine Übersicht über die Verteilung der Baum- und Straucharten in den unterschiedlich alten Bestandestypen.

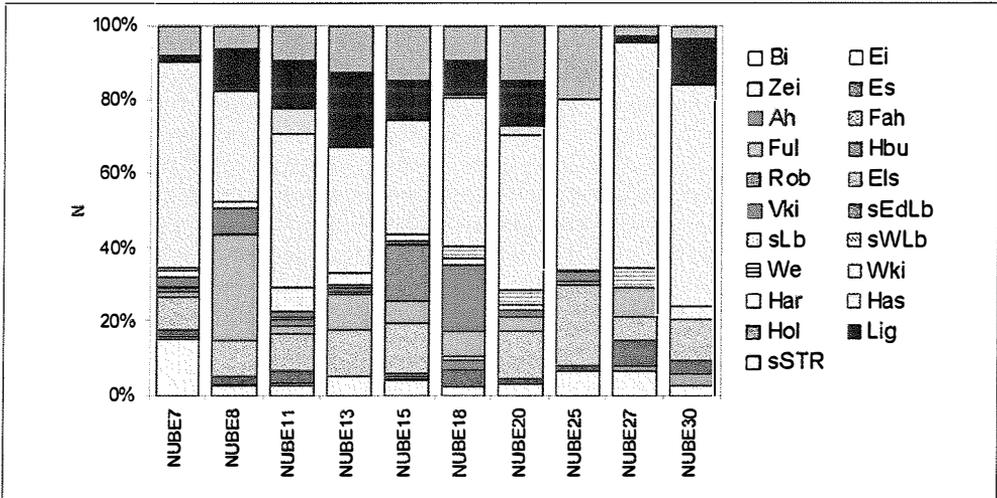


Abb. 8.3-31: Stammzahlanteile (N in %) der Baum- und Straucharten in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3-31: Shares of the stem number (N in %) for the tree and shrub species in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years).

Bei den Sträuchern dominierte der Hartriegel. Die Baumartenanteile waren in den verschiedenen Beständen sehr unterschiedlich. Von den Baumarten hatten Feldahorn und Feldulme mittlere Anteile von 11% und 8%, gefolgt von der Eiche mit 5%.

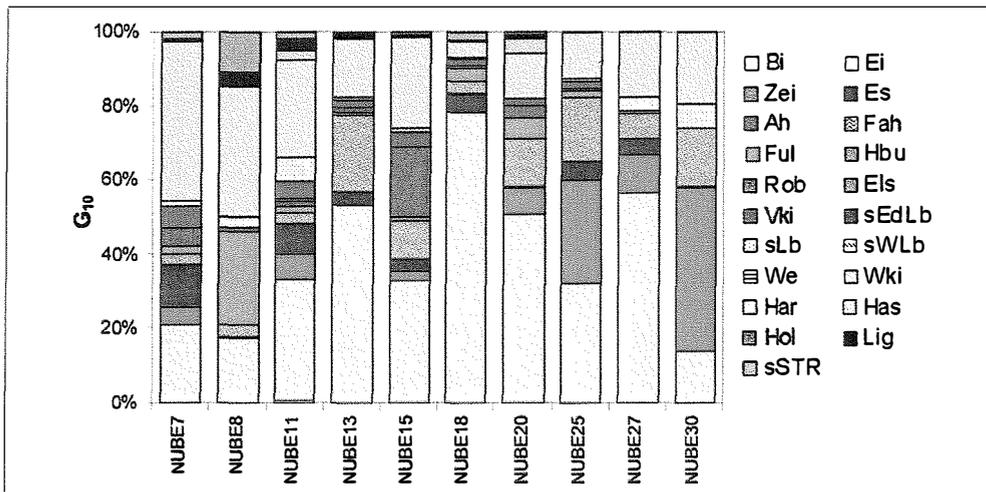


Abb. 8.3–32: Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) der Baum- und Straucharten in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3–32: Shares of the basal area at the stem height of 10 cm (G_{10} in %) for the tree and shrub species in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) ((NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years).

In den untersuchten Niederwaldbestandestypen mit Überhältern zeigte sich eine hohe Konkurrenzkraft der Straucharten bis ins Alter von 10 Jahren. Wie im Mittelwald konnten sich die Sträucher bis ins Alter von 25 und 30 Jahren erfolgreich behaupten. Dies wird auch aus ihren Grundflächenanteilen in 10 cm Schafthöhe erkennbar. Die relativen Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe der Sträucher nahmen von 46 und 50 % in den 7- und 8-jährigen Bestandestypen auf im Mittel 14% (7 und 19%) in den über 18-jährigen Bestandestypen ab. In den mittelalten Bestandestypen lagen die Anteile im Durchschnitt bei 17 bis 25%.

Wie bei der Stammzahlverteilung schwankten die Baumartenanteile zwischen den unterschiedlich alten Bestandestypen erheblich. Bei den Eichenanteilen lag eine Schwankungsbreite von 17 bis 79% vor, bei Feldahorn von 3 bis 20% und bei Feldulme von 1 bis 28%. Die Straucharten haben, wie in den Mittelwaldbestandestypen, eine starke Konkurrenzkraft. Abbildung 8.3–33 gibt eine Übersicht über die Mischungsanteile der Baum- und Straucharten an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe nach Höhenklassen für die Bestandestypen Niederwald mit Überhältern. In den beiden untersten Höhengschichten gewannen die Sträucher, dominiert vom Hartriegel, mit zunehmendem Alter an Bedeutung. Bis zu einer Höhe von 4 m schwankten die Strauchanteile im Bereich von etwa 50 bis 100%, in der Höhenklasse HK6 (4 bis 8 m) von knapp 20 bis 70%. Die höchsten Strauchanteile in den beiden unteren Höhengschichten traten jeweils in den beiden älteren eichen- und zerreichendominierten Bestandestypen NUBE27 und NUBE30 auf. Gegenüber den untersuchten Mittelwaldbestandestypen fällt auf, dass sich die Eiche mit dem Alter bei abnehmenden Anteilen in den strauchdominierten untersten Höhengschichten gut behaupten konnte.

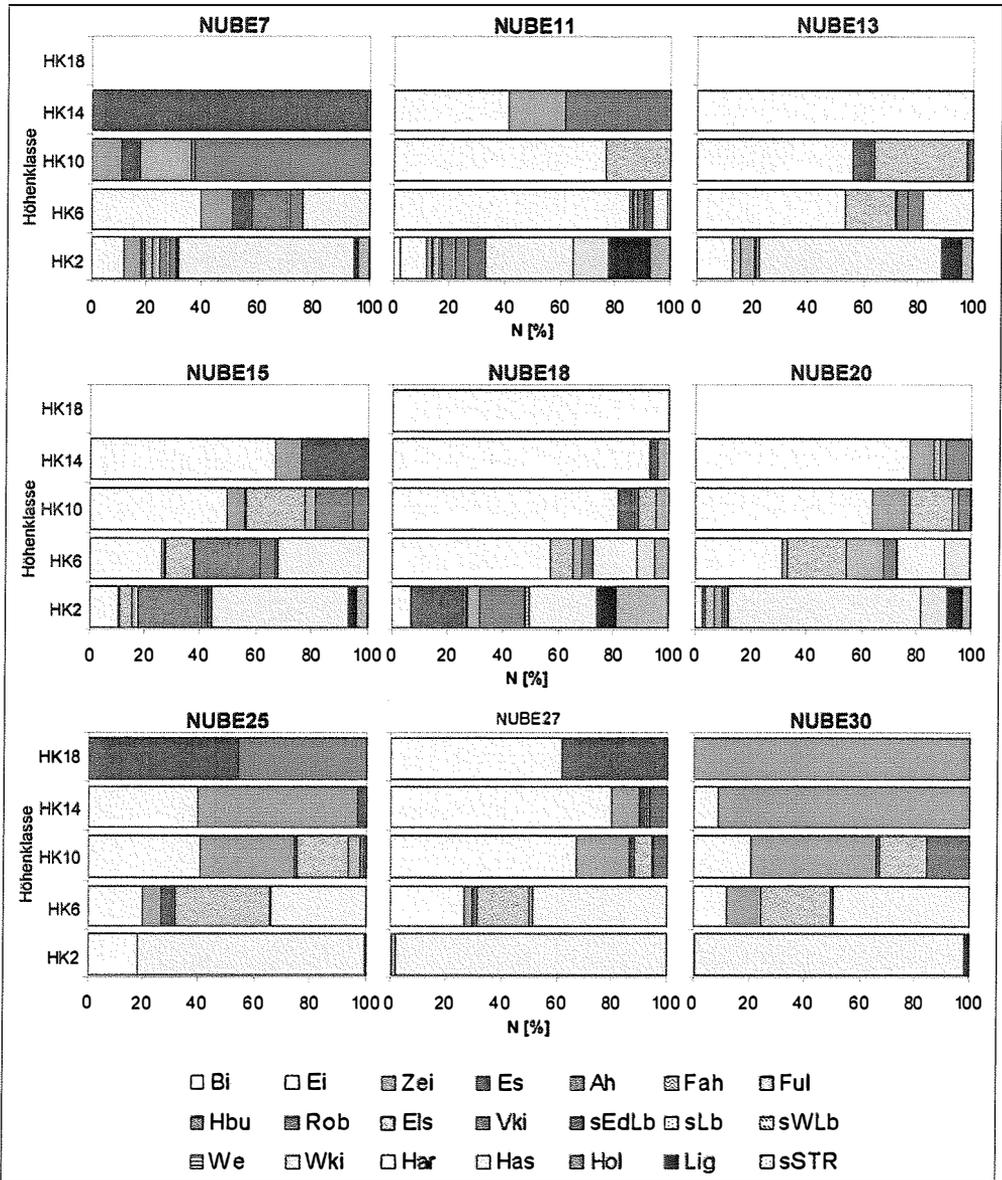


Abb. 8.3–33: Baum- und Strauchartenverteilung für die Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) nach Höhenklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3–33: Distribution of the tree and shrub species for the basal area at the stem height of 10 cm (G_{10} in %) over height classes in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) ((NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of height class: 8 m).

8.3.5 DURCHMESSER UND HÖHEN (OHNE STRÄUCHER)

8.3.5.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Die mittleren Durchmesser der Grundflächenmittelstämme und der mittleren Höhen sind in Tabelle 8.3–16 dargestellt. Die Durchmesser der Grundflächenmittelstämme schwankten im Oberholz der Bestandestypen Ebenthal zwischen 27,4 cm (MWBE18) und 41,9 cm (MWBE25) bei Mittelhöhen von 15,3 (MWBE18) und 17,8 m (MWBE25). Im Unterholz bewegten sich die Werte bei den Durchmessern im Rahmen von 5,0 cm bis 7,9 cm und bei den Höhen von 8,5 bis 9,4 m.

Tab. 8.3–16: Mittlere Durchmesser der Grundflächenmittelstämme in 130 cm Schafthöhe (D_g in cm) und mittlere Mittelhöhen (H_L in m), getrennt nach Ober- und Unterholz für die Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und den Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand, OH = Oberholz, UH = Unterholz). In Klammern: relativer Standardfehler.

Table 8.3–16: Quadratic mean diameter at the height of 130 cm (D_g in cm) and mean height of the mean height stems (H_L in m) for the overwood and underwood of the stand types ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (BET = stand type, UBE = investigation stand, OH = overwood, UH = underwood). In parenthesis: relative standard error.

Waldort BET/UBE		Ebenthal					Grandmühl GRM4	
		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30		
Alter [Jahre]		15	18	21	25	30	40	44
D_g [cm]	OH	32,2 (10,0)	27,4 (3,6)	38,4 (6,7)	41,9 (9,1)	29,8 (28,7)	37,0	39,1
	UH	7,4 (12,6)	7,7 (9,9)	3,6 (6,4)	7,9 (11,0)	5,0 (20,2)	7,6	8,1
H_L [m]	OH	15,3 (5,4)	15,3 (4,3)	17,0 (4,1)	17,8 (9,3)	15,9 (8,6)	18,9	20,5
	UH	8,9 (5,5)	8,7 (4,0)	9,4 (6,5)	9,4 (4,6)	8,5 (6,3)	11,1	12,1

Wie aus Abbildung 8.3–34 erkennbar, erreichte die Eiche im Untersuchungsbestand GRM4 im stärkeren Durchmesserbereich Höhen von 20 bis 22 m. Auffallend ist, dass die ins Oberholz eingewachsenen Hainbuchen bei einem Durchmesser von 30 bis 40 cm bereits Höhen erreichten, die über jenen der Eichen mit einem Durchmesser von über 40 cm lagen.

Aufgrund der größeren Durchmesserspreitung in den Bestandestypen Ebenthal war dort der sich erfahrungsgemäß verflachende Höhenkurvenverlauf in Mittelwaldbeständen an den Eichen-Höhenkurven ab einem Brusthöhendurchmesser von 40 cm deutlich erkennbar. Die Eichen wiesen bei einem Brusthöhendurchmesser von 50 cm mittlere Höhen von 17,2 bis 18,4 m auf. Im Bestandestyp MWBE25 erreichte die Eiche 20,6 m bei einem Brusthöhendurchmesser von 66 cm. Die spezifischen Bestandeshöhenkurvenverläufe der Eiche sind den ermittelten Gesamt-Höhenkurven für Eiche, Esche und Zerreiche in Abbildung 8.3–34 gegenübergestellt. Dabei ist erkennbar, dass die Höhenkurvenverläufe der Zerreiche geringfügig und die der Esche im Vergleich zur Eiche deutlich höher verliefen. Bei einem Brusthöhendurchmesser von 40 cm betrug die Höhenunterschiede etwa 1 m (Zerreiche) und 4 m (Esche). Zum Vergleich der Wuchsverhältnisse sind auch die Höhen-Durchmesserwertepaare der Mischbaumarten dargestellt.

Die mittleren Durchmesser der Grundflächenmittelstämme und die mittleren Höhen in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling sind aus der Tabelle 8.3–17 ersichtlich. Die Durchmesser der Grundflächenmittelstämme im Oberholz erhöhten sich im Untersuchungsbestand GRM 3 von 40,8 cm nach dem Mittelwaldhieb auf 43,2 cm bei einer Zunahme der Mittelhöhe von 18,9 auf 19,9 m. Auf den Untersuchungsparzellen Tuemling streuten die Durchmesser im Oberholz von 33,1 bis 43,6 cm vor dem Nachlichtungshieb und von 32,5 cm bis 41,6 cm im Alter von 13 Jahren. Die Nachlichtungshiebe bewirkten nur eine geringfügige Veränderung der Durchschnittswerte bei den Durchmessern und den Mittelhöhen.

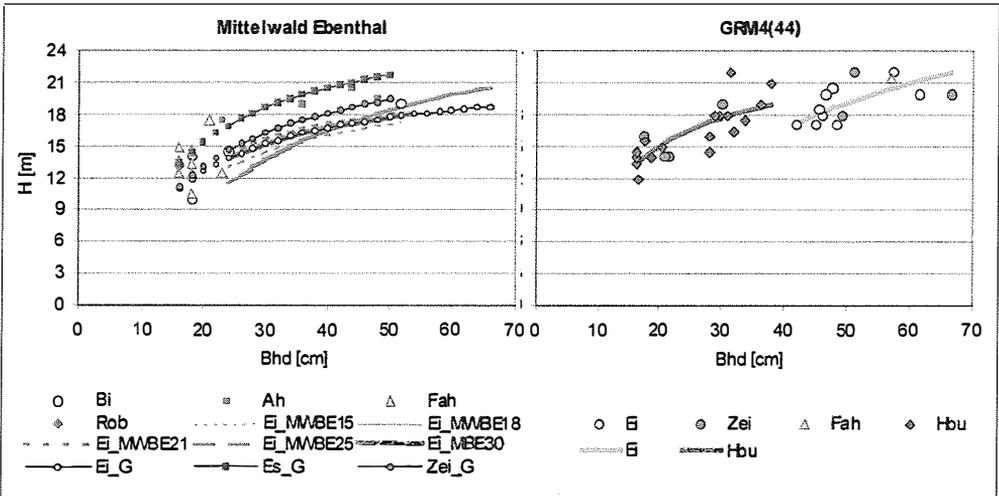


Abb. 8.3–34: Bestandes-Höhenkurven im Oberholz für die Eichen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal im Vergleich zu den Gesamt-Höhenkurven Eiche, Esche und Zerreihe (links) und Bestandes-Höhenkurven im Oberholz für die Eiche und Hainbuche im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (rechts) und Höhen-Durchmesserbeziehungen für die Baumarten Feldahorn (Fah), Hainbuche (Hbu) und Speierling (Spe) (GRM4(44) = Alter 44 Jahre, Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3–34: Stand height curves for oaks in the overwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) compared with the height curves for oak, ash and turkey oak (left) and stand height curves for oak and hornbeam in the overwood of the investigation stand Grandmühl 4 (right) and height-diameter relationships for field maple (Fah), hornbeam (Hbu) and service tree (Spe) (Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years, Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE 21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years).

Tab. 8.3–17: Mittlere Durchmesser der Grundflächenmittelstämme in 130 cm Schafthöhe (Dg in cm) und mittlere Mittelhöhen (H_L in m) für das Oberholz und Unterholz der Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling (Grandmühl: GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege). In Klammern relative Standardfehler.

Table 8.3–17: Quadratic mean diameter at the height of 130 cm (Dg in cm) and mean height (H_L in m) for the overwood and underwood of the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (Grandmühl 3 = GRM3 - mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended). In parenthesis: relative standard error.

Waldort		Grandmühl				Tuemling						
UBE		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	3	6	7				13			
Dg [cm]	OH	40,8	41,6	43,2	42,9	43,6	33,1	40,6	41,6	37,0	32,5	40,6
	UH	—	0,5 (12,9)	1,3 (8,9)	1,1 (10,4)	1,2 (22,8)	0,8 (11,9)	0,6 (32,0)	2,3 (10,9)	2,1 (18,2)	1,9 (11,9)	2,8 (21,3)
H _L [m]	OH	18,9	19,1	19,9	17,5	18,5	16,5	16,1	18,9	18,6	17,8	17,4
	UH	—	2,7 (7,1)	5,0 (5,0)	3,2 (5,7)	3,3 (13,0)	2,4 (9,4)	2,6 (16,0)	6,0 (7,6)	5,7 (10,7)	5,5 (8,1)	6,8 (8,6)

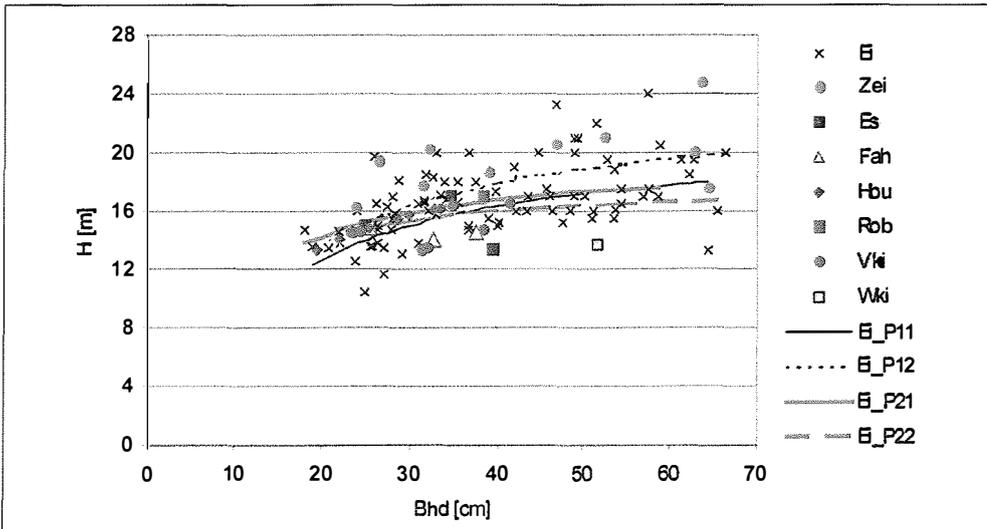


Abb. 8.3–35: Bestandes-Höhenkurven für die Eiche und Höhen-Durchmesserbeziehung für die Baumarten Eiche, Zerleiche, Feldahorn, Hainbuche und Speierling im Oberholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 7 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Fig. 8.3–35: Stand height curves for oak and height – diameter relationship for oak, turkey oak, field maple, hornbeam and service tree in the overwood of the investigation stand Tuemling at the age of 7 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Wie aus der Abbildung 8.3–35 erkennbar, erreichten die Eichen bei Durchmessern über 50 cm Höhen von bis zu 24 m (Parzellen P11 und P12). Die Zerleichen hatten im Vergleich zu den Eichen im gleichen Durchmesserbereich größere Baumhöhen. Während im stärkeren Durchmesserbereich im Mittel Höhenunterschiede zwischen den Parzellen auftraten, welche deutlich erkennbar auch von der geringeren Stammzahl in diesem Durchmesserbereich in den Parzellen P21 und P22 beeinflusst wurden, waren diese bei den schwächeren Durchmessern des Oberholzes nicht vorhanden. Bei der Eiche lagen die Mittelhöhen in der Durchmesserklasse DK20 (16 bis 24 cm) im Bereich um 15 m.

In den ersten 13 Jahren verlief im Unterholz die Durchmesser- und Höhenentwicklung sehr rasch. Nach 7 Jahren wurde im hainbuchendominierten Untersuchungsbestand GRM3 eine mittlere Höhe von 6,0 m erreicht. Auf den gleichaltrigen gezäunten Untersuchungsparzellen Tuemling waren die Höhen im Durchschnitt mit 3,2 und 3,3 m geringfügig höher als auf den ungezäunten Parzellen. Die relativen Standardfehler lagen zwischen $\pm 5,0$ und $\pm 16,0\%$. Nach 13 Jahren hatte das Unterholz im Mittel aller Parzellen eine Höhe von 6,0 m (5,5 bis 6,8 m). Die ungezäunten Parzellen hatten demnach im Höhenwachstum gleichgezogen.

8.3.5.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

Im Oberholz lagen bei Mittelhöhen von 8,0 bis 13,8 m die mittleren Durchmesser der Grundflächenmittelstämme zwischen 21,5 und 24,5 m (Tab. 8.3–18). Aufgrund der engen Durchmesserspreitung, einer starken Streuung der Höhenwerte in den schwächeren Durchmesserklassen und geringer Anzahl von Bäumen wurden keine Höhenkurven berechnet. Im Oberholz schwankten in den Durchmesserklassen DK18 und DK20 die durchschnittlichen Höhen für Eiche und Zerleiche im Bereich von rund 12 bis 14 m (Abb. 8.3–36).

Tab. 8.3–18: Mittlere Durchmesser des Grundflächenmittelstammes in 130 m Schafthöhe (D_g in cm) und durchschnittliche Mittelhöhen (H_L in m) in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (OH = Oberholz, UH = Unterholz). In Klammern: relativer Standardfehler.

Table 8.3–18: Quadratic mean diameter at the height of 130 cm (D_g in cm) and mean height (H_L in m) in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (OH = overwood, UH =underwood). In parenthesis: relative standard error.

Waldort		Ebenthal									
BET		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
D_g [cm]	OH	22,9 (9,9)	—	21,5 (7,1)	22,2 (11,4)	21,8 (12,5)	21,7 (9,5)	15,3 (15,3)	20,5 (7,5)	24,5 (12,5)	24,0 (12,1)
	UH	2,0 (30,1)	1,5 (19,8)	2,6 (38,1)	4,3 (17,2)	6,3 (16,8)	6,9 (14,7)	8,0 (9,9)	8,0 (23,3)	8,9 (11,0)	8,3 (12,7)
H_L [m]	OH	12,4 (7,7)	—	10,1 (24,0)	11,4 (11,8)	12,5 (2,8)	13,8 (5,7)	10,2 (14,0)	12,9 (7,0)	13,4 (3,5)	12,9 (10,8)
	UH	4,2 (16,2)	3,1 (16,1)	4,8 (29,6)	7,1 (15,7)	7,6 (8,8)	9,6 (9,9)	8,4 (4,5)	8,5 (8,2)	7,2 (11,9)	8,7 (2,6)

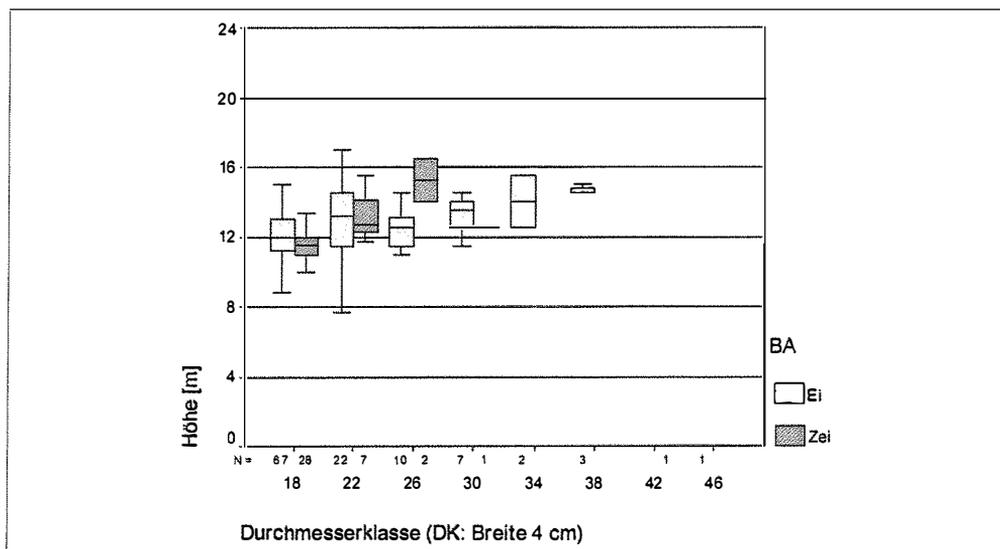


Abb. 8.3–36: Höhen–Durchmesserbeziehung für die Baumarten Eiche und Zerreihe im Oberholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal. (Box-Plot-Darstellung).

Fig. 8.3–36: Height–diameter relation for oak and turkey oak in the overwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (box–plot diagram).

Im Unterholz ist eine Zunahme der mittleren Durchmesser der Grundflächenmittelstämme und der Mittelhöhen mit zunehmendem Alter erkennbar (Tab. 8.3–18). Die Entwicklung der Durchmesser- und Höhenwerte in den jüngeren Bestandestypen (Alter 7 bis 13 Jahre) verlief ähnlich jener in den Untersuchungsbeständen Tuemling. Ab dem Alter von 15 Jahren ist nur bei den mittleren Durchmessern ein geringfügiger Anstieg von etwa 6,3 auf 8,9 cm erkennbar. Die mittleren Höhenwerte streuten zwischen 7,2 m und 9,6 m. Die Mittelwerte der Durchmesser und Höhen lagen im Rahmen der gleichaltrigen Mittelwaldbestandestypen Ebenthal.

8.3.6 VERMEHRUNGSARTEN

8.3.6.1 VERMEHRUNGSARTENVERTEILUNG

8.3.6.1.1 Mittelwaldbestände

Im Oberholz der Mittelwaldbestandestypen Ebenthal hatten die Kernwüchse Stammzahlanteile von 21,1% (MWBE21) bis 75,0% (MWBE18) (Tab. 8.3–19). Deutlich höher lagen diese Anteile im Untersuchungsbestand Grandmühl 4, wobei sich durch den anhaltenden Einwuchs von Hainbuchenstockausschlägen der Kernwuchsanteil während des Beobachtungszeitraumes verringerte. Dadurch betrug der Stockausschlagsanteil in der schwächeren Oberholzstufe bereits rund 40%.

Tab. 8.3–19: Stammzahlanteile (N in %) und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) von Kernwüchsen (KW) und Stockausschlägen (STA) im Oberholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand).

Table 8.3–19: Percentage of stem number and basal area at the height of 10 cm (N in % and G_{10} in %) for seedlings (KW) and stump sprouts (STA) in the overwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (BET = stand type, UBE = investigation stand).

Waldort		Ebenthal					Grandmühl	
BET/UBE		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	GRM4	
Alter [Jahre]		15	18	21	25	30	40	44
N	KW	41,3	75,0	21,1	66,6	46,9	86,0	80,0
	STA	58,7	25,0	78,9	33,3	53,1	14,0	20,0
G_{10}	KW	61,8	87,7	41,6	68,0	69,8	93,0	91,0
	STA	38,2	12,3	58,4	32,0	30,2	7,0	9,0

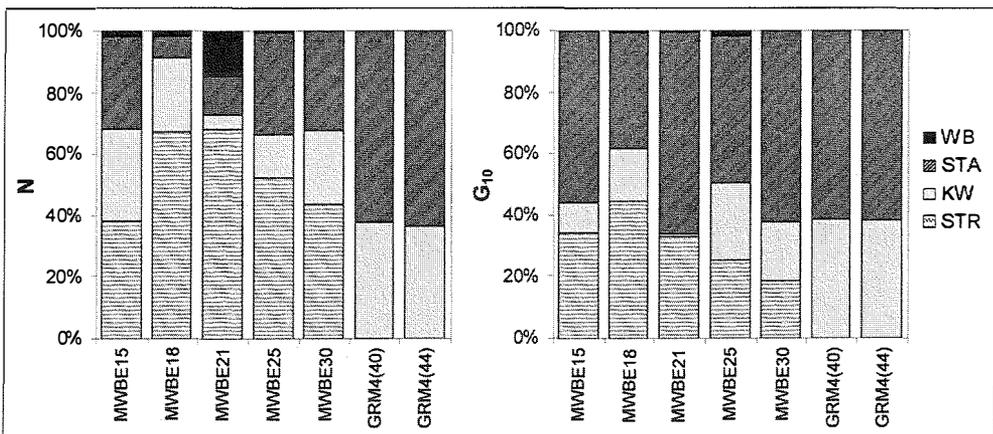


Abb. 8.3–37: Stammzahl- (N in %) und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) der Bäume, unterteilt nach Vermehrungsarten, und der Sträucher im Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (STR = Sträucher, KW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag, WB = Wurzelbrut; Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, Grandmühl: GRM4(40) = Alter 40 Jahre).

Fig. 8.3–37: Percentage of stem number (N in %) and basal area at the height of 10 cm (G_{10} in %) for trees, divided into reproduction type and shrubs in the underwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and for the investigation stand Grandmühl 4 (STR = shrubs, KW = seedling, STA = stump sprout, WB = root sprout; Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years).

Den prozentuellen Anteilen der Kernwüchse entsprachen absolute Stammzahlen der Kernwüchse von 76 (MWBE21), 129 (MWBE18), 73 (MWBE21), 80 (MWBE25) und 100 (MWBE30) in den Bestandestypen Ebenthal und 120 bis 144 N.ha⁻¹ im Untersuchungsbestand Grandmühl 4. Betrachtet man die Verteilung bei der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe, dann streuten die Kernwuchsanteile in Ebenthal zwischen 41,6 (MWBE21) und 87,7% (MWBE18). Im Untersuchungsbestand GRM4 lagen diese Werte bei 83 und 91%.

Für das Unterholz werden die Verteilungen der Kernwüchse und Stockausschläge bei den Baumarten gemeinsam mit den Sträuchern in Abbildung 8.3–37 dargestellt. In den untersuchten Mittelwaldbestandestypen Ebenthal lag der Strauchanteil an der Stammzahl im Rahmen von 38 (MWBE21) und über 60% in MWBE18, während der Grundflächenanteil in 10 cm Schafthöhe in den Bestandestypen MWBE15 und MWBE18 bei 13 und 19% lag und in den älteren Bestandestypen auf unter 10% abfiel. Die Kernwüchse der Bäume im Unterholz mit Stammzahlen von 540 N.ha⁻¹ (MWBE21) bis 12.100 N.ha⁻¹ entsprachen Anteilen von 4,7 bis 29,7% an der Gesamtstammzahl pro ha. In den Bestandestypen MWBE25 und MWBE30 waren Kernwuchsstammzahlen von 2.800 bis 5.700 N.ha⁻¹ vorhanden.

Tab. 8.3–20: Verteilung der Kernwüchse (KW) und Stockausschläge (STA) nach Stammzahl (N in %), Grundfläche in 130 cm (G in %) und Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G₁₀ in %), getrennt nach Bestandeskollektiven (UH: Unterholz; OH: Oberholz) im 40 Jahre alten Untersuchungsbestand Mittelwald Grandmühl 4.

Table 8.3–20: Distribution of seedlings (KW) and stump sprouts (STA) over stem number (N in %), basal area at the height of 130 cm (G in %) and at the height of 10 cm (G₁₀ in %) for the stand collectives underwood and overwood (UH: underwood, OH: overwood) in the investigation stand Grandmühl 4.

	UH Bhd < 5 cm		UH 5 cm ≤ Bhd < 16cm		OH 16 cm ≤ Bhd < 24 cm		OH Bhd > 24 cm	
	KW	STA	KW	STA	KW	STA	KW	STA
N [%]	43	57	36	64	64	36	96	4
G [%]	43	57	39	61	60	40	95	5
G₁₀ [%]	43	57	38	62	59	41	95	5

Betrachtet man die Verteilung der Vermehrungsarten der Bäume im Unterholz, so sind im Mittel rund ein Drittel bis drei Viertel der Stämme Kernwüchse. Diese ergaben Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe von 0,3% (MWBE21) bis 9,4% (MWBE25).

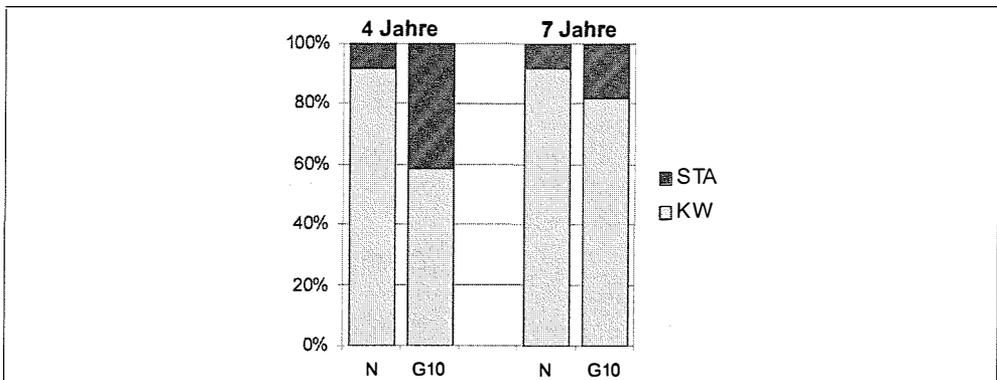


Abb. 8.3–38: Kernwuchs- und Stockausschlaganteile nach Stammzahl (N in %) und Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G₁₀ in %) im Unterholz des Untersuchungsbestandes Mittelwald Grandmühl 3 im Alter von 4 Jahren und 7 Jahren (KW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag).

Fig. 8.3–38: Percentage distribution of seedlings and stump sprouts for stem number (N in %) and basal area at the height of 10 cm (G₁₀ in %) in the underwood of the investigation stand Grandmühl 3 (coppice with standards) at the age of 4 and 7 years (KW = seedling, STA = stump sprout).

Der Untersuchungsbestand GRM4, wo der Strauchanteil unbedeutend war, hatte mit jeweils 40% etwa gleich hohe Kernwuchsanteile an der Stammzahl und der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe. Insgesamt waren im Untersuchungsbestand rund 430 Stöcke pro ha mit durchschnittlich 3,3 Stämmen je Stock vorhanden. Der Anteil der Kernwüchse nahm von den Unterholz- zu den Oberholzstufen stark zu. In der Oberholzstufe ab einem Bhd von 24 cm dominierten die Kernwüchse mit einem Anteil von 95% (Tab. 8.3–20).

Das Oberholz in den Untersuchungsbeständen Mittelwald Grandmühl 3 und Tuemling wird zur Gänze von Kernwüchsen aufgebaut.

Die Beschreibung der Vermehrungsartenverteilungen im Unterholz stellt sich für die jeweiligen Untersuchungsbestände folgendermaßen dar:

Untersuchungsbestand Grandmühl 3

Bemerkenswert ist der geringe Stammzahlanteil der Stockausschläge mit rund 8,7% (14.450 N.ha⁻¹) und 8,0% (7.000 N.ha⁻¹), der sich in der Beobachtungsperiode im Vergleich zum Grundflächenanteil in 10 cm Schafthöhe kaum veränderte (Abb.8.3–38). Die anteilige Stockausschlagsgrundfläche in 10 cm Schafthöhe von 41,5% im Alter von 4 Jahren nahm innerhalb der 3 Folgejahre auf 18,2% ab.

Wie aus Tabelle 8.3–21 ersichtlich, wurde das Verhältnis Kernwüchse zu Stockausschlägen von der Dominanz des natürlichen Hainbuchenanfluges geprägt. Beim Feldahorn nahm der Kernwuchsanteil von 19,7% im Alter von 4 Jahren auf 57,6% im Alter von 7 Jahren zu. Hasel verjüngte sich aus Stockausschlag, während bei den anderen Baumarten ausschließlich generative Verjüngung auftrat.

Aus der relativen Frequenz der Hainbuche ist erkennbar, dass Kernwüchse auf 96% der Aufnahmeflächen anzutreffen waren, Stockausschläge hingegen nur auf 56% der Aufnahmeflächen. Auch Weichlaubebäume hatten hohe Häufigkeitswerte. Die starke Stammzahlabnahme der Eichenkernwüchse ging mit einer raschen Verminderung der Häufigkeit ihres Auftretens einher.

Tab. 8.3–21: Relative Stammzahlverteilung (N in %) und relative Frequenz (rF in %) von Kernwüchsen und Stockausschlägen der Baumarten und der Hasel auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 (VART = Vermehrungsart; Werte: relative Frequenz größer 4%).

Table 8.3–21: Relative distribution of stem number (N in %) and relative frequency (rF in %) of seedlings and stump sprouts of tree species and hazel in the investigation stand Grandmühl 3 (VART = reproduction mechanism, values: relative frequency greater than 4%).

Alter [Jahre]	VART	Feldahorn		Hainbuche		Hasel		Weichlaubebäume		Zerreiche		Eiche		Σ
		N [%]	rF [%]	N [%]	rF [%]	N [%]	rF [%]	N [%]	rF [%]	N [%]	rF [%]	N [%]	rF [%]	
4	KW	20	12	93	100	0	0	100	60	100	28	100	24	91
	STA	80	8	7	56	100	16	0	0	0	72	0	0	9
7	KW	58	16	93	96	20	8	100	72	100	24	100	8	92
	STA	42	8	7	48	80	8	0	0	0	0	0	0	8

Untersuchungsbestände Tuemling

Die mittleren Kernwuchsanteile aller Untersuchungsparzellen (P11, P12, P21 und P22) unterschieden sich sowohl bei der Stammzahl als auch bei der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe zwischen den beiden Aufnahmezeitpunkten nur geringfügig (Abb. 8.3–39 und 8.3–40). Während der Stammzahlanteil vom Alter 7 Jahre bis 13 Jahre geringfügig auf 64,6% abnahm, war bei der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe eine leichte Erhöhung auf 62,4% erkennbar.

Hingegen waren deutliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsparzellen vorhanden. In den 7 Jahre alten ungepflegten Untersuchungsparzellen P12 und P22 waren bei der Stammzahl sowie bei der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe die geringsten Kernwuchsanteile vorzufinden.

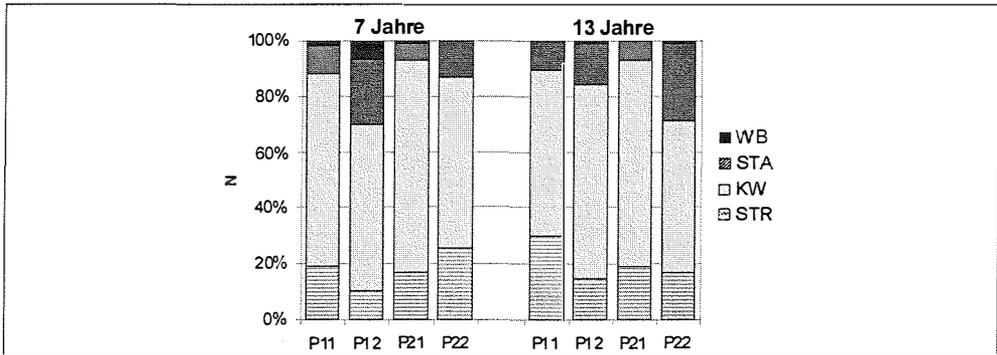


Abb. 8.3–39: Stammzahlanteile (N in %) der Bäume, unterteilt nach Vermehrungsarten, und der Sträucher im Unterholz der Untersuchungsbestände Mittelwald Tuemling im Alter von 7 und 13 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege; KW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag, WB = Wurzelbrut, STR = Sträucher).

Fig. 8.3–39: Percentage distribution of trees and reproduction type for stem number (N in %) and shrubs in the underwood of the investigation stands Tuemling (coppice with standards) at the age of 7 and 13 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended; KW = seedling, STA = stump sprout, WB = root sprout, STR = shrubs).

Während der 6-jährigen Beobachtungsperiode gingen die Kernwuchsstammzahlanteile auf der gezäunten und gepflegten Parzelle P11 infolge eines höheren Strauchanteils um rund 10% zurück, während sie sich auf der gezäunten und ungepflegten Parzelle P12 um rund 10% erhöhten. Auf den beiden anderen Parzellen trat bei den Stammzahlverteilungen kaum eine Veränderung auf. Bei der Grundflächenentwicklung in 10 cm Schafthöhe kam es zu deutlichen Veränderungen in den Anteilen

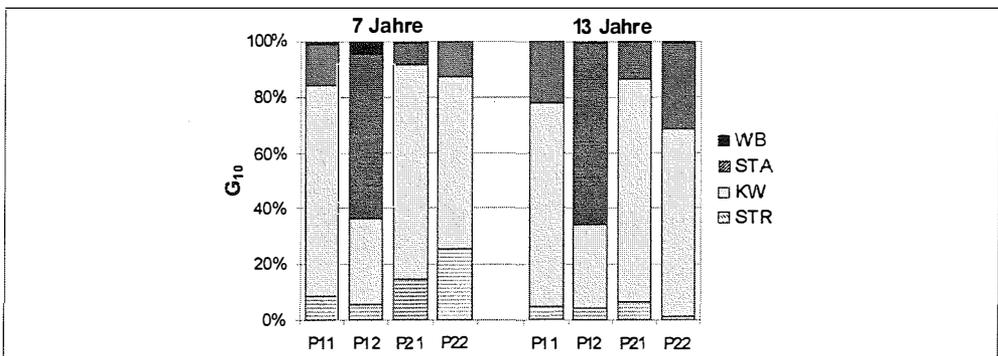


Abb. 8.3–40: Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) der Bäume, unterteilt nach Vermehrungsarten, und der Sträucher im Unterholz der Untersuchungsbestände Mittelwald Tuemling im Alter von 7 und 13 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege; KW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag, WB = Wurzelbrut, STR = Sträucher).

Fig. 8.3–40: Percentage distribution of trees and reproduction type for basal area at the height of 10 cm (G_{10} in %) and of shrubs in the underwood of the investigation stands Tuemling (coppice with standards) at the age of 7 and 13 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended; KW = seedling, STA = stump sprout, WB = root sprout, STR = shrubs).

der Stockausschläge und Sträucher. Insbesondere in den ungepflegten Parzellen P12 und P22 nahmen die Stockausschlagsanteile zu Ungunsten der Strauchanteile stark zu, während die Kernwuchsanteile annähernd auf gleichem Niveau blieben. Der Grundflächenanteil in 10 cm Schafthöhe der Stockausschläge hatte sich auf allen Parzellen während der Beobachtungsperiode jeweils etwa verdoppelt. Auf den gepflegten Parzellen P11 und P21 hatten die Stockausschlagsanteile von 12,0 und 6,3 % auf 23,4 und 14,7 % zugenommen. Die deutlich höheren Anteile auf den ungepflegten Parzellen hatten sich von 58,5 und 16,7 % auf 68,7 und 31,1 % erhöht.

Tab. 8.3–22: Stammzahl- (N in %) und Grundflächenanteil in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) von Kernwüchsen nach Baumarten (BA) für die Untersuchungspartellen Tuemling (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) im Alter von 13 Jahren.

Table 8.3–22: Percentage of stem number and basal area at the height of 10 cm (N in % and G_{10} in %) for seedlings (BA = tree species) in the investigation parcels Tuemling (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

BA	Alter 13 Jahre							
	P11		P12		P21		P22	
	N [%]	G_{10} [%]	N [%]	G_{10} [%]	N [%]	G_{10} [%]	N [%]	G_{10} [%]
Fah	71,2	58,1	99,1	99,2	97,1	88,6	85,2	81,6
Ah	93,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	50,0	22,5
Hbu	0,0	0,0	100,0	100,0	87,0	94,2	100,0	100,0
Es	89,1	86,4	96,0	99,5	98,9	99,5	83,3	74,7
Vki, Els ¹	92,3	100,0	100,0	100,0	100,0; 100,0 ¹	100,0; 100,0 ¹	0,0	0,0
Eisp	0,0	0,0	0,0	0,0	36,4	52,1	0,0	0,0
Rob, Zei ¹	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0 ¹	100,0 ¹	0,0	0,0
sWLB	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ful	74,4	74,3	67,4	60,2	100,0	100,0	12,5	17,5

Die baumartenspezifische Verteilung von Stockausschlägen und Kernwüchsen fiel sehr unterschiedlich aus (Tab. 8.3–22). Feldahorn und Feldulme hatten die geringsten Kernwuchsanteile aller Baumarten. Bei starken Unterschieden zwischen den Parzellen lagen diese im Bereich von 17,5 bis 99,2 % an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe. Bei der Eiche, welche nach 13 Jahren nur mehr auf der gepflegten Parzelle P12 vorhanden war, dominierte der Stockausschlagsanteil. Durch die Pflegeeingriffe hatten die Stockausschläge bei Feldahorn, Hasel, Esche und Feldulme stark und bei den anderen Baumarten leicht zugenommen.

Tabelle 8.3–23 gibt die Häufigkeit des Auftretens von Stockausschlägen und Kernwüchsen der Baumarten und der Hasel, sowie der Sträucher wieder.

Gegenüber dem Alter von 7 Jahren traten Stockausschläge der Baumarten und der Hasel im Alter von 13 Jahren verstärkt auf. Stockausschläge von Feldahorn und Esche waren im Alter von 13 Jahren auf allen Parzellen vorzufinden und deren Häufigkeit schwankte jeweils zwischen 10 und 25 % und 10 und 35 %. Ahornstockausschläge erreichten nur auf den Parzellen P11 und P22 relative Frequenzwerte von 5 bis 25 %. Die höchsten Häufigkeitswerte erreichten die Stockausschläge der Hasel mit 40 bis 100 %, was gegenüber dem Alter von 7 Jahren einer Verdoppelung des Auftretens in den jeweiligen Parzellen gleichkam.

Wie aus Tabelle 8.3–24 ersichtlich, traten Kernwüchse von Feldahorn und Esche ebenfalls in allen Parzellen auf und deren Häufigkeiten lagen bei 80 bis 100 %. Ahornkernwüchse waren ebenfalls in allen Parzellen vorhanden, wobei deren Häufigkeit mit 10 % in der gezäunten und ungepflegten Parzelle P12 am geringsten war und in den anderen Parzellen auf hohem Niveau zwischen 50 und 65 % schwankte. Auch

Tab. 8.3–23: Relative Frequenz (rF in %) von Kernwüchsen und Stockausschlägen der Baumarten (BA) und der Straucharten (STR) für die Untersuchungsbestände Tuemling (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) im Alter von 7 und 13 Jahren.

Table 8.3–23: Relative frequency (rF in %) of seedlings and stump sprouts of tree species (BA) and shrub species (STR) in the investigation stands Tuemling (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

BA / STR	Alter 7 Jahre								Alter 13 Jahre							
	P11		P12		P21		P22		P11		P12		P21		P22	
	STA	KW	STA	KW	STA	KW	STA	KW	STA	KW	STA	KW	STA	KW	STA	KW
Fah	10	90	—	100	—	90	—	100	20	85	10	80	10	90	25	100
Ah	—	50	—	—	—	65	—	60	5	65	—	10	—	55	25	50
Hbu	—	5	—	—	5	70	—	—	—	—	—	10	15	75	—	25
Has	25	30	40	20	30	30	40	40	40	15	60	10	65	15	100	—
Es	—	95	—	100	—	95	—	100	35	90	10	90	10	100	25	100
Vki	—	25	—	40	—	15	—	20	5	25	—	10	—	20	—	—
Ei, Els	—	10 ¹	—	50 ¹	—	10 ¹	—	—	5 ¹	—	—	—	—	5 ¹ , 5 ²	—	—
Ze ¹ , Rob ²	—	5 ²	—	20 ²	—	—	—	—	15 ²	—	20 ²	—	—	5 ¹	—	—
sLb, sWLb	—	10	—	10	—	10	—	20	—	5	—	10	—	10	—	25
Ful	5	95	—	60	—	20	—	60	15	60	—	50	—	40	—	50
Har	—	65	—	70	—	80	—	100	—	75	—	70	—	60	—	100
Lig	—	55	—	10	—	20	—	40	—	15	—	10	—	10	—	25
SSTR	—	5	—	10	—	15	—	40	—	35	—	10	—	10	—	25

Kernwüchse von Feldulme traten häufig auf. Bei den Sträuchern domierte in beiden Aufnahmejahren der Hartriegel mit Prozentwerten von 60 bis 100 %. Leichte Veränderungen waren in den jeweiligen Parzellen zwischen den Aufnahmezeitpunkten erkennbar. Liguster kam im Alter von 13 Jahren nur mehr mit 10 bis 25 % vor, ebenso sonstige Sträucher mit 10 bis 35 %.

8.3.6.1.2 Niederwaldbestände mit Überhältern

Im Vergleich zu den Mittelwaldbestandestypen Ebenthal dominierten in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern die Stockausschläge bei den Oberständern deutlich (Tab. 8.3–24). Die Stammzahl- und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe erreichten mit Ausnahme der Überhälter im 7 Jahre alten Bestandestyp NUBE7 Prozentwerte von 83 bis 100 % und 64,1 bis 100 %.

Tab. 8.3–24: Stammzahlanteile (N in %) und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (G₁₀ in %) von Kernwüchsen (KW) und Stockausschlägen (STA) im Oberholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (BET = Bestandestyp).

Table 8.3–24: Percentage of stem number and basal area at the height of 10 cm (N in % and G₁₀ in %) for seedlings (KW) and stump sprouts (STA) in the overwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (BET = stand type).

Waldort	BET	Ebenthal									
		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
N	KW	100	0	17,0	9,5	8,3	15,0	0	12,0	13,6	13,5
	STA	0	0	83,0	90,5	91,7	85,0	100	88,0	86,4	86,5
G ₁₀	KW	100	0	29,5	10,4	35,9	31,5	0	14,1	29,4	21,1
	STA	0	0	70,5	89,6	64,1	68,5	100	85,9	70,6	78,9

Im Unterholz blieben die Strauchanteile an der Stammzahl mit zunehmendem Alter, wie bereits erwähnt, mit im Mittel 70% fast konstant (Abb. 8.3–41). Die Kernwüchse erreichten im Unterholz, ausgenommen im Bestandestyp NUBE18 mit einem Anteil 17%, Prozentwerte von 3% (NUBE25) bis 13% (NUBE21).

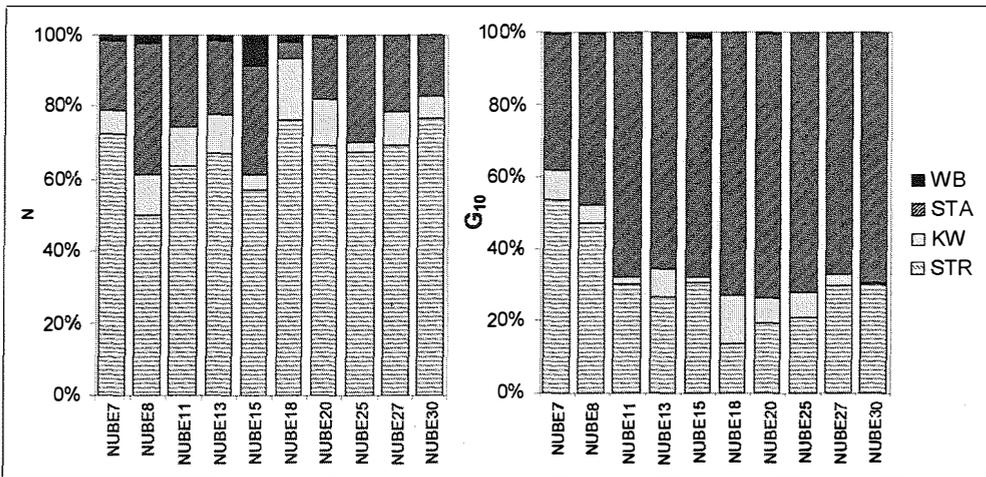


Abb. 8.3–41: Stammzahl- (N in %) und Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe (G_{10} in %) der Bäume, unterteilt nach Vermehrungsarten, und der Sträucher im Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (STR = Strauch, KW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag, WB = Wurzelbrut; NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3–41: Percentage distribution of trees and reproduction type for stem number (N in %) and basal area at the height of 10 cm (G_{10} in %) and of shrubs in the underwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (KW = seedling, STA = stump sprout, WB = root sprout, STR = shrubs; NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years).

Nach absoluten Stammzahlen betrug die Variationsbreite der Kernwüchse $350 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (NUBE25) bis $8.100 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (NUBE11). Das entsprach im Mittel einem Kernwuchsanteil am Unterholz-Baumkollektiv von 8 bis 73% bei starken Unterschieden zwischen den Bestandestypen.

Der Anteil der Stockausschläge an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe schwankte bei Berücksichtigung der Strauchvegetation zwischen 32 und 57% und innerhalb des Baumkollektivs zwischen 70 und 81%.

8.3.7 HÖHEN- UND DURCHMESSERENTWICKLUNG IN 10 CM SCHAFTHÖHE IM UNTERHOLZ

Bestandestypen Mittelwald Ebenthal

In Abbildung 8.3–42 sind die mittleren Baum- und Strauchhöhen der Grundflächenmittelstämme (H_m) für die Kernwüchse und Stockausschläge der häufigsten Baumarten sowie der Sträucher für die jeweiligen Bestandestypen dargestellt. Bereits im 15 Jahre alten Bestandestyp MWBE15 hatten die Bäume mittlere Höhen von 8 bis über 12 m erreicht, wobei die Stockausschläge von Esche und Feldahorn im

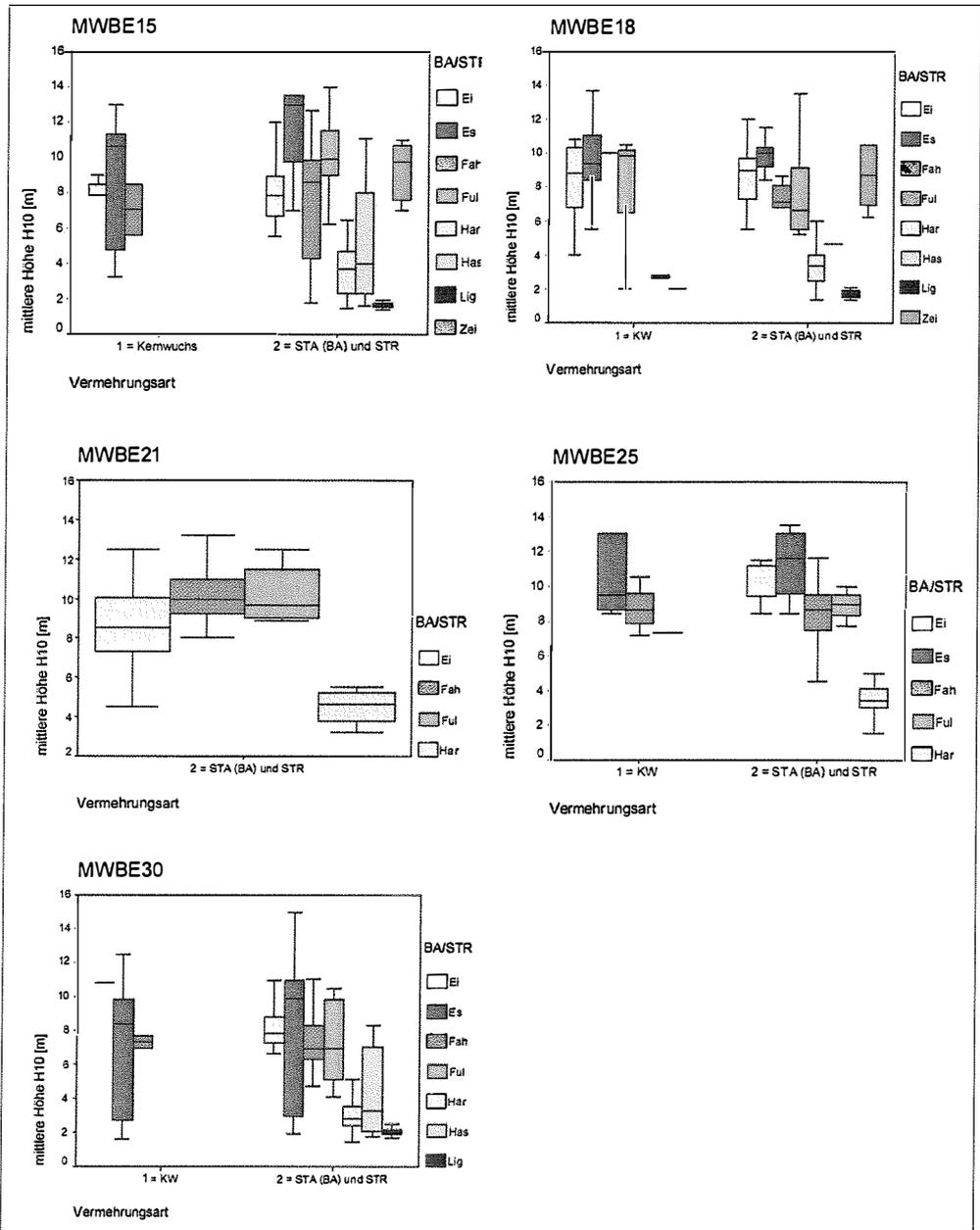


Abb. 8.3–42: Box-plot-Darstellung der mittleren Höhen (H_{10} in m) pro Probefläche und Baumart, unterteilt nach Vermehrungsarten, und Strauchart (STR = Strauch, KW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag, WB = Wurzelbrut) im Unterholz der fünf Mittelwaldbestandestypen Ebenenthal (MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3–42: Box-plot diagram of the mean height (H_{10} in m) for the inventory poots and tree species, divided into reproduction type and shrubs (STA = stump sprout, WB = root sprout, STR = shrubs), in the underwood of the five coppice with standards types Ebenenthal (MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years).

oberen Höhenbereich lagen. Die Höhenstrukturen und -bereiche veränderten sich bei den Baumarten mit zunehmendem Bestandesalter wenig. Beachtlich war die große Streuung der mittleren Höhenwerte. Die Hasel blieb im Höhenwachstum im untersuchten Altersbereich gegenüber den Baumarten zurück. Hartriegel und Liguster verblieben in der unteren Höhengschicht von 2 bis 4 m, wobei der Hartriegel vereinzelt Höhen bis zu 6 m erreichte. Die geringen Veränderungen mit zunehmendem Alter konnten erwartet werden, da der Auswuchs aus dem Unterholz ins Oberholz bei dieser Darstellung nicht erfasst wird. Bemerkenswert ist aber, dass schon im 15 Jahre alten Bestandestyp das Unterholz deutlich in den Kronbereich der Oberständler eingedrungen war.

Untersuchungsbestand Grandmühl 3

Die Wachstumskennwerte mittlere Durchmesser der Grundflächenmittelstämme in 10 cm Schafthöhe und mittlere Höhen der Mittelhöhenstämme für die häufigst auftretenden Kernwüchse und Stockausschläge der Baumarten sowie der Sträucher auf der Untersuchungsfläche GRM3 im Alter von 4 und 7 Jahren sind der Abbildung 8.3–43 zu entnehmen.

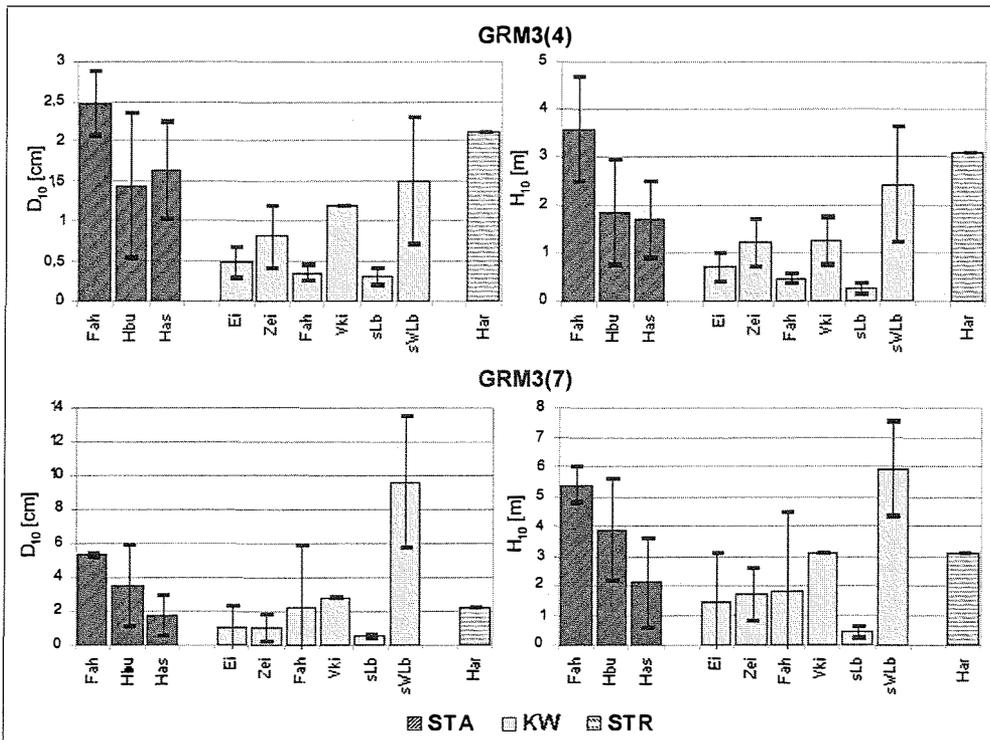


Abb. 8.3–43: Mittlere Durchmesser für die Grundflächenmittelstämme in 10 cm Schafthöhe (D_{10} in cm) und mittlere Höhen der Mittelhöhenstämme (H_{10} in m) der Bäume, unterteilt nach Vermehrungsarten, und der Sträucher (STR = Strauch, KW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag) im Unterholz des Untersuchungsbestandes Grandmühl 3 im Alter von 4 und 7 Jahren. (Fehlerbalken: Standardabweichung).

Fig. 8.3–43: Quadratic mean diameter at the height of 10 cm (D_{10} in cm) and mean height of the mean height stems (H_{10} in m) of the trees, divided into reproduction type and shrubs in the underwood of the investigation stand Grandmühl 3 at the age of 4 and 7 years (KW = seedling, STA = stump sprout, WB = root sprout, STR = shrubs) (Error bar: standard deviation).

Die Relationen der mittleren Höhen- und Durchmesserwerte zwischen den Stockausschlägen und Kernwüchsen der Baumarten zeigten die Wuchsüberlegenheit der Stockausschläge von Feldahorn und Hainbuche sowie der Kernwüchse der Weichlaubebäume (Weide, Aspe) im Alter von 4 Jahren. Bemerkenswert war das rasche Dicken- und Höhenwachstum der Stockausschläge von Hasel und Hartwriegel, welche dadurch ihre Konkurrenzkraft im Jungwuchsstadium unterstrichen. Nach 4 Vegetationsperioden erreichten die Stockausschläge mittlere Wuchshöhen von 1,8 m (Has) bis 3,5 m (Fah). Die Kernwüchse von Eiche, Zerreiche und Vogelkirsche blieben im Höhenwachstum deutlich zurück.

Bis ins Alter von 7 Jahren blieben trotz kräftigen Dicken- und Höhenwachstums die Wuchsrelationen zwischen den Baumarten weitgehend bestehen. Beim Hartriegel waren keine Veränderungen erkennbar. Feldahorn-Stockausschläge und Weichlaubbaum-Kernwüchse zeigten mit mittleren Höhen von 5,2 m und 6,0 m bis ins Alter von 7 Jahren das rascheste Höhenwachstum, gefolgt von den Hainbuchen-Stockausschlägen mit einer Mittelhöhe von 4,0 m. Dadurch ergaben sich durchschnittliche Höhenzuwächse für die 7 Vegetationsperioden von 0,7 (Feldahorn-Stockausschlag), 0,9 (Weide-Kernwuchs) und 0,4 (Hainbuche-Stockausschlag) m.yr⁻¹. Die Kernwüchse von Feldahorn, Hainbuche und Zerreiche blieben in der Höhenentwicklung mit Werten von 1,2 m bis 1,6 m weit zurück. Die Unterschiede in der Höhenentwicklung zu den Stockausschlägen waren in den letzten 3 Jahren größer geworden.

Untersuchungsbestände Tuemling

Die durchschnittlichen Mittelhöhen nach den Vermehrungsarten der Bäume sowie der Sträucher im Alter von 7 Jahren sind aus Abbildung 8.3–44 ersichtlich. Abgesehen von der vereinzelt auftretenden vorwüchsigen Robinie gehörten auf den gepflegten Parzellen Feldahorn–Stockausschläge, Feldulme–Stockausschläge und Kernwüchse von Esche und Ahorn auf der Parzelle P11 sowie Kernwüchse von Esche, Ahorn und Feldulme auf der Parzelle P21 zur Oberschicht (2 bis 3 m). Hasel–Stockausschläge auf beiden Parzellen, sowie Hartriegel und sonstige Sträucher auf der Parzelle P11 waren mit mittleren Höhen knapp über 2 m ebenfalls raschwüchsig. Auf den ungepflegten Parzellen waren auf P12 Kernwüchse der Weichlaubebäume und der Robinie sowie die Hasel vorwüchsig, während auf P22 die Kernwüchse von Esche, Ahorn und sonstigen Laubbäumen die größten Höhen hatten. Die mittlere Höhe von rund 3 m für die Hasel–Stockausschläge auf der ungepflegten Parzelle P12 verdeutlichte das rasche Jugendwachstum der Hasel. Gemeinsam mit Robinien–Kernwüchsen und Weichlaubebäumen dominierten diese Gehölze in der obersten Höhengschicht. Kernwüchse und Sträucher, welche den Höhenbereich bis 2 m nicht oder nur knapp überschritten, blieben deutlich zurück. Ein zweischichtiger Bestandescharakter war erkennbar. Auf der ungepflegten Parzelle P22 hatten Eschen–, Ahorn– und sonstige Laubbäume–Kernwüchse die höchsten mittleren Höhen, gefolgt von Hasel und Hartriegel.

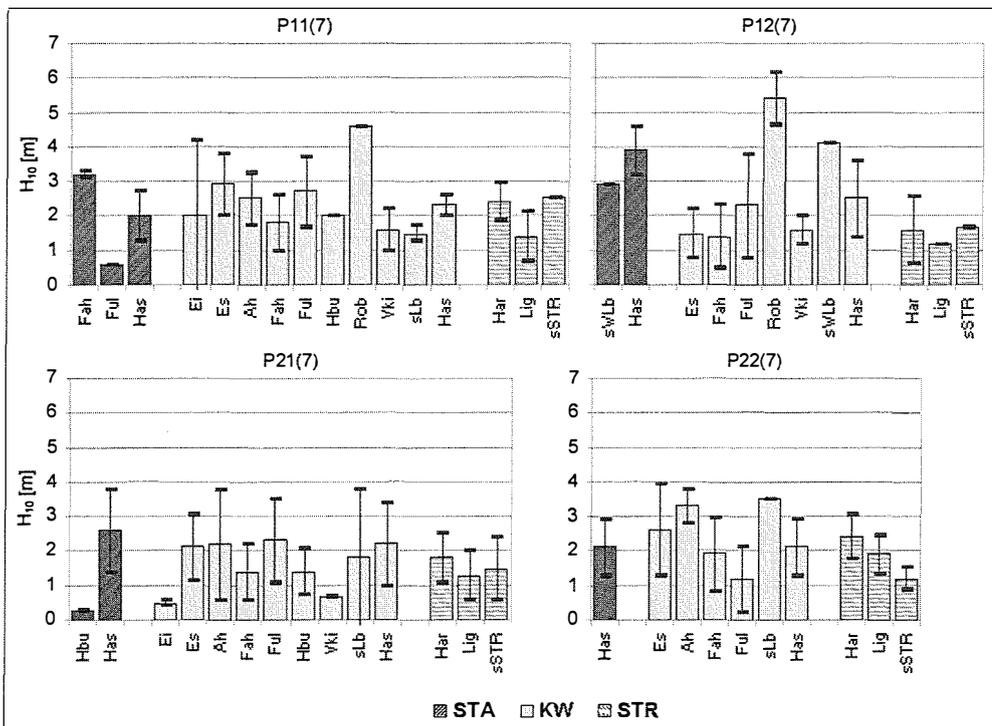


Abb. 8.3–44: Mittlere Höhen der Mittelhöhenstämme (H_{10} in cm) der Bäume, unterteilt nach Vermehrungsarten, und der Sträucher (STR = Strauch, KW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag) im Unterholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 7 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege). (Fehlerbalken: Standardabweichung).

Fig. 8.3–44: Mean height of the mean height stems (H_{10} in m) of the trees, divided into reproduction type, and shrubs in the underwood of the investigation stands Tuemling at the age of 7 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended; KW = seeding, STA = stump sprout, WB = root sprout, STR = shrubs) (Error bar: standard deviation).

Differenzierter stellte sich die Situation im Alter von 13 Jahren dar (Abb. 8.3–45 und 8.3–46). Die Robinie hatte auf der Parzelle P11 (gezäunt und gepflegt) im 13. Jahr eine mittlere Höhe von 9,8 m. Von den Kernwüchsen Esche, Ahorn und Vogelkirsche konnte nur die Esche mit den Stockausschlägen von Esche, Eiche und Hasel auf den gepflegten Parzellen beim Höhenwachstum mithalten.

Von den Stockausschlägen der Baumarten Esche und Eiche sowie der Hasel wurden, trotz Pflegemaßnahmen, bereits wieder Höhen von rund 4 bis 5 m erreicht. Hartriegel mit rund 2 m und Liguster mit 1 m blieben im Wachstum klar zurück.

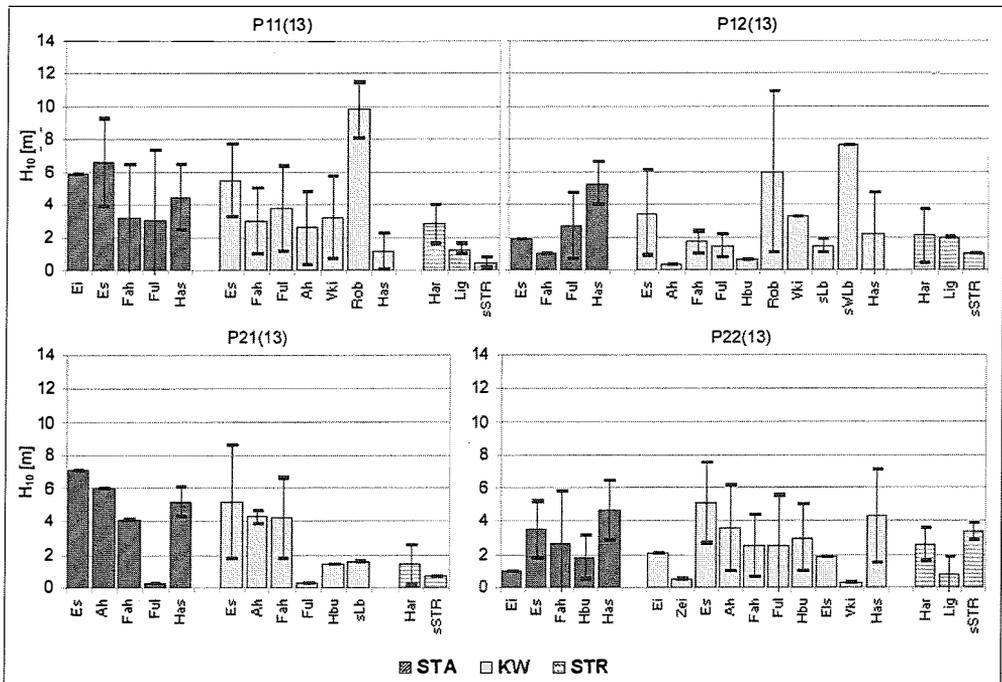


Abb. 8.3–45: Mittlere Höhen der Mittelhöhen (H_{10} in cm) der Bäume, unterteilt nach Vermehrungsarten, und der Sträucher (STR= Strauch, KW = Kernwuchs, STA= Stockausschlag) im Unterholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 13 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege). (Fehlerbalken: Standardabweichung).

Fig. 8.3–45: Mean height of the mean height stems (H_{10} in m) of the trees, divided into reproduction type and shrubs in the undergrowth of the investigation stands Tuemling at the age of 13 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended; KW = seedling, STA = stump sprout, WB = root sprout, STR = shrubs) (Error bar: standard deviation)

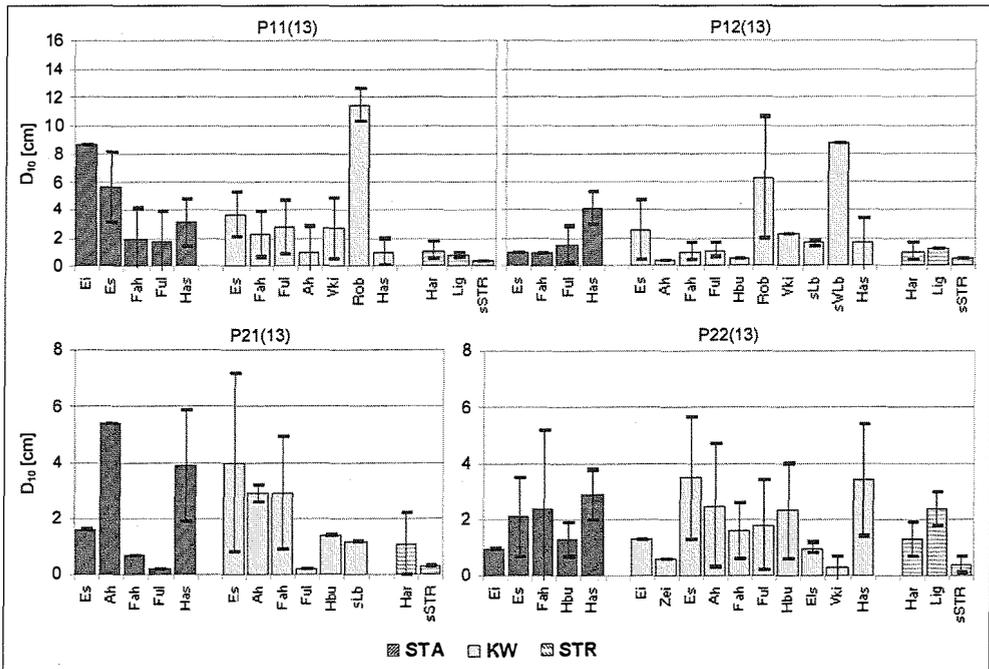


Abb. 8.3–46: Mittlere Durchmesser der Grundflächenmittelstämme in 10 cm Schafthöhe (D_{10} in cm) der Bäume, unterteilt nach Vermehrungsarten, und der Sträucher (STR = Strauch, KW = Kernwuchs, STA = Stockausschlag) im Unterholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 13 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege). (Fehlerbalken: Standardabweichung).

Fig. 8.3–46: Quadratic mean diameter at the height of 10 cm (D_{10} in cm) of the trees, divided into reproduction type and shrubs in the underwood of the investigation stands Tuemling at the age of 13 years (parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended; KW = seeding, STA = stump sprout, WB = root sprout, STR = shrubs) (Error bar: standard deviation)

Auf der gezäunten und ungepflegten Parzelle P12 hatten sich im Vergleich zum Alter von 7 Jahren die Höhenunterschiede zwischen den vorwüchsigen Robinien, Weichlaubbäumen und Haseln und den anderen Baumarten weiter vergrößert. Hasel–Stockausschläge und Kernwüchse von Esche und Ahorn bildeten die Oberschicht auf der ebenfalls ungepflegten Parzelle P22. Vereinzelt vorhandene Stockausschläge von Esche, Ahorn und Feldahorn wuchsen ebenfalls in die Oberschicht ein. Die Sträucher verblieben mit mittleren Höhen unter 2 m in Unterschicht.

Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal

Das mittels der Gleichung (8) geschätzte altersabhängige Höhen- und Durchmesserwachstum in 10 cm Schafthöhe für die Stockausschläge der Baumarten Eiche, Zerreiche und Feldahorn im Vergleich zum Hartriegel wird in Abbildung 8.3–47 dargestellt (Anhang 6 und 7). Die Entwicklung der Höhen und der Durchmesser in 10 cm Schafthöhe zeigte, dass der Hartriegel infolge raschen Jugendwachstums in den ersten 5 bis 8 Jahren den Baumarten überlegen ist. Der Höhenkurvenverlauf zeigte einen raschen Anstieg auf 2 m, um dann bei flachem Anstieg im Alter von 20 bis 30 Jahren mittlere Höhen von bis zu 4 m zu erreichen. Ähnlich verlief die Durchmesserentwicklung in 10 cm Schafthöhe. In den ersten Jahren nach

dem Erntehieb war der Hartriegel gegenüber den Stockausschlägen von Zerreiche, Feldahorn und Eiche deutlich vorwüchsig, blieb aber in weiterer Folge gegenüber den Stockausschlägen deutlich zurück. Das bedeutet auch, dass das Höhen- und Durchmesserwachstum beim Hartriegel schon sehr früh kulminiert.

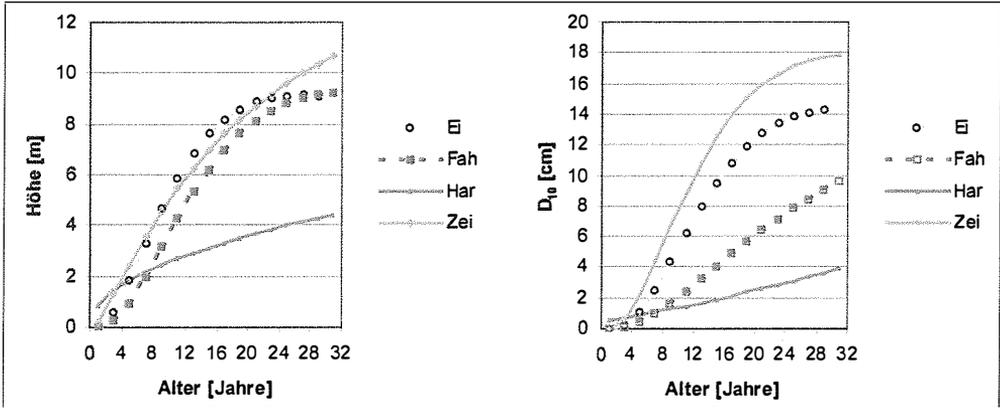


Abb. 8.3–47: Entwicklung von Höhe (H in m) und Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (D_{10} in cm) für Stockausschläge von Eiche (Ei), Feldahorn (Fah), Zerreiche (Zei) und Hartriegel (Har) in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (Schätzfunktionen auf der Basis von Probeflächenmittelwerten).

Fig. 8.3–47: Height growth (H in m) and diameter growth at the height of 10 cm (D_{10} in cm) of stump sprouts of oak (Ei), field maple (Fah), turkey oak (Zei) and dogwood (Har) in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (equation based on means of sample plots).

8.3.8 HOLZVOLUMENVORRAT

8.3.8.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Die durchschnittlichen Holzvolumenvorräte in Ebenthal schwankten zwischen 94 und 184 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$ und die Standardfehler im Bereich von $\pm 6,0$ bis $\pm 18,1$ %. Im Unterholz lagen die mittleren Fehler deutlich über jenen des Oberholzes. Wie aus Tabelle 8.3–25 ersichtlich, waren die höchsten Vorräte im 21 Jahre alten

Tab. 8.3–25: Holzvolumenvorrat (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und Vorratsanteile (V in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand).

Table 8.3–25: Volume (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of volume (V in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type, UBE = investigation stand).

Waldort		Ebenthal					Grandmühl	
BET/UBE		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	GRM4	
Alter [Jahre]		15	18	21	25	30	40	44
V [$\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$]	OH	104,0 (19,9)	74,0 (12,8)	158,0 (5,8)	142,0 (18,4)	117,0 (19,0)	13,04	159,0
	UH	26,0 (20,2)	21,0 (19,6)	26,0 (17,0)	32,0 (23,3)	36,0 (28,6)	57,0	58,0
	Σ	130 (15,8)	94,0 (10,0)	184,0 (6,0)	174,0 (18,1)	154,0 (12,6)	191,0	217,0
v [%]	OH	80,0	78,7	85,9	81,6	76,0	70,2	73,3
	UH	20,0	21,3	14,1	18,4	24,0	29,8	26,7

Bestandestyp (MWBE21) und die niedrigsten Vorräte im 18-jährigen Bestand (MWBE18) anzutreffen. Im Bestandestyp MWBE18 waren sowohl im Oberholz als auch im Unterholz die geringsten Vorräte vorhanden. Diese lagen in den älteren Mittelwaldbestandestypen im Oberholz bei 117 bis 158 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$ und im Unterholz bei 26 bis 36 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$, was Unterholzanteilen von 14,1 bis 24,0% entsprach. Im 40 Jahre alten Untersuchungsbestand GRM4 lag der gesamte Bestandesvorrat mit 191 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$ nur geringfügig über jenem des Bestandestyps MWBE21 in Ebenthal. Bei der Verteilung des Vorrates auf das Ober- und Unterholz zeigten sich aber zwischen diesen Bestandestypen große Unterschiede (Tab. 8.3–25). Innerhalb von 4 Jahren nahm der Vorrat auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 4 um 26 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$ auf 217 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$ zu, was einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 6,5 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ entsprach.

In den Bestandestypen MWBE15, MWBE18 und MWBE21 traten die höchsten Holzvolumenvorräte jeweils in den mittleren Durchmesserklassen DK30 bis DK38 auf, während sich der Holzvolumenvorrat in den älteren Bestandestypen Ebenthal und Grandmühl 4 auf die stärksten Durchmesserbereiche konzentrierte. Diese beiden Durchmesserklassen mit den höchsten Vorratswerten hatten prozentuelle Anteile von rund 13 bis 20% der jeweiligen Bestandesvorräte. Im Unterholz lagen die Häufigkeitsmaxima überwiegend im Durchmesserbereich von 8 bis 12 cm.

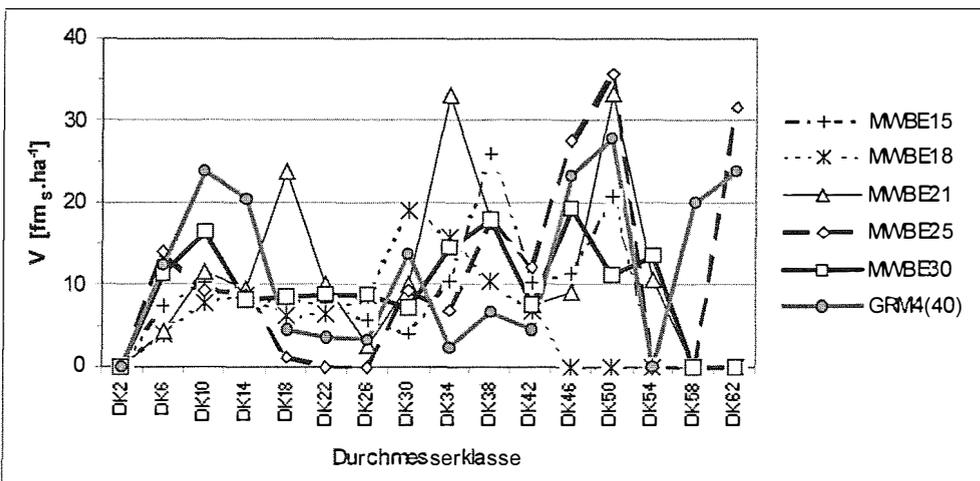


Abb. 8.3–48: Holzvolumenvorratsverteilung (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, UBE = Untersuchungsbestand; Ebenthal: MWBE 15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, GRM4(40) = Alter 40 Jahre) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–48: Distribution of volume (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$) over diameter classes in the stand types Ebenthal (coppice with standards) and in the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood; UBE = investigation stand; Ebenthal: MWBE 15 = age 15 years, MWBE 18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years) (range of diameter class: 4 cm).

Auf der Untersuchungsfläche GRM 3 und den mit 7 Jahren gleichaltrigen Versuchspartellen in Tuemling waren im Unterholz noch keine Bäumchen über die Kluppschwelle von 5 cm Bhd gewachsen und somit errechnete sich kein Volumenvorrat (Abb. 8.3–49). Nach 13 Jahren stockten auf den Versuchspartellen im Unterholz mittlere Vorräte von 25 bis 40 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$. Der höchste Wert trat in der Parzelle P22 auf, der niedrigste in der Parzelle P12. Die hohen relativen Standardfehler weisen indirekt auf eine sehr inhomogene Vorratsverteilung innerhalb der Parzellenflächen hin. Oberholz und Unterholz gemeinsam ergaben Vorräte von 46 bis 89 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$, wobei die Verteilung auf die beiden Bestandeskollektive auch bei Betrachtung der Oberholzentwicklung sehr unterschiedlich ausfiel. Während die Unterholzanteile am Vorrat in den Parzellen P11, P12 und P21 bei 23,2 bis 30,4% lagen, stockte in der Parzelle P22 bereits ein höherer Vorrat im Unterholz als im Oberholz.

Tab. 8.3–26: Holzvolumenvorrat (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und Vorratsanteile (V in %) im Ober- und Unterholz der Mittelwald-Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling (OH = Oberholz, UH = Unterholz, UBE = Untersuchungsbestand, Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–26: Volume (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of volume (V in %) in the overwood and underwood of the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand; Grandmühl 3: GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort		Grandmühl			Tuemling							
UBE		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	4	7	7				13			
V [$\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$]	OH	39	41	49	91	100	39	56	64	43	32	36
	UH	0	0	0	0	0	0	0	25 (56,4)	13 (57,2)	14 (86,5)	40 (63,2)
	Σ	39	41	49	91	100	39	56	89	56	46	76
v [%]	OH	100	100	100	100	100	100	100	71,9	76,8	69,6	47,4
	UH	0	0	0	0	0	0	0	28,1	23,2	30,4	52,6

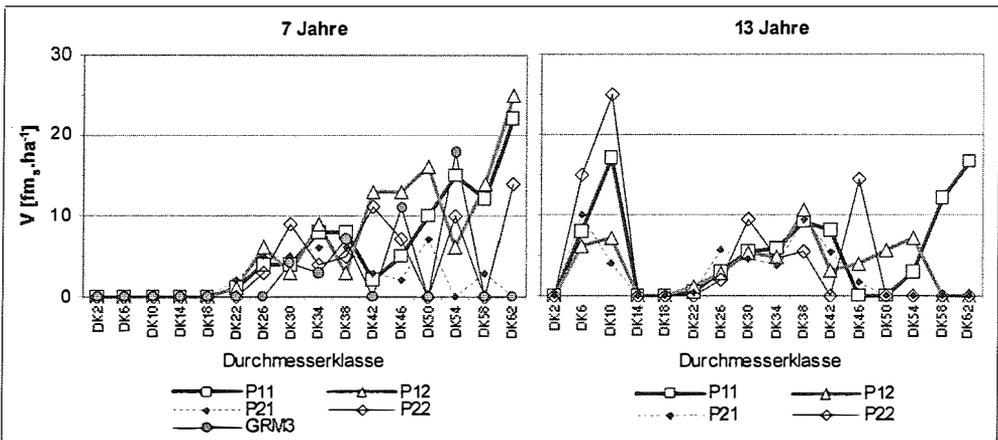


Abb. 8.3–49: Holzvolumenvorratsverteilung (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$) nach Durchmesserklassen in den Mittelwald-Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling im Alter von 7 Jahren (links) und 13 Jahren (rechts) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4cm).

Fig. 8.3–49: Distribution of volume (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$) over diameter classes in the investigation stands (coppice with standards) Grandmühl 3 and Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class = 4 cm).

Die Verteilung der Holzvolumenvorräte auf die Durchmesserklassen zeigt den zügigen Vorratsaufbau nach einem Mittelwaldhieb. 7 Jahre nach dem Mittelwaldhieb fanden sich die höchsten Vorräte in den stärkeren Durchmesserklassen. Entsprechend der raschen Durchmesserentwicklung hatten die Durchmesserklassen DK6 und DK10 mit 4 bis 25 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$ Vorratsanteile von 9 bis 33% erreicht. Bei der prozentuellen Vorratsverteilung müssen natürlich die Auswirkungen der Nachlichtungshiebe berücksichtigt werden. Auffallend waren die großen Schwankungen in den schwächeren Durchmesserklassen, welche auf die stark unterschiedlichen Baumarten- und Vermehrungsartenzusammensetzungen zurückzuführen

Tab. 8.3–27: Holzvolumenvorrat (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und Vorratsanteile (V in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestypen).

Table 8.3–27: Volume (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of volume (V in %) in the overwood and underwood of the stand types coppice with reserves (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand types).

Waldort		Ebenthal									
BET		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
V [$\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$]	OH	6 (83,2)	0	15 (84,3)	17 (56,5)	11 (48,4)	32 (44,6)	29 (25,4)	65 (11,1)	67 (18,2)	57 (14,3)
	UH	4 (55,5)	2	11 (70,2)	22 (42,3)	26 (13,1)	32 (31,4)	37 (14,2)	47 (3,0)	46 (13,1)	47 (36,1)
V [%]	Σ	10 (61,1)	2 (65,2)	26 (60,5)	39 (30,3)	37 (19,9)	64 (16,6)	66 (10,8)	111 (6,7)	113 (8,0)	104 (17,0)
	OH	60,0	0	57,7	43,6	29,7	50,0	43,9	58,6	59,3	54,8
	UH	40,0	100	42,3	56,4	70,3	50,0	56,1	41,4	40,7	45,2

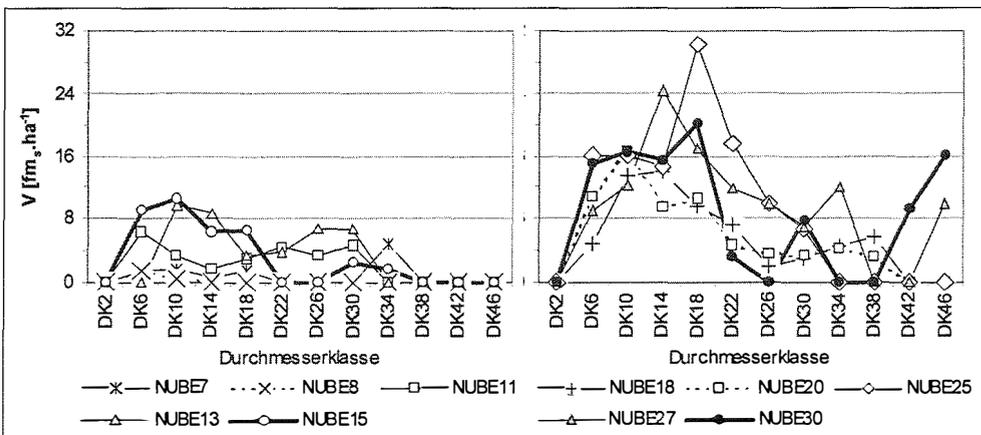


Abb. 8.3–50: Holzvolumenvorratsverteilung (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre). (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–50: Distribution of volume (V in $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$) over diameter classes in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of diameter class: 4 cm).

8.3.8.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

In den Niederwaldbeständen mit Überhältern erreichten die Bestandestypen nach 25 bis 30 Jahren Vorräte von 104 bis 113 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$, wobei die Vorratsanteile in diesem Alter im Oberholz geringfügig höher lagen (Tab. 8.3–27).

Die Bestandesvorräte blieben deutlich hinter jenen der etwa gleichaltrigen Mittelwaldbestandestypen zurück. In den mittelalten Bestandestypen NUBE13 und NUBE15 waren die Unterholzvorräte deutlich höher als jene des Oberholzes, während Ober- und Unterholz im Bestandestyp NUBE18 gleiche Anteile einnahmen. Die Häufigkeitsmaxima der Durchmesserklassen verschoben sich mit zunehmendem Bestandesalter in die stärkeren Durchmesserbereiche (Abb. 8.3–50). In den 25- bis 30-jährigen Bestandestypen hatte die Durchmesserklasse DK18 Vorräte von 20,1 (NUBE30) bis 30,4 (NUBE25) und die Durchmesserklasse DK14 von 24,4 $\text{fm}_s \cdot \text{ha}^{-1}$ (NUBE27). Diesen Vorratswerten entsprachen Anteile am Gesamtvorrat von rund 19 bis 27%. In den mittelalten Bestandestypen NUBE20 und NUBE18 lagen die höchsten Vorratswerte in den Durchmesserbereichen 8 bis 16 cm mit einem Schwerpunkt bis zum Durchmesserbereich von 12 cm.

8.3.9 HOLZRINDENBIOMASSEN

8.3.9.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Auf der Untersuchungsfläche GRM 4 betragen im Alter von 40 Jahren die gesamten oberirdischen Holzrindenbiomassen 19.667 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, 4 Jahre später lagen diese bei 21.619 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ (Tab. 8.3–28). In beiden Jahren dominierte das Oberholz an der oberirdischen Holzrindenbiomasse mit 70,7 und 74,0%. Im Vergleich zur Entwicklung der Volumenvorräte nahm auch der Unterholzanteil absolut leicht ab, erreichte aber mit 5.624 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ein hohes Niveau.

Die mittleren Trockengewichte der Holzrindenbiomassen in den Bestandestypen Ebenthal lagen im Bereich von 8.514 bis 17.456 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$. Die relativen Standardfehler für die Bestandesvorräte schwankten zwischen $\pm 8,3$ und $\pm 22,6\%$. Das Oberholz dominierte in allen Bestandestypen mit Anteilen von 74,0 bis 85,4%. Die Unterholzvorräte deckten einen Bereich von 2.217 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ und 3.790 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ab. In den 25 und 30 Jahre alten Bestandestypen MWBE25 und MWBE30 lagen die Unterholzvorräte an Trockenmasse um das 1,3- bis 1,7-fache höher als in den jüngeren Bestandestypen

Tab. 8.3–28: Holzrindenbiomassen (HR in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (HR in %) im Ober- und Unterholz in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand).

Table 8.3–28: Wood biomass in bark (HR in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of wood biomass in bark (HR in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type, UBE = investigation stand).

Waldort		Ebenthal					Grandmühl	
BET/UBE		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	GRM4	
Alter [Jahre]		15	18	21	25	30	40	44
HR [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$]	OH	9.638 (20,9)	6.297 (13,2)	14.704 (0,4)	14.332 (25,2)	10.805 (19,1)	13.910	16.005
	UH	2.506 (18,6)	2.217 (17,0)	2.510 (17,5)	3.125 (14,7)	3.790 (27,4)	5.758	5.614
	Σ	12.144 (15,6)	8.514 (9,2)	17.215 (8,3)	17.456 (22,6)	14.595 (9,9)	19.667	21.619
HR [%]	OH	79,4	74,0	85,4	82,1	74,0	70,7	74,0
	UH	20,6	26,0	14,6	17,9	26,0	29,3	26,0

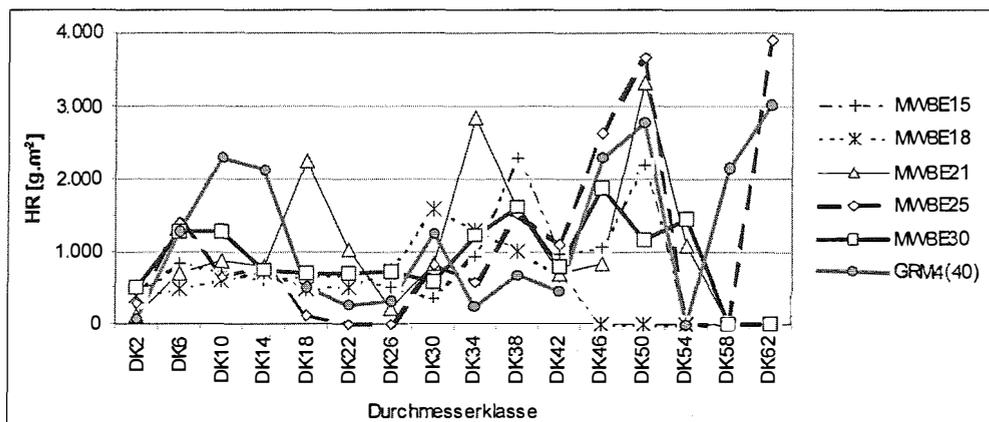


Abb. 8.3-51: Verteilung der Holzrindenbiomassen (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (Ebenenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, GRM4(40) = Alter 40 Jahre) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3-51: Distribution of the above-ground wood biomass in bark (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) over diameter classes in the stand types Ebenthal (coppice with standards) and in the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years) (range of diameter class: 4 cm).

Die Verteilungen der Holzrindenbiomassen nach Durchmesserklassen zeigt Abbildung 8.3-51. Die Holzrindenbiomassen im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 sind in einer mehrgipfeligen Form auf die Durchmesserklassen verteilt. 22,4% des Trockengewichtes des Holzes in Rinde fanden sich im Durchmesserbereich 8 bis 16 cm (DK10 und DK14) und 52% im Durchmesserbereich über 44 cm. Nach 4 Jahren verringerte sich der Anteil im Durchmesserbereich 8 bis 16 cm geringfügig auf 20,3%, bedingt durch den Auswuchs in die Durchmesserklasse DK18, während der anteilige Vorrat im stärkeren Durchmesserbereich ebenfalls geringfügig auf 53,1% anstieg. In den beiden älteren Mittelwaldbestandestypen MWBE25 und MWBE30 in Ebenthal ergaben sich bei ebenfalls mehrgipfeliger Verteilung Höchstwerte in den Durchmesserklassen DK6, DK38 und DK46 und DK50 und DK62, wobei die Verteilungsform in den älteren Bestandestypen moderater verlief.

Auch die Verteilungen in den jüngeren Mittelwaldbestandestypen waren sehr unterschiedlich. Beinahe 50% des Vorrates im Bestandestyp MWBE21 teilten sich auf die Durchmesserklassen DK18 (13,0%), DK34 (16,5%) und DK50 (19,2%) auf. Im Bestandestyp MWBE18 fand sich ein Höchstwert in der Durchmesserklasse DK30, während im Bestandestyp MWBE15 im Durchmesserbereich 32 bis 40 cm und in der Durchmesserklasse DK50 Gipfelhöhen auftraten.

Der Holzrindenbiomassenvorrat erhöhte sich auf der Untersuchungsfläche GRM3 innerhalb von 7 Jahren nach dem Mittelwaldhieb von 4.012 auf $7.013 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (Tab.8.3-29). Dabei stieg das Trockengewicht der Unterholzbiomassen von $659 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ nach 4 Jahren auf $2.314 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ an. Dadurch erhöhte sich der Unterholzanteil von 13,4 auf 33,0%.

Auf den 7-jährigen Versuchspartellen in Tuemling betrug die Trockenmasse $5.171 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (P21) bis $14.273 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (P12) (Tab.8.3-29). Der Anteil des Unterholzes am Holzrindenbiomassenvorrat erreichte Prozentwerte von 18,1%, 20,0%, 28,7% und 18,1%, was absoluten Trockenmassen von $1.489 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ bis $2.902 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ entsprach. Die Werte der Untersuchungsfläche GRM3 lagen im Rahmen dieser Werte. Auffallend ist, dass die niedrigsten Ober- und Unterholzvorräte in den ungezäunten Parzellen vorhanden waren.

Nach weiteren 6 Vegetationsperioden hatten sich die Trockenbiomassen der Holzrinde im Unterholz auf durchschnittlich $7.951 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ mit einer Variationsbreite von $2.278 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ erhöht. Die Bedeutung des

Tab. 8.3–29: Holzrindenbiomassen (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (HR in %) im Ober- und Unterholz der Mittelwald-Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling (OH = Oberholz, UH = Unterholz, UBE = Untersuchungsbestand Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–29: Wood biomass in bark (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of wood biomass in bark (HR in %) in the overwood and underwood of the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand; Grandmühl 3: GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort		Grandmühl			Tuemling							
UBE		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	4	7	7				13			
HR [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	OH	4.012	4.262	4.699	9.712	11.371	3.682	6.890	6.327	3.786	2.672	3.149
	UH	0	659 (15,1)	2.314 (10,0)	2.148 (15,9)	2.902 (35,9)	1.489 (22,3)	1.526 (22,8)	8.587 (18,3)	7.772 (31,8)	6.584 (23,0)	8.862 (34,0)
	Σ	4.102	4.921	7.013	11.860	14.273	5.171	8.416	14.914	11.558	9.256	12.911
HR [%]	OH	100	86,6	67,0	81,9	80,0	71,2	81,9	42,4	32,8	28,9	24,4
	UH	0	13,4	33,0	18,1	20,0	28,8	18,1	57,6	67,2	71,1	75,6

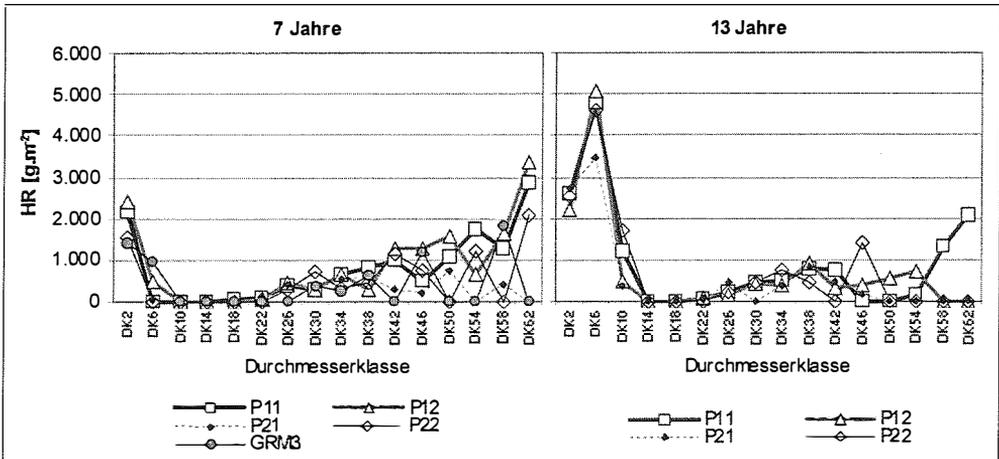


Abb. 8.3–52: Holzrindenbiomassenverteilung (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) nach Durchmesserklassen in den Mittelwald-Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling im Alter von 7 Jahren (links) und 13 Jahren (rechts) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–52: Distribution of the above-ground wood biomass in bark (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) over diameter classes in the investigation stands (coppice with standards) Grandmühl 3 and Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class = 4 cm).

Unterholzes nahm auch, beeinflusst durch den Nachlichtungshieb, stark zu. Nach einer 2,5– bis 6–fachen Zunahme der oberirdischen Unterholzbiomasse innerhalb des Beobachtungszeitraumes wurden nach 13 Jahren rund zwei Drittel der oberirdischen Holzrindenbiomassen vom Unterholz aufgebaut.

Die altersbezogenen Zuwächse an Holzrindenbiomassen im Unterholz schwankten in den 7–jährigen Untersuchungsbeständen zwischen 212 und 414 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ und auf den 13 Jahre alten Untersuchungsparzellen zwischen 506 und 681 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$.

Bei Betrachtung der Verteilung der Holzrindenbiomassen nach Durchmesserklassen wird der Beitrag des Unterholzes, insbesondere jener der schwächeren Durchmesserklassen DK2 und DK6, zum gesamten oberirdischen Trockengewichtsvorrat klar ersichtlich (Abb. 8.3–52). Mit Vorräten an Holzrindenbiomassen von 1.389 bis 2.391 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ wurden im Alter von 7 Jahren 16,5 bis 21,1% der Bestandesbiomassenvorräte in der Durchmesserklasse DK2 vorgefunden. In dieser Bestandesphase, vor den Nachlichtungshieben am Tuemling, erreichten nur die stärkeren Durchmesserklassen höhere Vorratsanteile. Auf den 13 Jahre alten Parzellen Tuemling hatten sich die absoluten und prozentualen Höchstwerte eindeutig in die Durchmesserklasse DK6 verschoben. Diese Durchmesserklasse hatte mit Trockengewichten von 3.465 bis 5.103 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ Anteile von 32,2 bis 43,8%. Je nach Parzelle und Oberholzaufbau erreichten stärkere Durchmesserklassen anteilige Werte von 6,2 bis maximal 13,9%.

8.3.9.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

In den 25 bis 30 Jahre alten Bestandestypen stockte ein mittlerer Holzrindenbiomassenvorrat von 10.300 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (Tab. 8.3–30). Die relativen Standardfehler fielen mit $\pm 6,8$ bis $\pm 14,2\%$ gering aus. Aus den durchschnittlichen Holzrindenbiomassenvorräten ließ sich ein durchschnittlicher altersbezogener Zuwachs von 381 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ zwischen 338 (NUBE30) und 405 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ (NUBE25) ermitteln. Der Anteil des Unterholzes am Gesamtvorrat lag mit durchschnittlich 4.845 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ Trockenmasse zwischen 44,9 und 48,3%.

Tab. 8.3–30: Holzrindenbiomassenvorrat (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (HR in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (OH = Oberholz, UH = Unterholz, UBE = Untersuchungsbestand).

Table 8.3–30: Wood biomass in bark (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of wood biomass in bark (HR in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type).

Waldort		Ebenthal									
UBE		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
HR [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	OH	583 (82,2)	0	1.339 (84,8)	1.424 (53,6)	991 (46,6)	2.821 (45,0)	2.540 (25,3)	5.231 (14,0)	5.833 (19,4)	5.240 (18,0)
	UH	1.309 (33,7)	892 (29,8)	1.624 (62,1)	2.451 (33,7)	3.426 (13,7)	3.212 (31,6)	3.550 (14,4)	4.887 (9,0)	4.749 (13,0)	4.900 (21,6)
	Σ	1.893 (36,2)	892 (29,8)	2.963 (48,5)	3.877 (26,1)	4.417 (16,0)	6.053 (14,2)	6.090 (9,7)	10.118 (6,8)	10.582 (6,3)	10.140 (14,2)
%	OH	30,8	0	45,2	36,7	22,4	46,6	41,7	51,6	55,1	51,7
	von Σ	69,2	100	54,8	63,3	77,6	53,4	58,3	48,4	44,9	48,3

In den mittelalten Bestandestypen (Unterholzalter 11 bis 20 Jahre) lagen die Anteile des Unterholzes jeweils über 50% mit einem Maximum von 77,6% im Bestandestyp NUBE13. Die prozentuellen Anteile des Unterholzes lagen im Rahmen der Unterholzanteile auf den 13–jährigen Parzellen in Tuemling, jedoch auf geringerem absoluten Niveau.

Mit Trockenmassen von 1.624 und 2.452 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ im Unterholz der Bestandestypen NUBE11 und NUBE13 lagen diese etwa auf dem Niveau der 7 Jahre alten Untersuchungsflächen in Grandmühl und in Tuemling.

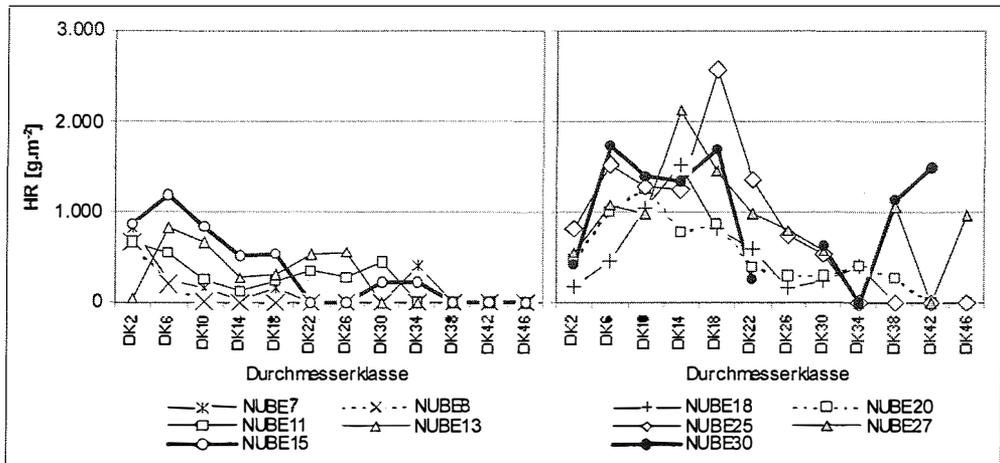


Abb. 8.3–53: Holzrindenbiomassenverteilung (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3–53: Distribution of the above-ground wood biomass in bark (HR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) over diameter classes in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of diameter class: 4 cm).

In den beiden Bestandestypen NUBE30 und NUBE20 war eine zweigipfelige Verteilung der Holzrindenbiomassen erkennbar (Abb. 8.3–53). Häufigkeitsmaxima der Holzrindenbiomassen traten in den Bestandestypen NUBE25 und NUBE27 in den Durchmesserklassen DK14 und DK18 auf. 39,5% bis 50,4% der Trockenbiomassen der Holzrinde gehörten dem Durchmesserbereich 4 bis 16 cm an.

Demgegenüber trat eine zu erwartende Konzentration der Holzrindenbiomassen auf die schwächeren Durchmesserklassen in den jüngeren Beständen auf, wo 40 bis 70% der Trockengewichte in den 7 bis 8 Jahre alten Bestandestypen der Durchmesserklasse DK2 angehörten. Aus der Abbildung 8.3–53 ist die mit zunehmendem Alter auftretende Anteilsveränderung zugunsten der Durchmesserklassen DK10 und DK14 deutlich erkennbar.

8.3.10 WURZELBIOMASSEN

8.3.10.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Die absoluten Wurzelbiomassen der älteren Mittelwaldbestandestypen und des Untersuchungsbestandes GRM4 (Unterholzalter über 20 Jahre) unterschieden sich nicht wesentlich, wie aus Tabelle 8.3–31 erkennbar. Die Werte lagen im Bereich von 4.279 bis 4.657 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$. In den beiden jüngeren Bestandestypen wurden Trockenmassen der Wurzeln von 2.844 und 3.499 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ erreicht. Die prozentuellen Wurzelbiomassenanteile des Unterholzes zeigten eine größere Schwankungsbreite mit Anteilen von 24,3 bis 47,8%. Gegenüber den Unterholzanteilen der Holzrindenbiomassen lagen die Prozentwerte in den Bestandestypen in Ebenthal um rund 10 bis 20% höher, während sie im Untersuchungsbestand GRM4 ähnliche Werte erreichten. Die höheren Werte beim Wurzel/Sproßverhältnis der Sträucher und Bäume in den schwächeren Durchmesserklassen wirkten sich stark zugunsten des Unterholzanteiles aus.

Tab. 8.3–31: Wurzelbiomassen (WU in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (WU in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand).

Table 8.3–31: Root biomass (WU in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of root biomass (WU in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type, UBE = investigation stand).

Waldort		Ebenthal					Grandmühl	
BET/UBE		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	GRM4	
Alter [Jahre]		15	18	21	25	30	40	44
WU [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	OH	2.163 (19,8)	1.485 (13,1)	3.288 (7,2)	3.088 (21,7)	2.620 (20,6)	3.093	3.459
	UH	1.337 (20,5)	1.359 (14,4)	1.053 (16,1)	1.405 (16,2)	1.728 (21,8)	1.186	1.198
	Σ	3.499 (11,9)	2.844 (8,0)	4.343 (6,0)	4.493 (11,7)	4.349 (9,7)	4.279	4.657
WU [%]	OH	61,8	52,2	75,7	68,7	60,2	72,3	74,3
	UH	38,2	47,8	24,3	31,3	39,8	27,7	25,7

Bei der Verteilung der Wurzelbiomassen nach Durchmesserklassen ist erkennbar, dass bei den Bestandestypen Ebenthal die Durchmesserklassen DK2 und DK6 im Vergleich zur Verteilung der Holzrindenbiomassen eine bedeutendere Rolle einnehmen. In den älteren Bestandestypen befanden sich knapp über 20 % der Wurzelbiomassen in den beiden schwächeren Durchmesserklassen.

Die Wurzelbiomassenanteile nahmen mit abnehmendem Bestandsalter im Durchmesserbereich bis 8 cm weiter zu. Sie stiegen in den Bestandestypen MWBE15 und MWBE18 auf 27,1 und 34,3% an. Auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 4 folgte die Verteilung der Trockengewichte der Wurzeln in etwa jener der Holzrindenbiomassen.

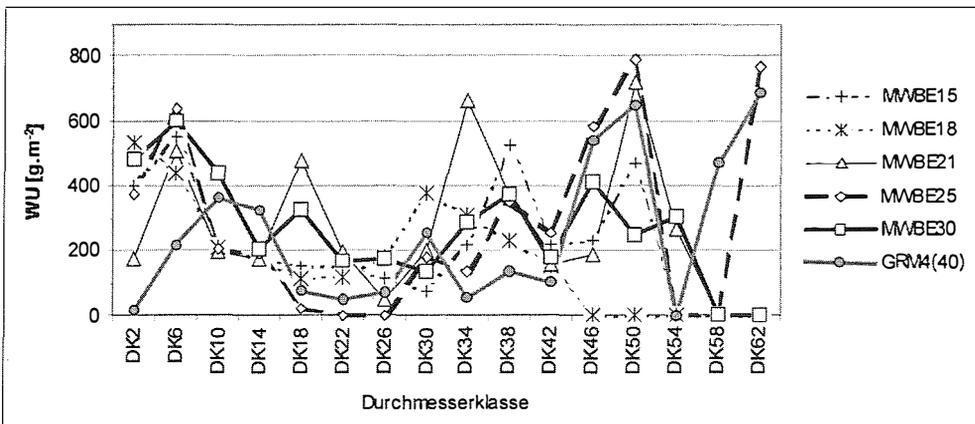


Abb. 8.3–54: Verteilung der Wurzelbiomassen (WU in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, GRM4(40) = Alter 40 Jahre) (Klassenbreite: 4cm).

Fig. 8.3–54: Distribution of root biomass (WU in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) over diameter classes in the stand types Ebenthal (coppice with standards) and in the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years) (range of diameter class: 4 cm).

Nach 7 Vegetationsperioden nach dem Mittelwaldhieb hatten die mittleren Wurzelbiomassen im Unterholz der Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling einen Wert von 977 g.m⁻² erreicht (Tab. 8.3–32). Bei einer Schwankungsbreite von 832 bis 1.218 g.m⁻² der Wurzelbiomassen lagen die relativen Standardfehler bei ±14,9 bis ±28,7%. Gemeinsam mit dem Oberholz, das Anteile von 47,7

Tab. 8.3–32: Wurzelbiomassen (WU in g.m⁻², Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (WU in %) im Ober- und Unterholz in den Mittelwald-Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–32: Root biomass (WU in g.m⁻², means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of root biomass (HR in %) in the overwood and underwood of the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand; Grandmühl 3: GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort		Grandmühl			Tuemling							
UBE		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	4	7	7				13			
WU [g.m ⁻²]	OH	868	919	1.005	2.112	2.433	829	1.495	1.387	855	605	722
	UH	0	466 (12,6)	1.102 (19,7)	1218 (14,9)	925 (28,7)	832 (20,1)	810 (22,8)	2.528 (20,6)	2.119 (24,5)	3.157 (24,1)	4.112 (38,6)
	Σ	868	1.385	2.107	3.330	3.358	1.661	2.305	3.916	2.974	3.762	4.834
WU [%]	OH	100	86,4	47,7	63,4	72,5	49,9	64,9	35,4	28,7	16,1	14,9
	UH	0	33,6	52,3	36,6	27,5	50,1	35,1	64,6	71,3	83,9	85,1

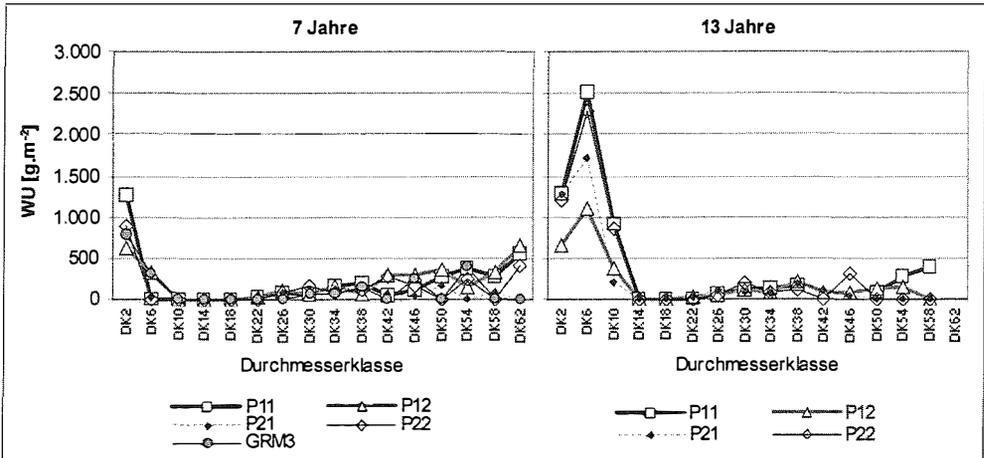


Abb. 8.3–55: Wurzelbiomassenverteilung (WU in g.m⁻²) nach Durchmesserklassen in den Mittelwald-Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling im Alter von 7 Jahren (links) und 13 Jahren (rechts) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4cm).

Fig. 8.3–55: Distribution of root biomass (WU in g.m⁻²) over diameter classes in the investigation stands (coppice with standards) Grandmühl 3 and Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class = 4 cm).

bis 72,5% einnahm, erhöhten sich die Trockenmassen der Wurzeln auf 1.661 bis 3.358 g.m⁻². Auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 und der Parzelle 21 war der Wurzelbiomassenvorrat im Unterholz bereits höher als jener des Oberholzes. Die Anteile des Unterholzes erhöhten sich in den Folgejahren auf 64,6 bis 85,1%.

Gegenüber der Durchmesserklassenverteilung der Holzrindenbiomassen dominiert bei den Wurzelbiomassen nach 7 Jahren, ausgenommen auf der haseldominierten Parzelle P12, eindeutig die schwächste Durchmesserklasse (Abb.8.3–55). Die Durchmesserklasse DK2 hatte Anteile von 37,3 (1.271 g.m⁻²) bis 48,8% (808 g.m⁻²). Nach 6 Vegetationsjahren traten die Höchstwerte auf den jeweiligen Parzellen von 1.091 bis 2.303 g.m⁻² in der Durchmesserklasse DK6 auf, wobei die niedrigsten Wurzelbiomassenvorräte auf der haseldominierten Parzelle P12 gefunden wurden.

8.3.10.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

Mit zunehmendem Alter erhöhten sich die Wurzelbiomassen von rund 1.000 g.m⁻² in den 7- bis 8-jährigen Bestandestypen auf rund 3.250 g.m⁻² in den über 25 Jahre alten Bestandestypen (Tab. 8.3–33).

Wie bereits bei den älteren Mittelwaldbestandestypen beschrieben, lagen auch bei dieser Wuchsreihe die Unterholzanteile der Wurzeln mit 10 bis 20% über jenen der Holzrindenbiomassen, wobei die Unterschiede in den mittelalten Bestandestypen am geringsten ausfielen. Bis zum Alter von 20 Jahren wurden Unterholzanteile an den gesamten Wurzelbiomassen von rund 70 bis 86% (ohne NUBE8) erreicht, welche sich in den älteren Bestandestypen auf rund 60% verringerten.

Tab. 8.3–33: Wurzelbiomassenvorrat (WU in g.m⁻², Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (WU in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp).

Table 8.3–33: Root biomass (WU in g.m⁻², means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of root biomass (WU in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type).

Waldort		Ebenthal									
BET		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
WU [g.m ⁻²]	OH	137 (82,5)	0	320 (84,7)	361 (53,7)	244 (45,9)	665 (45,0)	603 (25,2)	1.251 (12,9)	1.364 (18,7)	1.217 (18,2)
	UH	1.062 (34,2)	802 (29,1)	742 (45,5)	1.024 (29,8)	1.534 (24,5)	1.046 (18,8)	1.362 (18,3)	1.804 (29,69)	2.110 (15,9)	2.013 (23,2)
	Σ	1.199 (33,2)	802 (29,1)	1.062 (35,3)	1.365 (23,2)	1.777 (22,7)	1.965 (12,3)	1.965 (12,3)	3.055 (20,0)	3.474 (10,5)	3.230 (20,7)
WU [%]	OH	11,4	0	30,1	26,4	13,7	33,8	30,7	40,9	39,3	37,7
	UH	88,6	100	69,9	73,6	86,3	66,2	69,3	59,1	60,7	62,3

Die rasche Entwicklungsdynamik in der ersten Umtriebshälfte zeigt Abbildung 8.3–56. Die Durchmesserklasse DK2 hatte in den 7 bis 15 Jahre alten Bestandestypen Anteile von 37,8 bis 79,0%. Die absoluten Werte der Wurzelbiomassen in der schwächsten Durchmesserklasse stimmten gut mit den Werten der gleichaltrigen Mittelwaldbestände Tuemling und Grandmühl überein. Mit zunehmendem Alter verlagerten sich die Wurzelbiomassen in die nächsthöhere Durchmesserklasse DK6, in welcher die Anteile von 9,3 (NUBE18) auf 31,9% (NUBE30) zunahmen.

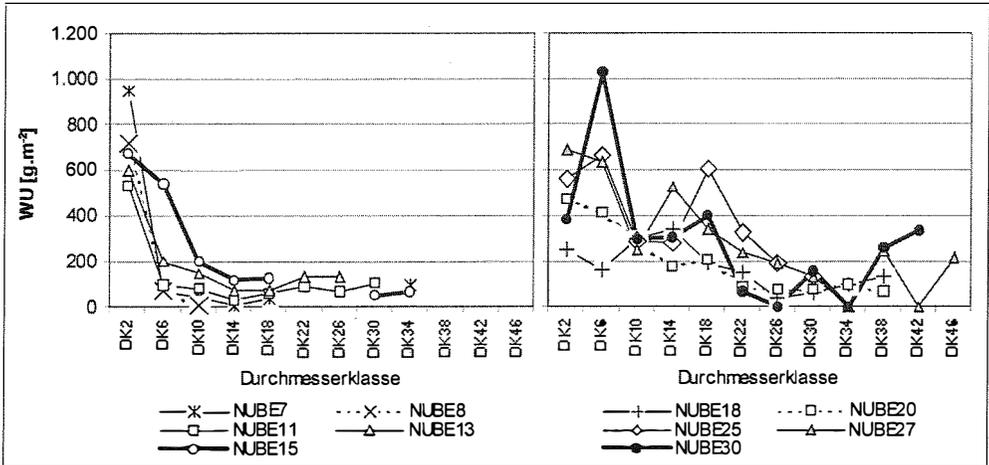


Abb. 8.3–56: Wurzelbiomassenverteilung (WU in g.m⁻²) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhätern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–56: Distribution of root biomass (WU in g.m⁻²) over diameter classes in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of diameter class: 4 cm).

8.3.11 BLATTMASSEN

8.3.11.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Die mittleren Trockenmassen der Blätter aller Bestandestypen in Ebenthal lagen bei 363 g.m⁻² (Tab. 8.3–34). Mit 274 g.m⁻² blieb der geringer bevorratete Bestandestyp MWBE18 auch bei der Blattmasse hinter den anderen Beständen zurück. Die höchsten Blatt-Trockenmassenwerte mit über 400 g.m⁻²

Tab. 8.3–34: Blattmassen (BLM in g.m⁻², Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (BLM in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand).

Table 8.3–34: Leaf biomass (BLM in g.m⁻², means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of leaf biomass (BLM in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type, UBE = investigation stand).

Waldort		Ebenthal					Grandmühl	
BET/UBE		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	GRM4	
Alter [Jahre]		15	18	21	25	30	40	44
BLM [g.m ⁻²]	OH	121 (17,7)	95 (12,5)	197 (7,2)	142 (16,7)	147 (18,7)	139	164
	UH	207 (16,5)	178 (10,8)	155 (15,6)	271 (15,2)	301 (26,5)	195	186
	Σ	328 (10,3)	274 (6,5)	352 (8,6)	414 (15,7)	447 (13,8)	334	350
BLM [%]	OH	36,9	34,7	56,0	34,3	32,9	41,6	46,9
	UH	63,1	65,3	44,0	65,7	67,1	58,4	53,1

traten in den älteren Bestandestypen auf. Die relativen Standardfehler lagen zwischen 6,5 und 13,8%. Auf der Untersuchungsfläche GRM4 erhöhte sich die Blattmasse vom Alter 40 auf 44 Jahre bei absoluter und relativer Zunahme der Oberholzblattmasse geringfügig auf 350 g.m⁻². Gegenüber der Verteilung der Holzhinden- und Wurzelbiomassen auf das Ober- und Unterholz tritt bei jener der Blattmassen eine Umkehrung der Verhältnisse ein. In allen Bestandestypen, ausgenommen MWBE21, dominierten die Blattmassen des Unterholzes mit Anteilen von über 60% und im Untersuchungsbestand GRM4 mit über 50 Prozent.

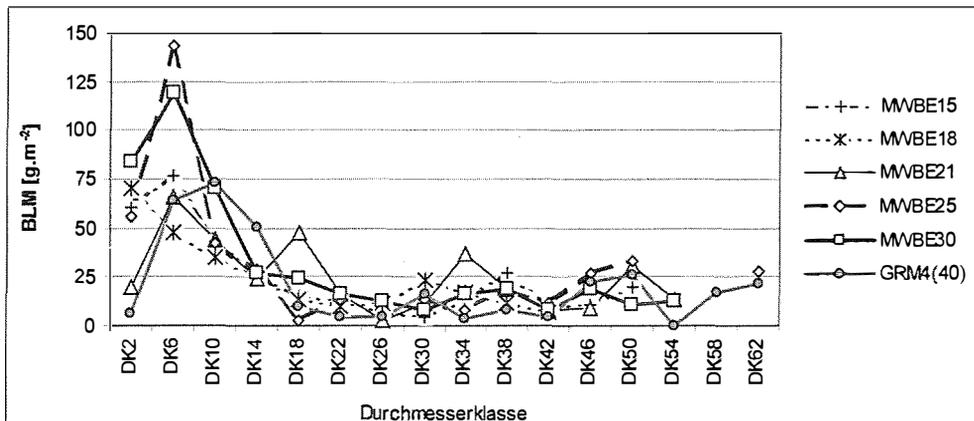


Abb. 8.3–57: Blattmassenverteilung (BLM in g.m⁻²) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, GRM4(40) = Alter 40 Jahre) (Klassenbreite: 4 m).

Fig. 8.3–57: Distribution of leaf biomass (BLM in g.m⁻²) over diameter classes in the stand types Ebenthal (coppice with standards) and in the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years) (range of diameter class: 4 cm).

Tab. 8.3–35: Blattmassen (BLM in g.m⁻², Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (BLM in %) im Ober- und Unterholz der Mittelwald-Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21– oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–35: Leaf biomass (BLM in g.m⁻², means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of leaf biomass (BLM in %) in the overwood and underwood of the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand; Grandmühl 3: GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort		Grandmühl			Tuemling							
UBE		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	4	7	7				13			
BLM [g.m ⁻²]	OH	41	43	46	95	107	44	69	64	42	33	37
	UH	0	137 (16,7)	253 (9,2)	402 (13,5)	416 (30,3)	298 (16,1)	371 (22,0)	877 (13,8)	843 (29,2)	806 (16,5)	980 (28,7)
	Σ	41	180	299	497	523	342	440	941	885	839	1017
BLM [%]	OH	100	23,9	15,4	19,1	20,5	12,9	15,7	6,8	4,7	3,9	3,6
	UH	0	76,1	84,6	80,9	79,5	87,1	84,3	93,2	95,3	96,1	96,4

Noch ausgeprägter zeigte sich die Veränderung der Verteilungsmuster nach Durchmesserklassen, wie aus Abbildung 8.3–57 ersichtlich. Die zwei- bis mehrgipfeligen Verteilungen der Holzrinden- und Wurzelbiomassen gingen in mehr oder weniger „linksschiefe“ Verteilungsformen über, wobei beim langgestreckten rechtsliegenden Ast die Gipfelhöhen sehr moderat ausfielen. Am besten waren diese noch beim Bestandestyp MWBE21 erkennbar. Bei starken Streuungen der Blattmassen in den schwächeren Durchmesserbereichen zwischen den Bestandestypen Ebenthal traten die Maxima in den Durchmesserklassen DK2 und DK6 auf. Die beiden Durchmesserklassen umfassten zusammen Anteile von 24,5 bis 46,8% an der Bestandesblattmasse. Im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 lag das Maximum in der Durchmesserklasse DK10, wobei diese gemeinsam mit der DK6 wiederum 41,1% der gesamten Blattmasse einnahm.

Die Blattmassenentwicklung in Grandmühl und Tuemling ist von großer Dynamik geprägt (Tab. 8.3–35). 7 Jahre nach dem Mittelwaldhieb hatte die Untersuchungsfläche GRM3 90% der Blattmasse des benachbarten Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 erreicht. Nach 4 Jahren wurden 76,1% und nach 7 Jahren 84,6% der Blattmasse vom heranwachsenden Unterholz gebildet. Ähnlich stellten sich die Verhältnisse auf den 7-jährigen Parzellen in Tuemling dar, wo die Unterholzanteile, trotz unterschiedlicher Oberholz-Blattmassen, ebenfalls 79,5 bis 87,1% einnahmen. Die Blattmassen im Unterholz lagen über den Werten des Untersuchungsbestandes GRM3. Entsprechend den Holzrindenbiomassen wurden die geringsten Blattmassen auf der Parzelle P21 mit $342 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ und die höchsten Blattmassen mit $523 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ auf der Parzelle P12 gebildet, wobei Parzelle P12 auch den höchsten relativen mittleren Fehler aufwies.

Wie bei den Holzrinden- und Wurzelbiomassen blieben auch die gesamten Blattmassen der ungezäunten Parzellen hinter jenen der gezäunten Parzellen zurück. Bemerkenswert war neben dem starken Anstieg der Blattmassen im Unterholz im Alter von 7 bis 13 Jahren um das 2,0– bis 2,7-fache auf $806 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ($s_{x,99} = \pm 16,5\%$) bis $980 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ($s_{x,99} = \pm 28,7\%$), dass im Alter von 13 Jahren innerhalb der Untersuchungspartellen 93,2 bis 96,4% der Blattmasse vom Unterholz gebildet wurden.

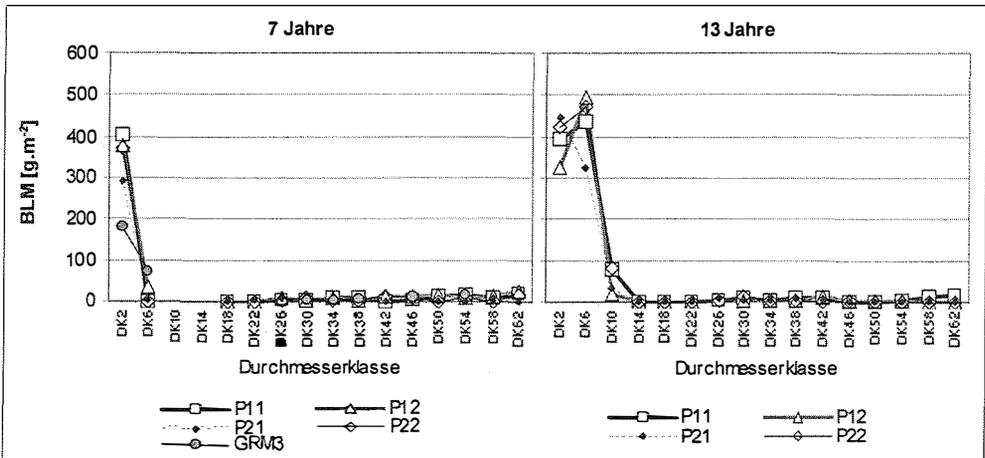


Abb. 8.3–58: Blattmassenverteilung (BLM in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) nach Durchmesserklassen in den Mittelwald–Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling im Alter von 7 Jahren (links) und 13 Jahren (rechts) (Grandmühl 3 = GRM3 - mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21– oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–58: Distribution of leaf biomass (BLM in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) over diameter classes in the investigation stands (coppice with standards) Grandmühl 3 and Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (Grandmühl 3 = GRM3 - mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class = 4 cm).

Insgesamt konzentrierten sich in beiden Aufnahmejahren die Blattmassen auf die beiden schwächsten Durchmesserklassen (Abb. 8.3–58). Nur die Durchmesserklasse DK54 auf der Untersuchungsfläche GRM3 hatte im Alter von 7 Jahren einen Anteil von 5 %, sonst blieben alle Durchmesserklassen mit Prozentwerten unter 5 % (Alter 7 Jahre) und 1 % (Alter 13 Jahre). Die Durchmesserklasse DK2 hatte in den 7-jährigen Untersuchungsbeständen Anteile von 61,2 bis 87,0%, gemeinsam mit der Durchmesserklasse DK6 waren es im Alter von 13 Jahren auf den Parzellen Tuemling 85,3 bis 93,1%, wobei die höchsten Werte in der haseldominierten Parzelle P12 auftraten.

8.3.11.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

Die Blattmassen und deren Verteilungen auf Unter- und Oberholz und nach Durchmesserklassen sind aus der Tabelle 8.3–36 und der Abbildung 8.3–59 zu entnehmen.

Tab. 8.3–36: Blattmassen (BLM in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (BLM in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp).

Table 8.3–36: Leaf biomass (BLM in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of leaf biomass (BLM in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type).

Waldort		Ebenthal									
BET		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
BLM [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	OH	9 (77,8)	0	24 (83,3)	27 (51,9)	21 (42,8)	49 (44,9)	45 (24,4)	107 (17,8)	97 (16,5)	82 (12,2)
	UH	198 (24,2)	151 (20,5)	188 (45,7)	222 (23,9)	291 (13,7)	189 (24,3)	264 (17,0)	381 (36,0)	295 (11,5)	342 (23,7)
	Σ	207 (24,2)	151 (20,5)	212 (38,8)	249 (20,5)	312 (12,5)	238 (13,0)	309 (12,3)	488 (25,2)	392 (5,9)	424 (17,9)
BLM [%]	OH	4,3	0	11,3	10,8	6,7	20,6	14,6	21,9	24,7	19,3
	UH	95,7	100	88,7	89,2	93,3	79,4	85,4	78,1	75,3	80,7

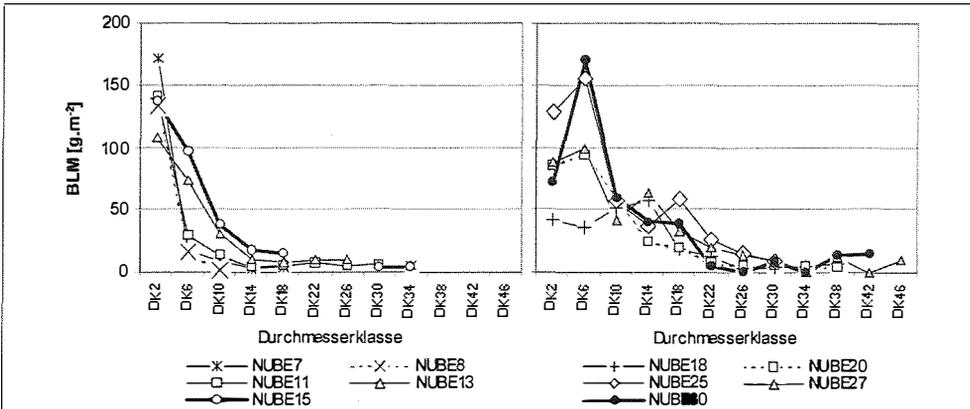


Abb. 8.3–59: Blattmassenverteilung (BLM in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre). (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–59: Distribution of leaf biomass (BLM in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of diameter class: 4 cm).

In den Niederwaldbestandestypen mit Überhältern wurde im Alter von 13 und 15 Jahren mit 249 ($s_{x,s} = \pm 20,5\%$) und 312 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ($s_{x,s} = \pm 12,5\%$) das Trockengewicht der Blätter der 15- bis 18-jährigen Mittelwaldbestandestypen erreicht.

Die Blattmassen der über 25 Jahre alten Bestandestypen bewegten sich in ähnlicher Höhe wie jene der etwa gleichaltrigen Mittelwaldbestandestypen. Insgesamt blieben die Unterholzanteile an den Blattmassen bis ins Alter von 30 Jahren mit über 75,3% hinter den höchsten Werten in den jüngeren Bestandestypen etwas zurück.

Von den Maxima der Blattmassen und deren Anteilen in der Höhe von 66,5 bis 82,7% in der schwächsten Durchmesserklasse in den 7- bis 11-jährigen Bestandestypen verlagerten sich die Maxima mit zunehmendem Alter in die Durchmesserklasse DK6, ausgenommen Bestandestyp NUBE18. In den älteren Niederwaldbestandestypen mit Überhältern ist eine zweigipfelige Verteilung der Blattmassen mit niedrigeren Gipfelhöhen in den Durchmesserklassen DK14 und DK18 erkennbar.

8.3.12 BIOMASSENKOMPARTIMENTVERTEILUNGEN

8.3.12.1 HOLZRINDEN-, WURZELBIOMASSEN- UND BLATTMASSENPROZENTE

8.3.12.1.1 Mittelwaldbestände

Die prozentuelle Verteilung der Hauptbiomassenkomponenten Holzrinde, Wurzeln und Blätter nach Ober- und Unterholz für die älteren Mittelwaldbestände ist in Abbildung 8.3-60 dargestellt. Die Holzrindenprozentage betragen in den jeweiligen Beständen 73 bis 81%, wobei das Oberholz mit 54 bis 67% dominierte.

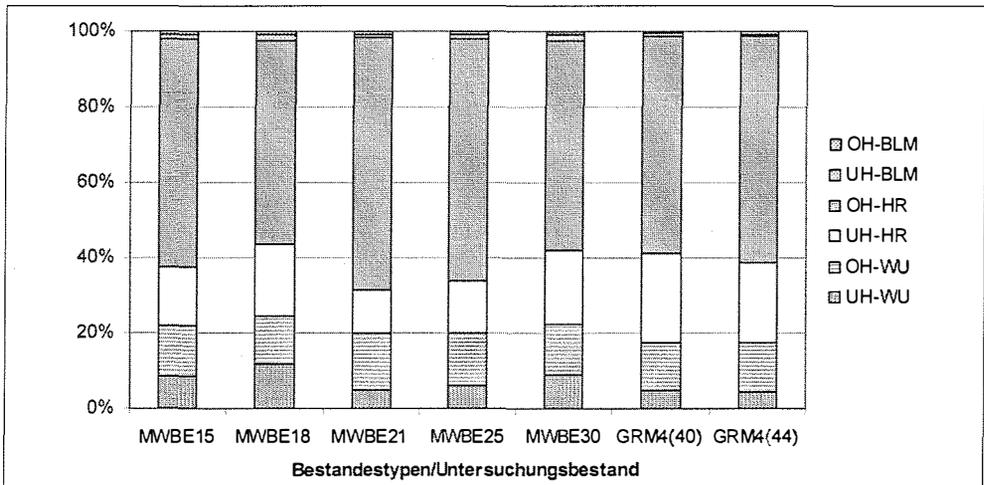


Abb. 8.3-60: Prozentuelle Verteilung [%] der Holzrinden-, Wurzelbiomassen und Blattmassen nach Ober- und Unterholz in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und dem Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, HR = Holzrindenbiomassen, WU = Wurzelbiomassen, BLM = Blattmassen; Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, GRM4(40) = Alter 40 Jahre).

Fig. 8.3-60: Percentage [%] of wood biomass in bark, root biomass and leaf biomass for the overwood and underwood in the stand types Ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, HR = wood biomass in bark, WU = root biomass, BLM = leaf biomass; (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years).

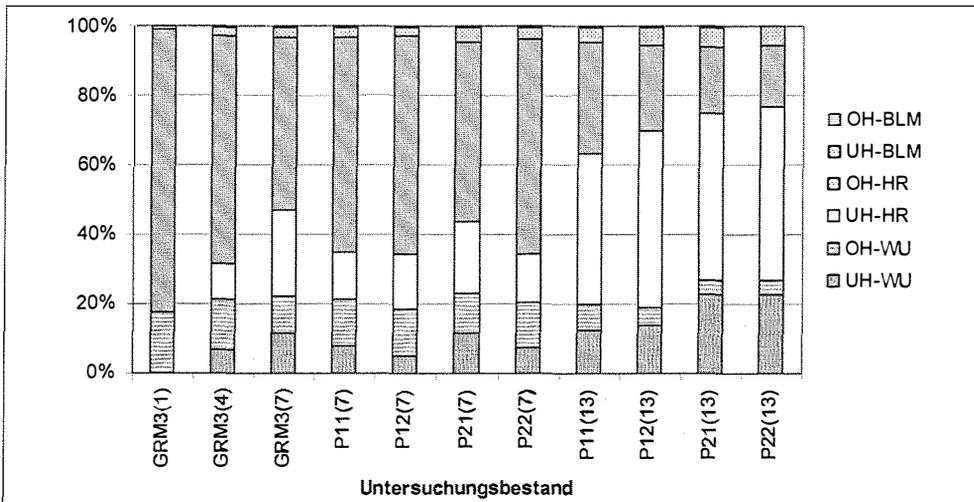


Abb. 8.3–61: Prozentuelle Verteilung [%] der HolZRinden-, Wurzelbiomassen und Blattmassen nach Ober- und Unterholz in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling (OH = Oberholz, UH = Unterholz, HR = HolZRindenbiomassen, WU = Wurzelbiomassen, BLM = Blattmassen; Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege (Alter 1, 4 und 7 Jahre); Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege; Alter 7 und 13 Jahre).

Fig. 8.3–61: Percentage [%] of wood biomass in bark, root biomass and leaf biomass for the overwood and underwood in the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (OH = overwood, UH = underwood, HR = wood biomass in bark, WU = root biomass, BLM = leaf biomass; (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Die Anteile des Unterholzes lagen zwischen 12 und 24 %. Die Wurzelprozentanteile schwankten geringfügig zwischen 18 und 25 %. Auffallend ist, dass die Wurzelprozentanteile des Oberholzes im Vergleich zu den oberirdischen Verhältnissen zugunsten der Unterholzanteile deutlich geringer ausfielen.

Die niedrigsten Anteile an den gesamten Bestandesbiomassen nahmen die Blattmassen ein. Deren Anteile lagen zwischen 1,3 und 2,3 % bei Trockenmassen der Blätter zwischen 274 und 447 g·m⁻². Die Blattmassenprozentanteile des Oberholzes blieben in allen Beständen unter einem Prozent.

In den jüngeren Mittelwaldbeständen der Untersuchungsflächen GRM3 und Tuemling lagen, ausgenommen auf der Untersuchungsfläche GRM3 unmittelbar nach dem Hieb, die HolZRindenprozentanteile im Rahmen von 67 bis 79 % und die Wurzelprozentanteile zwischen 19 und 27 %. Die Blattprozentanteile schwankten zwischen 3,0 und 6,0 %.

Deutlich ist aus Abbildung 8.3–61 die Veränderung der Hauptkomponentenverhältnisse während der Beobachtungsperiode von 6 Jahren auf den Parzellen der Versuchsanlage Tuemling erkennbar. Die rasche Biomassenakkumulation in der Dickungsphase des Unterholzes, auch begünstigt durch den Nachlichtungshieb, erhöhte die HolZRindenbiomassenprozentanteile des Unterholzes von 10 bis 25 % auf 43 bis 50 %. Demgegenüber verminderte sich der Anteil des Oberholzes auf 18 bis 32 %. In dieser Entwicklungsphase war das Unterholz sowohl absolut als auch relativ dominant. Auch bei den Wurzelprozentanteilen und den Blattprozentanteilen traten geringfügige Erhöhungen auf. Zu den Blattprozentanteilen von 5 bis 6 % steuerte das Oberholz nur Anteile von 0,2 bis 0,3 % bei.

8.3.12.1.2 Niederwaldbestände mit Überhältern

In den Niederwaldbeständen mit Überhältern nahmen die Holzrindenprozentage von den jüngsten Beständen (Unterholzalter 7 und 8 Jahre) mit 48 und 5% auf 68 bis 72% in den mittelalten Beständen (Unterholzalter bis 20 Jahre) zu (Abb. 8.3–62). Auch die Blattprozentage erreichten ihre Höchstwerte in den mittelalten Beständen mit bis zu 8,6% im 15-jährigen Bestand. Diese Verhältnisse entsprechen weitgehend den in den 13 Jahre alten Parzellen in Tuemling vorgefundenen Ergebnissen. Hingegen fanden sich die höchsten Wurzelprozentage in den jüngsten Bestandestypen mit 36 bis 44%, die mit zunehmendem Alter auf 21 bis 27% abnahmen. In den älteren Beständen lagen die Blattprozentage mit 3 bis 4% noch deutlich über den Anteilen in den gleichaltrigen Mittelwaldbeständen, wobei die Blattprozentage des Oberholzes auch hier unter 0,8% blieben.

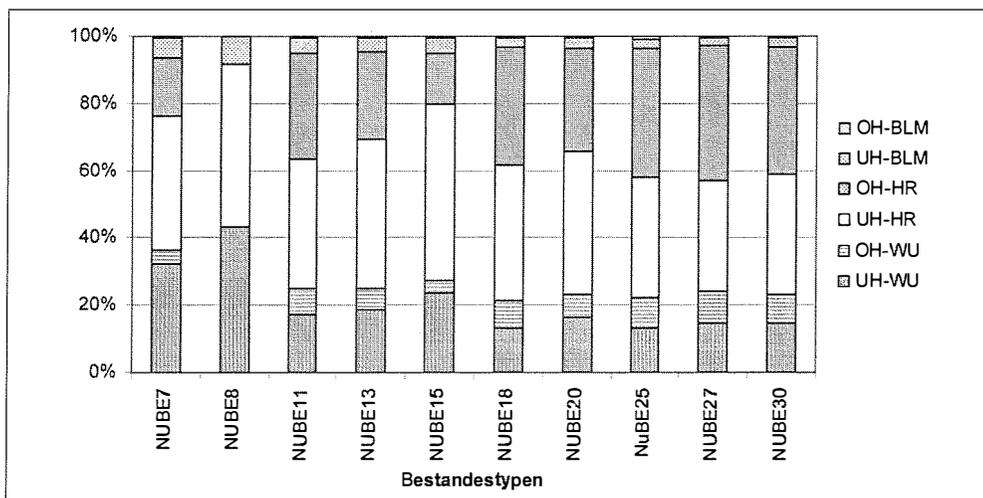


Abb. 8.3–62: Prozentuelle Verteilung [%] der Holzrinden-, Wurzelbiomassen und Blattmassen nach Ober- und Unterholz in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern (OH = Oberholz, UH = Unterholz, HR = Holzrindenbiomassen, WU = Wurzelbiomassen, BLM = Blattmassen) (Ebenthal: NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.3–62: Percentage [%] of wood biomass in bark, root biomass and leaf biomass for the overwood and underwood in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (OH = overwood, UH = underwood, HR = wood biomass in bark, WU = root biomass, BLM = leaf biomass; Ebenthal: NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years).

8.3.13 BLATTFLÄCHE

8.3.13.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Der durchschnittliche Blattflächenindex der Mittelwaldbestandestypen Ebenthal betrug 5,8 bei einer Schwankungsbreite der Indices von 4,5 bis 6,7. Deren relative Standardfehler lagen zwischen $\pm 1,6$ und $\pm 18,1$ %. Die höchsten Blattflächenindices fanden sich in den beiden 25 und 30 Jahre alten Bestandestypen mit 6,5 und 6,7, welche auch die höchsten Blattmassen aufwiesen (Kap. 8.3.11). Trotz geringerer Blattmasse wurden für den Untersuchungsbestand GRM4 um rund 15% höhere Blattflächenindices ermittelt. Die Blattflächenindices der beiden Aufnahmejahre unterschieden sich mit 7,8 und 7,4 nur geringfügig (Tab. 8.3–37).

Tab. 8.3–37: Blattflächenindices (LAI in $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (LAI in %) im Ober- und Unterholz der Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand).

Table 8.3–37: Leaf area indices (LAI in $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of leaf area indices (LAI in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with standards) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type, UBE = investigation stand).

Waldort		Ebenthal					Grandmühl	
BET/UBE		MWBE15	MWBE18	MWBE21	MWBE25	MWBE30	GRM4	
Alter [Jahre]		15	18	21	25	30	40	44
LAI [$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$]	OH	1,6 (18,0)	1,3 (12,7)	2,8 (7,5)	1,9 (16,6)	1,9 (18,6)	5,9	5,3
	UH	3,8 (20,5)	3,2 (13,3)	2,9 (16,7)	4,6 (19,0)	4,8 (28,4)	1,9	2,1
	Σ	5,4 (13,7)	4,5 (8,8)	5,7 (1,6)	6,5 (18,1)	6,7 (16,8)	7,8	7,4
LAI [%]	OH	29,6	28,9	49,1	29,2	28,4	75,6	71,6
	UH	70,4	71,1	50,9	70,8	71,6	24,4	28,4

Der Blattflächenanteil des Unterholzes bewegte sich in den Bestandestypen Ebenthal zwischen 50,8% (MWBE21) und rund 70,4 bis 71,1% in den anderen Beständen. Im Untersuchungsbestand GRM4 erhöhte sich der Anteil des Unterholzes während der 4 Wachstumsperioden von 24,4 auf 28,4%. Durch den hohen Hainbuchenanteil im Oberholz wurden Blattflächenindices von bis zu 5,9 erreicht, während in den Bestandestypen in Ebenthal der Höchstwert bei 2,8 lag. Auffallend war, dass die Unterholzanteile der Mittelwaldbestandestypen Ebenthal an der Blattfläche im Vergleich zu jenen der Blattmassen um 4,6 bis 7,0% höher lagen. Hingegen blieben im Untersuchungsbestand GRM4 die Anteile etwa um die Hälfte zurück.

Bei den Verteilungen der Blattflächen auf die Durchmesserklassen zeigten sich bei etwa gleich hohen Blattflächenindices in den älteren Bestandestypen deutliche Unterschiede (Abb. 8.3–63). Auf der Untersuchungsfläche GRM4 wurden zwischen 25 und 30% der Blattflächen jeweils den Durchmesserklassen DK6 und DK10 und rund 15% der DK14 zugeordnet. Die Anteile der restlichen Durchmesserklassen blieben unter 5%. In den Bestandestypen MWBE25 und MWBE30 lagen die Blattflächenanteile in der schwächsten Durchmesserklasse DK2 bei etwa 16 und 24%. Die maximalen Häufigkeitsanteile wurden in DK6 erreicht.

Die Verteilungsmuster in den 15 und 18 Jahre alten Mittelwaldbestandestypen waren jenen der beiden älteren Bestände sehr ähnlich, wobei erwartungsgemäß die Anteile in der Durchmesserklasse DK2 deutlich höher lagen (etwa 20 bis 31%). Im Bestandestyp MBE21 wurden von den Durchmesserklassen DK6, DK10 und DK18 Blattflächenanteile von jeweils etwa 12 bis 23% eingenommen.

4 Jahre nach dem Mittelwaldhieb wurde im Untersuchungsbestand GRM3 ein mittlerer Blattflächenindex von 3,2 erreicht, welcher sich nach weiteren 3 Jahren auf 5,6 erhöhte (Tab. 8.3–38). Die Blattflächenindices des Unterholzes erhöhten sich von 2,5 auf 4,9, bei relativen Standardfehlern von $\pm 16,0$ und $\pm 9,3\%$. Der Anteil der Sträucher an der Blattfläche war mit unter 1,0% gering. Mit zunehmender Blattfläche des Unterholzes verringerten sich die Blattflächenanteile des Oberholzes an den Gesamtblattflächen von 18,8% (4 Jahre) auf 12,5% (7 Jahre).

Die nach 7 Vegetationsperioden vorhandene Blattfläche des Unterholzes, welche sich innerhalb von 3 Jahren verdoppelt hatte, repräsentierte 87,5% der Bestandesblattfläche.

Der Blattflächenindex von 5,6 lag rund 19% unter dem Durchschnittswert der 4 gleichaltrigen Bestände Tuemling vor dem Nachlichtungshieb im Alter von 7 Jahren mit einem durchschnittlichen Wert von 6,9. Die Werte der Parzellen Tuemling schwankten zwischen 4,9 (P21) und 9,3 (P12), wobei der Beitrag des Unterholzes bei rund 85% (82,4 bis 87,8%) lag.

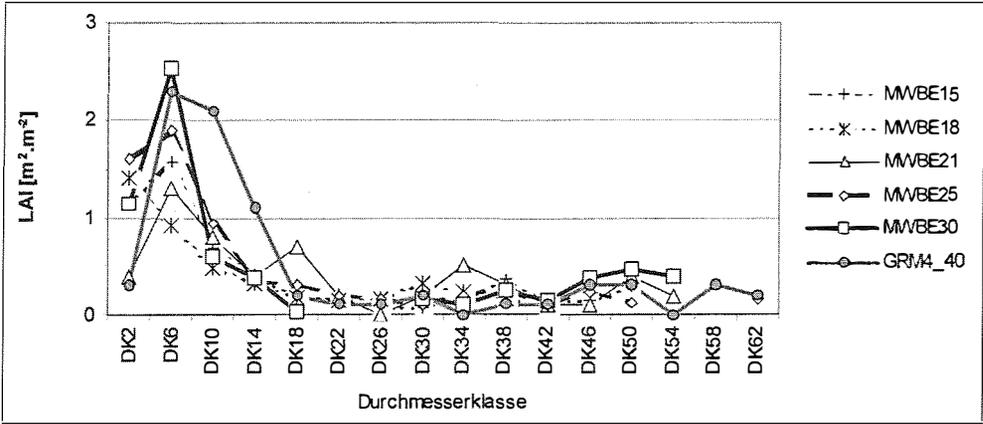


Abb. 8.3–63: Blattflächenindicesverteilung (LAI in $m^2 \cdot m^{-2}$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre, GRM4(40) = Alter 40 Jahre) (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–63: Distribution of leaf area indices (LAI in $m^2 \cdot m^{-2}$) over diameter classes in the stand types Ebenthal (coppice with standards) and in the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years) (range of diameter class: 4 cm).

Tab. 8.3–38: Blattflächenindices (LAI in $m^2 \cdot m^{-2}$) Mittelwerte mit relativen Standardfehlern (in Klammern) und prozentuelle Anteile (LAI in %) im Ober- und Unterholz der Mittelwald-Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling (OH = Oberholz, UH = Unterholz, UBE = Untersuchungsbestand, Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.3–38: Leaf area indices (LAI in $m^2 \cdot m^{-2}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of leaf area indices (LAI in %) in the overwood and underwood of the investigation stands Grandmühl 3 and Tuemling (OH = overwood, UH = underwood, UBE = investigation stand; Grandmühl 3: GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Waldort		Grandmühl			Tuemling							
UBE		GRM3			P11	P12	P21	P22	P11	P12	P21	P22
Alter [Jahre]		1	4	7	7				13			
LAI [$m^2 \cdot m^{-2}$]	OH	0,6	0,6	0,7	1,2	1,5	0,6	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5
	UH	0	2,6 (15,5)	4,9 (9,3)	5,6 (13,5)	7,8 (34,9)	4,3 (15,5)	5,7 (21,1)	11,6 (13,7)	15,8 (34,8)	11,5 (14,9)	13,8 (27,3)
	Σ	0,6	3,2	5,6	6,8	9,3	4,9	6,6	12,4	16,4	12,0	14,3
LAI [%]	OH	100	18,8	12,5	17,6	16,1	12,2	15,2	6,5	3,7	4,2	3,5
	UH	0	81,2	87,5	82,4	83,9	87,8	84,8	93,5	96,3	95,8	96,5

Nach 6 weiteren Vegetationsperioden errechnete sich für alle Parzellen ein mittlerer Blattflächenindex von durchschnittlich 13,8 mit einer Variationsbreite von 4,4 (12,0 auf P21 und 16,4 auf P12). Der Anteil des Oberholzes ging auf 3,7 bis 6,5 % zurück.

Die höchsten Werte traten mit Blattflächenindices von 15,8 und 13,8 in den ungepflegten Parzellen P12 (haseldominiert) und P22 (feldahorn- und eschendominiert) auf. Die relativen Standardfehler schwankten zwischen 13,4 und 34,8%.

Während der Beobachtungsperiode erhöhten sich, ähnlich wie bei der Blattmasse, die Blattflächenindices im Unterholz um das 2,0-fache in den gezäunten Parzellen und um das 2,4- bis 2,7-fache in den ungezäunten Parzellen. Wie bei der Blattmasse wurden die niedrigsten Blattflächenindices in den gepflegten Parzellen P11 und P21 gefunden.

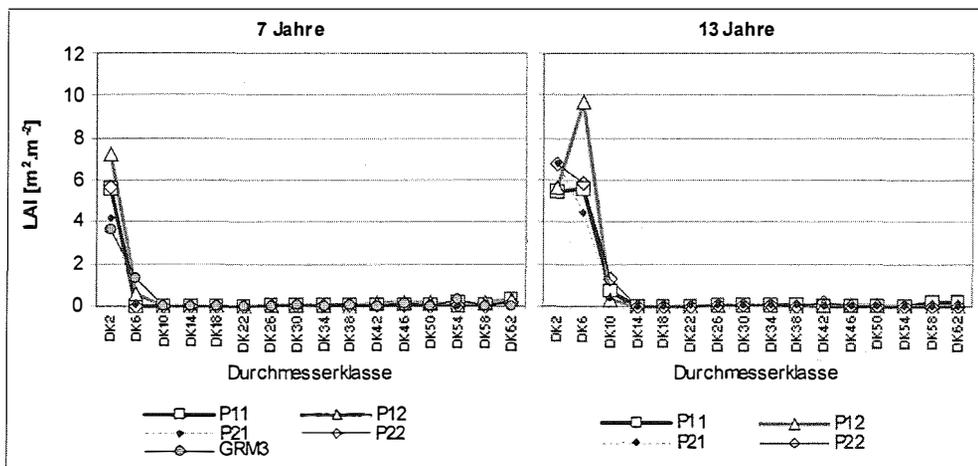


Abb. 8.3–64: Blattflächenindicesverteilung (LAI in $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) nach Durchmesserklassen in den Mittelwald-Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling im Alter von 7 Jahren (links) und 13 Jahren (rechts) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 4cm).

Fig. 8.3–64: Distribution of leaf area indices (LAI in $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) in the investigation stands (coppice with standards) Grandmühl 3 and Tuemling at the age of 7 years (left) and 13 years (right) (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended) (range of diameter class = 4 cm).

Die Blattflächenindices–Durchmesserverteilungen folgten weitgehend den Verteilungsformen der Blattmassen (Abb. 8.3–64). Die Durchmesserklasse DK2 hatte in den 7 Jahre alten Untersuchungsbeständen Blattflächenanteile von 64,3 bis 89,4%, wobei der Höchstwert mit einem Blattflächenindex von 7,2 in dieser Durchmesserklasse in der haseldominierten Parzelle P11 auftrat. Auf dieser Parzelle war auch nach 6 Jahren im Vergleich zu den anderen Parzellen ein starker Anstieg des Blattflächenindex in der Durchmesserklasse DK6 erkennbar. Mit Anteilen von 87,4 bis 94,5% in den beiden Durchmesserklassen DK2 und DK6 lagen diese etwas höher als bei den Blattmassen.

8.3.13.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

Die Entwicklung der mittleren Blattflächenindices in den Bestandestypen des Niederwaldes mit Überhältern ist aus Tabelle 8.3–39 ersichtlich. Die Blattflächenindices lagen in den jüngeren Bestandestypen bei 2,4 (NUBE8), 3,3 (NUBE7) und 3,1 (NUBE11). In den älteren Bestandestypen wurden Werte von 5,9 (NUBE27) bis 7,3 (NUBE25) erreicht. Die relativen Standardfehler lagen, ausgenommen den Höchstwert von $\pm 40,0\%$ in NUBE11, im Bereich von $\pm 8,5$ bis $\pm 27,4\%$.

Die vom Oberholz gebildeten Blattflächen mit Indices von 0,1 bis 1,4 entsprachen Blattflächenanteilen von 3,0 bis 19,2%. Die höchsten Oberholzanteile wurden mit 21,2 bis 22,0% in den Bestandestypen NUBE18 und NUBE27 erreicht.

Tab. 8.3–39: Blattflächenindices (LAI in $m^2 \cdot m^{-2}$, Mittelwerte mit relativen Standardfehlern in Klammern) und prozentuelle Anteile (LAI in %) nach Ober- und Unterholz in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (OH = Oberholz, UH = Unterholz, BET = Bestandestyp).

Table 8.3–39: Leaf area indices (LAI in $m^2 \cdot m^{-2}$, means with relative standard errors in parenthesis) and percentage of leaf area indices (LAI in %) in the overwood and underwood of the stand types Ebenthal (coppice with reserves) and the investigation stand Grandmühl 4 (OH = overwood, UH = underwood, BET = stand type).

Waldort		Ebenthal									
BET		NUBE7	NUBE8	NUBE11	NUBE13	NUBE15	NUBE18	NUBE20	NUBE25	NUBE27	NUBE30
Alter [Jahre]		7	8	11	13	15	18	20	25	27	30
LAI [$m^2 \cdot m^{-2}$]	OH	0,1 (80,0)	0	0,3 (83,3)	0,4 (50,0)	0,3 (43,3)	0,7 (42,8)	0,6 (26,7)	1,4 (15,7)	1,3 (18,4)	1,0 (11,0)
	UH	3,2 (26,6)	2,4 (20,8)	2,8 (43,2)	3,4 (25,0)	4,8 (17,5)	2,6 (23,1)	4,2 (19,0)	5,9 (37,9)	4,6 (12,4)	5,3 (22,8)
	Σ	3,3 (17,3)	2,4 (20,8)	3,1 (40,0)	3,8 (21,1)	5,1 (17,6)	3,3 (12,1)	4,8 (14,6)	7,3 (27,4)	5,9 (8,5)	6,3 (19,0)
LAI [%]	OH	3,0	0	9,7	10,5	5,9	21,2	12,5	19,2	22,0	15,9
	UH	97,0	100	90,3	89,5	94,1	78,8	87,5	80,8	78,0	84,1

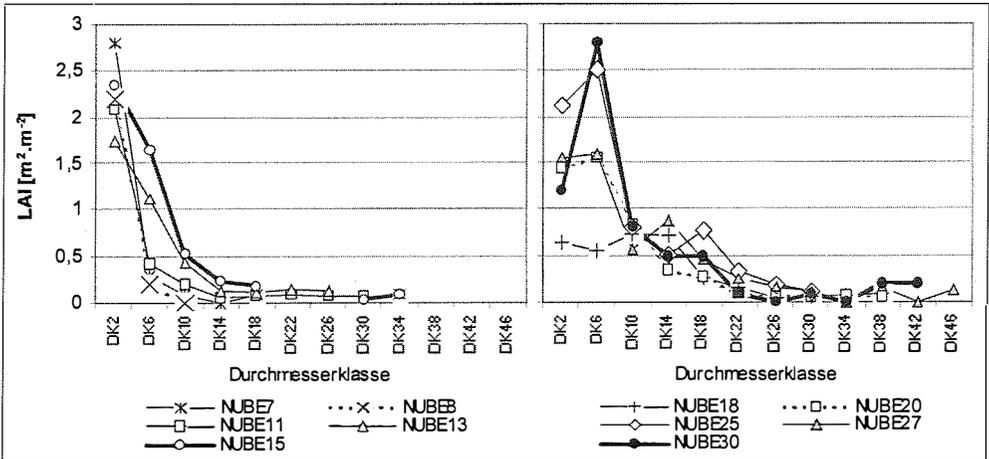


Abb. 8.3–65: Blattflächenindicesverteilung (LAI in $m^2 \cdot m^{-2}$) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre). (Klassenbreite: 4 cm).

Fig. 8.3–65: Distribution of leaf area indices (LAI in $m^2 \cdot m^{-2}$) in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years) (range of diameter class: 4 cm).

Wie in den anderen untersuchten Beständen folgte die Blattflächenindicesverteilung auch in den Niederwaldbestandestypen mit Überhältern weitgehend der Blattmassenverteilung (Abb. 8.3–65). Von Maxima der Blattflächenindices in der Höhe von 67,9 bis 91,7% in der schwächsten Durchmesserklasse in den 7- bis 11-jährigen Beständen verlagerten sich die Höchstwerte mit zunehmendem Alter, mit Ausnahme des Bestandestyps NUBE18, in die Durchmesserklasse DK6. In den älteren Niederwaldbestandestypen mit Überhältern ist eine zweigipfelige Verteilung der Blattmassen mit niedrigeren Gipfelhöhen in den Durchmesserklassen DK14 und DK18 erkennbar.

8.4 BIOMASSEN UND BLATTFLÄCHEN BEI EINER KLUPPSCHWELLE VON 5 CM

8.4.1 MITTELWALDBESTÄNDE

Wie bereits mehrfach erwähnt, waren die Sträucher im untersuchten Mittelwaldbestand GRM4 von geringer Bedeutung. In diesem Bestand lag bei den Bäumen mit einem Bhd unter 5 cm der Trockenmasseanteil des Holzes in Rinde bei 1,9 und 1,4% und jener der Wurzeln bei 1,3 und 1,7% (Abb. 8.4–1). Der Blattmassenanteil des Baumkollektivs mit einem Bhd unter 5 cm (BAK1) nahm vom Alter 40 Jahre bis zum Alter 44 Jahre von 17,5 auf 6,1% ab, während sich der Blattflächenanteil nur leicht von 14,6 auf 12,8% verringerte.

Die Anteile der Holzrindenbiomassen des Baumkollektivs mit einem Bhd unter 5 cm lagen in den Mittelwaldbestandestypen Ebenthal mit 0,4 und 1,2% unter dem Niveau des Bestandes GRM4. Die Strauch-Holzrindenbiomassenanteile erreichten Werte von 2,7 bis 7,8%, wobei die höchsten Anteile in den Bestandestypen MWBE21 (4,6%) und MWBE18 (7,8%) auftraten.

Das Baumkollektiv BAK1 blieb bei den Wurzelbiomassen in den Mittelwaldbestandestypen Ebenthal unter 2,1% (MWBE15), gemeinsam mit den Sträuchern wurden jedoch Prozentwerte von 14,5 bis 33,4% erreicht, wobei die Anteile mit zunehmendem Alter geringer wurden.

Die Blattmassen der Bäume des BAK1 und der Sträucher summierten sich in den mittelalten Bestandestypen auf 35,7% (MWBE15) bis 38,4% (MWBE18), während in den älteren Bestandestypen die Werte zwischen 18,5 und 28,0% schwankten. Die Sträucher erreichten Prozentwerte in der Höhe von 15,9 bis 29,6%.

Wie aus der Abbildung 8.4–1 ersichtlich, lagen bei den Blattflächen sowohl für die Kollektive BAK1 als auch für die Sträucher die relativen Anteile über jenen der Blattmassenanteile. Die niedrigsten Anteile wurden mit 24,6% im Bestandestyp MWBE21 und die höchsten mit 48,9% im MWBE18 vorgefunden.

In der Altersperiode zwischen 4 und 7 Jahren erhöhte sich im Untersuchungsbestand GRM3 der Anteil des Baumkollektivs BAK1 an den Holzrindenbiomassen von 13,2 auf 23,8% (Abb. 8.4–2). Sträucher spielten eine untergeordnete Rolle. 41,7% der Wurzelbiomassen wurden vom schwachen Baumkollektiv BAK1 gebildet, ein Anstieg um 8,3% innerhalb von 3 Jahren. Bei den Blattmassen und der Blattfläche verringerten sich die Anteile auf hohem Niveau auf 68,9 und 71,9%.

Die Verteilungen der Biomassenkompartimente auf die Baumkollektive BAK1 und BAK2 sowie die Sträucher auf den Parzellen Tuemling im Alter von 7 Jahren sind jenen des gleichaltrigen Bestandes GRM3 sehr ähnlich (Abb. 8.4–2). Bei einem Strauchanteil an den Holzrindenbiomassen von 0,9 bis 5,0% wurden vom Baumkollektiv BAK1 insgesamt 17,8 bis 27,6% an den Holzrindenbiomassen eingenommen. Bei den Wurzeln fand sich der höchste Wert im Untersuchungsbestand P21 (ungezäunt und gepflegt) mit 49,3%. In den anderen drei Untersuchungsparzellen schwankten die Anteile zwischen 27,5 und 35,5%. Umgekehrt zur Verteilung der Holzrindenbiomassen waren die Verhältnisse bei der Blattmasse und der Blattfläche. Nur 20,5 bis 12,9% der Blattmassen und 17,6 bis 12,5% der Blattflächen wurden von den Bäumen mit einem Bhd über 5 cm gebildet.

Nach 6 Vegetationsperioden (Alter 13 Jahre) lag der durchschnittliche Holzrindenbiomassenanteil aller Parzellen bei den Bäumen mit einem Bhd von über 5 cm bei 62,5% und der mittlere Wurzelbiomassenanteil bei 56,8% (Abb. 8.4–2). Somit erhöhten sich die durchschnittlichen Beiträge der Bäume und Sträucher der schwächeren Durchmesserklassen auf Anteile von einem Drittel bis zu zwei Fünftel. Bei den Holzrindenbiomassen streuten die Anteile von 27,3 bis 49,0% und bei den Wurzelbiomassen von 29,0 bis 56,2%.

Im Unterschied zu den Entwicklungen bei den Holzrinden- und Wurzelbiomassen gingen bei den Blattmassen und den Blattflächenindices die Anteile des BAK1 und der Sträucher um rund 20 bis 30 Prozent zurück.

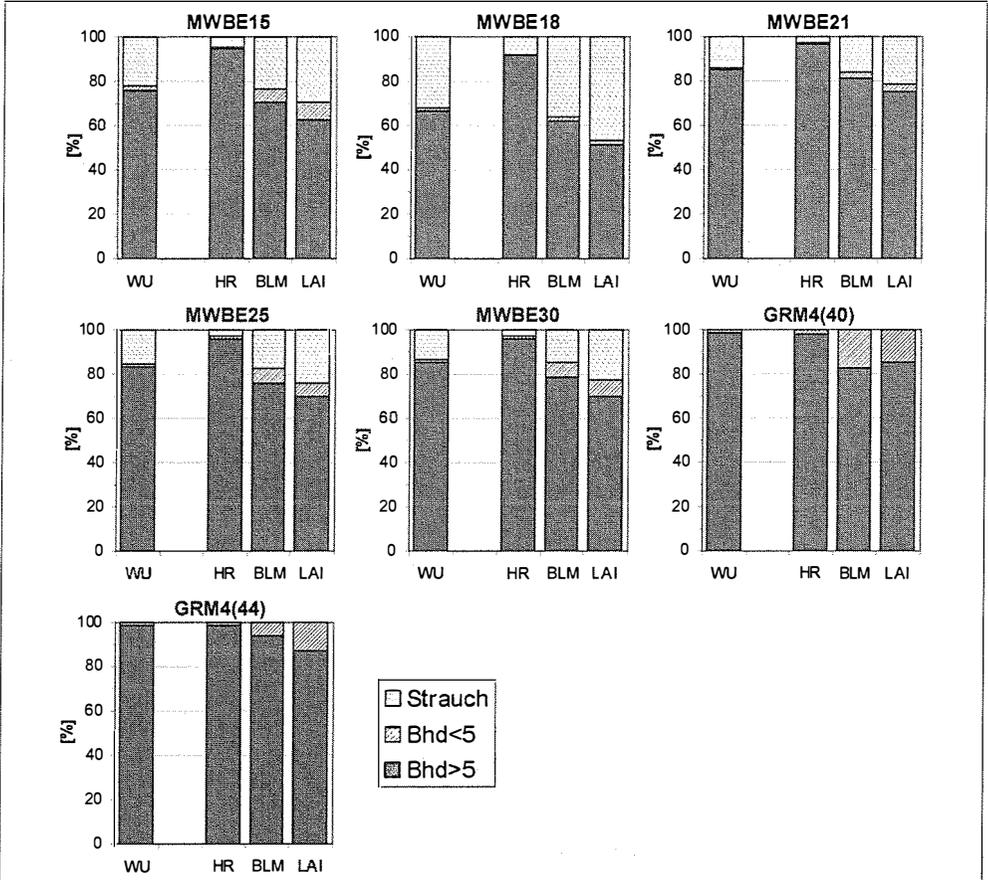


Abb. 8.4–1: Prozentuelle Anteile [%] der Baumkollektive BAK1 (Bhd < 5 cm) und BAK2 (Bhd ≥ 5 cm) und des Strauchkollektivs (STR) an den Holzrindenbiomassen (HR), Blattmassen (BLM), Wurzelbiomassen (WU) und Blattflächenindices (LAI) im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 und in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre; Grandmühl: GRM4(40) = Alter 40 Jahre, GRM(44) = Alter 44 Jahre).

Fig. 8.4–1: Percentage [%] of the tree collective BAK1 (dbh < 5 cm) and BAK2 (dbh ≥ 5 cm) and of the shrub collective (STR) for the above wood biomass in bark, leaf biomass (BLM), root biomass (WU) and leaf area indices (LAI) in the stand types Ebenthal (coppice with standards) and in the investigation stand Grandmühl 4 (Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM4(40) = age 40 years, GRM(44) = age 44 years).

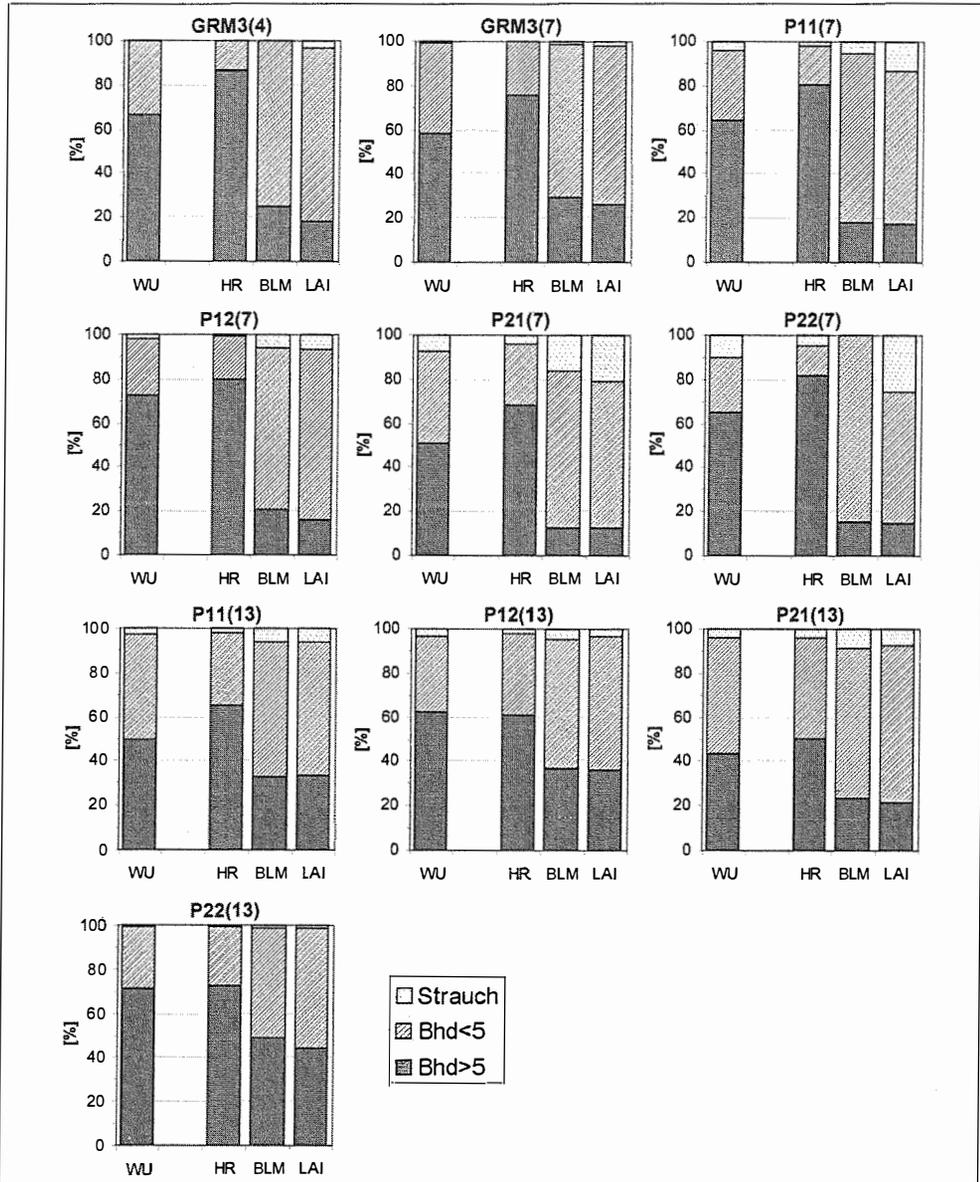


Abb. 8.4–2: Prozentuelle Anteile [%] der Baumkollektive BAK1 (Bhd < 5 cm) und BAK2 (Bhd ≥ 5 cm) und des Strauchkollektivs (STR) an den Holzrindenbiomassen (HR), Blattmassen (BLM), Wurzelbiomassen (WU) und Blattflächenindices (LAI) in den Untersuchungsbeständen Mittelwald Grandmühl 3 und Tuemling im Alter von 7 und 13 Jahren (Grandmühl 3 = GRM3 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege; Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 – oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege).

Fig. 8.4–2: Percentage [%] of the tree collective BAK1 (dbh < 5 cm) and BAK2 (dbh ≥ 5 cm) and of the shrub collective (STR) for the above wood biomass in bark, leaf biomass (BLM), root biomass (WU) and leaf area indices (LAI) in the investigation stands (coppice with standards) Grandmühl 3 and Tuemling at the age of 7 years and 13 years (Grandmühl 3 = GRM3 - mZoPE = fenced and untended; parcels Tuemling: P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 - mZoPE = fenced and untended, P21- oZmPE = unfenced and tended, P22 - oZoPE = unfenced and untended).

8.4.2 NIEDERWALDBESTÄNDE MIT ÜBERHÄLTERN

Bei den Niederwaldbestandestypen mit Überhältern in Ebenthal sind visuell drei unterschiedliche Verteilungsmuster nach verschiedenen Altersgruppen erkennbar (Abb. 8.4–3).

In den jüngeren Bestandestypen NUBE7 und NUBE8 wurden 42 und 40% der Holzrindenbiomassen und nur 6,2 und 21,0% der Wurzelbiomassen von Bäumen mit einem Bhd über 5 cm gebildet. Bei den Blattmassen und den Blattflächen waren dies nur rund 20%.

Bei den mittelalten Niederwaldbestandestypen (Alter 11 bis 15 Jahre) erhöhten sich bei allen Kompartimenten und den Blattflächen erwartungsgemäß die Anteile, und zwar um das 2- bis 3-fache.

Die Strauchanteile und Prozentwerte des Baumkollektivs BAK1 lagen in den Bereichen von 12,6 bis 28,7% bei den Holzrindenbiomassen, 45,3 bis 60,8% bei den Wurzelbiomassen und 47,2 bis 55,9% bei den Blattmassen.

Bei den Holzrindenbiomassen erhöhten sich gegenüber den mittelalten Bestandestypen die Anteile des Baumkollektivs BAK2 (Bhd unter 5 cm) auf 89,5 bis 96,5%. Auch die Wurzelbiomassenanteile lagen bei 62,9 und 81,3%. Ähnlich hohe Werte wurden bei den Blattmassen und den Blattflächenindices erreicht. Die Verteilungen in den älteren Bestandestypen waren jenen der Mittelwaldbestandestypen Ebenthal sehr ähnlich.

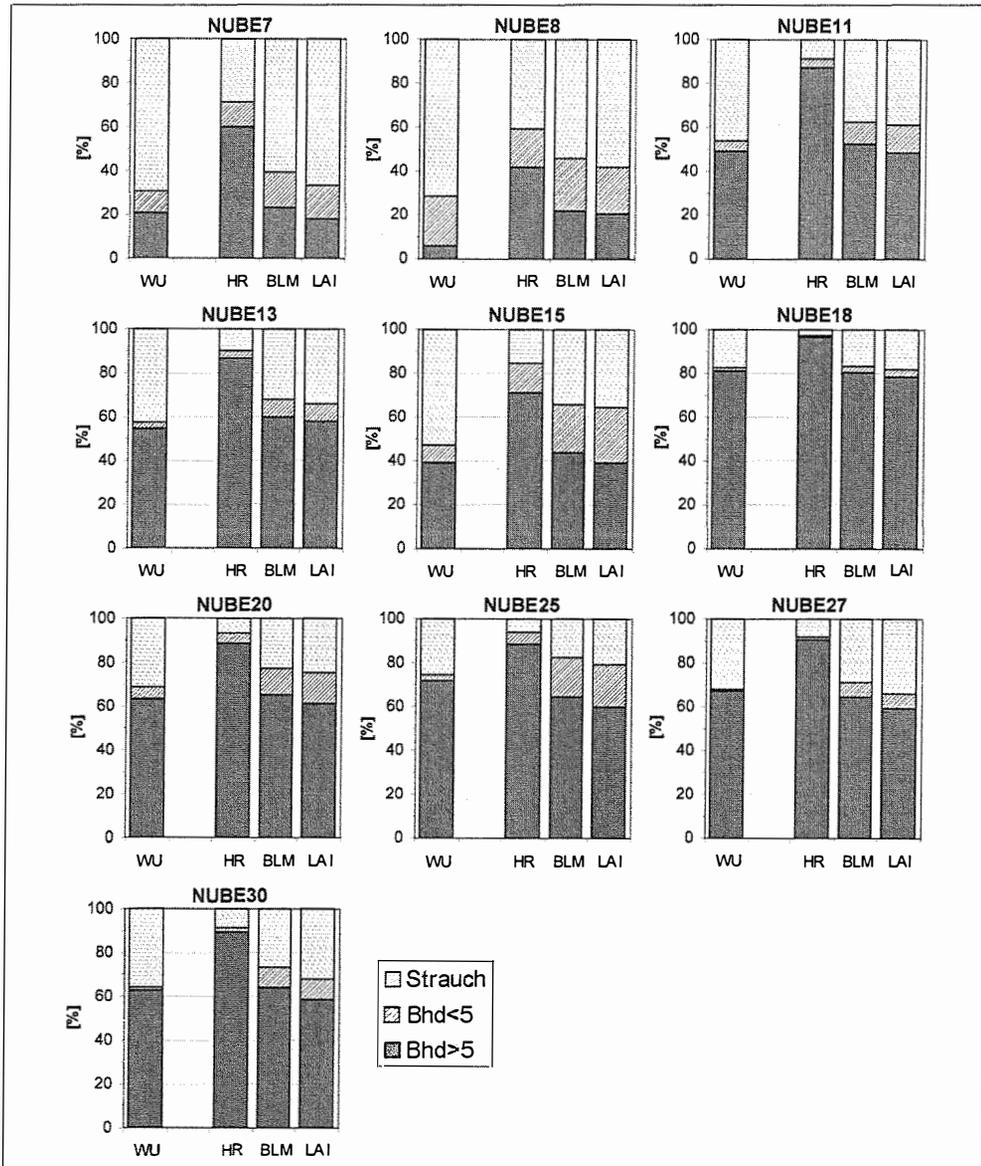


Abb. 8.4-3: Prozentuelle Anteile [%] der Baumkollektive BAK1 (Bhd < 5 cm) und BAK2 (Bhd \geq 5 cm) und des Strauchkollektivs (STR) an den Holzrindenbiomassen (HR), Blattmassen (BLM), Wurzelbiomassen (WU) und Blattflächenindices (LAI) in den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern Ebenthal (NUBE7 = Alter 7 Jahre, NUBE8 = Alter 8 Jahre, NUBE11 = Alter 11 Jahre, NUBE13 = Alter 13 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre).

Fig. 8.4-3: Percentage [%] of the tree collective BAK1 (dbh < 5 cm) and BAK2 (dbh \geq 5 cm) and of the shrub collective (STR) for the above wood biomass in bark, leaf biomass (BLM), root biomass (WU) and leaf area indices (LAI) in the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (NUBE7 = age 7 years, NUBE8 = age 8 years, NUBE11 = age 11 years, NUBE13 = age 13 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years).

8.5 BETRIEBSKLASSENSTRUKTUREN IM REVIER EBENTHAL

Insgesamt wurden im Revier Ebenthal 42 ha (34%) der Betriebsart Mittelwald und 67 ha (55%) dem Niederwaldbetrieb mit Überhältern zugeordnet. 14 ha (11%) wurden als Umwandlungsflächen ausgeschieden.

Die Altersklassenverteilungen im Niederwald mit Überhältern sowie im Mittelwald und auf den Umwandlungsflächen sind aus Abbildung 8.5–1 ersichtlich. Im Mittelwald mit einem mittleren Alter von 21 Jahren dominierte die Altersklasse IV (15 bis 20 Jahre), im Niederwald mit Überhältern die Altersklasse II (10 bis 15 Jahre), wobei das mittlere Alter 17 Jahre betrug. Die Altersklassenverteilung in der Betriebsklasse Niederwald mit Überhältern war ausgeglichener als im Mittelwald. Die Umwandlungsflächen gehörten zur Gänze der Altersklasse I (bis 5 Jahre) an und werden in dieser Arbeit nicht weiter behandelt.

Eine allgemeine Übersicht über die wichtigsten Bestandeskennwerte nach Betriebsklassen ist in den Tabellen 8.5–1 und 8.5–2 enthalten. Die Auswertungen bezogen sich sowohl auf die Bäume als auch auf die Strauchvegetation.

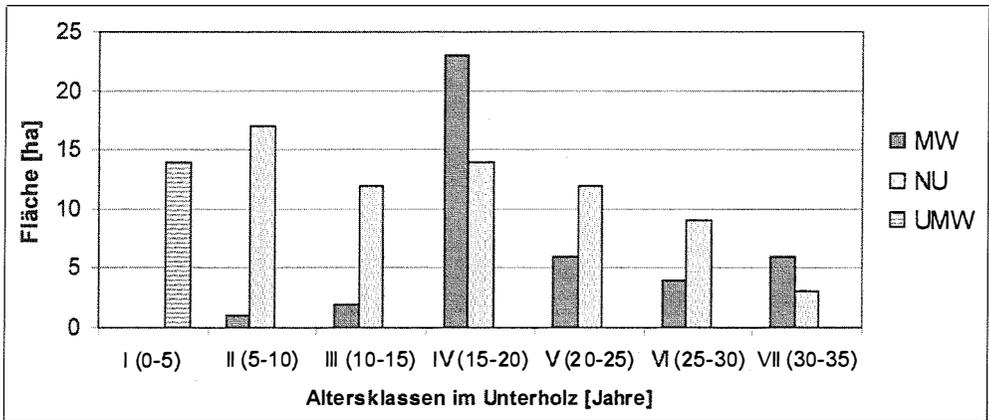


Abb. 8.5–1: Altersklassenverteilung [ha] der Betriebsklassen Mittelwald (MW), Niederwald mit Überhältern (NU) und Umwandlung (UMW) im Revier Ebenthal (Altersklassen: I = 0–5 Jahre, II = 5–10 Jahre, III = 10–15 Jahre, IV = 15–20 Jahre, V = 20–25 Jahre, VI = 25–30 Jahre, VII = 30–35 Jahre).

Fig. 8.5–1: Distribution of age-classes [ha] for the management classes coppice with standards (MW), coppice with reserves (NU) and conversion (UMW) in the forest district Ebenthal (age-classes: I = 0–5 years, II = 5–10 years, III = 10–15 years, IV = 15–20 years, V = 20–25 years, VI = 25–30 years, VII = 30–35 years).

Zwischen den Betriebsklassen Mittelwald und Niederwald mit Überhältern zeigten sich erwartungsgemäß große Unterschiede. Die mittleren Überschirmungsgrade von 0,8 im Mittelwald und 0,2 im Niederwald mit Überhältern wurden von einer Stammzahl von 202 N.ha⁻¹ bzw. 102 N.ha⁻¹ gebildet. Die mittlere Bestandesdichte lag im Mittelwald mit 76.316 N.ha⁻¹ um 23% höher als im Niederwald mit Überhältern. Die durchschnittlichen Grundflächen in 130 cm und in 10 cm Schafthöhe blieben im Niederwald mit Überhältern mit 15,5 m².ha⁻¹ um 26% und mit 23,0 m².ha⁻¹ um 43% zurück.

Die mittleren Vorräte betragen im Mittelwald mit 136 fm_s.ha⁻¹ das 2,7-fache des Niederwaldes mit Überhältern (50 fm_s.ha⁻¹). Bei etwa gleich hohen mittleren Vorräten im Unterholz mit 50 fm_s.ha⁻¹ stockten im Oberholz des Mittelwaldes 111 fm_s.ha⁻¹ und im Niederwald mit Überhältern 25 fm_s.ha⁻¹.

Die mittleren Holzrindenbiomassen hatten Trockengewichte von 12.933 g.m⁻² im Mittelwald und von 5.038 g.m⁻² im Niederwald mit Überhältern. Der mittleren Blattmasse von 342 g.m⁻² entsprach im Mittelwald ein Blattflächenindex von 5,4 und im Niederwald mit Überhältern wurde für durchschnittlich 276 g.m⁻² Blattmasse ein Blattflächenindex von 4,2 ermittelt.

Tab. 8.5–1: Bestandeskennwerte pro ha (Mittelwerte und relative Standardfehler in Klammern) für die Betriebsklasse Mittelwald Ebenthal, getrennt nach Oberholz- und Unterholzstufen sowie nach Bäumen (BA) und Sträuchern (STR). (N [N.ha⁻¹] = Stammzahl, G [m².ha⁻¹] = Grundfläche, G₁₀ [m².ha⁻¹] = Grundfläche in 10 cm Schafthöhe, V [fm_s.ha⁻¹] = Schaftholzvolumen, UB% [%] = Überschirmungsprozent, HR [g.m⁻²] = Holzrindenbiomasse, BLM [g.m⁻²] = Blattmasse, WU [g.m⁻²] = Wurzelbiomasse, LAI [m².m⁻²] = Blattflächenindex).

Table 8.5–1: Stand characteristics per ha (means with relative standard errors in parenthesis) for the management class coppice with standards Ebenthal, divided into overwood and underwood and subdivided into trees (BA) and shrubs (STR). (N [N.ha⁻¹] = stem number, G [m².ha⁻¹] = basal area, G₁₀ [m².ha⁻¹] = basal area at the height of 10 cm, V [fms.ha⁻¹] = stem volume, UB% [%] = canopy cover percentage, HR [g.m⁻²] = wood biomass in bark, BLM [g.m⁻²] = leaf biomass, WU [g.m⁻²] = root biomass, LAI [m².m⁻²] = leaf area index).

	Unterholz						Oberholz						ΣΣ		
	Bhd < 5cm			5cm ≤ Bhd < 16 cm			16cm ≤ Bhd < 24 cm			Bhd ≥ 24 cm					
	BA	STR	Σ	BA	STR	Σ	BA	STR	Σ	BA	STR	Σ	BA	STR	ΣΣ
N (Tsd.) [N.ha ⁻¹]	49,1 (23,9)	25,6 (14,8)	74,7 (16,3)	1,3 (16,1)	0,2 (24,8)	1,5 (13,0)	0,09 (19,2)	0	0,09 (19,2)	0,1 (7,1)	0	0,1 (7,1)	50,6 (23,2)	25,9 (14,7)	76,5 (15,9)
G [m ² .ha ⁻¹]	0,3 (26,9)	—	0,3 (26,9)	5,5 (10,4)	—	5,5 (10,4)	2,6 (19,1)	—	2,6 (19,1)	11,5 (8,7)	—	11,5 (8,7)	19,4 (6,3)	—	19,4 (6,3)
G₁₀ [m ² .ha ⁻¹]	0,8 (21,2)	3,5 (15,3)	4,3 (11,9)	9,3 (10,2)	1,2 (25,2)	10,5 (9,1)	4,6 (18,9)	0	4,6 (18,9)	20,8 (8,7)	0	20,8 (8,7)	35,4 (6,1)	4,7 (14,2)	40,2 (5,1)
V [fm _s .ha ⁻¹]				25 (10,1)	—	25 (10,1)	16 (18,6)	—	16 (18,6)	95 (9,5)	—	95 (9,5)	136 (7,1)	—	136 (7,1)
ÜB% [%]							16 (19,9)	—	16 (19,9)	65 (10,0)	—	65 (10,0)	81 (9,1)	—	81 (9,1)
HR [g.m ⁻²]	98 (22,7)	384 (16,1)	482 (13,3)	2.042 (10,6)	140 (25,7)	2.182 (9,8)	1.371 (19,8)	0	1.371 (19,8)	8.898 (10,3)	0	8.898 (10,3)	12.409 (7,8)	524 (15,0)	12.933 (7,4)
BLG [g.m ⁻²]	19 (20,9)	62 (13,7)	80 (10,6)	115 (11,6)	14 (25,2)	129 (10,2)	30 (17,8)	0	30 (17,8)	102 (8,5)	0	102 (8,5)	267 (6,9)	75 (12,7)	342 (5,0)
WU [g.m ⁻²]	54 (20,8)	542 (15,1)	596 (13,6)	554 (10,8)	179 (25,6)	733 (9,4)	327 (18,8)	0	327 (18,8)	2.013 (9,8)	0	2.013 (9,8)	2.948 (9,3)	721 (14,1)	3.699 (5,6)
LAI [m ² .m ⁻²]	0,3 (22,6)	1,3 (14,8)	1,6 (12,0)	1,7 (13,0)	0,3 (25,2)	2,0 (10,9)	0,4 (18,5)	0	0,4 (18,5)	1,4 (8,7)	0	1,4 (8,7)	3,8 (8,0)	1,6 (13,6)	5,4 (5,8)

Die mittleren Wurzelbiomassenvorräte betragen 3.699 g.m⁻² (Mittelwald) bzw. 1.780 g.m⁻² (Niederwald mit Überhältern). Während im Niederwald mit Überhältern die Trockenmassen der Holzrinde bei 39% des Wertes des Mittelwaldes lagen, waren es bei den Wurzeln 48%, bei den Blättern 81% und bei der Blattfläche rund 78%.

In der Mittelwaldbetriebsklasse lag der Mischungsanteil der Sträucher an der Stammzahl bei 33,8% (25.895 N.ha⁻¹). Das entsprach einem Anteil an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe von 11,7% (4,7 m².ha⁻¹). Die Strauchvegetation hatte an den Holzrindenbiomassen einen Anteil von 4,1% und an den Wurzelbiomassen von 19,5%. An der Blattmasse hatten die Sträucher einen Anteil von 21,9%, an der Blattfläche von 24,1%.

Bei den Holzrinden- und der Wurzelbiomassen dominierte das Oberholz mit 79,4% und 63,8%. Der Beitrag des Oberholzes an der Blattmasse und an der Blattfläche fiel mit 38,6 und 33,3% deutlich geringer aus.

Von den 76.518 Stämmen pro ha hatten 97,7% (74.763 N.ha⁻¹) noch nicht die Kluppschwelle von 5 cm erreicht. 1.553 N.ha⁻¹ lagen im Durchmesserbereich von 5 bis 16 cm. Die Unterholzstufe mit einem Bhd unter 5 cm repräsentierte einen Grundflächenanteil von 1,5% und einen Grundflächenanteil in 10 cm Schafthöhe von 10,7%.

Die Holzrindenbiomassen von 12.933 g.m⁻² wurden zu 20,6% vom Unterholz und zu 79,4% vom Oberholz aufgebaut. Auf das Kollektiv mit einem Bhd unter 5 cm entfielen 3,7% und auf die Oberholzstufen mit einem Bhd über 24 cm 68,8%. Der Oberholzanteil an den Holzrindenbiomassen ist in etwa gleich hoch wie jener bei der Holzvolumenvorratsverteilung.

Dem geringen Anteil des Bestandeskollektivs mit einem Bhd unter 5 cm an den Holzrindenbiomassen standen Blattmassenanteile von 23,4% und Blattflächenanteile von 29,6% gegenüber. Der Wurzelbiomassenanteil dieses Kollektivs lag bei 16,1%.

Die Stammzahlverteilungen nach Durchmesserklassen sind aus der Abbildung 8.5-2 ersichtlich. Die Stammzahlverteilungen der Bäume folgten sowohl im gesamten Kollektiv als auch im Oberholz einer stark linksschiefen Verteilungskurve.

Prozentuelle Verteilungen der Grundfläche, der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe, des Vorrates und der Biomassenkompartimente Holzrinde, Wurzeln und Blätter sowie des Blattflächenindex nach Durchmesserklassen sind der Abbildung 8.5-3 zu entnehmen.

Bei der Grundflächenverteilung zeigte sich eine zweigipfelige Verteilung mit Häufigkeitsmaxima in den Durchmesserklassen DK12 und DK36. Betrachtet man die Grundfläche in 10 cm Schafthöhe, so kam der Anteil der Strauchvegetation klar zum Ausdruck. Bei der Vorratsverteilung fiel das Maximum in die Durchmesserklasse DK36 und das Minimum in die schwächste Durchmesserklasse, während die anderen Durchmesserstufen zu etwa gleichen Anteilen besetzt waren.

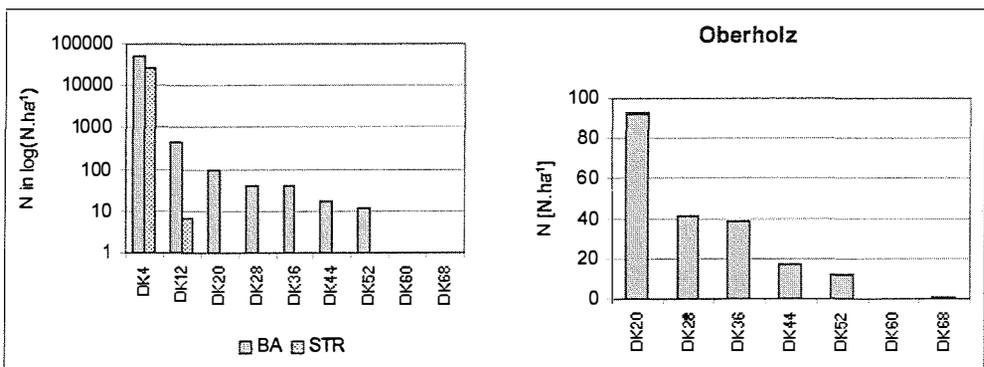


Abb. 8.5-2: Stammzahlverteilung gesamt (N in log (N.ha⁻¹)) und für das Oberholz (N in N.ha⁻¹) nach Durchmesserklassen für die Mittelwaldbetriebsklasse Ebenthal (Klassenbreite: 8 cm).

Fig. 8.5-2: Distribution of stems for total (N in log (N.ha⁻¹)) and for the overwood (N N.ha⁻¹) over diameter classes for the stand types Ebenthal (coppice with standards) (range of diameter class: 8 cm).

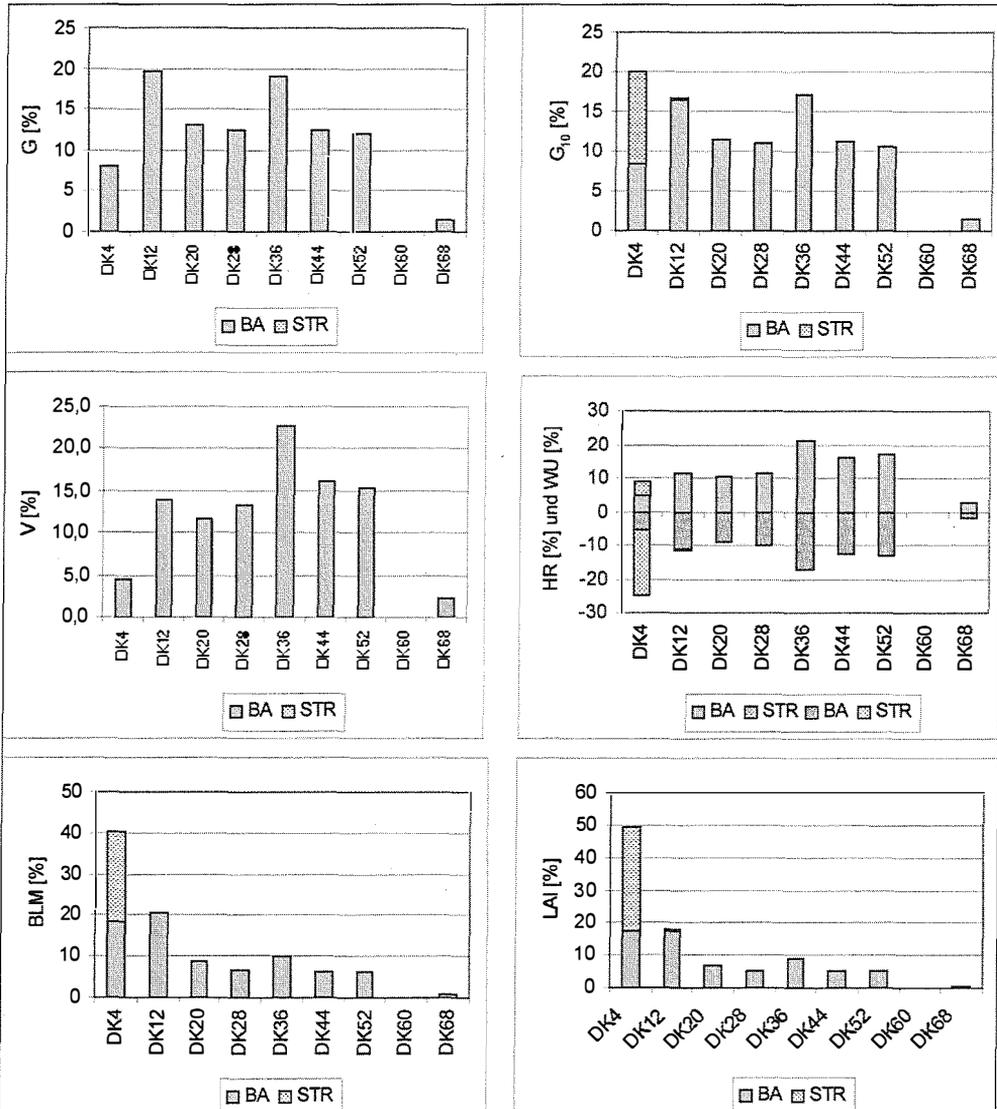


Abb. 8.5–3: Prozentuelle Verteilungen [%] der Grundfläche in 130 cm Schafthöhe (G), der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe (G_{10}), des Vorrates (V) der Holzrindenbiomassen (HR), der Wurzelbiomassen (WU), der Blattmasse (BLM) und der Blattflächenindices (LAI) nach Durchmesserklassen in der Mittelwaldbetriebsklasse Ebenthal (Klassenbreite: 8 cm).

Fig. 8.5–3: Percentage [%] of the basal area at breast height (G), basal area at the stem height of 10 cm (G_{10}), volume (V), wood biomass in bark (HR), root biomass (WU), leaf biomass (BLM) and leaf area indices (LAI) over diameter classes in the coppice with standards management class Ebenthal (range of diameter class: 8 cm).

Das Trockengewicht der Holzrindenbiomasse hatte in der Durchmesserklasse DK36 die höchsten Werte, gefolgt von den Durchmesserklassen DK44 und DK52. Über 50% der Holzrindenbiomassen befand sich in den stärkeren Durchmesserklassen. Auffallend ist, dass rund ein Viertel der Wurzelbiomassen in der Durchmesserklasse DK4 gespeichert war. Ein weit höherer Anteil der Holzrindenbiomassen war auf die stärkeren Durchmesserklassen verteilt.

Tab. 8.5–2: Bestandeskennwerte pro ha (Mittelwerte und relative Standardfehler in Klammern) für die Betriebsklasse Niederwald mit Überhältern Ebenthal, getrennt nach Oberholz- und Unterholzstufen sowie nach Bäumen (BA) und Sträuchern (STR). (N [N.ha⁻¹] = Stammzahl, G [m².ha⁻¹] = Grundfläche, G₁₀ [m².ha⁻¹] = Grundfläche in 10 cm Schafthöhe, V [fm_s.ha⁻¹] = Schaftholzvolumen, UB% [%] = Überschirmungsprozent, HR [g.m⁻²] = HolZRindenbiomasse, BLM [g.m⁻²] = Blattmasse, WU [g.m⁻²] = Wurzelbiomasse, LAI [m².m⁻²] = Blattflächenindex).

Table 8.5–2: Stand characteristics per ha (means with relative standard errors in parenthesis) for the management class coppice with reserves Ebenthal, divided into overwood and underwood and subdivided into trees (BA) and shrubs (STR). (N N.ha⁻¹) = stem number, G [m².ha⁻¹] = basal area, G₁₀ [m².ha⁻¹] = basal area at the height of 10 cm, V [fms.ha⁻¹] = stem volume, UB% [%] = canopy cover percentage, HR [g.m⁻²] = wood biomass in bark, BLM [g.m⁻²] = leaf biomass, WU [g.m⁻²] = root biomass, LAI [m².m⁻²] = leaf area index)

	Unterholz						Oberholz						ΣΣ			
	Bhd < 5cm			5cm ≤ Bhd < 16cm			16cm ≤ Bhd < 24cm			Bhd ≥ 24cm			BA	STR	ΣΣ	
	BA	STR	Σ	BA	STR	Σ	BA	STR	Σ	BA	STR	Σ				
N (Tsd.) [N.ha ⁻¹]	23,7 (10,9)	33,1 (13,8)	56,8 (9,1)	2,1 (12,1)	0,08 (31,2)	2,2 (11,5)	0,08 (18,1)	0	0,08 (18,1)	0,02 (18,9)	0	0,02 (18,9)	26,0 (10,2)	33,2 (23,7)	59,1 (8,8)	
G [m ² .ha ⁻¹]	0,9 (26,6)	0	0,9 (26,6)	5,6 (10,2)		5,6 (10,2)	2,1 (18,0)	0	2,1 (18,0)	1,7 (20,3)	0	1,7 (20,3)	10,3 (9,3)	0	10,3 (9,3)	
G₁₀ [m ² .ha ⁻¹]	2,0 (10,4)	4,1 (14,2)	6,1 (10,7)	9,6 (10,3)	0,4 (29,2)	10,0 (10,1)	3,8 (18,0)	0	3,8 (18,0)	3,1 (20,3)	0	3,1 (20,3)	18,5 (8,7)	4,5 (13,9)	23,0 (7,6)	
V [fm _s .ha ⁻¹]				24 (11,0)	0	24 (11,0)	12 (18,1)	0	12 (18,1)	13 (21,2)	0	13 (21,2)	13 (10,9)	50 (10,9)	0	50 (10,9)
ÜB% [%]							11 (19,7)	0	11 (19,7)	10 (22,3)	0	10 (22,3)	21 (16,0)	0	21 (16,0)	
HR [g.m ⁻²]	245 (25,4)	432 (15,3)	667 (13,8)	2.123 (10,5)	53 (30,6)	2.176 (10,4)	1.048 (18,0)	0	1.048 (18,0)	1148 (21,5)	0	1.148 (21,5)	4.564 (10,0)	474 (14,8)	5.038 (9,3)	
BLG [g.m ⁻²]	38 (18,6)	80 (11,8)	118 (10,0)	115 (10,1)	5 (30,3)	122 (9,9)	23 (17,9)	0	23 (17,9)	16 (20,0)	0	16 (20,0)	191 (8,6)	85 (11,5)	276 (6,4)	
WU [g.m ⁻²]	98 (19,0)	622 (13,9)	720 (812,1)	73 (10,8)	68 (30,9)	541 (10,9)	248 (18,0)	0	248 (18,0)	248 (18,0)	0	271 (21,1)	1.090 (9,7)	690 (13,5)	1.780 (8,1)	
LAI [m ² .m ⁻²]	0,6 (20,7)	1,1 (12,5)	1,7 (9,9)	1,6 (10,5)	0,1 (30,0)	1,7 (10,1)	0,3 (17,8)	0	0,3 (17,8)	0,2 (19,9)	0	0,2 (19,9)	2,8 (9,3)	1,4 (12,2)	4,2 (6,7)	

Mit rund 140 g.m⁻² und einem Anteil von 40 % befand sich das Verteilungsmaximum der Blattmasse in der schwächsten Durchmesserstufe. Bei der Blattfläche war der prozentuelle Anteil mit 50% noch etwas höher. Die Strauchvegetation erlangte insgesamt und insbesondere innerhalb dieser Durchmesserklasse eine hervorragende Bedeutung.

War der Anteil der Sträucher sowie jener der Bäume in der Durchmesserklasse DK4 an diesen Komponenten bereits beachtlich, so nahm dieser, sowohl absolut als auch relativ gesehen an der Blattmasse und Blattfläche weiter zu. Rund 40 % der Blattmasse und 50% der Blattfläche wurden von der Durchmesserklasse DK4 gebildet.

Die Bestandeskennwerte der Niederwaldbetriebsklasse mit Überhältern sind in Tabelle 8.5–2 dargestellt. Im Niederwald mit Überhältern setzte sich die durchschnittliche Überschirmung von rund 20% zu etwa gleichen Anteilen aus der Überschirmung durch die Oberholzkollektive mit einem Bhd kleiner 24 cm und größer 24 cm zusammen.

Die mittlere Grundfläche in 130 cm Schafthöhe von 10,3 m².ha⁻¹ und der Vorrat von 50 fm_s.ha⁻¹ wurden zu 63 bzw. 48% vom Unterholz gebildet. An der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe betrug der Unterholzanteil 70%.

Im Vergleich zum Mittelwald nahm im Niederwald mit Überhältern die Bedeutung der Strauchvegetation und jene der Unterholzstufe mit einem Bhd unter 5 cm erwartungsgemäß zu.

Im Niederwald mit Überhältern lagen die Anteile des Oberholzes an der Grundfläche in 130 cm Schafthöhe bei 37% und in 10 cm Schafthöhe bei 30%. Am Holzzrindenbiomassenvorrat hatte das Oberholz einen Anteil von 43% und am Wurzelbiomassenvorrat einen von 29%. Damit waren deutliche Unterschiede zum Mittelwald vorhanden. Auch bei den Blattmassen und Blattflächenindices unterschieden sich die Anteile des Oberholzes zwischen den Betriebsarten klar. Während im Mittelwald die Oberholzanteile an der Blattmasse und an der Blattfläche bei 38,6 und 33,3% lagen, betrug sie im Niederwald 16,1 und 14,6 Prozent.

Wie aus Tabelle 8.5–2 ersichtlich, nahmen die Sträucher im Mittel 56,2% an der Stammzahl pro ha und 19,6% an der Grundfläche in 10 cm Höhe pro ha ein. Das ergab einen Anteil an den Holzzrindenbiomassen von 8,3%, den Wurzelbiomassen von 35,7% und den Blattmassen von 28,9%. Der Blattflächenanteil der Strauchschicht betrug 32,5%.

96,1% der Stammzahlen je ha und 26,5% der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe befanden sich in der Unterholzstufe mit einem Bhd unter 5 cm. Der Anteil der Holzzrindenbiomassen erreichte 11,7%, während die Blatt- und Wurzelbiomassenanteile auf 39,4% und 35,8% anstiegen. Bei der Blattfläche erhöhte sich der Prozentwert auf 45,0%.

Die prozentuellen Häufigkeitsverteilungen der Stammzahlen, Grundflächen und Grundflächen in 10 cm Schafthöhe ohne Sträucher sowie des Vorrates zeigten typische linksschiefe Verteilungsmuster (Abb. 8.5–4 und Abb. 8.5–5).

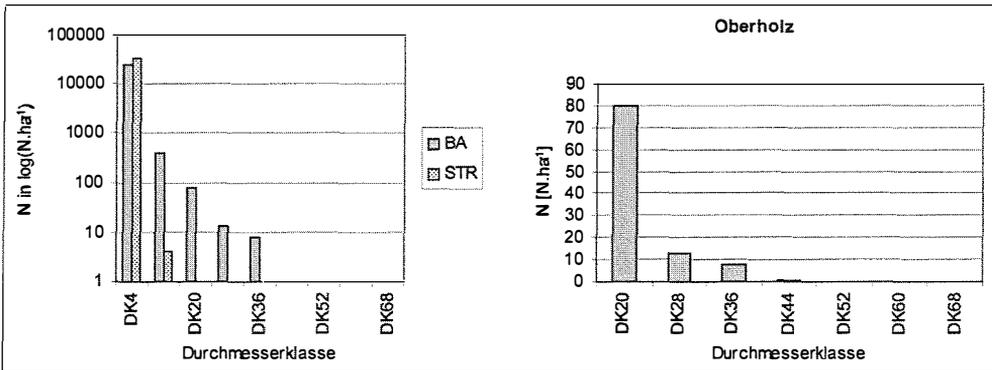


Abb. 8.5–4: Stammzahlverteilung gesamt (N in $\log(N \cdot \text{ha}^{-1})$) und für das Oberholz (N in $N \cdot \text{ha}^{-1}$) nach Durchmesserklassen für die Niederwaldbetriebsklasse mit Überhältern Ebenthal (Klassenbreite: 8 cm).

Fig. 8.5–4: Distribution of stems for total (N in $\log(N \cdot \text{ha}^{-1})$) and for the overwood (N $N \cdot \text{ha}^{-1}$) over diameter classes for the stand types Ebenthal (coppice with reserves) (range of diameter class: 8 cm).

Auch die Verteilungen der Hauptbiomassenkomponenten und der Blattflächen unterschieden sich deutlich. Die Trockenmassen der Holzzrinden- und Wurzelkomponenten zeigten ebenfalls linksschiefe Verteilungen, wobei in den beiden Durchmesserklassen DK4 und DK12 des Unterholzes rund 60% der Trockenmassen konzentriert waren. In der Durchmesserklasse DK20 betrug der Holzzrindenbiomassenanteil rund 16% und der dazugehörige Wurzelbiomassenanteil rund 14%.

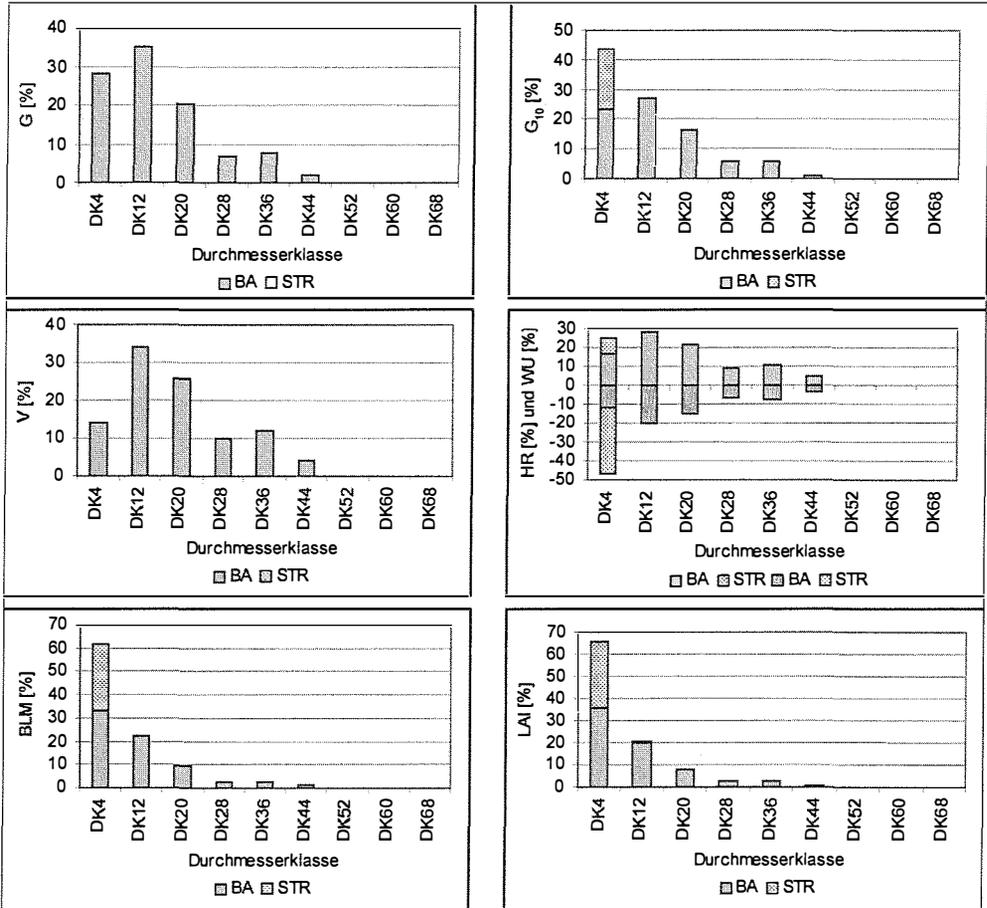


Abb. 8.5–5: Prozentuelle Verteilungen [%] der Grundfläche in 130 cm Schafthöhe (G), der Grundfläche in 10 cm Höhe (G₁₀), des Vorrates (V), der Holzrindenbiomasse (HR), der Wurzelbiomasse (WU), der Blattmasse (BLM) und der Blattflächenindices (LAI) in der Niederwaldbetriebsklasse mit Überhältern Ebenthal (Klassenbreite: 8 cm).

Fig. 8.5–5: Percentage [%] of the basal area at breast height (G), basal area at the stem height of 10 cm (G₁₀), volume (V), wood biomass in bark (HR), root biomass (WU), leaf biomass (BLM) and leaf area indices (LAI) over diameter classes in the coppice with reserves management class Ebenthal (range of diameter class: 8 cm).

8.6 SCHÄTZUNG VON NUTZUNGSMENGEN UND AUSWIRKUNGEN WALDBAULICHER EINGRIFFE

8.6.1 NACHLICHTUNGSHIEBE

UND VERÄNDERUNG DES TOTHOLZDEPOTS

Wie bereits mehrfach erwähnt, wurden auf den Untersuchungsparzellen Tuemling im Jahr 1998 Nachlichtungshiebe im Oberholz durchgeführt. Die Kennwerte der Nachlichtungshiebe sind der Tabelle 8.6-1 zu entnehmen. Durch die Nachlichtungshiebe verringerten sich die Stammzahlen um 29% bis 45%, die Grundflächen um 38 bis 67% und die Holzvolumsvorräte um 41 bis 75%. Durch die Entnahmen verringerten sich auch die Überschirmungsprozente um 32 bis 66%.

Tab. 8.6-1: Kennwerte der Nachlichtungshiebe 1998 in den Untersuchungsparzellen Tuemling (Grundflächenmittelstamm = dg in cm, Mittelhöhe = h_L in m, Stammzahl = N in $N \cdot ha^{-1}$, Grundfläche in 130 cm Schafthöhe = G in $m^2 \cdot ha^{-1}$, Grundfläche in 10 cm Schafthöhe = G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$), Volumen = V in $fm_s \cdot ha^{-1}$, Überschirmungsprozent = $UB\%$ in %; Entnahmeprozent: Stammzahl = $EN\%$ in %, Grundfläche = $EG\%$ in %, Volumenvorrat = $EV\%$ in %, Holzrindenbiomassenvorrat = $EHR\%$ in %, Überschirmungsprozent = $EUB\%$ in %; Parzellen (Parz): P11 = mit Zaun und mit Pflege, P12 = mit Zaun und ohne Pflege, P21 = ohne Zaun und mit Pflege, P22 = ohne Zaun und ohne Pflege).

Table 8.6-1: Stand characteristics of the secondary fellings 1998 for the investigation parcels Tuemling (mean basal area tree = dg in cm, mean height = h_L in m, stem number = N in $N \cdot ha^{-1}$, basal area at the height of 130 cm = G in $m^2 \cdot ha^{-1}$, basal area at the height of 10 cm = G_{10} in $m^2 \cdot ha^{-1}$), volume = V in $fms \cdot ha^{-1}$, canopy cover percentage = $UB\%$ in %; percentage of removal: stem number = $EN\%$ in %, basal area = $EG\%$ in %, volume = $EV\%$ in %, wood biomass in bark = $EHR\%$ in %, canopy cover percentage = $EUB\%$ in %; parcels (Parz): P11 = fenced and tended, P12 = fenced and untended, P21 = unfenced and tended, P22 = unfenced and untended)

PARZ	N [$N \cdot ha^{-1}$]	G [$m^2 \cdot ha^{-1}$]	G_{10} [$m^2 \cdot ha^{-1}$]	V [$fm_s \cdot ha^{-1}$]	HR [$g \cdot m^{-2}$]	UB% [%]	EN% [%]	EG% [%]	EV% [%]	EHR% [%]	EUB% [%]
P11	22	4,7	8,6	38	4.804	20	29	43	42	46	43
P12	38	8,4	15,3	75	8.850	35	45	67	75	73	66
P21	12	1,9	3,6	16	1.807	8	21	38	41	44	32
P22	21	4,4	8,1	6	4.645	18	34	55	46	63	51

Die Hiebe erfolgten bei Eiche vor allem in den stärkeren Durchmesserklassen, während Robinie und Zerreiben im Rahmen einer Vorratspflege entnommen wurden. Aus Abbildung 8.6-1 ist die Eingriffsstruktur erkennbar.

Die Biomassenstruktur der Nachlichtungshiebe, bei denen nur das Stammholz bis zum Kronenansatz genutzt worden war, also das Kronenholz am Waldort verblieb, wird in Tabelle 8.6-2 dargestellt. Daraus ist erkennbar, dass die Unterschiede zwischen den beiden Vorgehensweisen zur Berechnung der Holzrindenbiomassen, und zwar durch Verwendung i) der Holzrindenbiomassenfunktion (HR) und ii) eine Summenbildung aus getrennten Schätzungen der Schaft- und Astholzrindenbiomassen (HR(1)), gering waren.

Im Zuge der Nachlichtungshiebe wurden, unter Verwendung der Summenwerte der Biomassenkompartimente, in den einzelnen Untersuchungsparzellen $4.804 g \cdot m^{-2}$, $8.850 g \cdot m^{-2}$, $1.807 g \cdot m^{-2}$ und $4.645 g \cdot m^{-2}$ Holzrindenbiomassen geschlägert. Dadurch verringerten sich die Bestandesvorräte an Trockenmasse um 46% (P11), 73% (P12), 44% (P21) und 63% (P22). Das astfreie Stammholz in Rinde, das genutzt wurde, entsprach einer Holzrindenbiomassenmenge von $612 g \cdot m^{-2}$ bis $3.206 g \cdot m^{-2}$. Dadurch ergeben sich Nutzungsprozente in Relation zu den oberirdischen Bestandesvorräten von 15% (P21) bis 27% (P12).

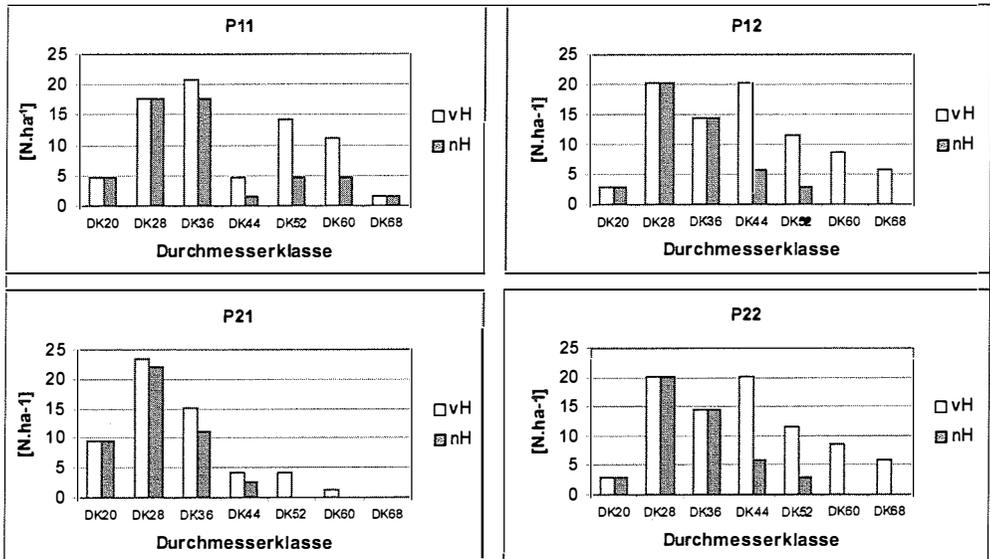


Abb. 8.6–1: Stammzahlverteilung (N in N.ha⁻¹) des Oberholzes vor und nach den Hiebsmaßnahmen (vH = vor Hieb, nH = nach Hieb) im Jahr 1998 auf den Untersuchungsparzellen Tuemling (P11 = mit Zaun und mit Pflege, P12 = mit Zaun und ohne Pflege, P21 = ohne Zaun und mit Pflege, P22 = ohne Zaun und ohne Pflege) (Klassenbreite: 8 cm).

Fig. 8.6–1: Distribution of stems (N in N.ha⁻¹) for the overwood before and after cut (vH = before-cut, nH = after-cut) in the year 1998 for the investigation parcels Tuemling (P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Die Anteile des astfreien Stammholzes an den oberirdischen Holzrindenbiomassen lagen im Bereich von 34 bzw. 40%. Das bedeutet, dass 60 bis 66% der geschlägerten Holzrindenbiomassen vom Kronenholz gebildet wurden. Von den geschlägerten Holzrindenbiomassen wurden unter Einbezug der Mortalität zwischen 1.194 g.m⁻² (P21) und 5.736 g.m⁻² (P12) Rücklassholzrindenbiomassen dem oberirdischen liegenden und 384 g.m⁻² (P21) bis 1.837 g.m⁻² (P12) dem unterirdischen Totholzvorrat zugeführt. Die Anteile der Astholzrindenbiomasse kleiner 4 cm an den geschlägerten Holzrindenbiomassen lagen im Bereich von 6 bis 8% und jene des stärkeren Astholzes in Rinde schwankten zwischen 35 und 38%.

Tab. 8.6–2: Biomassenkomponenten des Nachlichtungshiebes (NL), getrennt nach Hiebs- und Entnahmemenge und Veränderung des Totholzspeichers (o/uTotholz = ober- und unterirdisches Totholz) auf den Parzellen P11, P12, P21 und P22 der Versuchsanlage Tuemling im Jahr 1998 (P11 = mit Zaun und mit Pflege, P12= mit Zaun und ohne Pflege, P21 = ohne Zaun und mit Pflege, P22 = ohne Zaun und ohne Pflege) (HR1 = Summe von SHR = Schaftholzrinde, AHR>4cm = Astholzrinde größer 4 cm, AHR<4cm = Astholzrinde kleiner 4 cm

Table 8.6–2: Biomass compartments [g.m⁻²] of the secondary felling, divided into cutting and removal mass and change of the dead wood pool (o/u Totholz = under- and aboveground dead wood) for the investigation parcels Tuemling for the year 1998 (parcels: P11 = fenced and tended, P12 = fenced and untended, P21 = unfenced and tended, P22 = unfenced and untended; biomass compartments: HR = wood in bark; HR1 = wood in bark 1 = sum of SHR = stem wood in bark and AHR = branches, AHR>4 = branches larger 4 cm; AHR<4 = branches smaller 4 cm, aSTHR = branchless bottom log in bark, WU = root) (in paranthesis % of HR1).

		Kompartiment (g.m ⁻²)	P11	P12	P21	P22
NL	Hieb	HR	4.726	8.755	1.764	4.601
	Hieb	SHR	2.685	4.901	1.042	2.575
		AHR	2.120	3.949	764	2.069
		HR(1)	4.804	8.850	1.807	4.645
Nutzung	SHR	1.919	3.206	612	1.671	
oTotholz	Rücklaß	SHR	766	1.695	430	904
		AHR>4cm	1.810	3.375	625	1.766
		AHR<4cm	310	574	139	303
	Mortalität	HR	0	92	0	0
		SUM	2.886	5.736	1.194	2.973
	Rücklaß	Wu	994	1.815	384	953
	Mortalität	WU	0	22	0	0
	SUM	994	1.837	384	953	
uTotholz	Rücklaß	Wu	994	1.815	384	953
	Mortalität	WU	0	22	0	0
		SUM	994	1.837	384	953

8.6.2 SCHÄTZUNG VON NUTZUNGSMENGEN

Sowohl aus wirtschaftlichen als auch produktionsökologischen Überlegungen ist eine befriedigende Abschätzung von Nutzungs- und Rücklassmengen und deren Kompartiment-(Produkt)-struktur von besonderem Interesse. Daher werden im folgenden mittels der Gleichungen (9) und (10) kalkulierte Nutzungs- und Rücklassmengen in den älteren Untersuchungsbeständen im Mittelwald und Niederwald mit Überhältern vorgestellt.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der Abbildung 8.6–2 dargestellt. Für die untersuchten Mittelwaldbestandestypen und den Untersuchungsbestand GRM4 ergaben sich Nutzungsprozente an der oberirdischen Trockenmasse von Holz in Rinde von etwa 81 bis 89%, wobei in den über 20 Jahre alten Beständen der Anteil der Rücklassmenge zwischen 12 und 15% geringfügig schwankt. In den älteren Bestandestypen und im Untersuchungsbestand GRM4 spielten die Stämme mit einem Brusthöhendurchmesser kleiner 4 cm im Vergleich zu den Sträuchern und den Astfraktionen eine untergeordnete Rolle.

Im Vergleich zu den Mittelwaldbestandestypen fielen die Nutzungsprozente in den etwa gleichaltrigen Niederwaldbestandestypen mit Überhältern mit rund 78 bis 83% um 5 bis 10% niedriger aus. In diesen Bestandestypen wirkten sich, wie aus der Komponentenverteilung im schwächeren Bestandeskollektiv ersichtlich, die hohen Strauchanteile und die Konzentration der Holzrindenbiomassen in den schwächeren

Durchmesserklassen stark zugunsten der Rücklassmengen aus. Auch lag bei den schwächer dimensionierten Überhältern der Anteil der schwächeren Astfraktion deutlich höher. Dieser Trend kam am Beispiel des Bestandestyps NUBE15 deutlich zum Ausdruck.

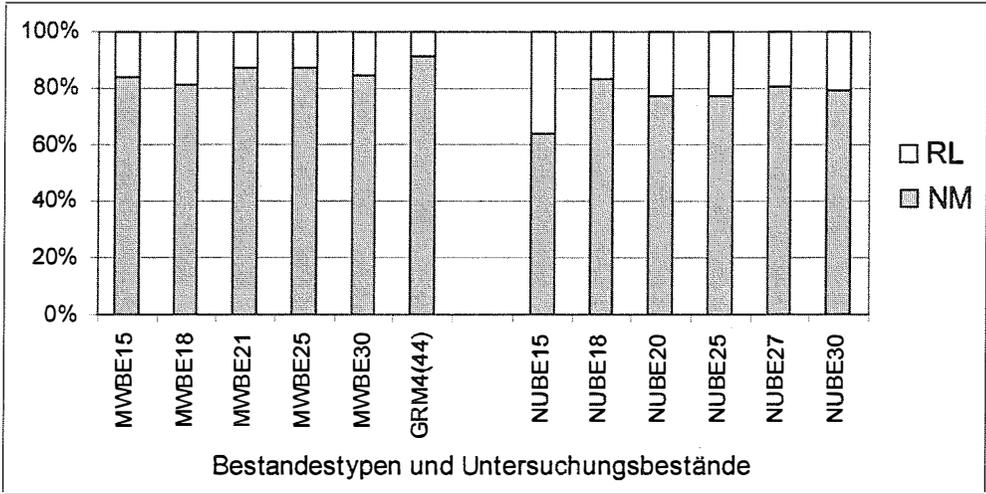


Abb. 8.6-2: Prozentuelle Verteilung [%] von Nutzungs- und Rücklassmengen (NM = Nutzungsmenge, RL = Rücklassmenge) in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal, im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (Alter 44) und in den Niederwaldbestandestypen mit Überhältern mit einem Alter über 15 Jahre (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre; Grandmühl: GRM4 (44) = Alter 44 Jahre, NUBE15 = Alter 15 Jahre, NUBE18 = Alter 18 Jahre, NUBE20 = Alter 20 Jahre, NUBE25 = Alter 25 Jahre, NUBE27 = Alter 27 Jahre, NUBE30 = Alter 30 Jahre; Nutzungsmenge = Schaftholz in Rinde und Astholz in Rinde größer 4 cm (Bhd > 24 cm) oder Astholz in Rinde größer 2 cm (Bhd < 24 cm) von Bäumen mit einem Brusthöhendurchmesser über 4 cm).

Fig. 8.6-2: Percentage [%] of harvesting biomass and residues biomass (NM = harvesting biomass, RL = residues biomass) for the stand types Ebenthal (coppice with standards), for the investigation stand Grandmühl 4 (age 44 years) and for the stand types Ebenthal (coppice with reserves) older than 15 years ((Ebenthal: MWBE15 = age 15 years, MWBE18 = age 18 years, MWBE21 = age 21 years, MWBE25 = age 25 years, MWBE30 = age 30 years, Grandmühl: GRM(44) = age 44 years, NUBE15 = age 15 years, NUBE18 = age 18 years, NUBE20 = age 20 years, NUBE25 = age 25 years, NUBE27 = age 27 years, NUBE30 = age 30 years; harvesting biomass = stemwood in bark and branchwood in bark > 4 cm (dbh > 24 cm) or branchwood in bark > 2 cm (dbh < 24 cm) of trees with a diameter at breast height larger 4 cm).

8.6.3 AUSWIRKUNGEN DER PFLEGEINGRIFFE IN DEN UNTERSUCHUNGSBESTÄNDEN TUEMPLING

8.6.3.1 IMPORTANZWERT

Zur weiteren Charakterisierung der Bestandesstruktur im Unterholz wurden die Importanzwerte von CURTIS (1956, nach KREEB 1983) gerechnet. Die durch die bisherige Pflege verursachten Einflüsse auf den Bestandesaufbau kommen deutlich zum Ausdruck (Abb.8.6-3). Auf den gepflegten Untersuchungsparzellen P11 (gezäunt) und P21 (ungezäunt) dominierten die Kernwüchse der Esche in beiden Aufnahmejahren mit Importanzwerten von 73 bis 96. Dann folgten Hartriegel und Feldahorn-Kernwüchse mit Werten von 30 bis knapp unter 60. Auf beiden Parzellen waren auch Ahornkernwüchse von mittlerer Bedeutung vorhanden (Importanzwerte um 20).

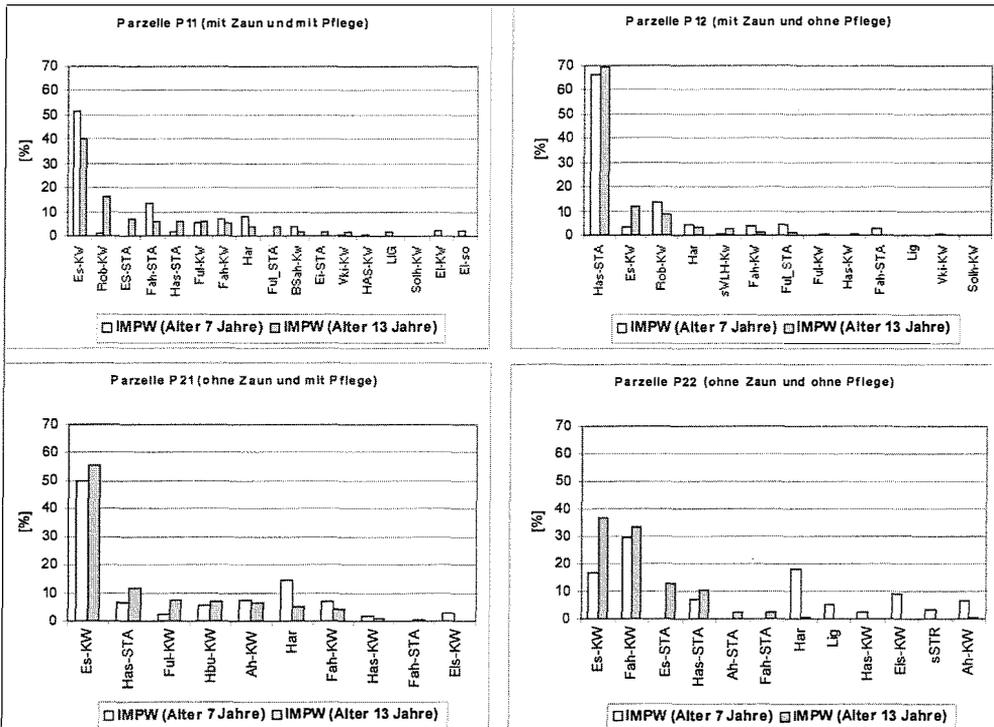


Abb. 8.6–3: Importanzwerte (IMPW) der Bäume, getrennt nach Vermehrungsarten (KW = Kernwuchs – Baum, STA = Stockausschlag – Baum), und der Sträucher im Unterholz auf den Untersuchungspartellen Tuemling P11, P12, P21 und P22 (P11 = mit Zaun und mit Pflege, P12 = mit Zaun und ohne Pflege, P21 = ohne Zaun und mit Pflege, P22 = ohne Zaun und ohne Pflege) im Alter von 7 und 13 Jahren (Daten: Bäume und Sträucher mit einem Importanzwert größer 4).

Fig. 8.6–3: Importance values (IMPW) of the tree species, divided into reproduction types (KW = seedling – tree, STA = stool-shoot – tree) and shrub species in the undergrowth of the investigation parcels Tuemling P11, P12, P21 and P22 at the age of 7 and 13 years (P11 – mZöPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZöPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

Während bei Hartriegel eine leichte und bei Robinien-Kernwüchsen eine stärkere Importanz auf P11 erkennbar war, nahmen die Importanzwerte der Hainbuchen-Kernwüchse und Hasel-Stockausschläge auf P21 zu. Hier nahmen die Pflege- und Hiebseingriffe über Änderungen der Konkurrenzverhältnisse und/oder z.B. durch neuerliches Austreiben von Stöcken Einfluß auf die Bestandesentwicklung.

Auf der gezäunten und ungepflegten Untersuchungspartelle P12 trat während der Beobachtungsperiode keine wesentliche Änderung ein. Die Hasel dominierte klar (IMPW = 93 bis 102), gefolgt von Feldahornkernwüchsen (IMPW = 64 bis 51) und Hartriegel (IMPW = 27 bis 37). Für Kernwüchse von Esche und Feldulme wurden noch mittlere Importanzwerte ermittelt. Die ungezäunte und ungepflegte Parzelle P22 zeigte eine hohe Dominanz von Feldahornkernwüchsen bei leichtem Rückgang vom Alter 7 auf 13 Jahre. Im Gegenzug hatten Eschenkernwüchse an Bedeutung gewonnen (IMPW im Alter 7 Jahre: 60), während jene von Hasel und Hartriegel in etwa gleichgeblieben waren.

8.6.3.2 BIOMASSENVERTEILUNG UND VERMEHRUNGSARTEN

Analog zu den Importanzwerten dominierten die Eschenkernwüchse in beiden Aufnahmejahren auch nach den Holzrindenbiomassenanteilen auf den gepflegten Untersuchungsparzellen P11 und P21. Die Trockenmassenanteile schwankten zwischen 40 und 55% mit geringfügigen Änderungen zwischen dem Alter von 7 und 13 Jahren. (Abb. 8.6–4). Kernwüchse und Stockausschläge anderer Baumarten blieben jeweils unter einem 15%–igen Anteil. Auffallend war die starke Zunahme der Robinie (16,7%) und der Eschen–Stockausschläge (7,3%) auf der Parzelle P11.

Gemeinsam ist beiden Parzellen, dass der Hartriegel in seiner Bedeutung nach Importanzwerten stark abfiel. Er nahm im Alter von 13 Jahren nur mehr Anteile von 4 und 5% ein.

Auf der ungepflegten Parzelle P12 war die Hasel auch nach Biomassenanteilen mit knapp unter 70% klar dominierend. Eschen– und Robinienkernwüchse nahmen anteilig auf 11,9 und 8,8% zu. Die nach Importanzwerten vorherrschende Rolle der Feldahornkernwüchse wird anhand der Biomassenverteilung

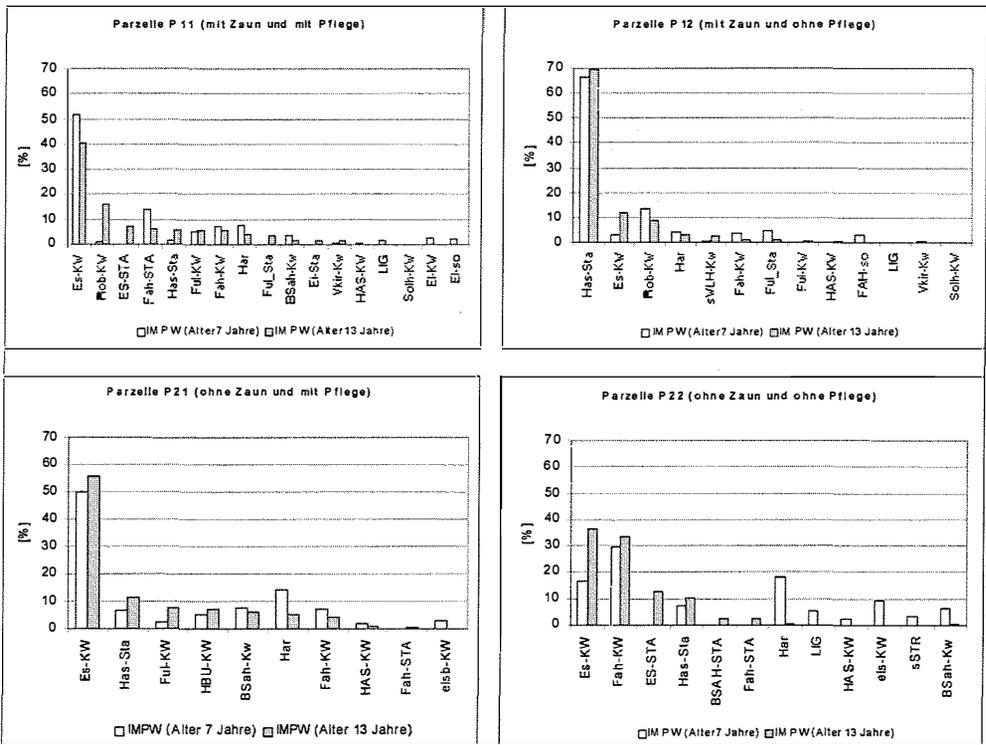


Abb. 8.6–4: Prozentuelle Verteilung der Holzrindenbiomassen (HR in %) nach Baumarten, getrennt nach Vermehrungsarten (KW = Kernwuchs – Baum, STA = Stockausschlag – Baum) sowie Straucharten im Unterholz auf den Untersuchungsparzellen Tuemling P11, P12, P21 und P22 im Alter von 7 und 13 Jahren (P11 = mit Zaun und mit Pflege, P12 = mit Zaun und ohne Pflege, P21 = ohne Zaun und mit Pflege, P22 = ohne Zaun und ohne Pflege).

Fig. 8.6–4: Percentage of wood biomass in bark (HR in %) for reproduction types of trees (KW = seedling – tree, STA = stool-shoot – tree) and shrub species in the underwood of the investigation parcels Tuemling P11, P12, P21 and P22 at the age of 7 and 13 years (P11 – mZmPE = fenced and tended, P12 – mZoPE = fenced and untended, P21 – oZmPE = unfenced and tended, P22 – oZoPE = unfenced and untended).

nach 13 Jahren von den Eschenkernwüchsen abgelöst. Der Eschen-Kernwuchsanteil lag bei 37% und jener der Feldahornkernwüchse bei 34%. Auf den ungepflegten Parzellen nahmen weiters Robinienkernwüchse und Stockausschläge von Esche, Hasel und Feldulme nennenswerte Anteile ein. Hartriegel und sonstige Sträucher fielen auf Anteile von unter 1% zurück.

8.7 BIOMASSENZUWACHS UND PRODUKTIVITÄTSRATE

8.7.1 UNTERSUCHUNGSBESTÄNDE GRANDMÜHL

Für den Untersuchungsbestand GRM4 ergab sich in der Aufnahmeperiode ein durchschnittlicher jährlicher oberirdischer Biomassenzuwachs an Holzrinde von $488 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ und ein unterirdischer Biomassenzuwachs von $95 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ (Tab. 8.7-1). 76% des oberirdischen und 83% des unterirdischen Bestandeszuwachses wurden vom Oberholz geleistet. Daher hatte das Unterholz Zuwachsanteile von 24 und 16%.

Tab. 8.7-1: Mittlere jährliche Biomassenzuwächse ($\Delta \text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) der Holzrinden- und Wurzelbiomassen (HR und WU), mittlere Blattmasse (\overline{BLM} in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), mittlere Blattflächen (\overline{BLFL} in m^2) und mittlere ober- sowie unterirdische Produktivitätsrate pro Blattfläche (OPRR und OUPRR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 4 und Grandmühl 3 in den jeweiligen Aufnahmeperioden nach Unterholz (UH) und Oberholz (OH).

Table 8.7-1: Mean annual aboveground and underground biomass increment (ΔBiom in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$), mean leaf biomass (\overline{BLM} in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) and mean leaf area (\overline{BLFL} in m^2) and mean annual aboveground and underground productivity per leaf area (OPRR and OUPRR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) for the investigation stands Grandmühl 4 and 3 during the investigation periods for the underwood (UH) and overwood (OH).

Waldort Untersuchungsbestand Aufnahmeperiode Bestandeskollektiv	Grandmühl								
	GRM4			GRM3			GRM3		
	41—44 Jahre (4 Jahre)			1—4 Jahre (4 Jahre)			5—7 Jahre (3 Jahre)		
	UH	OH	UH+OH	UH	OH	UH+OH	UH	OH	UH+OH
$\Delta \text{HR} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}]$	119	369	488	165	63	228	552	146	698
$\Delta \text{Wu} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}]$	16	79	95	117	13	130	212	29	241
$\Delta \text{HR+WU} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}]$	135	448	583	282	76	358	764	175	939
$\overline{BLM} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}]$	196	146	342	69	42	111	195	45	240
$\overline{BLFL} [\text{m}^2] (\text{in } 10 \text{ Tsd.})$	5,7	1,9	7,6	1,3	0,3	1,6	3,7	0,7	4,4
OPRR [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]	21	193	64	127	210	143	149	209	159
OUPRR [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]	24	234	77	217	253	223	206	250	213

Im jährlichen Durchschnitt wurde vom Untersuchungsbestand eine Blattmasse von $342 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ gebildet, die einem mittleren Blattflächenindex von 7,6 entsprach. Dabei entfielen bei der Blattmasse 57,3% und beim Blattflächenindex 75,0% auf das Unterholz. Für die Untersuchungsfläche Grandmühl 4 errechnete sich eine durchschnittliche Produktivitätsrate pro Blattfläche von $77 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$, wobei $64 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ (83%) der oberirdischen Produktion zuzuordnen sind. Bemerkenswert ist der Unterschied der Produktivitätsrate zwischen Unterholz und Oberholz. Die oberirdische Produktivitätsrate im Unterholz erreichte mit $21 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ nur 10% des Oberholzwertes von $193 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$.

Im Untersuchungsbestand GRM3 waren in der ersten Aufnahmeperiode (Alter 1 bis 4 Jahre) durchschnittlich $227 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ an oberirdischen Holzrindenbiomassen zugewachsen und in der zweiten Periode (Alter 5 bis 7 Jahre) $698 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$. Von der ersten zur zweiten Beobachtungsperiode, welche weitgehend den Wuchsphasen Jungwuchs und angehende Dichtung entsprachen, hatten sich die mittleren Zuwächse verdreifacht. Unter Einbeziehung der Wurzelbiomassenzuwächse in der Höhe von 129 und $722 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ errechneten sich mittlere jährliche ober- und unterirdische Biomassenzuwächse von 358 und $938 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$.

Bereits in der Dickungsphase im Unterholz lagen die mittleren Zuwächse um ein Drittel über jenen des Mittelwaldbestandes. Der Beitrag des Oberholzes zum mittleren jährlichen Holzrindenbiomassenzuwachs nahm naturgemäß von 27,6% auf 20,8% ab. Somit wurde der überwiegende Holzrindenbiomassenzuwachs nach dem Hieb schon sehr früh vom Unterholz geleistet. Die mittleren Blattmassen erhöhten sich innerhalb der beiden Perioden von $69 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ auf $195 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ und die Werte der Blattflächenindices nahmen von 1,6 auf 4,4 zu.

Von der Jungwuchs- zur Dickungsphase stieg die mittlere jährliche oberirdische Produktivitätsrate pro Blattfläche von $127 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ auf $149 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ an (Tab. 8.7-1). Die mittleren Produktivitätsraten für die gesamten Biomassen nahmen von 223 auf $213 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ ab, was auf die Veränderungen der Wurzelbiomassenanteile zurückzuführen ist. Die mittleren Produktivitätsraten pro Blattfläche auf der Untersuchungsfläche GRM3 waren etwa 3,5 mal höher als im benachbarten 40 Jahre alten Untersuchungsbestand GRM4.

8.7.2 UNTERSUCHUNGSBESTÄNDE TUEMLING

Tabelle 8.7-2 gibt eine Übersicht über Biomassenzuwächse, mittlere Blattmassen, Blattflächenindices und Produktivitätsraten für die jeweiligen Untersuchungsbestände. Der mittlere jährliche Zuwachs der 6-jährigen Beobachtungsperiode (8 bis 13 Jahre) an ober- und unterirdischer Trockenmasse von $1.636 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$

Tab. 8.7-2: Mittlerer jährlicher ober- und unterirdischer Biomassenzuwachs (ΔBiom in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$), mittlere Blattmassen- (\overline{BLM} in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) und Blattflächen (\overline{BLFL} in m^2) und ober- sowie ober- und unterirdische Produktivitätsrate pro Blattfläche (OPRR und OUPRR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) in der Aufnahmeperiode 8 bis 13 Jahre (6 Jahre) in den Untersuchungsbeständen der Parzellen Tuemling.

Table 8.7-2: Mean annual aboveground and underground biomass increment (ΔBiom in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$), mean leaf biomass (\overline{BLM} in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) and mean leaf area (\overline{BLFL} in m^2) and mean annual aboveground and underground productivity per leaf area (OPRR and OUPRR in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) for the investigation period 8 to 13 years (6 years) for the investigation parcels Tuemling

	Parzelle P11 – mit Zaun und mit Pflege			Parzelle P12 – mit Zaun und ohne Pflege		
	Unterholz	Oberholz	Σ	Unterholz	Oberholz	Σ
$\Delta \text{HR} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}]$	1.073,0	224,0	1.297,0	812,0	195,0	1.007,0
$\Delta \text{WU} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}]$	571,0	45,0	616,0	199,0	64,0	263,0
$\Delta \text{HR-WU} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}]$	1.644,0	269,0	1.912,0	1.011,0	259,0	1.270,0
$\overline{BLM} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}]$	640,0	73,0	700,0	630,0	40,0	670,0
$\overline{BLFL} [\text{m}^2] (\text{in } 10 \text{ Tsd.})$	8,6	0,9	9,5	11,8	0,9	12,7
OPRR [in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]	125,0	238,0	136,0	69,0	222,0	79,0
OUPRR [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]	191,0	298,0	201,0	86,0	294,0	100,0
	Parzelle P21 – ohne Zaun und ohne Pflege			Parzelle P22 – ohne Zaun und ohne Pflege		
$\Delta \text{HR} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}]$	849,0	126,0	975,0	1.221,0	143,0	1.364,0
$\Delta \text{WU} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}]$	388,0	36,0	424,0	550,0	47,0	597,0
$\Delta \text{HR+WU} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}]$	1.237,0	162,0	1.399,0	1.771,0	190,0	1.961,0
$\overline{BLM} [\text{g}\cdot\text{m}^{-2}]$	552,0	27,0	579,0	675,0	30,0	705,0
$\overline{BLFL} [\text{m}^2] (\text{in } 10 \text{ Tsd.})$	7,9	0,5	8,4	9,8	0,8	10,6
OPRR [in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]	107,0	238,0	116,0	125,0	172,0	129,0
OUPRR [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]	157,0	306,0	167,0	181,0	238,0	185,0

streute zwischen $1.270 \text{ g.m}^{-2}\text{.yr}^{-1}$ (P12) und $1.912 \text{ g.m}^{-2}\text{.yr}^{-1}$ (P11). Vom Unterholz wurden im Mittel $1.001 \text{ g.m}^{-2}\text{.yr}^{-1}$ bis $1.644 \text{ g.m}^{-2}\text{.yr}^{-1}$ Trockenmasse produziert, was Unterholzanteilen am Biomassenzuwachs von 79,6 bis 90,3% entsprach. Der mittlere oberirdische Bestandeszuwachs der 4 Parzellen betrug 1.161 g.m^{-2} (Spreitung 975 bis 1.364 g.m^{-2}) und dieser wurde von einer mittleren Blattmasse von 664 g.m^{-2} (579 bis 705 g.m^{-2}) gebildet. Die Variationsbreite ist bei der Blattmasse deutlich geringer als bei den HolZRinden- und Wurzelbiomassenzuwächsen.

Die oberirdischen Produktivitätsraten pro Blattfläche fielen in der Altersperiode von 7 bis 13 Jahren (Dickungsphase) sehr unterschiedlich aus. Mit einer oberirdischen Produktivitätsrate pro Blattfläche von $69 \text{ g.m}^{-2}\text{.yr}^{-1}$ für das Unterholz und $79 \text{ g.m}^{-2}\text{.yr}^{-1}$ für den Gesamtbestand fiel diese auf der ungepflegten, haselreichen Parzelle P12 (mit Zaun) am niedrigsten aus. Eine rund 30% höhere Produktivitätsrate fand sich auf der ungezäunten und gepflegten Parzelle P21. Die beiden anderen Parzellen P11 und P22 unterschieden sich auch durch die verschiedenen Produktivitätsraten im Oberholz. Im Unterholz betragen diese jeweils $125 \text{ g.m}^{-2}\text{.yr}^{-1}$.

Der altersbezogene oberirdische Bestandeszuwachs des gesamten Unterholzes betrug 661 (P11), 598 (P12), 506 (P21) und $682 \text{ g.m}^{-2}\text{.yr}^{-1}$ (P22) im Alter von 13 Jahren. Bei Betrachtung des Teilkollektivs mit einem Bhd über 5 cm errechneten sich durchschnittliche altersbezogene Biomassenzuwächse von 260, 254, 151 und $429 \text{ g.m}^{-2}\text{.yr}^{-1}$.

8.8 BIOMASSENPRODUKTION IN ABHÄNGIGKEIT VOM STRAUCHANTEIL

Für eine modellhafte Darstellung der Holzrindenbiomassenproduktion in Abhängigkeit vom Alter und dem Strauchanteil für den Niederwald mit Überhältern wurde die Gleichung (11) verwendet. In Tabelle 8.8-1 sind die Parameter und im Anhang 3 die Residualverteilung für das Modell dargestellt. Im Gesamtmodell konnten 58% der Streuung der Messwerte erklärt werden.

Tab. 8.8-1: Produktionsmodell Niederwald (Ebenthal), Parameter, Koeffizienten und deren Standardfehler, t-Werte und Signifikanzen (Irrtumswahrscheinlichkeit α), Bestimmtheitsmaß (R^2) und Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit α), Standardfehler.

Table 8.8-1: Production model coppice system (Ebenthal), parameters, coefficients and standard error, t-values and significance levels (probability level α), coefficient of determination (R^2) and significance levels (probability level α), standard error.

Anzahl Probeflächen	Parameter	Koeffizient	Standardfehler des Koeffizienten	t-Wert	α	R^2	Standardfehler
67	a	3,441	0,769	4,475	0,000	0,581	0,8925
	b	1,813	0,259	6,994	0,000		
	c	-0,013	0,005	-2,279	0,026	0,000	

Abbildung 8.8-1 zeigt die altersbezogene Entwicklung der oberirdischen Holzrindenbiomassenproduktion in Abhängigkeit vom Grundflächenanteil der Sträucher an der Gesamtgrundfläche in 10 cm Schafthöhe. Dabei ist zu erkennen, dass eine Abnahme der Biomassenvorräte entsprechend dem jeweiligen Strauchanteilsprozent erfolgte.

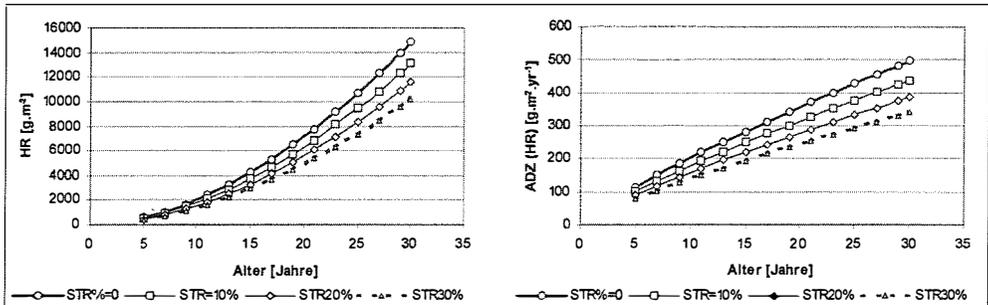


Abb. 8.8-1: Holzrindenbiomassenproduktion (HR in g.m⁻²) und altersbezogener durchschnittlicher Holzrindenbiomassenzuwachs (ADZ(HR) in g.m⁻².yr⁻¹) in Abhängigkeit vom Alter und einem Strauchanteil an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe von 0, 10, 20 und 30% (STR-10% = Strauchanteil 10%) für den Niederwaldbetrieb mit Überhältern im Revier Ebenthal (Gültigkeitsbereich: Wertebereich).

Fig. 8.8-1: Production of wood biomass in bark (HR in g.m⁻²) and mean annual increment of wood biomass in bark (ADZ(HR) in g.m⁻².yr⁻¹) in relation to age and the percentage of basal area at the height of 10 cm of shrubs for 0, 10, 20 and 30% (STR-10% = shrubs percentage 10%) for the coppice with reserves system in Ebenthal (validity: range of value).

Bei einem durchschnittlichen Strauchanteil von 10 bis 20% an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe errechnete sich ein Biomassenvorrat im Alter von 30 Jahren von etwa 12.000 g.m⁻². Das entspricht einem altersbezogenen Biomassenzuwachs von 400 g.m⁻².yr⁻¹ im Alter von 30 Jahren. Bei einem Strauchanteil von 30% fiel die Trockenmasse an Holzrinde auf 10.000 g.m⁻² zurück.

Durch die inhomogene Verteilung und unterschiedliche Höhenstruktur des Jungwuchses und die Höhe der Streufangkistenkante von 40 cm auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 wurden in den ersten Jahren die Werte bei der Streufangmethode deutlich unterschätzt. Im Jahr 1999 lagen die Blattstreumenge und die Blattfläche der Streufangmethode auf der Untersuchungsfläche GRM3 im Vergleich zum Biomasseninventurverfahren um rund ein Drittel niedriger. Die Unterschiede verminderten sich im Jahr 2002 auf rund 10 und 12%.

Auch die Baumartenverteilung nach Blattmengen und Blattflächen zeigt für beide Untersuchungsbestände zufriedenstellende Übereinstimmung. Für die Untersuchungsfläche GRM4 ist ein Vergleich in Abbildung 8.9–4 dargestellt.

8.9.2 BEDEUTUNG DER BODENVEGETATION IN DER JUNGWUCHSPHASE

Die Bedeutung der Bodenvegetation an der Biomassenproduktion in den ersten Vegetationsjahren soll beispielhaft anhand von repräsentativen Vollaufnahmen von 9 Probeflächen im 1. Vegetationsjahr und 6 Probeflächen im 2. Vegetationsjahr für den Untersuchungsbestand Grandmühl 3 dargestellt werden (ergänzt nach KLUG 2000).

Für die 9 Probeflächen der Vollaufnahme im Alter von einem Jahr errechnete sich eine mittlere oberirdische Phytomassenmenge von 289 g.m⁻² (Tab.8.9–3). 86,8% (251 g.m⁻²) der gesamten oberirdischen Phytomasse wurden von der Bodenvegetation (Gräser, Kräuter) eingenommen, die restlichen 13,2% wurden von den Bäumen und Sträuchern gebildet. Wie aus Abbildung 8.9–5 ersichtlich, schwankte die oberirdische Phytomasse von 153 bis 545 g.m⁻², jene der oberirdischen Baum(Strauch)-biomasse von 4 bis 100 g.m⁻².

Tab. 8.9–3: Anzahl der Vollaufnahmeflächen (N), mittlere Phytomassenmenge (g.m⁻²; in Klammer relativer Standardfehler), getrennt nach Bodenvegetation (BODVEG), Bäumen und Sträuchern (BASTR) im Unterholz des Untersuchungsbestandes Grandmühl 3 im 1. und 2. Vegetationsjahr.

Table 8.9–3: Number of sample plots (N), mean phytomass (g.m⁻²; in parenthesis relative standard error) divided into ground vegetation (BODVEG), trees and shrubs (BASTR) in the underwood of the investigation stand Grandmühl 3 at the 1st and 2nd vegetation period.

Alter [Jahre]	N	BODVEG [g.m ⁻²]	BASTR [g.m ⁻²]	SUM [g.m ⁻²]
1	9	251	38	289 (14,1)
2	6	553	43	595 (11,4)

Ein Jahr später ergab sich eine mittlere oberirdische Phytomassenmenge von 595 g.m⁻², was einer Verdoppelung entsprach (Abb. 8.9–5). Bei etwa gleichen Anteilen der gesamten Baum- und Strauchbiomassen wurde dies durch die Bodenvegetation verursacht. Die Phytomassen lagen im Bereich von 395 bis 871 g.m⁻². Die Differenz der durchschnittlichen Biomassenvorräte der beiden Jahre ergab einen durchschnittlichen Biomassenzuwachs von 307 g.m⁻².yr⁻¹.

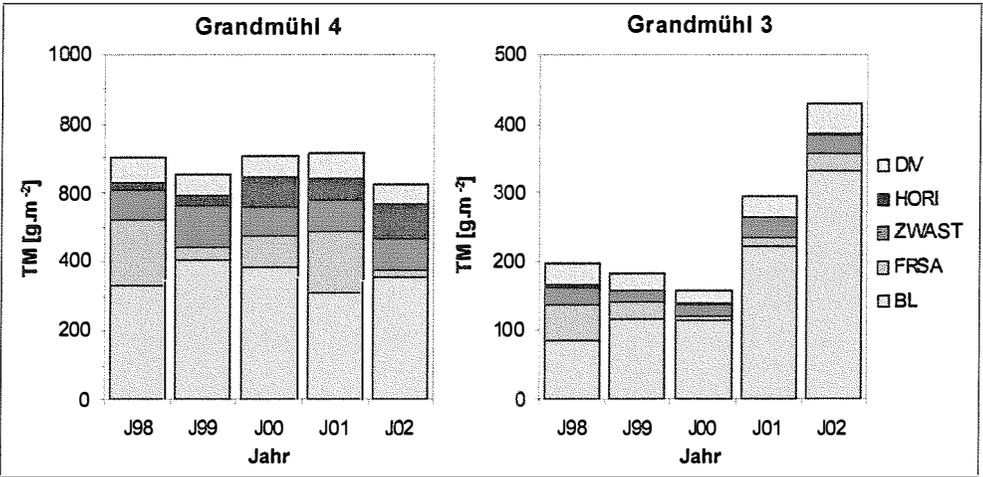


Abb. 8.9–1: Streufall [g.m⁻²], getrennt nach Komponenten, in den Jahren 1998 (J98) bis 2002 (J02) in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 4 und 3 (FRSA = Früchte und Samen; ZWAST = Zweige und Äste; HORI = Holz und Rindenteile; sFRA = sonstige Fraktionen; BL = Blätter).

Fig. 8.9–1: Litterfall [g.m⁻²] for different components for the time period 1998 (J98) to 2002 (J02) in the investigation stands Grandmühl 4 and 3 (FRSA = fruits and seeds; ZWAST = twigs and branches in bark; HORI = wood and bark pieces; sFRA = other components; BL = leaves).

Wie aus Abbildung 8.9–2 ersichtlich, hatte die Blattstreumenge im Alter von 7 Jahren annähernd das Niveau des 40 Jahre alten Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 erreicht und lag nur rund 20 % unter den Mengen der Jahre 1999 und 2000.

Nach leichtem jährlichen Anstieg der Laubproduktion bei der Hainbuche bis zum Jahr 2000 nahm diese dann rasch sowohl absolut (201 g.m⁻² im Jahr 2002), als auch prozentuell zu. Eine ähnliche Entwicklung ist beim Feldahorn erkennbar. Die Blattmenge der Zerreichen und Eichen, welche überwiegend vom Oberholz anfällt, stieg leicht an.

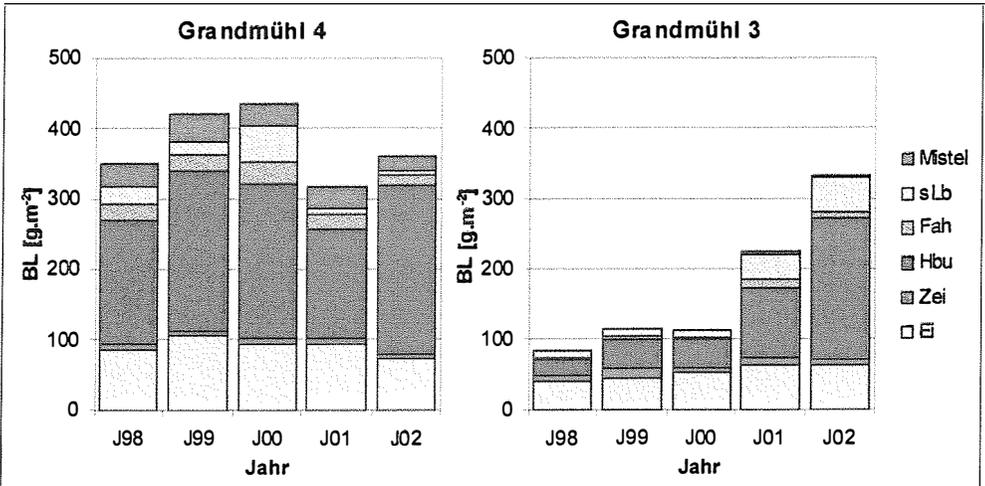


Abb. 8.9–2: Jährliche Laubstreumenge [g.m⁻²] in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 4 und 3 in den Jahren 1998 (J98) bis 2002 (J02), getrennt nach Baumarten und Mistel.

Fig. 8.9–2: Litterfall per year [g.m⁻²] in the investigation stands Grandmühl 4 and 3 for the period 1998 (J98) to 2002 (J02) and divided into tree species and mistletoe.

Der Grobstreuanfall (Zweig- und Aststreu, Holz- und Rindenteile, sonstige Fraktionen) lag im Bereich von 16 bis 31 %, wobei Ast- und Zweigstreu und sonstige Fraktionen etwa gleiche Teile einnahmen. Es lief noch kein starker Astreinigungsprozeß ab und die natürliche Mortalität war noch unbedeutend. Die Menge der Holz- und der Rindenfragmente war gering. Der Einfluss des Samenjahres 1998 ist ebenfalls deutlich ersichtlich (Abb. 8.9–1).

Die unterjährige Dynamik des Streufalls ist interessant. Bis zu Beginn des Herbstes (August/September) fielen rund 40 bis 70 % der jährlichen Ast-, Zweig-, Holz- und Rindenstreuemenge an. Auch bei der Blattstreuemenge waren es bis zu 30%. Ausgeprägte Witterungsereignisse (Sturm, Winterfrost, Trockenheit) hatten einen beachtlichen Effekt auf den zeitlichen Ablauf des Streufalls.

8.9.1.2 BLATTFLÄCHENINDEX UND -ENTWICKLUNG

Für den Mittelwald-Untersuchungsbestand GRM4 errechnete sich für die Altersperiode von 40 bis 44 Jahre ein mittlerer Blattflächenindex von 7,6 mit einer Schwankungsbreite von 6,4 bis 8,7 (Abb.8.9–3). Entsprechend der geringeren Blattstreuemengen in den Mastjahren 1998 und 2001 blieben auch die Blattflächenindices in diesen Jahren deutlich zurück. Hingegen wurde im Jahr 2002 durch den hohen Anteil der Hainbuchenblätter die niedrigere Gesamt-Blattmenge bei der Blattflächenindexkalkulation kompensiert. Auffallend war der geringe Eichen-Blattflächenindex mit 1,1 im Jahr 2002. Gegenüber dem Jahr 1999 (1,7) bedeutete dies einen um etwa ein Drittel geringeren Blattflächenindex.

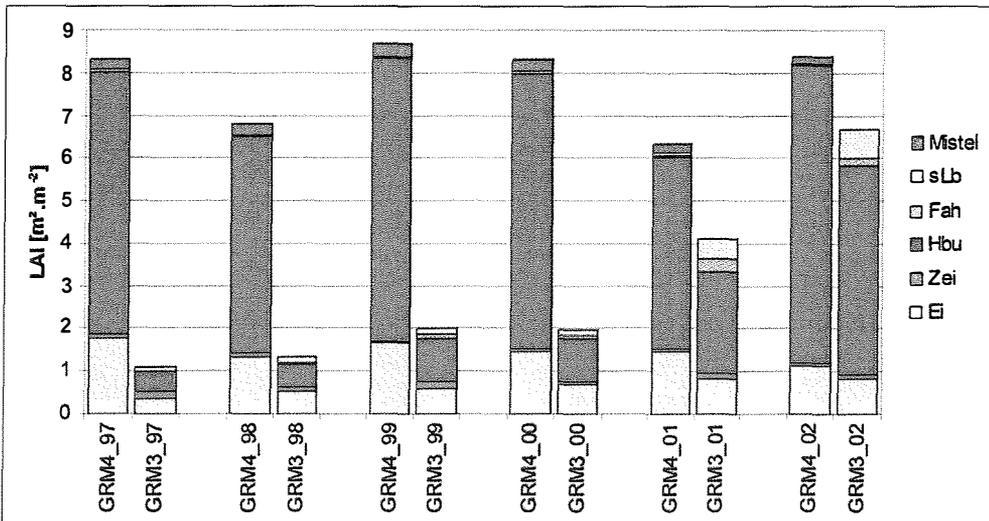


Abb. 8.9–3: Jährliche Blattflächenindices (LAI in $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 4 und 3 in den Jahren 1998 (98) bis 2002 (02) nach Baumarten und Mistel.

Fig. 8.9–3: Leaf area indices per year (LAI in $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) in the investigation stands Grandmühl 4 and 3 for the period 1998 (J98) to 2002 (J02) and divided into tree species and mistletoe.

Der Blattflächenindex auf der Untersuchungsfläche GRM3 erreichte im Alter von 7 Jahren einen Wert von 6,7 und hatte 85% des mittleren Blattflächenindex des 40 bis 44 Jahre alten Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 erreicht. Der Anteil der Hainbuche dominierte bei etwa gleichen Anteilen von Eiche und Feldahorn.

8.9.1.3 VERGLEICH STREUFANGMETHODE UND BIOMASSENINVENTUR

Für einen Vergleich der Verfahren Streufangmethode und Biomasseninventur zur Ermittlung von Blattstremengen und –flächenindices werden die Werte zu Beginn und Ende der Beobachtungsperiode in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 4 und 3 herangezogen. Vorweg ist darauf hinzuweisen, dass den beiden Verfahren unterschiedliche Zeitabschnitte der Erhebungen zugrundeliegen und dadurch Blattverluste durch Blattfrass oder Trockengewichtsverluste durch Rückverlagerungsprozesse von Nährstoffen eine unterschiedliche Gewichtung erfahren. Die Biomasseninventur schätzt die Blattmengen und –flächen für die Periode Mitte August bis September, während mit den Streufängen die gesamte Streufallperiode erfasst wird. Wie aus Tabelle 8.9–2 ersichtlich, lagen die für den Untersuchungsbestand Grandmühl 4 mittels des Biomasseninventurverfahrens geschätzten Blattmassen in den Jahren 1998 und 2002 nur geringfügig unter jenen der Streufangmethode. Die Blattflächenindices haben einen Schwankungsbereich von rund 12 (13) %. Berücksichtigt man den nach der Schätzmethode nach PERTLIK (1982) erhobenen Mistelbefallsgrad, verringern sich die Unterschiede weiter.

Tab. 8.9–2: Vergleich der Blattmassen (BLM in g.m⁻²) und der Blattflächenindices (LAI in m².m⁻²) zwischen Streufangmethode (STF) und Biomasseninventur (BINV) in den Untersuchungsbeständen Mittelwald Grandmühl 4 (Jahr: 1998 und 2002) und Grandmühl 3 (Jahr: 1999 und 2002).

Table. 8.9–2: Comparison of the leaf biomass (BLM in g.m⁻²) and leaf area indices (LAI in m².m⁻²) between the litter trap method (STF) and the biomass inventory method (BINV) in the investigation stand Grandmühl 4 (1998 and 2002) and Grandmühl 3 (1999 and 2002).

GRM4	1998			2002		
	STF	BINV	BINV in % von STF	STF	BINV	BINV in % von STF
BLM [g.m ⁻²]	349,0	334,0	95,7	360,0	350,0	97,2
LAI [m ² .m ⁻²]	6,8	7,7	113,2	8,4	7,4	88,1
GRM3	1999			2002		
	STF	BINV	BINV in % von STF	STF	BINV	BINV in % von STF
BLM [g.m ⁻²]	117,0*	179,0	153,0	332,0	299,0	90,0
LAI [m ² .m ⁻²]	2,0	3,2	160,0	6,7	5,6	83,6

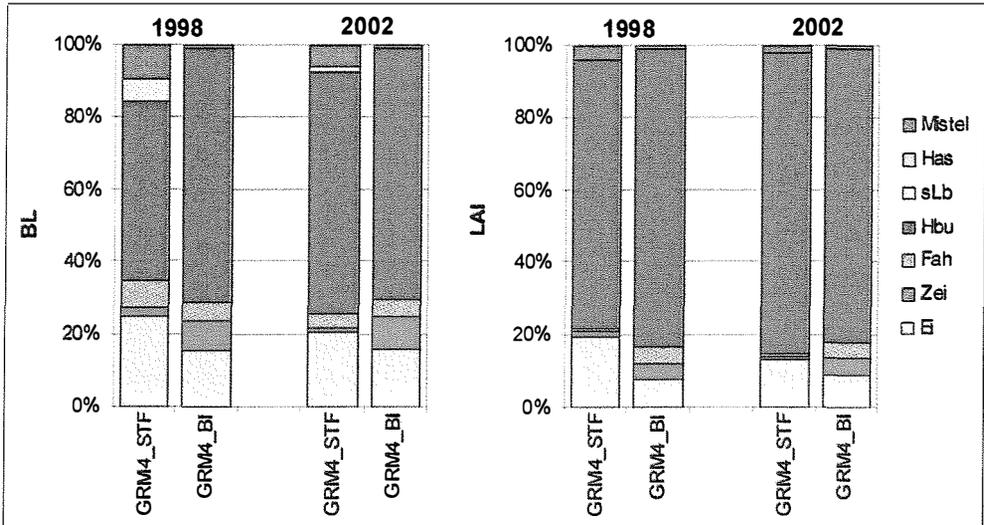


Abb. 8.9–4: Vergleich der prozentuellen Verteilung [%] der Blattmenge und Blattflächenindices nach Baum- und Straucharten und der Mistel nach der Streufangmethode (STF) und dem Biomasseninventurverfahren (BI) im Untersuchungsbestand Grandmühl 4.

Fig. 8.9–4: Comparison of the percentage of leaf biomass and leaf area indices for tree species and shrub species and mistletoe between the litter trap method (STF) and the biomass inventory method (BI) in the investigation stand Grandmühl 4.

Durch die inhomogene Verteilung und unterschiedliche Höhenstruktur des Jungwuchses und die Höhe der Streufangkistenkante von 40 cm auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 wurden in den ersten Jahren die Werte bei der Streufangmethode deutlich unterschätzt. Im Jahr 1999 lagen die Blattstreuemenge und die Blattfläche der Streufangmethode auf der Untersuchungsfläche GRM3 im Vergleich zum Biomasseninventurverfahren um rund ein Drittel niedriger. Die Unterschiede verminderten sich im Jahr 2002 auf rund 10 und 12%.

Auch die Baumartenverteilung nach Blattmengen und Blattflächen zeigt für beide Untersuchungsbestände zufriedenstellende Übereinstimmung. Für die Untersuchungsfläche GRM4 ist ein Vergleich in Abbildung 8.9–4 dargestellt.

8.9.2 BEDEUTUNG DER BODENVEGETATION IN DER JUNGWUCHSPHASE

Die Bedeutung der Bodenvegetation an der Biomassenproduktion in den ersten Vegetationsjahren soll beispielhaft anhand von repräsentativen Vollaufnahmen von 9 Probeflächen im 1. Vegetationsjahr und 6 Probeflächen im 2. Vegetationsjahr für den Untersuchungsbestand Grandmühl 3 dargestellt werden (ergänzt nach KLUG 2000).

Für die 9 Probeflächen der Vollaufnahme im Alter von einem Jahr errechnete sich eine mittlere oberirdische Phytomassenmenge von 289 g.m⁻² (Tab.8.9–3). 86,8% (251 g.m⁻²) der gesamten oberirdischen Phytomasse wurden von der Bodenvegetation (Gräser, Kräuter) eingenommen, die restlichen 13,2% wurden von den Bäumen und Sträuchern gebildet. Wie aus Abbildung 8.9–5 ersichtlich, schwankte die oberirdische Phytomasse von 153 bis 545 g.m⁻², jene der oberirdischen Baum(Strauch)-biomasse von 4 bis 100 g.m⁻².

Tab. 8.9–3: Anzahl der Vollaufnahmeflächen (N), mittlere Phytomassenmenge (g.m⁻²; in Klammer relativer Standardfehler), getrennt nach Bodenvegetation (BODVEG), Bäumen und Sträuchern (BASTR) im Unterholz des Untersuchungsbestandes Grandmühl 3 im 1. und 2. Vegetationsjahr.

Table 8.9–3: Number of sample plots (N), mean phytomass (g.m⁻²; in parenthesis relative standard error) divided into ground vegetation (BODVEG), trees and shrubs (BASTR) in the underwood of the investigation stand Grandmühl 3 at the 1st and 2nd vegetation period.

Alter [Jahre]	N	BODVEG [g.m ⁻²]	BASTR [g.m ⁻²]	SUM [g.m ⁻²]
1	9	251	38	289 (14,1)
2	6	553	43	595 (11,4)

Ein Jahr später ergab sich eine mittlere oberirdische Phytomassenmenge von 595 g.m⁻², was einer Verdoppelung entsprach (Abb. 8.9–5). Bei etwa gleichen Anteilen der gesamten Baum- und Strauchbiomassen wurde dies durch die Bodenvegetation verursacht. Die Phytomassen lagen im Bereich von 395 bis 871 g.m⁻². Die Differenz der durchschnittlichen Biomassenvorräte der beiden Jahre ergab einen durchschnittlichen Biomassenzuwachs von 307 g.m⁻².yr⁻¹.

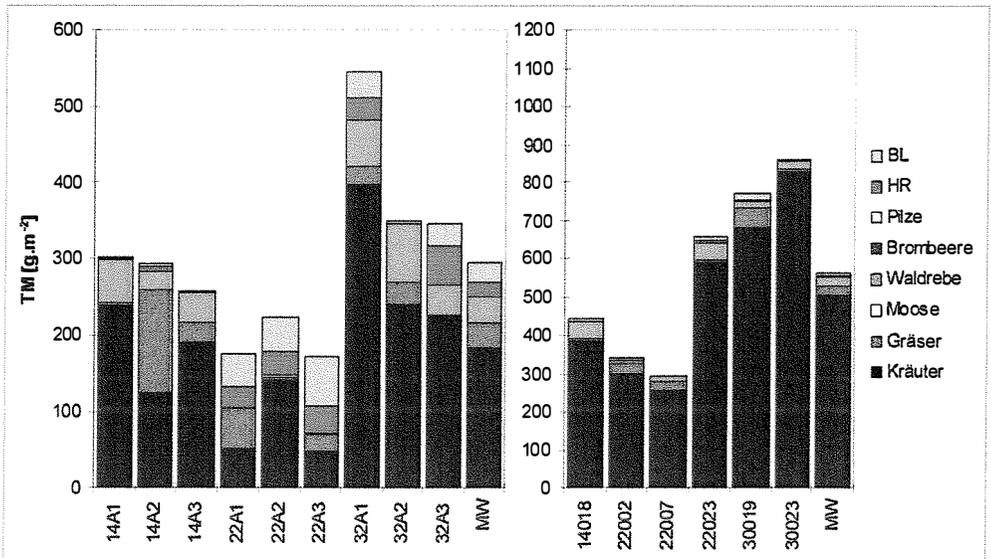


Abb. 8.9–5: Probeflächenwerte (Probeflächennummer; Vollaufnahme) und Mittelwerte (MW) der Trockenmassen (TM in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) der Bodenvegetation und der Bäume und Sträucher (HR = Holzrinde, BL = Blätter) auf der Untersuchungsfläche GRM3 im 1. und 2. Vegetationsjahr.

Fig. 8.9–5: Values of the sample plot (sample plot number; total inventory) and means (MW) of the dry mass (TM in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) of the ground vegetation and of the trees and shrubs (HR = wood in bark, BL = leaves) in the investigation stand GRM3 during the 1st and 2nd vegetation period.

8.9.3 NETTOPRIMÄRPRODUKTION

Unter Verwendung der erhobenen Daten und Literaturangaben stellt sich Gleichung (18) folgendermaßen dar:

$$NPP = (\Delta HR + \Delta WU) + oM(\Delta HR_M + BLM + BLM_K + AST + sFra + BODV) + uM(\Delta WU + FWU + BODV)$$

(ΔHR und ΔWU [Biomasseninventur = BINV]; oM = oberirdische Mortalität (ΔHR_M = Zuwachs Totholz [BINV], BLM = Blattstreu [Streifänge = STF], BLM_K = $BLM \cdot 0,1$ [STF], AST = Holzrinde (Äste, Zweige), $sFra$ = sonstige Streufraktionen [BINV], uM = unterirdische Mortalität (ΔWU = Zuwachs Totholz [BINV], FWU = Feinwurzeln [Literatur], $BODV$ = [BINV; Literatur])

Ober- und unterirdische Biomassenzuwächse der Bäume und Sträucher wurden über die Ergebnisse der Biomasseninventur kalkuliert, ebenso die Zuwächse an oberirdischer Totholzbiomasse. Die Streifallmengen ergaben sich aus den Streifangerhebungen, wobei ein Blattverlust von 10% durch Konsumenten unterstellt wurde (JAKUCS 1985). Die Werte der jährlichen Produktion an Bodenvegetation wurden nach den Ergebnissen der geobotanischen Untersuchungen kalkuliert (KLUG 2000). Für die Schätzung der Feinwurzelstreu musste auf Literaturangaben zurückgegriffen werden. Es besteht eine große Unsicherheit, wie viel der jährlichen NPP auf die unterirdische Biomasse entfällt und welchen Anteil daran Feinwurzelwachstum und -umsatz haben. Schätzungen für Nadelholzbestände (zB. Douglasie) liegen bei einem Anteil von 30 bis 70% unterirdischer NPP an der gesamten NPP (vgl. VOGT et al. 1983, KLOPATEK, 2002). Nach MacCLAUGHERTY et al. (1982) kann die jährliche Feinwurzelproduktion auf Bestandesebene mit einer jährlichen Umsatzrate von 0,6 geschätzt werden (Umsatzrate = Produktion während des Jahres/lebende Feinwurzeln am Ende des Jahres). Diese Umsatzrate verwendeten Le GOFF und OTTORINI (2001) für ihre Arbeiten in einem Buchenwald und kommen zum Schluss, dass die

jährliche Feinwurzelproduktion mit 500 bis 600 g.m⁻² angemessen eingeschätzt erschien. LOPEZ et al. (1999) ermittelten für Steineichenbestände eine jährliche Feinwurzelproduktion von 260 bis 460 g.m⁻². DAVIDSON et al. (2002) bestätigt die Annahme von RAICH und NADELHOFFER (1989), daß die gesamte unterirdische Kohlenstoffallokation (Zuwachs, Konstruktions- und Erhaltungsrespiration) rund das 2-fache der Streufall-Kohlenstoffmenge beträgt. Wahrscheinlich ist der Wert mehr als das 2-fache, wenn der Kohlenstoffgehalt im Streufall relativ niedrig ist. In jungen Beständen muss mit höherer unterirdischer C-Allokation als in älteren reifen Beständen gerechnet werden. Ein Drittel der gesamten Kohlenstoff-Allokation fällt der Feinwurzelndynamik zu. Anhand dieser Vorgehensweise wurden für den Mittelwald-Bestand ein Feinwurzelumsatz von rund 500 g.m⁻².yr⁻¹ und für die Mittelwald-Jungwuchsfläche von rund 220 g.m⁻².yr⁻¹ geschätzt. Die Wurzelproduktion der Bodenvegetation wurde jener der oberirdischen Biomassenproduktion gleichgesetzt (KLUG 2000).

Für die gesamte Nettoprimärproduktion errechneten sich mittlere Produktionsraten von 1.993 g.m⁻².yr⁻¹ für den Untersuchungsbestand GRM3 und 1.930 g.m⁻².yr⁻¹ für den Untersuchungsbestand GRM4 (Tab.8.9-4).

Die jährliche oberirdische Nettoprimärproduktion betrug in der dreijährigen Untersuchungsperiode im Untersuchungsbestand GRM3 im Mittel 1.291 g.m⁻².yr⁻¹. Auf dieser Untersuchungsfläche wurde bereits in der Dickungsphase im Bestandesalter von 4 bis 7 Jahren das durchschnittliche Nettoprimärproduktionsniveau des angrenzenden Untersuchungsbestandes GRM4 (Alter 40 bis 44 Jahre) mit 1.276 g.m⁻².yr⁻¹ erreicht.

Tab. 8.9-4: Mittlere jährliche Netto-Primärproduktion (NPP in Trockenmasse (TM in g.m⁻².yr⁻¹)) in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 4 (Alter 41 bis 44 Jahre) und Grandmühl 3 (Alter 5 bis 7 Jahre). (Δ HR und Δ WU = Zuwachs Holzrinden- und Wurzelbiomassen; oM = oberirdische Mortalität, Δ HR_M = Zuwachs Totholz, BLM = Blattstreu, BLM_K = Blattmasse-Konsumenten = BLM*0,1, Ast = Aststreu = Holzrinde (Äste, Zweige), sFra = sonstige Streufraktionen, Bodv = Bodenvegetation, uM = unterirdische Mortalität ((Δ WU= Zuwachs Totholz, FWU = Feinwurzeln).

Table 8.9-4: Mean annual net primary production (NPP in dry mass (TM in g.m⁻².yr⁻¹)) for the investigation stands Grandmühl 4 (age 41 to 44 years) and Grandmühl 3 (age 5 to 7 years). (Δ HR and Δ WU = increment of wood biomass in bark and root biomass; oM = aboveground mortality, Δ HRM = increment of dead wood, BLM = leaf litter, BLMK = leaf mass - consumer = BLM*0,1, Ast = branch litter = wood in bark (branches, twigs), sFra = other litter, Bodv = ground vegetation, uM = underground mortality ((Δ WU= increment of dead wood, FWU = small roots).

	Kompartiment	GRM4 (Aufnahmeperiode: 41—44 Jahre)			GRM3 (Aufnahmeperiode: 5—7 Jahre)		
		TM [g.m ⁻² .yr ⁻¹]	% oNPP	% NPP	TM [g.m ⁻² .yr ⁻¹]	% oNPP	% NPP
1	Δ HR	488	38,3	25,3	697	54,0	35,1
2	Δ HR _M	18	1,4	0,9	28	2,2	1,4
3	BLM	365	28,6	18,9	223	17,2	11,2
4	BLM _K	37	2,9	1,9	22	1,7	1,1
5	Ast + sFra	309	24,2	16,0	71	5,5	3,6
6	Bodv	59	4,6	3,1	250	19,4	12,5
(7)	oNPP Σ (1-6)	1.276	100	66,1	1.291	100	64,7
8	Δ WU	91	13,9	4,7	247	35,2	12,4
9	Δ WU _m	4	0,6	0,2	5	0,7	0,3
10	FWU	500	76,5	25,9	200	28,5	10,0
11	Bodv	59	9,0	3,1	250	35,6	12,5
(12)	uNPP Σ (8-11)	654	100	33,9	702	100	35,2
NPP		1.930		100	1.993		100

Im Mittelwalduntersuchungsbestand GRM3 entfielen 50,1% der oberirdischen Nettoprimärproduktion auf die Produktion von Holzrindenbiomasse und im Untersuchungsbestand GRM4 mit einem Unterholzalter von über 40 Jahren nur mehr 38,2%.

Auf die mittlere Blattproduktion entfielen Anteile von 17,2 (GRM3) und 28,6% (GRM4). Auf der Untersuchungsfläche GRM3 spielte die Bodenvegetation eine entscheidende Rolle (19,4%), während auf der Untersuchungsfläche GRM4 der Blattstreufall den höchsten prozentuellen Anteil hatte.

Die Anteile der unterirdischen Produktionsraten waren mit 35,2 (GRM3) und 33,9% (GRM4) auf etwa gleichem Niveau.

Der oberirdische Biomassenzuwachs an der gesamten Nettoprimärproduktion betrug anteilmäßig 35,0% auf der Mittelwalduntersuchungsfläche GRM3 und nur 25,3% auf der 41- bis 44-jährigen Untersuchungsfläche GRM4. Auf etwa gleich hohem Niveau bewegte sich der gemeinsame Anteil der Feinwurzelproduktion der Boden- und der Gehölzvegetation in beiden Untersuchungsbeständen, während der Anteil des Blatt- und Aststreuanfalles mit 34,9% gegenüber 14,8% im älteren Mittelwalduntersuchungsbestand bedeutend höher lag.

8.10 ANALYSE VON EINZELBAUMMERKMALEN

8.10.1 KRONENKENNWERTE

8.10.1.1 ZUSAMMENHANG BRUSTHÖHENDURCHMESSER UND KRONENDURCHMESSER

Das Durchmesserwachstum in Brusthöhe steht in einem engen Zusammenhang mit der Kronenentwicklung. Zur modellhaften Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem Kronendurchmesser als abhängige und dem Brusthöhendurchmesser als unabhängige Variable für die Mittelwaldbäume wurde eine einfache lineare Regression gewählt (Kap. 6.2). Im Gesamtmodell konnten bei Vogelkirsche 66%, bei den anderen Baumarten zwischen 80 und 95% der Streuung der Messwerte erklärt werden (Tab. 8.10-1). Die für die Betriebsart typischen Konkurrenzbedingungen, starker Konkurrenzdruck während der

Tab. 8.10-1: Ergebnis der Regression und der Varianzanalyse für Eiche (Trauben- und Stieleiche), Zerreiche, Hainbuche, Ahorn (Berg- und Spitzahorn), Vogelkirsche, Esche, Birke und Elsbeere (HOCHBICHLER 2003) für die Variablen des Kronendurchmessermodells für Mittelwaldbäume (N = Anzahl der Probebäume, a, b = Parameterschätzer; R^2 = Bestimmtheitsmaß; SEE = Standardfehler, SEE(a), SEE(b) = Standardfehler des Schätzers).

Table 8.10-1: Results of the regression run and analysis of variance for oak (sessile- and common oak), turkey oak, hornbeam, maple (mountain maple and Norway maple), wild cherry, birch and wild service tree (HOCHBICHLER 2003) for the crown model for the trees of the coppice with standards stands (N = number of sample trees, a, b = coefficients; R^2 = coefficient of determination; SEE = standard error, SEE(a), SEE(b) = standard error of the coefficients)

BART	N	a	b	R^2	SEE	SEE(a)	SEE(b)
Eiche	540	0,839	0,190	0,845	1,480	0,116	0,004
Zerreiche	81	0,394	0,198	0,881	1,001	0,218	0,008
Hainbuche	106	1,681	0,226	0,798	0,990	0,244	0,011
Ahorn	26	1,440	0,206	0,950	0,923	0,369	0,010
Vogelkirsche	69	1,050	0,188	0,659	0,993	0,457	0,017
Esche	148	0,806	0,209	0,925	1,251	0,161	0,005
Elsbeere	108	2,251	0,154	0,842	1,347	0,239	0,006

Unterholzphase und freie Kronenexpansion ab dem Laßreitstadium, konnten durch ein Kronenmodell für die jeweiligen Baumarten abgebildet werden. Die Gültigkeitsgrenzen des Kronendurchmessermodells für Mittelwaldbäume entsprechen dem Wertebereich.

Abbildung 8.10-1 stellt den Kronendurchmesser über dem Brusthöhendurchmesser für die einzelnen Baumarten dar. Bei den Kronenbreiten von Eiche und Zerreihe sind bei gegebenem Durchmesser keine Unterschiede vorhanden. Es wird bei einem Brusthöhendurchmesser von 60 cm eine Kronenbreite von 12,2 m geschätzt. Bei gleichem Durchmesser errechnet sich für Ahorn eine Kronenbreite von 13,8, für Esche von 13,6 und für Elsbeere von 11,1 m. Vergleicht man die Kronendurchmesser bei einem Bhd von 40 cm, so liegen die geschätzten baumspezifischen Kronenbreiten zwischen 10,2 m (Hainbuche) und 8,2 m (Elsbeere).

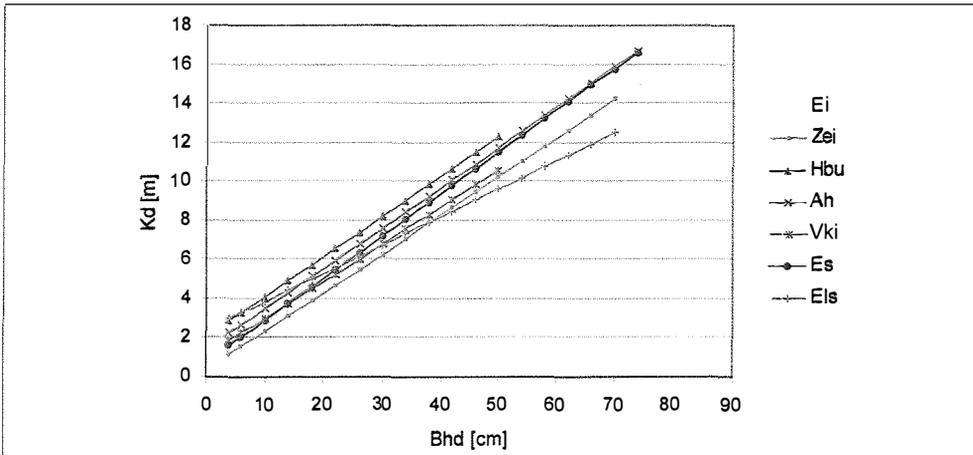


Abb. 8.10-1: Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) und Kronendurchmesser (Kd in m) für die Baumarten Eiche (Ei), Zerreihe (Zei), Hainbuche (Hbu), Berg-, Spitz- und Feldahorn (Ah), Vogelkirsche (Vki), Esche (Es) und Elsbeere (Els) auf den Untersuchungsflächen Mittelwald.

Fig. 8.10-1: Relation between diameter at breast height (Bhd in cm) and crown diameter (Kd in m) of oak (Ei), turkey oak (Zei), hornbeam (Hbu), maple spp. (Ah), cherry (Vki), ash (Es) and wild service tree (Els) for the investigation stands coppice with standards:

8.10.1.2 KRONENPROZENT

Gegenüber der Beziehung Kronendurchmesser und Brusthöhendurchmesser war bei den Kronenmerkmalen Kronenprozent und Plumpheitsgrad eine große Schwankungsbreite vorhanden. Da sich bei den Einzeldaten keine straffen Beziehungen zwischen dem Bhd und diesen Merkmalen ergaben, wurde deren Entwicklung über Durchmesserklassen dargestellt. Die Auswirkungen verschiedener waldbaulicher Maßnahmen wie Pflegeeingriffe im Unterholz, Verlängerung der Unterholz-Umtriebszeit und Oberholzaufbau auf die Gehölzzusammensetzung und Verteilung der Vermehrungsarten beeinflussten die Merkmalsausprägungen (Abb. 8.10-2).

Wie die Kronenprozententwicklung bei Eiche zeigte, verringerte sich das Kronenprozent durch zunehmenden Konkurrenzdruck während der Unterholzphase auf rund 50%. Nach dem Hieb setzte bei den Laßreiteln (ab Bhd von 10 cm) die Ausbildung von Wasserreisern ein, die sich in weiterer Folge, stark begünstigt durch den Freiland, zur Sekundärkrone entwickelten.

Ab dem Laßreitstadium erhöht sich bis zur Durchmesserklasse DK30 das Kronenprozent auf rund 65% und bleibt bis in die stärkeren Durchmesserklassen auf diesem Niveau. Der Anteil der Sekundärkrone am Kronenprozent macht 5 bis 10% aus.

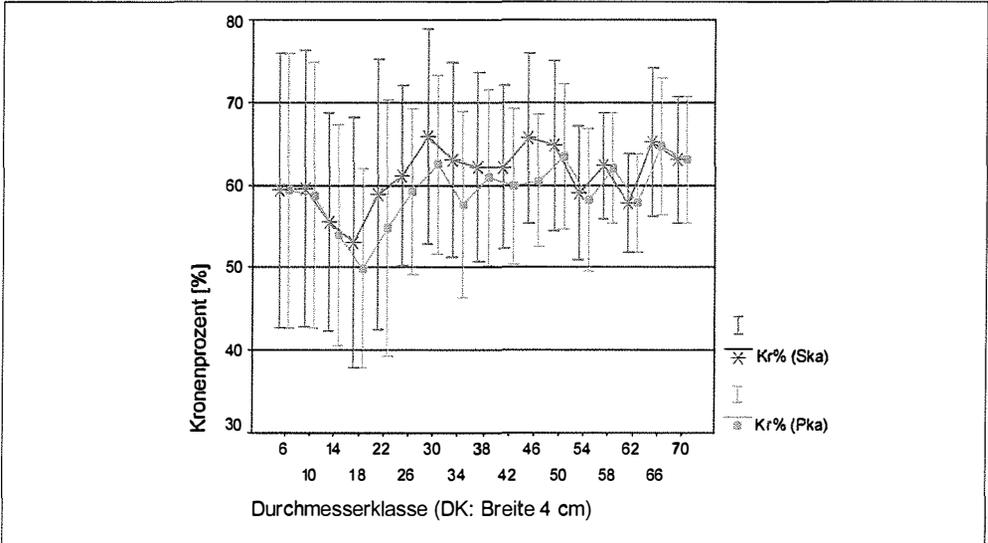


Abb. 8.10-2: Kronenprozent [%] für den Primärkronenansatz (Kr%(Pka)) und für den Sekundärkronenansatz (Kr%(Ska)) bei Eiche nach Durchmesserklassen (Klassenbreite: 4 cm) auf den Untersuchungsflächen Mittelwald (Fehlerbalken: Standardabweichung).

Fig. 8.10-2: Crown percentage [%] for the height of the primary crown base (Kr%(Pka)) and for the height of the secondary crown base (Kr%(Ska)) of oak over diameter classes (range of the diameter class: 4 cm) in the investigated coppice with standards stand (error bar: standard deviation).

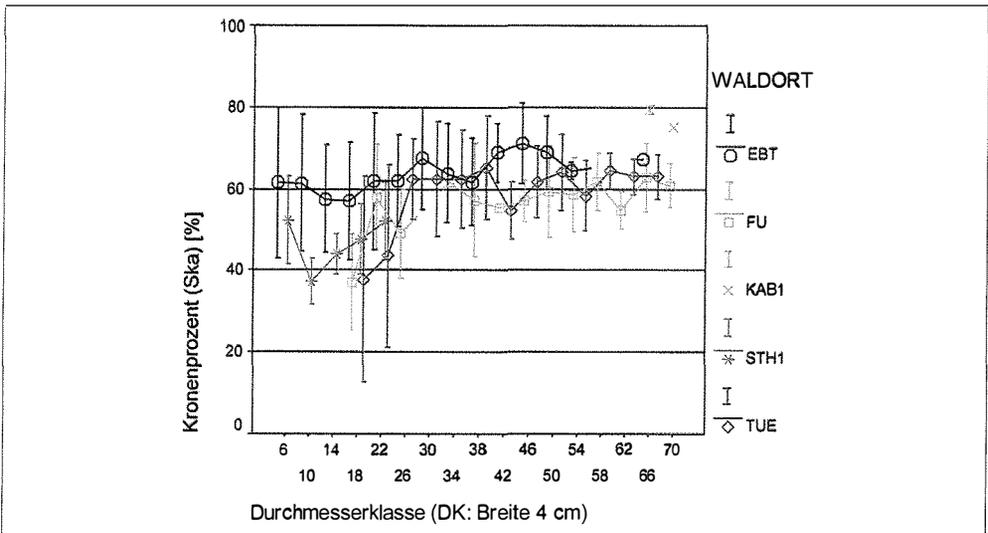


Abb. 8.10-3: Kronenprozent [%] für den Sekundärkronenansatz bei Eiche nach Durchmesserklassen (Klassenbreite: 4 cm) getrennt nach den Untersuchungsflächen Mittelwald (EBT = Ebenthal, FU = Führhackerboden, KAB1 = Kalkboden 1, STH1 = Stierholz 1, TUE = Tuemling). (Fehlerbalken: Standardabweichung).

Fig. 8.10-3: Crown percentage [%] for the height of the secondary crown base of oak over diameter classes (range of diameter class: 4 cm) for the investigation stands coppice with standards (EBT = Ebenthal, FU = Führhackerboden, KAB1 = Kalkboden 1, STH1 = Stierholz 1, TUE = Tuemling). (error bar: standard deviation).

Abbildung 8.10–3 gibt die Kronenprozententwicklung von Eiche für verschiedene Untersuchungsbestände wider. Dabei ist erkennbar, dass in den Beständen mit einem Unterholzalter über 35 (40) Jahre (Untersuchungsfläche Grandmühl 4, Versuchsanlagen Tuemling und Führhackerboden, Untersuchungsflächen Kalkboden und Stierholz) sich die Kronenprozent im Durchmesserbereich von 8 bis 24 cm bis auf unter 40% verringert haben. Hingegen blieben die Kronenprozent in den Mittelwaldbeständen im Revier Ebenthal, mit einem Unterholzumtriebsalter von 30 Jahren und hohem Strauchanteil im Unterholz, auch in den schwächeren Durchmesserklassen bei rund 60%, allerdings bei größerer Streuung der Werte.

Eine ähnliche Entwicklung wie bei Eiche war bei Zerreiche und Kirsche erkennbar, wobei das Kronenprozent bei Zerreiche auf dem Niveau von rund 50% blieb (Abb.8.10–4). Bei der Esche stieg auch in der Unterholzphase das Kronenprozent an. Die rascherwüchsige Esche scheint im Revier Ebenthal, woher viele Bäume stammen, keinem so großen Konkurrenzdruck infolge eines höheren Strauchanteils im Unterholz ausgesetzt gewesen zu sein. Auch Elsbeere und Hainbuche konnten sich in der Unterholzphase Kronenprozent von über 60% erhalten, die dann weiter ausgebaut worden waren.

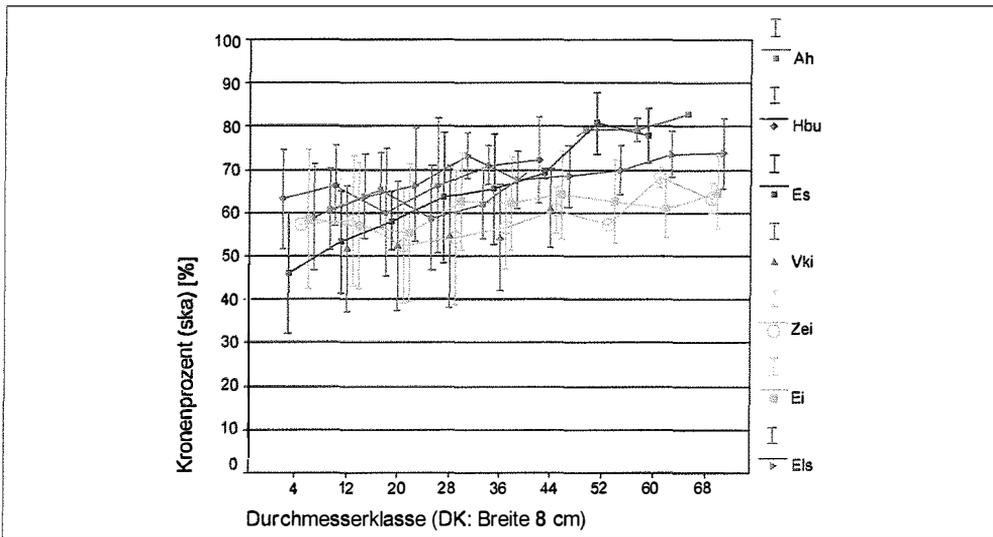


Abb. 8.10–4: Kronenprozent [%] für den Sekundärkronenansatz für die Baumarten Hainbuche (Hbu), Esche (Es), Vogelkirsche (Vki), Zerreiche (Zei), Eiche (Ei) und Elsbeere (Els) nach Durchmesserklassen (Klassenbreite 8 cm) auf den Untersuchungsflächen Mittelwald (Daten: Bhd > 4 cm; Höhe < 26 m) (Fehlerbalken: Standardabweichung).

Fig. 8.10–4: Crown percentage [%] for the height of the secondary crown base of hornbeam (Hbu), ash (Es), cherry (Vki), turkey oak (Zei), oak (Ei) and wild service tree (Els) over diameter classes (range of diameter class: 8 cm) for the investigated coppice with standards stands (values: dbh > 4 cm; height > 26 m) (error bar: standard deviation).

In der Durchmesserklasse 12 lagen die mittleren Kronenprozent von Eiche, Esche und Kirsche zwischen 50 und 60%. Bei Esche erfolgte ein Anstieg auf 60 bis 70% und bei Kirsche auf 50 bis 60%. Vom Bhd-Bereich von 16 bis 24 cm auf die Durchmesserklasse DK28 (24 bis 32 cm) erfolgte durch den Freistellungseffekt eine Kronenverlängerung durch rasches Höhenwachstum verbunden mit einer allfälligen Sekundärkronenausbildung.

8.10.1.3 PLUMPHEITSGRAD

Die Entwicklungen der Plumpeitsgrade von Eiche und den oben erwähnten Baumarten sind in der Abbildung 8.10–5 dargestellt. Eine deutliche Veränderung der Kronenformen ab dem Laßreitelstadium mit zunehmendem Durchmesser war erkennbar.

Im Gegensatz zur Kronenprozententwicklung setzte bei der Eiche mit Erreichen der stärkeren Durchmesserklassen eine Veränderung der mittleren Plumpeitsgrade ein. Ab den Durchmesserklassen DK26 und DK30 stiegen die Werte kontinuierlich von bisher rund 0,6 auf rund 1,2 an.

Die in der Unterholzphase vorhandenen schlanken (spitzen) Kronenformen wurden zu stumpfen Kronenformen ausgebaut. Dieser Kronenausbau erfolgte bei Elsbeere und vor allem bei Esche nicht so ausgeprägt.

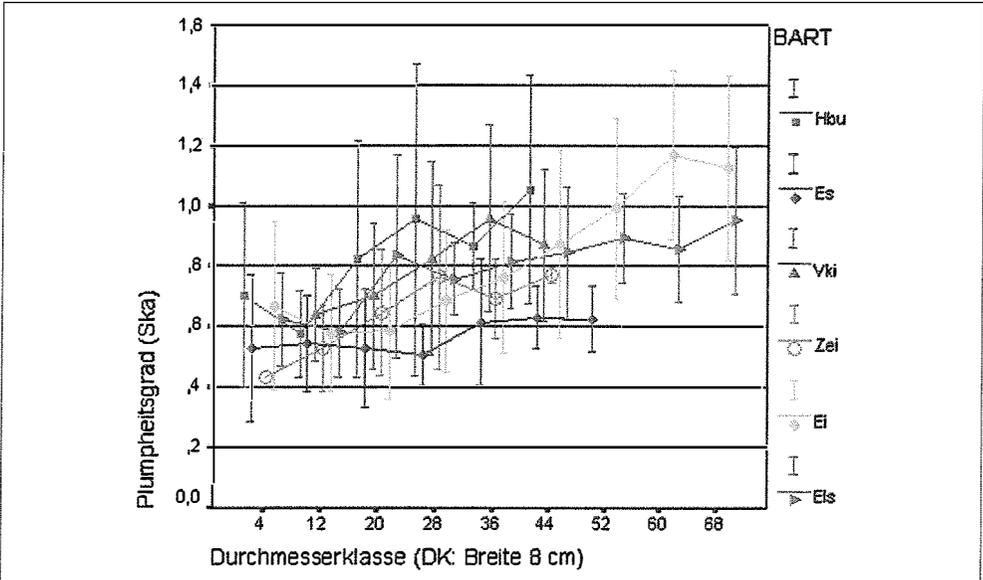


Abb. 8.10-5: Plumpeitsgrad der Baumarten Hainbuche (Hbu), Esche (Es), Vogelkirsche (Vki), Zerreiche (Zei), Eiche (Ei) und Elsbeere (Els) nach Durchmesserklassen (Klassenbreite 8 cm) auf den Untersuchungsflächen Mittelwald (Daten: Bhd > 4cm; Höhe < 26 m) (Fehlerbalken: Standardabweichung).

Fig. 8.10-5: Crown width/crown length ratio of hornbeam (Hbu), ash (Es), cherry (Vki), turkey oak (Zei), oak (Ei) and wild service tree (Els) over diameter classes (range of diameter class: 8 cm) for the investigated coppice with standards stands (values: dbh > 4cm; height > 26 m).

8.10.2 ASTFREIE SCHAFTLÄNGE (QUALITÄTSHÖHE)

Die Entwicklung der mittleren astfreien Schaftlänge für die Oberholz-Zielbaumarten Eiche, Vogelkirsche, Esche, Ahorn und Elsbeere nach Durchmesserklassen ist in Abbildung 8.10–6 dargestellt. Nachdem Eiche und Vogelkirsche in der Durchmesserklasse DK20 (16 bis 24 cm) und Esche in der DK28 (24 bis 32 cm) eine astfreie Schaftlänge von rund 7 und 8 m erreicht hatten verringerten sich diese in der nachfolgenden Durchmesserklasse um rund 1 bis 2 m, um dann leicht anzusteigen oder gleichzubleiben.

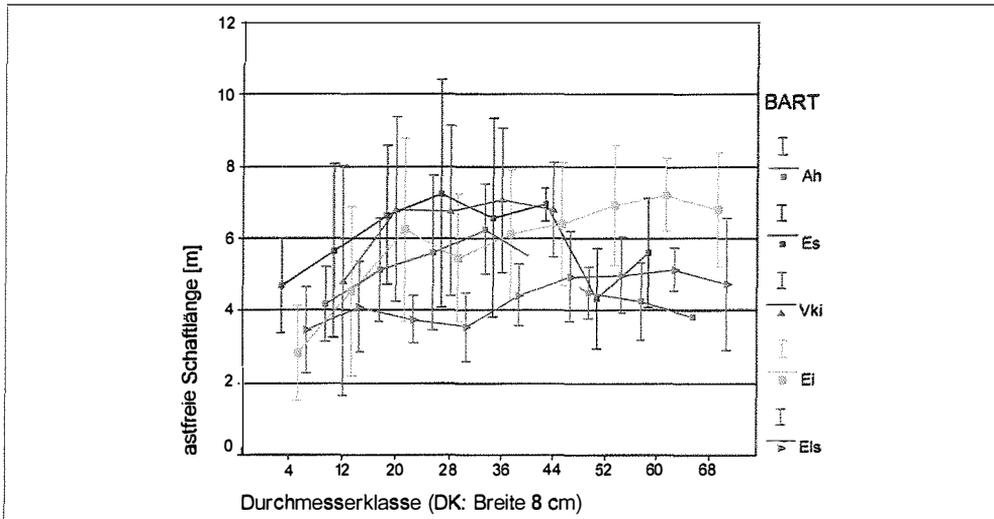


Abb. 8.10–6: Astfreie Schaftlänge [m] von Eiche (Ei), Esche (Es), Vogelkirsche (Vki) und Elsbeere (Els) nach Durchmesserklassen (Klassenbreite 8 cm) auf den Untersuchungsflächen Mittelwald (Fehlerbalken: Standardabweichung).

Fig. 8.10–6: Branch free stem length [m] of oak (Ei), ash (Es), cherry (Vki) and wild service tree (Els) over diameter classes (range of diameter class: 8 cm) for the investigated coppice with standards stands (error bar: standard deviation).

Die Streuungen der Werte, vor allem in den schwächeren Durchmesserklassen mit bis zu 2,5 m, waren hoch. Das bedeutete, dass die astfreien Schaftlängen zwischen 4,5 und 9 m in der Laßreitelfase schwankten. Bei der Elsbeere zeigte sich eine ähnliche Entwicklung, jedoch im Bereich einer geringeren astfreien Schaftlänge von 4 bis 5 m. Auffallend war der anhaltende natürliche Astreinigungsprozess bis in den Durchmesserbereich von 16 bis 24 cm, eine Folge der langen Unterholzumtriebszeiten und des damit länger andauernden Dichtstandes. Bei Esche und Eiche zeigte sich ein erheblicher Verlust an astfreier Schaftlänge im Laßreitelfastadium durch Kronenausbau mittels Sekundärkronenentwicklung aus Wasserreisern. Bei planmäßigen Unterholzumtrieben von 25 bis 30 Jahren sollten die Laßreitelfast freigestellt sein. Wie aus der Abbildung 8.10–6 erkennbar, lagen die astfreien Schaftlängen in diesem Durchmesserbereich bei Eiche, Esche und Vogelkirsche bei $5 \pm 2(3)$ m.

8.10.3 H/D-WERT

In Abbildung 8.10–7 sind die Beziehungen zwischen dem Schlankheitsgrad (h/d-Wert) und dem Brusthöhendurchmesser für die Baumarten dargestellt. Mittels der Gleichung (24) konnten zwischen 40 und 92 % der Streuung der Messwerte erklärt werden (Tab. 8.10–2), was auf straffe Beziehungen hinweist. Auffallend ist, dass sich der Rahmen der h/d-Wert-Entwicklung mit zunehmendem Brusthöhendurchmesser zwischen den untersuchten Mittelwaldbaumarten verengte. Im Durchmesserbereich von 4 bis 16 cm

nahmen die h/d-Werte rasch ab. Ab dieser Stärkestufe flachte die Abnahmekurve deutlich ab. Für einen Brusthöhendurchmesser von 8 cm errechnen sich h/d-Werte von 80 bis 120, für einen Brusthöhendurchmesser von 16 cm Werte von 60 bis 85, die bis zu einem Brusthöhendurchmesser von 48 cm auf 35 bis 45 absinken. Im schwächeren Durchmesserbereich hatten Vogelkirsche und Zerreiche bei gleichen Durchmessern die niedrigsten h/d-Werte. Ab einem Brusthöhendurchmesser von 16 cm wiesen die Eschen höhere h/d-Werte als die anderen Baumarten auf.

Tab. 8.10-2: Ergebnis der Regression und der Varianzanalyse für Eiche-gesamt, Ei-Ebenthal (Ei-Ebt), Ei-sonstige Untersuchungsbestände (Ei-sUBE: Grandmühl, Tuemling, Führhackerboden, Kalkboden, Stierholz), Zerreiche, Hainbuche, Ahorn, Vogelkirsche, Esche und Elsbeere für die Variablen des h/d-Wertmodells für Mittelwaldbäume (N = Anzahl der Probestämme, a, b = Parameterschätzer; R^2 = Bestimmtheitsmaß; SEE = Standardfehler, SEE(a), SEE(b) = Standardfehler des Schätzers).

Table 8.10-2: Results of the regression run and analysis of variance for oak-total, oak-Ebenthal (Ei-Ebt), oak-other investigation stands (Ei-sUBE: Grandmühl, Tuemling, Führhackerboden, Kalkboden, Stierholz), turkey oak, hornbeam, maple, wild cherry, ash and wild service tree for the height/dbh-ratio of the coppice with standards stands (N = number of sample trees, a,b = coefficients; R^2 = coefficient of determination; SEE = standard error, SEE(a), SEE(b) = standard error of the coefficients)

BART	N	a	b	R^2	SEE	SEE(a)	SEE(b)
Eiche-gesamt	536	5,830	-0,562	0,739	0,1952	0,040	0,012
Ei-sUBE	202	6,743	-0,808	0,906	0,1413	0,066	0,018
Ei-Ebt	334	5,590	-0,485	0,706	0,1873	0,050	0,017
Zerreiche	81	5,548	-0,468	0,733	0,1500	0,097	0,032
Hainbuche	106	6,522	-0,777	0,838	0,1643	0,098	0,033
Ahorn	22	5,980	-0,594	0,845	0,1516	0,194	0,057
Vogelkirsche	71	5,584	-0,468	0,389	0,2019	0,233	0,072
Esche	116	5,907	-0,523	0,821	0,1687	0,064	0,023
Elsbeere	109	6,211	-0,696	0,918	0,1740	0,066	0,020

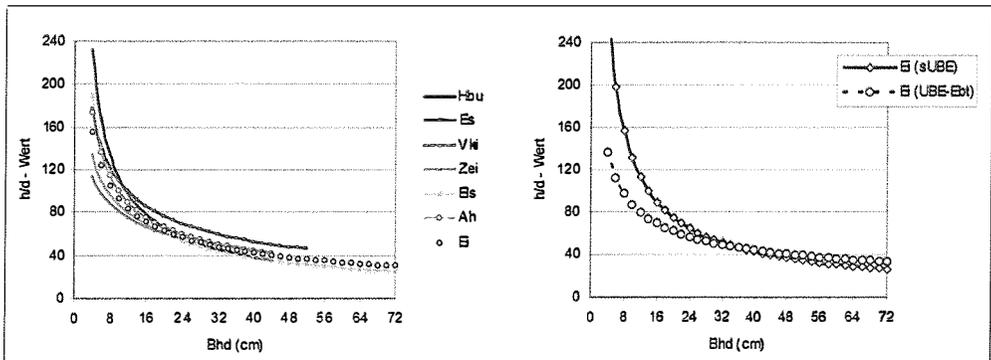


Abb. 8.10-7: h/d-Werte in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) auf den Untersuchungsflächen Mittelwald (links: Hainbuche (Hbu), Esche (Es), Vogelkirsche (Vki), Zerreiche (Zei), Elsbeere (Els) und Ahorn (Ah), Eiche (Ei); rechts: Eiche getrennt nach den Untersuchungsflächen Ebenthal (Ei-Ebt) und den sonstigen Untersuchungsbeständen (Ei-sUBE: Grandmühl 3 und 4, Tuemling, Führhackerboden, Kalkboden 1, Stierholz 1).

Fig. 8.10-7: Height/Dbh ratio in relation to the diameter at breast height (Bhd in cm) for the investigated coppice with standards stands (left: hornbeam (Hbu), ash (Es), cherry (Vki), turkey oak (Zei), wild service tree (Els) and maple (Ah), oak (Ei); right: oak for the investigation stands Ebenthal (Ei-Ebt) and other investigation stands (Ei-sUBE: Grandmühl 3 und 4, Tuemling, Führhackerboden, Kalkboden 1, Stierholz 1).

Wie bei den Kronenprozenten war auch bei den h/d -Werten für Eiche eine unterschiedliche Entwicklung in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser gegeben. In den extensiv gepflegten strauchreichen Mittelwaldbeständen Ebenthal hatten die Eichen im Durchmesserbereich 4 bis 24 cm niedrigere Schlankheitsgrade als die Bäume in den anderen Untersuchungsbeständen mit baumreichem Unterholz und längeren Umtrieben. Bei einem Brusthöhendurchmesser von 8 cm betragen die h/d -Werte 85 und 160 und bei einem Durchmesser von 16 cm 70 und 80.

8.11 STAMMZAHLHALTUNGSKURVEN UND BESTANDESKENNWERTE FÜR DEN MITTELWALD

8.11.1 STAMMZAHLHALTUNGSKURVEN FÜR DEN MITTELWALD

Die Erarbeitung der Stammzahlhaltungskurven für unterschiedliche Produktionsprogramme erfolgte nach der in Kap. 7.5 beschriebenen Vorgehensweise. Bei einer Durchmesserklassenbreite von 4 cm wurden beispielhaft Stammzahlkurven für Oberholzanteile von 33, 50 und 66% vor dem Mittelwaldhieb (= Überschirmungsprozente) und für die Zieldurchmesserklasse 62 cm (DK62: Bhd 60 bis 64 cm) errechnet. Für die Schätzung der Kronenflächen in den jeweiligen Durchmesserklassen wurde das in Kap. 8.10.1 dargestellte Kronenmodell für die Mittelwaldeiche verwendet.

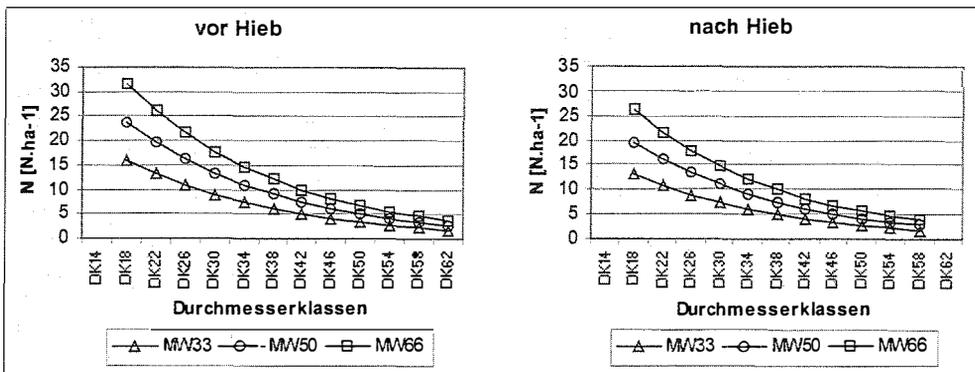


Abb. 8.11-1: Mittelwald-Stammzahlverteilungskurven (N in $N \cdot ha^{-1}$) für Überschirmungsprozente des Oberholzes von 33 % (MW33), 50 % (MW50) und 66 % (MW66) bei der Zieldurchmesserklasse DK62 (Bhd 60 bis 64 cm) vor und nach dem Mittelwald-Hieb.

Fig. 8.11-1: Stem number guidelines (N in $N \cdot ha^{-1}$) for overwood-crown cover percentages of 33 % (MW33), 50 % (MW50) and 66 % (MW66) for the target diameter class DK62 (dbh 60 to 64 cm) before-cut and after-cut.

In der Abbildung 8.11-1 sind die Stammzahlverteilungen für das Oberholz ab der Durchmesserklasse DK18 (Bhd 16 bis 20 cm) für die verschiedenen Oberholzvarianten vor und nach dem Mittelwaldhieb dargestellt. Es errechnete sich ein Abnahmeprozentsatz der Stammzahl von 17,9%, was einem q -Wert von 1,2 entsprach.

Die Oberholzüberschirmungsprozente beeinflussen, wie zu erwarten war, den Verlauf der Stammzahlabnahmekurven. Für die waldbauliche Planung sind vor allem auch die Stammzahlverteilungskurven nach dem Mittelwaldhieb von Interesse. Diese können eine Entscheidungshilfe bei der Planung und Auszeige von Ernte- und Pflegenutzungen in unterschiedlich strukturierten Beständen und für verschiedene Zielsetzungen bieten.

Die Gesamtstammzahlen vor dem Hieb schwanken zwischen 82 und 163 N.ha⁻¹. Die Stammzahlen der Durchmesserklasse DK18 (Bhd 16 bis 20 cm), welche die nachhaltig erforderliche Anzahl von Laßreitell-Anwärtern darstellen, betragen 29 bis 58 N.ha⁻¹.

8.11.2 BESTANDESKENNWERTE

Die für einen Zieldurchmesser von 60 cm (Bhd 56 bis 64 cm) ermittelten Bestandeskennwerte für die drei unterschiedlichen Oberholzüberschirmungsvarianten MW33, MW50 und MW66 werden in Tabelle 8.11-1 dargestellt. Für die Berechnungen wurden die in dieser Arbeit untersuchten Standortverhältnisse (Höhenrahmen der stärkeren Oberholzreihen von 18 bis 20 m) unterstellt und es wurden die Stammzahlabnahmekurven für die Zieldurchmesserklasse DK62 verwendet. Die Ergebnisse wurden zu Durchmesserklassen mit einer Klassenbreite von 8 cm zusammengefasst.

Tab. 8.11-1: Bestandeskennwerte (Stammzahl = N in N.ha⁻¹, Überschirmungsprozent = UB% in %, Grundfläche = G in m².ha⁻¹, Vorrat = V in fm_s.ha⁻¹), Holzrindenbiomassen = HR in g.m⁻²) für das Oberholz vor und nach dem Mittelwaldhieb mit Überschirmungsprozenten des Oberholzes von 33% (MW33), 50% (MW50) und 66% (MW66) bei einer Zieldurchmesserklasse DK60 (Bhd 56 bis 64 cm) auf mittelwüchsigen Standorten (Oberholzhöhe 19 m)

Table 8.11-1: Stand characteristics before cut and after cut (stem number = N in N.ha⁻¹ canopy cover percentage = UB% in %, basal area = G in m².ha⁻¹, stem volume = V in fm_s.ha⁻¹), wood biomass in bark = HR in g.m⁻²) for the overwood of coppice with standards stands with percentages overwood, canopy cover of 33% (MW 33), 50% (MW 50) und 66% (MW 66) and for the target diameter class DK60 (Dbh 56 to 64 cm) on moderate sites (height of the overwood 19 m)

DK [N.ha ⁻¹]	MW33			MW50			MW66		
	vor Hieb	Hieb	nach Hieb	vor Hieb	Hieb	nach Hieb	vor Hieb	Hieb	nach Hieb
DK20	29	5	24	43	8	35	58	10	48
DK28	20	4	16	30	5	25	38	7	31
DK36	13	2	11	20	3	17	27	5	22
DK44	9	2	7	14	2	12	18	3	15
DK52	6	1	5	9	2	7	12	2	10
DK60	4	4	0	6	6	0	9	9	0
∑ N.ha ⁻¹	82	18	64	122	27	96	163	36	128
UB %	33	10	23	50	15	35	66	20	46
G [m ² .ha ⁻¹]	7,3	2,2	5,0	11,1	3,4	7,6	14,7	4,6	10,1
V [fm _s .ha ⁻¹]	60	25	38	90	37	58	120	50	77
HR [g.m ⁻²]	5.800	2.100	3.700	8.800	3.100	5.700	11.800	4.200	7.500

Bei Stammzahlen von 82, 122 und 163 N.ha⁻¹ betragen die Grundflächen vor dem Hieb in Abhängigkeit vom Überschirmungsgrad des Oberholzes 7,3 (MW33), 11,1 (MW50) und 14,8 m².ha⁻¹ (MW66). Es ergeben sich Holzvolumenvorräte von 60, 90 und 120 fm_s.ha⁻¹ und Trockenmassenvorräte an Holzrinde von 5.800, 8.800 und 11.800 g.m⁻².

Bei den Nutzungen sind neben den Erntebäumen durch Pflege(Regulierungs)hiebe in den schwächeren Durchmesserklassen jeweils etwa ein Fünftel der Stämme zu entnehmen. Durch die Ernte. Bei den Nutzungen sind neben den Erntebäumen durch Pflege(Regulierungs)hiebe in den schwächeren Durchmesserklassen jeweils etwa ein Fünftel der Stämme zu entnehmen. Durch die Ernte- und Pflegehiebe verringern sich bei den Varianten mit einem Überschirmungsanteil vor dem Hieb von einem Drittel und der Hälfte die Überschirmungsprozente des Oberholzes auf 23 und 35%. Bei der Variante mit einem Oberholzanteil von zwei Drittel verbleibt ein Überschirmungsprozent von 46%. Die Modellkalkulationen zeigen, dass ab Oberholzüberschirmungsprozenten über 66% die empfohlene

Zielsetzung eines mittleren Überschirmungsanteiles nach dem Hieb von etwa 40 bis 45% schwierig zu realisieren ist. Die Untersuchungen dieser Arbeit und jene von HAGEN (2005) in Verjüngungsbeständen mit Überschirmungsprozenten von 40 bis 50% nach dem Mittelwaldhieb zeigen jedoch, dass auch unter diesen Lichtbedingungen eine zufriedenstellende Verjüngungsentwicklung erfolgen kann. Bei Bedarf sind aber Nachlichtungshiebe notwendig. Durch den Hieb werden die Grundflächen und Vorräte um rund 30 bis 40% vermindert.

Da sich die Kronenmodelle der untersuchten Baumarten, die als Zielbaumarten für das Oberholz gewünscht sind, nicht sehr wesentlich unterscheiden, können die Stammzahlverteilungskurven auch bei unterschiedlichen Baumartenzusammensetzungen im Oberholz Entscheidungshilfen bieten.

Die Abweichungen zwischen einer Stammzahlverteilung vor Ort und der „Ideal-Kurve“ können Hinweise auf die Eingriffsstruktur (Bäume pro Durchmesserklasse) und -stärke geben. Der Zeitpunkt des Mittelwaldhiebes wird einerseits von der „optimalen“ Umtriebszeit des Unterholzes und andererseits vom Erreichen des gewünschten Oberholz-Überschirmungsprozentes beeinflusst. Diese Notwendigkeit einer periodischen Unterholznutzung und der damit verbundenen Kernwuchsetablierung ist sowohl bei der Zielsetzung der Erhaltung und/oder Verbesserung der Oberholzstruktur als auch bei der Überführung oberholzarmer in oberholzreichere Bestände zu beachten.

8.12 BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG

In diesem Kapitel wurde versucht, für Bewirtschaftungsalternativen auf den mittelwüchsigen Standorten Maßnahmenumfang, Nutzungsmöglichkeiten und das Ausmaß von Kosten und Erlösen mittels einer Variantenberechnung abzuschätzen. Als Weiser für einen effizienten Mitteleinsatz wurde der Deckungsbeitrag II (erntekostenfreier Erlös minus Pflanzungs- und Pflegekosten) herangezogen. Der Zieldurchmesser wurde mit 60 cm festgelegt. Als Bewirtschaftungsalternativen wurden der Niederwald und der Eichenmittelwald mit verschiedenen Oberholzanteilen (MW33, MW50, MW66) gewählt. Als Vergleichsperiode wurden 120 Jahre gewählt, das ist die 4-fache Unterholzumtriebszeit von je 30 Jahren. Bezugsebene war die Bestandesfläche nach einem Niederwaldhieb und Mittelwaldhieb bei Unterstellung eines „normalen“ Bestandesaufbaues im Mittelwald.

Tab. 8.12–1: Maßnahmen für die jeweiligen Bewirtschaftungsvarianten des Nieder- und Mittelwaldes (NW = Niederwald, MW33 = Mittelwald mit einem Überschirmungsprozent von 33 %, MW50 = Mittelwald mit einem Überschirmungsprozent von 50 %, MW66 = Mittelwald mit einem Überschirmungsprozent von 66 %).

Table 8.12–1: Measures for the different management variants of the coppice and coppice with standards (NW = coppice, MW33 = coppice with standards with percentages overwood canopy cover of 33 %, MW50 = coppice with standards with percentages overwood canopy cover of 50 %, MW66 = coppice with standards with percentages overwood canopy cover of 66 %)

Maßnahmen	NW	MW33	MW50	MW66
Pflanzung (Pflanzenanzahl; St.ha ⁻¹)	—	60	90	120
Wildschutz	Baumschutzsäule			
Kultur- und Jungwuchspflege (negative Auslese, Formschnitte)	1x	2x	2x	2x
Dickungspflege (positive Auslese; Standraumregulierung, Astung)	1x + Astungsmodell			

Tabelle 8.12–1 gibt eine Übersicht über die geplanten Maßnahmen für die jeweiligen Bewirtschaftungsvarianten. Beim den Mittelwaldvarianten wurde eine Ergänzung mit Kernwüchsen auf rund einem Drittel der Fläche unterstellt.

Die Hiebsmengen in Rinde wurden nach dem Niederwalduntersuchungen von KRISSEL und MÜLLER (1990), den vorliegenden Ergebnissen und dem erarbeiteten Mittelwaldmodell berechnet. Bei den Mittelwaldvarianten wurden Rahmenwerte für die Unterholzvorräte am Ende der Umtriebszeit unterstellt (Oberholz-Überschirmungsprozent 33% (MW33): 60–80 t.ha⁻¹; Oberholz-Überschirmungsprozent 50% (MW50): 40–60 t.ha⁻¹; Oberholz-Überschirmungsprozent 66% (MW66): 30–50 t.ha⁻¹). Für die Kalkulationen wurde ein durchschnittliches Rücklassprozent von 15% kalkuliert (sh. Kap. 8.6.2). Dadurch errechnen sich mittlere Erntemengen pro Umtrieb an Energieholz von rund 95 t.ha⁻¹ (NW), 75 t.ha⁻¹ (MW33), 65 t.ha⁻¹ (MW50) und 55 t.ha⁻¹ (MW66). Für astfreies Stammholz ergeben sich Holzvolumswerte von 17 bis 33 fm_s.ha⁻¹.

Tab. 8.12–2: Erntemengen für das Unterholz und Kronenholz in t.ha⁻¹ (Holzbiomassen in Rinde) und für das Stammholz in Rinde (fm_s.ha⁻¹ bis 6 m Stammlänge) nach Durchmesserklassen für die verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten (NW = Niederwald, MW33 = Mittelwald mit einem Überschirmungsprozent von 33%, MW50 = Mittelwald mit einem Überschirmungsprozent von 50 %, MW66 = Mittelwald mit einem Überschirmungsprozent von 66 %) (Durchmesserklassenbreite 8 cm; DK20 = Bhd 18 bis 24 cm).

Table 8.12–2: Biomass harvested for the underwood and crown wood in t.ha⁻¹ (wood biomass in bark) and stemwood in bark ((fm_s.ha⁻¹ up to a stem length of 6 m) for diameter classes for the different management variants (NW = coppice, MW33 = coppice with standards with percentages overwood canopy cover of 33 %, MW50 = coppice with standards with percent. overwood canopy cover of 50 %, MW66 = coppice with standards with percent. overwood canopy cover of 66 %) (range of diameter class: 8 cm; DK20 = dbh 18 to 24 cm)

Bewirtschaftungsvarianten	Unter- und Kronenholz [t.ha ⁻¹]	Stammholz[fm _s .ha ⁻¹] (bis 6 m Stammlänge)						Σ
		DK20	DK28	DK36	DK44	DK52	DK60	
NW	340 – 410	0	0	0	0	0	0	0
MW33	260 – 340	7	9	9	9	9	24	67
MW50	230 – 290	9	12	14	14	13	37	99
MW66	200 – 260	12	16	18	19	18	50	133

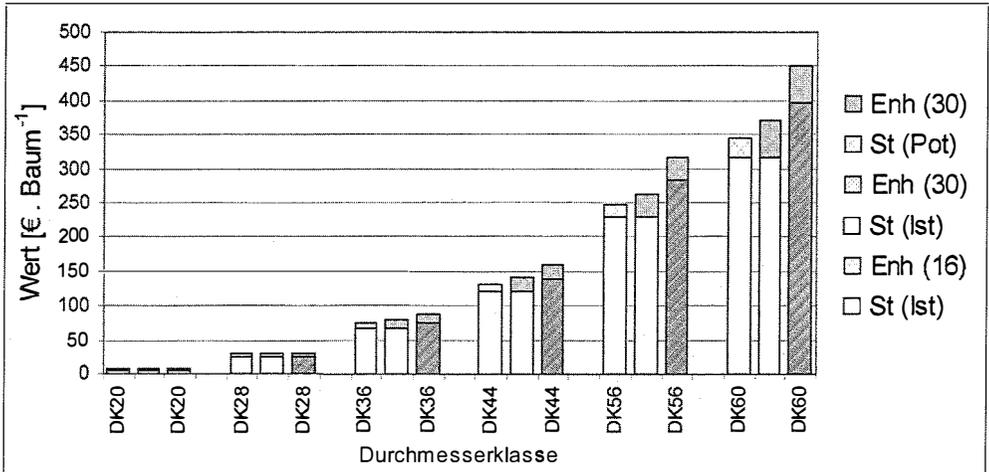


Abb. 8.12–1: Durchschnittlicher Erlös pro Baum (€·Baum⁻¹) im Oberholz nach Durchmesserklassen getrennt nach Stammholzerlösen (A = St(Ist) + Enh(16), B = St(Ist) + Enh(30), C = St(Pot) + Enh(30); St(Ist/Pot) = Stammholzerlös Ist oder Potenzial; Enh (16) = Stockzins von 16 €·t⁻¹, Enh(30) = Stockzins von 30 €·t⁻¹).(Klassenbreite: 8 cm).

Fig. 8.12–1: Average price per overwood – tree (€·Baum⁻¹) for diameter classes and price of the stem wood (A = St(Ist) + Enh(16), B = St(Ist) + Enh(30), C = St(Pot) + Enh(30); St(Ist/Pot) = price of stem wood (status or potential); Enh (16) = stumpage price of 16 €·t⁻¹, Enh(30) = stumpage price of 30 €·t⁻¹).(diameter class range: 8 cm)

Ein schwieriger Teil der betriebswirtschaftlichen Bewertung ist die Schätzung eines durch eine Optimierung der waldbaulichen Aktivitäten erzielbaren Mehrerlöses. Es wurde eine Erlössteigerung von 13 bis 25 % gegenüber der derzeitigen Qualitätsverteilung unterstellt. Abbildung 8.12–1 zeigt den durchschnittlichen Erlös pro Oberholz-Baum bei derzeitiger und potenzieller Güteklassenverteilung, in Abhängigkeit von der Durchmesserklasse und Rahmenwerten für den Stockzins des Energieholzes.

Es ist ersichtlich, dass das Kronenholz, das an der Holzbiomasse in Rinde einen durchschnittlichen Anteil von 39 (Bhd von 16 bis 24 cm) bis 69% (Bhd 56 bis 64 cm) einnimmt, bei einem Stockzins für das Energieholz von 30 und 20 €·t⁻¹, zum Wert des Baumes 24 % in den schwächeren bis 16% in den stärkeren Durchmesserklassen beträgt (Abb.8.12–1). Bei niedrigeren Energieholzpreisen fällt der Anteil auf rund 14 bis 8% zurück. Die unterstellte Werterhöhung bei zielorientierter Einzelbaumpflege führt zu einer deutlichen Baumwerterhöhung. Umgekehrt betrachtet, werden etwa 80% des Wertes der Oberständer im Mittelwald vom astfreien Stammabschnitt gebildet. Das zeigt das Potenzial für eine Wertsteigerung deutlich auf.

Für die folgenden Kalkulationen werden die Ergebnisse der Berechnungen mit oberen und unteren Rahmenwerten für die Unterholzmengen und die Stockzinse für das Energieholz in den Varianten Minimum (Min) und Maximum (Max) dargestellt.

Die Deckungsbeiträge II (holzerntekostenfreier Erlös minus Pflanzungs- und Pflegekosten) pro ha und Jahr der Bewirtschaftungsvarianten für eine Umtriebszeit von 120 Jahren für die Minimal- und Maximalvarianten sind in Abbildung 8.12–2 dargestellt. Der Vergleich der Deckungsbeiträge II zeigt eine Schwankungsbreite von 28 bis 148 €·ha⁻¹·yr⁻¹. Bei der Niederwaldbewirtschaftung können bei den

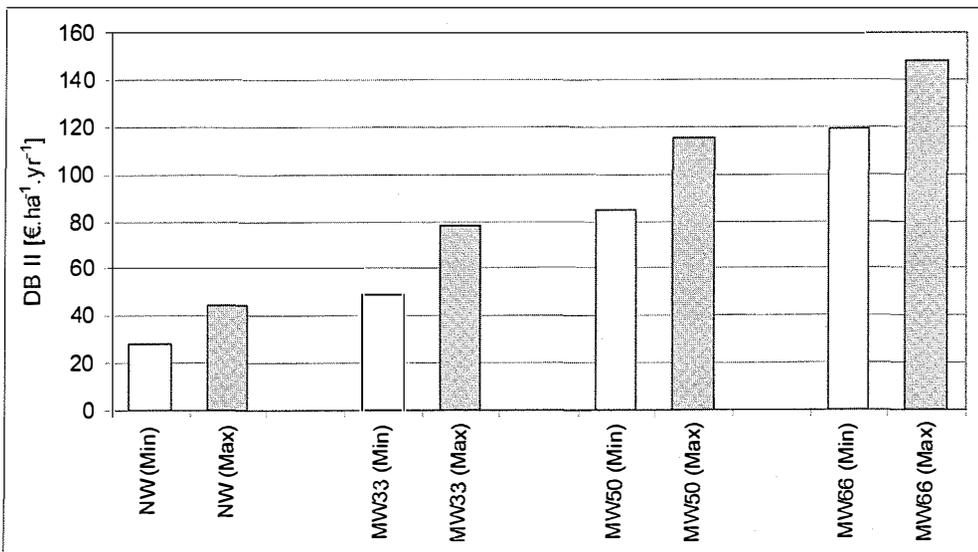


Abb. 8.12–2: Vergleich der Deckungsbeiträge DB II [€·ha⁻¹·yr⁻¹] der Bewirtschaftungsvarianten Niederwald und Mittelwald ohne Verzinsung bei unteren (Min) und oberen (Max) Rahmenwerten für Unterholzmengen und Energieholzpreise (NW = Niederwald, MW33 = Mittelwald mit einem Überschirmungsprozent von 33 %, MW50 = Mittelwald mit einem Überschirmungsprozent von 50 %, MW66 = Mittelwald mit einem Überschirmungsprozent von 66 %).

Fig. 8.12–2: Comparison of the contribution margins DB II [€·ha⁻¹·yr⁻¹] of the management variants coppice and coppice with standards systems without rate of interest for the underwood volume (Min = Minima, Max = Maxima)

unterstellten Energieholzpreisen nur geringe Deckungsbeiträge II von 28 bis 45 €·ha⁻¹·yr⁻¹ erwartet werden. Mit zunehmenden Oberholzanteil steigen die Deckungsbeiträge II der Mittelwaldvarianten bei der Maximalvariante von 78 auf 148 €·ha⁻¹. Die kalkulierten Deckungsbeiträge II der Mittelwaldvarianten betragen bei der Minimalvariante das 1,8- bis 4,3-fache und bei der Maximalvariante das 1,7- bis 3,3-fache gegenüber dem Niederwald.

Die starke Abhängigkeit des Niederwaldbetriebes von den Energieholzpreisen spiegelte sich auch hier wider. Kalkulierte man mit den unteren Rahmenwerten, so lieferte der Niederwaldbetrieb kaum nennenswerte Deckungsbeiträge, während bereits ab einem geringen Oberholzanteil eine deutliche Verbesserung eintrat.

8.13 BESTANDESWEISE WALDBAULICHE PLANUNG (FALLBEISPIELE)

Ausgehend vom derzeitigen Zustand des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 (Alter 44 Jahre) und der Mittelwaldbestandestypen Ebenthal MWBE30 (Alter 30 Jahre) und MWBE25 (Alter 25 Jahre) sowie der Niederwaldbestandestypen mit Überhältern Ebenthal NUBE30 (Alter 30 Jahre) und NUBE27 (Alter 27 Jahre) soll modellhaft überlegt werden, wie diese älteren Bestände behandelt werden könnten. Unter Anwendung der in den Kapiteln 8.11 und 8.12 dargestellten Planungsgrundlagen wird die bestandesweise waldbauliche Planung diskutiert. Ausgangslage für die Planungsbeispiele bilden die in Tabelle 8.13-1 dargestellten Zielsetzungen, welche aus einer Vielzahl von möglichen Zielformulierungen als Optionen ausgewählt wurden (GADOW 2005). Für das Oberholz wird ein Zieldurchmesser von 60 cm festgelegt und als Unterholzumtriebszeit werden 30 Jahre definiert. Für die Mittelwaldbestände werden der Aufbau eines Mittelwaldbestandes mit einer Oberholzüberschirmung von 50% (Modell: MW50) und für die

Tab. 8.13-1: Zielsetzungen (beispielhaft) für den Untersuchungsbestand Grandmühl 4 und die älteren Mittel- und Niederwaldbestandestypen mit Überhältern Ebenthal (BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand; OH = Oberholz, OH-ÜB% = Oberholz-Überschirmungsprozent, Ziel-Bhd = Zieldurchmesser, UH-Umtriebszeit = Unterholz-Umtriebszeit)

Table 8.13-1: Objectives (for example) for the investigation stand Grandmühl 4 and the older stand types Ebenthal (coppice with standards and coppice with reserves) (BET = stand type, UBE = investigation stand; OH = overwood, OH-ÜB% = overwood-canopy cover percentage, Ziel-Bhd = target diameter, UH-Umtriebszeit = underwood-rotation period).

BET/UBE	Zielsetzungen (beispielhaft)		
	Produktionsziel: OH: Nutzholz, Ziel-Bhd 60 cm; UH: Energieholz, Umtriebszeit 25–30 Jahre		Varianten (Mittelwaldmodell)
	Mischungsart und -grad mit Laßreitelfstadium	aSchl (m)	
GRM4	OH: 5 Ei, 2 Els/Spe, 1 Vki, 2 Bah/Es; UH: 10 Hbu/Fah	7 m	ÜB%: 50–66%
MWBE30	OH: 2 Ei, 4 Es, 2 Els, 2 Vki/sEdLb; UH: 10 Fah/Ful/Hbu	6 m	ÜB%: 50–66%
MWBE25	OH: 2 Ei, 6 Es, 2 EdLb; UH: 10 Fah/Ful/Hbu	6 m	ÜB%: 50–66%
NUBE30	OH: 5 Es, 3 Els; UH: 10 Fah/Ful/Hbu	6 m	ÜB%: 33–50%
NUBE27	OH: 8 Es, 2 Els; UH: 10 Fah/Ful/Hbu	6 m	ÜB%: 33–50%

Niederwaldbestände mit Überhältern ein Mittelwaldbestand mit einem Übersicherungsprozent von 33% (Modell: MW33) angestrebt. Zum Vergleich werden für die Bestände auch Stammzahlhaltungskurven der nächsthöheren Übersicherungsvarianten dargestellt.

Die Herleitung der Baumartenzusammensetzung mit Beginn des Laßreitellstadiums (Oberholz) und jene des Unterholzes orientiert sich am vorhandenen Baumartenspektrum. Rücklassmengen, Erlöse (durchschnittliche derzeitige Qualitätsverteilung), Holzernte- und Waldpflegekosten werden analog Kapitel 8.12 unterstellt. Bei den sonstigen Laubbäumen wird ab einem Durchmesser von 16 cm für den astfreien Stammabschnitt bis maximal 6 m Schwachholzqualität unterstellt.

Für die Beurteilung des Bestandesaufbaues, der Hiebs- und Pflegeplanung wurden die Stammzahlhaltungskurven der Mittelwaldmodelle herangezogen. Der Vergleich der vorhandenen Stammzahlverteilung mit den Stammzahlhaltungskurven sollte helfen, Abweichungen aufzuzeigen. Wichtig ist, festzuhalten, dass eine Anpassung der Durchmesserverteilungen an den „Ideal-Zustand“ nur schrittweise erfolgen sollte.

Da baumbezogene Informationen zu Vitalität und Stammqualität sowie zur räumlichen Verteilung fehlen, wird für die Hiebsplanung folgende vereinfachte Vorgehensweise gewählt:

i) Orientierung der Auszeige im Oberholz (Kernwüchse von Eiche und Edellaubbäumen) an den Baumzahlleitkurven nach Hieb für die jeweiligen Mittelwaldmodelle: Verminderung der Stammzahl pro Durchmesserklasse auf das Niveau der Stammzahlhaltungskurve oder maximale Entnahme von 20% der Stammzahl je Durchmesserklasse.

ii) Erhaltung der für die Nachhaltigkeit erforderlichen Laßreitellanzahl im Durchmesserbereich von 8 bis 16 cm (DK12) nach den Mittelwaldmodellen. Wenn die Mindestanzahl nicht erreicht werden kann, wird dies mit der dreifachen Anzahl der erforderlichen Menge aus dem Durchmesserbereich bis 8 cm (DK4) aufgefüllt.

Die Durchmesserverteilungen der Beispielsbestände vor und nach den Hiebsmaßnahmen sind in den Abbildungen 8.13–1 bis 8.13–5 dargestellt. Zum Vergleich sind auch die Stammzahlhaltungskurven der verschiedenen Mittelwaldmodelle vor und nach dem Hieb ersichtlich. In Tabelle 8.13–2 sind für die einzelnen Planungsbeispiele die Ergebnisse für die naturalen und finanziellen Kennwerte dargestellt.

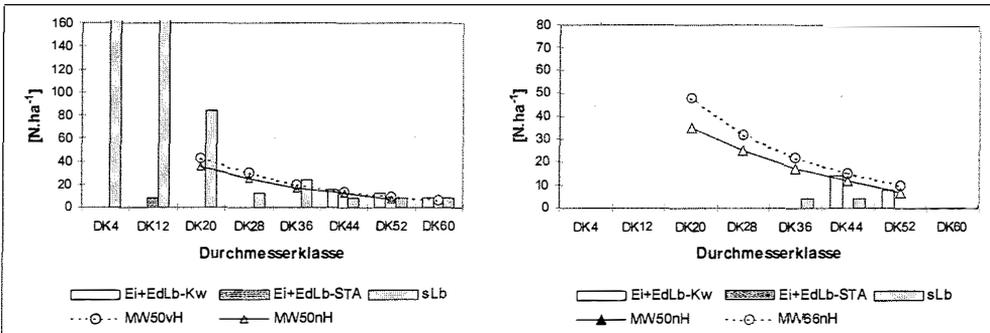


Abb. 8.13–1: Stammzahlverteilung (N in $N \cdot ha^{-1}$) vor (a) und nach (b) dem Planhieb im Mittelwalduntersuchungsbestand Grandmühl 4 (GRM4) und Baumzahlleitkurven vor und nach Hieb des Mittelwaldmodells (MW50) mit Oberholz-Übersicherungsprozenten von 50% vor (a) und nach Hieb (b) der Mittelwald-Modelle mit Übersicherungsprozenten von 50 und 66% (MW50 und MW66).

Fig. 8.13–1: Distribution of stem number (N in $N \cdot ha^{-1}$) before (a) and after (b) the planned cut in the investigation stand Grandmühl 4 (GRM4) (coppice with standards) and tree density guidelines (before-cut and after-cut) for the coppice with standards model (MW50) with the canopy cover percentage of the overwood of 50% before-cut (a) and after-cut (b) of the coppice with standards models with canopy cover percentage of 50% and 66% (MW50 und MW66).

Wie bereits erwähnt, fehlen im Untersuchungsbestand GRM4 die Laßreitler und Oberständer in den schwächeren bis mittleren Durchmesserklassen. Die Unterholz-Umtriebszeit von 40 Jahren führte zum „Durchwachsen“ der konkurrenzkräftigen Stockausschläge bis in die Durchmesserklassen DK20 und DK28 sowie zum Verlust der langsamwüchsigeren Kernwüchse. Obwohl vor dem Hieb die Stammzahlverteilung des Bestandes mit der Baumzahlleitkurve gut übereinstimmt, werden die Abweichungen von der nachhaltigen Stammzahlverteilung nach differenzierter Betrachtung nach dem Hieb offensichtlich. Vom Bestandesvorrat in der Höhe von 216 t.ha⁻¹ werden 174 t.ha⁻¹ genutzt (Tab. 8.13–2).

Insgesamt fallen 62 fm_s.ha⁻¹ Stammholz (bis Kronenansatz) aus dem Oberholz an, 78 t.ha⁻¹ Kronenholz- und 56 t.ha⁻¹ Unterholzbiomasse in Rinde an. Das ergibt einen Deckungsbeitrag I von 5.800 €·ha⁻¹. Für Ergänzungen mit 400 Pflanzen pro ha zur Heranführung an eine nachhaltige Stammzahlverteilung, Jungwuchs- und Dickungspflegemaßnahmen mit Astung ist mit rund 3.600 €·ha⁻¹ zu kalkulieren.

Gegenüber dem Untersuchungsbestand GRM4 sind im 30 Jahre alten Mittelwaldbestandestyp MWBE30 ab der Durchmesserklasse DK12 alle Stärkeklassen mit Kernwüchsen von Eichen oder Edellaubbäumen besetzt. Die Vorräte liegen mit 164 fm_s.ha⁻¹ und 142 t.ha⁻¹ deutlich unter jenen des Untersuchungsbestandes

Tab. 8.13–2: Naturale und finanzielle Kennwerte für die bestandesweise waldbauliche Beispielsplanung für den Untersuchungsbestand Grandmühl 4 und die älteren Bestandestypen Mittel- und Niederwald mit Überhältern Ebenthal (BET = Bestandestyp, UBE = Untersuchungsbestand; Rücklassprozent = 15 %) (Vorrat in fm_s.ha⁻¹, Grundfläche G in m².ha⁻¹, HolZRindenbiomassen in t.ha⁻¹, DBI = Deckungsbeitrag I, DBII = Deckungsbeitrag II) (Prozent) [Prozent]

Table 8.13–2: Natural and financial characteristics for the stand orientated silvicultural planning as an example for the investigation stand Grandmühl 4 and the older stand types Ebenthal (coppice with standards and coppice with reserves) (BET = stand type, UBE = investigation stand; residues percentage = 15 %) (volume in fms.ha-1, bsal area G in m².ha⁻¹, wood biomass in bark in t.ha⁻¹, DBI = contribution margin I, DBII = contribution margin II) (percent) [percent].

BET/UBE		GRM4	MWBE30	MWBE25	NUBE30	NUBE27
Unterholzalter		40	30	25	30	27
vor Hieb	V [fm _s .ha ⁻¹]	216 (100)	154 (100)	174 (100)	103 (100)	111(100)
	G [m ² .ha ⁻¹]	28,6 (100)	25,8 (100)	26,1 (100)	23,2 (100)	23,6 (100)
	HR [t.ha ⁻¹]	216 (100)	142 (100)	170 (100)	93 (100)	97 (100)
nach Hieb	V [fms.ha ⁻¹]	45 (21)	33 (21)	32 (18)	9 (9)	22 (20)
	G [m ² .ha ⁻¹]	4,2 (15)	3,2 (12)	3,0 (11)	1,1 (5)	2,0 (8)
	HR [t.ha ⁻¹]	42 (19)	30 (21)	29 (16)	10 (11)	20 (21)
Hieb	V [fm _s .ha ⁻¹]	171 (53) [100]	121(79) [100]	142(84) [100]	94(91) [100]	89(80) [100]
	Stammholz [fm _s .ha ⁻¹]	62 [36]	59 [49]	68 [48]	36 [38]	31 [35]
	Kronenholz [fm _s .ha ⁻¹]	53 [31]	28 [23]	43 [30]	12 [13]	16 [18]
	Unterholz: V [fm _s .ha ⁻¹]	56 [33]	34 [28]	32 [23]	46 [49]	42 [47]
	HR [t.ha ⁻¹]	174 (81) [100]	111(79) [100]	140(84) [100]	83(89) [100]	77(79) [100]
	astfreies Stammholz [t.ha ⁻¹]	40 [23]	38 [34]	36 [69]	21 [25]	18 [23]
	Kronenholz [t.ha ⁻¹]	78 [45]	41 [37]	78 [56]	22 [27]	21 [27]
	Unterholz [t.ha ⁻¹]	56 [32]	32 [29]	26 [19]	40 [48]	38 [49]
Erlös – Stammholz [€·ha ⁻¹]*		3.517 [61]	2.905 [70]	5.587 [76]	402 [26]	296 [23]
Erlös – Kronenholz [€·ha ⁻¹](Stockzins)		1.335 [23]	695 [17]	1.333 [18]	457 [30]	357 [27]
Erlös – Unterholz [€·ha ⁻¹](Stockzins)		952 [16]	544 [13]	442 [6]	683 [44]	646 [50]
DB I (*) [€·ha ⁻¹]		5.804 [100]	4.134 [100]	7.362 [100]	1.542 8.100]	1.299 [100]
Ergänzung [€·ha ⁻¹]		1.800	200	540	0	0
Pflege und Astung) [€·ha ⁻¹]		1.800	1.800	1.400	1.400	1.400
DB II [€·ha ⁻¹]		2.204	2.143	5.422	142	- 101

(*holzerntkostenfreier Erlös)

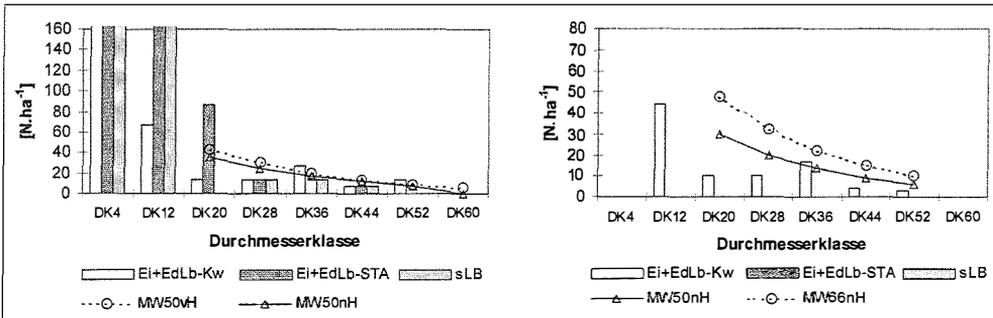


Abb. 8.13-2: Stammzahlverteilung (N in $N \cdot ha^{-1}$) vor (a) und nach (b) dem Planhieb im Mittelwaldbestandestyp Ebenthal MWBE30 und Baumzahlleitkurven vor und nach Hieb des Mittelwaldmodells (MW50) mit Oberholz-Überschirmungsprozents von 50% vor (a) und nach Hieb (b) der Mittelwald-Modelle mit Überschirmungsprozents von 50 und 66% (MW50 und MW66).

Fig. 8.13-2: Distribution of stem number (N in $N \cdot ha^{-1}$) before (a) and after (b) the planned cut in the coppice with standards – stand typ Ebenthal MWBE30 and tree density guidelines (before-cut and after-cut) for the coppice with standards model (MW50) with the canopy cover percentage of the overwood of 50 % before-cut (a) and after-cut (b) of the coppice with standards models with canopy cover percentage of 50 % and 66 % (MW50 and MW66).

GRM4. Die Durchmesserverteilung vor und nach der Hiebsplanung zeigt eine gute Annäherung an die jeweiligen Stammzahlhaltungskurven des Modells MW50. Die Erntemengen ergeben eine Erlössumme von $5.934 \text{ €} \cdot ha^{-1}$ und abzüglich der Holzerntekosten verbleibt ein erntekostenfreier Erlös von $4.100 \text{ €} \cdot ha^{-1}$. Da in den Durchmesserklassen DK4 und DK12 ausreichend Nachwuchsbäumchen (Esche $4.880 N \cdot ha^{-1}$, Elsbeere $73 N \cdot ha^{-1}$, Eiche $10 N \cdot ha^{-1}$) vorhanden sind, sollte mit einem Pflegeaufwand von $1.800 \text{ €} \cdot ha^{-1}$ eine ausreichende Anzahl an Laßreitell-Anwärtern sicherzustellen sein.

Obwohl sich beim Mittelwaldbestandestyp MWBE25 in den Durchmesserklassen DK20 und DK44 keine Kernwüchse befinden, kann durch die Planauszeige eine gute Annäherung an die nachhaltige Stammzahlhaltungskurve erreicht werden.

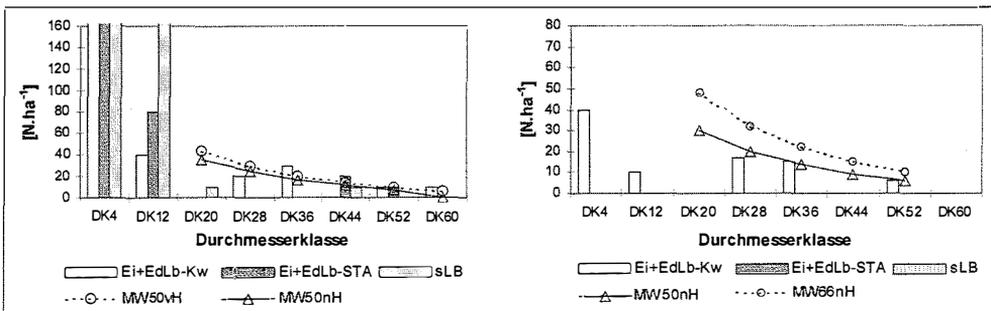


Abb. 8.13-3: Stammzahlverteilung (N in $N \cdot ha^{-1}$) vor (a) und nach (b) dem Planhieb im Mittelwaldbestandestyp MWBE25 in Ebenthal und Baumzahlleitkurven vor und nach Hieb des Mittelwaldmodells (MW50) mit Oberholz-Überschirmungsprozents von 50 % vor (a) und nach Hieb (b) der Mittelwald-Modelle mit Überschirmungsprozents von 50 und 66 % (MW50 und MW66).

Fig. 8.13-3: Distribution of stem number (N in $N \cdot ha^{-1}$) before (a) and after (b) the planned cut in the coppice with standards – stand typ Ebenthal MWE25 and tree density guidelines (before-cut and after-cut) for the coppice with standards model (MW50) with the canopy cover percentage of the overwood of 50 % before-cut (a) and after-cut (b) of the coppice with standards models with canopy cover percentage of 50 % and 66 % (MW50 and MW66).

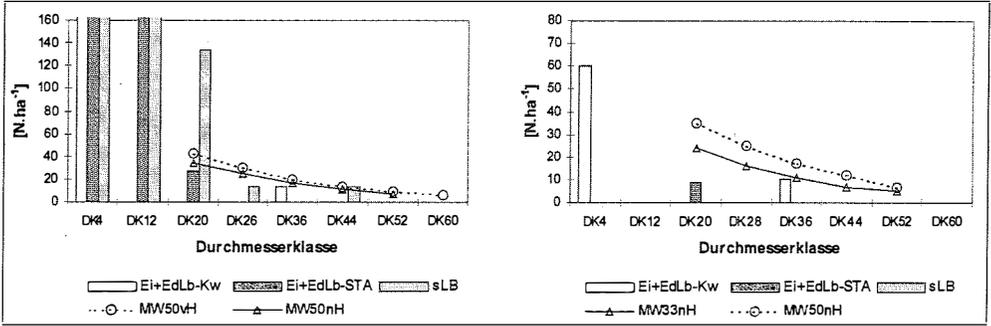


Abb. 8.13-4: Stammzahlverteilung (N in N.ha⁻¹) vor (a) und nach (b) dem Planhieb im Bestandestyp NUBE30 des Reviers Ebenthal und Baumzahlleitkurven vor und nach Hieb des Mittelwaldmodells (MW50) mit Oberholz-Überschirmungsprozenten von 50 % vor (a) und nach Hieb (b) der Mittelwald-Modelle mit Überschirmungsprozenten von 50 und 66 % (MW50 und MW66).

Fig. 8.13-4: Distribution of stem number (N in N.ha⁻¹) before (a) and after (b) the planned cut in the coppice with reserves – stand typ Ebenthal NUBE30 and tree density guidelines (before-cut and after-cut) for the coppice with standards model (MW50) with the canopy cover percentage of the overwood of 50 % before-cut (a) and after-cut (b) of the coppice with standards models with canopy cover percentage of 50 % and 66 % (MW50 und MW66).

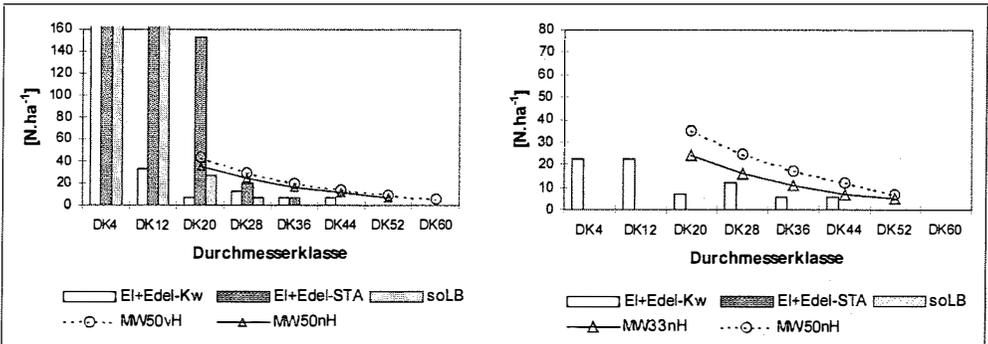


Abb. 8.13-5: Stammzahlverteilung (N in N.ha⁻¹) vor (a) und nach (b) dem Planhieb im Niederwald mit Überhältern – Bestandestyp NUBE27 in Ebenthal und Baumzahlleitkurven vor und nach Hieb des Mittelwaldmodells (MW50) mit Oberholz-Überschirmungsprozenten von 50 % vor (a) und nach Hieb (b) der Mittelwald-Modelle mit Überschirmungsprozenten von 50 und 66 % (MW50 und MW66).

Fig. 8.13-5: Distribution of stem number (N in N.ha⁻¹) before (a) and after (b) the planned cut in the coppice with reserves – stand typ Ebenthal NUBE27 and tree density guidelines (before-cut and after-cut) for the coppice with standards model (MW50) with the canopy cover percentage of the overwood of 50 % before-cut (a) and after-cut (b) of the coppice with standards models with canopy cover percentage of 50 % and 66 % (MW50 und MW66).

Die Vorräte an Schaftholzfestmetern und Biomassentrockengewicht vor dem Hieb liegen um rund 15% über jenen des Bestandestyps MWBE30. Durch die Auszeige von Eichen in den stärkeren Durchmesserklassen ergibt sich gegenüber dem Bestandestyp MWBE30 eine um das 1,8-fach höhere Erlössumme von 7.400 €·ha⁻¹. Da in der Unterholzstufe bei den Kernwüchsen nur Eschen vorhanden sind, werden zur Erreichung der gewünschten Baumartenzusammensetzung Ergänzungen von Eiche und Vogelkirsche erforderlich sein. Ergänzungen und Pflegemaßnahmen bedeuten Kosten von rund 2.000 €·ha⁻¹.

Die Bestandesvorräte der Niederwald mit Überhältern-Bestandestypen NUBE30 und NUBE27 liegen, mit 103 und 111 fm_s·ha⁻¹ und 93 und 97 t·ha⁻¹, deutlich unter den Vorratswerten der Mittelwaldbestände. Die Durchmesserverteilungen sind den Abbildungen 8.13-4 und 8.13-5 zu entnehmen. Bei den beiden

Bestandestypen Niederwald mit Überhältern werden zu Vergleichszwecken die Stammzahlhaltungskurven der Modelle MW33 (vor und nach Hieb) und MW50 (nach Hieb) herangezogen. Die Durchmesserklassen sind ab der Durchmesserklasse DK28 (24—32 cm) unregelmäßig und mit geringen Stammzahlen von Kernwüchsen besetzt.

Die verbleibende Durchmesserverteilung in den stärkeren Durchmesserklassen des Bestandestyps NUBE30 ist jener des Mittelwalduntersuchungsbestandes GRM4 sehr ähnlich. Aufgrund des geringen Anteils von Nutzholz an der geplanten Erntemenge betragen die kalkulierten Erlössummen nur rund 2.200 und 2.500 €·ha⁻¹ und die erntekostenfreien Erlöse 1.300 und 1.500 €·ha⁻¹.

Da in der Durchmesserklasse DK4 ausreichend Kernwüchse von Eschen und Elsbeerenstämmchen (jeweils rund 500 N·ha⁻¹ in NUBE30; 870 Eschen pro ha in DK4 und 13 Elsbeeren und 20 Eschen pro ha in NUBE27) vorhanden sind, werden keine Ergänzungen zur Sicherung eines nachhaltigen Nachwuchses geplant. Trotzdem können die geplanten Jungwuchs- und Dickungspflegekosten, welche als Voraussetzung für eine Überführung in einen Mittelwaldbestand mit 33% Oberholzüberschirmung erforderlich sind, kaum bedeckt werden. Die Stammzahlverteilung im Bestandestyp NUBE27 verdeutlicht aber die günstigere Ausgangslage für eine Überführung gegenüber dem Bestandestyp NUBE30.

9 DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Für die in diesem Kapitel folgende Diskussion wird weitgehend das bisherige Gliederungssystem verwendet. Es wird auch versucht, ergänzend zu einer getrennten Darstellung der einzelnen Themen eine gesamtheitliche Betrachtung in den Vordergrund zu stellen. Dazu werden die Ergebnisse der Strukturanalysen, insbesondere die Verteilungen der wichtigsten Bestandeskennwerte nach Durchmesserklassen, beispielhaft anhand charakteristischer Untersuchungsbestände gemeinsam dargestellt. Weiters werden die Ergebnisse dieser Arbeit in Bezug zu den Ergebnissen anderer Autoren gesetzt und offene Fragen herausgestellt. Den Hintergrund bilden die in Kapitel 3 genannten Zielsetzungen dieser Arbeit. Dabei stand die Erweiterung der waldbaulichen Kenntnisse über wichtige Struktureigenschaften und produktionsökologische Grundlagen von Mittelwald- und Niederwaldbeständen mit Überhältern im Vordergrund. Dadurch sollte eine Verbesserung der Entscheidungshilfen für eine ziel- und bestandesorientierte Bewirtschaftung (Planung, Umsetzung, Steuerung) von Mittelwäldern erreicht werden.

9.1 DATENMATERIAL

Die Datengrundlage der Arbeit bildeten die im Zeitraum von 1996 bis 2003 durchgeführten um Biomassenaufnahmen erweiterten waldbaulichen Erhebungen in sehr unterschiedlich aufgebauten Mittelwald- und Niederwaldbeständen mit Überhältern.

Die Untersuchungsflächen lagen in Mittelwaldbeständen auf den Waldorten Grandmühl (Grandmühl 4: Alter 40 Jahre; Grandmühl 3: Alter 1 Jahr), Tuemling (4 unterschiedlich behandelte Parzellen mit den Varianten mit/ohne Zaun und mit/ohne Pflege: Alter 7 Jahre) und in Mittelwaldbeständen (Alter 15 bis 35 Jahre) und Niederwaldbeständen mit Überhältern im Revier Ebenthal (Alter 7 bis 35 Jahre).

Die Baum- und Strauchmerkmale wurden unter der Zielsetzung einer um Biomassen- und Blattflächenmerkmale erweiterten Strukturbeschreibung mittels detaillierter Bestandesinventuren erhoben. Aufgenommen wurden permanente Untersuchungsflächen (Grandmühl 4, Grandmühl 3, Tuemling) und temporäre Untersuchungsflächen (Revier Ebenthal). Außer auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 4, wo eine Vollaufnahme erfolgte, wurde ein kombiniertes Verfahren angewendet. Dabei erfolgte entweder eine Vollaufnahme des Oberholzes kombiniert mit einer Stichprobenaufnahme des Unterholzes (Grandmühl 3 und Untersuchungspartzen Tuemling) oder die Aufnahme von Bestandeskollektiven nach konzentrischen Probekreisflächen (Stichprobeninventur in Ebenthal). Untersuchungsflächen im Revier Ebenthal wurden jeweils innerhalb der Betriebsklassen Mittelwald und Niederwald mit Überhältern nach dem Alter zu Bestandestypen zusammengefasst. Bei den Ergebnissen der verschiedenen Aufnahmeverfahren wurden bei der Darstellung die Mittelwerte und deren Standardfehler angegeben.

Für eine umfassende Darstellung der Biomassenverhältnisse in den jeweiligen Untersuchungsbeständen erfolgte über eigene Arbeiten in Ergänzung zum Probenmaterial von PERTLIK (1982), GLÜCK (1996) und BELLOS (2000) der Aufbau einer Baum- und Strauchbiomassendatenbank. Die Biomassenarbeiten wurden basierend auf dem Dimensionsanalyseansatz von Whittaker und Woodwell (1968) durchgeführt. Die Analysen der Einzelbaummerkmale Kronenbreite, Kronenprozent, Plumpheitsgrad, astfreie Schaftlänge und h/d -Wert in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser häufig vorkommender Oberholzbaumarten basierten auf den Baumdaten der permanenten und temporären Untersuchungsflächen. Für die Einzelbaumanalysen wurden auch Datensätze von Oberständern anderer Untersuchungsbestände herangezogen, welche analog bewirtschaftet worden waren.

9.2 BIOMASSENSCHÄTZFUNKTIONEN FÜR BÄUME UND STRÄUCHER

Zur Erarbeitung der Schätzfunktionen wurden zwei Gruppen gebildet, und zwar: die erste Gruppe von Probebäumen mit einem Brusthöhendurchmesser größer 1 cm und die zweite Gruppe von Probebäumen mit einem Brusthöhendurchmesser kleiner 1 cm einschließlich der Probesträucher. Mittels des allometrischen Ansatzes wurden für alle Baum- und Straucharten der beiden Gruppen für die Kompartimente **Holzrindenbiomassen** (Holz in Rinde) und **Blattmassen** (Blätter) Biomassenschätzfunktionen für die jeweiligen Baum- und Straucharten hergeleitet. Wie bei anderen Untersuchungen waren der Brusthöhendurchmesser (Bäume mit einem Bhd > 1 cm) und der Durchmesser in 10 cm Schafthöhe (Bäume mit einem Bhd < 1 cm und Sträucher) die dominierenden unabhängigen Variablen in den Regressionsgleichungen. Für Probebäume mit einem Brusthöhendurchmesser über 1 cm wurden auch allometrische Funktionen für die Kompartimente **Schaftholzrinden-** und **Astholzrindenbiomassen** abgeleitet. Eine weitere Unterteilung der Astholzrindenbiomassen in die Kompartimente Astholz in Rinde mit einem Durchmesser kleiner und größer 4 cm (Bhd der Bäume ≥ 24 cm) sowie Astholz in Rinde mit einem Durchmesser kleiner und größer 2 cm (Bhd der Bäume < 24 cm) erfolgte ebenfalls über Schätzfunktionen.

Für die Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser über 1 cm ergaben sich für die Holzbiomassen in Rinde Bestimmtheitsmaße von über 0,89 bis 0,99 und für die Blattmassen 0,66 bis 0,97. Es zeigte sich, dass die gefundenen Beziehungen für die Holzrindenbiomassen von den zitierten Literaturergebnissen für Eiche (PAPP 1974 und 1978, BRUCIAMACCHIE 1982, OSZLANYI 1986, BISCH und AUCLAIR 1988), Zerreihe (PAPP 1974 und 1978), Hainbuche, Esche und Bergahorn (ANDRE und PONETTE 2003) nicht wesentlich verschieden sind. Bei der Eiche nahm der Astholzrindenanteil an der oberirdischen Baumbiomasse bereits ab einem Brusthöhendurchmesser von rund 7 cm stetig zu und erreichte bei einem Brusthöhendurchmesser von 60 cm einen Anteil von rund 40%. Dadurch ergibt sich für die untersuchten Mittelwaldeichen im stärkeren Durchmesserbereich ein Verhältnis von Schaft- zu Astholz von rund 60 : 40. Das lag nahe dem Verhältnis von Stammholz- zu Kronenbiomasse von 2:1 für Mittelwaldeichen nach BISCH und AUCLAIR (1988). Die Ergebnisse für die Biomassenkompartimente der schwächeren Bäume lagen im Bereich der Literaturwerte von ANDERSON (1971), KESTEMONT (1971) und DUVIGNEAUD et al. (1971). Bei diesen Baumarten, die einen geringeren Durchmesserbereich (10 bis 24 cm) abdeckten, verringerte sich der Astholzrindenanteil mit steigendem Brusthöhendurchmesser zugunsten des Stammholzrindenanteils. Im Gegensatz dazu nahm bei der Hasel der Anteil des Astholzes in Rinde stark zu. Auffallend war der hohe Blattmassenanteil der jungen Bäume und der Hasel. Generell fiel bei der Hasel das oberirdische Blattmassenprozent im Vergleich zu den Baumarten höher aus. Die oberirdischen Blattmassenprozentage nahmen von rund 12—20% bei einem Bhd von 1 cm auf rund 4 bis 10% bei einem Bhd von 5 cm und weiter auf 2—5% bei einem Bhd von rund 20 cm ab.

Bei den Bäumen mit einem Brusthöhendurchmesser kleiner 1 cm lagen die Bestimmtheitsmaße bei den Holzrindenbiomassen zwischen 0,79 und 0,96 und bei den Blattmassen zwischen 0,52 und 0,92. Bei diesem Kollektiv verringerten sich die oberirdischen Blattmassenprozentage bei einem Brusthöhendurchmesser von rund 1 cm von etwa 20 bis 40% auf 10 bis 20%. Im Vergleich zu den Bäumen nahmen die Blattmassenanteile bei den untersuchten Sträuchern nicht so rasch ab. Die Anteile blieben bis zu einem Durchmesser von 4 cm in 10 cm Schafthöhe, der einem Brusthöhendurchmesser von 1 bis 2 cm entsprach, auf dem Niveau von knapp unter 20%. Die Bestimmtheitsmaße lagen über 0,81 bei den Holzrindenbiomassen und über 0,60 bei den Blattmassen.

Für die Schätzung der **Wurzelbiomassen** wurde auf Literaturangaben zurückgegriffen.

Die Ermittlung der **Blattflächen** erfolgte einzelbaum- und -strauchweise über die Blattmassen und die spezifischen Blattflächen. Da die spezifischen Blattflächen primär gemeinsam mit den Blattmassen bestimmt worden waren, standen mittlere spezifische Blattflächen für die am häufigsten vorkommenden Baum- und Straucharten, getrennt nach Wuchsstufen, zur Verfügung. Die Werte der spezifischen Blatt-

flächen lagen im Rahmen vorgefundener Literaturangaben (BURGER 1947, JAKUCS 1985, PERTLIK 1982, LEUSCHNER 1994, NIINEMETS und KULL 1994 und 2003, FRECH et al. 2003). Beim Vergleich ist zu beachten, dass die eigenen Daten und jene der genannten Autoren aus sehr unterschiedlich strukturierten Beständen stammen.

Die abgeleiteten oberirdischen baum- und strauchspezifischen Biomassenschätzfunktionen (inklusive Blattmerkmale) boten die Möglichkeit, die Biomassenvorräte und Blattflächenindices für die Untersuchungsflächen zu ermitteln. Zusätzlich wurden unter Verwendung von Schätzfunktionen aus Literaturangaben die Trockenmassen der Wurzeln berechnet. Damit standen für die Strukturanalysen bisher für Mittelwald- und Niederwaldbestände mit Überhältern weitgehend unbearbeitete produktionsökologische Strukturmerkmale wie Holzzrindenbiomassen (Schaft- und Astholz in Rinde), Blattmasse und Blattflächen zur Verfügung.

9.3 BESTANDESSTRUKTUR

Zur Beschreibung der Bestandesstrukturen wurden einfache Ansätze, wie Häufigkeitsverteilungen und Mittelwertbildungen wichtiger Baum- und Strauchmerkmale zur Erfassung von Waldstrukturen und Diversität angewendet (GADOW 1999). SPELLMANN (1995) schlägt für die Beurteilung der Struktur eine Kombination mehrerer Strukturelemente vor. In dieser Arbeit konnten die Strukturmerkmale um jene der Vermehrungsarten und Biomassenkompartimente ergänzt werden. Obwohl Strukturkenntnisse wichtige Bestandteile einer zielgerichteten waldbaulichen Planung bei unterschiedlichen Zielsetzungen (Holzproduktion, Naturschutz, Biodiversität) darstellen, liegen nur wenige Strukturanalysen für Mittelwälder und mittelwaldähnliche Aufbauformen vor. Daher stützte sich der Vergleich der eigenen Ergebnisse über wichtige Bestandeskennwerte für das Oberholz auf die Richtwerte für „normal bevorratete“ Mittelwälder von KRISSL und MÜLLER (1989), MARGL (1982) und LORENZ-LIBURNAU (1931).

Stammzahl, Grundfläche, Holzvolumenvorrat

Die Bestandeskennwerte Stammzahl (Bäume), Grundfläche in 130 cm Schafthöhe und Holzvolumenvorrat der untersuchten Mittelwaldbestände mit einem Alter über 20 Jahre lagen im Rahmen der von KRISSL und MÜLLER (1989) ermittelten Werte für vergleichbare Standortverhältnisse und Alter in unterschiedlich aufgebauten Mittelwaldbeständen in Mollmannsdorf. KRISSL und MÜLLER (1989) ermittelten für drei sehr unterschiedlich aufgebaute Mittelwaldparzellen (Unterholzalter: 31 bis 36 Jahre) bei Stammzahlen von 790 bis 4.180 N.ha⁻¹ Grundflächen von 28 bis 31 m².ha⁻¹ und Vorräte von 180 bis 256 fm_s.ha⁻¹.

Auch die Bestandeskennzahlen in den älteren Bestandestypen des Niederwaldes mit Überhältern lagen im vergleichbaren Rahmen von Niederwäldern im Leithagebirge, die im Alter von etwa 40 Jahren Holzvolumenvorräte von 160 bis 200 fm_a.ha⁻¹ hatten (KRISSL und MÜLLER 1990).

Betrachtet man nur das Oberholz, so fällt auf, dass in den über 15 Jahre alten Mittelwaldbestandestypen und Niederwaldbestandestypen mit Überhältern die Stammzahlen im Oberholz deutlich über den Stammzahlhaltungen von 72 N.ha⁻¹ (vor dem Hieb) des Mittelwaldmodells Mollmannsdorf (KRISSL und MÜLLER 1989), von 90 N.ha⁻¹ nach den Empfehlungen von LORENZ-LIBURNAU (1931) und von 137 N.ha⁻¹ nach MARGL (1982) lagen. Bemerkenswert ist, dass die Anzahl der Oberständer in den bis 15 Jahre alten Niederwaldbestandestypen mit Überhältern mit 20 bis 73 N.ha⁻¹ nahezu der Oberständeranzahl nach der Stammzahlempfehlung von KRISSL und MÜLLER (1989) für mittlere Bonitäten entsprach.

Ähnlich verhielt es sich bei der Grundflächen- und Holzvolumenvorrathaltung. Im Vergleich zu den Stammzahlen waren die Unterschiede bei den Grundflächen in 130 cm Schafthöhe zwischen den älteren Mittelwaldbeständen deutlich geringer.

Auffallend ist, dass weitgehend nur die Grundflächenhaltungen im Oberholz der mittelalten Mittelwaldbestände (Alter 15 und 18 Jahre) und der älteren Niederwaldbestandestypen den Empfehlungen für „normal bevorratete“ Mittelwälder von LORENZ–LIBURNAU (1931), KRISSEL und MÜLLER (1989) und MARGL (1982) mit etwa 10–12 m².ha⁻¹ (vor dem Mittelwaldhieb) weitgehend entsprachen. Die älteren Mittelwaldbestände lagen deutlich über den Richtwerten vor dem Hieb, ebenso die Grundflächenhaltungen nach den Mittelwaldhieben in den Untersuchungsbeständen Tuemling. Erst nachdem der Nachlichtungshieb die Oberständeranzahl auf 41 bis 53 N.ha⁻¹ reduzierte, lagen diese etwa bei der empfohlenen Stammzahl nach Mittelwaldhieben (KRISSEL und MÜLLER 1989, LORENZ–LIBURNAU 1931, MARGL 1982).

In den 27– bis 30-jährigen Bestandestypen Niederwald mit Überhältern entsprachen, wie bei den Stammzahlen, die Vorrathaltungen etwa den Empfehlungen von LORENZ–LIBURNAU (1931) und MARGL (1982) für vorratsnormale Mittelwälder. Auch die Vorratsverteilung nach Ober- und Unterholz kam diesen Empfehlungen sehr nahe.

Nach MAYER (1984) wären die untersuchten Mittelwaldbestände den vorratsnormalen Mittelwäldern (100–200 fm_p.ha⁻¹), nach MARGL (1982) und LORENZ–LIBURNAU (1931) den überbevorrateten Mittelwäldern zuzuordnen.

Die hohen Stammzahlen im Unterholz der Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling, sowie der 7 bis 11 Jahre alten Bestandestypen im Niederwald mit Überhältern unterstreichen das hohe Verjüngungspotential auf den untersuchten Waldflächen. Die mittleren Stammzahlen für die Bäume und Sträucher lagen im Bereich von 65.000 bis 111.500 N.ha⁻¹, wobei in den extensiver bewirtschafteten Bestandestypen in Ebenthal die Strauchanteile bis zu 65% erreichten.

Ähnlich hohe Stammzahlen auf Mittelwaldschlagflächen wurden von LASCHOBBER (2000) und HAGEN (2005) ermittelt. LASCHOBBER (2000) zählte 78.000 N.ha⁻¹ Jungwuchs- und Dickungsstämmchen auf der 7 Jahre alten Untersuchungsfläche Führhackerboden. HAGEN (2005) ermittelte auf den 1 bis 4 Jahre alten Schlagflächen im Weinviertel eine durchschnittliche Stammzahl von 68.500 N.ha⁻¹, wobei auf eichendominierten Verjüngungs- und Jungwuchsflächen 53.800 N.ha⁻¹ Stämmchen stockten und auf eschendominierten Schlagflächen 91.900 N.ha⁻¹. Die Variationsbreite war mit 6.950 N.ha⁻¹ und 29.300 N.ha⁻¹ beachtlich, wobei die Flächen mit mittleren Stammzahlen unter 50.000 N.ha⁻¹ dominierten. Der Keimlings- und Jungpflanzenanteil (Höhe < 30 cm) lag bei rund einem Drittel.

In den Untersuchungsbeständen Tuemling waren Stammzahlunterschiede zwischen den Behandlungsvarianten (mit/ohne Zaun und mit/ohne Pflege) nicht ersichtlich. Bemerkenswert ist, dass es während der 6-jährigen Beobachtungsperiode nur auf der ungezäunten und ungepflegten Untersuchungsparzelle P22 zu einer deutlichen Stammzahlabnahme im Unterholz kam. Auf den anderen Untersuchungsparzellen nahmen die Stammzahlen geringfügig zu oder ab. Aus der Stammzahlentwicklung kann auch gefolgert werden, dass die Holzertearbeiten im Zuge des Nachlichtungshiebes die Dickungsentwicklung kaum beeinflussten.

Betrachtet man die Stammzahlhaltungen in den mittelalten und älteren Bestandestypen Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4, in denen die mittleren Stammzahlen ab einem Alter von 15 bis 18 Jahren von 40.700 bis 44.800 auf 24.300 bis 11.600 N.ha⁻¹ und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 auf 2.600 N.ha⁻¹ im Alter von 40 Jahren abnahmen, so muss in den derzeit jüngeren Beständen in absehbarer Zeit mit einer raschen Stammzahlabnahme gerechnet werden.

Mit der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe stand neben der Stammzahl ein Bestandesdichtemaß zur Verfügung, das den Jungwuchs (Bäume mit einer Höhe < 130 cm) und die Strauchvegetation berücksichtigte. Dadurch kann die Beurteilung der Bestandesentwicklung und Wuchsdynamik in jungen Bestandesphasen verbessert werden. So betrug in den Mittelwald-Bestandestypen in Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 die Grundfläche in 10 cm Schafthöhe mit 31,5 bis 46,6 m².ha⁻¹ ungefähr das 1,8- bis 2,0-fache gegenüber den Grundflächen in 130 cm Schafthöhe. Die Unterholzanteile lagen nur geringfügig höher als bei der Grundfläche in 130 cm Schafthöhe. Auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 hatte die mittlere Grundfläche in 10 cm Schafthöhe im 4-jährigen Unterholz einen Wert von 9,3 m².ha⁻¹, der sich im 7. Jahr auf 34,0 m².ha⁻¹ erhöhte. Ähnlich hohe Werte wurden auf den gleichaltrigen

gezäunten Parzellen Tuemling mit 42,2 bis 47,5 m².ha⁻¹ erreicht. Die ungezäunten Parzellen fielen mit 27,2 bis 32,6 m².ha⁻¹ deutlich ab. Es ist beachtenswert, dass nach 7 Vegetationsperioden auf den ehemaligen Mittelwaldhiebsflächen die Grundflächen in 10 cm Schafthöhe auf dem Niveau der mittelalten bis älteren Mittelwaldbestände lagen, im Alter von 13 Jahren aber um 5 bis 35% höher waren.

Überschirmungsprozente

Mit Oberholz-Überschirmungsprozenten von 57 bis zu 130% lagen diese in den mittelalten und alten Mittelwaldbestandestypen in Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 deutlich über den Empfehlungen einer Überschirmung des Oberholzes von 50% vor dem Mittelwaldhieb für normal bevorratete Mittelwälder (HAMM 1900, KRISSEL und MÜLLER 1989, LORENZ-LIBURNAU 1931). Bereits die beiden 15 und 18 Jahre alten Mittelwalduntersuchungsbestände in Ebenthal hatten diesen Schwellenwert erreicht. Nach VANSELOW (1948) wären diese Bestände den normal bevorrateten (50% Überschirmung) bis oberholzreichen (75% Überschirmung) Mittelwäldern zuzuordnen. Betrachtet man die Überschirmungsanteile der Oberständler ab einem Brusthöhendurchmesser von 24 cm, so verringerten sich die Überschirmungsprozente auf 44 bis 94%, was auf einen starken Einwuchs vom Unterholz in die schwächste Oberholzdurchmesserklasse hindeutet.

HAGEN (2005) ermittelte für ältere Mittelwaldbestände Überschirmungsgrade des Oberholzes von 0,1 bis 1,5.

Die Mittelwaldhiebe in den beobachteten Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling führten zu sehr unterschiedlichen Überschirmungsprozenten. Mit einer Kronenüberschirmung von jeweils 23% auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 und auf der Parzelle 21 in Tuemling entsprachen die Überschirmungsprozente den Zielvorstellungen einer Überschirmung von 20% nach dem Hieb. Auf den anderen Parzellen der Versuchsanlage Tuemling blieben sie mit 35 bis 53% deutlich darüber. Als Folge der höheren Überschirmungsgrade auf den zuletzt genannten Parzellen wurden nach 7 Jahren Nachlichtungshiebe zur Förderung der Unterholzentwicklung notwendig. Dabei wurden die Überschirmungsprozente auf 19 bis 20% vermindert. Auch KRISSEL und MÜLLER (1989) stellten fest, dass bei einer Überschirmung von 65% nach dem Mittelwaldhieb auf einer von ihnen untersuchten Parzelle ein Nachlichtungshieb notwendig war. Aus der Verjüngungsetablierung und -entwicklung auf den Untersuchungsparzellen Tuemling kann gefolgert werden, dass diese auch bei höheren Überschirmungsprozenten (30 bis 50%) zufriedenstellend ablaufen kann.

HAGEN (2005) konnte bei seinen Untersuchungen 1 bis 4 Jahre alter Verjüngungsflächen feststellen, dass die Verjüngungsprozesse bei sehr unterschiedlichen Überschirmungsprozenten zufriedenstellend ablaufen können. Die Überschirmungsprozente streuten bei einer mittleren Überschirmung von 53% im Bereich von fehlendem Oberholz bis zu Prozentwerten von 96%.

In den untersuchten Bestandestypen des Niederwaldes mit Überhältern war eine hohe Schwankungsbreite vorhanden. Die Überschirmungsprozente lagen zwischen 10 und 58%. Betrachtet man nur das Oberholzkollektiv mit einem Brusthöhendurchmesser über 24 cm, so reduzierte sich die Überschirmung auf 2 bis 35%, was den Vorgaben von KRISSEL und MÜLLER (1989) für den Niederwald mit Überhältern sehr nahe kam.

Baum- und Straucharten, Vermehrungsarten und deren Mischungsanteile

Die Zusammensetzung und Verteilung der Baum- und Straucharten sowie der Vermehrungsarten fiel sehr unterschiedlich aus. Insgesamt war ein breites Baumartenspektrum sowohl im Ober- als auch im Unterholz vorhanden. Beachtenswert erscheint, dass bei extensiver Pflege Stockausschläge und Hasel mittelfristig Dominanz erreichen können, während Hartriegel und Liguster nach rascher Etablierung mit zunehmendem Alter an Konkurrenzskraft verlieren.

Zwischen den untersuchten Mittelwald- und Niederwaldbeständen mit Überhältern waren im Oberholz erhebliche Unterschiede bei der Baumartenzusammensetzung und der Vermehrungsartenverteilung vorhanden. Im Oberholz der untersuchten Mittelwaldbestände Grandmühl 4 und Tuemling sowie der Bestandestypen Ebenthal dominierte nach Grundflächenanteilen die Eiche bei einer Schwankungsbreite bei von 50 bis 90%. Zerreiche, Esche, Hainbuche und Robinie erreichten bei stark wechselnden Anteilen bis zu 20 (30) %. Feldahorn, Birke, Ahorn, Speierling, Elsbeere waren jeweils bis zu etwa 10% beigemischt. Die Stammzahlanteile der Eiche lagen teilweise erheblich niedriger. Dies ist darauf zurückzuführen, dass vor allem in den schwächeren Durchmesserklassen des Oberholzes (Durchmesserbereich 16 bis 30 cm) Eschen, Hainbuchen oder Zerreichen stärker vertreten waren. So kam es durch die lange Unterholzumtriebszeit im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 durch Einwuchs der Hainbuche aus dem Unterholz zu einer Dominanz im schwachen Oberholz und zum Verlust von Laßreitel-Anwärtern, während in den anderen Untersuchungsbeständen der Trend zur Förderung der Mischbaumarten klar erkennbar war. Den prozentuellen Anteilen der Kernwüchse an den Stammzahlen von 20 bis 80% in den Mittelwalduntersuchungsbeständen Ebenthal und Grandmühl entsprachen Stammzahlen von 73 bis 120 N.ha⁻¹.

Anders stellte sich die Situation in den untersuchten Niederwaldbestandestypen mit Überhältern dar. Bei stark wechselnden Anteilen von Eiche (9 bis 100%), Zerreiche, Vogelkirsche und sonstigen Edellaubbäumen wurden die Oberständer zu 80 bis 100% von Stockausschlägen gebildet. Dies zeigt, dass in diesen Beständen eine schwächere Orientierung auf die Nutzholzproduktion hin erfolgte, die für diese Betriebsart erwartet werden konnte.

Die Ergebnisse der Entwicklung der Strauchanteile, des Wuchsverhaltens der Sträucher und der Wuchsdynamik in den untersuchten Bestandestypen Mittelwald und Niederwald mit Überhältern Ebenthal zeigten, dass diese sich aufgrund extensiver Unterholzpflege stammzahlmäßig bis ins Alter von 30 Jahren auf hohem Niveau behaupten konnten. Infolge ihres rasch abfallenden Höhen- und Durchmesserwachstums ab einem Alter von 3 bis 8 Jahren verloren sie stark an Konkurrenzkraft. Dies zeigte sich auch deutlich durch die raschere Abnahme der Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe gegenüber den Stammzahlanteilen. Die Sträucher wurden von Hartriegel, gefolgt von Liguster, dominiert. In den älteren Beständen blieb der Liguster mit mittleren Höhen von 1 bis 3 m gegenüber den Mittelhöhen des Hartriegels von 3 bis 5 m deutlich zurück.

Im Unterholz der Bestandestypen Ebenthal waren auch die Mischungsanteile der Baumarten stark unterschiedlich. In den Mittelwaldbestandestypen erreichten Eiche, Feldahorn, Zerreiche und Esche Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe bis zu jeweils 30%. Auch die Verteilung von Kernwüchsen und Stockausschlägen wechselte zwischen den Bestandestypen erheblich. Rund ein Drittel bis drei Viertel der Stämme waren Kernwüchse, was einem Grundflächenanteil von 0,3% bis 9,4% entsprach. Absolut konnten 540 bis 12.100 N.ha⁻¹ an Kernwüchsen vorgefunden werden. Die höchsten Anteile an Stockausschlägen fanden sich bei Feldahorn. Die Kernwuchsanteile fielen in den Niederwaldbestandestypen mit Überhältern mit 3 bis 17% geringer aus. Die absoluten mittleren Stammzahlen betragen 350 bis 8.100 N.ha⁻¹.

Auffallend war, dass unter den gegebenen standörtlichen und bestandesstrukturellen Bedingungen die Stockausschläge der Bäume erst im Alter von 10 bis 20 Jahren ihre Dominanz erreichten. Eine analoge Entwicklung konnte auch in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemlingerwartet werden. Auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 lag der Stockausschlagsanteil bei 8% und auf der Versuchsanlage Tuemling auf den gepflegten Parzellen zwischen 6,8 und 33,3% (auf den ungepflegten Parzellen 17,2 bis 33,7%). In diesem niedrigen Wertebereich lagen auch die Ergebnisse von HAGEN (2005), der mittlere Stockausschlagsanteile von 4% auf eichendominierten Schlagflächen und 1% auf eschen-dominierten ermittelte. Auf einer Schlagfläche von 14 Untersuchungsflächen wurde ein Stockausschlagsanteil von 40% und auf einer anderen von 15% erreicht, alle anderen blieben unter einem Anteil von 5%.

Betrachtet man den Anteil der Stockausschläge an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe im Untersuchungsbestand Grandmühl 3, so kommt der zunehmende Konkurrenzdruck der Stockausschläge während der Jungwuchsentwicklung klar zum Ausdruck. Nach 3 Vegetationsperioden lag der Stockausschlagsanteil im Untersuchungsbestand Grandmühl 3 bei 40% und durch das rasche Wachstum der im Zwischenflächenbereich flächendeckend vorhandenen Hainbuchen-Kernwuchsbäumchen erfolgte innerhalb von 4 Jahren ein Rückgang auf 20%.

Während die Sträucher auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 eine unbedeutende Rolle spielten, lagen deren Stammzahlanteile auf den Untersuchungspartellen Tuemling zwischen 15 und 30 %. Der Pflegeeffekt war, wie bereits erwähnt, in den gepflegten Parzellen Tuemling bei der Baumartenzusammensetzung und der Vermehrungsartenverteilung deutlich erkennbar. Auf den beiden gepflegten Parzellen dominierten Feldahorn und Esche zu jeweils gleichen Anteilen mit insgesamt 60 bis 70 %, während sich Hasel und Feldahorn auf den nicht gepflegten Parzellen durchsetzen konnten. Eichen, Elsbeere und Speierling fehlten auf den ungepflegten Parzellen. Auf den beiden anderen Parzellen waren nach einer starken Abnahme noch geringe Anteile vorhanden. Dies spiegelte sich auch in den Importanzwerten deutlich wider. Als Merkmal für die relative Bestandesdichte diente der Anteil der Baum- oder Strauchart an der Grundfläche in 10 cm Schafhöhe. Auf den gepflegten Parzellen wurden für Kernwüchse der Esche die höchsten Importanzwerte ermittelt. Mit deutlichem Abstand folgten Hartriegel und Kernwüchse des Feldahorns. Ahornkernwüchse konnten sich durch die Förderung gut behaupten. Auf den ungepflegten Parzellen setzten sich Hasel und Feldahornkernwüchse durch. Die Importanzwerte, welche getrennt nach Kernwüchsen und Stockausschlägen der jeweiligen Baumarten und der Straucharten ermittelt wurden, trugen wesentlich zur Einschätzung des Pflegezielerreichungsgrades bei.

Der Vergleich der Höhenentwicklung zeigte, dass die Vorwaldbaumarten Weide und Aspe sowie die Robinie auch gegenüber den Stockausschlägen vorwüchsig waren. Wie zu erwarten, blieben die Kernwüchse im Höhenwachstum deutlich gegenüber den Stockausschlägen der Bäume und der Hasel zurück. Die adventiven Straucharten Hartriegel und Liguster erreichten Höhen von 1,5 bis 3 m.

Die mittleren Stammzahlen der Stockausschläge der Bäume mit über 5.000 bis 25.300 N.ha⁻¹ deuteten auf eine nachhaltige Stockausschlagsdynamik hin.

GEB et al. (2004) ermittelten auf 10-jährigen Hiebsflächen im Mittel 350 gesicherte Stockausschläge pro ha, im Durchschnitt für einen 10-jährigen Hiebszug 292 N.ha⁻¹. Überalterte Stöcke von über 60 Jahren bei Hainbuche und eine hohe Verbissbelastung wurden als Ursachen für die geringe Ausschlagdynamik angeführt. LASCHOBBER (2000) ermittelte auf den 7 Jahre alten Untersuchungsflächen Führhackerboden Stockausschlagsstammzahlen zwischen 2.700 bis 12.000 N.ha⁻¹ und HAGEN (2005) auf 1-bis 4-jährigen Mittelwaldverjüngungsflächen zwischen 1500 bis 860 N.ha⁻¹. Zusammenfassend wird für die Verjüngungsetablierung und -dynamik unter Berücksichtigung der Ergebnisse von LASCHOBBER (2000) und HAGEN (2005) festgehalten: Nach einer 1- bis 2-jährigen Verjüngungsphase nach dem Mittelwaldhieb etablierte sich eine artenreiche Baum- und Strauchvegetation. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen lassen sich keine eindeutigen Verjüngungsabläufe herleiten, zumal die Kombination von generativer und vegetativer Vermehrung, welche für diese Standorte eine wichtige Verjüngungsstrategie darstellt, sehr verschieden ausfiel. Eine Beurteilung des Verjüngungsprozesses wird sehr erschwert. Die Baumartenzusammensetzung während der Etablierungsphase hängt vom Zusammenwirken vieler Faktoren ab. Das sind besonders die Lage der Verjüngungsfläche, die Witterung im Frühjahr, die Sommertrockenheit, die Baumartenzusammensetzung des Oberholzes vor und nach dem Hieb (Samenjahre, Verbreitungsart), eine allfällige Vorausverjüngung einer Baumart, das Stockalter und die Anzahl und Verteilung der Stöcke im Unterholz.

Dass die Sukzession auf eng nebeneinanderliegenden Flächen, ausgehend von Pflanzengesellschaften derselben Assoziationen zu so grundsätzlich verschiedenen Ergebnissen führen kann, verwundert nicht, wenn man Sukzession nicht als streng deterministischen Prozess, sondern als Aneinanderreihung einer Vielzahl nicht reversibler, oftmals zufälliger Entwicklungsschritte versteht (KREEB 1983, DWORSCHAK 1996, DECOCQ et al. 2004).

Eine gewichtige Auswirkung auf die Baumartenzusammensetzungen und deren Veränderungen kommt dem Einfluss des Schwarzwildes und Rehwildes zu. HAGEN (2005) und LASCHOBBER (2000) konnten zeigen, dass der selektive Wildverbiss von Eiche und Edellaubhölzern zu einem bedeutenden Entmischungsprozess führen kann. Auf diese Gegebenheiten weisen auch GEB et al. (2004) hin.

Wie die Ergebnisse der Jungbestandesentwicklung auf den Parzellen der Versuchsanlage Tuemling zeigen, sind für die Sicherung einer nachhaltigen Anzahl von Nachwuchsbäumchen (LaBreitel-Anwärtern) zielgerichtete Pflegemaßnahmen im Ausmaß von durchschnittlich 2 bis 3 Eingriffen erforderlich.

Aus den bisherigen Ergebnissen über die Verjüngungsdynamik nach Hieben in Mittel- und Niederwäldern mit Überhältern kann gefolgert werden, dass bei der Verjüngung die generative Vermehrungsart überwiegt. Stockausschläge erreichen ihre Dominanz erst in der Dickungs- und Stangenholzphase. Unter den gegebenen Bewirtschaftungsverhältnissen kann davon ausgegangen werden, dass im Unterholz ein hohes Maß an Selbstregulation gegeben ist, die eine „flächenhafte“ Stocküberalterung hintanhält, das heißt, dass alte Stöcke durch wuchskräftige junge Kernwuchs-Stöcke aus dem ersten (zweiten) Umtrieb kontinuierlich erneuert werden.

Durchmesserstrukturen

Die Variationsbreiten bei den Durchmesserklassen (Klassenbreite: 4 cm) waren in allen untersuchten Mittelwaldbeständen größer als in den Niederwaldbeständen mit Überhältern. Im Mittelwald wurde ein Durchmesserbereich bis 62 cm und im Niederwald mit Überhältern bis 48 cm abgedeckt.

Die Stammzahlverteilungen folgten in den Untersuchungsbeständen Mittelwald Grandmühl 4 und den Bestandestypen Ebenthal ähnlichen Verteilungskurven. In diesen Beständen befanden sich 60 bis 99% der Stämme in den schwächeren Durchmesserklassen. Auffallend waren die Talniederungen (ausgenommen MWBE21) im Durchmesserbereich zwischen 16 und 32 cm sowie der kontinuierliche Übergang zwischen Unter- und Oberholz. Im Oberholz überwogen drei- bis mehrgipfelige Verteilungsformen, wobei die Gipfelhöhen in verschiedenen Durchmesserklassen auftraten. Im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 zeigte sich bereits eine Verminderung der Stammzahl in der schwächsten Durchmesserklasse aufgrund einsetzender Mortalität, während in den Bestandestypen Ebenthal diese Dynamik durch die langlebigen Sträucher noch nicht auftrat. Das Auftreten der Gipfelhöhen in den verschiedenen Durchmesserklassen ließ zwar umtriebsabhängige Alters-(Stärkenklassen) erkennen, eine klare Zuweisung der einzelnen Oberständer zu Altersklassen wurde aber vor allem durch unterschiedlich lange Umtriebszeiten in der Vergangenheit und das verschiedene Wuchsverhalten der Baumarten, der Kernwüchse und Stockausschläge im Oberholz sehr erschwert.

Die Stammzahl-Durchmesserverteilungen zeigten in den jüngeren Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling eine Aufgliederung in die Bestandeskollektive Ober- und Unterholz, wobei dies erwartungsgemäß in den 4 und 7 Jahre alten Untersuchungsbeständen am deutlichsten war. In den 7 Jahre alten Untersuchungsbeständen war der Durchmesserbereich von 8 bis 16 cm nicht besetzt und im Alter von 13 Jahren auf den Parzellen in Tuemling jener von 12 bis 20 cm. Auffallend war auf diesen Parzellen der rasche Einwuchs von Bäumen in die Durchmesserklasse 8 bis 12 cm innerhalb von 13 Jahren. Im Oberholz waren zwei- bis dreigipfelige Verteilungsformen erkennbar, wobei aber Laßreitell (Durchmesserbereich 16 bis 24 cm) fehlten.

In den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern nahmen die Stammzahlen, bei einer engeren Durchmesserspreitung als in den Mittelwaldbeständen, in den jüngeren Untersuchungsbeständen sehr stark ab. Der Durchmesserbereich bis 48 cm war enger als in den Mittelwaldbeständen. Innerhalb der Untersuchungsbestände zeigten sich stark linksschiefe Stammzahlverteilungsformen mit den typischen altersabhängigen Veränderungen, insbesondere im Durchmesserbereich bis 20 cm.

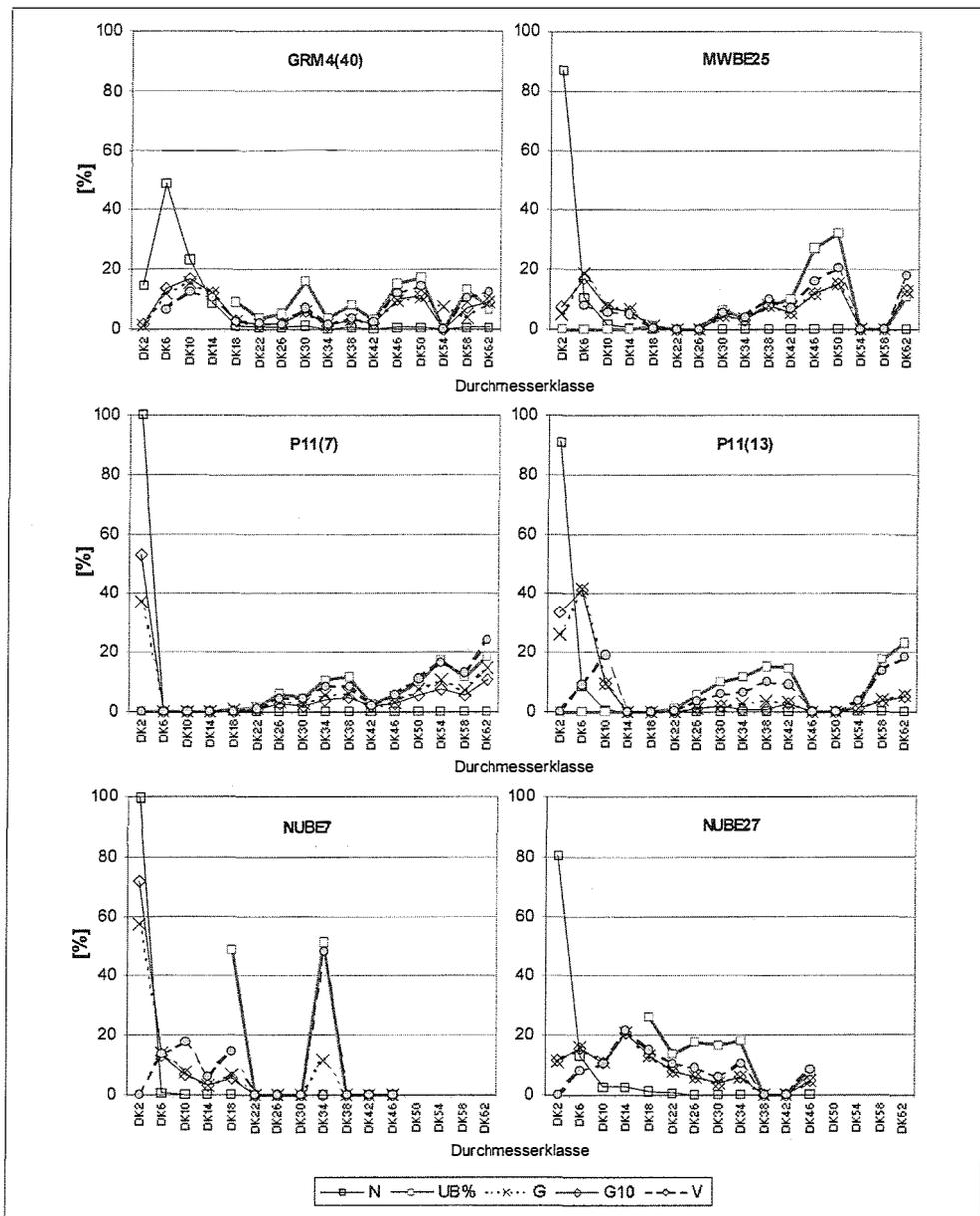


Abb. 9.3–1: Verteilungen [%] der Stammzahlen (N), Überschirmungsprozente (UB%), Grundflächen (G), Grundflächen in 10 cm Schafthöhe (G_{10}) und der Vorräte (V) nach Durchmesserklassen in den Mittelwald–Untersuchungsbeständen Grandmühl 4 (Alter 40 Jahre), Tuemling P11 (gezäunte und gepflegte Parzelle im Alter von 7 und 13 Jahren) und im Bestandestyp Ebenthal MWBE27 (Alter 27 Jahre) und den Niederwaldbestandestypen mit Überhältern Ebenthal NUBE7 (Alter 7 Jahre) und NUBE27 (Alter 27 Jahre).

Fig. 9.3–1: Distributions [%] of the stem number (N), crown cover percentage (UB%), basal area (G), basal area for the investigation stands Grandmühl 4 (coppice with standards, age 40 years), Tuemling P11 (coppice with standards, fenced and tended; age 7 and 13 years), stand type Ebenthal MWBE27 (coppice with standards; age 27 years) and stand types Ebenthal NUBE7 (coppice with reserves, age 7 years) and NUBE27 (coppice with reserves, age 27 years).

Neben der Verteilung der Gesamtstammzahlen ist für die Bewirtschaftung der Bestände die Anzahl und Verteilung der Zielbaumarten im Unterholz (Laßbreitel-Anwärter) und Oberholz (Laßbreitel und Oberständer) von besonderer Bedeutung. Aus Abbildung 9.3-2 sind für die untersuchten Mittelwaldbestände die Verteilungen der Gesamtstammzahlen und der Zielbaumarten (Kernwüchse von Eiche und Edellaubbäumen) ab einem Brusthöhendurchmesser von 8 cm ersichtlich. Bei der Auswahl blieben Stammqualitätsmerkmale, Kronenprozente und h/d-Werte als Kriterien unberücksichtigt. Auch bei der Anzahl und Verteilung der Zielbaumarten waren zwischen den jeweiligen Bestandestypen Ebenthal und dem Untersuchungsbestand Grandmühl 4 große Unterschiede vorhanden. So schwankte die Anzahl möglicher Laßbreitel-Anwärter (DK12: Durchmesserbereich 8–12 cm) zwischen 0 und 72 N.ha⁻¹.

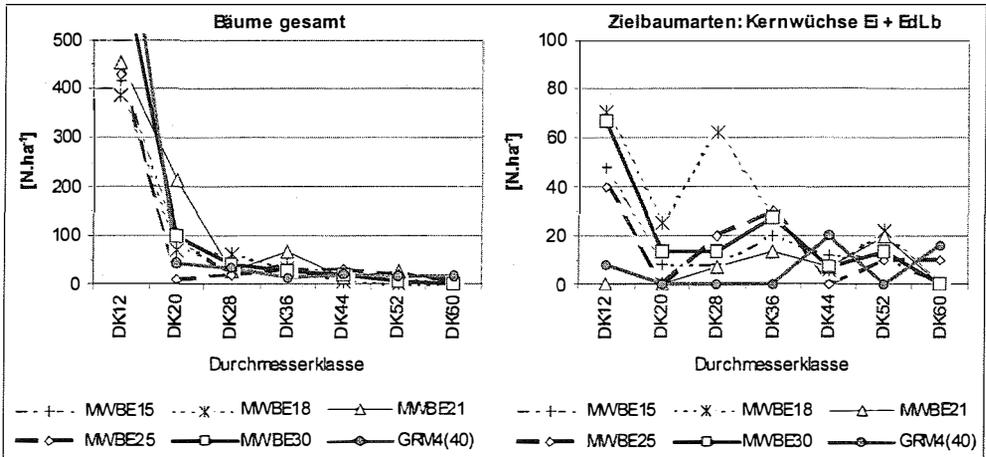


Abb. 9.3-2: Verteilung der Stammzahlen (N in N.ha⁻¹) aller Bäume (links) und der Oberholz-Zielbaumarten (rechts) nach Durchmesserklassen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal und im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (Klassenbreite 8 cm; Durchmesserbereich 8 bis 64 cm) (Oberholz-Zielbaumarten: Kernwüchse von Eiche und Edellaubbäumen).

Fig. 9.3-2: Stem number distribution (N in N.ha⁻¹) of all tree species (left) and of the overwood target tree species (right) over diameter classes for the stand types Ebenthal (coppice with standards) and for the investigation stand Grandmühl 4 (coppice with standards) (range of diameter class 8 cm; range of diameter from 8 to 64 cm; overwood target tree species: seedlings of oak and valuable broadleaved trees).

Auffallend ist auch die geringe Anzahl von Stämmen (ausgenommen MWBE21) im Durchmesserbereich 16 bis 24 cm (Laßbreitelstadium), wo nach KRISSL und MÜLLER (1989) eine Laßbreitelanzahl von 36 N.ha⁻¹ vorhanden sein sollte. In den stärkeren Durchmesserklassen entsprachen Anzahl und Verteilung der Zielbaumarten mehr oder weniger den empfohlenen Richtwerten (KRISSL und MÜLLER 1989, LORENZ-LIBURNAU 1931).

Der absolute und anteilige Beitrag der Durchmesserklassen zur Oberholz-Überschirmung fiel ebenfalls sehr unterschiedlich aus. Eine „gleichmäßige“ Verteilung der Überschirmungsanteile auf die Durchmesserklassen nach dem Mittelwaldmodell von HAMM (1900) war tendenziell nur in den jungen Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling (nach dem Nachlichtungshieb) erkennbar.

Die Verteilungen der Grundflächen in 130 und 10 cm Schafthöhe und der Volumenvorräte nach Durchmesserklassen hatten in den jeweiligen Untersuchungsbeständen weitgehend ähnliche Verteilungsformen (Abb. 9.3-1). Unterschiede traten erwartungsgemäß in den schwächeren Durchmesserklassen des Unterholzes durch die Erfassung der Sträucher und der Jungwuchs-Bäume (Höhe < 130 cm) in der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe auf, diese wurden bei der Grundflächenermittlung in 130 cm Schafthöhe nicht berücksichtigt. Es fehlten auch Bäume unter 5 cm Brusthöhendurchmesser bei der Volumsberechnung.

Daher folgten die Grundflächenverteilungen in 10 cm Schafthöhe mehrgipfeligen Verteilungsformen, wobei sich in den älteren Mittelwaldbeständen (Alter 30 und 40 Jahre) Häufigkeitsmaxima in den Unterholz-Durchmesserklassen und in den mittelalten Beständen (Alter 15 bis 25 Jahre) in den stärkeren Durchmesserbereichen zeigten. Die Verteilungen wirkten ausgeglichen, Gipfelhöhen erreichten maximale Prozentwerte von 14,5 bis 16,7% in einzelnen Durchmesserklassen. Auffallend waren die geringen Grundflächenanteile in 10 cm Schafthöhe im Durchmesserbereich 16 bis 28 cm. Auf den 7 Jahre alten Untersuchungsparzellen Tuemling waren 50 bis 65% der Grundflächen in 10 cm Schafthöhe in der schwächsten Durchmesserklasse und 6 Jahre später über 70 bis 93% in den beiden schwächsten Durchmesserklassen konzentriert. In den untersuchten Niederwaldbeständen mit Überhältern gingen die linksschiefen Verteilungsformen mit zunehmendem Alter in zwei- bis mehrgipfelige Verteilungsformen über.

Wie die Ergebnisse der Durchmesserverteilungen zeigten, wurde mit zunehmendem Bestandesalter eine klare Abgrenzung zwischen den Bestandeskollektiven Unterholz und Oberholz erschwert. Die Grenzen der Bestandeskollektive begannen sich ab einem Alter von etwa 13 (15) Jahren im Durchmesserbereich von 12 bis 20 cm zu überlappen. Dadurch trat der funktionelle Charakter des Unterholzes (Energieholz) und des Oberholzes (Nutzholz) gegenüber dem bestandstrukturellen Merkmal (Unter- und Oberschicht) in den Vordergrund.

Höhenstruktur

Die Stammzahlverteilungen nach sechs Höhenklassen (Klassenbreite 4 m) zeigten, dass sich in den Mittelwaldbestandestypen Ebenthal über 90% der Stämme, die zu über 40% zu den Sträuchern gehörten, in den beiden untersten Höhenklassen (0—8 m) befanden und die Stammzahlen mit zunehmender Höhenklasse rasch abnahmen. Hingegen lag im 40 und 44 Jahre alten Untersuchungsbestand Grandmühl 4 das Häufigkeitsmaximum im Höhenbereich 8 bis 12 m. Die Mortalität in den hainbuchendominierten schwächeren Durchmesserklassen hat zu einer deutlichen Reduktion der Stämme in den schwächeren Höhenklassen geführt. Diese Dynamik hält an und läuft rasch ab.

In den untersuchten jüngeren Mittelwaldbeständen fällt auf, dass im Alter von 7 Jahren im Unterholz des hainbuchendominierten Untersuchungsbestandes Grandmühl 3 und in den gepflegten Untersuchungsparzellen Tuemling in den Eschen(Ahorn)–Feldahorn(Feldulme)–Mischbeständen alle Höhenklassen besetzt waren. Nach 13 Vegetationsjahren waren auch auf den ungepflegten Untersuchungsparzellen Tuemling Stämme in den Höhenbereich 12 bis 16 m eingewachsen. In den Niederwaldbestandestypen mit Überhältern war der Höhenbereich enger. Hier war bis zum Alter von 15 Jahren nur der Höhenbereich bis 16 m und in den älteren Beständen bis 20 m besetzt. In den untersuchten Bestandestypen waren über 80% der Stämme bei einer steilen Abnahme mit zunehmenden Höhenklassen auf die unterste Höhenklasse (0—4 m) konzentriert.

Betrachtet man die Verteilung der Grundflächen in 10 cm Schafthöhe auf die Höhenklassen, so ist erkennbar, dass in den mittelalten und alten Mittelwaldbestandestypen Ebenthal und den Untersuchungsbeständen Tuemling die Häufigkeitsmaxima im Höhenbereich 16 bis 24 m lagen und der Höhenbereich 0 bis 4 m einen Anteil unter 10% hatte.

In den jüngeren untersuchten Mittelwaldbeständen Tuemling veränderte sich die ausgeprägt zweigipfelige Verteilungsform der Grundflächen in 10 cm Schafthöhe im Alter von 7 Jahren (vor dem Nachlichtungshieb) rasch auf eine ein(zwei)gipfelige Verteilungskurve mit großem Unterschied bei den Gipfelhöhen.

Bildet man drei Höhenklassen (Klassenbreite 8 m) und unterstellt einen prozentuellen Anteil von mindestens 20% der gesamten Grundfläche in 10 cm Schafthöhe für die Ausbildung einer eigenen Höenschicht, so sind die untersuchten Mittelwaldbestandestypen Ebenthal als dreischichtig und der Untersuchungsbestand Grandmühl 4 als zweischichtig einzuordnen. Zweischichtigkeit mit deutlich vorhandener Oberschicht und Unterschicht war auch in den 7 Jahre alten Mittelwaldbeständen Grandmühl 3 und Tuemling gegeben. In den 13-jährigen Untersuchungsbeständen Tuemling hatte sich auf den gepflegten

Parzellen eine ausgeprägte Mittelschicht vorwiegend aus Esche gebildet. Es war ein Übergang von einer Zwei- zu einer Dreischichtigkeit erkennbar. Auf den ungepflegten Parzellen war mit zunehmendem Haselanteil die Mittelschicht schwächer ausgebildet. In den Niederwaldbestandestypen mit Überhältern herrschte ein zweischichtiger Bestandaufbau vor, wobei in den jüngeren Beständen die Höhengschicht 0 bis 8 m und in den mittelalten und alten Beständen der Höhenbereich 8 bis 16 m dominierte.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Höhenstruktur mit Übergängen von zwei- zu drei(mehr)-schichtigen vertikalen Bestandesformen wesentlich vom Baum- und Strauchartenverhältnis, der Baum- und Vermehrungsartenverteilung und der Unterholzumtriebszeit beeinflusst wird. Ein typischer zweischichtiger Bestandaufbau, der sich über Unter- und Oberholz definiert, ist in Abhängigkeit von Vorwaldbaumarten-, Hasel- und Strauchanteil und dem Anteil der Stockausschläge nur bei kurzen Unterholzumtriebszeiten von 20 bis 25 Jahren zu erwarten, wie sie in alten Regelwerken empfohlen werden. Das Höhenwachstum raschwüchsiger Baumarten wie Weide, Aspe, Esche, Ahorn, Hainbuche und Feldahorn, forciert bei vegetativer Vermehrung, führt bereits im Alter von etwa 15 Jahren zu einer raschen Besetzung des Höhenbereichs von 8 bis 12 m, welcher dem unteren Kronenbereich der Oberständer entspricht. Daher erfordert das sehr unterschiedliche Wachstum von Eschen und Ahornen im Vergleich zu Eiche, Speierling und Elsbeere in der frühen Jungbestandesphase eine zeitlich differenzierte Vorgehensweise bei der Laßfreitel-Anwärtspflege, insbesondere bei planmäßigen Umtriebszeiten von 25 bis 30 Jahren.

Biomassenverhältnisse

Tabelle 9.3-1 gibt eine Übersicht über die Biomassenverhältnisse in verschiedenen Untersuchungsbeständen der eigenen Arbeit und von Arbeiten verschiedener Autoren. Die Holzrinden- und Wurzelbiomassen des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 und der über 20 Jahre alten Bestandestypen Mittelwald und Niederwald mit Überhältern Ebenthal lagen im Rahmen der Literaturwerte. Die Wurzelprozente dieser Bestände lagen mit 20 bis 25% deutlich höher als in den Arbeiten von JAKUCS (1985) und ANDERSSON (1971), aber im Rahmen der Arbeiten von DUVIGNEAUD et al. (1971) und KESTEMONT (1971), welche Werte von 18 bis 21% schätzten.

Das gilt auch für den Vergleich der Trockenmassen der Blätter, der oberirdischen Blattmassenprozente und der Blattflächenindices. Auch die Blattmassen und die Blattflächenindices der über 15 Jahre alten Niederwaldbestandestypen mit Überhältern lagen, mit Ausnahme des eichenreichen Bestandestyps, im Bereich der gleichaltrigen Mittelwaldbestandestypen.

Die Anteile des Unterholzes an den oberirdischen Holzbiomassen betragen in den älteren Mittelwaldbeständen 15 bis 36%. Im Vergleich zu den Unterholzanteilen der Holzrindenbiomassen nahmen jene über die Wurzelbiomassen zu den Blattmassen hin stark zu. Vor allem in den strauchreichen Bestandestypen stieg das Wurzelprozent stark an.

Durch die rasch einsetzende Biomassenakkumulation nach Erntehieben war in den Untersuchungsbeständen Grandmühl 3 und Tuemling nach 7 Jahren im Unterholz ein Biomassenvorrat von 1.489 bis 2.902 g.m⁻² vorhanden. In den Untersuchungsbeständen Tuemling stiegen die Unterholzbiomassenvorräte bis zum Alter von 13 Jahren weiter stark an. Bei den Wurzelbiomassen hatten die 13-jährigen Untersuchungspartellen Tuemling bereits die Werte der Trockenmassen der älteren Mittelwaldbestände erreicht. Die Wurzelprozente lagen im Rahmen von 20 bis 28%, wobei ein höherer Haselanteil (ungepflegte Parzelle P12) niedrigere Wurzelprozente bedeutete. Höhere Wurzelprozente mit 30 bis 45%, bedingt durch den Strauchanteil, wurden für die jüngeren Niederwaldbestandestypen mit Überhältern ermittelt.

Beachtenswert ist, dass die 7 Jahre alten Untersuchungsbestände Grandmühl 3 und Tuemling mit 299 g.m⁻² bis 523 g.m⁻² mittlerer Blattmasse auf dem Niveau der älteren Mittelwaldbestände lagen. Innerhalb von weiteren 6 Vegetationsperioden erhöhte sich die mittlere Blattmasse auf den Untersuchungspartellen Tuemling auf 885 bis 1.017 g.m⁻², wobei dies auf eine Verdoppelung der Blattmassen im Unterholz zurückzuführen war. Die oberirdischen Blattprozente lagen im Bereich von 3,6 bis 4,6% und damit deutlich über jenen in den älteren Beständen. Analog zur Blattmassenentwicklung verlief jene der Blattflächen.

Tab. 9.3–1: Vergleich der Biomassenverteilungen untersuchter Mittelwaldbestände und Niederwaldbestände mit Überhältern mit Literaturwerten (UBE = Untersuchungsbestände; GRM(40) = Grandmühl 4 = Alter 40 Jahre; MWBE25 und MWBE30 = Mittelwaldbestandestypen Ebenthal mit Alter von 25 und 30 Jahren; GRM3(7) = Grandmühl 3 = Alter 7 Jahre; TUE = Tuemling P11 = mit Zaun und mit Pflege im Alter von 7 (7) und 13 (13) Jahren; NUBE7 und NUBE27 = Niederwaldbestandestypen mit Überhältern mit Alter von 7 und 27 Jahren; G = Grundfläche in $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, HR = Holzrindenbiomasse in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, BLM = Blattmasse in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, WU = Wurzelbiomasse in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, LAI = Blattflächenindex in $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$; OH = Oberholz, UH = Unterholz). (*kursiv: Streusammlermethode*).

Table 9.3–1: Comparison of the biomass distribution of investigated coppice with standards stands and coppice with reserves stands with literature references (UBE = investigation stands, GRM(40) = Grandmühl 4 = age 40 years; MWBE25 and MWBE30 = coppice with standards types ebenthal at the age of 25 and 30 years; GRM3(7) = Grandmühl 3 = age 7 years; TUE = Tuemling P11 = fenced and tended at the age of 7 (7) and 13 (13) years; NUBE7 and NUBE27 = coppice with reserves types at the age of 7 and 27 years; G = basal area in $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, HR = wood biomass in bark in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, BLM = leaf biomass in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, WU = root biomass in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, LAI = leaf area index in $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$; OH = overwood, UH = underwood). (*cursive:litter collecting method*)

	G [$\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$]	HR: OH	HR: UH	HR	WU	BLM	Aststreu	LAI	Autoren
					[$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$]			[$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$]	
GRM4(40)	28,6	16.005	5.614	21.619	4.657	350 311—405	248—405	7,4 6,8—8,4	diese Arbeit
MWBE25	26,1	14.332	3.125	17.456	4.493	414		6,5	
MWBE30	25,8	10.805	3.790	14.595	4.349	447		6,7	diese Arbeit
GRM3(7)	5,3	4.699	2.314	7.013	2.107	299 332	98	5,6 6,7	diese Arbeit
TUE – P11(7) P11(13)	17,2 31,8	9.712 6.327	2.148 8.587	11.860 14.914	3.330 3.915	497 941		6,8 12,4	diese Arbeit
NUBE7 NUBE27	5,3 23,6	583 5.833	1.309 4.749	1.893 10.582	1.199 3.468	207 392		3,3 5,9	diese Arbeit
MW (1)						325—360	80—338	5,3—7,0	BERGER (1991) +
MW: mit UH (2a)						300	280	4,6	HAUPOLTER (1991) +
MW: ohne UH (2b)						307	320	1,6	
Linnebjerg wood (3)	—	16.760	3.340	20.100	3.400	—		5,4	ANDERSON (1971)
Chimay (4)	24,8	15.440	3.690	19.130	—	—		—	ANDRE und PONETTE (2003)
Chateau-Regnault (5)	—	9.000	3.790	12.790	—	—		—	NYS et al. (1983)
Virelles (6)	21,2	7.140	4.070	11.221	3.560	317	208	6,7	DUVIGNEAUD et al. (1971)
Villers (7)	26,5			14.964	3.291	270	252	4,4	DUVIGNEAUD et al. (1971)
Wavrille (8)	35,3	29.820	2.930	32.750	—	350	248	—	DUVIGNEAUD et al. (1971)
Sikfökut (9a) (9b)	~ 15			18.333	2.956	425 406	119	8,3	JAKUČS (1985) TOTH et al. (1985)
Orchimont-Rope (10)	15			8.030	2.100	271	77		KESTEMONT (1971)

(1) Mittelwaldbestände Raschala und Ernstbrunn mit Unterholzalter 30 bis 40 Jahre; (2a) Mittelwaldbestand Hochleithenwald mit Unterholzalter 40 Jahre, (2b) Mittelwaldbestand Hochleithenwald mit Unterholzalter 2 Jahre; (3) Eiche 149 Jahre (20 m), Linde 42 Jahre (12 m), Hasel 21 Jahre (7 m); (4) Traubeneiche 37 bis 182 Jahre (21 m), Hainbuche 20—50 Jahre (13 m); (5) Traubeneiche 150 Jahre, Eberesche 28 Jahre; (6) 35—75 Jahre, (7) 90 Jahre, Unterholz 20 Jahre; Eiche, Buche, Hainbuche, Feldahorn 8 bis 23 m; (8) Stieleiche 120 Jahre (24 m), Hainbuche 20 Jahre (7 m); (9 und 9b) Eiche und Zerreiche 65 bis 70 Jahre (17 m); (10) 25 Jahre, 8 m. + Sammelperiode August—November.

Während der Beobachtungsperiode erreichten die Blattflächenindices Werte von 11,5 bis 15,8. Dabei traten die höchsten Blattflächen in den ungepflegten hasel- und feldahorn(eschen)-dominierten Parzellen auf. Dies spiegelte die enorme Wuchsdynamik in dieser Entwicklungsstufe wider.

Die Blattflächenindices des Untersuchungsbestandes Grandmühl 4 mit 6,8 bis 8,4 lagen im Rahmen der Untersuchungen im Sikfökut-Projekt, wo die Baum- und Strauchschicht und die Bodenvegetation sehr detailliert erhoben wurden (TOTH et al. 1985). Für die Strauchschicht wurde ein Blattflächenindex von 1,4 ermittelt, der einen Anteil von 17% an der gesamten Blattfläche darstellte. Der Vergleich der Verfahren der Streufangmethode und der Biomasseninventur zur Ermittlung der Blattmassen und Blattflächen zeigte, dass beim Biomasseninventurverfahren die Werte unterschätzt wurden.

Für die Ergebnisse der Streufallerhebungen auf den Untersuchungsflächen Grandmühl 3 und 4 sind zum Vergleich ausgewählte Literaturwerte in Tabelle 9.3-1 angeführt. Dabei liegen die Ast- und sonstigen Streufallmengen des Bestandes Grandmühl 4 tendenziell über den Vergleichswerten. Bei BERGER (1991) und HAUPOLTER (1991) ist zu berücksichtigen, daß die Streusammelperiode auf August bis November beschränkt blieb. Die dargestellte unterjährige Dynamik des Streufalls zeigte aber, dass bis zum Herbst rund 40 bis 70% der Aststreuemenge inklusive sonstiger Fraktionen, und bis zu 30% der Blattmasse anfielen.

Die Verteilungsformen der Trockenmassen der Holzrinde, der Wurzeln und der Blätter sowie der Blattflächenindices nach Durchmesserklassen unterschieden sich bei den Kompartimenten und auch bei den Beständen. Zur Veranschaulichung werden die Verteilungsmuster für ausgewählte Bestandestypen und Untersuchungsbestände beispielhaft in Abbildung 9.3-3 dargestellt. Die Bedeutung der beiden schwächsten Durchmesserklassen (Bhd bis 8 cm) erhöhte sich in der Reihenfolge der Trockenmassen von Holzrinde – Wurzeln – Blätter – Blattflächenindex und mit abnehmendem Alter der Bestände. Umgekehrt galt dies für die stärkeren Durchmesserbereiche.

Im 40 Jahre alten Mittelwald-Untersuchungsbestand Grandmühl 4 hatten die schwächsten Durchmesserklassen Anteile an den Holzrinden- und Wurzelbiomassen von 6 bis 7% und an den Blattmassen und der Blattfläche von 21 bis 35%. Im Mittelwaldbestandestyp Ebenthal MWBE25 (Alter 25 Jahre) entsprachen: 10% Holzrindenbiomassenanteil 23% Wurzelbiomassen, 44% Blattmasse und 53% Blattfläche. Ähnliche Verhältnisse traten im Niederwaldbestandestyp mit Überhältern NUBE27 (Alter 27 Jahre) auf. Auf der Untersuchungsparzelle Tuemling P11 (mit Zaun und mit Pflege) nahmen die prozentuellen Anteile der Biomassenkompartimente im schwächeren Durchmesserbereich vom Alter von 7 Jahren bis zum Alter von 13 Jahren, bedingt durch den Nachlichtungshieb und vor allem durch rasches Jugendwachstum weiter zu. 85% der Blattmassen und 88% der Blattflächen wurden von den schwächsten Stämmen gebildet. Der hohe Strauchanteil bewirkte auch hohe Holzrindenbiomassen- und Wurzelbiomassenanteile im schwachen Durchmesserbereich im 7 Jahre alten Bestandestyp Niederwald mit Überhältern Ebenthal NUBE7.

Diese Ergebnisse und die sich ergebenden Auswirkungen auf die Biomassen-(Blattflächen-)verhältnisse bei Anwendung einer Kluppschwelle von zum Beispiel 5 cm Bhd zeigen deutlich, dass eine unvollständige Erfassung aller Bestandeglieder zu erheblichen Schätzfehlern bei der Darstellung von Biomassenkompartimentvorräten und der Beurteilung produktionsökologischer Prozesse führen kann. Aus der Biomassenstruktur der untersuchten Bestände wird ersichtlich, dass bei der Quantifizierung der Vorräte, Nutzungs- und Rücklassmengen in verschiedenen alten Beständen den Sträuchern und schwächsten Stämmen eine hervorragende Bedeutung zukommt.

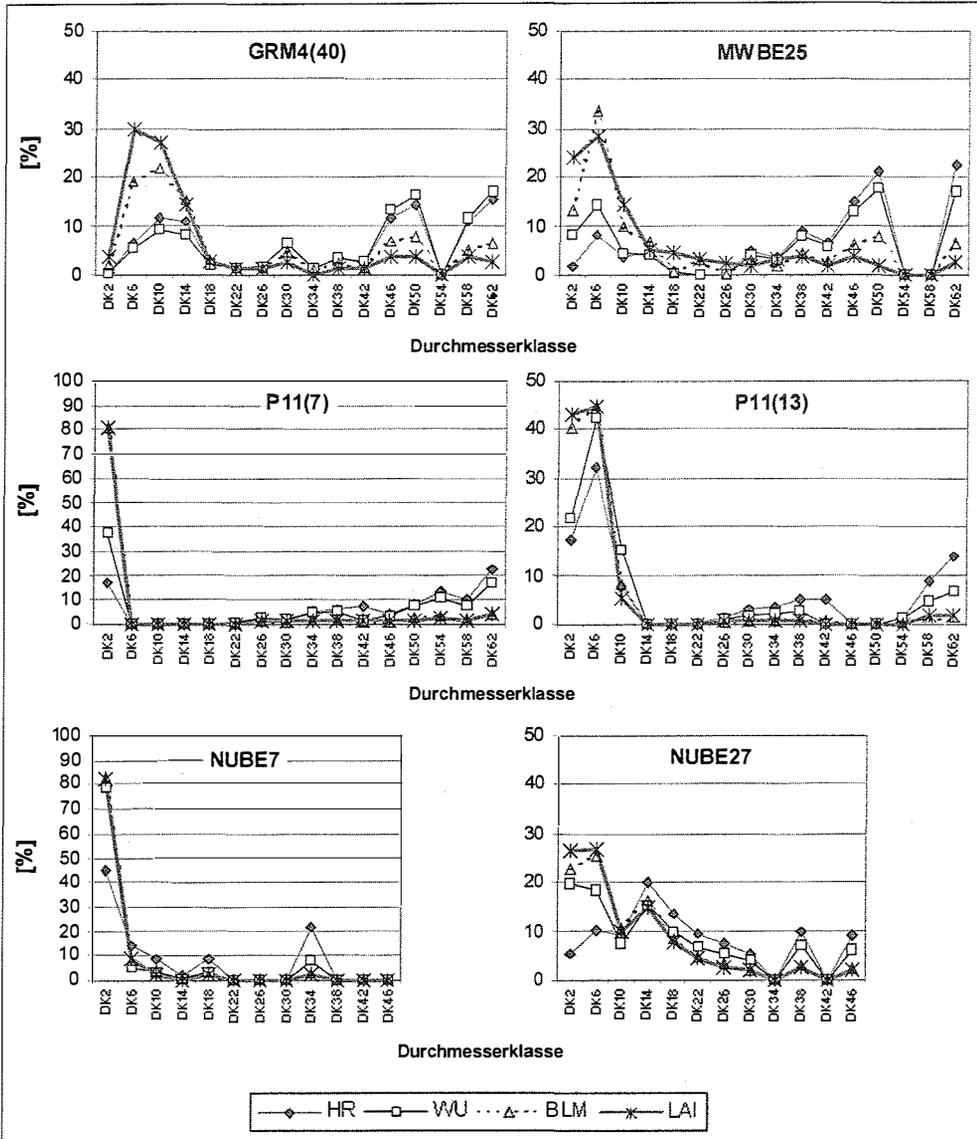


Abb. 9.3–3: Prozentuelle Verteilungen [%] der Holzrinden- (HR) und Wurzelbiomassen (WU), Blattmassen (BLM) und Blattflächenindices (LAI) nach Durchmesserklassen in den Mittelwald – Untersuchungsbeständen Grandmühl 4 (Alter 40 Jahre), Tuemling P11 (gezäunte und gepflegte Parzelle im Alter von 7 und 13 Jahren) und in den Niederwaldbestandestypen mit Überhältern Ebenthal NUBE7 (Alter 7 Jahre) und NUBE27 (Alter 27 Jahre).

Fig. 9.3–3: Percentage distribution [%] of the above-ground wood biomass in bark and root biomass (WU), leaf biomass (BLM) and leaf area indices (LAI) over diameter classes for the investigation stands Grandmühl 4 (coppice with standards, age 40 years), Tuemling P11 (coppice with standards, fenced and tended; age 7 and 13 years), stand type Ebenthal MWBE27 (coppice with standards; age 27 years) and stand types Ebenthal NUBE7 (coppice with reserves, age 7 years) and NUBE27 (coppice with reserves, age 27 years).

9.4 BETRIEBSKLASSENSTRUKTUR

Im Revier Ebenthal unterschieden sich das mittlere Alter der Mittelwaldbetriebsklasse (42 ha) mit 21 Jahren und jenes der Niederwaldbetriebsklasse mit Überhältern (67 ha) mit 17 Jahren nicht sehr stark. Während die Niederwaldbetriebsklasse mit Überhältern eine eher ausgewogene Altersklassenverteilung aufwies, dominierten in der Mittelwaldbetriebsklasse mittelalte Bestände. Bei den Durchschnittswerten der Stammzahl, der Grundflächen, des Holzvolumsvorrats und der Biomassenkompartimente und deren Verteilungen nach Durchmesserklassen waren große Unterschiede vorhanden. Die Ergebnisse unterstützen die von KRISSL und MÜLLER (1989) empfohlene Differenzierung in diese beiden Betriebsarten. Für die Mittelwaldbetriebsklasse errechneten sich eine mittlere Stammzahl von 76.518 N.ha^{-1} , eine durchschnittliche Grundfläche in 130 cm Schafthöhe von $9,9 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$, ein mittlerer Vorrat von $136 \text{ fm}_s.\text{ha}^{-1}$ und mittlere Holzrindenbiomassen von 12.933 g.m^{-2} . Damit lagen die Werte bei der Stammzahl um das 1,3-fache und bei den anderen Kennwerten um das 1,9- bis 2,7-fache höher als in der Betriebsklasse Niederwald mit Überhältern. Einem Überschirmungsgrad des Oberholzes im Mittelwald von 0,8 stand ein Wert von 0,2 im Niederwald mit Überhältern gegenüber. Etwa gleich hohen Unterholzvorräten an Holzvolumen (24 und $25 \text{ fm}_s.\text{ha}^{-1}$) und Holzrindenbiomassen (2.664 und 2.843 g.m^{-2}) entsprachen Anteile am Gesamtvorrat von 18 und 50 % bzw. 21 und 56 %. Die Blattmasse mit 276 g.m^{-2} und der mittlere Blattflächenindex mit 4,2 blieben im Niederwald mit Überhältern hinter den Werten des Mittelwaldes zurück. Hingegen waren das Wurzelprozent mit 28 % und das oberirdische Blattmassenprozent mit 4,8 % höher. In der Niederwaldbetriebsklasse mit Überhältern wurden 25 % der Holzrindenbiomassen und über 40 % der Wurzelbiomassen von den Stämmchen mit einem Brusthöhendurchmesser unter 8 cm akkumuliert. Etwa 60 bis 70 % der Blattmassen und Blattflächen waren in beiden Betriebsklassen im Unterholz und damit in den schwächeren Durchmesserklassen vorhanden, wobei Jungwuchs- und Strauchschicht einen hohen Beitrag leisteten.

9.5 BIOMASSENZUWACHS UND PRODUKTIONSBILANZEN

In der 4-jährigen Beobachtungsperiode betrug auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 4 (Alter 40 Jahre) der mittlere Biomassenzuwachs $488 \text{ g.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$. Dieser wurde von der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 in der Altersperiode von 4 bis 7 Jahren mit $698 \text{ g.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$ bereits deutlich übertroffen. Nach einem durchschnittlichen Zuwachs von $228 \text{ g.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$ in den ersten 3 Vegetationsperioden nach dem Hieb hatte sich auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 der Biomassenzuwachs verdreifacht. Die unterschiedlichen Produktionsbedingungen spiegelten sich auch in der Produktivitätsrate pro Blattfläche wider. Einer Produktivitätsrate von 64 g.m^{-2} im Mittelwaldbestand stand ein Wert von 159 g.m^{-2} in der Mittelwald-Dickungsfläche (4. bis 7. Vegetationsperiode) gegenüber. Die Ergebnisse weisen darauf hin, wie stark Produktivitätsschätzungen unter anderem von den Baumarten, dem Alter und der Bestandesstruktur beeinflusst werden können (LERCH 1991). Auch die durchschnittlichen Produktivitätsraten auf den Untersuchungspartellen Tuemling im Unterholzalter von 7 und 13 Jahren hatten eine Spreitung von 79 bis $136 \text{ g.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$. Die niedrigsten Werte traten in den ungepflegten hasel- und feldahorndominierten Parzellen auf. Die durchschnittlichen Biomassenzuwächse lagen im Bereich von 975 bis $1.364 \text{ g.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$.

Der Vergleich der oberirdischen Nettoprimärproduktionsraten der 40 und 6 Jahre alten Mittelwaldbestände mit $1.276 \text{ g.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$ und $1.291 \text{ g.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$ zeigt gute Übereinstimmung mit den in Tabelle 9.3-5 dargestellten Literaturwerten. Die Werte der oberirdischen Nettoprimärproduktion hatten eine geringe Spannweite von 906 bis $1.450 \text{ g.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$. Bei der unterirdischen Nettoprimärproduktion traten beachtliche Differenzen auf. Diese wirkten sich auch dementsprechend auf die gesamten Nettoprimärproduktionsraten aus. Die Ursache dafür ist, dass bei den Literaturwerten die jährliche Feinwurzelproduktion sehr unterschiedlich eingeschätzt worden ist. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Wurzelbiomassen, deren

Umsätze und damit der Beitrag zur Nettoprimärproduktion schwierig zu ermitteln sind. Das Wurzelprozent bei Eichenwäldern zeigt eine weite Bandbreite. In mediterranen Niederwäldern kann die Wurzelbiomasse bei Stockausschlägen bis zu 90% der gesamten Biomasse einnehmen, in typischen Eichenwäldern weniger als 30% (WHITTAKER and WOODWELL 1968, CANADELL et al. 1999).

Tab. 9.5–1: Vergleich der gesamten (NPP in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$), ober- (oNPP in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) und unterirdischen (uNPP in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) Nettoprimärproduktion der Untersuchungsbestände Grandmühl 4 und Grandmühl 3 mit Literaturwerten.

Table 9.5–1: Comparison of the total (NPP in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$), above-ground (oNPP in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) and underground (uNPP in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) net primary production in the investigation stands Grandmühl 4 and Grandmühl 3 in comparison with literature references

Bestand	ONPP [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]	UNPP [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]	NPP [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$]	Autor
Grandmühl 4	1.276	654	1.930	diese Arbeit
Grandmühl 3	1.291	702	1.993	diese Arbeit
Hochwald: Siköfüt (1)	1.014	64	1.078	PAPP (1978 und 1985) JAKUZS (1985)
	1.152	138	1.290	
Linnebjergwood (2)	1.300	200	1.500	ANDERSON (1971)
Orchimont-Rope (3)	906	218	1.127	KESTEMONT (1971)
Villers (4)	1.169	240	1.409	DUVIGNEAUD et al. (1971)
Virelles (5)	1.224	233	1.475	
Wavrille (6)	1.448	135	1.582	

(1) Eiche und Zerreiche 65–70 Jahre (17 m); (2) Eiche 149 Jahre (20 m), Linde 42 Jahre (12 m), Hasel 21 Jahre (7 m); (3) 25 Jahre (8 m); (4) 90 Jahre, Unterholz 20 Jahre; Eiche, Buche, Hainbuche, Feldahorn 8–23 m; (5) 35–75 Jahre; (6) Stieleiche 120 Jahre (24 m), Hainbuche 20 Jahre (7 m).

Bemerkenswert ist, dass 4 bis 6 Jahre nach dem Mittelwaldhieb auf der Untersuchungsfläche Grandmühl 3 das Nettoprimärproduktionsniveau des älteren Bestandes erreicht wurde. Das deutet darauf hin, dass auf Mittelwaldschlagflächen das Wuchsverhalten der Stockausschläge durch die Ausnutzung der Reservestoffe des Mutterstockes eine rasche Erhöhung des Trockenbiomassenvorrates bewirkte. Dabei lag der Anteil des dauerhaften Biomassenzuwachses im Mittelwaldbestand mit 40-jährigem Unterholz bei rund 30%, während im Untersuchungsbestand Grandmühl 3 im Unterholz während der Dickungsphase rund 85% der Nettoprimärproduktion zur Biomassenakkumulation verwendet wurden.

Die detaillierten Darstellungen der Biomassenverhältnisse und Blattflächenverteilungen nach Bestandeskollektiven und Durchmesserklassen unterstreichen die besondere Bedeutung umfassender Erhebungen des gesamten Baum- und Strauchkollektivs für Produktivitätsanalysen und Bilanzierungen. Dies zeigt neben der strukturellen Bedeutung des Unterholzes hinsichtlich Biomassen-, Blattmassen- und -flächenverteilung vor allem auch dessen funktionellen Stellenwert im Rahmen des äußeren Biomassen-, sowie Kohlenstoff- und Nährstoffkreislaufes während der Bestandesentwicklung auf.

9.6 KRONENKENNWERTE UND QUALITATIVE

MERKMALE WICHTIGER OBERHOLZBAUMARTEN

Die durch verschiedene waldbauliche Behandlungen entstandenen unterschiedlichen Mittelwaldstrukturen spiegeln sich auch in wichtigen Baummerkmalen wider. Die Kronenentwicklung der Eiche wird im Laßreitell-Anwärterstadium sehr stark vom Bestandesaufbau und der Unterholzdynamik geprägt.

Die Untersuchungen haben einen engen Zusammenhang zwischen der Kronendurchmesserentwicklung und dem Brusthöhendurchmesser ergeben, wie bereits in zahlreichen Arbeiten dargestellt werden

konnte (SPIECKER 1983, NUTTO 1999, HEIN 2004). Das Alter der untersuchten Mittelwald-Bäume stand in dieser Arbeit nicht zur Verfügung. Der Zusammenhang zwischen Kronendurchmesser und Brusthöhendurchmesser konnte modellhaft mittels einfacher linearer Regression ab einem Brusthöhendurchmesser von 4 cm geschätzt werden. Die Bestimmtheitsmaße lagen im Bereich von 0,66 (Vogelkirsche) bis 0,93 (Esche) und die Standardabweichungen zwischen 0,9 und 1,4 m.

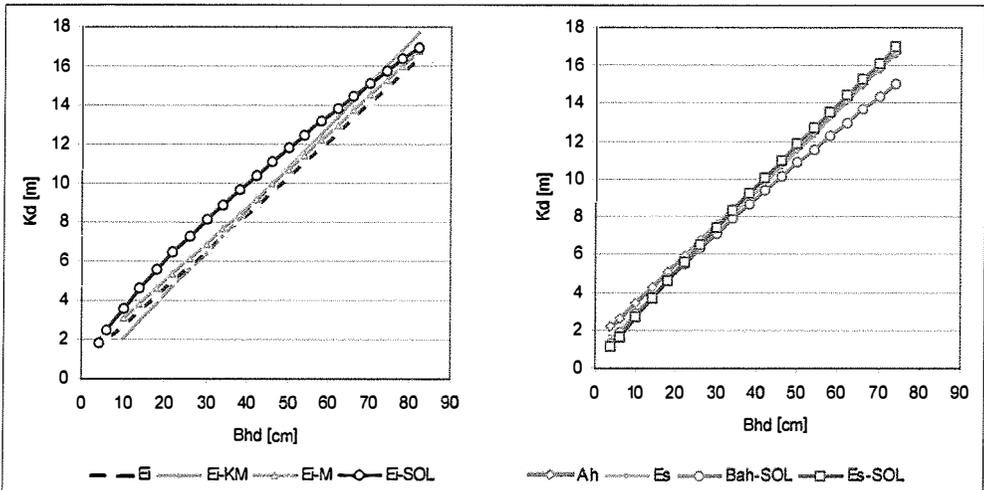


Abb. 9.6–1: Vergleich des Zusammenhanges zwischen Kronendurchmesser (KD in m) und Brusthöhendurchmesser (Bhd in cm) bei Mittelwald-Eichen sowie bei Mittelwald-Bergahornen und –Eschen und Solitären bei Eiche, Bergahorn und Esche aus der dieser Untersuchung mit den Untersuchungen verschiedener Autoren (Ei–KM = KRISSEL und MÜLLER (1989), Ei–M = MARGL (1982), Ei–SOL = HASENAUER et al. (1993), Bah–SOL und Es–SOL = HEIN (2004)).

Fig. 9.6–1: Comparison of the relation between crown diameter (KD in m) and diameter at breast height (Bhd in cm) for oak, mountain maple and ash of coppice with standards stands and solitaires, based on investigations in this work and from other authors (Ei–KM = KRISSEL und MÜLLER (1989), Ei–M = MARGL (1982), Ei–SOL = HASENAUER et al. (1993), Bah–SOL und Es–SOL = HEIN (2004)).

Die Kronendurchmesser der verschiedenen Baumarten blieben bei gleichem Brusthöhendurchmesser in einem engen Rahmen. Zwischen Eiche und Zerreiche bestehen keine Unterschiede. Bei einem Brusthöhendurchmesser von 60 cm unterschieden sich die geschätzten Kronendurchmesser von Eiche, Ahorn, Esche und Elsbeere nur um rund 1 bis 1,5 m. Das Kronenmodell für Eiche stimmt gut mit den Schätzfunktionen von MARGL (1982) sowie KRISSEL und MÜLLER (1989) überein (Abb. 9.6–1).

In der Abbildung 9.6–1 ist auch ein Vergleich des Zusammenhangs zwischen Kronendurchmesser und Brusthöhendurchmesser für die Baumarten Eiche, Bergahorn und Esche aus der vorliegenden Arbeit mit den Untersuchungen für Solitäre von Eiche (HASENAUER et al. 1994), Bergahorn (HEIN 2004) und Esche (HEIN 2004) dargestellt. Die Bergahorn- und Eschensolitäre von HEIN (2004) zeigten bei gleichem Brusthöhendurchmesser nur geringfügig verschiedene Kronenbreiten. Das ist bemerkenswert, da die Bäume dieser Arbeit im Vergleich zur Arbeit von HEIN (2004) eher auf geringerwüchsigen Standorten stocken. Der Untersuchung von HEIN (2004) kann aber entnommen werden, dass sein Datenmaterial auch Solitäre aus Mittelwaldbeständen beinhaltet (Kriterium astfreie Schaftlänge). Auch bei den Mittelwaldeichen ergeben sich im Vergleich zu Eichen-Solitären von HASENAUER et al. (1994) nur im mittleren Durchmesserbereich geringe Unterschiede mit Abweichungen bis zu 1,2 m. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei den Mittelwaldbäumen ab dem Laßbreitstadium zwar eine freie Kronenentwicklung gegeben ist, aber durch die Unterholzentwicklung zyklisch eine hohe Konkurrenz auftritt. Die Kronenbreitenentwicklung in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser deutet aber darauf

hin, dass bei einer Freistellung im Alter von 30 bis 40 Jahren noch ein großes Kronenentwicklungspotenzial vorhanden ist. Zusätzliche Untersuchungen unter Berücksichtigung des Alters für den Zusammenhang von Brusthöhendurchmesser und Kronenbreite, wie von zahlreichen Autoren herausgestellt, sollten die Kenntnisse über die Kronendynamik im Mittelwaldbetrieb verbessern helfen (HOCHBICHLER und KRAPPENBAUER 1988, SPIECKER 1991, NUTTO 1999, HEIN 2004). Solche Untersuchungen der Kronenentwicklung von Laubhölzern in Mittelwaldbeständen haben durch die Diskussionen über Laubbaumbewirtschaftungskonzepte mit dem Ziel, starkes Holz in kurzen Zeiträumen zu produzieren, an Bedeutung gewonnen (WILHELM et al. 1999, VANCK und SPIECKER 2004). Verstärkt wird das Interesse auch, da im Mittelwaldbetrieb die beiden Phasen Astreinigung und freie Kronenentwicklung ab Erreichen der astfreien Schaftlänge am ausgeprägtesten verwirklicht werden (vgl. JOBLING und PAERCE 1977, KRAPPENBAUER und HOCHBICHLER 1984, SPIECKER 1983).

Die Spreitung der Primärkronen- und Gesamtkronenprozent (mit Sekundärkrone) bei den untersuchten Baumarten war weit. Die Entwicklung der Primärkronenprozent im Laßreitell-Anwärterstadium und der Sekundärkronen bei den Laßreiteln wurde stark von der waldbaulichen Behandlung beeinflusst. So verringerten sich bei der Eiche in den Untersuchungsbeständen mit längeren Unterholzumtriebszeiten (30 bis 45 Jahre) und fehlender Pflege, die zu starkem Konkurrenzdruck durch Hasel, Hainbuche und Feldahorn führte, die Kronenprozent auf 40%. Bei extensiver Pflege und strauchreichem Unterholz verlief die Astreinigung langsamer. In diesen Untersuchungsbeständen wurden Kronenprozent von 60 % bei sehr hoher Schwankungsbreite ermittelt. Während des Laßreitellstadiums – beginnend mit der Freistellung nach dem ersten Unterholzumtrieb – erfolgte eine Erhöhung der relativen Kronenlängen über die Ausbildung einer Sekundärkrone in Kombination mit einem „raschen“ Höhenwachstum. Danach blieb das Kronenprozent unter Einbeziehung einer überwiegend ausgebildeten Sekundärkrone von 1 bis 2 m weitgehend konstant. Bei den anderen Baumarten war dieser Trend nicht so ausgeprägt. Die Entwicklung der Plumpeitsgrade, welche einen hohen Streubereich aufwiesen, verdeutlichtete den Trend des Kronenausbaus von schlanken Kronenformen im Unterholz zu stumpfen Kronen mit zunehmendem Durchmesser der Oberständler.

Die Entwicklung der mittleren astfreien Schaftlängen für die Oberholz-Zielbaumarten Eiche, Vogelkirsche, Esche und Elsbeere ist in Zusammenhang mit der Kronenprozententwicklung zu sehen. Die Schwankungsbreite der Kronenlängenprozent bei den verschiedenen Baumarten geht mit einer breiten Streuung bei den astfreien Stammabschnitten einher, welche den Nutzholzanteil bestimmen.

Die astfreien Schaftlängen von 7 und 8 m (bei Elsbeere 4 bis 5 m), welche zu Beginn des Laßreitellstadiums (Durchmesserbereich 16 bis 24 cm) gegeben waren, verringerten sich durch den Sekundärkronenausbau um rund 1 bis 2 m, um dann leicht anzusteigen oder gleichzubleiben. Die Streuungen der Werte, vor allem in den schwächeren Durchmesserklassen, waren hoch. Hingegen konnten straffe Beziehungen zwischen dem h/d -Wert und dem Brusthöhendurchmesser für die jeweiligen Baumarten gefunden werden. Die Streuungen waren relativ gering. Die h/d -Werte nahmen von 89 bis 135 bei einem Brusthöhendurchmesser von 8 cm auf 67 bis 86 für einen Brusthöhendurchmesser von 16 cm ab. Bei größeren Brusthöhendurchmessern (40–60 cm) lagen die Schlankheitsgrade bei 34 und 49. Im schwächeren Durchmesserbereich hatten Vogelkirsche und Zerreiche niedrigere und im stärkeren Durchmesserbereich die Eschen höhere h/d -Werte als die anderen Baumarten. Für Eiche konnten Unterschiede in der h/d -Wert-Entwicklung bei verschiedener Unterholzdynamik aufgezeigt werden. Im Vergleich zu den Untersuchungen von RÖHLE (1982) in Auwald-Stieleichen-Mischbeständen liegen die h/d -Werte bei gleichem Brusthöhendurchmesser deutlich niedriger.

Bei den ermittelten h/d -Werten und Kronenprozent im Unterholz, insbesondere bei Eiche, muss im Laßreitellstadium mit einem hohen Anteil von Bäumen mit Wasserreisern gerechnet werden, die sich in der Folge bei den Oberständlern zu Sekundärkronen entwickeln. Der Schlankheitsgrad (h/d -Wert) wird in Laubbaumbeständen, wo die Stabilität gegenüber Naßschnee in den Hintergrund tritt, als Weiser für Vitalität und Wuchskraft interpretiert (MOSANDL et al. 1991, KÜSTER 2000). Dies gilt insbesondere für das Dickungsstadium (KRAMER 1988, ABETZ 1976). MOSANDL et al. (1991) gaben für Eichendickungen einen Schlankheitsgrad von 130 und ein Kronenprozent von 50% bei einer Oberhöhe von 6 m als

Grenzwert an. Bei höheren Werten im Dickungsstadium kann „Überdichte“ angenommen werden, welche zu Kronenschwund (Verringerung des Kronenprozentages) und stark gebremstem Dickenwachstum führt. Nach SCHULZ et al. (2005) sollten bei Eiche im Dickungsstadium h/d-Werte von 120 zur Wahrung einer Mindeststabilität nicht überschritten werden. h/d-Werte und Kronenprozentage reagieren auf Pflegeeingriffe im Dickungsstadium deutlich (KÜSTER 2000, HOCHBICHLER 2004).

Der h/d-Wert wird auch als wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Neigung zur Wasserreiserbildung herangezogen. Vergleicht man die h/d-Werte der Baumarten in der Unterholzphase mit empfohlenen Richtwerten bezüglich der Gefahr der Wasserreiserbildung, so erkennt man, dass bei Eiche (<70) eine hohe, bei Esche (<100), Kirsche und Ahorn (<110) eine geringere Gefährdung besteht (HUBERT und COURRAUD, 1993).

Die Ergebnisse der Einzelbaumuntersuchungen legen nahe, dass die waldbauliche Pflegeintensität im „ersten“ Unterholzumtrieb (Laßreitel-Anwärterstadium) entscheidend für die weitere Entwicklung der astfreien Schaftlänge und der Krone (Sekundärkronenanteil) des Laßreitels und des Oberständers ist. HOCHBICHLER (2004) konnte anhand der Entwicklung von Ausleseebäumen in Eichenjungbeständen zeigen, dass durch intensive einzelbaumorientierte Pflege (Astung, Kronenpflege und Standraumregulierung) bis zum Alter von 25–30 Jahren bei einem Brusthöhendurchmesser von 10–15 cm die für Laßreitel-Anwärter geforderten Zielkriterien eines Kronenprozentages von 50% (astfreie Schaftlänge 5–7 m) und eines h/d-Wertes um 80 erreicht werden können.

9.7 WALDBAULICHE PLANUNG UND BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE

Stammzahlhaltungskurven

Da längerfristige Dauerversuchsflächen fehlten, wurde eine „ideale“ Stammzahlverteilungskurve für das Oberholz nach der negativen Exponentialfunktion von MEYER (1933) hergeleitet (NYLAND 2002, KERR 2002, JOHNSON et al. 2002, SCHÜTZ 2001). Grundlagen bildeten das Mittelwaldnachhaltmodell von HAMM (1900) – gleiche Kronenschirmflächenanteile für jede Altersklasse – und das erarbeitete Kronenmodell für Eiche. Für die abgeleitete Stammzahlhaltungskurve bei einer Durchmesserklassenbreite von 4 cm, beginnend ab dem Durchmesser von 16 cm (Oberholz) und einer Zieldurchmesserklasse von 60 bis 64 cm, errechnet sich ein q-Wert von 1,2. Da die Stammzahlkurve bei 16 cm „gekappt“ wurde, sollte die für einen nachhaltigen Nachwuchs (Laßreitel-Anwärter) notwendige Verjüngung der gewünschten Lichtbaumarten im Zuge des Unterholzumtriebes sichergestellt werden. KERR (2002) ermittelte bei seinen Untersuchungen von Stammzahlverteilungen in ungleichaltrigen Laubmischwaldbeständen einen mittleren q-Wert von 1,4 (Durchmesserklassenbreite: 5 cm). Dabei ist interessant, dass KERR (2002) seine Bestandesanalysen in ehemaligen Mittelwäldern durchführte, wobei gut geformte Bäume in den schwächeren Durchmesserklassen berücksichtigt wurden. JOHNSON et al. (2002) schlagen für eine einzelstammorientierte Bewirtschaftung ungleichaltriger Eichenwälder auf trockenen und mäßig frischen Standorten eine relativ geringe Grundflächenhaltung vor. Nach dem Eingriff wird eine verbleibende Grundfläche von 12 m².ha⁻¹ bei einer Eingriffsperiode von 15 bis 20 Jahren und eine Stammzahlleitkurve mit einem q-Wert von 1,2 bis 1,3 (2,5 cm Durchmesserklasse) empfohlen. Nach SCHÜTZ (2001) stellt diese „statische“ Stammzahlverteilungskurve, weil sie gleiche Durchmesserzuwächse in jeder Durchmesserstufe unterstellt, ein „abstraktes“ Bild eines Gleichgewichts dar. Nach NYLAND (2002) kann eine solche Stammzahlverteilungskurve ein zweckdienliches vorläufiges Hilfsmittel für die Hiebskontrolle darstellen, wenn aufgrund fehlender längerfristiger Beobachtungsreihen noch keine nachhaltige Struktur identifiziert werden konnte. Da sich die Zusammenhänge von Kronendurchmesser und Brusthöhendurchmesser zwischen den untersuchten Oberholzzielbaumarten nicht sehr unterscheiden, kann die erarbeitete Stammzahlverteilungskurve der Eiche auch für diese Baumarten, und damit gemischte Oberholzkollektive, wie sie

auf zahlreichen Waldorten hinkünftig zu erwarten sind, als Anhaltspunkt dienen. Die Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen wird aber für eine Verbesserung der Datengrundlagen erforderlich sein.

Folgende Bestandeskennwerte vor und nach dem Mittelwaldhieb wurden, basierend auf den abgeleiteten Stammzahlhaltungskurven, für verschiedene Oberholzanteilsvarianten (MW33: Oberholzanteil 33%, MW50: Oberholzanteil 50%, MW66: Oberholzanteil 66%) berechnet:

Bei Stammzahlen im Oberholz von 82, 122 und 164 N.ha⁻¹ ergeben sich Grundflächen vor dem Hieb von 7,3 (MW33), 11,1 (MW50) und 14,8 m².ha⁻¹ (MW50). Das ergibt für die untersuchten Standorte Holzvolumenvorräte von 60, 91 und 121 fm_s.ha⁻¹ sowie Trockengewichte von 60, 90 und 120 t.ha⁻¹ Holzbiomassen in Rinde. Nach der Entnahme von 25 bis 50 fm_s.ha⁻¹ verbleiben je nach Oberholzvariante eine Überschirmung von 23, 35 und 47%. Bei unterstellten Unterholzmengen von 40, 50 und 70 fm_s.ha⁻¹ je nach Überschirmungsvariante und einem Rücklassprozent von 15% errechnen sich Nutzungsmengen von etwa 3,0 bis 3,5 fm_s.ha⁻¹.yr⁻¹ oder t.ha⁻¹.yr⁻¹. Wie die Verjüngungsuntersuchungen zeigten, kann auch bei höheren Überschirmungsprozenten, die bei der Oberholzvariante MW66 nach dem Hieb mit 47% verbleiben, mit ausreichender Verjüngung der gewünschten Baumarten gerechnet werden. Es wird aber auch ersichtlich, dass bei einer Oberholzüberschirmung von 66% die Grenze für einen nachhaltigen Mittelwaldbetrieb in der Verjüngungsphase erreicht zu sein scheint und ein Übergang zum Hochwaldbetrieb stattfindet.

Aus diesen Modellüberlegungen geht auch hervor, dass für eine Oberholzanreicherung weder eine Umtriebszeitverkürzung (MAYER 1984) noch eine Umtriebszeitverlängerung (MARGL 1982, MAYER 1986) erforderlich ist.

Die vorgestellte Steuerung der Stammzahlhaltung, basierend auf den Modellüberlegungen von HAMM (1900), erlaubt die Berechnung der wichtigsten Bestandeskennwerte für unterschiedliche Oberholz-Überschirmungen und Standortsbonitäten. Im Hinblick auf die Bedeutung der Oberholzüberschirmung zur Erarbeitung unterschiedlicher standortsbezogener Mittelwaldmodelle wird die von VANSELOW (1948) und SCHÜTZ (2001) empfohlene Typisierung in oberholzarmer, normale und oberholzreiche Mittelwälder über das Überschirmungsprozent unterstützt.

Die Bestandeskennzahlen Stammzahl, Grundfläche und Volumenvorrat bei einer Oberholz-Überschirmung von 50% liegen im Rahmen der von KRISSL und MÜLLER (1989) und LORENZ-LIBURNAU (1931) vorgeschlagenen Modelle. So ermittelten KRISSL und MÜLLER (1989) ab der II. Altersklasse bei Stammzahlen von 65 bis 72 N.ha⁻¹ Grundflächen von 8,9 bis 10,8 m².ha⁻¹. Der Vergleich der Stammzahlverteilung eines gegebenen Bestandes mit derjenigen der gewünschten „Ideal-Kurve“ kann eine wichtige Entscheidungshilfe für die Dringlichkeit eines Hiebseingriffes darstellen. Für die Hiebsplanung und Auszeige ist die verbleibende Stammzahlverteilung nach dem Hieb von Interesse. Weiters lässt sich auch die für eine nachhaltige Stammzahlverteilung erforderliche Stammzahl des Nachwuchses (Laßbreite) ableiten.

Betriebswirtschaftliche Bewertung

Für die Bewirtschaftungsvarianten Niederwald und Eichenmittelwald mit Oberholzanteilen von 33, 50 und 66% erfolgte eine betriebswirtschaftliche Bewertung im Zuge einer Variantenrechnung. Als Kalkulationszeitraum wurde eine Umtriebszeit von 120 Jahren bei Niederwald- und Unterholzumtriebszeiten im Mittelwald von 30 Jahren angenommen. Für die Unterholzmengen wurden, je nach Oberholzvariante, Rahmenwerte unterstellt. Verschiedene Güteklassenverteilungen und Erlössituationen wurden berücksichtigt und eine Steigerung des Erlöses bei den Oberständern durch zielorientierte Pflegemaßnahmen um 13 bis 25% unterstellt. Die Erlöskalkulationen zeigten, dass der Wert der stärkeren Oberständer zu über 75% vom astfreien Stammholz, welches rund 40 bis 50% der oberirdischen Trockenmasse darstellt, geprägt wird. Daher ergab sich auch die erwartete starke Abhängigkeit des Deckungsbeitrages II (erntekostenfreier Erlös minus Pflanzungs- und Pflegekosten) vom Anteil des Stammholzes an der Nutzungsmenge. In den verschiedenen Mittelwaldvarianten, wobei Unterholz- und Kronenholzmengen bis zu zwei Drittel der Holzbiomasse in Rinde bildeten, lag ihr Anteil am Deckungsbeitrag II bei etwa einem Drittel oder darunter. Hingegen hatte das astfreie Stammholz mit einem Anteil von einem

Drittel an der Trockenmasse einen Anteil von zwei Dritteln am Deckungsbeitrag II. Ohne Verzinsung wurden Deckungsbeiträge II für beide Varianten von 28 bis 45 €·ha⁻¹·yr⁻¹ für den Niederwaldbetrieb und 50 bis 148 €·ha⁻¹·yr⁻¹ für die Mittelwaldvarianten kalkuliert. Somit lagen die Deckungsbeiträge II der Mittelwaldvarianten um das 1,7- bis 4,3-fache höher als beim Niederwaldbetrieb.

Bestandesweise Planung

Die Anwendung der Stammzahlhaltungskurven und der erarbeiteten waldbautechnischen Empfehlungen als Entscheidungshilfe für die waldbauliche Planung und Auszeige wurden beispielhaft an den älteren Mittelwaldbeständen (Alter 25, 30 und 44 Jahre) und Niederwaldbeständen mit Überhältern (Alter 27 und 30 Jahre) demonstriert. Wie zu erwarten, führten die unterschiedlichen Ausgangslagen beim Bestandsaufbau, zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Bei Bestandsvorräten von 154, 174 und 216 fm_s·ha⁻¹ ergaben sich Deckungsbeiträge II von 4.100, 7.400 und 5.800 Euro·ha⁻¹. In den Niederwaldbeständen mit Überhältern (103 und 111 fm_s·ha⁻¹) errechneten sich Deckungsbeiträge II von 1.300 und 1.500 Euro·ha⁻¹. Der Anteil des astfreien Stammholzes an der Nutzungsmenge der Holzrindenbiomasse lag in den Mittelwaldbeständen bei 23 bis 34% und in den Niederwaldbeständen mit Überhältern bei 23 bis 26%. Der Beitrag zur Deckungsbeitragssumme I lag bei 61 bis 70% (Mittelwald) und 23 bis 26% (Niederwald mit Überhältern). Bei Unterstellung einer etappenweisen Restrukturierung der Mittelwaldbestände durch Überführung in Mittelwaldbestände mit einer Oberholz-Überschirmung von 50% errechneten sich Deckungsbeiträge von 2.200 bis 5.400 Euro·ha⁻¹ und bei einer Überführung der Niederwaldbestände mit Überhältern in Mittelwaldbestände mit einem Überschirmungsprozent von 33% von 142 bis 101 Euro·ha⁻¹. Das zeigt, dass bei den derzeitigen Energieholzpreisen schrittweise Überführungen von Niederwaldbeständen mit/ohne Überhälter(n) in Mittelwälder bereits mit einem nicht geringen Investitionsbedarf verbunden sind, welcher sich bei Umwandlungsaktivitäten noch beträchtlich erhöhen würde.

Diese sehr unterschiedlichen naturalen und finanziellen Kalkulationsergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit einer differenzierten waldbaulichen Analyse für die Ableitung von waldbaulichen Zielsetzungen und darauf aufbauende Maßnahmenplanung auf Bestandesebene. Auf Betriebsklassenebene kommt daher bei sehr unterschiedlichen standörtlichen und bestandespezifischen Ausgangsbedingungen in Kombination mit den zeitlichen Vorgaben zur Optimierung des Unterholzumtriebes dem waldbaulichen Hiebssatz als Plangröße eine besondere Bedeutung zu. Mit der beschriebenen Vorgehensweise und unter Verwendung der nunmehr vorliegenden verbesserten Entscheidungshilfen sollte der Entscheidungsprozess für unterschiedliche Zielfestlegungen und darauf aufbauende Planungen auch bei der großen Vielfalt der Ausgangssituationen erleichtert werden.

9.8 FORSCHUNGSBEDARF UND AUSBLICK

Durch die Fortführung der Erhebungen auf den permanenten Untersuchungsflächen kann eine Verbesserung der Entscheidungshilfen durch weiteren Kenntniserwerb über (i) das baumartenspezifische Wuchsverhalten der Oberständer und der Laßreitell-Anwärter, (ii) das bestandesbezogene Wuchs- und Wertleistungsvermögen und (iii) die waldbaulichen Möglichkeiten zur Restrukturierung unbefriedigender Waldaufbauformen erwartet werden. Eine Erweiterung des bestehenden Untersuchungsflächennetzes wäre anzustreben. Bei den Laßreitell-Anwärttern wären vor allem deren baumartenspezifisches Wuchsverhalten und die Qualitätsentwicklung im Dickungsstadium bei unterschiedlichen waldbaulichen einzelbaumbezogenen Behandlungen von vordringlichem Interesse. Dadurch würde ein Beitrag zu einer zielorientierten und rationellen Vorgehensweise bei der „Qualitätssicherung“ des Nachwuchses im Mittelwaldbetrieb geleistet werden.

Für eine Optimierung der Unterholzumtriebszeiten bedürfte es weiterer Untersuchungen zum baumartenspezifischen Ausschlagverhalten unter Berücksichtigung des Standortes und des Stockalters (Anzahl der Umtriebe).

Die laufende Ergänzung des Biomasseninventars für Bäume und Sträucher versprache einen breiteren Anwendungsbereich für Biomassenvorratsschätzungen und Produktivitätsanalysen. Vor allem Untersuchungen über Wurzelbiomassen und deren –entwicklung wären hinkünftig von besonderer Bedeutung.

Zusätzlich wären detaillierte vergleichende Untersuchungen, basierend auf dem vorliegenden Biomasseninventar, zum Nährstoffvorrat und –kreislauf für Niederwälder, Niederwälder mit Überhältern und Mittelwälder als Grundlagen für die Bewertung einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Interesse. Dadurch könnten auch wertvolle Kenntnisse über eine nachhaltige Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen gewonnen werden.

Daraus würden sich zusätzlich zu den bereits erarbeiteten Erkenntnissen über die Mittelwaldbewirtschaftung Hinweise für die Pflege und Verjüngung (Ernte) von gleich- und ungleichaltrigen Laubbaum-Mischbeständen bei unterschiedlichen baumartenspezifischen Produktionszeiträumen ergeben.

10 FOLGERUNGEN FÜR DIE WALDBAUPLANUNG UND -TECHNIK

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit und der Literaturbearbeitung lassen sich einige waldbauliche Folgerungen ziehen. Die Entscheidung über die Vorgehensweise bei der Bewirtschaftung wird von den Zielsetzungen des Waldbewirtschafters bestimmt. Im Rahmen der Mittelwaldbewirtschaftung sind klare Formulierungen hinsichtlich des Produktionszieles (Verteilung von Nutzholz und (Brenn-) Energieholz), der gewünschten Baumartenzusammensetzung im Ober- und Unterholz, des Zieldurchmessers der Oberständer und der Unterholzumtriebszeit erforderlich.

10.1 PRODUKTIONSZIEL UND -ZEITRAUM

Erfahrungswerte zeigen, dass sich die Güteklassenverteilungen von Eichen aus dem Hochwald- und Mittelwaldbetrieb kaum unterscheiden (SCHÖFBERGER 2004). Die Möglichkeiten, wertvollstes Nutzholz im Mittelwaldbetrieb bei kurzen Produktionszeiträumen liefern zu können, wird von zahlreichen Autoren erwähnt (SPIECKER 1994, WILHELM et al. 1999). Da derzeit das Wertleistungspotenzial nur ungenügend ausgeschöpft wird, gilt es, den Anteil an hochwertigen Nutzholzsorimenten bei den Oberständern zu erhöhen (HOCHBICHLER 2003).

Durch die überdurchschnittlich stark steigenden Holzerlöse bei hochwertigem Nutzholz mit zunehmender Stärkeklasse sollte bei den Oberholzzielbaumarten Eiche, Vogelkirsche, Bergahorn, Esche, Elsbeere und Speierling ein Zieldurchmesser von 60 cm (mindestens +50 cm) angestrebt werden. Bei Birke liegt der Zieldurchmesser mit 40 cm (mindestens +30 cm) etwas niedriger. Die Breite der Jahrringe ist beim Laubholz für die Qualitätseinstufung weitgehend unbedeutend, gleichmäßiger Jahrringaufbau ist hingegen wünschenswert (HOCHBICHLER und BELLOS 2004). Nach bisherigen Kenntnissen werden zur Erreichung des Zieldurchmessers folgende Produktionszeiträume und Unterholzumtriebe bei einem Umtriebsalter von 30 Jahren erforderlich sein: Eiche, Elsbeere und Speierling 100–120 Jahre (4 Unterholzumtriebe), Esche, Ahorn und Wildbirne 70–90 Jahre (3 Unterholzumtriebe); Vogelkirsche, Wal- und Schwarznuß 50–60 Jahre (2 Unterholzumtriebe), Birke 30–40 Jahre (1 Unterholzumtrieb) (HOCHBICHLER 1987, HOCHBICHLER 2003, PUHM und SPITALER 2000, SCHMIDT 2005, MARGL 1982, KRISSEL und MÜLLER 1989).

Das potenziell wertbestimmende Baumvolumen wird über die astfreie Schaftlänge und den Brusthöhendurchmesser (Mittendurchmesser) definiert. Die eigenen Kalkulationen und die anderer Autoren zeigen, dass zwischen 85 und 90% des Einzelbaumwertes im unteren Stammabschnitt von rund einem Drittel der Baumhöhe liegen (BACHMANN 1990, HOCHBICHLER 1987, JOHANN 1997). Bei Endbaumhöhen von 18 bis 24 m sollten daher astfreie Schaftlängen von 6 bis 8 m angestrebt werden.

Der Mittelwaldwaldbetrieb wird von einer nachhaltigen Stockausschlagbewirtschaftung geprägt. Die Umtriebszeiten des Unterholzes im Mittelwald bestimmen die Eingriffs- und Erntezeitpunkte. Die Umtriebszeiten stehen in engem Zusammenhang mit dem Stockausschlagvermögen der jeweiligen Baumart, welches vom Standort, dem Stockalter, den Hiebswiederholungen und dem Hiebszeitpunkt abhängt. Da kaum Untersuchungen zu diesen Themenbereichen durchgeführt wurden, werden unter Berücksichtigung der Untersuchungen von HARTIG (1876), den Vorschlägen von EVANS (1992) und DWORSCHAK (1996) und Erfahrungen vor Ort folgende Unterholzumtriebszeiten empfohlen: Weide, Hasel 10–15 Jahre, Birke, Erle, Esche, Bergahorn 20–30 Jahre, Feldahorn, Buche, Hainbuche, Zerreiche, Eiche, Linde 20–40 Jahre. Da sich nach 3 bis 4 Unterholzumtrieben das Ausschlagverhalten verschlechtert, sollten alte Stöcke ersetzt werden (HARTIG 1876).

10.2 WALDBAUTECHNIK

Mittelwald-Hieb

Das Auszeigen eines Mittelwaldhiebes hat sich vorrangig an den Zielvorgaben, welche bestandesweise zu erarbeiten sind, zu orientieren. Die erarbeiteten Baumzahleitzkurven können dabei eine Entscheidungshilfe bieten. Der Vergleich des vorhandenen Bestandesaufbaus mit den „Idealstrukturen“ erlaubt eine Beurteilung des vorhandenen mittelfristigen Entwicklungspotenzials wie zum Beispiel hinsichtlich der Baumartenzusammensetzung, der Vitalität, des Oberholzüberschirmungsprozentes, der Qualität und des Wertleistungsvermögens. Bei der Auswahl der Entnahmebäume, sowohl bei den Bäumen mit erntereifen Dimensionen, als auch bei jenen in den schwächeren Durchmesserstufen, sollte gegenüber dem Erhalt oder Erreichen von „Idealstrukturen“ das Wertertragsvermögen (Vitalität und Qualität) des Einzelbaumes im Vordergrund stehen. Für die Erneuerung der Stöcke des Unterholzes sind auch die gewünschten Unterholzbaumarten als Samenbäume ein bis zwei Umtriebe überzuhalten.

Unterholz- und Oberholznutzungen erfolgen im allgemeinen gestaffelt während der Vegetationsruhe (Herbst/Winter). Dadurch wird das Stockausschlagswachstum begünstigt. Das Unterholz, welches als Brennholz durch Lizitation am Stock (traditionell), oder als Energieholz verkauft wird, sollte bis zum Jahreswechsel aufgearbeitet sein. Nachher erfolgt die Schlägerung der Oberständer und der Verkauf des Kronenholzes. Zur bestmöglichen Ausnutzung seltener Eichenmasten oder aus organisatorischen Gründen (Energieholznutzung) sollte die Oberholznutzung auch 1 bis 2 Jahre später als die Unterholzentnahme erfolgen.

Nach 2 bis 3 Jahren ist der Verjüngungsprozess abgeschlossen. Vielfach ist ein Nachlichtungshieb zur gezielten Förderung der Jungwuchsentwicklung, wie auf der Versuchsanlage Tuemling umgesetzt, notwendig.

Jungwuchs

In dieser Entwicklungsstufe, welche bereits nach 2 bis 3 Jahren erreicht wird, gilt es, die von der Baumartenzusammensetzung im Laßbreitelstadium abzuleitende Baumartenzusammensetzung nach Art, Mischungsgrad und -form sicherzustellen. Unterstellt man die bei künstlicher Bestandesbegründung empfohlenen Pflanzanzahlen für Eiche und Edellaubhölzer, so ergibt dies umgerechnet auf die notwendige Anzahl der Laßbreitel-Anwärter rund 150 (600) bis 300 (1.200) N.ha⁻¹. Eine eingehende Jungwuchsanalyse ist Voraussetzung für die Pflegezielfestlegung, Maßnahmenbedarfshebung und -planung.

Bereits in dieser Bestandesphase hat sich eine dauerhafte Anlage eines Feinerschließungsnetzes (Abstand 15 bis 30 m) und damit räumliche Gliederung der Bestandesfläche (Pflegeblöcke) bewährt.

Notwendige Ergänzungen in Reihen oder auf Kleinflächen sind möglichst früh durchzuführen. Im allgemeinen ist mit den Pflegeeingriffen in Form einer Läuterung bereits im 3. (4.) Jahr zu beginnen (HIMMELBAUER 2004, STEINDL 2004). Stockausschläge, Weichlaubhölzer (Hasel) und Sträucher sind zu entfernen. Je nach räumlicher Verteilung des Oberholzes und der förderungswürdigen Baumarten kann der Eingriff auf der gesamten Fläche, oder auf Teilflächen erfolgen. Nach 2 bis 3 Jahren wird nach Dringlichkeit (Stockausschlags-, Baumarten- und Strauchanteil, Waldrebe) eine weitere Läuterung erforderlich sein. Eine Negativauslese ist in dieser Wuchsphase aus organisatorischen und arbeitstechnischen Gründen einer Positivauslese vorzuziehen.

Dickung und Stangenholz

Die Unterholzentwicklung während der Dickungsphase hat entscheidenden Einfluss auf die zukünftige Wertleistung des Einzelbaumes (Oberständers) und damit des Bestandes.

Spätestens nach Erreichen einer Höhe von 5 m haben sich die Pflegemaßnahmen nach dem Prinzip einer rationalen Jungbestandespflege auf die Laßbreitel-Anwärter und deren Standraumregelung

(Kronenfreistellung) zu konzentrieren (vgl. HOCHBICHLER 1987, KENK 1999, DUC und ZBINDEN 1997, TIEFENBACHER 1996a, LANG 1985). Vor allem in Dickungen mit unterschiedlich wuchskräftigen Baumarten und verschiedenen Astreinigungstypen kann man dadurch einer notwendigen unterschiedlichen Eingriffsintensität besser gerecht werden. Als Laßreitell-Anwärter sind möglichst Kernpflanzen mit guter Schaft- und Kronenform (Astung möglich) auszuwählen. Sind keine geeigneten Kernpflanzen vorhanden, können ausnahmsweise auch Ausschläge junger Stöcke (erste Generation) herangezogen werden.

Wichtig beim Übergang zur einzelbaumorientierten Pflégetechnik ist eine klare Zielformulierung hinsichtlich der gewünschten Baumartenhierarchie. Auf die Einhaltung von Mindestabständen unter Einbeziehung der Oberständer(-entwicklung) bei der Auswahl der hinkünftigen Wertträger ist besonders zu achten. Als Pflégezielkriterien für einen Laßreitell-Anwärter am Ende der Unterholzumtriebszeit werden folgende Merkmalsausprägungen empfohlen: Bhd 10(12) cm, Kronenprozent 50%, h/d-Wert bei Eiche von 80 bis 90, Esche und Ahorn 100 bis 110, Vogelkirsche kleiner 100; astfreie Schaftlänge von mindestens 6(7) m.

Nach der Astreinigungsphase, welche bei einem Bruthöhendurchmesser von 10(12) cm abgeschlossen sein sollte, steht die Stabilisierung der astfreien Schaftlänge auf dem gewünschten Niveau im Vordergrund. Dabei kann auch das rasche Höhenwachstum während dieser Wuchsphase optimal genutzt werden.

In Abhängigkeit von der Bestandesdynamik kommt daher der Sicherung einer ausreichenden Laßreitell-Anwärteranzahl, vor allem der langsamwüchsigeren Baumarten (Eiche, Elsbeere, Speierling, Wildbirne), besondere Bedeutung zu. Pflégeeingriffe, gekoppelt mit einer Mischungsregulierung und allfälligen Verringerung der Stammzahl je Stock nach 4 bis 6 Jahren (Höhe von rund 3–5 m) werden erforderlich sein. Bei der Reduzierung der Stammzahl je Stock ist besonders auf die Entfernung der weit-schräg nach außen - ausladenden Stämme zu achten, da diese den stärksten Konkurrenzdruck ausüben (KRISSEL und MÜLLER 1989).

Lassen die Baumart, der Bestandaufbau und die -entwicklung keine befriedigende natürliche Astreinigung an einer genügenden Anzahl an Laßreitell-Anwärtern zu, so werden Kronenpflégemaßnahmen (Astung und Begünstigung) erforderlich sein. Kronenpflégemodelle (Eiche, Kirsche, Esche und Bergahorn) zeigen, daß man bereits ab einer Höhe von 3–5 m bei richtiger Auswahl der zu astenden Bäume (Bäume hoher Wuchskraft) oder ab dem 2. Astungseingriff die Z-Baumauswahl vornehmen kann (z.B. HOCHBICHLER et al. 1990, SPIECKER und SPIECKER 1988, HOCHBICHLER 2004, MLINAR 2004).

Wie unter anderem die Wuchsdynamik der Stockausschläge auf der Versuchsanlage Tuemling zeigte, ist im Alter von 12–15 Jahren (etwa zur Hälfte der Unterholzumtriebszeit) ein Dickungspflégeeingriff erforderlich. Durch ein bis zwei gezielte einzelstammorientierte Pflégeeingriffe zugunsten der Laßreitell-Anwärter kann man auch durch Entkoppelung des Astreinigungsprozesses und der Kronenentwicklung von der Unterholzdynamik eine Flexibilität bei der Festlegung der Unterholzumtriebszeit (25–40 Jahre) gewinnen, ohne das Qualitätsziel an den Laßreitell-Anwärtern zu gefährden.

Baumholz - Oberständer

Bei den Pflégeeingriffen im Oberstand ist bei der Auszeige nach den Kriterien Vitalität, Qualität, und räumliche Verteilung der Oberständer vorzugehen.

11 ZUSAMMENFASSUNG

Auen- und Landausschlagwälder nehmen in Österreich eine Fläche von rund 96.000 ha ein und befinden sich zu rund 90% im nordöstlichen Niederösterreich (Weinviertel) und nördlichen Burgenland (Leithagebirge). In diesen Regionen hat die eichendominierte Mittel- und Niederwaldbewirtschaftung eine jahrhundertelange Tradition. Aus wirtschaftlichen Gründen vernachlässigte Pflege und durch die Vitalitätsschwäche der Eichen (Mistelbefall, „Eichenerkrankung“) erforderliche irreguläre Nutzungen führten und führen zu einer Veränderung der Baumartenzusammensetzung im Unter- und Oberholz und zu sehr verschiedenen Waldaufbauformen. Diese Entwicklungen und neuerdings auch die Diskussionen über das Biomassenpotenzial in den Ausschlagwäldern erschweren für die Waldeigentümer und -bewirtschafter die waldbaulichen Zielfindungs-, Planungs- und Steuerungsarbeiten. Ziel dieser Arbeit war die Verbesserung der waldbaulichen Kenntnisse über wichtige Struktureigenschaften und über produktionsökologische Grundlagen von Mittelwald- und Niederwaldbeständen mit Überhältern. Dadurch sollte eine Verbesserung der Entscheidungshilfen für eine ziel- und bestandesorientierte Bewirtschaftung der Mittelwälder erreicht werden. Die Datengrundlage der Arbeit bildeten um Biomassenaufnahmen erweiterte waldbauliche Erhebungen (Bäume und Sträucher) in sehr unterschiedlich aufgebauten Mittelwald- und Niederwaldbeständen mit Überhältern. Diese beiden Betriebsformen dominieren auf rund 70% der österreichischen Ausschlagwaldfläche. Aufgenommen wurden permanente und temporäre Untersuchungsflächen. Vollaufnahmen und kombinierte Erhebungsverfahren wurden angewendet. Dabei erfolgte entweder eine Vollaufnahme des Oberholzes kombiniert mit einer Stichprobenaufnahme des Unterholzes oder die Aufnahme von Bestandeskollektiven nach konzentrischen Probekreisflächen. Untersuchungsflächen der Waldinventur in Ebenthal wurden jeweils innerhalb der Betriebsklassen Mittelwald und Niederwald mit Überhältern nach dem Alter zu Bestandestypen zusammengefasst.

Für die Herleitung von Biomassenschätzfunktionen (allometrischer Ansatz) für die Kompartimente Holz in Rinde und Blätter stand ein Baum- und Strauchinventar, welches ergänzend zu den Arbeiten von PERTLIK (1982), GLÜCK (1996) und BELLOS (2000) mit eigenen Aufnahmen aufgebaut worden ist, zur Verfügung. Für die Erarbeitung von Biomassenschätzfunktionen lagen für folgende Baum- und Straucharten Datensätze über die oberirdischen Biomassenkompartimente Schaftholz in Rinde, Astholz in Rinde und Blätter vor: Eiche (44 Bäume), Feldahorn (34 Bäume), Hainbuche (30 Bäume), Esche (28 Bäume), Bergahorn (10 Bäume), Vogelkirsche (18 Bäume), Feldulme (8 Bäume), Hasel (31 Stück), Weide (6 Bäume), Hartriegel (16 Stück), Liguster (12 Stück) und Holunder (4 Stück).

Die Schätzfunktionen für die Grobwurzeln wurden der Literatur entnommen. Über die ermittelten spezifischen Blattflächen wurden die Blattflächen kalkuliert. Die Ermittlung der Bestandesbiomassen und der Blattflächenindices basierte auf den Einzelbaum- und -strauchfunktionen.

Für die Einzelbaumanalysen wurden auch Datensätze von Oberständern anderer Untersuchungsbestände herangezogen, die analog bewirtschaftet worden waren. Insgesamt lagen Datensätze für Eiche (540 Bäume), Zerreiche (81 Bäume), Hainbuche (106 Bäume), Berg- und Spitzahorn (26 Bäume), Vogelkirsche (69 Bäume), Esche (148 Bäume) und Elsbeere (108 Bäume) vor.

Zur Beschreibung der Bestandesstrukturen wurden einfache Ansätze, wie Häufigkeitsverteilungen und Mittelwertbildungen wichtiger Baum- und Strauchmerkmale zur Erfassung von Waldstrukturen und Diversität angewendet. In der Arbeit konnten die Strukturmerkmale um jene der Vermehrungsarten und Biomassenkompartimente erweitert werden. Da für alle Baumarten des Jungwuchses (Höhe unter 130 cm) und die Sträucher der Durchmesser in 10 cm Schafthöhe vorhanden war, stand als weiteres Bestandesdichtemaß die Grundfläche in 10 cm Schafthöhe für die Untersuchungsflächen zur Verfügung.

Die untersuchten Mittelwald- und Niederwaldbestände mit Überhältern hatten sehr unterschiedliche Bestandesaufbauformen, wie die Ergebnisse der waldbaulichen Strukturanalysen zeigten.

In den Untersuchungsbeständen im Mittelwald, welche einen Altersrahmen von 15 bis 44 Jahren abdeckten, lagen die Stammzahlen im Bereich von 44.800 und 2.600 N.ha⁻¹, die Grundflächen von 16,9 bis

28,2 m².ha⁻¹ und die Vorräte von 134 bis 201 fm_s.ha⁻¹. Die Verteilungen nach Durchmesser- und Höhenklassen zeigten große Unterschiede zwischen den Untersuchungsbeständen. Die Überschirmungsprozente der eichendominierten Oberholzkollektive lagen deutlich über den empfohlenen Richtwerten von 50% vor dem Mittelwaldhieb. Die Trockengewichte der Holzbiomassen in Rinde schwankten zwischen 14.595 und 21.619 g.m⁻², die Blattmassen zwischen 334 und 447 g.m⁻².

Die Bestandesdichten in den 4- bis 13-jährigen Mittelwalduntersuchungsbeständen schwankten bei einem sehr breiten Artenspektrum und unterschiedlich hohen Strauchanteilen zwischen 50.000 und 95.000 N.ha⁻¹. Die Auswirkungen verschiedener Behandlungen im Jungwuchs- und Dickungsstadium auf das Artenspektrum und die Vermehrungsartenverteilung wurden mittels Häufigkeitsverteilungen und über die Berechnung von Importanzwerten dargestellt. Zäunung und vor allem Pflegemaßnahmen halfen, eine ausreichende Anzahl von Laubreitel-Anwärtern an Edellaubbäumen zu sichern. In diesen Mittelwalduntersuchungsbeständen wurde nach 7 Jahren ein oberirdischer Biomassenvorrat im Unterholz von 1.489 bis 2.314 g.m⁻² akkumuliert. Die höchsten Vorräte traten auf haseldominierten Flächen auf. Die Blattflächenindices erreichten Werte von 11,5 bis 15,8.

In den Bestandestypen Niederwald mit Überhältern, die einen Altersrahmen von 7 bis 30 Jahren abdeckten, lag der mittlere Strauchanteil an der Stammzahl bei 56,2% und an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe bei 19,6%. Die durchschnittlichen Stammzahlen nahmen von etwa 75.000 bis 98.000 N.ha⁻¹ auf etwa 15.000 N.ha⁻¹ in den älteren Beständen ab. Gegenüber einem etwa gleichbleibenden Strauchanteil an der Stammzahl von rund 70% nahm der Strauchanteil an der Grundfläche in 10 cm Schafthöhe mit dem Alter von über 40% auf knapp unter 20% ab. Die Anteile der Kernwüchse schwankten im Unterholz von 3% bis 17%, die mittleren Stammzahlen betragen 350 bis 8.100 N.ha⁻¹. Wie im Unterholz der Mittelwaldbestände ist auch in den Niederwaldbeständen mit Überhältern ein beachtlicher Anteil an Kernwüchsen, insbesondere in der Jungwuchs- und Dickungsstufe, vorhanden.

Bei einem Durchschnittsalter von 21 Jahren wurden für die 42 ha große Mittelwaldbetriebsklasse in Ebenthal mittlere Werte für die Stammzahl von 76.518 N.ha⁻¹, die Grundfläche von 19,9 m².ha⁻¹ und den Vorrat von 136 fm_s.ha⁻¹ errechnet. Der durchschnittliche oberirdische Biomassenvorrat betrug 12.933 g.m⁻², wobei sich rund 80% der Trockenmasse im Oberholz befanden. Das Wurzelprozent lag bei 22%. Die mittlere Blattmasse betrug 342 g.m⁻². Stammzahl-, Grundflächen-, Vorrats- und Biomassenverteilungen nach Durchmesserklassen werden dargestellt. Bei der Blattmasse und der Blattfläche hat die Durchmesserklasse bis 8 cm bei etwa gleichen Anteilen von Bäumen und Sträuchern einen Anteil von 40 und 50 %.

Die Niederwaldbetriebsklasse mit Überhältern (67 ha) hatte ein mittleres Alter von 17 Jahren. Die mittlere Bestandesdichte lag bei 59.082 N.ha⁻¹, die Grundfläche bei 10,3 m².ha⁻¹ und der Vorrat bei 50 fm_s.ha⁻¹. Die mittlere oberirdische Trockenmasse von Holz in Rinde betrug 5.053 g.m⁻². Das Wurzelprozent mit rund 28% und das oberirdische Blattmassenprozent mit 4,8% lagen höher als in der Mittelwaldbetriebsklasse. Die Blattmasse mit 276 g.m⁻² und der mittlere Blattflächenindex mit 4,2 blieben hinter den Werten des Mittelwaldes zurück. In der Niederwaldbetriebsklasse kam aufgrund der Stammzahlverteilung der schwächsten Durchmesserklasse und damit auch den Sträuchern eine besondere Bedeutung zu.

Die Zusammensetzungen und Verteilungen der Baum- und Straucharten sowie der Vermehrungsarten fielen sehr unterschiedlich aus. Insgesamt war ein breites Baumartenspektrum sowohl im Ober- als auch im Unterholz vorhanden. Beachtenswert erscheint, dass bei extensiver Pflege Stockausschläge und Hasel mittelfristig Dominanz erreichen können, während Hartriegel und Liguster nach rascher Etablierung mit zunehmendem Alter an Konkurrenzkräften verlieren.

Die Untersuchungen zeigten, daß sich nach einer 1- bis 2-jährigen Verjüngungsphase nach Mittelwaldhieben eine artenreiche Baum- und Strauchvegetation etablierte. Aus den vorliegenden Untersuchungen lassen sich keine eindeutigen Verjüngungsabläufe ableiten, zumal die Kombination von generativer und vegetativer Vermehrung, welche für diese Standorte eine wichtige Verjüngungsstrategie darstellt, die Beurteilung des Verjüngungsprozesses erschwert.

Bemerkenswert war, dass der Stockausschlagsanteil auf der Mittelwaldverjüngungsfläche Grandmühl 3 bei etwa 8% lag und auf den Untersuchungspartellen Tuemling der Stockausschlagsanteil zwischen 7 und 33% schwankte. Die Unterschiede im Wuchsverhalten von Kernwüchsen und Stockausschlägen wurden aus den Ergebnissen auf den Untersuchungsbeständen Grandmühl und Tuemling erarbeitet.

Über die Ergebnisse der Streufalluntersuchungen und über Literaturwerte für die Feinwurzelproduktion konnte für die Untersuchungsflächen Grandmühl 4 und Grandmühl 3 die Nettoprimärproduktion kalkuliert werden. Bemerkenswert ist, dass nach 4 bis 6 Jahren nach dem Mittelwaldhieb mit $1.291 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ das Nettoprimärproduktionsniveau des älteren Bestandes ($1.276 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$) erreicht wurde. Das zeigt, dass auf Mittelwaldschlagflächen das Wuchsverhalten der Stockausschläge durch die Ausnutzung der Reservestoffe des Mutterstockes eine rasche Erhöhung des Trockenbiomassenvorrates bewirkt. Dabei lag der Anteil des dauerhaften Biomassenzuwachses im Mittelwaldbestand mit 40-jährigem Unterholz bei rund 30%, während auf der Mittelwaldfläche mit einer Dickungsstufe im Unterholz rund 85% der Nettoprimärproduktion zur Biomassenakkumulation verwendet wurden.

Die durchschnittlichen periodischen Biomassenzuwächse der jüngeren Mittelwaldflächen Grandmühl und Tuemling lagen im Bereich von rund 700 bis $1.400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$. Die Produktivitätsraten pro Blattfläche zeigten große Schwankungsbreiten.

Die detaillierten Darstellungen der Biomassenverhältnisse und Blattflächenverteilungen nach Bestandeskollektiven und Durchmesserklassen unterstreichen die besondere Bedeutung umfassender Erhebungen des gesamten Baum- und Strauchkollektivs für Produktivitätsanalysen. Das gilt insbesondere für die Bilanzierung von Biomassenverhältnissen sowie Kohlenstoff- und Nährstoffkreisläufen.

Die Abhängigkeit des Kronendurchmessers vom Brusthöhendurchmesser konnte modellhaft mittels einfacher linearer Regression für die Baumarten Eiche, Zerleiche, Berg- und Spitzahorn, Hainbuche, Vogelkirsche, Birke und Elsbeere geschätzt werden. Die Kronenentwicklung (Kronenlänge, Plumpheitsgrad) wurde sehr stark von Unterholzaufbau und -dynamik während des Laßreitstadiums beeinflusst. Die h/d -Werte der Laßreit-Anwärter lassen auf eine hohe Neigung zu Wasserreiserbildung schließen. Die Ergebnisse der Einzelbaumuntersuchungen legen nahe, daß die waldbauliche Pflegeintensität im „ersten“ Unterholzumtrieb (Laßreit-Anwärterstadium) entscheidend für die weitere Entwicklung der astfreien Schafflänge und die Kronenentwicklung (Sekundärkronenanteil) des Laßreitels und Oberständers ist.

Da längerfristig beobachtete Versuchsflächen fehlten, wurden „ideale“ Stammzahlhaltungskurven für verschiedene Oberholzüberschirmungsvarianten im Mittelwaldbetrieb (MW33: Oberholzanteil 33%, MW50: Oberholzanteil 50%, MW66: Oberholzanteil 66%) nach der negativen Exponentialfunktion von MEYER (1933) abgeleitet. Da die Stammzahlkurve bei 16 cm „gekappt“ wurde, sollte die für einen nachhaltigen Nachwuchs (Laßreit-Anwärter) notwendige Verjüngung der gewünschten Lichtbaumarten im Zuge des Unterholzumtriebes sichergestellt werden. Bestandeskennwerte und Biomassenverhältnisse vor und nach dem Mittelwaldhieb für verschiedene Oberholzanteilsvarianten wurden, basierend auf den abgeleiteten Stammzahlhaltungskurven, für die verschiedenen Oberholzanteilsvarianten und eine Zieldurchmesserklasse von 56 bis 64 cm berechnet.

Für die Bewirtschaftungsvarianten Niederwald und Eichenmittelwald mit Oberholzanteilen von 33%, 50% und 66% erfolgte eine betriebswirtschaftliche Bewertung im Zuge einer Variantenrechnung. Als Kalkulationszeitraum wurde ein Umtriebszeitraum von 120 Jahren bei Unterholzumtriebszeiten von 30 Jahren angenommen. Für die Unterholzmengen wurden, je nach Oberholzvariante, Rahmenwerte unterstellt. Verschiedene Güteklassenverteilungen und Erlössituationen wurden berücksichtigt. Die Erlöskalkulationen zeigten, dass der Wert der stärkeren Oberständers zu über 75% vom astfreien Stammholz, das 40 bis 50% der oberirdischen Trockenmasse bildet, geprägt wurde. Daher ergab sich auch die erwartete starke Abhängigkeit der Deckungsbeiträge II (erntekostenfreier Erlös minus Pflanzungs- und Pflegekosten) vom Anteil des Stammholzes an der Nutzungsmenge. In den verschiedenen Mittelwaldvarianten, wobei Unterholz- und Kronenholzmengen bis zu zwei Drittel der Holzbiomasse in Rinde bildeten, lag ihr Anteil an der Deckungsbeitragssumme bei oberen Rahmenwerten für Menge und Stockzins für das Energieholz bei rund einem Drittel und weniger. Ohne Verzinsung ergaben

sich Deckungsbeiträge II von 28 bis 45 €·ha⁻¹·yr⁻¹ für die Niederwald- und 70 bis 150 €·ha⁻¹·yr⁻¹ für die Mittelwaldvarianten.

Die Anwendung der Stammzahlhaltungskurve und der erarbeiteten waldbautechnischen Empfehlungen als Entscheidungshilfe für die waldbauliche Planung und Auszeige wurden beispielhaft an den älteren Mittelwaldbeständen und Niederwaldbeständen mit Überhältern demonstriert. Dabei zeigte sich die Notwendigkeit einer differenzierten waldbaulichen Analyse und Planung auf Bestandesebene.

12 GLOSSAR

Adventivknospen und –sprossen: Als Adventivknospen und –sprossen werden sich spontan bildende Vegetationspunkte in Wundkallusgeweben am Stock oder an Wurzeln (Wurzelbrut), in Zusammenhang mit Verletzungen des Pflanzenkörpers bezeichnet (STRASBURGER et al. 1991). Diese sind gewöhnlich schwach mit dem Holzkörper verbunden und deshalb oft nur kurzlebig.

Alter (Bestandesalter): Das Alter (Bestandesalter) eines Mittelwaldbestandes oder Niederwaldbestandes mit Überhältern wird über das Alter des Unterholzes definiert.

Basitonie: Basitonie bedeutet, dass die an der Basis von Trieben stehenden Knospen oder Seitentriebe in ihrem Wachstum stärker gefördert werden als die weiter oben sitzenden, sie können sich in jeder Vegetationsperiode von unten her durch Neutriebe („Schößlinge“) verjüngen. Sie verfügen über eine basale Erneuerungs- und Innovationszone (STRASBURGER et al. 1991).

Hochwald, „falscher“: „Durchgewachsene“ Niederwälder (gleichaltrig), „durchgewachsene“ Niederwälder mit Überhältern (gleichaltrig) und Mittelwälder (ungleichaltrig).

Hochwald, „lichter“: Ungleichaltriger und ungleichförmiger Wald dominiert von lichtbedürftigen Baumarten (Eiche, Edellaubhölzer), Unterwuchs (–holz) dient „nur“ zur Sicherung des Nachwuchses; Eingriffe erfolgen einzelstammweise im Sinne eines Plenterhiebes (nach SCHÜTZ 2001).

Laßbreitel: Oberholz–Baum (Kernwuchs) ab Freistellung nach der ersten Umtriebszeit bis zur zweiten Umtriebszeit.

Laßbreitel–Anwärter: (Nachwuchs): Kernwüchse als potenzielle Kandidaten für Laßbreitel.

Laßreitelpflege: Astung, Abstossen von Wasserreisern, Standraumregulierung.

Mittelwald: Bestand aus Bäumen (und Sträuchern) aus vegetativer (Stockausschlag, Wurzelbrut) und generativer Verjüngung (Kernwuchs). Durch Ausbildung deutlich unterscheidbarer Bestandeskollektive (Unterholz und Oberholz) überwiegt ein zweischichtiger Bestandsaufbau. Das Unterholz dient zur Brennholzproduktion und Sicherung des Nachwuchses, das Oberholz dient zur Nutzholzproduktion. Im Unterholz dominieren Bäume (Sträucher) aus vegetativer Verjüngung gegenüber Kernwüchsen, welche primär als Nachwuchs für das Oberholz dienen. Das Oberholz wird überwiegend aus Kernwüchsen und teilweise aus „durchgewachsenen“ Stockauschlägen gebildet. Die Umtriebszeiten des Unterholzes betragen durchschnittlich 30 (25–35) Jahre.

Mittelwald „neu“: Ungleichaltriger Bestand, bestehend aus dem Unterholz und dem Oberholz mit mindestens drei Altersklassen. Maximaler Überschirmungsgrad im Oberholz am Ende der Umtriebszeit 0,66. Das Unterholz dient zur Brenn–(Energieholz)produktion und Sicherung des Nachwuchses und das Oberholz zur Nutzholzproduktion. Die Verjüngung erfolgt zyklisch mittels vegetativer (Stockausschlag, Wurzelbrut) und generativer Vermehrung. Durch Ausbildung deutlich unterscheidbarer Bestandeskollektive (Unterholz und Oberholz) überwiegt je nach Umtriebszeit und Baumartenzusammensetzung ein zwei– bis dreischichtiger Bestandsaufbau. Im Unterholz dominieren am Ende der Umtriebszeit Bäume (Sträucher) aus vegetativer Verjüngung gegenüber Kernwüchsen, welche primär als Nachwuchs für das Oberholz („Laßbreitel–Anwärter“) dienen. Das Oberholz wird überwiegend aus Kernwüchsen und teilweise aus „durchgewachsenen“ Stockauschlägen gebildet. Die Umtriebszeiten des Unterholzes betragen durchschnittlich 25 bis 35 Jahre.

Mittelwaldhieb: Flächiger Nutzungseingriff als Ernte-, Regulierungs- und Verjüngungsmaßnahme unter Beibehaltung eines Überschirmungsgrades des Oberholzes von mindestens 0,2 bis 0,4.

Mittelwald-Nachlichtungshieb: Flächiger Nutzungseingriff im Oberholz als Regulierungsmaßnahme zur Förderung der Jungwuchsentwicklung unter Beibehaltung eines Überschirmungsgrades des Oberholzes von mindestens 0,2 bis 0,4.

Mittelwald-Pflegeeingriff: Pflegeeingriff mit dem Ziel einer Mischungs-, Dichte-, und Standraumregulierung vorwiegend zur Förderung von Laßreitel-Anwärtern im Unterholz.

Mittelwald-Regulierungseingriff: Nutzungseingriff im Oberholz zur Erhaltung und/oder Verbesserung der Struktur sowie des Qualitätsniveaus.

Niederwald: Gleichaltriger Bestand aus Bäumen und Sträuchern, die sich ganz oder überwiegend vegetativ (Stockausschlag, Wurzelbrut) verjüngen. Generative Verjüngung spielt vor allem für den Erhalt einer nachhaltigen Produktion eine wichtige Rolle. Die Umtriebszeiten schwanken zwischen 5(10) und 30(40) Jahren.

Niederwaldhieb: Flächiger Nutzungseingriff (Kahlschlag) als Ernte- und Verjüngungsmaßnahme.

Niederwald-Pflegeeingriff: Pflegeeingriff mit dem Ziel einer Dichte-, Standraum- und Mischungsregelung.

Niederwald mit Überhältern: In der Regel ist im Oberholz nur eine Altersklasse mit doppeltem Alter des Unterholzumtriebes mit Umtriebszeiten von 50 (60) Jahren vorhanden. Durch Ausbildung deutlich unterscheidbarer Bestandeskollektive (Unterholz und Oberholz) überwiegt ein zweischichtiger Bestandsaufbau. Das Unterholz dient zur Brennholzproduktion und Sicherung des Nachwuchses und das Oberholz zur Nutzholzproduktion. Im Unterholz dominieren Bäume (Sträucher) aus vegetativer Verjüngung gegenüber Kernwüchsen. Das Oberholz wird überwiegend aus Kernwüchsen und teilweise aus „durchgewachsenen“ Stockausschlägen gebildet.

Niederwald mit Überhältern „neu“: Bestand mit einer (zwei) Altersklassen im Oberholz. Maximaler Überschirmungsgrad im Oberholz am Ende der Umtriebszeit von 0,66. Das Unterholz dient zur Brenn- (Energie)holzproduktion und Sicherung des Nachwuchses, das Oberholz zur Nutzholzproduktion. Die Verjüngung erfolgt zyklisch mittels vegetativer (Stockausschlag, Wurzelbrut) und generativer Vermehrung. Durch Ausbildung deutlich unterscheidbarer Bestandeskollektive (Unterholz und Oberholz) überwiegt je nach Umtriebszeit und Baumartenzusammensetzung ein zweischichtiger Bestandsaufbau. Im Unterholz dominieren am Ende der Umtriebszeit Bäume (Sträucher) aus vegetativer Verjüngung gegenüber Kernwüchsen. Das Oberholz wird überwiegend aus Kernwüchsen und teilweise aus „durchgewachsenen“ Stockausschlägen gebildet. Die Umtriebszeiten des Unterholzes betragen durchschnittlich 25 bis 50(60) Jahre.

Oberholz: Im Mittelwald oder Niederwald mit Überhältern überwiegend aus Kernwüchsen hervorgegangenes gleich- oder ungleichaltriges Bestandeskollektiv (Überhaltbäume) zum Zweck der Samen- und Nutzholzproduktion.

Oberständer: Oberholzbaum ab der zweiten Umtriebszeit.

Proventivknospen: Proventivknospen, auch „schlafende Augen“ genannt, sind an Vegetationspunkten des Baumes entstanden, haben aber nicht ausgetrieben. Sie sind im Kambium eingebettet und wandern mit dem Dickenwachstum nach außen, bleiben aber in Form einer makroskopisch sichtbaren Spur mit dem Mark verbunden. Daher reagieren die Ausschläge umso vehementer, je jünger und dünner die zu durchstoßende Rinde bei den Stöcken ist (STRASBURGER et al. 1991).

Stockausschlag: Austrieb von Proventivknospen oder Adventivknospen.

Umtriebszeit: Mittlerer, planmäßiger Produktionszeitraum, in dem eine Baumart (Oberholz) oder Bestandeskollektiv (Unterholz) das geplante Produktionsziel erreicht.

Unterholz: Im Mittelwald oder Niederwald mit Überhältern aus Stockausschlägen und Kernwüchsen (Laßreitel-Anwärtern) hervorgegangenes Bestandeskollektiv, welches der Brenn-(Energie)holzerzeugung und der Nachwuchssicherung für das Oberholz dient.

Unterständler: Unterholzbäume, welche einerseits zur Brenn-(Energie)holzerzeugung und andererseits zur Sicherung des Nachwuchses für das Oberholz (Laßreitel-Anwärter) dienen.

Wurzelbrut: Austrieb von Adventivknospen der Baumwurzeln (mit/ohne Verletzungen). Wurzelausschläge (Wurzelbrut) treiben meistens aus dünnen Wurzeln aus verschiedenen Punkten des Wurzelsystems aus (STRASBURGER et al. 1991).

13 LITERATURVERZEICHNIS

- ABETZ, P. (1976): Beiträge zum Baumwachstum – der h/d-Wert mehr als ein Schlankheitsgrad! Forst und Holz, 31. Jg., S. 389–393.
- AMMER, Ch., BRANG, P., KNOKE, T., WAGNER, S. (2004): Methoden zur waldbaulichen Untersuchung von Jungwüchsen. Forstarchiv 75 Jg., S. 83–110.
- ANDERSON, F. (1971): Methods and preliminary results of estimation of biomass and primary production in a south Swedish mixed deciduous woodland. In: Duvigneaud P. (Ed.), Productivity of forest ecosystems, Unesco, Paris, 1971, pp 281–287.
- ANDRE F. und PONETTE Q. (2003): Comparison of biomass and nutrient content between oak (*Quercus petraea*) and hornbeam (*Carpinus betulus*) trees in a coppice-with-standards stand in Chimay (Belgium). Ann.For.Sci. 60. pp 489–502.
- ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellsch. München, Bonn, Wien. 490 S.
- ATTIWILL, P.M. (1962): Estimating Branch Dry Weight and Leaf Area from Measurements of Branch Girth in *Eucalyptus*. Forest Sci., Vol. 8, No. 2, pp 132–141.
- BACHMANN, P. (1990): Produktionssteigerung im Wald durch vermehrte Berücksichtigung des Wertzuwachses. Ber. Eidg. Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft Nr. 327, 73 S.
- BALLY, B. (1999): Energieholzproduktion in Mittel- und Niederwäldern in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 150 (4), S.142–147.
- BECK, P. (1986): Der Mittelwald – ein räumliches und zeitliches Mosaik verschiedener Ökosysteme. AFZ 47, S. 1170–1171.
- BELLOS, P. (2000): Biomassenuntersuchungen auf Mittelwald-Verjüngungsflächen (Unterholz). Dipl. Arbeit, Institut für Waldbau, Univ. f. Bodenkultur, Wien. 90 S.
- BERGER, T. (1991): Aspekte des Stoffhaushaltes von Eichenmittelwäldern im Weinviertel unter besonderer Berücksichtigung des atmosphärischen Schadstoffeintrages. Diss. Univ. F. Bodenkultur, Wien. 158 S.
- BISCH, J.L. (1987): Un exemple de conversion d'une table de production en volume en tables de production en biomasse: la chene dans secteur ligerien. Ann.Sci.For. (44) 2, pp 243–258.
- BISCH J.L. und AUCLAIR D. (1988): Influence of the Silvicultural Treatment (High forest and Coppice with standards) of Oak above-ground Biomass Distribution in Central France. Forestry, Vol. 61, No.3. pp 205–217.
- BRAND, W. (1997): Mittelwaldwirtschaft im niedersächsischen Forstamt Liebenburg. Forst und Holz, 52. Jg., S. 144–148.
- BRUCIAMACCHIE M. (1982): Structure, Croissance et biomasse des regenerations naturelles de chene rouvre (*Quercus petraea*) Liebl. INRA Nancy, Document no. 82.
- BUCKLEY, G.P. (1992) (Eds.): Ecology and Management of Coppice Woodlands. Chapman & Hall. London. p 336
- BURGER, H. (1947): Holz, Blattmenge und Zuwachs – Die Eiche. In: BURGER H. (Ed.): Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Komm.Verlag von Beer & CIE, Zürich, S. 211–279.
- BURSCHEL, P.; HUSS, J. (2003): Grundriss des Waldbaus – ein Leitfaden für Studium und Praxis. Parey Studentexte (49). Hamburg, Berlin. 487 S.
- CANADELL, J., DJEMA, A., LOPEZ, B., LLORET, F., SABATE, S., SISCART, D. (1999): Structure and Dynamics of the root system. In: RODA, F., RETANA, J., GRACIA, C.A., BELLOT, J. (Eds.): Ecology of Mediterrean Evergreen Oak forests. Ecol. Studies, Vol. 137, p. 368.
- CLARY W.P. und TIEDEMANN A.R. (1986) : Distribution of Biomass within Small Tree and Shrub from *Quercus gambelii* Stands. Forest Sci. Vol. 32, No.1, pp 234–242.

- COUCHET, P. (1971): Etude et culture de la foret. ENGREF Nancy, eme Edition. P71 (pp 82—126).
- CROWTHER R.E., EVANS J. (1984): Coppice. Forestry Commision Leaflet 83. HMSO.
- DAVIDSON, E.A., SAVAGE, K., BOLSTAD, P., CLARK, D.A., CURTIS, P.S., ELLSWORTH, D.S., HANSON, P.J., LAW, B.E., LUO, Y., PREGITZER, K.S., RANDOLPH, J.C., ZAK, D. (2002): Belowground carbon allocation in forests estimated from litterfall and IRGA-based soil respiration measurements. *Agric. For. Meteorology* 113, pp. 39—51.
- DECOCQ, G. (2000): The "masking effect" of silviculture on substrate-induced plant diversity in oak-hornbeam forests from northern France. *Biodiversity and Conversation*(9): pp 1467—1491.
- DECOCQ, G., VALENTIN, B., TOUSSAINT B., HENDOUX, F., SAQUEZ, R. und BARDAT, J. (2004): Soil seed bank composition and diversity in a managed temperate deciduous forest. *Biodiversity and Conversation* 13: pp 2485—2509.
- DREXHAGE, M. und COLIN F. (2001): Estimating root system biomass from breast-height diameters. *Forestry*, Vol. 74 (5), pp 491—497.
- DUC, P. und ZBINDEN, A. (1997): Rationalisierung der Waldpflege. *Schweiz. Z. Forstwes.* 148/3 S. 197—220.
- DUVIGNEAUD, P., KESTEMONT, P. und ANBROS, P. (1971): Productivite primaire des forests temperees d'essence feuillues caducifoliees en Europe occidentale. In: DUVIGNEAUD P. (Ed.), *Productivity of forest ecosystems*, Unesco, Paris, 1971, pp. 259—270.
- DWORSCHAK, U. (1996): Vegetationsentwicklung in ehemaligen Mittelwäldern der Niederrheinischen Bucht. *Forst und Holz*, 51. Jg., S. 392—395.
- EBERTS, H. (1950): Waldbauliche Behandlung und Forsteinrichtung bisheriger Mittelwäldungen des südhannoveranischen Berglandes. *AFJZ*, 122 .Jg., S. 129—140.
- ECKHART, G. (1975): Der Ausschlagwald und der „Staudenwald“ in Österreich. *Österreichische Forstzeitung* (4), S.109—112.
- ESPELTA, J.M., SABATE, S. und RETANA, J. (1999): Resprouting Dynamics. In: RODA F., RETANA J., GRACIA C.A., BELLOT J. (Eds.): *Ecology of Mediterrean Evergreen Oak forests*. *Ecol. Studies*, Vol. 137, p. 368.
- EVANS, J. (1992): Coppice forestry – an overview. In: BUCKLEY, G.P. (1992) (Eds.): *Ecology and Management of Coppice Woodlands*. Chapman & Hall. London. p 336.
- FRANK, J. (1937): Der Hochleithenwald, Einführung in die Wälderschau des Niederösterreichischen Forstvereins 1937 in das Rudolf Graf von Abensberg und Traunsche Forstrevier Wolkersdorf, Selbstverlag des NÖ. Forstvereins, 19 S.
- FRECH, A.; LEUSCHNER, Ch.; HAGEMEIERS, M. und HÖLSCHER, D. (2003): Nachbarschaftsbezogene Analyse der Kronenraumbesetzung von Esche, Hainbuche und Winterlinde in einem artenreichen Laubmischwald (Nationalpark Hainich, Thüringen). *Forstw. Cbl.* (122), S. 22—23.
- FREIST, H. und KLÜSSENDORF, J. (1991): Vertragsnaturschutz zum Erhalten historischer Waldformen an einem Beispiel in Niedersachsen. *Forst und Holz*, 46. Jg., S. 86—88.
- GADOW, v., K. (1999): Waldstruktur und Diversität. *AFJZ.*, 170 Jg. (12), S.117—122.
- GADOW, v., K. (2003a): Steuerung und Analyse der Waldentwicklung. *Forstw. Cbl.* (122), S. 259—272.
- GADOW, v., K. (2003b): Waldstruktur und Wachstum. Beiträge zur Vorlesung im Wintersemester 2003/2004. Universitätsverlag Göttingen.
- GADOW, v., K. (2005): Das Mehrpfad-Prinzip der Forsteinrichtung. *AFZ—Der Wald*, 9, S.469—471.
- GEB, M., SCHMIDT, W. und MEYER, P. (2004): Das Mittelwaldprojekt Liebenburg – Entwicklung der Bestandesstruktur. *Forst und Holz*, 59. Jg, S. 567—573.
- GLÜCK, S. (1996): Biomassenuntersuchungen auf einer Eichenversuchsfläche des nordöstlichen Niederösterreich unter Zuhilfenahme statistischer Methoden. Diplomarbeit Univ. f. Bodenkultur, Wien. 84 S.

- GROTE, R., SCHUCK, J., BLOCK, J. und PRETZSCH, H. (2003): Oberirdische holzige Biomasse in Kiefern-/Buchen- und Eichen-/Buchen-Mischbeständen. *Forstw. Cbl.* (122), S. 287—202.
- GRUNDNER und SCHWAPPACH (1952): SCHOBER R. (Hrsg.): Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. Paul Parey, Berlin und Hamburg. 216 S.
- GRÜTZ, A. (1986): Mittelwald als forstwirtschaftliche Betriebsart. *AFZ* 47, S. 1166—1168.
- HAGEN, R. (2005): Verjüngung, Nährstoffsituation und Wildeinflüsse auf Eichenmittelwaldschlägen des Weinviertels unter besonderer Berücksichtigung von Vereschungstendenzen. *Diss. Univ. f. Bodenkultur. Wien.* 323 S.
- HAMM, J. (1900): Leitsätze für den Mittelwaldbetrieb. *Forstw. Cbl.* (8), S. 392—404.
- HARTIG, G. (1877): Lehrbuch für Förster. II Band. J.G. Cott'sche Buchhandlung. Stuttgart. 336 S.
- HASENAUER, H., STAMPFER, E., ROHRMOSER Ch., STERBA H. (1994): Solitärdimensionen der wichtigsten Baumarten Österreichs. *ÖFZ* (3), S. 28—29.
- HAUPOLTER, M. (1991): Ökosystemare Untersuchungen in Eichen-Mittelwäldern des südlichen Weinviertels mit Schwerpunkt Depositionsmessung. *Dipl. Arbeit, Universität f. Bodenkultur, Wien.* 78 S.
- HEIN, S. (2004): Zur Steuerung von Astreinigung und Dickenwachstum bei Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). *Dissertation, Universität Freiburg i. Br. Freiburger Forstl. Forschung.* 242 S.
- HIMMELBAUER, J. (2004): Mündliche Mitteilung.
- HOCHBICHLER, E. (1987): Standortsbezogene Behandlungsprogramme für die Werteichenproduktion. *Diss. am Inst. f. Waldökologie an der Univ. f. Bodenkultur, Wien.*
- HOCHBICHLER, E. (1993): Methods of oak silviculture in Austria. *Ann. Sci. For.* (50), pp 591—593.
- HOCHBICHLER, E. (1997a): Waldbaustrategien und betriebswirtschaftliche Aspekte für die Waldbewirtschaftung im sommerwarmen Osten Österreichs. In: *Waldbau an der unteren Waldgrenze* (Hrsg. MÜLLER F.), *FBVA Berichte Nr. 95*, Wien.
- HOCHBICHLER, E. (1997b): Effect of greenpruning on the development of quality in oak stands with wide spacing. *Proceedings: Advances in research in intermediate oak stands.* P1. 06 IUFRO – Improvement and silviculture of oak – Conference, Freiburg. S. 108—121.
- HOCHBICHLER E. 2002: Vorläufige Ergebnisse von Biomasseninventuren in Buchen- und Mittelwaldbeständen. In: *DIETRICH, H.-P., RASPE, S., PREUHLER, T. (Eds.), Inventur von Biomasse- und Nährstoffvorräten in Waldbeständen. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 186, LWF, München, pp. 37—46.*
- HOCHBICHLER, E. (2003): Die Elsbeere (*Sorbus torminalis* Crantz) im Weinviertel (Niederösterreich). *Forst und Holz*, 58. Jg., S. 647—653.
- HOCHBICHLER, E. (2004): Einzelbaumpflegermodell für Stieleiche. *ÖFZ*, S. 14—15.
- HOCHBICHLER, E., BELLOS, P. (2001): Neuaufforstungen in unterbewaldeten Gebieten des pannonischen Raumes. *Interreg II C – Cadeses Proj. Nr. 97005/4 „Natural Resources“ – Abschlußbericht des österreichischen Projektteiles.*
- HOCHBICHLER, E., BELLOS, P. und LICK, E. (2006): Biomass functions for estimating needle and branch biomass of spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) and branch biomass of beech (*Fagus sylvatica*) and oak (*Quercus robur* and *petrea*). In: *Special Issue on Austrian Biomass Functions. Austrian Journal on Forest Science.* Accepted.
- HOCHBICHLER, E., BELLOS, P., BIRNGRUBER, S. (2001): Wertholzproduktion – Ein Beitrag zur Edellaubholzbewirtschaftung (Esche, Bergahorn und Elsbeere). In (Ed.: A. MOSER): *Beiträge zur Österreichischen Forsttagung, Wien.* S. 15—22.
- HOCHBICHLER, E.; KRAPPENBAUER, A. (1988): Behandlungsprogramme für die Werteichenproduktion im Wienerwald und Weinviertel. *Cbl f. d. ges. Forstw.* (1), S 1—23.

- HOCHBICHLER, E.; KRAPFENBAUER, A.; MAYERHOFER, F. (1990): Ein Pflegemodell für Eichenjungbestände – Grünastung, eine wirtschaftliche Problemlösung der Wertholzerziehung. *Cbl. ges. Forstw.* (107), S. 1—23.
- HOCHBICHLER, E., PUTZGRUBER, N., Krapfenbauer, A. (1994): Biomassen- und Nährstoffuntersuchungen in einem 40-jährigen Buchenbestand (*Fagus sylvatica* L.). *Cbl. ges. Forstw.*, 111, 1, 1—22.
- HOCHBICHLER, E. und PUTZGRUBER, N. (2004a): Biomassenschätzfunktionen für Wurzeln von Eiche und Hainbuche aus Mittelwäldern. Unpublished. In: OFFENTHALER, I. und HOCHBICHLER, E. (2006): Estimation of root biomass of Austrian forest tree species.
- HOCHBICHLER, E. und PUTZGRUBER, N. (2004b): Biomassenschätzfunktionen für Wurzeln von Esche, Bergahorn, Robinie und Hasel aus Mittelwäldern. Unpublished.
- HUBER, S. (1993): Bodenmineralstoffhaushalt, Ernährungszustand und Kronenverlichtung von Eichenwäldern im nordöstlichen Österreich. *FIW-Forschungsberichte 1993/3*, Österr. Ges.f. Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung. Wien. 112 S.
- HUBERT, M. und COURRAUD, R. (1993): Aufastung und Formschnitte bei Waldbäumen. Übersetzt von HILLGARTER F.–W. und C.
- JAKUCS, P. (1985): Higher plants. In: JAKUCS P. (Ed.): *Ecology of an Oak Forest in Hungary – Results of „Sikfökut Project“*. Akademiai Kiado, Budapest.
- JENKINS, J.C., CHOJNÁKY, D.C., HEATH, L.S. and BIRSEY, R.S. (2003): National-Scale Biomass Estimators for United States Tree Species. *Forest Science* 49 (1), S.12—34.
- JOBLING, J. und PEARCE, M.L. (1977): *Free Growth of Oak*. Forest Record 113. Forestry Commission, HMSO, London.
- JOHANN, K. (1997): Astreine Schaftlänge als Produktionsziel bei Buche? Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten Sektion Ertragskunde, Jahrestagung 1997. S. 122—123.
- JOHNSON, P.S., SHIFLEY, S.R. und ROGERS, R. (2002): *The Ecology and Silviculture of Oaks*. CAB International. New York. 503 S.
- KARSARJAN, V.O., CHURSCHUDJAN, P.A. und GABRIELJAN, V. G. (1974): Über die physiologische Ursache des Alterns und des frühzeitigen Erlöschens des Wachstums bei Bäumen aus Stockausschlag. Auszug aus: *Arbeiten der Tifliser Forstlichen Forschungsanstalt*. Bd. XXI. Übersetzt von KRAPFENBAUER A. (1982). 32 S. Institut f. Forstökologie, Wien.
- KENK, G. (1999): Das Jungwaldpflegemodell Baden-Württemberg. *Schweiz. Z. Forstwes.* 150 (12), S. 471—477.
- KERR, G. (2002): The potential for sustainable management of semi-natural woodlands in southern England using uneven-aged silviculture. *Forestry*, Vol.(75), pp 227—243.
- KESTEMONT, P. (1971): Productivité primaire des taillis simples et concept de necromasse. In: DUVIGNEAUD P. (Ed.), *Productivity of forest ecosystems*, UNESCO, Paris, 1971, pp. 271—279.
- KILIAN, W., MÜLLER, F., STARLINGER, F. (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. *FBVA Berichte*, 82/1999.
- KLUG, B. (2000): Phytomassen und geobotanische Untersuchungen. In: HOCHBICHLER, E., KLUG, B., HOLTERMANN Ch.: *Zur Eichenmittelwaldbewirtschaftung im sommerwarmen Osten Österreichs: Erarbeitung von alternativen waldbaulichen Bewirtschaftungskonzepten unter Berücksichtigung sich ändernder Umweltbedingungen*. Forschungsbericht. Institut für Waldbau.
- KLUG, B. (2001): Diaspore communities and succession in a Pannonian lowland oak coppice forest. Poster. In: *Evolution and Plasticity in Plant Populations*. Hrsg.: KOCH, M., Institute of Botany, Univ. of Agricultural Sciences, Vienna.
- KLOPATEK, J.M. (2002): Belowground carbon pools and processes in different age stands of douglas-fir. *Tree Physiology* 22, pp. 197—204.
- KNOKE, T. (1998): Die Stabilisierung junger Fichtenbestände durch starke Durchforstungseingriffe – Versuch einer ökonomischen Bewertung. *Forstarchiv* 69, S. 219—226.

- KRAHL–URBAN, (1959): Die Eichen. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.
- KRAL, F. (1985): Zur natürlichen Bewaldung im Nordosten Österreichs mit Berücksichtigung der Eichenmistel. Cbl. f.d.ges. Forstwes. 102. Jg., (4), S. 215—234.
- KRAMER, H. (1988): Waldwachstumslehre. Ökologische und anthropogene Einflüsse auf das Wachstum des Waldes, seine Massen- und Wertleistung und die Bestandessicherheit. Hamburg, Berlin. Parey Verlag. 374 S.
- KRAPFENBAUER, A. (1983): Beiträge zur Problematik des Mittelwaldes und seiner Bewirtschaftung. Inf. Schrift zur Exkursion am 21.4.1983. Sektion Ausschlagwald des Verbandes NÖ Forstbetriebe. Wien. 52 S.
- KRAPFENBAUER, A. (1989): Biomassenproduktion und –nutzung zur Energiegewinnung. Cbl. f.d.ges. Forstwes. 106. Jg., (2), S. 89—108.
- KRAPFENBAUER A. und HOCHBICHLER, E. (1984): Erprobung eines Pflegemodells in Eichenjungbeständen. Cbl. ges. Forstwes. 101 Jg., (3), S. 172—180.
- KRAPFENBAUER, A. und HOCHBICHLER, E. (2004): Grundlagen für die Bewertung der Wälder als Kohlenstoffsenken. Cbl. f.d.ges. Forstwes. (120), Heft 3 / 4, S.177—210.
- KREEB, K.–H. (1983): Vegetationskunde. Stuttgart: Ulmer. 331 S.
- KRISSL, W. und ECKHART, G. (1985): Beiträge zur Bewirtschaftung eines Eichenmittelwaldes, am Beispiel der Agrargemeinschaft Mollmannsdorf/NÖ, FBVA, Wien, Institut für Waldbau, 41 S.
- KRISSL, W. und MÜLLER, F. (1990): Die Standorte im Revier Sommerrein als waldbauliche Behandlungseinheiten. In: KARRER, G. und KILIAN W. (1990): Standorte und Waldgesellschaften im Leithagebirge. Mitteilungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt. Wien. 244 S.
- KRISSL, W. und MÜLLER, F. (1989): Waldbauliche Bewirtschaftungsrichtlinien für das Eichenmischwaldgebiet Österreichs. FBVA Berichte Nr. 40, Wien.
- KÜSTER, B. (2000): Die Auswirkungen unterschiedlicher waldbaulicher Behandlungen auf das Wachstum und die Qualitätsentwicklung junger Traubeneichen (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). Schriftenreihe der Forstw. Fakultät der München und der Bayer. Landesanstalt f. Wald und Forstwirtschaft. München. S. 223.
- LANG, H.–P. (1985): Wie lässt sich der notwendige Aufwand für die Waldpflege entscheidend vermindern? AFZ (49), S. 1325.
- LARCHER, W. (1976): Ökologie der Pflanzen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 320 S.
- LASCHNER, A. 2000: Waldbauliche Untersuchungen zur Verjüngungs- und Jungwuchsentwicklung auf Mittelwaldstandorten. Dipl. Arbeit, Institut für Waldbau, Univ. f. Bodenkultur, Wien. 100 S.
- LE GOFF, N. (1984): Indice de productivite des taillis-sous-futaie de chene dans la region Centre. Ann.Sci.For., 41 (1), pp 1—34.
- LE GOFF, N. und OTTORINI, J.–M. (2001): Root biomass and biomass increment in a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in North–East France. Ann.For.Sci. 58, pp. 1—13.
- LERCH, G. (1991): Pflanzenökologie. Akademie–Verlag. Berlin. S. 535.
- LEUSCHNER, Ch. (1994): Walddynamik in der Lüneburger Heide: Ursachen, Mechanismen und die Rolle der Ressourcen. Habil.Schrift Universität Göttingen. 368 S.
- LIDL, A. M. (1999): Diasporenvorrat des Bodens auf Wald- und Kahlschlagsflächen in einem Eichen–Hainbuchenwald im Weinviertel. Dipl. Arbeit, Univ. f. Bodenkultur, Wien. 63 S.
- LIOCOURT DE, F. (1898): zitiert nach SCHÜTZ (2001).
- LOPEZ, B.C., SABATE, S. und GRACIA, C.A. (1999): Thinning effects on carbon allocation to fine roots in a *Quercus ilex* forest. Tree Physiology 23, pp 1217—1224.
- LORENZ-LIBURNAU, H. (1931): Beobachtungen und Erfahrungen in typischen Landmittelwäldern Niederösterreichs. Mitteilungen der Österr. Land- und Forstwirtschaftsgesellschaft in Wien.

- MACCLAUGHERTY, C.A., ABER, J.D., MELILLO, J.M. (1982): The role of fine roots in the organic and nitrogen budgets of two forested ecosystems. *Ecology* 63, pp. 1481–1490.
- MACHALEK, A. (1986): Klima und Bioklima in Niederösterreich. Akademie für Umwelt und Energie, Heft 16, Laxenburg. 85 S.
- MARCU, G. und TOMICZEK, Ch. (1989): Der Einfluß von Klimastressfaktoren auf das Eichensterben in Österreich. *FIW-Forschungsberichte 1989/1*, Österr. Ges. f. Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung. Wien. 112 S.
- MARGL, H.D. (1982): Waldbauliche Beurteilung des Loranthus europaeus-Befalls an Trauben-, Stiel- und Zerreiche in Mittelwäldern des Weinviertels. Diss. Universität für Bodenkultur, Wien.
- MARSCHALL, J. (1975): *Hilfstafeln für die Forsteinrichtung*. Österr. Agrarverlag. 199 S.
- MAYER, H. (1984): *Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage*. Fischer-Verlag, Stuttgart.
- MAYER, G. (1986): *Praktizierte Mittelwaldwirtschaft im Stadtwald Iphofen*. *AFZ* 47, S. 1176–1177.
- MEYER, H. A. (1933): Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Pflenterwaldes. *Schweiz. Z. Forstw.* 126 (9), S. 637–671.
- MLINAR, C. (2004): Untersuchungen zur Qualitätsentwicklung und Astreinigung in Buchen-Stangenhölzern im Wienerwald und Eschen-Bergahorn Dickungen im Weinviertel. Dipl. Arbeit am Inst. f. Waldbau an der Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- MOSANDL, H.; KATEB EL, H.; ECKER, J. (1991): Untersuchungen zur Behandlung von jungen Stieleichenbeständen. *Forstw. Cbl.* (110), S. 358–370.
- MÜLLER, F. (1997): Waldbauliche Strategien für das pannonische Tief- und Hügelland bei sich ändernden Umweltbedingungen. In: *Waldbau an der unteren Waldgrenze* (Hrsg. MÜLLER F.), FBVA Berichte Nr. 95, Wien.
- MURRAY, R. B. und Jacobson, M. Q. (1982): An Evaluation of Dimension Analysis for Predicting Shrub Biomass. *Journal of Range Management*, Vol.35, No. 4, pp 451–454.
- MULOPULOS, Ch. (1927): Untersuchungen über den Zuwachsgang der Stockausschläge bzw. Ausschlagwälder. *Cbl. d.ges.Forstw.* 53. Jg., (1/2), S. 1–13.
- NIINEMETS Ü., KULL, K. (1994): Leaf weight per area and leaf size of 85 Estonian woody species in relation to shade tolerance and light availability. *For. Ecol. Manage.* (70), pp 1–10.
- NIINEMETS Ü., KULL, K. (2003): Leaf structure vs. nutrient relationships vary with soil conditions in temperate shrubs and trees. *Acta Oecologica* 24, pp 209–219.
- NUTTO, L. (1999): Neue Perspektiven für die Begründung und Pflege von jungen Eichenbeständen; Ergebnisse einer Untersuchung zur Kronenentwicklung, Astreinigung und Dickenwachstum junger Stiel- und Traubeneichen in Europa (*Quercus robur* L. und *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). In der Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung.
- NYLAND, R.D. (2002): *Silviculture: Concepts and Applications*. McGraw Hill, New York, 633 p.
- NYS, C., RANGER, D., RANGER, J. (1983): Etude comparative de deux ecosystemes forestiers feuillus et resinoux des Ardennes primaires francaises. III. Mineralomasse et cycle biologique. *Ann. Sci. For.* 40, pp 41–68.
- OBERNENDORFER, E. (1957): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. *Planzensoz.* 10, Jena.
- O'HARA, K.L. and GERSONDE, R.F. (2004): Stocking control concepts in uneven-aged silviculture. *Forestry*, Vol. 77 (2), pp 131–143.
- OSZLANYI, J., (1986): Analysis on Biomass Production and on its Energy Equivalent of the Tree Layer in Five Forest Ecosystems. Ed. of Scientific Committee for Biological-Agricultural Sciences and the Scientific for Biological-Medical Sciences of the Slovak Academy of Sciences, XXXII/1. 157 S.
- OFFENTHALER, I. und HOCHBICHLER, E. (2006): Estimation of root biomass of Austrian forest tree species. In: *Special Issue on Austrian biomass functions*. *Austrian Journal on Forest Science*. Accepted.

- PAPP, B.L. (1974): Aboveground biomass of *Quercus petraea* and *Quercus cerris* in the research area at Sikfökut. *Acta Bot. Acad. Scient. Hungaricae. Tomus 20* (3—4), pp 333—339.
- PAPP, B. L. (1978): Die Nettoproduktion der Bäume eines *Quercetum petraea-cerris*-Waldes auf der Probefläche von Sikfökut (Nord-Ungarn). *Acta Bot. Acad. Scient. Hungaricae. Tomus 25* (1—2), pp 113—129.
- PELLINEN, P., (1986): Biomassenuntersuchungen im Kalkbuchenwald. *Diss. Univ. Göttingen.* 145 S.
- PERTLIK, E., (1982): Verhältnis der Masse der Mistel (*Loranthus europaeus*) zur Masse der Eiche (*Quercus* sp.) und Vergleich der Gehalte N, P, K, Ca und Mg in der Trockenmasse. *Diplomarbeit, Univ. f. Bodenkultur, Wien.*
- PERRIN, H. (1954): zitiert nach SCHÜTZ (2001).
- PILZ, H. M. (2002): Vergleichende Untersuchung der Diasporenbanken dreier Lochhiebe in einem Eichen-Hainbuchen-Mittelwald (*Galio-Carpinientum*) im niederösterreichischen Weinviertel. *Dipl. Arbeit., Univ. f. Bodenkultur. Wien.* 75 S.
- POLLAK, M. (1983): Grundlagen eines Waldbaukonzepts für die Dr. Paul Esterhazy'sche Forstverwaltung Eisenstadt/Leithagebirge. *Dipl. Arbeit, Univ. f. Bodenkultur. Wien.* 103 S.
- POLLANSCHÜTZ, J. (1974): Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs. *AFZ* (85), S. 341—343.
- PRETZSCH, H. (2002): Grundlagen der Waldwachstumsforschung. *Parey Verlag. Berlin.* S. 414.
- PUHM, G., SPITALER, E. (2000): Holzeigenschaften von Eiche und Esche im Mittelwaldbetrieb. *Ingenieurprojekt. HTBLuVA Mödling. Abteilung für Holztechnik.*
- PUTZGRUBER, N. (1983): Stockholz im Mittelwald – Massenankunft und Nährstoffgehalte. *Dipl. Arbeit am Institut für Forstökologie. Univ. f. Bodenkultur.* S. 190.
- RADEMACHER, P., MEESENBURG, H. und MÜLLER-USING, G. (2001): Nährstoffkreisläufe in einem Eichenwald-Ökosystem des nordwestdeutschen Pleistozäns. *Forstarchiv 72*, S. 43—54.
- RAICH, J.W. und NADELHOFFER, K.J. (1989): Belowground carbon allocation in forest ecosystems: global trends. *Ecology 70*(5), 1346—1354.
- REIF, A. (1996): Die Nieder- und Mittelwälder der Eierberge in Oberfranken: Flora, Vegetation, Bewirtschaftung und Bestandesdynamik. *Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth, XXII*, S. 169—271.
- RÖHLE, H. (1982): Struktur und Wachstum von Stieleichen-Mischbeständen auf grundwasserbeeinflussten Standorten in den Auwaldgebieten Südbayerns. *Schriftenreihe der Forstw. Fakultät München und der Bayer. Landesanstalt f. Wald und Forstwirtschaft. München.* Nr. 51. S. 178
- SCHAEFFER, I. (1951): zitiert nach SCHÜTZ (2001).
- SCHIELER, K. (1988): Methodische Fragen im Zusammenhang mit der österreichischen Waldinventur. *Dipl. Arbeit. Univ. f. Bodenkultur.*
- SCHMIDT, S. (2005): Mündl. Mitteilung.
- SCHÖFBERGER, H. (1990): Die Förderung von Edellaubhölzern im Weinviertel. *ÖFZ* (12), S. 31.
- SCHÖFBERGER, H. 2004: Mündliche Mitteilung.
- SCHULZ, F.; HEIN, S.; KENK, G. und KLÄDTKE J. (2005): Qualitätsentwicklung in laubbaumdominierten Beständen aus Sukzession. *Forst und Holz 60*.Jg., Nr. 10, S.407—410.
- SCHUME, H. (1992): Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen in Eichenwäldern des nördlichen Niederösterreich unter Zuhilfenahme multivariater Methoden. *FIW-Forschungsberichte 1992/93, Öst. Ges. für Waldökosystemforschung und Experimentelle Baumforschung.* 138 S.
- SCHÜTZ, J.-P.H. (2001): *Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder.* Berlin : Parey. 207 S.
- SCHÜTZ, J.-P.H und Rotach, P. (1993): Mittelwaldbetrieb – Nostalgische Illusion oder zukunfts-trächtiges Waldbaukonzept? *Wald und Holz 7*, S. 9—12.

- SENITZA, E. (1990): Untersuchungen zur Dynamik der Waldschadensentwicklung im Eichenwald des niederösterreichischen Weinviertels. HVLf, Bericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. 138 S.
- SEICHT, G. (1990): Moderne Kosten- und Leistungsrechnung. Grundlagen und praktische Gestaltung. Linde Verlag. Wien. 573 S.
- SOLOMON, D.S., und BLUM, B. M. (1967): Stump sprouting of four northern hardwoods. U.S. For.Ser.Res.Rpt. NE-59. Zitiert nach NYLAND (2002).
- SPELLMANN, H. (1995): Vom strukturarmen zum strukturreichen Wald (Waldbauliche Planungs- und Handlungsaspekte für die Nds. Landesforstdirektion) Forst und Holz, 50.Jg., S35—44.
- SPIECKER, H. (1994): Wachstum und Erziehung wertvoller Waldkirschen. Mitt. D. Forstl. Vers. und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Heft 181.
- SPIECKER, H. (1991): Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 72. S155.
- SPIECKER, H. (1983): Entscheidungshilfe für die Steuerung des Dickenwachstums von Eichen Z-Bäumen. AFZ (22), S. 569—570.
- SPIECKER, H.; SPIECKER, M (1988): Erziehung von Kirschenwertholz. AFZ (20), S. 562—565.
- SPRUGEL, D.G., (1983): Correcting for bias in log-transformed allometric equations. Ecology, 64 (1), pp 209—210.
- STARLINGER, F. (1997): Natürliche Waldgesellschaften im „sommerwarmen“ Osten Österreichs. In: Waldbau an der unteren Waldgrenze (Hrsg. MÜLLER F.), FBVA Berichte Nr. 95, Wien.
- STRASBURGER, E., SITTE, P., ZIEGLER, H., EHRENDORFER, F., BRESINSKY, A. (1991): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 33. Auflage. G. Fischer Verlag, Stuttgart; Jena; New York. 1030 S.
- STEINDL, H. (2004): Mündliche Mitteilung.
- TIEFENBACHER, H. (1996a): Laubholzwaldbau im Rationalisierungszwang ÖFZ (2), S. 55—57.
- TIEFENBACHER, H. (1996b): Waldbau-Strategie angesichts eines „Eichensterbens“. Cbl.f.d.ges. Fortswes., 113 Jg.(2), S. 83—96.
- TOTH, J.A., PAPP, B.L., JAKUCS, P. (1985): Litter production of the forest. In: JAKUCS P. (Ed.): Ecology of an Oak Forest in Hungary – Results of “Sikfökut Project”. Akademiai Kiado, Budapest.
- ULRICH, E. (1987): Bodenwasserhaushalt eines Eichenmittelwaldstandortes (mit Mistelbefall). Dipl. Arbeit, Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- VANDE WALLE, I., MUSSCHE, S., SAMSON, R., LUST, N. und LEMEUR, R. (2001): The above- and belowground carbon pools of two mixed deciduous forest stands located in East-Flanders (Belgium). Ann. For. Sci. 58., pp 507—517.
- VAN HEES, A.F.M., CLERK A.P.P.M. (2003): Shading and root-shoot relations in saplings of silver birch, pedunculate oak and beech. For. Ecol. Manag. 176, pp 439—448.
- VANCK, T. und SPIECKER, H. (2004): Rekonstruktion der Kronenentwicklung von Mittelwaldbuchen. AFJZ, 175 Jg (9), S. 182—188.
- VANSELOW, K. (1948): Einführung in die forstliche Zuwachs- und Ertragslehre. 3. Auflage. Kayser-Verlag. Kaiserslautern. S.156.
- VOGT, K.A., GRIER, C.C., MEIER, C.E. and KEYES, M.R. (1983): Organic matter and nutrient dynamics in forest floors of young and mature *Abies amabilis* stands in western Washington as affected by fine root input. Ecol. Monogr. 53, pp. 139—157.
- WHITTAKER, R.H. und WOODWELL, G.M. (1968): Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven forest, New York. J. Ecol., Vol. 56, p 1—25.
- WHITTAKER, R.H. und WOODWELL, G.M. (1969): Structure, production and diversity of the oak-pine forest at Brookhaven. J. Ecol., Vol. 57, p 157—174.

- WHITTAKER, R.H. and WOODWELL, G.M. (1971): Measurements of net primary production of forests. In: Productivity of Forest Ecosystems: Proc. Brussels Symp. 1969. P. DUVIGNEAUD, ed. Ecology and Conservation, Vol. 5: 159—175, Paris: Unesco.
- WHITTAKER, R.H. and MARKS, P.L.(1975): Methods of Assessing Terrestrial Productivity. In: Primary Productivity of the Biosphere. Ed.: LIETH H. and WHITTAKER H. Spinger-Verlag. New York.
- WILHELM, J.; LETTER, H-A.; EDER, W. (1999): Die Phase der Qualifizierung – Konzeption einer naturnahen Erzeugung von starkem Wertholz. AFZ/Der Wald: (5): S. 234—236.

14 ANHANG

Anhang 1: Biomasseninventar

Oberirdische Baum- und Strauchbiomassen							
BA/STR	N	Werbungsort	Bearbeiter	BA/STR	N	Werbungsort	Bearbeiter
Hbu	12	Tuemling	Bellos (2000)	Hbu	18	Grandmühl, Hohenriedsteig	eigene Arbeit
Es	21	Tuemling	Bellos (2000)	Es	7	Karnabrunn	eigene Arbeit
Vki	13	Tuemling	Bellos (2000)	Vki	5	Karnabrunn	eigene Arbeit
Fah	15	Tuemling	Bellos (2000)	Fah	19	Ebenthal, Grandmühl	eigene Arbeit
Lig	13	Tuemling	Bellos (2000)	Bah	10	Karnabrunn	eigene Arbeit
Har	15	Tuemling	Bellos (2000)	Has	5	Hohenriedsteig	eigene Arbeit
Ei	15	Hochleithenwald	Pertlik (1982)	Ei	13	Hohenriedsteig	Glück (1996)
	14	Tuemling	Bellos (2000)	Ei	2	Grandmühl	eigene Arbeit
Has	17	Tuemling	Bellos (2000)	Has	12	Grandmühl, Hochleithenwald	eigene Arbeit
Ful	8	Ebenthal	eigene Arbeit		We	6	Grandmühl, Hochleithenwald
sSTR	5	Ebenthal	eigene Arbeit				
Wurzelbiomassen							
Ei	47	Weinviertel	Putzgruber (1983)	Hbu	50	Weinviertel	Putzgruber
Bah, Es	7	Weinviertel	Putzgruber (1983)				

Anhang 2a) Regressionsgleichungen zur Schätzung der Holzrindenbiomassen (HR), Blattmasse (BLM), Schaftholzrindenbiomassen (SHR), Astholzrindenbiomassen (AHR), der Astgrobreisig- und Astfeinreisigsanteile an den Astholzrindenbiomassen (AHR/AHR<4; AHR/AHR<2) mit Bhd > 1 cm; Baumart, Funktion, Standardfehler des Schätzers, (s.e (a₁), s.e(a₁), s.e.(a₂), s.e.(a₃), Standardfehler der Schätzung (SEE), Bestimmtheitsmaß (R²) und Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit α).

BART	Funktion	s.e.(a ₁)	s.e(a ₁)	s.e.(a ₂)	s.e.(a ₃)	SEE	R ²	α
Ei	$\ln(\text{BLM}) = -2,033 + 0,506 \cdot \ln(D) + 0,185 \cdot \ln^2(D)$	0,173	0,166	0,037		0,2765	0,969	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -0,479 + 1,220 \cdot \ln(D) + 0,213 \cdot \ln^2(D)$	0,101	0,097	0,021		0,1623	0,996	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -1,082 + 1,589 \cdot \ln(D) + 0,118 \cdot \ln^2(D)$	0,154	0,147	0,033		0,2467	0,990	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -0,699 - 1,217 \cdot \ln(D) + 1,260 \cdot \ln^2(D) - 0,120 \cdot \ln^3(D)$	0,297	0,646	0,346	0,052	0,3298	0,985	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 4 / \text{AHR}) = 1,266 - 0,455 \cdot \ln(\text{AHR})$	0,263	0,047			0,2048	0,877	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 2 / \text{AHR}) = -0,147 - 0,206 \cdot \ln(\text{AHR})$	0,097	0,056			0,3467	0,444	0,002
Fah	$\ln(\text{BLM}) = -3,620 + 0,566 \cdot \ln(D) + 1,145 \cdot \ln(H)$	0,426	0,202	0,355		0,3334	0,936	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -2,503 + 0,415 \cdot \ln^2(D) + 1,565 \cdot \ln(H)$	0,459	0,070	0,349		0,2674	0,985	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -1,489 + 1,973 \cdot \ln(D)$	0,274	0,153			0,5701	0,928	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -2,466 + 1,898 \cdot \ln(D)$	0,356	0,198			0,7392	0,876	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 2 / \text{AHR}) = -0,218 - 0,801 \cdot \ln(\text{AHR})$	0,031	0,013			0,1475	0,617	0,000
Hbu	$\ln(\text{BLM}) = -4,132 + 1,766 \cdot \ln(D)$	0,443	0,239			0,6817	0,736	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -2,346 + 2,611 \cdot \ln(D)$	0,215	0,116			0,3364	0,973	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -2,489 + 2,565 \cdot \ln(D)$	0,214	0,116			0,3353	0,972	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -4,350 + 2,744 \cdot \ln(D)$	0,361	0,195			0,5654	0,934	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 2 / \text{AHR}) = -0,248 - 0,176 \cdot \ln(\text{AHR})$	0,042	0,202			0,1669	0,844	0,000
Es	$\ln(\text{BLM}) = -3,222 + 1,832 \cdot \ln(D)$	0,087	0,070			0,2423	0,973	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -1,642 + 2,184 \cdot \ln(D)$	0,091	0,074			0,2552	0,979	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -1,5593 + 2,103 \cdot \ln(D)$	0,053	0,043			0,1481	0,991	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -4,271 + 2,780 \cdot \ln(D)$	0,192	0,148			0,4834	0,954	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 2 / \text{AHR}) = -0,161 - 0,0571 \cdot \ln(\text{AHR})$	0,041	0,015			0,1673	0,427	0,001
Bah	$\ln(\text{BLM}) = -2,176 + 4,339 \cdot \ln(D) - 2,297 \cdot \ln(H) - 0,417 \cdot \ln^2(D)$	0,591	0,576	0,630	0,172	0,1711	0,990	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -1,782 + 1,179 \cdot \ln(D) + 0,464 \cdot \ln^2(D)$	0,171	0,350	0,141		0,1403	0,995	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -2,545 + 2,394 \cdot \ln(D)$	0,153	0,096			0,2103	0,987	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -2,868 + 0,832 \cdot \ln^2(D)$	0,173	0,057			0,3065	0,964	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 2 / \text{AHR}) = -0,0715 - 0,0357 \cdot \ln(\text{AHR})$	0,034	0,021			0,0943	0,274	0,012

Vki	$\ln(\text{BLM}) = -3,379 + 1,640 \cdot \ln(D)$	0,201	0,145		0,3211	0,941	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -2,067 + 1,746 \cdot \ln(D) + 0,612 \cdot \ln(H)$	0,462	0,322		0,2024	0,987	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -2,496 + 0,808 \cdot \ln(D^2H)$	0,114	0,026		0,1098	0,997	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -3,085 + 2,175 \cdot \ln(D)$	0,287	0,207		0,4584	0,932	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 2/\text{AHR}) = -0,103 - 0,0465 \cdot \ln(\text{AHR})$	0,017	0,008		0,0538	0,708	0,000
Ful	$\ln(\text{BLM}) = -3,298 + 0,639 \cdot \ln^2(D)$	0,304	0,066		0,4288	0,940	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -4,738 + 0,841 \cdot \ln(D) + 2,787 \cdot \ln(H)$	0,788	0,564	0,966	0,0847	0,998	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -5,782 + 0,402 \cdot \ln(D) + 3,598 \cdot \ln(H)$	0,1022	0,732	1,253	0,1501	0,992	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -3,469 + 2,376 \cdot \ln(D)$	0,325	0,162		0,3171	0,993	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 2/\text{AHR}) = -0,331 - 0,151 \cdot \ln(\text{AHR})$	0,062	0,033		0,1567	0,775	0,004
We/As	$\ln(\text{BLM}) = -3,284 + 1,829 \cdot \ln(D)$	0,425	0,592		0,4135	0,656	0,027
	$\ln(\text{HR}) = -2,030 + 1,783 \cdot \ln(D)$	0,200	0,280		0,1952	0,891	0,001
	$\ln(\text{SHR}) = -2,636 + 2,194 \cdot \ln(D)$	0,264	0,368		0,2570	0,877	0,001
	$\ln(\text{AHR}) = -2,598 + 0,600 \cdot \ln(D)$	0,288	0,402		0,2808	0,308	0,096
Bah/Es	$\ln(\text{BLM}) = -4,501 - 0,212 \cdot \ln^2(D) + 0,909 \cdot \ln(D^2H)$	0,192	0,057	0,073	0,3051	0,967	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -3,487 + 1,481 \cdot \ln(D) + 1,500 \cdot \ln(H)$	0,380	0,187	0,339	0,2660	0,987	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -4,085 + 1,139 \cdot \ln(D) + 1,998 \cdot \ln(H)$	0,284	0,139	0,253	0,1985	0,992	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -4,148 + 2,552 \cdot \ln(D)$	0,173	0,103		0,5524	0,953	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 2/\text{AHR}) = -0,224 - 0,0991 \cdot \ln(\text{AHR})$	0,042	0,016		0,2348	0,548	0,000
Has	$\ln(\text{BLM}) = -3,954 + 1,880 \cdot \ln(D)$	0,396	0,270		0,7888	0,673	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -2,084 + 2,383 \cdot \ln(D)$	0,126	0,086		0,2516	0,978	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -2,170 + 2,116 \cdot \ln(D)$	0,160	0,109		0,3187	0,957	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -4,066 + 2,889 \cdot \ln(D)$	0,346	0,236		0,884	0,899	0,000
	$\ln(\text{AHR} < 2/\text{AHR}) = -0,313 - 0,140 \cdot \ln(\text{AHR})$ (BHD > 4cm)	0,059	0,025		0,2632	0,608	0,000
HLB	$\ln(\text{BLM}) = -2,993 + 1,439 \cdot \ln(D) + 0,0672 \cdot \ln(H)$	0,330	0,173	0,293	0,6029	0,809	0,000
	$\ln(\text{HR}) = -2,764 + 1,653 \cdot \ln(D) + 1,050 \cdot \ln(H)$	0,259	0,137	0,230	0,4735	0,946	0,000
	$\ln(\text{SHR}) = -3,068 + 1,485 \cdot \ln(D) + 1,202 \cdot \ln(H)$	0,189	0,097	0,166	0,3309	0,972	0,000
	$\ln(\text{AHR}) = -2,820 + 1,045 \cdot \ln(D) + 0,413 \cdot \ln^2(D)$	0,185	0,095	0,288	0,6453	0,909	0,000

Anhang 2b): Regressionsgleichungen zur Schätzung der HolZRindenbiomassen (HR) und Blattmasse (BLM) mit Bhd < 1 cm; Baumart, Funktion, Standardfehler des Schätzers, (s.e (a₀), s.e(a₁), s.e.(a₂), s.e.(a₃), Standardfehler der Schätzung (SEE), Bestimmtheitsmaß (R²) und Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit α).

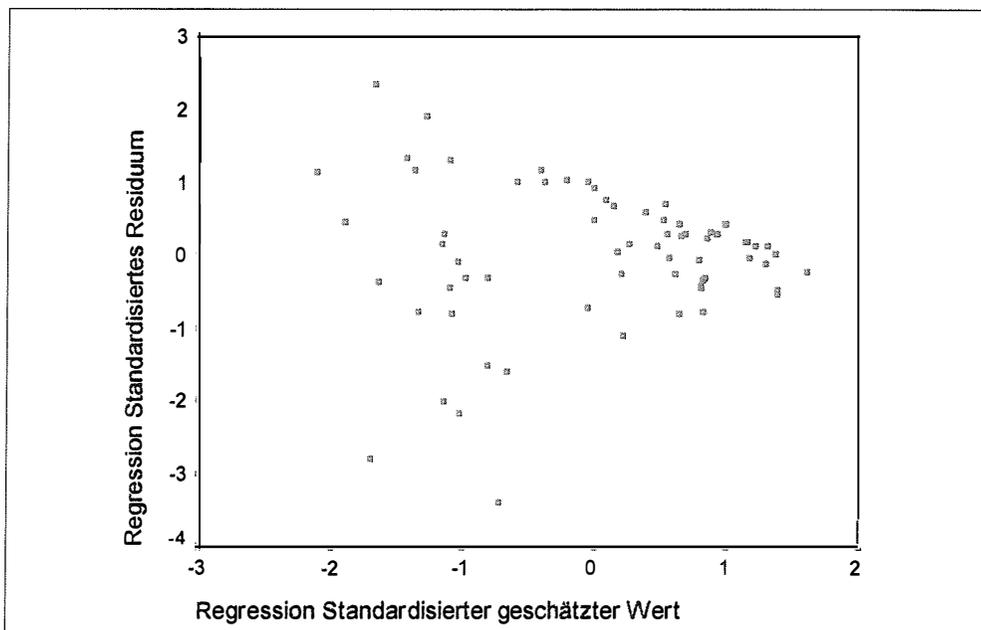
BART	Funktion	Bhd < 1cm				SEE	R ²	α
		s.e.(a ₀)	s.e(a ₁)	s.e.(a ₂)	s.e.(a ₃)			
Ei	$\ln(\text{HR}) = -3,032 + 3,214 \cdot \ln(D_{10})$	0,188	0,380			0,1583	0,923	0,000
	$\ln(\text{BLM}) = -4,872 + 3,203 \cdot \ln(D_{10})$	0,611	1,231			0,5155	0,527	0,041
Fah	$\ln(\text{HR}) = -4,774 + 0,643 \cdot \ln(D_{10}) + 2,418 \cdot \ln(H)$	0,222	0,417			0,4200	0,957	0,000
	$\ln(\text{BLM}) = -4,924 + 0,976 \cdot \ln(D_{10}) + 1,277 \cdot \ln(H)$	0,192	0,361			0,3628	0,937	0,000
Hbu	$\ln(\text{HR}) = -3,530 + 2,760 \cdot \ln(D_{10})$	0,420	0,570			1,1852	0,793	0,003
	$\ln(\text{BLM}) = -5,013 + 0,367 \cdot \ln(D_{10}) + 1,43 \cdot \ln(H)$	0,133	0,615	0,619		0,3200	0,963	0,003
Es	$\ln(\text{HR}) = -3,038 + 2,155 \cdot \ln(D_{10})$	0,156	0,471			0,3557	0,807	0,006
	$\ln(\text{BLM}) = -4,151 + 1,514 \cdot \ln(D_{10})$	0,133	0,402			0,3038	0,739	0,013
Vki	$\ln(\text{HR}) = -3,230 + 1,983 \cdot \ln(D_{10}) + 0,530 \cdot \ln(H)$	0,045	0,313			0,0889	0,995	0,000
	$\ln(\text{BLM}) = -5,222 + 2,876 \cdot \ln(D_{10})$	0,180	0,340			0,3585	0,923	0,000
Has	$\ln(\text{HR}) = -5,070 + 2,282 \cdot \ln(H) + 3,266 \cdot \ln^2(D_{10})$	0,198	0,186	1,402		0,4594	0,949	0,000
	$\ln(\text{BLM}) = -4,752 + 2,990 \cdot \ln(D_{10})$	0,218	0,652			0,6977	0,700	0,001

Anhang 2c): Regressionsgleichungen zur Schätzung der Wurzelbiomassen (WU) mit Bhd > 1 cm; Baumart, Funktion, Standardfehler des Schätzers, (s.e. (a₀), s.e.(a₁), s.e.(a₂), s.e.(a₃), Standardfehler der Schätzung (SEE), Bestimmtheitsmaß (R²) und Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit α) (HOCHBICHLER und PUTZGRUBER 2004).

BART	Funktion	s.e.(a ₀)	s.e.(a ₁)	s.e.(a ₂)	s.e.(a ₃)	SEE	R ²	α
Ei	$\ln(WU) = -3,975 + 2,523 \cdot \ln(D)$	0,329	0,990			0,3177	0,935	0,000
Hbu	$\ln(WU) = -3,849 + 2,488 \cdot \ln(D)$	0,285	0,112			0,3123	0,912	0,000
Hbu+ Bah + Rob + Es	$\ln(WU) = -3,963 + 2,535 \cdot \ln(D)$	0,273	0,106			0,3169	0,912	0,000
Hbu + Bah + Rob + Es + Ei	$\ln(WU) = -3,889 + 2,502 \cdot \ln(D)$	0,160	0,055			0,3147	0,954	0,000

Anhang 2d): Regressionsgleichungen zur Schätzung der HolZRindenbiomassen (HR) und Blattmasse (BLM); Strauchart, Funktion, Standardfehler des Schätzers, (s.e. (a₀), s.e.(a₁), s.e.(a₂), s.e.(a₃), Standardfehler der Schätzung (SEE), Bestimmtheitsmaß (R²) und Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit α).

STR	Funktion	s.e.(a ₀)	s.e.(a ₁)	s.e.(a ₂)	s.e.(a ₃)	SEE	R ²	α
Har	$\ln(HR) = -3,044 + 0,819 \cdot \ln(D_{10}^2 \cdot H)$	0,165	0,050			0,2519	0,819	0,000
	$\ln(BLM) = -4,038 + 0,593 \cdot \ln(D_{10}^2 \cdot H)$	0,168	0,051			0,2561	0,913	0,000
Lig	$\ln(HR) = -2,947 + 1,046 \cdot \ln(D_{10}) + 0,717 \cdot \ln(H)$	0,177	0,142	0,258		0,1470	0,925	0,000
	$\ln(BLM) = -3,584 + 1,200 \cdot \ln(D_{10})$	0,166	0,308			0,3075	0,603	0,003
Str	$\ln(HR) = -3,125 + 1,631 \cdot \ln(D_{10}) + 0,881 \cdot \ln(H)$	0,190	0,134			0,2713	0,967	0,000
	$\ln(BLM) = -3,581 + 1,450 \cdot \ln(D_{10})$	0,080	0,082			0,3166	0,910	0,000



Anhang 3: Standardisierter Residual-plot der logarithmierten Holzrindenbiomasse (HR) der Probeflächen

Anhang 4: Statistische Kennwerte für die Bestandes-Höhenkurven im Oberholz für die Eichen in den Bestandestypen Mittelwald Ebenthal im Vergleich zu den Gesamt-Höhenkurven Eiche (Ei_G), Esche (Es_G) und Zerreiche (Zei_G) (Ebenthal: MWBE15 = Alter 15 Jahre, MWBE18 = Alter 18 Jahre, MWBE 21 = Alter 21 Jahre, MWBE25 = Alter 25 Jahre, MWBE30 = Alter 30 Jahre) (N = Anzahl der Probebäume, a, b = Parameter, SEE = Standardfehler, R² = Bestimmtheitsmaß).

	N	a	b	SEE	R ²
Ei_MWBE15	20	3,0426	-13,845	0,1486	0,621
Ei-MWBE18	43	3,098	-13,687	0,1482	0,526
Ei_MWBE21	40	3,052	-11,583	0,1359	0,603
Ei_MWBE25	10	3,326	-24,259	0,1279	0,613
Ei_MWBE30	18	3,088	-13,704	0,0804	0,862
Ei_G	130	3,048	-12,401	0,1373	0,603
Es_G	22	3,262	-12,256	0,1636	0,513
Zei_G	17	3,185	-14,365	0,0768	0,861

Anhang 5: Statistische Kennwerte für die Bestandes-Höhenkurven für die Eiche und Hainbuche im Untersuchungsbestand Grandmühl 4 (GRM4(44) = Alter 44 Jahre) und für die Eiche im Oberholz der Untersuchungsbestände Tuemling im Alter von 7 Jahren (Parzellen Tuemling: P11 – mZmPE = mit Zaun und mit Pflege, P12 – mZoPE = mit Zaun und ohne Pflege, P21 – oZmPE = ohne Zaun und mit Pflege, P22 - oZoPE = ohne Zaun und ohne Pflege) (Grandmühl 4 und Tuemling (N = Anzahl der Probestämme, a, b = Parameter, SEE = Standardfehler, R² = Bestimmtheitsmaß).

	N	a	b	SEE	R ²
Ei_GRM4(44)	10	3,475	-29,577	0,0794	0,470
Hb_GRM4(44)	17	3,154	-10,665	0,1030	0,683
Ei_P11	33	2,987	-11,130	0,1542	0,335
Ei_P12	25	3,099	-11,574	0,1303	0,384
Ei_P21	24	2,908	-6,973	0,0939	0,355
Ei_P22	10	2,823	-5,552	0,0724	0,264

Anhang 6: Statistische Kennwerte für die mittlere Höhenentwicklung (Probeflächenmittelwerte) in Abhängigkeit vom Alter für die Stockausschläge der Baumarten Eiche, Feldahorn und Zerreiche sowie für den Hartriegel im Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern (N = Anzahl der Probestämme, a, b, c = Parameter, SEE = Standardfehler, R² = Bestimmtheitsmaß).

	N	a	b	c	SEE	R ²
Eiche	54	-3,982	3,791	-0,580	0,3875	0,456
Feldahorn	40	-5,603	4,483	-0,642	0,4408	0,622
Zerreiche	21	-1,476	1,796	-0,197	0,3819	0,558
Hartriegel	53	0,184	0,487	—	0,3114	0,351

Anhang 7: Statistische Kennwerte für die mittlere Durchmesserentwicklung in 10 cm Schafthöhe (Probeflächenmittelwerte) in Abhängigkeit vom Alter für die Stockausschläge der Baumarten Eiche, Feldahorn und Zerreiche sowie für den Hartriegel im Unterholz der Bestandestypen Niederwald mit Überhältern (N = Anzahl der Probestämme, a, b, c = Parameter, SEE = Standardfehler, R² = Bestimmtheitsmaß).

	N	a	b	c	SEE	R ²
Eiche	54	-6,588	5,400	-0,788	0,6547	0,447
Feldahorn	40	-6,217	4,103	-0,476	0,8609	0,453
Zerreiche	21	-4,426	4,218	-0,609	0,5316	0,536
Hartriegel	53	-0,548	—	0,162	0,6390	0,281

