

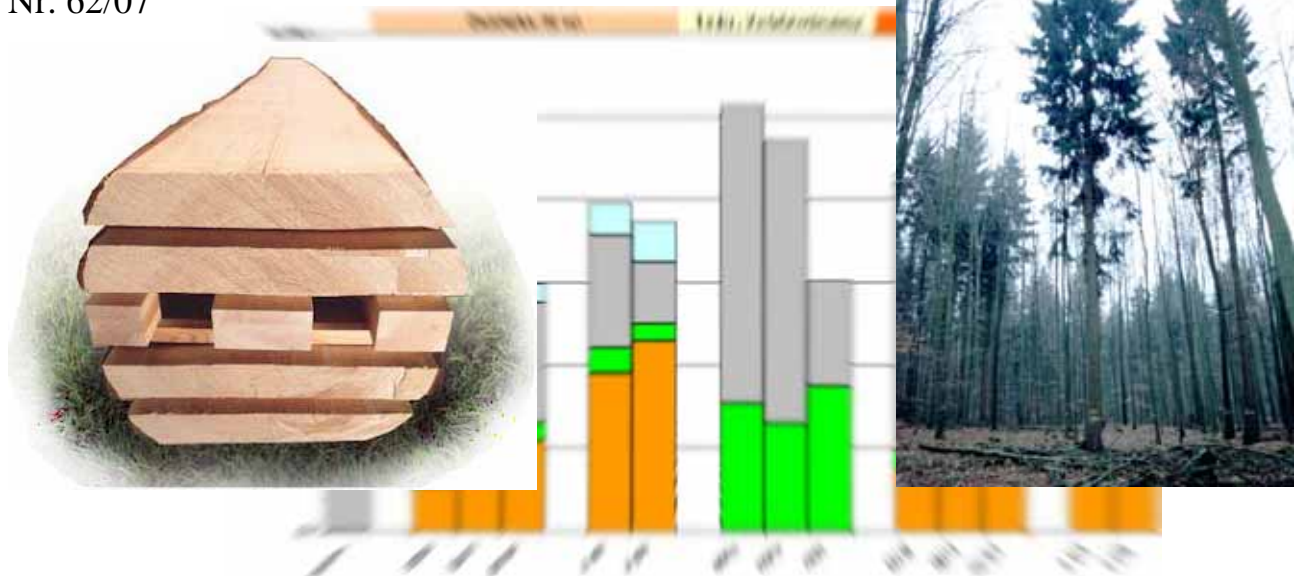
# RheinlandPfalz



## Wertholzproduktion bei der Fichte mittels kronenspannungsarm gewachsener Z-Bäume

Ökonomische Prognose unter Berücksichtigung wachstumskundlicher und  
holzqualitativer Eigenschaften

Mitteilungen aus der  
Forschungsanstalt für Waldökologie  
und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz  
Nr. 62/07



Michael Bücking, Ralf Moshhammer, Axel Roeder

Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz

<http://www.fawf.wald-rlp.de>

# **Wertholzproduktion bei der Fichte mittels kronenspannungsarm gewachsener Z-Bäume**

-  
**Ökonomische Prognose unter Berücksichtigung wachstumskundlicher und  
holzqualitativer Eigenschaften**

**Michael Bücking, Ralf Moshhammer, Axel Roeder**

**Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd**  
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz,  
Trippstadt 2007



## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>8</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>13</b>
<b>2. Zur waldbaulichen Konzeption</b> .....	<b>16</b>
<b>3. Vorstellung des Gesamtprojektes</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1 Teilprojekt Waldwachstum: Methodik und Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse</b> .....	<b>23</b>
3.1.1.    Material und Methode .....	23
3.1.2    Kurzfassung der wesentlichen Ergebnisse und Diskussion .....	25
3.1.2.1    Morphometrische Merkmale .....	25
3.1.2.2    Jahringbreiten, Abholzigkeit und äußere Astigkeit .....	30
<b>3.2 Teilprojekt Holzqualität: Methodik und Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse</b> .....	<b>36</b>
3.2.1    Material und Methode .....	37
3.2.2    Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse und Diskussion.....	39
3.2.2.1    Furnierqualität .....	39
3.2.2.2    Qualität der Blockware.....	43
<b>4. Problemstellung und Zielsetzung des forstökonomischen Teilprojektes</b> .....	<b>47</b>
<b>5. Material und Methodik</b> .....	<b>49</b>
<b>5.1 Ausgangsdaten</b> .....	<b>49</b>
<b>5.2 Stratifizierung</b> .....	<b>50</b>
<b>5.3 Prognose</b> .....	<b>54</b>
5.3.1    Simulation .....	54
5.3.2    Auswertung der Simulation.....	72
<b>6. Ergebnisse der Simulation – Der Modellhektar</b> .....	<b>80</b>
<b>6.1 Waldwachstumskundliche Ergebnisse</b> .....	<b>81</b>
6.1.1    Gesamtwuchsleistungen (GWL) .....	81
6.1.2    Durchschnittliche Gesamtzuwächse (dGz) .....	85
6.1.3    Vorräte und Grundflächenhaltungen.....	88
6.1.4    Stammzahlhaltung der Z-Baum-Kollektive .....	94
<b>6.2 Sortierungsergebnisse</b> .....	<b>95</b>
6.2.1    Stärkeklassensortierung.....	96
6.2.2    Güteklassensortierung .....	122
<b>6.3 Monetäre Ergebnisse</b> .....	<b>151</b>
6.3.1    Holzverkaufserlöse.....	151
6.3.2    Durchschnittliche Gesamtwertzuwächse auf der Basis der Holzverkaufserlöse.....	156
6.3.3    Mittlere jährliche Holzverkaufserlöse innerhalb der Produktionszeit.....	158
6.3.4    Kosten.....	164
6.3.5    Deckungsbeiträge .....	168

6.3.6	Durchschnittliche Gesamtwertzuwächse auf der Basis der Deckungsbeiträge	172
6.3.7	Mittlere jährliche Deckungsbeiträge innerhalb der Produktionszeit.....	178
6.3.8	Waldrentierungswert .....	178
<b>7.</b>	<b>Ergebnisse der Simulation – Die Fichtenbetriebsklasse .....</b>	<b>182</b>
7.1	Entwicklung der Vorräte .....	182
7.2	Entwicklung der Nutzungsoptionen .....	186
<b>8.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>190</b>
8.1	Empirische Grundlagen und Modellbildung .....	190
8.2	Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse .....	200
8.3	Die Langfristigkeit des Prognosezeitraums .....	202
8.4	Das strategische Planungsdilemma des Forstbetriebes und seine entscheidungslogischen Implikationen .....	204
8.5	Diskussion zu den Ergebnissen des Kapitels 6 – Der Modellhektar .....	206
8.5.1	Waldwachstumskundliche Ergebnisse .....	206
8.5.2	Sortierungsergebnisse.....	217
8.5.3	Monetäre Ergebnisse .....	225
8.6	Diskussion zu den Ergebnissen des Kapitels 7 – Die Fichtenbetriebsklasse von Landesforsten Rheinland-Pfalz .....	231
<b>9.</b>	<b>Synopse.....</b>	<b>233</b>
9.1	Zielsetzungen als Beurteilungsrahmen .....	233
9.2	Berücksichtigung von Unsicherheit bei der Beurteilung der Ergebnisse .....	237
<b>10.</b>	<b>Entscheidungsempfehlungen.....</b>	<b>249</b>
10.1	Empfehlungen aus den Simulationsergebnissen mit empirisch-quantitativer Grundlage .....	251
10.2	Folgerungen aus der hohen Unsicherheit in zeitlich offenen Entscheidungs- feldern.....	254
10.3	Empfehlungen zum Planungs- und Entscheidungsverfahren .....	260
<b>11.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>262</b>
<b>12.</b>	<b>Summary .....</b>	<b>268</b>
	Literaturverzeichnis.....	273
	Anhang 1: .....	293
	Danksagung.....	294

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Bezugsrahmen der Arbeit.....	15
Abbildung 2:	Zieltyp eines weitgehend kronenspannungsfrei gewachsenen Fichten-Z-Baumes .....	16
Abbildung 3:	Modellhafte Darstellung der Waldbaukonzeption „Qualifizieren / Dimensionieren“ .....	17
Abbildung 4:	Darstellung der Z-Baum-Pflege während der Dimensionierungsphase. Eingriffsturnus je nach Konkurrenzsituation $\pm$ 5 Jahre.....	18
Abbildung 5:	Stellung des Z-Baumes innerhalb seiner ihn unmittelbar umgebenden Konkurrenten.....	19
Abbildung 6:	Zielstruktur des inneren Stammholzkörpers .....	20
Abbildung 7:	Aufeinander aufbauende Module des Gesamtprojektes.....	22
Abbildung 8:	Box-Whisker-Abbildungen zu den Parametern Höhe, BHD, H/D-Wert und Kronenansatz.....	26
Abbildung 9:	Spreitungsgrade der Probestämme.....	27
Abbildung 10:	Höhen- und Durchmesserwachstum der Probestämme (Nr. 100 bis 600) aus Schönau.....	28
Abbildung 11:	Durchmesser- und Volumenzuwachs des Baumes 700 aus Allenbach.....	29
Abbildung 12:	Mittlere Abholzigkeit der Probestämme aller Entnahmebestände.....	33
Abbildung 13:	Astansatzdurchmesser über der Höhe der Probestämme aus Schönau (oben) und von 60jährigen herkömmlich gewachsenen Fichten aus Kranzberg (unten) .....	34
Abbildung 14:	Mittlere Astdurchmesser aller Probestämme in Millimetern.....	35
Abbildung 15:	Beispiel für das Heraustrennen der tatsächlich astfreien Teilbohlen .....	38
Abbildung 16:	Allgemeine Konzeption des wachstumsbezogenen Simulationsablaufes mittels SILVA, sowohl für den Modellhektar wie auch für die Fichtenbetriebsklasse .....	58
Abbildung 17:	Schema zur Verknüpfung der Stratifizierung mit den Behandlungsszenarien als Startwerte für die Prognose.....	61
Abbildung 18:	Beispielhafte Darstellung einer simulierten Referenzbehandlung für ein Stratum der 4. Alterklasse zu Beginn der Einsteuerung in die Simulation und einem Nutzungsgang für die Kategorie „stabil und gesund“ .....	66
Abbildung 19:	Schematischer Simulationsablauf des Waldbaummodells QD .....	68
Abbildung 20:	Schematischer Ablauf der waldbaulichen Referenzbehandlung „Traditionelle Z-Baum-Konzepte“ .....	70
Abbildung 21:	Entwicklung der GWL des Behandlungsmodells QD mit 100 Z-Bäumen/ha in Abhängigkeit der Ausgangsstammzahl und der Ertragsstufen bei Zielstärke 70 cm.....	82
Abbildung 22:	Entwicklung der Gesamtwuchsleistungen .....	82
Abbildung 23:	Entwicklung der Gesamtwuchsleistung der Z-Baum-Kollektive.....	84
Abbildung 24:	Entwicklung des dGz .....	86
Abbildung 25:	Entwicklung des dGz der Z-Baum-Kollektive.....	87
Abbildung 26:	Entwicklung der Vorratshaltungen.....	89
Abbildung 27:	Grundflächenentwicklung .....	91
Abbildung 28:	Vorratsentwicklung der Z-Baum-Kollektive .....	92
Abbildung 29:	Grundflächenentwicklung der Z-Baum-Kollektive .....	94
Abbildung 30:	Entwicklung der Stammzahlen bei den Z-Bäumen.....	95
Abbildung 31:	Stärkeklassenverteilung der Z-Baum-Kollektive bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten).....	97

Abbildung 32:	Stärkeklassenverteilung der Z-Stämme (bereits genutzt oder noch verbleibend) sowie der Durchforstungsanfänge bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten).....	99
Abbildung 33:	Stammholzsortierung der Durchforstungsmengen.....	100
Abbildung 34:	Stärkeklassenverteilung der am Ende der Simulation verbleibenden Füllbestände bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten).....	101
Abbildung 35:	Stärkeklassenverteilung bei Nieder (Ndf)- und Hochdurchforstung (Hdf) bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten) .....	103
Abbildung 36:	Stärkeklassenverteilungen des ausscheidenden Bestandes (V(a)) und des nach 120 (oben) bzw. 140 (unten) Jahren verbleibenden Bestandes (V(v)).....	105
Abbildung 37:	Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	107
Abbildung 38:	Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	109
Abbildung 39:	Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Referenzvarianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	111
Abbildung 40:	Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Referenzvarianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	113
Abbildung 41:	Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Referenzvarianten Nieder- und Hochdurchforstung bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten).....	114
Abbildung 42:	Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	116
Abbildung 43:	Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	117
Abbildung 44:	Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	119
Abbildung 45:	Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	120
Abbildung 46:	Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der Varianten Nieder- und Hochdurchforstung bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten).....	121

Abbildung 47:	Entwicklung der Stärkeklassenverteilung des stehenden Bestandes der Nullvariante.....	122
Abbildung 48:	Güteverteilung der Z-Baum-Kollektive in Efm/ha bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten).....	123
Abbildung 49:	Stärkeklassen- und Wertholzverteilung der Z-Baum-Kollektive bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten).....	124
Abbildung 50:	Güteverteilung der Z-Stämme und der Durchforstungsanfänge bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten).....	126
Abbildung 51:	Gütesortierung der simulierten summarischen Durchforstungsmengen ....	127
Abbildung 52:	Güteverteilung der am Ende der Simulation verbleibenden Füllbestände bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten) .....	128
Abbildung 53:	Güteverteilung bei Nieder (Ndf)- und Hochdurchforstung (Hdf) bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)....	130
Abbildung 54:	Güteverteilungen des ausscheidenden (V(a)) und des nach 120 (oben) bzw. 140 (unten) Jahren verbleibenden Bestandes, inklusive des restlichen Füllbestandes (V(v)) .....	131
Abbildung 55:	Nutzungsprozente des Wertholzes der Z-Bäume in Abhängigkeit der Zielstärke und der Produktionsdauer.....	132
Abbildung 56:	Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	134
Abbildung 57:	Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	136
Abbildung 58:	Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	137
Abbildung 59:	Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	138
Abbildung 60:	Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Varianten Nieder- und Hochdurchforstung bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten) .....	140
Abbildung 61:	Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	142
Abbildung 62:	Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	143
Abbildung 63:	Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	145



Abbildung 64:	Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten) .....	146
Abbildung 65:	Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der Nieder- und Hochdurchforstung bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten) .....	148
Abbildung 66:	Entwicklung der Güteverteilung des stehenden Bestandes der Nullvariante .....	149
Abbildung 67:	Anfallende Mengen an nicht verwertbarem Holz (NH; natürliche Abgänge) und Restholz bei der Aufarbeitung (X-Holz) nach 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten) .....	150
Abbildung 68:	Kumulierte Erlöse pro Hektar nach einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten) .....	152
Abbildung 69:	Kumulierte, durchschnittliche Erlöse pro Erntefestmeter nach einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten) .....	154
Abbildung 70:	Entwicklung des dGz-Wert auf der Grundlage der Erlöse .....	157
Abbildung 71:	Mittlere jährliche Erlöse im Jahrzehnt in €/ha für eine Produktionsdauer von 120 Jahren .....	161
Abbildung 72:	Mittlere jährliche Erlöse im Jahrzehnt für eine Produktionsdauer von 140 Jahren .....	163
Abbildung 73:	Kumulierte Kosten pro Hektar nach 120 bzw. 140 Jahren Produktionsdauer aufgeteilt auf die Kosten verursachenden Teilkollektive der Modellbestände .....	165
Abbildung 74:	Kosten pro Erntefestmeter hergeleitet über die kumulierten Gesamtkosten im Rahmen der Produktionszeit von 120 oder 140 Jahren sowie für alle Teilkollektive der Modellbestände summarisch zusammengefasst .....	166
Abbildung 75:	Kumulierte Deckungsbeiträge pro Hektar nach einer Produktionsdauer von 140 Jahren .....	169
Abbildung 76:	Kumulierte, durchschnittliche Deckungsbeiträge pro Erntefestmeter nach einer Produktionsdauer von 140 Jahren .....	171
Abbildung 77:	Entwicklung des dGz-Wert auf der Grundlage der Deckungsbeiträge .....	173
Abbildung 78:	Mittlere jährliche Deckungsbeiträge im Jahrzehnt für eine Produktionsdauer von 120 Jahren .....	175
Abbildung 79:	Mittlere jährliche Deckungsbeiträge im Jahrzehnt für eine Produktionsdauer von 140 Jahren .....	177
Abbildung 80:	Waldrentierungswerte für eine Umtriebszeit von 120 Jahren und kalkulatorischen Zinsfüßen von 1,5 % (oben) und 3 % (unten) .....	180
Abbildung 81:	Waldrentierungswerte für eine Umtriebszeit von 140 Jahren und kalkulatorischen Zinsfüßen von 1,5 % (oben) und 3 % (unten) .....	181
Abbildung 82:	Entwicklung der Gesamtvorräte der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz in Abhängigkeit verschiedener Behandlungsmodelle .....	183
Abbildung 83:	Entwicklung der Gesamtvorräte/ha der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz in Abhängigkeit verschiedener Behandlungsmodelle .....	184
Abbildung 84:	Entwicklung der Flächenstruktur der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz in Abhängigkeit verschiedener Behandlungsmodelle .....	185

Abbildung 85:	Entwicklung der Nutzungsoptionen der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz je Jahrzehnt in Abhängigkeit verschiedener Behandlungsmodelle .....	187
Abbildung 86:	Entwicklung der Nutzungsoptionen/ha der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz .....	188
Abbildung 87:	Schematische Darstellung der Methodik zur Evaluierung neuer Waldbaukonzepte .....	200
Abbildung 88:	Prozentuales Verhältnis der Gesamtrohholzmengen der Z-Baum-Kollektive nach einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) bzw. 140 Jahren (unten) .....	210
Abbildung 89:	Variantenbezogener Vergleich der Nutzungsprozente der Z-Baum-Kollektive vor Erreichen eines Alters von 120 Jahren (oben) bzw. 140 Jahren (unten) und des damit korrespondierenden mittleren Alters der genutzten Z-Baum-Kollektive .....	212
Abbildung 90:	Vergleich der variantenabhängigen prozentualen Rohholzanteile der Stärkeklassen L4 und L5 bei den Z-Baum-Kollektiven nach 120 Jahren (oben) bzw. 140 Jahren (unten) .....	220
Abbildung 91:	Vergleich der variantenbezogenen Wertholzmassenverhältnisse der Z-Baum-Kollektive nach 120 Jahren (oben) bzw. 140 Jahren (unten) .....	223
Abbildung 92:	Diversifikation als forstbetrieblich-produktionswirtschaftliche „Flexibilitätsstrategie“ .....	256

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beschreibung der Herkunftsbestände der Probestämme (nach RECK et al. 2002) und des Vergleichsbestandes Höglwald (KREUTZER et al. 1991).....	24
Tabelle 2:	Mittlere Jahrringbreiten (mm) der einzelnen Probestämme und Mittel je Kollektiv bis zum Alter 80 (Referenzalter für den Vergleich, da dieses Alter von allen Kollektiven erreicht wird).....	31
Tabelle 3:	Jahrringbreiten weitständig gewachsener Fichten zum Vergleich.....	32
Tabelle 4:	Aststärken unterschiedlich behandelter Fichten zum Vergleich.....	35
Tabelle 5:	Deskriptive Statistik zu ausgewählten Holzmerkmalen der astfreien Furniere.....	40
Tabelle 6:	Ergebnisse der praxisorientierten Taxation der Furniere ohne Äste.....	41
Tabelle 7:	Bedeutung einzelner Holzmerkmale für die Vergabe der Furniertaxe.....	41
Tabelle 8:	Deskriptive Statistik ausgewählter Sortiermerkmale nach DIN EN 1611-1 .....	43
Tabelle 9:	Bedeutung der Einzelmerkmale für die Güteklassifizierung der Bohlen nach EN 1611-1 (G2-Verfahren).....	44
Tabelle 10:	Ausgangsflächenausstattung (ha).....	53
Tabelle 11:	Beschreibung der verschiedenen Simulationsschritte und Durchforstungsphasen zur Einsteuerung der „Traditionellen Z-Baum-Konzepte“ in die automatisierte Version des Wachstumssimulators SILVA ....	69
Tabelle 12:	Sortiervorgabe in HOLZERNT 6.1 für Fichte, unterschieden nach Z-Stämmen und Füllbestand.....	74
Tabelle 13:	Preise für Fichtenwertholz in Abhängigkeit von Stärkeklasse und Marktlage.....	76
Tabelle 14:	Preise für Fichtenbau- und -industrieholz (Standardsortimente) in Abhängigkeit von Stärkeklassen und Güte.....	76
Tabelle 15:	Holzerntekosten (€/Efm) (mit Bringung) bis zum Alter von 60 Jahren (vollmechanisiert) und ab dem Alter von 60 Jahren (motormanuell).....	77

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit „Wertholzproduktion bei der Fichte mittels kronenspannungsarm gewachsener Z-Bäume“ ist ein weiterer wichtiger Baustein in der Diskussion um zukunftsgerichtete Waldbaukonzepte.

Insbesondere der rheinland-pfälzische Weg einer stringent auf den Einzelbaum und dessen Kronenausbau ausgerichteten Behandlung führt unter Praktikern und Wissenschaftlern immer wieder zu intensiven fachlichen Auseinandersetzungen. Welche Anzahl von Z-Bäumen ist die richtige? Welcher Mindestabstand ist erforderlich? Wie groß soll die grüne Krone sein? Was sind die attraktiven Märkte der Zukunft und welche Nischen tun sich für uns auf? Welche Unsicherheiten für Produktion und Produkte ergeben sich, welches Risiko geht man ein und welche Chancen bieten sich?

Die Entwicklung der rheinland-pfälzischen Waldbaurichtlinien spiegelt den Umgang mit diesen nur beispielhaft genannten Fragen eindrücklich wider. Ausgehend vom Erlass „Ziele und Grundsätze einer ökologischen Waldentwicklung“ im Jahr 1993 ist das so genannte punktwirksame und an baumindividuellen Wachstumsphasen ausgerichtete Handeln immer weiter in den Vordergrund gerückt. Zwischenzeitlich liegt für jede phasenbezogene Behandlung eine Richtlinie vor. Nach den im Jahr 2001 veröffentlichten „Hinweisen zur Wertholzerzeugung bei Buche, Ahorn und Esche“ wurde 2003 die „Richtlinie zu Z-Baumorientierten Pflegeeingriffen in der Dimensionierungsphase“ herausgegeben. Diese schließt die Nadelbäume mit ein.

Gerade bei der Fichte wird das Konzept immer wieder in Frage gestellt. Und gleichzeitig zeigt sich bei keiner anderen Baumart so deutlich, dass unterschiedlichste Sichtweisen und Gewichtungen zu differierenden Bewertungen führen können. Abweichungen zwischen idealtypischen Handlungsmodellen und tatsächlichen Entwicklungen sind beinahe schon der Regelfall. 25 bis 30 % zufällige Nutzungen durch Sturm und Käfer in den zurückliegenden Jahrzehnten zeigen die Sensibilität dieser Baumart. Umso wichtiger ist es, so viele Aspekte wie möglich zu erfassen und in den Entscheidungsprozess mit einzubringen. Die in dieser Arbeit vorgestellten Untersuchungen tragen hierzu bei.

Neben dem wissenschaftlichen Anspruch, weitgehend abgesichert zu arbeiten und zu bewerten, ist es auch ein wichtiges Element guter Unternehmenskultur, Dinge zu hinterfragen und offen für jede Form der Feinjustierung zu sein. Es bestand jederzeit Konsens, begleitende waldwachstumskundliche und betriebswirtschaftliche Untersuchungen zu betreiben, um zusätzliche Sicherheit beim Ausschöpfen der bewusst als Rahmen gesetzten Vorgaben zu erlangen. So wurden beispielsweise parallel zur Erstellung der Dimensionierungs-Richtlinie – quasi von Beginn an – auch Forschungsarbeiten zur Untersuchung der Holzstrukturen großkroniger Fichten gefördert. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen fließen in die Diskussion der hier vorgestellten ökonomischen Gesichtspunkte mit ein. Es zeigt sich, dass nach wie vor einige Fragen offen sind. Und auch der nun vorliegende Forschungsbericht kann lediglich der Abschluss einer Etappe auf einem Weg weiteren Beobachtens und Forschens sein.

So wird beispielsweise im methodentechnischen Teil der Arbeit deutlich, dass die Phase des Generationenwechsels mit Blick auf die jeweiligen Behandlungsmodelle noch wesentlich differenzierter erfasst und untersucht werden muss. Die eingesetzte Simulationstechnik stößt hier, und das gilt ganz besonders für Varianten mit niedrigen Z-Baumzahlen, zumindest wenn man die Betriebsklasse „Fichte Staatswald Rheinland-Pfalz“ individuell einsteuern möchte, an Grenzen.

Nahezu philosophisch mutet die Frage an, ob es überhaupt Sinn macht, Einzelbaumentwicklung auf so genannten Modellhektaren zu simulieren und ob – trotz vielerorts noch vorzufindender Reinbestandssituationen - die Summe der Einzelfälle mit den Prognosewerten übereinstimmen kann. Dennoch: Es gibt derzeit kaum Alternativen zu den hier vorgestellten Berechnungen. Ein großes Verdienst der Arbeit liegt darin, zwei grundverschiedene Sichtweisen, nämlich einerseits das Streben nach optimaler Flächenproduktivität – wenn auch mit Einschränkungen wegen des nicht erfassten Nachwuchses - und andererseits die Ausrichtung auf höchstmögliche Wertholzerzeugung am Einzelbaum auf eine gleichgelagerte Betrachtungsebene zu bringen.

Der Staatswaldbetrieb der Landesforsten vermarktet derzeit weniger als ein Prozent seines Holzaufkommens als Furnier oder Teilfurnier. Ein nennenswerter Teil hiervon stammt aus Wäldern, die in vornapoleonischer Zeit ihren Ursprung haben. In den jüngeren Wäldern weisen ganze Altersklassen, insbesondere aus den letzten 60 Jahren, so gut wie kein

furniertaugliches Holz aus. Im Nadelholz liegt dieser Wert bei Null. Es ist nicht nur ein Gebot der Stunde, das Angebot zu diversifizieren - und das ist die Kernbotschaft dieser Ausarbeitung - sondern es ist auch ein gutes Stück Betriebsflexibilität und Nachhaltigkeit, die Produktpalette so breit wie möglich zu entwickeln.

In dieser Arbeit werden sehr deutlich Stärken und Schwächen der verschiedenen Behandlungsmodelle herausgearbeitet. Die seit 2003 geltende Richtlinie wurde kritisch hinterfragt und es ergeben sich bei Vorliegen bestimmter Risikofaktoren Hinweise, in der Fichtenproduktion nicht ausschließlich auf das Produkt Wertholz zu setzen.

Dies bedeutet nicht, dass die Richtlinie als solche in Frage gestellt wird. Sie gibt ohnehin einen Rahmen und Mindestwerte, jedoch keine absoluten Z-Baumzahlen je Hektar vor. So gilt es, ausgehend von einer soliden Risikoanalyse angepasste Produktionsprogramme zu wählen und anlässlich der Forsteinrichtung in Form von Holzproduktzielen zu bestimmen. Beispielsweise können Hinweise auf Fäulnis oder extreme Windexposition Anlass sein, nicht in die Wertholzentwicklung einiger weniger Bäume zu investieren. Hiervon unberührt bleiben jedoch die Betrachtung der Wald- und Baumentwicklung in Phasen, das Mitgehen mit der Wuchsdynamik der Bäume, um vitale und stabile Individuen zu entwickeln sowie das punktwirksame Eingreifen und Investieren.

Manche gegenüber dem Waldbau eher kritisch eingestellten Menschen erheben den Vorwurf, laufend würden neue Richtlinien erlassen und kaum ein Konzept bekäme die Zeit zugestanden, sich zu bewähren. Hierin liegt ein gutes Stück Wahrheit. Die Entwicklung in der jüngsten Zeit macht dies sehr deutlich. Noch vor vier Jahren wurden Verträge geschlossen, bei denen die Holzkäufer Preisnachlass für Schnellabfuhr erhielten. Heute kann der Bedarf kaum noch befriedigt werden und auch Forstleute stellen quasi einem Postulat die Frage: „Brauchen wir neue Waldbaumodelle?“ Es wäre ein Fehler, hier voreilig das Fähnchen in einen neuen Wind zu hängen. Die Simulationen zur Entwicklung der Fichtenbetriebsklasse im Staatswald Rheinland-Pfalz zeigen sehr deutlich, dass die Nutzungsoptionen zwischen den verschiedenen Behandlungsmodellen erst ab dem Jahr 2060 nennenswert von einander abweichen. Ein vernünftiges Maß an risikoorientierter Produktdiversifikation unter Erweiterung auf die Wertholzvariante ist hierbei sicherlich der klügere Weg.

Mein besonderer Dank gilt den Autoren Michael Bücking, Ralf Moshhammer und Axel Roeder. Das nun seit Jahren schon in Arbeit befindliche Werk hat überaus deutlich gemacht, wie komplex die Fragestellung ist und dass selbst bewährte Simulationsprogramme weiter entwickelt und parametrisiert werden müssen, um schließlich alle wichtigen Facetten zu erfassen. Der Dank geht aber auch an alle Institute, die am Zustandekommen der Arbeit beteiligt waren. Hier sind insbesondere der Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München unter Leitung von Prof. Dr. Hans Pretzsch und das Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg unter Leitung von Prof. Dr. Dr. h.c. Gero Becker zu nennen. Das Zusammenspiel zwischen Universitäten, Ressortforschungsanstalten, Verwaltung und Praxis hat sich hervorragend bewährt.

Diese Arbeit stellt gleichzeitig den Abschluss eines viele Jahre währenden gemeinsamen Arbeitens in Trippstadt dar. Herr Prof. Dr. Axel Roeder ist Ende des Jahres 2006 in den Ruhestand getreten. Herr Dr. Michael Bücking wechselte in die Referatsgruppe Energie und Klimaschutz beim Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz in Mainz. Beiden sei an dieser Stelle noch einmal herzlich für ihre gute Arbeit in den letzten Jahren gedankt.

Dr. Harald Egidi

Mainz, April 2007

## 1. Einleitung

Aktuelle Waldbaukonzepte basieren auf Auslese- bzw. Z-Baum-Strategien<sup>1</sup> mit dem Ziel, standortangepasste, stabile und möglichst strukturierte (Misch)-Bestände zu erziehen. Die Z-Bäume der jeweiligen Wirtschaftsbaumarten sollen qualitativ hochwertiges Holz in nicht zu langen Produktionszeiträumen liefern. Dabei kommt dem Gesichtspunkt der Wertschöpfungsoptimierung durch beachtliche Anteile wertvoller Sortimente bei gleichzeitiger Reduktion waldbautechnischen Aufwandes, durch Ausnutzung natürlicher waldbaulicher Prozesse, wie beispielsweise der Selbstdifferenzierung und der Verringerung defizitärer Vornutzungseingriffe, eine zentrale Bedeutung zu. Z-Baum-Modelle sind somit Konzepte, die den Z-Baum als wirtschaftlich bedeutendstes Element betrachten. Sie sind in Gesamtstrategien eingebunden, die in der Regel mit Naturverjüngung und Zielstärkennutzung einhergehen und die Konkurrenzsituation des Einzelbaumes als Wertträger ins Zentrum ihrer Betrachtungen stellen. Das daraus resultierende Rohholzprodukt definiert sich über eine zu erreichende Zielstärke und eine bestimmte Qualität.

Im Zusammenhang mit entscheidungsbezogenen Fragestellungen zur Anwendung neuer Z-Baum-orientierter Waldbaustrategien schließen sich an waldwachstumskundliche Problemstellungen auch Überlegungen zu den produktbezogenen Holzeigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten an. Darauf aufbauend gilt es, betriebswirtschaftliche Konsequenzen zu überdenken.

Es wird deutlich, dass waldwachstumskundliche, holztechnologische und betriebswirtschaftliche Fragestellungen interdisziplinär zu berücksichtigen sind, wenn es darum geht, strategische Entscheidungen<sup>2</sup> hinsichtlich der gesamtbetrieblichen Umsetzung neuer waldbaulicher Konzepte zu treffen.

---

<sup>1</sup> Vgl. hierzu eine umfangreiche Anzahl von Veröffentlichungen, u.a. von ABETZ 1974: 871-873, 1975: 666-667, 1976a: 117-119, 1976b: 389-393, 1976c: 72-75, 1979: 234-242, 1980: 65-68, insbesondere auch 1990: 79-85, 1992: 171-174, 1993:305-308, 310, sowie ABETZ und OHNEMUS 1994: 177-185, ABETZ und KLÄDTKE 2000: 454-455 u. 2001. Außerdem SCHOBER 1988: 208-212, KRAMER 1988: 190-191. Auf die Angabe weiterer Literaturquellen zur Z-Baum-Pflege, die sich explizit auf andere Baumarten als die Fichte beziehen, wird an dieser Stelle verzichtet.

<sup>2</sup> Zu den Besonderheiten strategischer Entscheidungen im Forstbetrieb, insbesondere hinsichtlich ihrer langfristigen Wirkungen und damit verbundener Unsicherheit sowie strukturdefekter Entscheidungssituationen vgl. OESTEN und ROEDER 2002: 299 ff., DENSBOHN 1999: 20-26, BÜCKING 2002: 7-39 und dort angegebene Literatur. In dem Zusammenhang vgl. zum Begriff der „Strategischen Planung“ und zu seiner Einordnung in den Planungsprozess ZAHN 1989: Sp. 1086, 1903 ff.



Überlegungen zur Anwendung Z-Baum-orientierter Waldbaustrategien beziehen alle Baumarten mit ein, darunter auch die Fichte. Bei dieser Baumart geht es im Rahmen Z-Baum ausgerichteter Waldbaustrategien vor allem um eine Risikominimierung der Produktion durch eine hohe individuelle Stabilität der Z-Bäume. Ferner soll eine aufwandsminimierende Produktion starken und möglichst hochwertigen Stammholzes in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen erreicht werden, was neben der Realisierung konkreter Produktziele ebenfalls zur Minderung von Produktionsrisiken beitragen soll<sup>3</sup>. Mit diesen Vorstellungen korrespondiert die Ausrichtung auf eine einzelbaumbezogene Pflege und Ernte unter Integration der Naturverjüngung<sup>4</sup>.

Z-Baum-ausgerichtete Waldbauideen mit dem Ziel rascher Wertholzproduktion mit verhältnismäßig wenigen Z-Bäumen, die sich ausdrücklich auch auf Nadelbaumarten beziehen, haben in den letzten Jahren eine Weiterentwicklung erfahren und stehen seitdem in der Diskussion.<sup>5</sup> Die Umsetzung des im Wesentlichen von WILHELM, EDER und LETTER konzipierten waldbaulichen Produktionsverfahrens bei der Baumart Fichte wurde von verschiedenen wissenschaftlichen Untersuchungen begleitet, die Hinweise auf die ermittelbaren waldwachstumskundlichen, holzqualitativen und letztlich betriebswirtschaftlichen Vor- und Nachteile dieser Strategie geben. Diese umfassende Analyse soll dann zur Entscheidungsunterstützung herangezogen werden.

Im Folgenden steht daher die Baumart Fichte im Mittelpunkt der Betrachtungen. Dabei wird zunächst die waldbauliche Konzeption, auf die sich alle nachfolgenden Ausführungen beziehen, kurz vorgestellt. Der interdisziplinäre Forschungsansatz wird erläutert und die forstökonomische Problemstellung als Schwerpunkt dieser Arbeit dargestellt. Dazu ist es zunächst notwendig, die verwendete Methodik und das mit ihr korrespondierende Datenmaterial, das die Eingangsgrößen für die ökonomischen Berechnungen bildet,

---

<sup>3</sup> Vgl. hierzu Teilziele und Grundsätze zum Waldbau gemäß dem Leitbild der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz, MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ 1997: II-17. Dort wird einem „...höchstmöglichen einzelbaumbezogenen Wertzuwachs“ im Hinblick auf eine Zielstärkennutzung Priorität eingeräumt.

<sup>4</sup> Bezogen auf die rheinland-pfälzische Waldbewirtschaftung vgl. hierzu den Grundsatzterlass „Ziele und Grundsätze einer ökologischen Waldentwicklung in Rheinland-Pfalz“ (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 1993). Die waldbauliche Ausrichtung auf Z-Baum-orientierte Pflegeeingriffe in Durchforstungsbeständen bei der Fichte, wird im Erlass von 2003 geregelt (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 2003: „Z-Baum-orientierte Pflegeeingriffe in der Dimensionierungsphase“).

<sup>5</sup> Gemeint ist die Konzeption zur naturnahen Erzeugung starken Wertholzes von WILHELM, EDER und LETTER 1999: 232 ff.

vorzustellen. Anschließend werden die Ergebnisse präsentiert, diskutiert und, im Hinblick auf ihre Eignung als Grundlage einer Entscheidungsunterstützung kritisch gewertet.

Nachfolgende Abbildung zeigt den Bezugsrahmen der Arbeit.

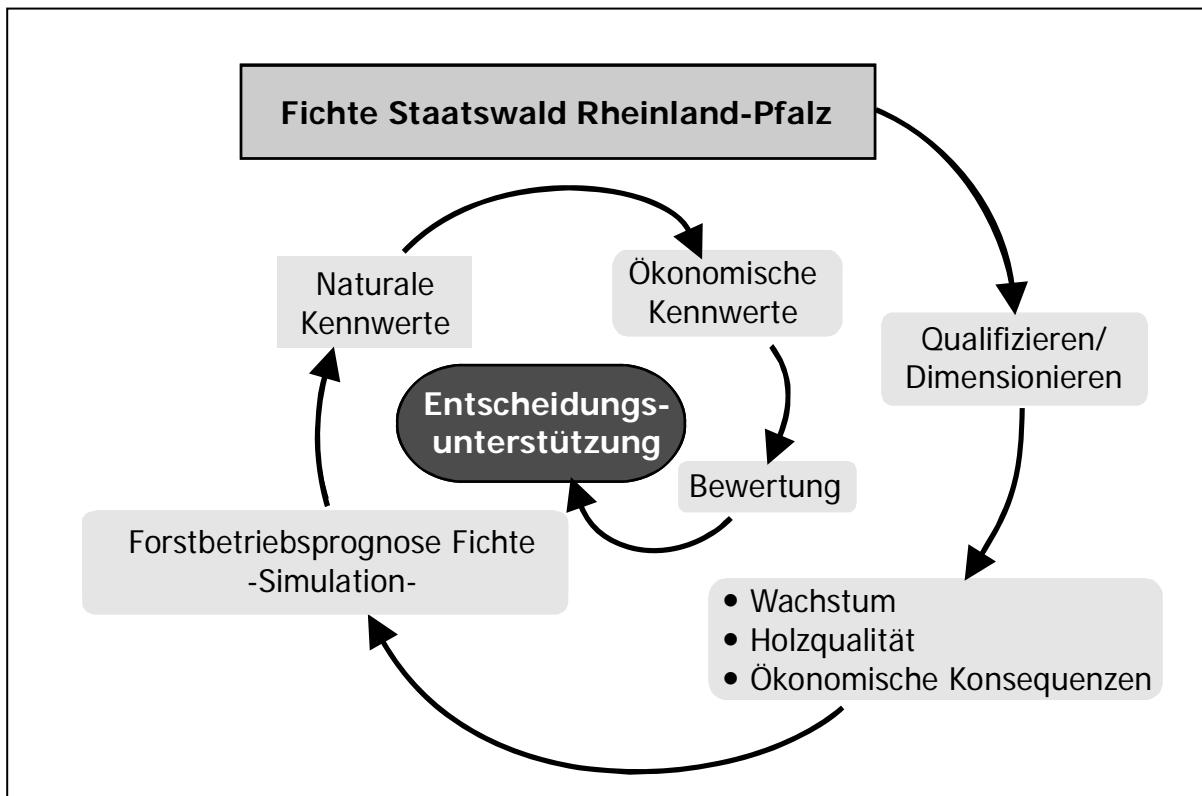


Abbildung 1: Bezugsrahmen der Arbeit

## 2. Zur waldbaulichen Konzeption

Die Eckpunkte des genannten Waldbaukonzeptes für die Baumart Fichte sind wie folgt definiert:

- Zieldurchmesserorientierung
- Astfreies Wertstammstück von rd. 25 % der zu erwartenden Endhöhe  
(s. Abbildung 2).

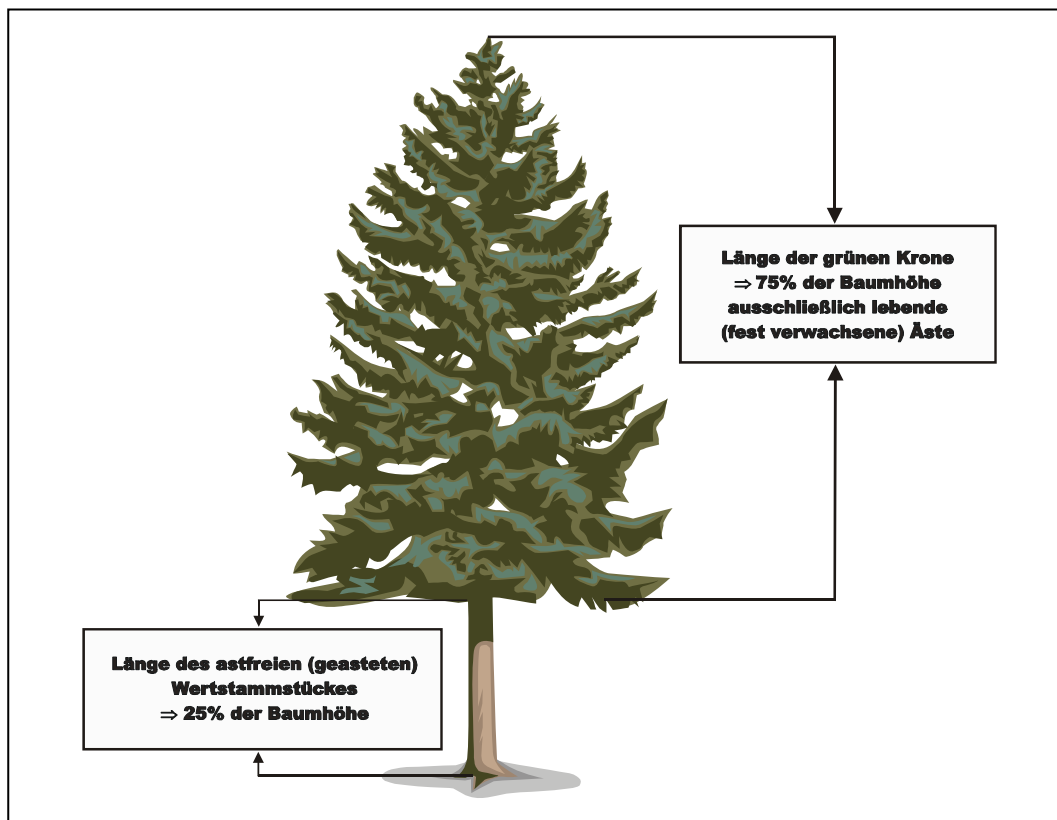


Abbildung 2: Zieltyp eines weitgehend kronenspannungsfrei gewachsenen Fichten-Z-Baumes<sup>6</sup>

Um diese Ziele zu erreichen, ist nach einer Phase der natürlichen Astreinigung (Qualifizierung) eine Trockenastung vorgesehen, sobald die Astabsterbezugszone auf 25 % der zu erwartenden Endhöhe fortgeschritten ist. Diese Astung ist integraler Bestandteil des Konzeptes, da eine natürliche Astreinigung der totasterhaltenden Baumart Fichte kaum

<sup>6</sup> Vgl. auch EBERT 2005: 788.

gegeben ist. Die Astung kann auch im untersten Grünastbereich wirken.<sup>7</sup> Nach Abschluss der Qualifizierung erfolgt eine starke und stetige Freistellung des Z-Baums mit dem Ziel, das Durchmesserwachstum auf Dauer zu forcieren und den Kronenansatz bis zum Ende der Produktionszeit konstant zu halten (Dimensionierung; vgl. HETTESHEIMER, BÖHMER, WITZ 2005)(s. Abbildung 3 und 4).

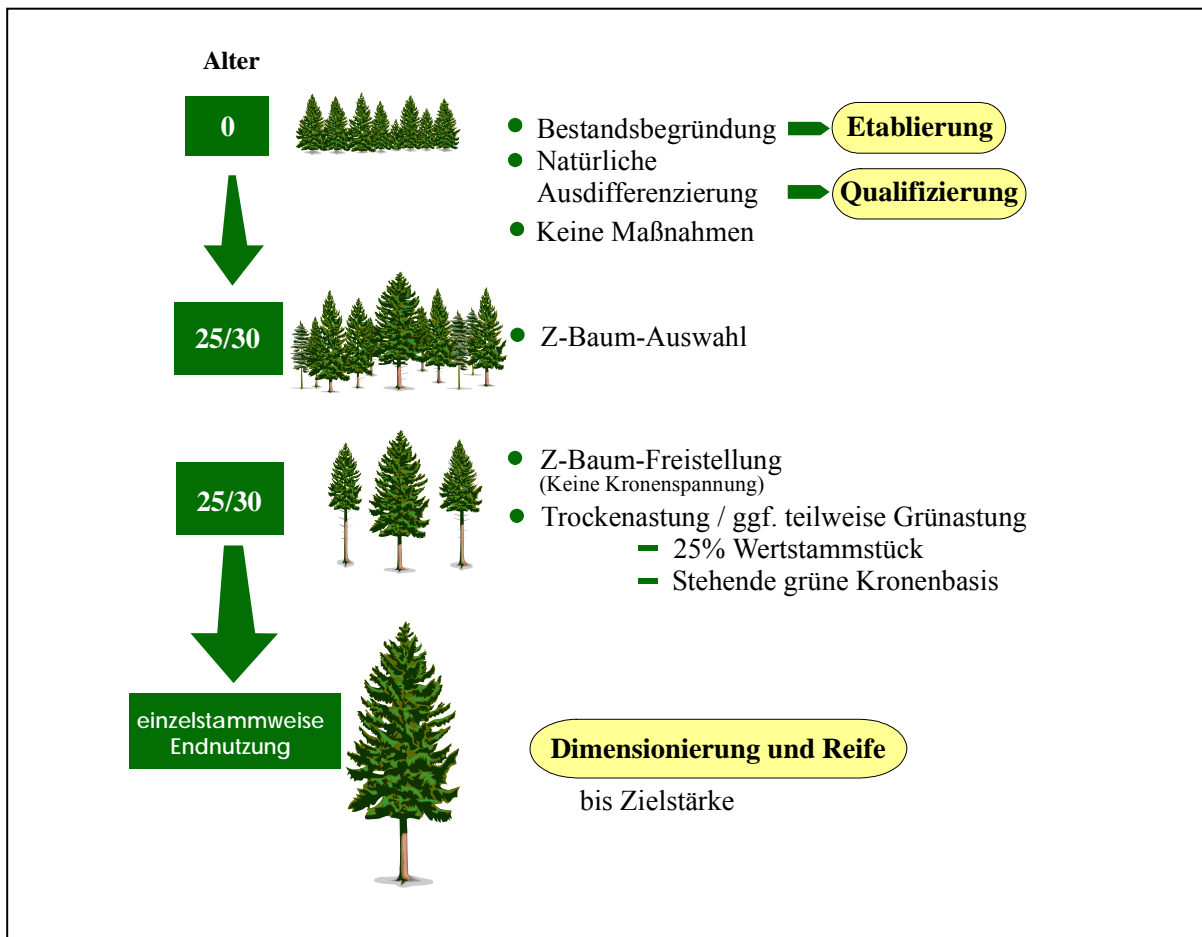


Abbildung 3: Modellhafte Darstellung der Waldbaukonzeption „Qualifizieren / Dimensionieren“

Die Z-Bäume, geprägt von niedrigen H/D-Werten, bilden lange, solitärähnliche Kronen aus. Totastzonen entstehen im Idealfall nicht, da in Folge der weitgehenden Kronenspannungsfreiheit das Aststerben und das Vorschreiten der grünen Kronenbasis nach oben aufgehalten wird (s. Abbildung 5).

<sup>7</sup> Eine derart geringe Grünastung kann als unschädlich für die Wachstumsleistung des Baumes betrachtet werden. Vgl. hierzu beispielsweise MITSCHERLICH und VON GADOW 1968: 183, nach deren Ausführungen der Verbleib einer grünen Krone von 75% als unkritisch einzustufen ist.

## Zur waldbaulichen Konzeption

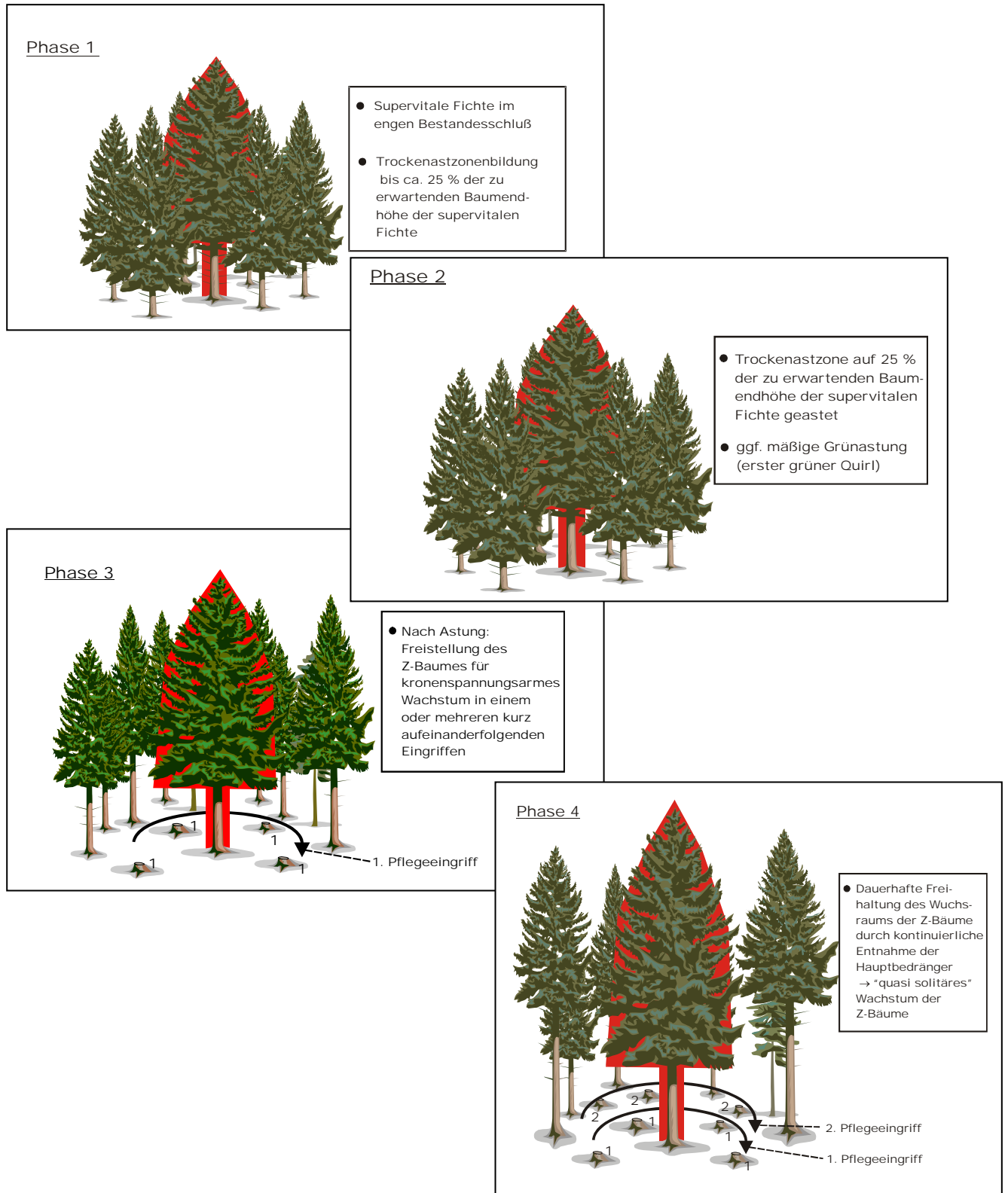


Abbildung 4: Darstellung der Z-Baum-Pflege während der Dimensionierungsphase. Eingriffsturnus je nach Konkurrenzsituation  $\pm 5$  Jahre

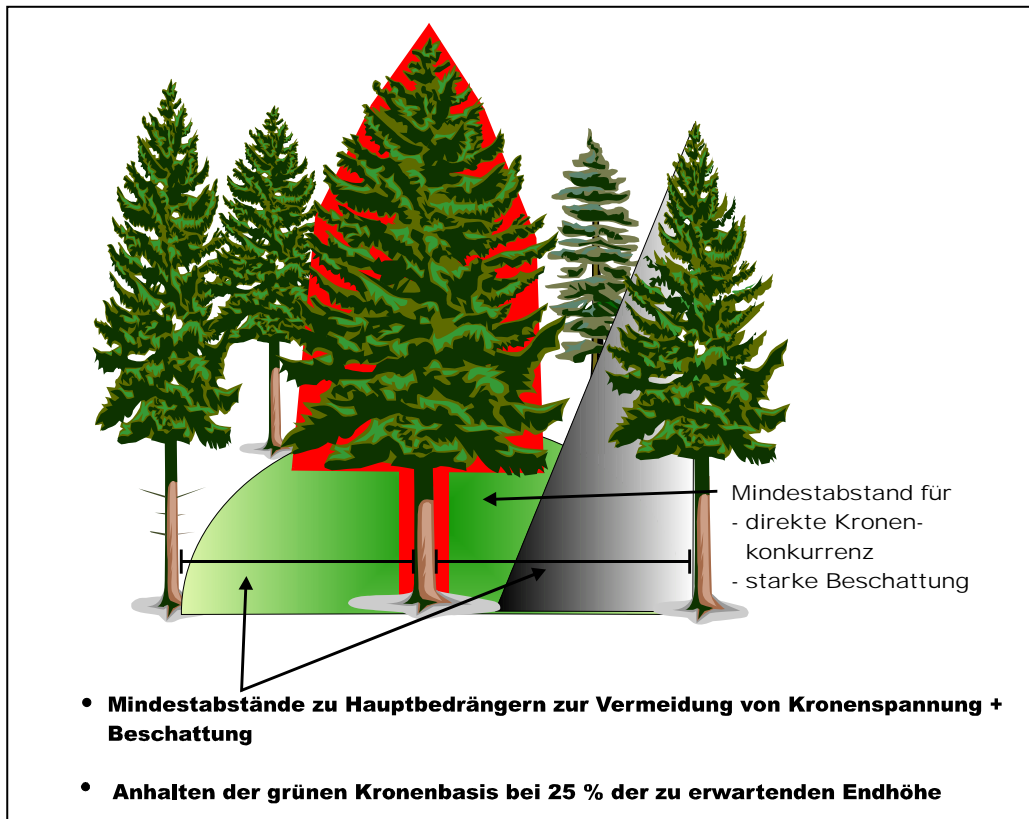


Abbildung 5: Stellung des Z-Baumes innerhalb seiner ihn unmittelbar umgebenden Konkurrenten

Die Bäume erwachsen annähernd konkurrenzfrei unter Ausschöpfung ihres einzelbaumbezogenen Wachstumspotenzials und weisen sich durch individuelle Stabilität aus.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Vgl. ausführliche Darstellung der Konzeption, v.a. das angedachte waldbauliche Vorgehen bei der Ausformung des Bestandes, der Z-Bäume und ihrer Pflege, die in die „Phase der Qualifizierung“ und „Phase der Dimensionierung“ aufgeteilt wird, bei WILHELM, EDER und LETTER 1999: 234-236. Dementsprechend wird im Folgenden abgekürzt vom Konzept „Qualifizieren/Dimensionieren (QD)“ gesprochen. An dieser Stelle sollen die *Phasen* der waldbaulichen Konzeption nur stichwortartig vorgestellt werden: Die Phase der *Etablierung* beschreibt die Entstehung und Sicherung der Verjüngung, vorzugsweise auf dem Wege der Naturverjüngung. Es schließt sich die durch Selbstdifferenzierung gekennzeichnete Phase der *Qualifizierung* in den möglichst stammzahlreichen Verjüngungen an, in der sich die durch hervorragendes Wachstum ausgezeichneten Baumindividuen herauskristallisieren und das Ausgangskollektiv künftiger Z-Bäume darstellen. In dieser Phase findet auch die konkurrenzbedingte, natürlich ablaufende Bildung und Verlagerung der Totastzone stammaufwärts statt. Erreicht diese longitudinale Zonierung etwa 25% der standortabhängig zu erwartenden Endhöhe der Fichten, sind die Bäume unter der Voraussetzung sonstiger Fehlerfreiheit als Z-Bäume zu qualifizieren. Es erfolgt eine Trockenastung, ggf. kombiniert mit einer minimalen Grünastung, zur Erzielung eines astfreien Stammstückes und die unmittelbar folgende, Konkurrenzfreiheit bewirkende Freistellung des Z-Baumes in ein bis zwei Eingriffen. In der sich nun anschließenden Phase der *Dimensionierung* ist durch regelmäßige Entnahme der jeweiligen Bedränger dafür zu sorgen, dass die grünastige Kronenbasis über das gesamte Baumleben hinweg in ihrer Position an der Stammachse verharrt. Bei einer konzeptgemäßen Länge von rd. 75% der Baumhöhe soll sie für optimale baumindividuelle Zuwachsleistungen sorgen. Hierbei steht neben der baumindividuellen Dickenleistung, die Wertleistung, gekennzeichnet durch Fehlerfreiheit und Gleichmäßigkeit der Holzproduktion des unteren astfreien Stammstückes, im Zentrum der Erwartungen. Das Produktionskonzept schließt mit der *Reifephase*

Die Z-Bäume werden durch Entnahme aller Bedränger gefördert. Der Beginn der Förderung hat unmittelbar nach Abschluss der Trockenastungsphase zu geschehen. Eingriffe im Nebenbestand jenseits der jeweils unmittelbaren Bedränger sind nicht vorgesehen. Im Ergebnis soll ein Z-Baum erzogen werden, der eine charakteristische qualitative Aufteilung seines Stammholzes in ein unteres Wertstammstück und ein darüber befindliches Stammholzstück aufweist, das sich durch Starkastigkeit lebend verwachsener Äste auszeichnet<sup>9</sup> (s. Abbildung 6).

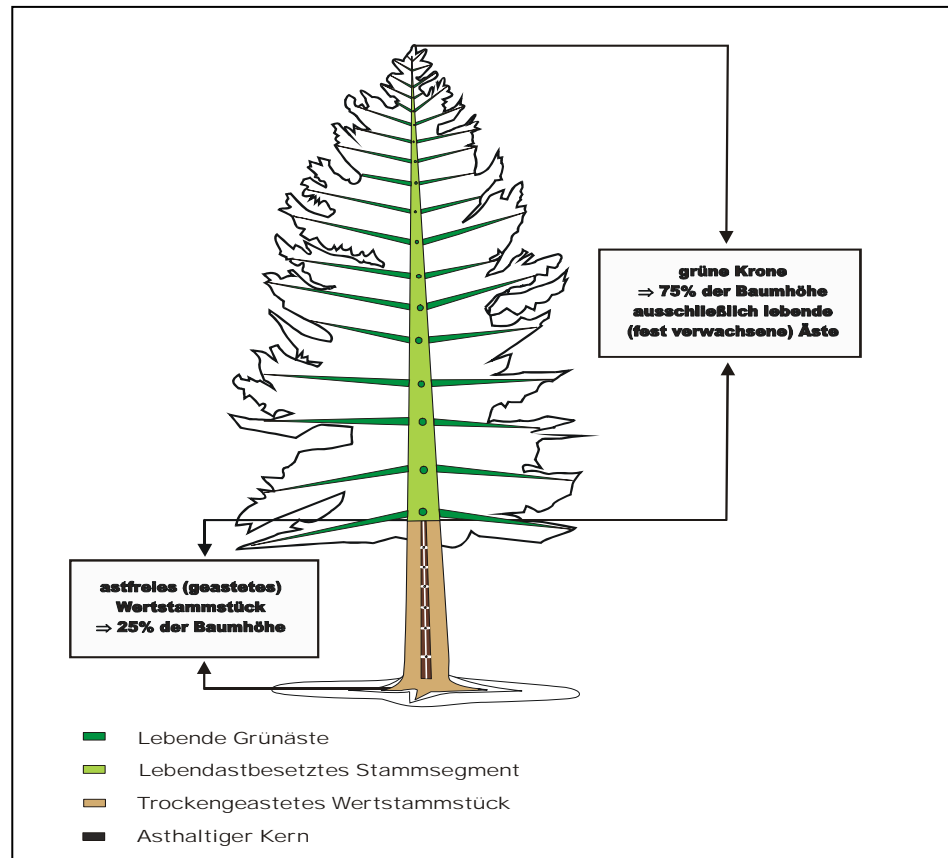


Abbildung 6: Zielstruktur des inneren Stammholzkörpers

ab, in der das natürlich gegebene Expansionsvermögen der Baumkronen zum Stillstand kommt und das Dickenwachstum der Z-Bäume in dem ihnen zugewiesenen Wuchsraum kontinuierlich vonstatten gehen kann, bis im Rahmen der einzelbaumorientierten Zielstärkennutzung Freiräume zur nachfolgenden Naturverjüngung geschaffen werden.

Eine generelle empirische Fundierung der Funktion der grünen Krone als „Wachstumsmotor“ bei Nadelbäumen liefert SPATHELF (1996, 1998). Vgl. auch SPIECKER, KAHLE 1998: 426. Danach erweist sich die relative Kronenlänge als geeigneter Weiser für die Prognose und Steuerung des Baumwachstums.

<sup>9</sup> Eine Konkretisierung der waldbaulichen und produktbezogenen Zielvorstellung, ihrer Begründung und der waldbaulichen Handlungsoptionen zur Zielerreichung im Rahmen dieser waldbaulichen Strategie liefert LETTER 2000: 4-20, der die diesbezüglichen Ausführungen der Waldbaurichtlinie des saarländischen Staatswaldes vorstellt. Ein weiteres Beispiel für eine Umsetzung des beschriebenen Waldbaukonzeptes in einen entsprechenden Erlass liefert die Bundesforstverwaltung (vgl. BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN 2002).

Der Zieltypus des Z-Baumes entspricht weitgehend dem so genannten A/C-Baum oder A/I-Baum nach SCHULZ<sup>10</sup>, der nach GRAMMEL<sup>11</sup> über einem qualitativ hochwertigen Erdstammstück einen astigen, oberen Stammteil in Kauf nimmt. Dieser A/C- oder A/I-Baum ist ein Rohholzprodukt, das Totastzonen am Stamm ausschließt<sup>12</sup>.

### **3. Vorstellung des Gesamtprojektes**

Zur Abschätzung der betrieblichen Konsequenzen infolge der veränderten biologischen Produktion bei der Fichte sowie daraus resultierender Auswirkungen für die Holzverwertung der entstehenden Produkte und der betriebswirtschaftlichen Gesamtsituation der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz, die den räumlichen Bezugsrahmen abgrenzt, sind systematische und quantitative Untersuchungen notwendig. Deshalb wurde ein Forschungsprojekt in die Wege geleitet, das eine waldwachstumskundliche, holztechnologische sowie eine forstökonomische Komponente beinhaltet<sup>13</sup> (s. Abbildung 7).

---

<sup>10</sup> SCHULZ 1988: 50-79. Vgl. zum Themenbereich „Wert und Holzqualität“ auch SCHULZ 1977: 741-743.

<sup>11</sup> GRAMMEL 1990: 120-129

<sup>12</sup> Eine ausgesprochen ähnliche Sichtweise der Lenkung forstlicher Produktion am einzelnen Baum mittels individualisierter Pflege skizziert EBERT bereits 1993: 721-723 sowie mit seiner Abhandlung zur „Zielbaumerziehung“ 1999: 402-405. Gerade hinsichtlich der Kronenausformung des Z-Baumes und seines Wertstammstückes liegt hier Deckungsgleichheit mit den Vorstellungen von WILHELM, EDER und LETTER vor. Bei EBERT ist allerdings noch vom „klassischen“ Begriff der Durchforstung die Rede, vom dem sich die letztgenannten Autoren verabschiedet haben, da sie mit ihm eine flächenbezogene Betrachtung waldbaulichen Handelns in Verbindung bringen, die mit ihrer Einzelbaumkonzeption und -pflege nicht in Einklang zu bringen sei.

<sup>13</sup> Die waldwachstumskundlichen Untersuchungen wurden im Rahmen eines Forschungsauftrages vom LEHRSTUHL FÜR WALDWACHSTUM UND SYSTEMANALYSE DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN unter Leitung von PROF. DR. H. PRETZSCH durchgeführt. Die holztechnologischen Studien wurden ebenfalls auf der Grundlage eines Forschungsauftrages vom INSTITUT FÜR FORSTBENUTZUNG UND FORSTLICHE ARBEITSWISSENSCHAFT DER UNIVERSITÄT FREIBURG unter Leitung von PROF. DR. DR. H. C. G. BECKER bearbeitet. Die Federführung und Koordination des Gesamtprojektes oblag der FORSCHUNGSANSTALT FÜR WALDÖKOLOGIE UND FORSTWIRTSCHAFT RHEINLAND-PFALZ.



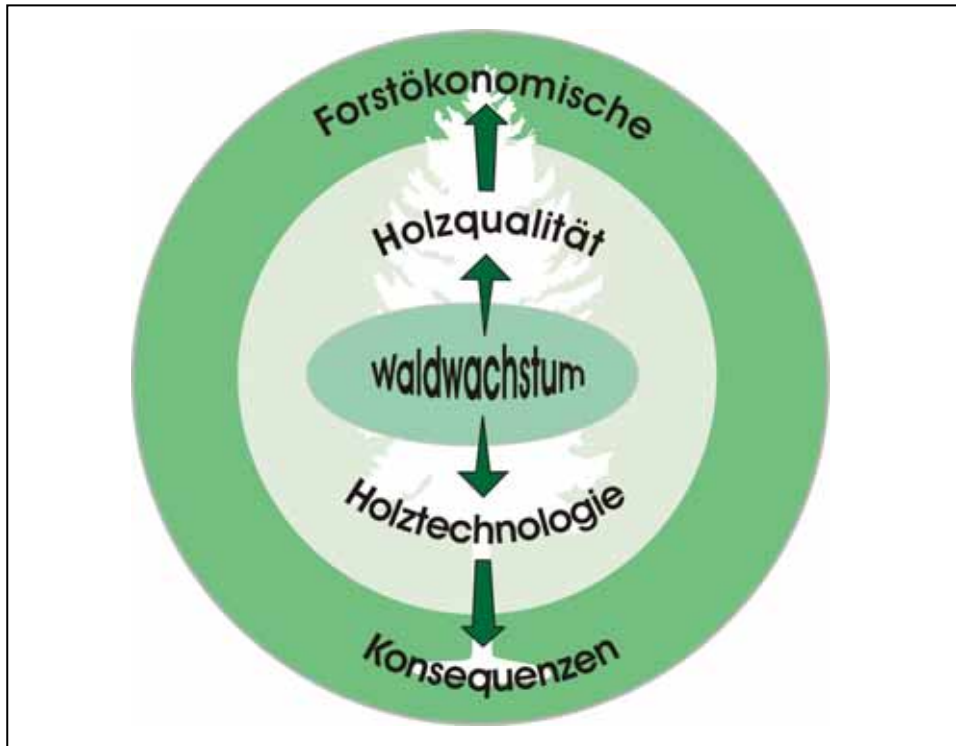


Abbildung 7: Aufeinander aufbauende Module des Gesamtprojekts

Ausgehend von diesen drei Modulen werden zunächst die Teilprojekte *Waldwachstum* und *Holzeigenschaften* kurz vorgestellt. Auf sie wird im weiteren Verlauf dieser Abhandlung stets Bezug genommen, sobald inhaltliche Verknüpfungen zu den Ergebnissen dieser Teilprojekte aus Sicht des hier zu behandelnden ökonomischen Projektmoduls nötig werden. Es erfolgt jedoch keine umfassende Darstellung aller Ergebnisse dieser Projekte, wie sie in den dazu erarbeiteten Forschungsberichten niedergelegt sind. Dies würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Zur ausführlichen Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der Teilprojekte *Waldwachstum* bzw. *Holzeigenschaften* wird auf die entsprechenden Forschungsberichte von SEIFERT, SCHERMER und PRETZSCH 2002 sowie RECK, SEELING und BECKER 2002 verwiesen. Ebenso wird die Dissertation von RECK 2002 empfohlen, die auf der Grundlage der holzkundlichen Forschungsergebnisse angefertigt wurde.

### 3.1 Teilprojekt Waldwachstum: Methodik und Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse<sup>15</sup>

Untersuchungen bezüglich der vorgestellten Waldbaukonzeption bei der Baumart Fichte sind bisher nicht durchgeführt worden.<sup>16</sup> Untersuchungsergebnisse anderer waldbaulicher Behandlungsmodelle (z.B. Hochdurchforstung, „Solitärprogramm 1987“<sup>17</sup>) können nicht oder nur annähernd extrapoliert werden. Deshalb sollten die wesentlichen Wachstumsparameter an weitgehend kronenspannungsarm gewachsenen Fichten erfasst werden.

#### 3.1.1. Material und Methode

Für die Untersuchung wurden Bäume mit langer grüner Krone und großem Durchmesser gewählt, die nach okularer Einschätzung sowie ggf. aufgrund der dokumentierten Bestandesgeschichte in Forsteinrichtungswerken oder Versuchsakten nach einer Dichtstandsphase eine deutliche Freistellung erfahren haben. Bäume des gesuchten Typs fanden sich vor allem in Beständen, die in der Jugend durch Schneebruch stark aufgelichtet worden waren.

Zu Beginn der Aufnahmen wurden der zu entnehmende Probebaum und diejenigen Konkurrenten bestimmt, die im Kronenraum angrenzten bzw. die Kronenentwicklung des Probebaumes durch Lichtkonkurrenz beeinflussen konnten (vgl. Abbildung 4). Die Positionen und Brusthöhendurchmesser aller Bäume wurden erfasst sowie an allen Konkurrenzbaumen die Baumhöhe, die Höhe des Grünquirlansatzes (der unterste Quirl, der mindestens drei grüne

---

<sup>15</sup> Die nachfolgenden Ausführungen sind überwiegend den Veröffentlichungen von SEIFERT, PRETZSCH und BÜCKING 2003a/2003b entnommen worden.

<sup>16</sup> Untersuchungen von Fichten aus derart behandelten Beständen mit einer Dichtstandsphase und einer folgenden dauerhaften Freistellung sind rar (GLOS, TRATZMILLER 1997, SEELING 2001) und decken nicht die ausgeprägte Freistellung der neuen Konzepte ab. Fichten mit solchen Freistellungsgraden nach einer Dichtstandsphase würden in ihrem Habitus „Mittelwaldfichten“ ähneln, wie sie beispielsweise von SURBER (1950) und LEIBUNDGUT (1971, 1989) beschrieben wurden. Untersuchungsergebnisse aus weitständigen Z-Baum-Verfahren (ABETZ 1987, ABETZ, LÄSSIG 1989, ABETZ, UNFRIED 1983, EBERT 1993, KENK 1990, KRAMER et al. 1970) weisen in der Regel keine längere Phase des Dichtstands und keine derart starke Freistellung über lange Zeit auf. Mit wenigen Ausnahmen (z. B. BUES 1996, MOSANDL et al. 1995) stammen die Ergebnisse von jüngeren Bäumen, die den jeweiligen Zieldurchmesser noch nicht erreicht hatten. Solitäruntersuchungen (HANSENAUER 1997, LÄSSIG 1991, STIEFVATER 1982) bieten zwar Bäume mit konkurrenzfreiem Wachstum, doch auch hier fehlt eine anfängliche Phase des Dichtstandes.

<sup>17</sup> Vgl. STEINLE 1989: 1243, ABETZ 1987: 1172, ABETZ und LÄSSIG 1989: 714-716, LÄSSIG 1991

## Vorstellung des Gesamtprojekts

Äste besitzt), die Kronenansatzhöhe (unterster grüner Ast) und die Totastansatzhöhe ermittelt. Die Erfassung der Kronenstruktur am stehenden Baum wurde durch die Kronenablotung der Konkurrenten und des zentralen Probebaumes in acht Himmelsrichtungen komplettiert. Nach der Fällung des jeweiligen Probebaumes wurden die Triebblängen und die Stammdurchmesser der Stammachse in der Mitte des jeweiligen Internodiums vermessen. Die Liegendaufnahme umfasste ebenfalls die Höhe des letzten Quirls mit mindestens einem grünen Ast, also die Kronenansatzhöhe (KA), die Höhe des Grünquirlansatzes, die untere Grenze des Totastbereiches (TAA) sowie die Grenze von Licht- zur Intermediär- bzw. Schattenkrone, welche über die Nadelmorphologie bestimmt wurde. Weiterhin erfolgte bei jedem Ast eine Messung des Astdurchmessers am Astansatz.

Bundesland	Baden-Württemberg			Hessen		Rheinland-Pfalz				Vergleichskollektiv
	Revier/Waldort	Schönau	St. Märgen / St. Peter	Ötzbach	Romrod	Reinhardshain	Allenbach	Bruchweiler	Beuren	
Baumzahl	6	9	2	1	2	6	4	4	1	9
Höhe [m ü.NN]	340-350	1000	260-330	345-355	290-300	650-680	695-715	625-650	530-575	540
Höhenstufe	subm.	montan	kollin/subm.	sub-montan	sub-montan	montan	montan	montan	sub-montan	sub-montan
Geologie	mittl. Buntsandstein	Paragneis, per. Schuttdecken	Gneis, z.T. m. Lössauflagen	Basalt mit Lösslehm	Löss	Quarzite	Quarzite	Quarzite	alluvialer Gehängeschutt	Tertiäre Lehme mit Lössauflage
Bodenfrische	mäßig frisch	mäßig frisch	mäßig frisch bis frisch	wechsel-feucht	frisch	mäßig frisch bis frisch	vernässend	frisch	frisch	frisch
Nährstoffversorgung	mesotroph	mesotroph	mesotroph - eutroph	eutroph	mesotroph	Oligotroph	oligotroph	oligotroph	oligotroph	eutroph
Niederschl. [mm/J]	1100	1850	900-1000	650	750	1100	>950	>950	750-950	850
Altersrahmen	95-98	64-130	114-119	138	51-129	78-80	122-136	93-110	130	95
Freistellungsalter	32-35	24/44-52/90	solitär-ähnlich erwachsen	solitär-ähnlich erwachsen	keine Angabe	15-17	59-73	38-50	solitär-ähnlich erwachsen	-

Tabelle 1: Beschreibung der Herkunftsbestände der Probebäume (nach RECK et al. 2002) und des Vergleichsbestandes Höglwald (KREUTZER et al. 1991)

Von den 35 Probebäumen stammen 15 aus Rheinland-Pfalz, 3 aus Hessen und 17 aus Baden-Württemberg (s. Tabelle 1). Als Vergleichskollektiv traditionell behandelte Bäume (Niederdurchforstung) werden Fichten von Versuchsflächen aus dem Höglwald (Bestände auf wüchsigen, tertiären Lehmstandorten in Oberbayern) herangezogen, die bei der Diskussion der waldwachstumskundlichen Baummerkmale den hier untersuchten Fichten gegenübergestellt werden.

### **3.1.2 Kurzfassung der wesentlichen Ergebnisse und Diskussion**

#### **3.1.2.1 Morphometrische Merkmale**

Das Gesamtspektrum der Baumhöhen im Probekollektiv mit seinen durchaus verschiedenen Standorten (s. Tabelle 1) reicht von 27,8 bis 40,2 m und liegt im Mittel bei 34,2 m (s. Abbildung 8). Die Höhen der 95 Jahre alten Bäume aus dem Vergleichskollektiv Höglwald streuen von 33,6 m bis 37,9 m um einen Mittelwert von 36,6 m. Aus den Höhen und dem Alter errechnet sich ein mittlerer jährlicher Höhenzuwachs von 0,32 m für die Probebäume und 0,38 m für das Vergleichskollektiv. Um vergleichbare altersbezogene Aussagen zu erhalten, werden über Stammanalysen die Baumhöhen im Alter 80 hergeleitet, da fast alle Probebäume dieses Alter erreichten. Die jährliche Höhenwuchsleistung beträgt in den Gruppen Schönau und Allenbach ca. 0,41 m und bei den übrigen Gruppen ca. 0,35 m. Die jährliche Höhenwuchsleistung im Höglwald liegt mit ca. 0,38 m im Mittelfeld der beobachteten Werte, ist jedoch eher mit den Flächen Schönau und Allenbach vergleichbar. LÄSSIG (1991: 48 ff.) gibt für Solitärfichten von der Schwäbischen Alb im Alter 80 eine Höhe von ca. 27 m bei einem mittleren jährlichen Zuwachs von 0,34 m an. Sein Zuwachswert entspricht somit in etwa den beobachteten jährlichen Höhenzuwächsen bei den Fichten aus Hessen, St. Märgen, Ötzbach, Bruchweiler und Beuren. Insgesamt zeigen die beobachteten Höhenwerte im Vergleich zu den Bestandes- und Solitärfichten keine auffällige Abweichung. Dies belegt den mäßigen Einfluss der Bestandesbehandlung und des Wuchsräume auf die Höhenentwicklung von Fichten. Untersuchungen von LÄSSIG (1991), STIEFVATER (1982) sowie KRAMER et al. (1970) an Solitärfichten unterschiedlichen Alters zeigen, dass die Höhenentwicklung von Fichtensolitären denen von Bestandesreferenzbäumen weitgehend gleichen.

Beim Brusthöhendurchmesser kommt es bei den Probebäumen zu einer Streuung der einzelnen Werte von 54,0 cm bis 106,5 cm, bei einem Mittelwert von 70,1 cm und einer Standardabweichung von 10,1 cm. Abbildung 8 zeigt, dass sich die "box", also der Bereich mit 50 % der Gesamtwerte, für die meisten Flächen zwischen ca. 62 cm und 80 cm befindet. Eine Ausnahme bildet lediglich das aus drei sehr unterschiedlichen Bäumen bestehende Teilkollektiv aus Hessen. Werden die BHD-Werte aus dem Vergleichskollektiv Höglwald den etwa gleichaltrigen beprobten Bäumen aus Schönau, Beuren und St. Märgen gegenüber

gestellt, so weisen die weitgehend kronenspannungsarm erzeugten Fichten einen bis zu 1,5fach höheren Brusthöhendurchmesser auf.

Das in direktem Zusammenhang zur Höhe und zum BHD stehende H/D-Verhältnis streut bei den Probestämmen von 36,0 – 67,5 (49,9 im Mittel, bei einer Standardabweichung von 7,2) und liegt damit deutlich unter dem Schlankheitsgrad der Bestandesbäume im Höglwald, der sich im Bereich von 66,6 – 91,5 (79,2 im Mittel) bewegt.

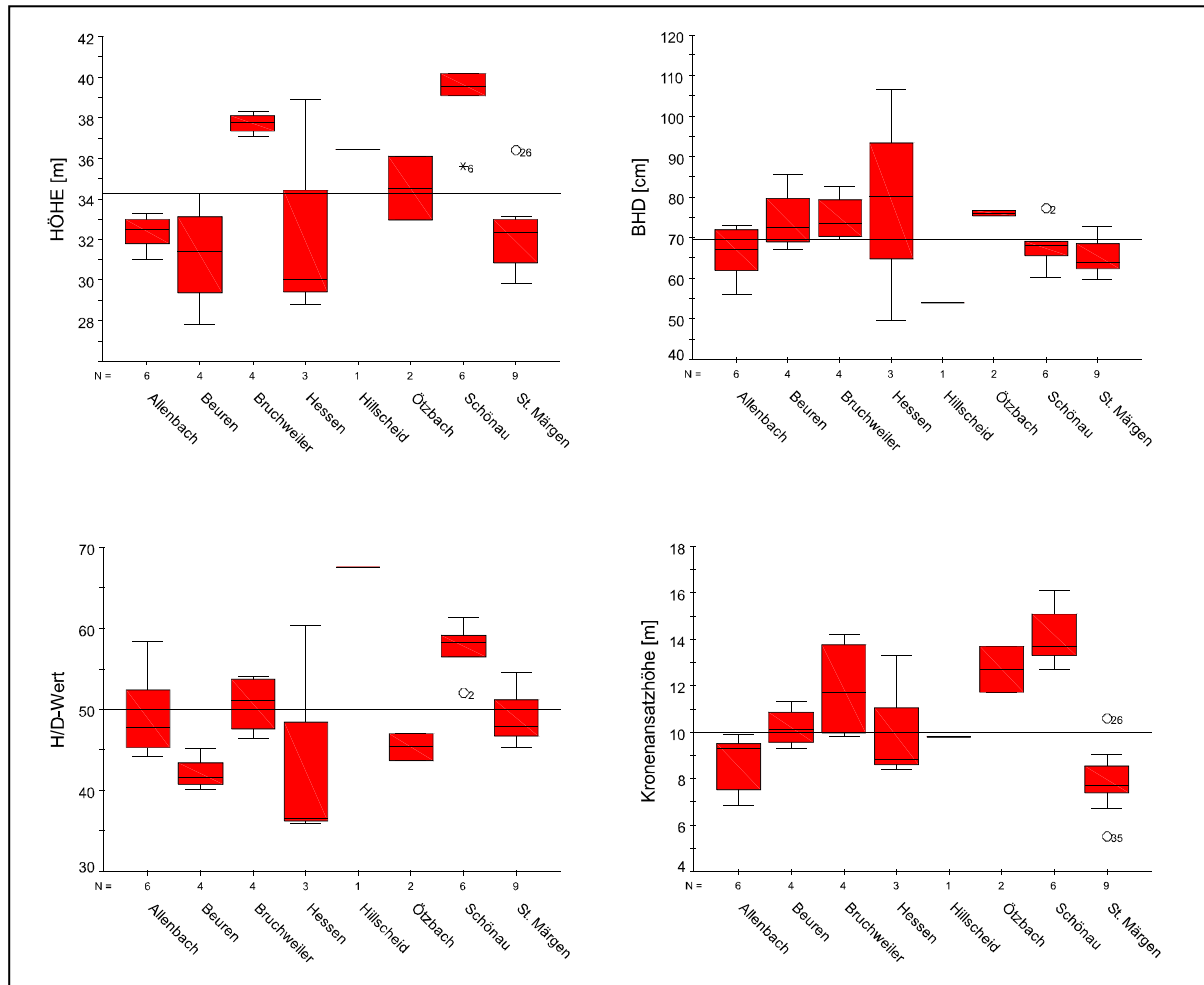


Abbildung 8: Box-Whisker-Abbildungen zu den Parametern Höhe, BHD, H/D-Wert und Kronenansatz<sup>18</sup>

Der Kronenansatz wurde in den Messungen u.a. durch den ersten grünen Ast (KA) charakterisiert. Im Mittel über alle Bäume liegt der KA bei 10,3 m (s. Abbildung 8).

<sup>18</sup> Die „box“ grenzt den Hälftespielraum (entspricht 50 % aller Werte) ein, während sich die „whiskers“ bis zum kleinsten bzw. größten Messwert erstrecken. Der innerhalb der „box“ eingezeichnete Median repräsentiert die Grenze zwischen den oberen und den unteren 50 % der Werte. Über seine Lage im 50 %-Interquartilsbereich der „box“ gibt er Aufschluss über eine schiefe oder symmetrische Verteilung der Messwerte. Eventuelle Ausreißer sind als einzelne Punkte dargestellt.

Zwischen den ausgeschiedenen Gruppen der Probefichten sind Unterschiede feststellbar. So liegt der mittlere KA der Versuchsfichten auf der Fläche Schönau ca. 5 m über dem mittleren KA der übrigen Versuchsflächen. Das Vergleichskollektiv Höglwald weist erwartungsgemäß höhere Kronenansatzhöhen auf. Der Streubereich des KA bewegt sich von 18,5 bis 25 m (22,9 m im Mittel). Es zeigt sich, dass der KA aus dem Vergleichskollektiv etwa 12 m über denen der beprobten Fichten liegt.

Das Kronenprozent in Bezug auf den KA liegt bei den Entnahmefichten zwischen 57,6 und 83,3 % und im Mittel bei 70 %.

Die Spreitung bzw. der Spreitungsgrad wird nach ASSMANN (1961) als Maß für die Auslage der Krone herangezogen. Bestimmt wird sie als Verhältnis der Kronenbreite zur Baumhöhe. Bei der Spreitung kommt es bei den Probebäumen zu einer Streuung der einzelnen Werte von 0,19 bis 0,42 bei einem Mittelwert von 0,29 (s. Abbildung 9). Im Vergleichskollektiv Höglwald liegt der Spreitungsgrad in einem Bereich von 0,11 bis 0,15 bei einem Mittelwert von 0,12. Damit besitzen die Probefichten im Vergleich zu den traditionell behandelten Bestandesbäumen aus dem Höglwald deutlich breitere Kronen in Relation zu ihrer Baumhöhe. Ihr mittlerer Spreitungsgrad beträgt etwa das 2,4fache der Bestandesbäume.

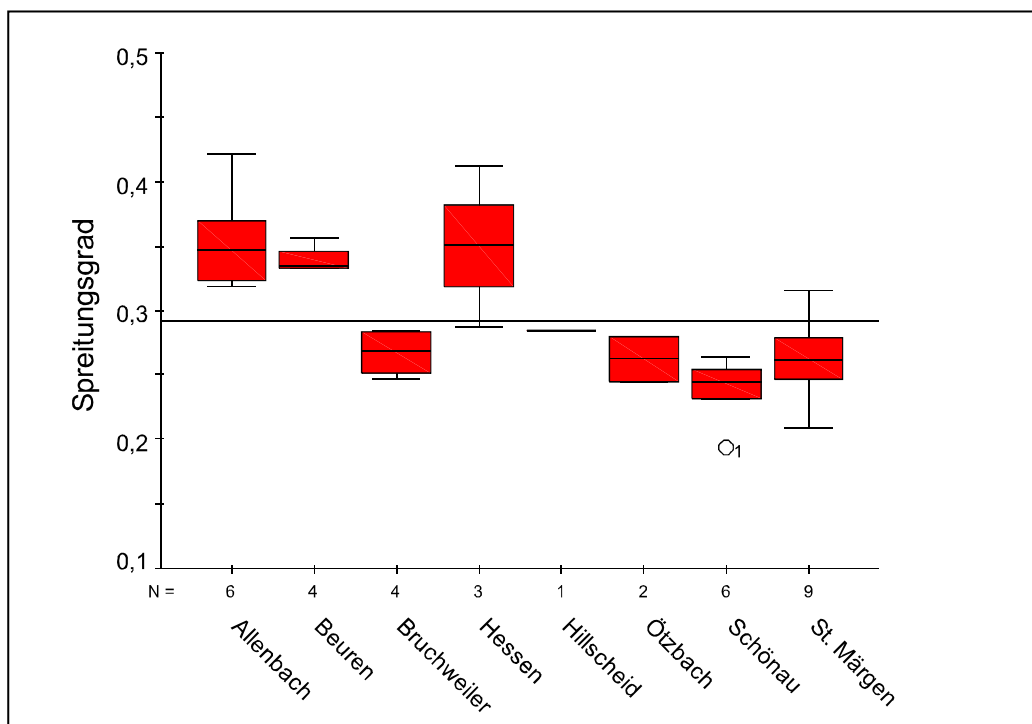


Abbildung 9: Spreitungsgrade der Probebäume

Fast alle Bäume erreichen im Höhenwachstum trotz zum Teil suboptimaler Standorte das Niveau der I. Ertragsklasse nach WIEDEMANN (1942) (als Beispiel siehe Abbildung 10).

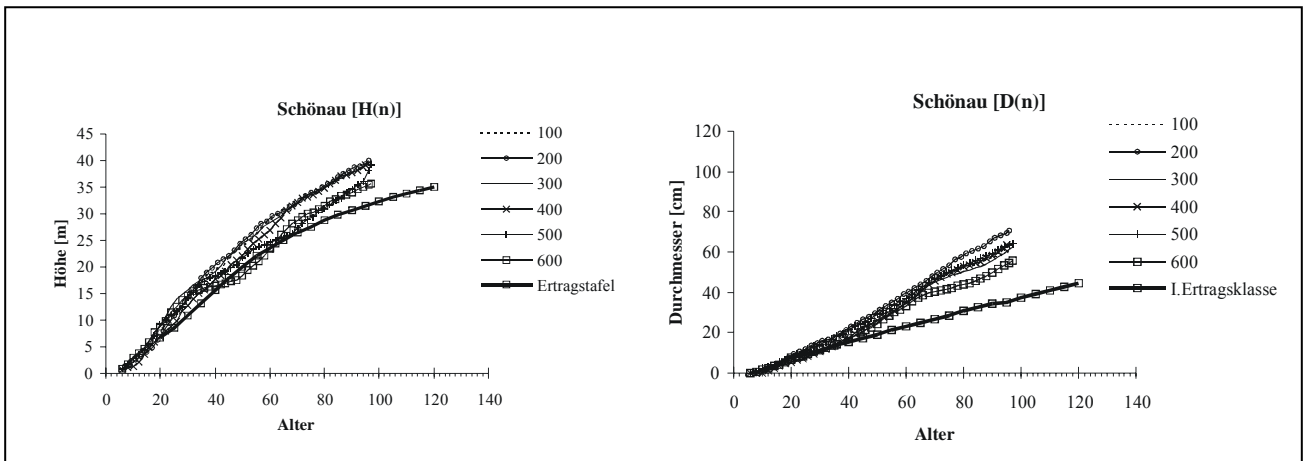


Abbildung 10: Höhen- und Durchmesserwachstum der Probebäume (Nr. 100 bis 600) aus Schönau

Eine Depression des Höhenwachstums durch die lang andauernde Freistellung der Probebäume war nicht festzustellen. Das Durchmesserwachstum liegt auf allen Standorten über den Referenzwerten der I. Ertragsklasse der WIEDEMANN-Ertragstafel (1942, mäßige Durchforstung), wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich bei den Ertragstafelwerten um die Zuwächse des Grundflächenmittelstammes handelt, während die Probebäume als vorherrschende Individuen eingestuft werden müssen. Bei den Durchmesserzuwächsen der Probefichten fällt auf den ersten Blick auf, dass sie von dem typischen Zuwachsverlauf (Aufschwung-Vollkraft-Abschwung), wie ihn ASSMANN (1961) für Bestandesfichten beschreibt, abweichen. Der Probebaum 700 aus Allenbach zeigt dies in besonders prägnanter Weise (s. Abbildung 11). Anstatt ab einem Alter von etwa 30 Jahren einen abfallenden Durchmesserzuwachs zu zeigen, weist der Baum bis in ein Alter von 80 Jahren einen ziemlich konstanten Zuwachs auf. Derselbe Sachverhalt zeigt sich bei der Volumenentwicklung.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Vgl. hierzu auch SCHMITT 1994: 21, 26

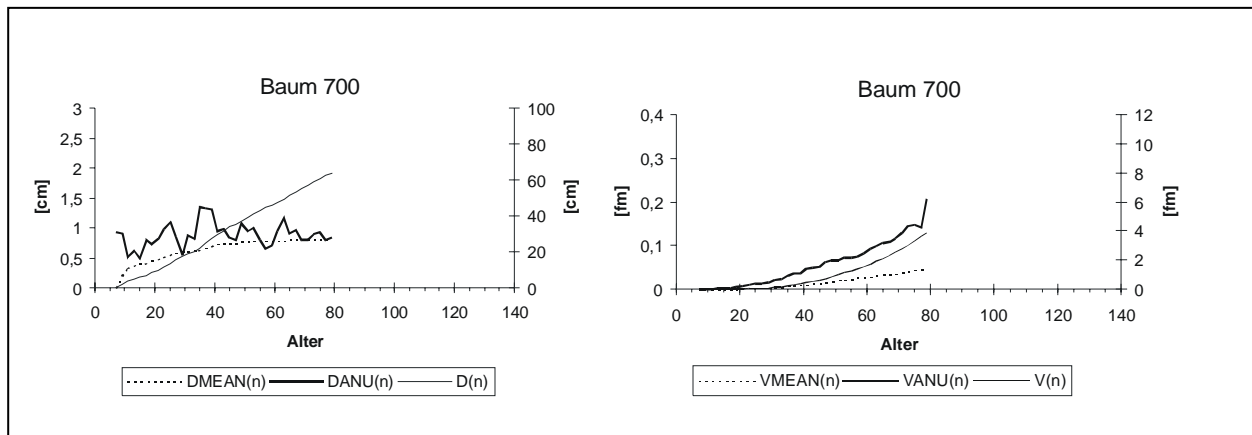


Abbildung 11: Durchmesser- und Volumenzuwachs des Baumes 700 aus Allenbach

(D/VMEAN = mittl. Durchmesser- /Volumenzuwachs; D/VANU = jährl. Durchmesser-/ Volumenzuwachs;  
D = Durchmesserwachstum, V= Volumenzuwachstum<sup>20</sup>)

Die starke Freistellung hat im Vergleich zu den Bestandesbäumen deutlich größere Kronendimensionen bei den Probefichten (Spreitungsgrad 240 %, Ausladungsverhältnis 140 %, Kronenprozentage bei 210 % der Bestandesbäume des Vergleichskollektivs Höglwald) zur Folge, die zu einer Verzögerung der alterstypischen Abschwungphase führen, so dass der Zuwachs von Durchmesser und Volumen bis ins höhere Alter auf beachtlichem Niveau konstant bleibt.

Im Vergleich der Schlankheitsgrade mit den von LÄSSIG (1991) untersuchten Solitär-Fichten wird deutlich, dass die Solitäre bei einem mittleren Alter von 90 Jahren mit einem H/D-Wert von ca. 40 noch niedrigere Schlankheitsgrade aufweisen als die hier untersuchten Probefichten.

Die meist durch Zufallsereignisse (v. a. Schneebruch bei den Konkurrenten) eingeleitete starke, nachhaltige Freistellung der Probebäume hat zu einem Baumtypus geführt, der solitärähnliche morphometrische Merkmale besitzt, ohne jedoch in derselben Zeit maximale Durchmesser von Solitär-fichten zu erreichen. Die lange grüne Krone führt allerdings zu einer bemerkenswerten dauerhaften Förderung des Durchmesser- und Volumenzuwachses, so dass diese Fichten im Durchmesser- und Volumenzuwachs auf Einzelbaumebene niederdurchforstungsartig behandelte Bestandesbäume weit übertreffen.

<sup>20</sup> Vgl. ähnliche Trends z.B. bei SPIECKER 1986: 159. Er führt aus, dass von ihm untersuchte Fichten mit Kronenanteilen von mindestens 50 % der Baumlänge ihren Durchmesserzuwachs über einen Zeitraum von 35 Jahren steigern konnten. Somit wirkten sie dem Alterstrend entgegen.



Die ausgewerteten Messergebnisse bestätigen also innerhalb eines Streubereichs ein zielkonformes Wachstum der Probestämme, so dass sie als „Prototypen“ des vorgestellten Waldbaukonzeptes und seiner wachstumsbezogenen Zielsetzungen gelten können.

Das gewonnene Datenmaterial sowie die daraus abgeleiteten biometrischen Beziehungen konnten in geeigneter Form als Algorithmen in den Wachstumssimulator SILVA 2.2<sup>21</sup> implementiert werden.

### **3.1.2.2 Jahrringbreiten, Abholzigkeit und äußere Astigkeit**

Jahrringaufbau, Abholzigkeit und Astigkeit stellen sowohl Parameter zur Charakterisierung des Wachstums wie auch qualitätsrelevante Größen zur Beurteilung von Rundholz dar (RECK et al. 2002, SCHUMACHER et al. 1997, SEELING 2001, TAFFÉ 1955). Weil das Waldbaukonzept, das dieser Untersuchung zugrunde liegt, in besonderer Weise auf die Erziehung von Wertholz im unteren Stammbereich von Fichten-Z-Bäumen setzt, kommt auch der Betrachtung äußerer qualitätsrelevanter Parameter eine Bedeutung zu.

Auswertungen der Zuwächse über die jeweils ganzen Stämme<sup>22</sup> der Probestämme ergeben mittlere Jahrringbreiten von 3,4 mm bei einer Standardabweichung von 1,4 mm. Im Mittel liegen die Jahrringbreiten des Gesamtkollektives also im „wertholztauglichen“ Bereich, nach der europäischen Rundholznorm ENV 1927-1. Einige Bäume überschreiten bezüglich ihrer Einzelbaummittelwerte jedoch die Grenze von 4 mm. Über die gesamte untersuchte Stammlänge des Probestammkollektives kommen minimale Jahrringbreiten von 0,3 mm und maximale Jahrringbreiten von 13,7 mm vor. Die maximalen Jahrringbreiten stammen in der Regel vom Stammfuß. Allerdings besteht die Gefahr, dass gerade die Jahrringbreiten des unteren Stammendes bei der Rundholzsortierung als Referenz betrachtet werden. Gliedert man die Bäume in Entnahmekollektive, lassen sich Allenbach, Schönau und St. Märgen / St. Peter als die Probestflächen mit den höchsten Radialzuwächsen identifizieren (vgl. Tabelle 2), wobei es sich hierbei um die Flächen mit den höchsten Jahresniederschlagswerten handelt (vgl. Tabelle 2 bzw. WERNSDÖRFER 2001: 25).

---

<sup>21</sup> Zur ausführlichen Beschreibung der Grundlagen und Möglichkeiten der Modellierung des Waldwachstums, insbesondere auch des Aufbaus des Waldwachstumssimulators SILVA sowie seiner Anwendungsmöglichkeiten vgl. PRETZSCH 2001, hier v.a.: 193-253 und die dort genannte Literatur.

<sup>22</sup> Inklusive dem juvenilen Holz

Gruppe	Probebaum	Einzelbaummittel	Gruppenmittel
Schönau	100	3,69	3,77
	200	4,15	
	300	3,83	
	400	3,97	
	500	3,74	
	600	3,27	
Allenbach	700	4,42	4,08
	800	4,50	
	900	4,28	
	1000	3,82	
	1100	3,87	
	1200	3,57	
Romrod / Reinhardshain	1300	4,11	3,69
	1400	2,45	
	1500	4,52	
Bruchweiler	1600	2,65	2,70
	1700	2,61	
	1800	3,15	
	1900	2,40	
Beuren / Hillscheid	2000	4,80	3,68
	2100	3,59	
	2200	3,22	
	2300	4,15	
	2400	2,65	
St. Märgen / St. Peter	10088	4,10	3,86
	20088	5,97	
	30088	2,49	
	40088	3,77	
	50088	3,47	
	60088	3,61	
	70088	4,09	
	80088	3,63	
	90088	3,63	
Ötzbach	100088	2,99	3,13
	110088	3,27	

Tabelle 2: Mittlere Jahrringbreiten (mm) der einzelnen Probebäume und Mittel je Kollektiv bis zum Alter 80 (Referenzalter für den Vergleich, da dieses Alter von allen Kollektiven erreicht wird)

Einen Vergleich mit veröffentlichten Angaben zu Jahrringbreiten von Fichtenuntersuchungen, deren Bäume ein vergleichbares, über lange Zeiträume unbedrängtes Wachstum vorweisen, liefert Tabelle 3. Es zeigt sich, dass die mittleren Jahrringbreiten der hier untersuchten

Probebäume in den aus der Literatur bekannten Werterahmen eingeordnet werden können. Die größten Jahrringbreiten finden sich bei den Probebäumen, wie auch bei den Vergleichsangaben, in jüngeren Baumaltern. Direkt vergleichbar sind deshalb nur Bäume gleichen Alters.

Autor	Fichtentyp	Herkunft	Jahrringbreite	
			Max (mm)	Ø (mm)
BUES (1996)	„geschneitete“ Fichten mit großen Standräumen	Frankenwald	6 (Alter 36)	4,6 (bis Alter 20) 3,1 (Alter 21-60) 2,2 (Alter 81-100) 2,3 (Alter 101-120)
SPIECKER (1986)	Plenterwaldfichten (Baumholz)	Schwarzwald	-	2,5 – 3,5
SURBER (1950)	Mittelwaldfichten 110-210 jährig	Schweiz	-	~ 1 (in Marknähe) 1,7- 6,19 (starkes Baumholz)
LÄSSIG (1991)	Solitärfichten	Baden- Württemberg	10 (Alter 30)	> 4 (Alter 60-70) ~ 6 (Alter 30)

Tabelle 3: Jahrringbreiten weitständig gewachsener Fichten zum Vergleich

Die Mittelstämme je Kollektiv zeichnen sich durch eine hohe Abholzigkeit im unteren Wertstammbereich aus (s. Abbildung 12). Die Werte erreichen in einer Höhe von sechs bis 10 Metern ein Minimum und steigen dann zur Kronenspitze hin erneut an.

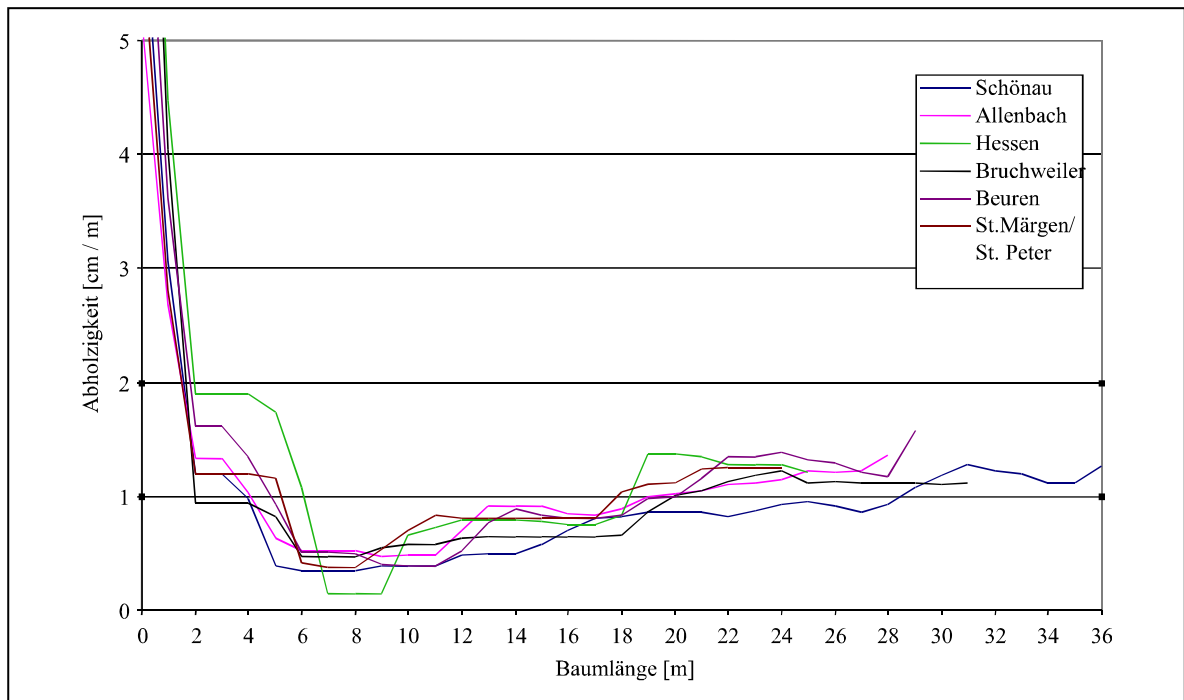


Abbildung 12: Mittlere Abholzigkeit der Probestämme aller Entnahmebestände

Der steile Kurvenverlauf im unteren Bereich der Baumlänge ist überwiegend auf die Wurzelanläufe zurückzuführen.

Auf den meisten Flächen wird bei einem Stammlängenbereich von rund 5 bis 20 m der Abholzigkeitswert von einem Zentimeter pro Laufmeter unterschritten.

Das Probebaumkollektiv ist durchweg durch sehr starke Äste vor allem im Bereich der Kronenbasis gekennzeichnet. Diese Äste erreichen ein hohes Alter und große Dimensionen, während sie bei normalen Bestandesbäumen aufgrund von Lichtmangel schon früher absterben. Zusätzlich ist bei fast allen Probebäumen die Anlage von Internodialästen mit geringeren Durchmessern typisch, die bei konventionell erzogenen Bestandesbäumen in dieser Ausprägung nicht beobachtet werden können (s. Abbildungen 13 und 14). Durch die geringe Beschattung der Probebäume können sich diese Äste zwischen den Astquirlen halten, während sie im Bestandesschluss absterben würden.

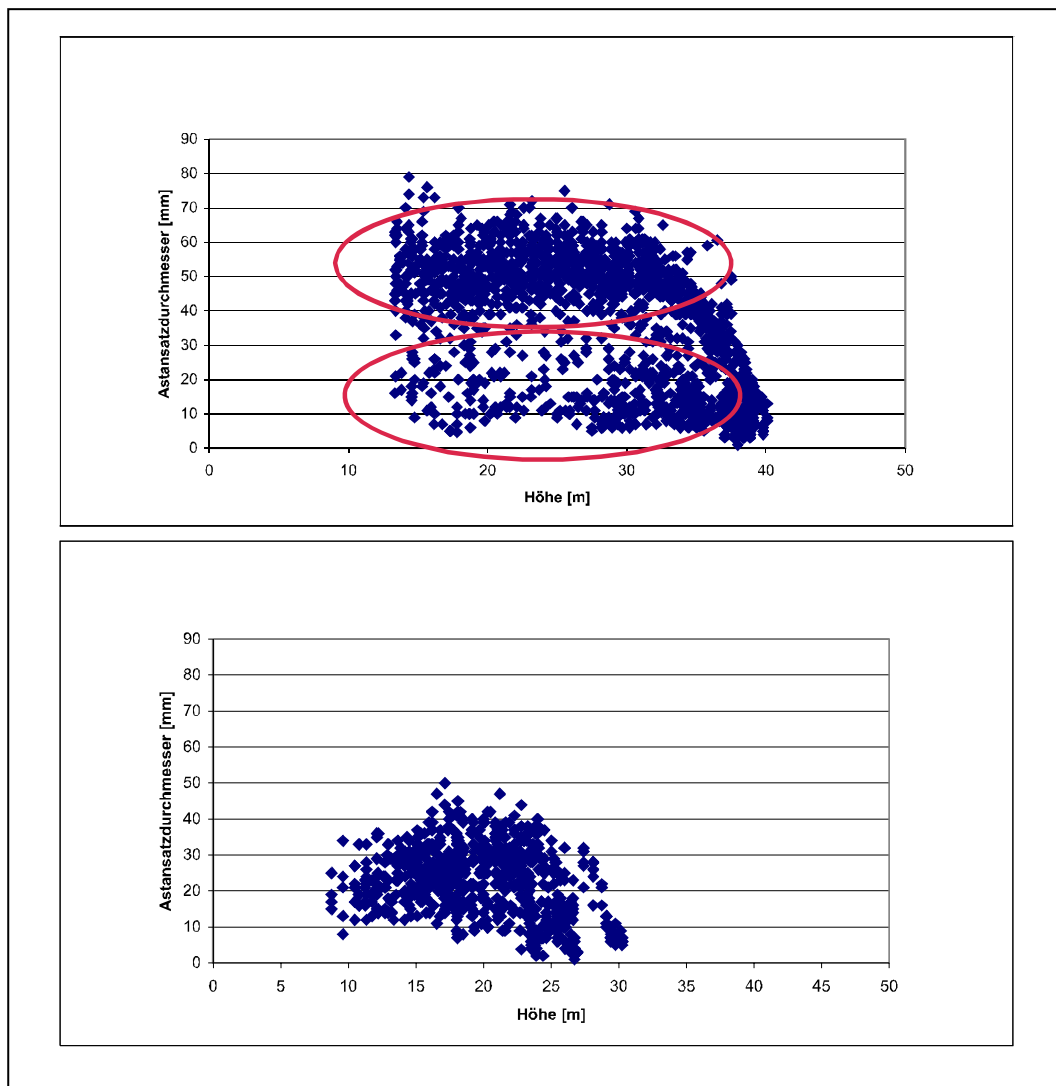


Abbildung 13: Astansatzdurchmesser über der Höhe der Probebäume aus Schönau (oben) und von 60jährigen herkömmlich gewachsenen Fichten aus Kranzberg (unten)

Die roten Markierungen heben die zuvor beschriebenen zwei Astkollektive hervor.

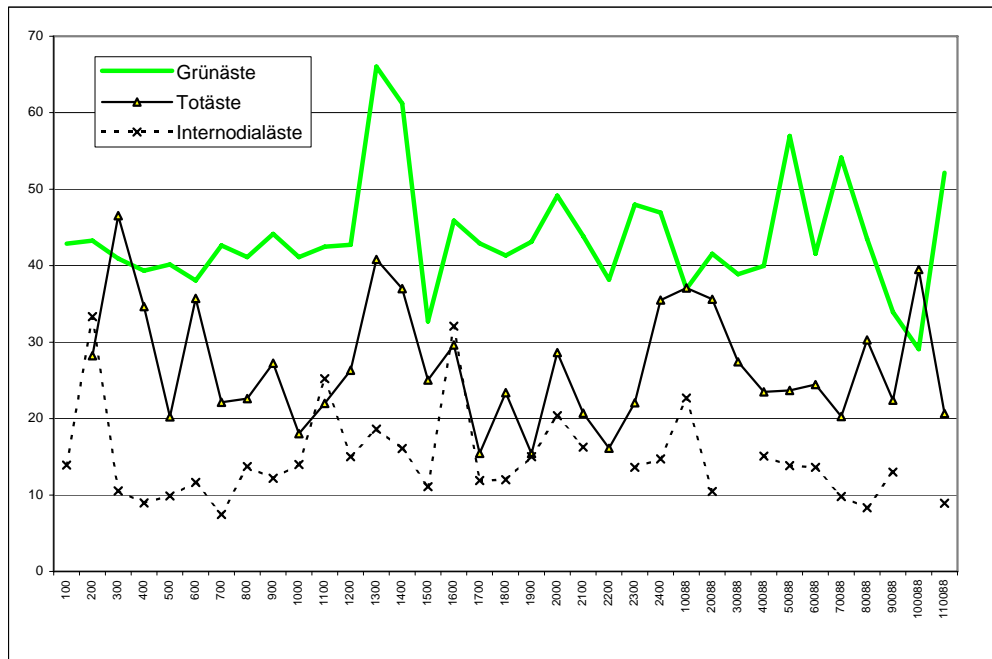


Abbildung 14: Mittlere Astdurchmesser aller Probestämme in Millimetern

Auf der X-Achse sind die Einzelbäume dargestellt.

Die Astdurchmesser der Probestämme streuen über die gesamte Kronenlänge hinweg im Bereich von 1 mm bis maximal 165 mm. Im Mittel bewegen sich die Astdurchmesser bei 38 mm, bei einer Standardabweichung von 23 mm. Die Maximaldurchmesser befinden sich im Bereich der von LÄSSIG (1991) an Solitären gemessenen Äste (s. Tabelle 4). Bei allen in der vorliegenden Untersuchung gemessenen Bäumen liegt der maximale Grünastdurchmesser über 60 mm. Bei einigen treten sogar Totastdurchmesser größer 60 mm auf. Dies deutet auf eine teilweise erfolgte, zeitlich spät auftretende Verlagerung des Kronenansatzes infolge von zunehmendem Konkurrenzdruck im Alter hin.

Die relativ großen Astdimensionen werden auch durch Vergleiche mit Angaben zur Aststärke von Fichten aus anderen Untersuchungen deutlich (s. Tabelle 4).

Autor	Fichtentyp	Untersuchungsraum	Aststärke max. (cm)	Ø (cm)
LÄSSIG (1991)	Solitärfichten bis 102jährig	Baden-Württemberg	10,5 (im Einzelfall)	~ 6
GRAMMEL (1990)	Versuchsbestand Balingen 115jährig	Baden-Württemberg	5 (im Mittel) 8 (im Einzelfall)	- -
SEELING (1995)	Olper Fichtendurchforstungsversuch 48jährig/Vorherrschende Fichten	Nordrhein-Westfalen	5 (im Mittel)	~ 2,7

Tabelle 4: Aststärken unterschiedlich behandelter Fichten zum Vergleich

Da besonders im wirtschaftlich interessanteren unteren Kronenbereich viele Äste, allerdings primär Grünäste, d.h. gesund verwachsene Äste, mit starken Durchmessern vorkommen, beeinflusst dies die erreichbaren Qualitätsklassen des Kronenstücks negativ. Sterben dicke Äste an der Kronenbasis durch Konkurrenzeinwirkung ab, so führen diese Totäste zu einer weiteren Abwertung des Stammstückes in diesem Bereich.

### **3.2 Teilprojekt Holzqualität: Methodik und Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse<sup>23</sup>**

Angelpunkt des ökonomischen Erfolgs des hier diskutierten Waldbaukonzepts ist die Frage, ob die für das untere Stammstück unterstellte gute Rundholzqualität tatsächlich erreicht werden kann und ob die Verarbeitung dieser Stammteile tatsächlich zu Holzprodukten mit hoher Wertschöpfung führt.

Daher ist es das wesentliche Ziel des hier skizzierten Teilprojektes, die Möglichkeiten einer hochwertigen Verwendung der unteren 8 bis 10 m langen, astfreien Stammabschnitte zu untersuchen<sup>24</sup>. Im Einzelnen soll geprüft werden, welche Qualitäten die aus solchen Abschnitten hergestellten Messerfurniere und Blockware aufweisen.

Die Erhebungsgrößen der holzkundlichen Studien umfassten rundholzbezogene Qualitäts- und Sortierkriterien sowie holztechnologische Kennwerte (u.a. Dichten, Festigkeiten, Elastizitäten, Harzgallen, Reaktionsholz).

Versuchsmethodisch erschienen überwiegend Probekörper in Gebrauchsdimensionen geeignet, um zu verwendungsrelevanten Aussagen zu kommen.

---

<sup>23</sup> Die nachfolgenden Ausführungen sind im Wesentlichen der Veröffentlichung von SEELING, RECK, BECKER und BÜCKING (2003) entnommen.

<sup>24</sup> Im Rahmen der Gesamtuntersuchungen zur Roh- und Schnittholzqualität kronenspannungsarm gewachsener Bäume wurden auch die starkastigen Kronenbereiche analysiert. Eine umfassende Darstellung der diesbezüglichen Teilergebnisse würde den möglichen Umfang der hier notwendigen Projektdarstellung deutlich überschreiten. Deshalb soll lediglich der Hinweis gegeben werden, dass aus den Kronenpartien hergestellte Kanthölzer als Ergebnis einer visuellen Sortierung nach DIN 4074 nur geringe Schnittholzqualitäten erreichten, vielfach ein hoher Ausschussanteil auftrat. Als Hauptursachen konnten die vorgefundenen Aststärken und Verdrehungen nach der künstlichen Trocknung identifiziert werden. Die Festigkeitseigenschaften dieser Kanthölzer waren aufgrund vieler lebend verwachsener Äste mit denen feinastigeren Materials in etwa vergleichbar und somit durchaus im Wesentlichen bauholztauglich. Ausführliche Angaben finden sich bei RECK (2002) bzw. RECK et al. (2002).

### **3.2.1 Material und Methode**

Aus dem Kollektiv der bereits beschriebenen 35 Probestämme aus Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz wurden 19 geastete Bäume ausgewählt. Der begrenzte Stichprobenumfang von 19 in die Untersuchung eingegangenen Fichten, die Tatsache, dass nur jeweils maximal 6 Bäume aus einem Bestand entnommen werden konnten und die ungleiche, z.T. relativ späte Astung der Probestämme (Alter zum Zeitpunkt der Astung zwischen 31 und 87 Jahren) erschwerten die Analyse und müssen bei der nachfolgenden Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Von den Versuchsstämmen wurden aus dem unteren, geasteten Stammteil zwei 3 m lange Abschnitte entnommen; die ersten Stammabschnitte wurden für die Herstellung von Messerfurnieren, die zweiten für die Produktion von Blockware herangezogen.

Aus den Stammabschnitten aus einer Entnahmehöhe von 1,5 m bis 4,5 m wurden im Echt-Quartier-Verfahren in der praxisüblichen Furnierstärke von 0,74 mm Messerfurniere hergestellt. Die Ausbeute waren insgesamt 13.440 Furnierblätter (10.500 m<sup>2</sup> Furnier), die in 420 Paketen gebündelt wurden.

Die Furnierqualität wurde an den außen liegenden Blättern der Pakete mit jeweils 32 Furnierblättern erfasst. An diesen insgesamt 840 Furnierblättern wurden die nachfolgenden Merkmale aufgenommen, die entscheidend für die Qualität der Furniere sind:

1. Anzahl der Harzgallen,
2. Flächenanteil des Reaktionsholzes,
3. Anzahl und Länge von Rissen,
4. Gleichmäßigkeit der Jahrringbreite, unterschieden nach „gleichmäßiger“ und „ungleichmäßiger“ Jahrringbreite,
5. Einfluss der Astung, zu erkennen als welliger Jahrringverlauf,
6. Breite des Furnierblattes.

Außerdem wurden die Furnierpakete anschließend im Hinblick auf Qualität und Wert praxisüblich taxiert<sup>25</sup>. Dabei wurde eine Einteilung in 12 verschiedene Klassen vorgenommen, die sich in ihrer Güteklasse, der Länge sowie dem Verwendungszweck unterscheiden.

---

<sup>25</sup> Die Taxierung wurde dankenswerterweise durch erfahrene Experten der Fa. OVERLACK, Rastatt, vorgenommen.



Anhand der aufgenommenen Qualitätsmerkmale der äußeren Furniere der Pakete und der anschließenden praxisüblichen Güteklassifizierung wurde die Bedeutung der einzelnen Merkmale für die Furnierqualität anhand einer schrittweisen Diskriminanzanalyse geprüft.

Neben Furnieren gehört Blockware zu den hochwertigsten Produkten, die aus geasteten Fichten hergestellt werden können. Daher wurden die zweiten Stammabschnitte aus Stammhöhen zwischen 6 m bis 9 m zu 50 mm starker Blockware eingeschnitten. Die Bohlen wurden daraufhin auf eine Holzfeuchte von  $u = 8\%$  getrocknet.

Um die Qualität des astfreien Schnittholzes zu beurteilen, wurden aus den Rohbohlen „Teilbohlen“ in der Weise herausgetrennt, dass es sich ausschließlich um astfreies Material handelte (s. Abbildung 15). Dieses wurde nach EN 1611-1 (Sortierung nach dem Aussehen von Nadelholz) sortiert. Insgesamt konnten 218 astfreie Teilbohlen gewonnen und nach dem G2-Verfahren der DIN 1611-1 sortiert werden, d.h. es wurden bei der Güteklassifizierung beide Breitseiten berücksichtigt.

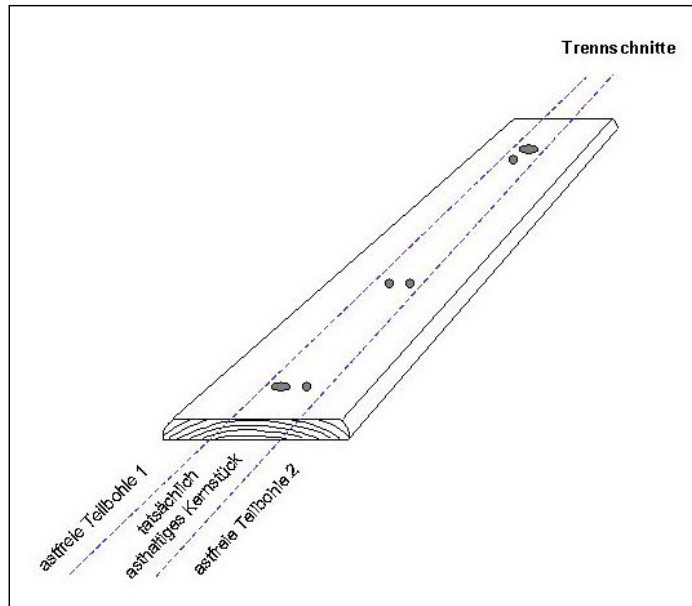


Abbildung 15: Beispiel für das Heraustrennen der tatsächlich astfreien Teilbohlen

Bei der Sortierung nach DIN 1611-1 werden 5 verschiedene Sortierklassen (G2-0 bis G2-4) unterschieden, wobei G2-0 das hochwertigste Sortiment darstellt. Die Sortiermerkmale „Ast“

sowie „Rindeneinwuchs“, „Fäule“, „Insektenbefall“, „Baumkante“, „Verfärbung“ (lagerungsbedingt) und „Markröhre“ wurden nicht berücksichtigt, da sie einen Ausschlussgrund für die Auswahl des Versuchsmaterials darstellten, d. h. nicht vorkamen. Dagegen wurden folgende Wuchsmerkmale in die Sortierung einbezogen:

1. Anzahl der Harzgallen bezogen auf den diesbezüglich qualitativ schlechtesten, 1m langen Teilabschnitt jeder Bohle,
2. Länge der Harzgallen (Summe der Länge aller Harzgallen in Millimeter),
3. Flächenanteil des Reaktionsholzes an beiden Breitseiten jeder Bohle,
4. Relative Risslänge; die Länge der Risse wurde aufgenommen und die Summe als Verhältniswert zur Länge der Bohle angegeben,
5. Verwerfungen; Breitseitenkrümmung, Schmalseitenkrümmung und Verdrehung wurden aus den Formmessungen des in Freiburg entwickelten FRITS (Freiburg's Improved Timber Scan) berechnet (vgl. MERFORTH 2000).

### **3.2.2 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse und Diskussion**

#### **3.2.2.1 Furnierqualität**

Da die Versuchsbäume im allgemeinen später geastet wurden als nach dem waldbaulichen Konzept vorgesehen, finden sich im Gesamtkollektiv auch Furniere mit Ästen, die bei frühzeitiger Astung nicht aufgetreten wären. Daher konzentriert sich die nachfolgende Ergebnisdarstellung der Qualität der Furniere ausschließlich auf solche, die letztlich astfrei hergestellt werden konnten, wodurch allerdings der Gesamtumfang von 833 bewertbaren Furnierdeckblättern auf 441 reduziert wurde.

Auf den Furnieroberflächen astfreier Furnierdeckblätter wurden im Mittel 2,17 Harzgallen gezählt. Ein Maximalwert von 15 Stück zeigt die fallweise große Bedeutung dieses Merkmals (s. Tabelle 5).

Merkmal	N	$\bar{x}$	Median	$x_{\min}$	$x_{\max}$	s	VK [%]
Furnierbreite [cm]	441	14,60	14,00	9,00	35,00	3,77	25,82
Anzahl Harzgallen	441	2,17	1,00	0,00	15,00	2,59	119,35
Reaktionsholzanteil [%]	441	8,14	3,33	0,00	70,00	11,76	144,47
Häufigkeit Ästungseinfluss	441	0,76	0,00	0,00	7,00	1,26	165,79
Anzahl Risse	441	0,27	0,00	0,00	5,00	0,62	229,63
Vorkommen Risse	441	ohne Risse 79,37 %			mit Rissen 20,63 %		
Gleichmäßigkeit der Jahrringe	441	gleichmäßig 44,67 %			ungleichmäßig 55,33 %		

Tabelle 5: Deskriptive Statistik zu ausgewählten Holzmerkmalen der astfreien Furniere<sup>26</sup>

(N = Stichprobenumfang,  $\bar{x}$  = arithmetischer Mittelwert,  $x_{\min}$  = Minimalwert,  $x_{\max}$  = Maximalwert, s = Standardabweichung, VK% = Variationskoeffizient)

Der Reaktionsholzflächenanteil liegt im Durchschnitt bei 8,14 %. Auch hier wurde ein hoher Maximalwert von 70 % auf einer Furnieroberfläche ermittelt. Ein stark vom Mittelwert abweichender Median und die hohe Standardabweichung geben bei beiden Merkmalen Hinweise auf eine große Streuung.

Der durch die Überwallung der Schnittfläche infolge der Astung hervorgerufene, unregelmäßige Jahrringverlauf in den Folgejahren der Astung tritt im Mittel etwa knapp einmal je Furnierblatt in Erscheinung. Die durch Kernrisse am Rundholz hervorgerufenen Risse an den Furnieren treten an rd. 21 % des Untersuchungsmaterials auf. Es kommen etwa ebenso häufig ungleichmäßig (45 %) wie gleichmäßig (55 %) breite Jahrringe vor.

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse der praxisorientierten Taxation der astfreien Furniere dargestellt. Das hochwertigste Sortiment, die Ummantelungsware (A+), fiel nicht an. Doch konnten 27 % der Furniere der Taxe A zugeordnet werden. Auf die Taxen AB, B und KW entfallen 12 %, 17 % und 11 %. Es zeigt sich, dass ein großer Teil der Furniere (30 %) zur Möbelware (MW) sortiert wurde. Dabei handelt es sich um Furniere mit vergleichsweise geringeren Qualitäten.

<sup>26</sup> Vgl. auch GLOS, REITER, WEGENER 2003: 29. Die Autoren analysierten die Holzqualität von ausgewähltem Fichtenstarkholz. In diesem Rahmen wurden u.a. auch Harzgallen auf Stammscheiben erfasst. Sie ermittelten einen Mittelwert von 2,6 Harzgallen/Scheibe bei Minimalwerten von 1 Harzgalle und Maximalwerten von 14 Harzgallen/Scheibe. Hier zeigt sich beim Vergleich der diesbezüglichen Werte der Tabellen 5 und 8 eine doch merkliche Übereinstimmung mit dem Werterahmen, den die vorgenannten Autoren ermittelten. Dabei ist allerdings zu beachten, dass sich die Werte der vorliegenden Studie auf Furnierblätter bzw. Bohlen beziehen und nicht auf Stammscheiben.

Taxe Fa. Overlack	Verwendungszweck	Länge [cm]	Furniergesamtfläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]
A+	Ummantelungsware	210-350	0,00	0,00
A	Paneele	260-300	1420,12	26,84
AB	Paneele	260-300	620,77	11,73
B	Paneele	260-300	902,73	17,06
A	Paneele	310-350	59,54	1,13
AB	Paneele	310-350	0,00	0,00
B	Paneele	310-350	0,00	0,00
A	Türen	210-250	0,00	0,00
AB	Türen	210-250	10,3	0,19
KW (Kantenware)	nach Käuferwunsch sortiert, etwas besser als Möbelware	210-350	561,94	10,62
MW (Möbelware)	Allgemein schlechtere Qualitäten	210-350	1578,32	29,83
K (Kürzungen)	nicht erwünscht, Verwendung als Seitenware	60-205	137,9	2,61
o.V. (ohne Verwendung)	keine Verwendung	--	0,00	0,00
Summe	--	--	5291,62	100,00

Tabelle 6: Ergebnisse der praxisorientierten Taxation der Furniere ohne Äste

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der schrittweisen Diskriminanzanalyse dargestellt, um die Frage zu klären, welche Merkmale ausschlaggebend für die qualitativen Einstufungen waren.

Merkmal	R <sup>2</sup>	Wilk`s Lambda	Signifikanz
Harzgallenanzahl	0,275	0,725	0,0001*
Furnierbreite	0,148	0,618	0,0001*
Reaktionsholzanteil	0,099	0,501	0,0001*
Ästungseinfluss	0,042	0,480	0,0001*
Gleichmäßigkeit der Jahrringe	0,032	0,464	0,0001*
Anzahl der Risse	0,022	0,452	0,0001*

Tabelle 7: Bedeutung einzelner Holzmerkmale für die Vergabe der Furniertaxe

Die Variable Harzgalle zeigt mit R<sup>2</sup>=0,275 die größte Trennkraft, d.h. sie hat bei dem vorliegenden Versuchsmaterial die größte Bedeutung im Hinblick auf die Vergabe einer Taxe.

Darauf folgen mit einem  $R^2=0,148$  bzw.  $R^2=0,099$  die Breite des Furniers und der Reaktionsholzanteil. Die Wilk's-Lambda-Werte verdeutlichen, dass mit einer schrittweisen Einbeziehung einzelner Variablen die Zuordnung in eine Güteklasse mit höherer Zuverlässigkeit erfolgen kann.

Die produktorientierten Untersuchungen zum Teilprojekt Holzqualität konnten zeigen, dass frühzeitig geastete Fichtenerdstämme zur Herstellung von Messerfurnier und damit für eine hochwertige Verarbeitung geeignet sein können. Die waldbaulich beeinflussbaren Merkmale Reaktionsholzanteil, Astungseinfluss und Gleichmäßigkeit der Jahrringe sind für die Vergabe der Furniertaxe und damit für die Bewertung des Furniers von nachrangiger Bedeutung. Als am häufigsten für eine Absortierung verantwortliches Qualitätsmerkmal verbleiben die Harzgallen. Bereits OLISCHLÄGER (1970) weist auf die Ausbeuteverluste von Furnierholz bei verstärktem Vorkommen von Harzgallen hin<sup>27</sup>.

Für das dieser Untersuchung zugrunde liegende Ausgangsmaterial konnte in einer separaten Teiluntersuchung, die sich speziell auf die Analyse von Harzgallen an Stammscheiben bezog, gezeigt werden, dass zwar die Zahl der Harzgallen vom unteren Stammbereich zur Krone hin deutlich zunimmt, dass aber auch im unteren Stammbereich Harzgallen regelmäßig angetroffen werden und ihr räumliches Verteilungsmuster im Stamm offensichtlich keinen erkennbaren „Gesetzmäßigkeiten“ unterliegt. Die Herstellung von Furnier aus den so analysierten Bäumen bestätigt, dass jedes zweite der untersuchten Furnierblätter von einer Harzgalle betroffen ist. Die Erzeugung harzgallenfreier Furniere ist daher gezielt kaum möglich, was auch in der Messerebene bei der Furnierherstellung im Verhältnis zur Längsausdehnung der Harzgallen begründet ist. Harzgallen stellen sich aus heutiger Sicht als nicht beeinflussbare innere Holzfehler dar, die sich im Hinblick auf die angestrebte Wertholzproduktion ggf. spürbar Wert mindernd auswirken können.

Die Anzahl der Äste lässt sich durch eine frühzeitige Astung steuern und unterliegt somit keinen wachstumsbedingten Abhängigkeiten. Auch die Furnierbreite als wichtiges Wert beeinflussendes Merkmal hängt von der Dimension des Rundholzes und damit von der Länge

---

<sup>27</sup> Zur Ergänzung dieser Feststellungen sei zusätzlich auf eine Veröffentlichung aus der Praxis verwiesen. EIFERT und DIEBEL (1997) erwähnen, dass Harzgallen als Aushaltungskriterium für Nadelwertholz, Furnierverwendungen, aber auch die Verwendung als hochwertige Blockware, ausschließen oder stark einschränken. So führen sie weiter aus, dass höchstens zwei Harzgallen als Aushaltungskriterium für Furnierholz im „astfreien Speckbereich“ am Zopf des Wertholzstückes zulässig seien. Beim Vergleich der Angaben der Tabellen 5 und 7 mit dieser Aussage ist zumindest der Zweifel zulässig, dass dieses Kriterium vor dem Hintergrund der hier ermittelten Zahlen kontinuierlich erreichbar gewesen wäre.

des Produktionszeitraumes und der Wachstumsdynamik des Einzelbaumes ab. Beide Parameter sind im Gegensatz zur Harzgallenproblematik in einem positiven Sinne waldbaulich steuerbar.

### 3.2.2.2 Qualität der Blockware

Zur Beurteilung astfreier Schnittware wurde die Blockware aus den 19 Zweitlängen herangezogen. Insgesamt wurden 109 Teilbohlen berücksichtigt. Bei der Sortierung von beiden Bohlenseiten ergibt sich daraus der Stichprobenumfang von  $n=218$ .

Die Variablen Markröhre und Faserneigung waren von nur untergeordneter Bedeutung und entfallen daher bei der folgenden Betrachtung.

In Tabelle 8 sind die Kennwerte der beschreibenden Statistik für die an den Teilbohlen erfassten Merkmale zusammengestellt. Das Merkmal Rindeneinwuchs zeigt sowohl für die Anzahl je qualitativ schlechtestem Meter (als 1m langes Teilstück einer jeweiligen Bohle) als auch für die Gesamtlänge eine sehr große Streuung. Der hohe Variationskoeffizient steht in Zusammenhang mit dem seltenen Vorkommen dieses Merkmals.

<b>Merkmal</b>	<b>N</b>	$\bar{x}$	<b>Median</b>	$X_{\min}$	$X_{\max}$	<b>s</b>	<b>VK [%]</b>
Rindeneinwuchs Anzahl je schlechtestem Meter	218	0,01	0,00	0,00	1,00	0,10	1042,50
Rindeneinwuchs Gesamtlänge [mm]	218	0,21	0,00	0,00	30,00	2,27	1081,00
Harzgallen Anzahl je schlechtesten Meter	218	1,14	1,00	0,00	9,00	1,59	139,50
Harzgallen Gesamtlänge [mm]	218	41,49	31,00	0,00	256,00	51,81	124,90
Reaktionsholz [%]	218	3,65	0,00	0,00	70,00	10,97	300,50
Endriss unten [% der Breite]	218	16,06	0,00	0,00	344,00	42,21	262,80
Endriss oben [% der Breite]	218	25,40	0,00	0,00	571,00	73,53	289,50
Risse an Breitseite [% der Länge]	218	5,98	0,00	0,00	141,00	16,67	278,80
Durchgehende Risse [% der Länge]	218	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Längskrümmung Breitseite [mm/2m]	109	2,15	1,96	0,50	13,90	1,50	69,90
Verdrehung [% der Breite/2m]	109	14,07	12,55	3,30	34,10	6,71	47,70

Tabelle 8: Deskriptive Statistik ausgewählter Sortiermerkmale nach DIN EN 1611-1

(N = Stichprobenumfang,  $\bar{x}$  = arithmetischer Mittelwert,  $x_{\min}$  = Minimalwert,  $x_{\max}$  = Maximalwert, s = Standardabweichung, VK% = Variationskoeffizient)

Im Hinblick auf die Harzgallen kann festgehalten werden, dass auf den jeweils schlechtesten Metern durchschnittlich 1,14 Harzgallen ermittelt wurden. Ein Minimalwert von 0 und ein

## Vorstellung des Gesamtprojekts

Maximalwert von 9 führen zu einer großen Spannweite. Die mittlere Gesamtlänge der Harzgallen betrug 41,49 mm.

Der Reaktionsholzanteil ist im Mittel mit 3,65 % Flächenanteil nur relativ gering vertreten.

Die Endrisse werden zur Bewertung ins Verhältnis zur Bohlenbreite gesetzt und erreichen an den unteren Bohlenenden im Mittel 16,06 %, an den oberen 25,40 %. Für die mittlere Risslänge wurde ein Wert von 5,98 % berechnet.

Die mittlere Längskrümmung liegt bei 2,15 mm/2 m, der Maximalwert erreicht 13,9 mm/2 m. Die Verdrehung wird als Verhältniswert zur Bohlenbreite berechnet und in Prozent angegeben; es ergibt sich ein relativ niedriger Mittelwert von 14,07 % bei einer vergleichsweise geringen Streuung.

Aus Tabelle 9 geht die Bedeutung der Einzelmerkmale für die Zuordnung in die Güteklassen hervor. Für die Bewertung einer Bohle gilt: falls beide Breitseiten in dieselbe Güteklasse fallen, ist dies die Güteklasse der gesamten Bohle. Falls es eine bessere und eine schlechtere Breitseite gibt, gilt die höhere Güteklasse.

Merkmal	G2-0		G2-1		G2-2		G2-3		G2-4		Ausschuss	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Rindeneinwuchs Anzahl	109	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Rindeneinwuchs Länge	109	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Harzgallen Anzahl	97	89,0	4	3,7	0	0,0	8	7,3	0	0,0	0	0,0
Harzgallen Gesamtlänge	83	76,1	19	17,4	7	6,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Druckholz	89	81,7	13	11,9	5	4,6	0	0,0	2	1,8	0	0,0
Faserneigung	92	84,4	14	12,8	3	2,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Markröhre	109	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Endriss unten	100	91,7	0	0,0	4	3,7	4	3,7	1	0,9	0	0,0
Endriss oben	97	89,0	0	0,0	3	2,8	3	2,8	5	4,6	1	0,9
Risse in Relation z. Länge	95	87,2	6	5,5	5	4,6	1	0,9	2	1,8	0	0,0
Durchgehende Risse	109	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Längskrümmung	109	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Verdrehung	23	21,1	0	0,0	0	0,0	11	10,1	52	47,7	23	21,1
<b>Gesamt</b>	<b>15</b>	<b>13,8</b>	<b>6</b>	<b>5,5</b>	<b>1</b>	<b>0,9</b>	<b>12</b>	<b>11,0</b>	<b>52</b>	<b>47,7</b>	<b>23</b>	<b>21,1</b>

Tabelle 9: Bedeutung der Einzelmerkmale für die Güteklassifizierung der Bohlen nach EN 1611-1 (G2-Verfahren)

Eine Güteklassifizierung nach En 1611-1 zeigt, dass Rindeneinwuchs, durchgehende Risse und Längskrümmung für die Sortierung ohne Bedeutung sind, so dass sich bei ausschließlicher Berücksichtigung dieser Merkmale alle Bohlen in die hochwertigste Sortierklasse G2-0 sortieren ließen. Unter ausschließlicher Berücksichtigung des Merkmals „Anzahl der Harzgallen“ könnten noch 89 % der Bohlen der Güteklasse G2-0 zugeordnet

werden, 4 % fielen in die Klasse G2-1 und 7 % in die Klasse G2-3. Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich für die Variable „Gesamtlänge der Harzgallen“: 76 % der Bohlen entsprechen den Anforderungen der besten Güteklasse G2-0.

Große Bedeutung für das Sortierergebnis hatte bei dem vorliegenden Versuchsmaterial die Verdrehung der Bohlen. Bei Berücksichtigung dieses Merkmals konnten nur noch 21 % der Bohlen der Güteklasse G2-0 zugeordnet werden. Ein relativ geringer Anteil von 10 % fällt in G2-3, während 48 % der Güteklasse G2-4 zuzuordnen sind. 21 % der Bohlen mussten aussortiert werden. Die Bedeutung der Verdrehung spiegelt sich auch im Gesamtergebnis wider, in dem alle Merkmale berücksichtigt werden. Aufgrund starker Verdrehungen werden 48 % in die Güteklasse G2-4 und 20 % der Bohlen zur Ausschussware sortiert. Deutlich geringere Anteile fallen in die Sortierklassen G2-3 bis G2-0.

Das Sortierergebnis der zugeschnittenen Bohlen zeigt also insgesamt betrachtet, ohne Berücksichtigung des Kriteriums „Verdrehung“, gute Qualitäten. Wird hingegen auch die Verdrehung bei der Sortierung berücksichtigt, stellt sich die Qualität deutlich ungünstiger dar. Weder die Harzgallen noch das Reaktionsholz sind für das Sortierergebnis von großer Bedeutung. Vielmehr könnten unter ausschließlicher Berücksichtigung dieser Merkmale über 90 % der Bohlen in die beiden besten Güteklassen sortiert werden. Somit scheinen gerade die Harzgallen, die sich an der von SCHUMACHER et al. (1997) untersuchten Schnittware mit zunehmender Durchforstungsintensität häuften, auf die Qualität der Schnittware der vorliegenden Untersuchung einen weitaus geringeren Einfluss zu haben als auf die Qualität des Furniers. Deshalb kann auf der Grundlage der hier ermittelten Ergebnisse durchaus davon ausgegangen werden, dass aus dem Erdstammabschnitt von geasteten, erwachsenen, großkronigen Fichten hochwertiges Schnittholz gewonnen werden kann.

Die Verwerfungen, die im vorliegenden Fall die Qualität des Schnittholzes bestimmten, können daher nach dem Trocknen durch Hobeln reduziert bzw. eliminiert werden, was v.a. dann sinnvoll sein kann, wenn die Schnittware ansonsten nahezu fehlerfrei und qualitativ hochwertig ist. Die Verwerfungen können aber auch durch die Wahl des Trocknungsverfahrens und des Trocknungsprogramms wesentlich beeinflusst werden. Dies geht unter anderem aus den Arbeiten von GLOS et al. (1991), MERFORTH (2000) und SEELING (2001) hervor, nach denen trockenungsbedingte Veränderungen an Schnittholz wie z.B.



Krümmungen, Verdrehungen und Risse im Wesentlichen auf den spezifischen Strukturmerkmalen des Schnittholzes beruhen.

Der bereits von KNIGGE (1958) beschriebene Einfluss des Reaktionsholzes auf die Verwerfungen ist aufgrund eines geringen Anteils von durchschnittlich 3,65 % nur von nachgeordneter Bedeutung.

Auch die Faserneigung, die nur visuell geschätzt wurde, hatte keinen direkten Einfluss auf die Güteklassifizierung. Indirekt könnte das Sortierergebnis jedoch insofern von der Faserneigung beeinflusst worden sein, da Schnittholz mit stärker geneigten Fasern nach DANBORG (1994), PERSTORPER et al. (1995), GLOS und TRATZMILLER (1996), MERFORTH (2000) und SEELING (2001) die Tendenz zu stärkeren Verwerfungen zeigt.

Von PECHMANN und LIPPEMEIER (1975) untersuchten die Schnittholzqualität von Fichten und Tannen aus Plenterwäldern, die phänotypisch den hier untersuchten langkronigen, stark dimensionierten Fichten durchaus ähnlich waren. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass trotz der Grobastigkeit der Schnittware die Ausbeute an guten Brettern sehr hoch war und betonen, dass die aus Plenterwäldern stammende hohe Rundholzqualität erst in Verbindung mit einer Astung voll ausgeschöpft werden kann.

Trotz einer in den meisten Fällen zu spät erfolgten Astung und einem behandlungsbedingt nicht immer durchgängig gleichmäßigen Dickenwachstum konnten mit Messerfurnier und Blockware hochwertige Produkte hergestellt werden. Aus den genannten Gründen ist die mengenmäßige Ausbeute an hochwertigen, fehlerarmen bzw. fehlerfreien Produkten in der Tendenz beim untersuchten Material zu niedrig und dürfte bei von Anfang an konsequent bewirtschafteten Beständen bzw. behandelten Bäumen größer sein. Die erzielte Qualität ist durchaus befriedigend. Bei der hochwertigsten Verwendung als Messerfurnier stellen die bei der Fichte arttypischen Harzgallen die schwerwiegendste qualitative Beeinträchtigung dar. Das Auftreten von Harzgallen ist bei der Fichte wohl unvermeidbar und offensichtlich zufällig, was die Lage im Stammquerschnitt und das Auftreten auch im unteren Stammbereich angeht. Auf der Grundlage des vorliegenden Materials kann nicht abschließend die Frage beantwortet werden, ob bei mit weitem Standraum erwachsenen großkronigen Fichten das Auftreten von Harzgallen im unteren Stammbereich tendenziell häufiger ist als bei unter „herkömmlichen Wuchsbedingungen“ erwachsenen Fichten mittlerer Dimension.

Wenn der Windeinfluss für das Auftreten von Harzgallen eine Rolle spielt, kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass bei einem über einen längeren Zeitraum hinweg erweiterten Standraum der Windeinfluss auf den Einzelbaum und damit das Risiko der Harzgallenentstehung größer sein könnte.

#### **4. Problemstellung und Zielsetzung des forstökonomischen Teilprojektes**

Aus forstökonomischer Sicht geht es um die Fragestellung, welche langfristigen Nutzungsoptionen und letztlich daraus resultierenden Deckungsbeitragsoptionen für die Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz künftig zu erwarten sind, wenn die skizzierte waldbauliche Konzeption umgesetzt wird. Der dafür notwendige Lösungsansatz ist modellbasiert, weshalb auch die Ergebnisse einen modellhaften Charakter aufweisen werden.

Die Nutzungsoptionen werden im Wesentlichen von folgenden Parametern bestimmt:

- Wuchsleistungen,
- Nutzungsmengen,
- Holzqualitäten und Sorten,

die es mit *konservativen* Referenzen zu vergleichen gilt. Erst der Vergleich derartiger, durch Prognose bzw. Simulation<sup>28</sup> gewonnener Ergebnisse, liefert die Grundlage zur Entscheidungsunterstützung. Dieser Vergleich stellt folglich die

- Modellbestände „heute“, d.h. die Fortführung heute gegebener waldbaulicher Behandlungsvarianten, worunter einerseits Nieder- oder Hochdurchforstungskonzepte, andererseits Z-Baum-orientierte Modelle mit Z-Baumanzahlen pro Hektar von 160 bzw. 200 Bäumen zu verstehen sind und den daraus zu erwartenden betrieblichen Ergebnissen
- den

---

<sup>28</sup> Vgl. auch HANEWINKEL 1998A: 681-682. Am Beispiel von strategisch charakterisierten waldbaulichen Überführungsvorhaben weist er darauf hin, dass aufgrund zu erkennender genereller Probleme im Falle empirischer Forschungsansätze vorzugsweise ein modellgestützter Ansatz zu wählen sei. Er schlägt deshalb ein *Prognosemodell* vor, mit dem in einem *Variantenstudium* bestimmte Auswirkungen auf natürlicher und ökonomischer Ebene darstellbar sind. Diesem Vorschlag entspricht im Wesentlichen die hier gewählte Vorgehensweise bzw. der grundlegende methodische Ansatz der vorliegenden Studie.  
EDER 1997: 180 untermauert diese Sichtweise, indem er konstatiert, dass es wünschenswert sei, über variable Modelle zu verfügen, die sowohl die Auswirkungen u.a. einer variierenden Anzahl der Z-Bäume, als auch unterschiedlicher Behandlungsstrategien bei der Z-Baum-orientierten Bestandespflege zu simulieren erlauben.

- Modellbeständen „*QD*“ nach *x* Jahren simulierter Produktionszeit bei definierter, veränderter waldbaulicher Behandlungsvariante und den daraus zu erwartenden betrieblichen Ergebnissen

gegenüber.

Ziel ist es demnach

- ökonomische Kennwerte zu ermitteln,
- Variantenvergleiche auf der Berechnungsgrundlage eines Modellhektars durchzuführen,
- vergleichende Hochrechnungen der zuvor genannten hektarbezogenen Ergebnisse auf die Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes von Rheinland-Pfalz vorzunehmen.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse sollen im Rahmen einer abschließenden Synopse unter Einbeziehung weitergehender Überlegungen zum Umgang mit entscheidungsrelevanter Unsicherheit (z.B. Flexibilität in der forstbetrieblichen Produktion) außerhalb der Ebene rein simulativ-empirischer Ergebnisse entscheidungsunterstützende Empfehlungen zur Umsetzung des neuen Waldbaukonzeptes „*QD*“ bei der Fichte im Staatswald von Rheinland-Pfalz abgegeben werden.

## 5. Material und Methodik

### 5.1 Ausgangsdaten

Zur Prognose der Entwicklung bestimmter Modellbestände auf der Grundlage eines Hektars (sog. Modellhektar) bzw. der späteren Prognose auf der Grundlage der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz in Abhängigkeit verschiedener zu vergleichender Waldbaummodelle und der sich aus ihnen ergebenden ökonomischen Konsequenzen war die Stratifizierung der Ausgangsdaten der gegenwärtigen Fichtenbetriebsklasse notwendig. Die Rohdaten wurden aus der Forsteinrichtungsdatenbank von Landesforsten Rheinland-Pfalz selektiert<sup>29</sup> und für die Simulationen als Eingangsgrößen zur Verfügung gestellt.

Folgendes Selektionsschema zur Erzeugung der Ausgangsdateien wurde angewandt:

- Staatswald Rheinland-Pfalz
  - Baumart Fichte (d.h. Selektion sowohl nach Reinbestandsflächen wie auch nach Fichtenanteilsflächen in Mischbeständen, so dass in der Summe aller Einzelflächen eine Datei entsteht, die die *reduzierte reine Fichtenfläche des Staatswaldes Rheinland-Pfalz* abbildet. Andere Baumarten wurden ausgeschlossen.)
    - Eliminierung aller Datensätze aus Forsteinrichtungswerken, deren Stichtag vor dem 01.10.1990 lag. Damit sollte vermieden werden, dass insbesondere Datensätze von Fichtenrein- und –mischbeständen eingehen, die es infolge der Windwürfe des Jahres 1990 möglicherweise gar nicht mehr gibt. Dies erschien auch deshalb

<sup>29</sup> In Rheinland-Pfalz liegen für den Staatswald Inventurdaten der konventionellen Forsteinrichtung vor, die auf Ertragstafelwerten basieren. D.h. für jede Planungseinheit (i.d.R. der Bestand) werden baumartenbezogen relative Ertragsklassen ermittelt. Die Ertragstafel (bei Fichte bisher WIEDEMANN) liefert dann als Ausgangsmodell alle weiteren einrichtungsrelevanten Daten (z.B. Vorräte, Zuwächse etc), die jeweils um Bestockungsgrade korrigiert, auf die Fläche der Planungseinheit umgerechnet werden. Folglich sind alle weiteren Parameter, die als Eingangsgrößen für Simulationen fungieren können, beispielsweise Durchmesser- und Höhenangaben, Grundflächen etc., Ableitungen aus Ertragstafelwerten und somit keine Realdaten, die messtechnisch ermittelt wurden. Daten, beispielsweise auf der Grundlage permanenter Stichprobenverfahren, liegen nicht vor. Zur Problematik der Verwendung konventioneller Forsteinrichtungsdaten ( z.B. Schätzdaten, mangelhafte Validität, fehlende direkte Informationen bzw. hilfsweise indirekte Ableitung von notwendigen Daten) vgl. HANEWINKEL 1998: 91.

Stichtag der verwendeten Forsteinrichtungsdaten war der 03.12.2001. Die Daten wurden von der AUBENSTELLE FORSTEINRICHTUNG der STRUKTUR - UND GENEHMIGUNGSDIREKTION SÜD, -ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG-, im Datenformat Subdata.dbf zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um den gesamten Datenbestand der zum Stichtag gültigen Forsteinrichtungswerke im fast ausschließlich öffentlichen Wald (Staatswald / Körperschaftswald) von Rheinland-Pfalz, aus dem die gewünschten Daten zur Baumart Fichte im Staatswald extrahiert wurden.

notwendig, da eine flächenbezogene Verifizierung einzelner Forsteinrichtungsdaten bzw. alter Forsteinrichtungswerke im Rahmen dieses Projektes aus projektökonomischen Gründen nicht möglich war (Summe der eliminierten Flächen: 657,7 ha bei 555 Datensätzen).

- Eliminierung aller Datensätze deren Flächen- / Teilflächengrößen bezogen auf die Baumart Fichte 0,2 ha unterschritten. Damit sollten alle Datensätze ausgesondert werden, deren waldbauliche Relevanz infolge der geringen Flächengröße als nachgeordnet angesehen werden konnte. (Summe der eliminierten Fläche: 446,4 ha bei 5.777 Datensätzen).<sup>30</sup>

Die Ausgangsdatei enthielt neben den bereits genannten Flächenangaben bestimmte weitere Informationen für jeden einzelnen Fichtendatensatz, um als spätere Grundlage für eine Dateneinsteuerung in den Waldwachstumssimulator SILVA dienen zu können.

## 5.2 Stratifizierung

Zur Stratifizierung der Ausgangsdaten für die Berechnungen auf der Basis des Modellhektars, aber auch für die Prognosen, die sich auf die Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz beziehen, wurde die Intention verfolgt, waldbauliche und nutzungsorientierte Parameter miteinander zu verknüpfen, um künftige waldbauliche Zielrichtungen und Nutzungsoptionen abbilden zu können. Zu diesem Zweck wurde im

---

<sup>30</sup> Zur Begründung der Datensatzreduktion und zur Bildung der *reduzierten reinen Fichtenfläche des Staatswaldes Rheinland-Pfalz* sei folgendes angemerkt:

1. Die Mischungsform blieb letztlich unberücksichtigt, da sie im Rahmen des Forsteinrichtungsverfahrens nicht messtechnisch quantifiziert wird. Deshalb wurde vereinfachend grundsätzlich intraspezifische Konkurrenz unterstellt und simuliert.
2. Zudem hätte eine Stratenenerweiterung um Aspekte der Mischungsform zu einer erheblichen Erweiterung der Stratenanzahl geführt, was aus simulationsökonomischen Gründen nicht vertretbar war. Der bisherige Stratenumfang stellt bereits einen Grenzbereich dar (vgl. z.B. Stratenumfang bei KONITZER 2000: 33. Er leitet für eine ähnliche fichtenbezogene Fragestellung 64 Straten her. Eine im Vergleich dazu ausgesprochen umfangreiche und standörtlich sowie waldbaulich differenzierte Stratifizierung liefert HANEWINKEL 1998: 93-98.). Durch eine Begrenzung sowohl der Straten wie auch der zu ihnen gehörenden Anzahl der Datensätze konnte die ablauforientierte Praktikabilität der Simulation gesichert werden.

Es kann zusammenfassend davon ausgegangen werden, dass die erfolgten Zusammenfassungen zur *reinen Fichtenfläche* im Rahmen der Stratenausweisung auf der Ergebnisebene nicht zu einer entscheidungsrelevanten Beeinflussung der Simulationsergebnisse geführt haben.

Anhalt an bereits formulierte Nutzungskonzeptionen der gegenwärtigen Fichtenbetriebsklasse<sup>31</sup> eine Stratifizierung gewählt, die

- die reduzierte reine Fläche der Fichtenbetriebsklasse standörtlich in die zwei Straten „stabil / labil“ einteilt. Die Zuordnung zur Kategorie „labil“ erfolgt über die Bodenwasserbeeinflussung des Standortes, die durch die Standortsschätzung bzw. –kartierung zugeordnet wurde. Alle Fichtendatensätze der Ausgangsdatei, deren Standorte als stauwasser- oder grundwasserbeeinflusste *Grundformen*<sup>32</sup> deklariert waren, wurden als „labil“ stratifiziert. Alle anderen Datensätze gingen folglich in das Stratum „stabil“ ein. Diese Stratifizierung wurde notwendig, da auf labilen Standorten künftig keine Fichten mehr stocken sollen.<sup>33, 34</sup>
- Zur einfacheren Abbildung unterschiedlicher Wuchspotenziale<sup>35</sup> innerhalb der Fichtenbetriebsklasse wurde auf der Grundlage der bestands- bzw. baumartenweisen Ertragsklassenermittlung im Rahmen der Forsteinrichtung eine Stratifizierung der Fichtenfläche in eine potenziell leistungsfähigere Fraktion, ausgedrückt über die I. Ertragsklasse (oder besser) (= Ertragsstufe I), und eine potenziell weniger leistungsfähigere, ausgedrückt über die II. Ertragsklasse (oder schlechter) nach WIEDEMANN<sup>36</sup> vorgenommen (= Ertragsstufe II). Die Bonitierung über relative Ertragsklassen erfolgt in Rheinland-Pfalz in Stufen von jeweils einer halben

---

<sup>31</sup> Vgl. ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG 2000, ferner MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 2001 sowie ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG 2003.

<sup>32</sup> Zur Definition des Begriffes „Grundform“ siehe LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 1961: Anweisung für die Standortserkundung und –kartierung im Staatswald der Forstdirektion Koblenz (A.Sta. 61): 3. Dort wird die Grundform als „...*grobe Klassifizierung der Einzelstandorte nach einem ersten Einteilungsprinzip.*“ beschrieben. Dieses Prinzip folgt u.a. einer Einteilung der Standorte nach ihrer Stau- und Grundwasserbeeinflussung. Vgl. auch LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 1996: Anweisung für die Standortserkundung und –kartierung im Staats- und Körperschaftswald in Rheinland-Pfalz (A.Sta. 96): 8. Abweichend vom Fichtenkonzept wurden nicht nur die Grundformen IX und X als kritisch eingestuft, sondern bereits ab Grundform VII.

<sup>33</sup> Vgl. LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1993): 3, Nr. 3. Unter Berücksichtigung der natürlichen regionalen Waldgesellschaften, der Standortgemäßheit der Baumartenwahl und waldbaulicher Risikoüberlegungen (Sturmwurf etc.) sind reine Fichtenbestände oder erhebliche Beimischungen der Fichte auf grund- und stauwasserbeeinflussten Standorten künftig zu vermeiden.

<sup>34</sup> Im Rahmen der Simulation werden Straten der Kategorie „labil“ nach Erreichen eines Zielzustandes aus der Simulation herausgenommen und nicht erneut als verjüngte Fichtenflächen in den weiteren Simulationsablauf integriert. Sie gehören von diesen Zeitpunkten an nicht mehr zur hier betrachteten Fichtenbetriebsklasse.

<sup>35</sup> Ziel war es, den Stratenumfang zur Simulation praktikabel zu halten. Deshalb erfolgte diese Vereinfachung. Eine Verzerrung der wesentlichen wachstumsbezogenen Simulationsergebnisse ist hierdurch nicht zu erwarten gewesen.

<sup>36</sup> Vgl. SCHOBER 1987: 62 ff.

Ertragsklasse. Alle Fichtenflächen, die eine Ertragsklasse von I.5 oder besser aufwiesen, wurden somit als I. Ertragsstufe deklariert, alle anderen als II. Ertragsstufe.<sup>37</sup>

- Eine weitere Stratifizierung ergab sich aus der Tatsache, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Fichtenbestände des rheinland-pfälzischen Staatswaldes schälgeschädigt ist und infolgedessen Rotfäule aufweist. Deshalb wurde ausgehend von der forsteinrichtungstechnischen Erfassung von Schäl Schäden eine Untergliederung nach „gesund / faul“ vorgenommen.
- Letztlich wurde die Fichtengesamtfläche nach Altersklassen stratifiziert. Die Aufteilung erfolgte in 10jährige Altersklassen. Die 12. und höchste Altersklasse umfasste dabei auch alle darüber hinausgehenden älteren Fichtenbestände.

<sup>37</sup> Das Baumhöhenpotenzial für die Bestände der besseren und schlechteren Ertragsstufen soll dem der Ertragstafel WIEDEMANN, Ekl. I.0 und II.0, entsprechen. In SILVA werden die Höhenpotenziale durch das Standortleistungs-Modul berechnet. Es ist jedoch möglich, Höhenpotenziale extern mittels einer zusätzlichen Steuerdatei baumartenweise vorzugeben. Dabei werden an das Programm jeweils die drei Parameter A, k und p der Chapman-Richards-Funktion (vgl. PIENAAR, TURNBULL 1973), welche die Altershöhenentwicklung beschreibt, übergeben:

$$h_0 = A * (1 - e^{-kt})^p$$

wobei:      $h_0$      Oberhöhe [m]  
                $t$         Alter [Jahre]  
               A,k,p    Koeffizienten der Regressionsgleichung

Die Koeffizienten der Regressionsgleichung zur Festlegung der Höhenpotenziale in SILVA wurden in Anlehnung an die Höhenwachstumsgänge in der Ertragstafel WIEDEMANN erstellt. Da es sich in der Ertragstafel WIEDEMANN um Bestandesmittelhöhen handelt, für SILVA aber Einzelbaumpotentialhöhen benötigt werden, wurden diese wie folgt berechnet:

Zuerst wurde die Relation der Mittelhöhe zur Oberhöhe über dem Alter aus der Ertragstafel ASSMANN/Franz ermittelt. Mit dieser Relation wurde die Mittelhöhen der Ertragstafel WIEDEMANN auf Oberhöheniveau angehoben. Durch Multiplikation der Oberhöhe mit dem Faktor 1,14 erhält man die Einzelbaum-Potentialhöhe (vgl. KAHN 1994: 134). Die Einzelbaum-Potentialhöhe ist diejenige Höhe, die ein einzelner Baum unter günstigsten Standorts- und Konkurrenzbedingungen maximal erreichen kann. Anhand der nun vorliegenden Potentialhöhenkurven für Ertragsstufe I und Ertragsstufe II wurden zwei Akp-Funktionen für SILVA angepasst.

Baumart	Ertragsstufe	A	k	p
Fichte	I	47,5	0,02	1,59
Fichte	II	45,0	0,02	1,65

Tabelle: Koeffizienten der Regressionsgleichungen der Chapman-Richards-Funktion

Für alle weiteren zur Simulation mit SILVA notwendigen Standortinformationen wurden die mittleren Werte der Wuchsbezirke 07.06.05 Rhein-Hunsrück (für „gut“) bzw. 07.06.03 Hoch- und Idarwald (für „schlechter“) genommen.

Der Bestockungsgrad und das Alter wurden jeweils flächengewogen innerhalb der Straten gemittelt.

Insgesamt ergaben sich somit 88 Straten (s. Tabelle 10 und 11). Für die Straten ab der 2. Altersklasse wurden auf Basis der Forsteinrichtungsdaten (vgl. Fußnote 27) für die Betriebsklasse Fichte jeweils repräsentative Modellbestände im Waldsimulationsmodell SILVA generiert. Für die Straten der ersten Altersklasse wurden die Vorratswerte für den Simulationszeitraum vor dem Alter 25 Jahre mit Ertragstafelwerten ergänzt.

Die Ermittlung der bestandes-/stratenweisen Mittelwerte für die Generierung der Ausgangsbestände in SILVA erfolgte auf der Grundlage der Werte der Ertragstafel WIEDEMANN.<sup>38</sup>

Akl	gesund – stabil		gesund – labil		faul – stabil		faul – labil	
	ES I	ES II	ES I	ES II	ES I	ES II	ES I	ES II
I	875	579	407	108	0	0	0	0
II	1222	624	506	412	27	27	14	0
III	801	356	385	105	314	164	91	10
IV	1046	536	384	72	725	432	291	76
V	1788	666	575	51	1695	784	636	51
VI	1428	448	485	61	2139	895	975	181
VII	995	420	151	50	763	598	125	31
VIII	986	495	226	47	978	563	143	37
IX	1029	716	108	47	627	541	24	36
X	1207	840	173	129	469	634	34	34
XI +	1628	2316	124	230	341	1474	20	43

Tabelle 10: Ausgangsflächenausstattung (ha)<sup>39</sup>  
(ES = Ertragsstufe)

	Alter im Jahr 2000				Gesamt	
	bis 40 Jahre		über 40 Jahre			
<b>gesund-stabil</b>	6.039 ha	14%	14.963 ha	35%	21.002 ha	49%
<b>faul-stabil</b>	1.689 ha	4%	12.501 ha	29%	14.190 ha	33%
<b>gesund-labil</b>	2.379 ha	6%	2.457 ha	6%	4.836 ha	11%
<b>faul-labil</b>	482 ha	1%	2.370 ha	6%	2.852 ha	7%
<b>Gesamt:</b>	<b>10.589 ha</b>	<b>25%</b>	<b>32.291 ha</b>	<b>75%</b>	<b>42.880 ha</b>	<b>100%</b>

Tabelle 11: Flächenausstattung der relevanten Straten Gruppen

<sup>38</sup> Hierfür wurden den einzelnen Straten anhand der jeweiligen Ertragsklasse und dem mittleren Alter die Bestandeswerte Grundfläche pro Hektar und mittlerer Durchmesser zugeordnet. Die Grundfläche wurde gemäß dem mittleren Bestockungsgrad korrigiert.

<sup>39</sup> Vgl. ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG 2003: 8 sowie ROEDER, BÜCKING, JOCHUM 2002: Anhang 1. Demnach liegt hier mit einer Gesamtfläche aller Straten von rd. 40.909 ha eine etwas geringere Flächenausstattung vor. ROEDER et al. gehen von einem Gesamtumfang von 44.619 ha aus. Die Differenz kann u.a. auf die im Kapitel 5.1 beschriebene Reduktion der Daten zurückgeführt werden. Da die Flächendifferenz zwischen den beiden verwendeten Datensätzen ansonsten deutlich unter 5% liegt, wird sie als unerheblich erachtet und wird letztlich auf Inkonsistenzen innerhalb des Gesamtdatenbestandes bzw. seiner Aufbereitung für die beiden hier betrachteten Verwendungen zurück geführt.



### **5.3 Prognose**

Grundlegendes Ziel soll die Ermittlung ausgewählter ökonomischer Kennwerte sein, die der Entscheidungsunterstützung dienen können. Methodisches Instrument zur Erarbeitung dieser Größen ist die *ökonomische Prognose* auf der Grundlage der *Simulation*.

Nach HANSMANN<sup>40</sup> ist unter dem Begriff der ökonomischen Prognose eine Aussage über ein oder mehrere zukünftige Ereignisse zu verstehen, die auf Beobachtungen und auf einer Theorie beruhen. Eine Prognose basiert auf der Analyse der Vergangenheit, was ihre empirische Fundierung sichern soll und dazu dient, ein bloßes „Tippen“ zu vermeiden. Die Theoriebildung, auf der eine Prognose aufbauen soll, dient ihrer sachlogischen Begründung unter Angabe von Prämissen, unter denen die Prognose abgegeben werden soll.<sup>41</sup>

#### **5.3.1 Simulation**

Als Prognosehilfsmittel benennt JÖBSTL<sup>42</sup> die Simulation. Er charakterisiert sie als den „(...) wohl wichtigsten Modelltyp für langfristige Analysen.“<sup>43</sup> Dabei spezifiziert er den Begriff des Simulationsmodells dahingehend, dass Simulationen „(...) als Abbilder realer Systeme auch die Nachahmung dynamischer Prozesse erlauben.“ Simulationen empfiehlt er u.a. „(...) um die Entwicklung eines Forstbetriebes oder bestimmter Operationen während eines bestimmten Zeitraumes (...) im voraus ablaufen zu lassen.“ Genau diese Anwendung einer

---

<sup>40</sup> HANSMANN 1983: 11

<sup>41</sup> Prognosen sind an bestimmte Voraussetzungen wie beispielsweise der *Zeitstabilitätshypothese*, der Annahme, dass aufgedeckte Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge auch in der Zukunft weiterhin gelten, gekoppelt. Vgl. hierzu sowie zur weiteren Vertiefung ebenfalls HANSMANN 1983. Darüber hinaus sind Prognosen aber auch mit methodischen Problemen verbunden, die zu Fehlprognosen führen können. Sie treten allgemein formuliert dann auf, wenn Trends verwendet werden, die aufgrund unberücksichtigt gebliebener Variablen, so nicht in der Realität zu Tage treten. Weitere Hinweise zu Prognoseproblemen geben FULDA, HÄRTER und LENK 1989. Im Zusammenhang mit forstbetrieblichen Prognosen und der prognostischen Abbildung der Langfristigkeit forstlicher Produktion ist vor allen Dingen die Feststellung der Autoren von Bedeutung, dass sichere Prognosen im Zusammenhang mit zeitlich offenen Entscheidungsfeldern weitgehend unmöglich sind. Somit gilt es, zeitliche Offenheit durch begrenzte Prognosezeiträume, wie hier vorgesehen, normativ zu vermeiden.

<sup>42</sup> JÖBSTL 1984: 349 ff.

<sup>43</sup> JÖBSTL 1984: 350

Simulation *im voraus* einer Entscheidungsnotwendigkeit macht sie zu einem entscheidungsunterstützenden Hilfsmittel im Verständnis der vorliegenden Abhandlung.<sup>44</sup>

Mittels der Simulation wird methodisch betrachtet eine Heuristik verwendet. JÖBSTL beschreibt die Betriebssimulation als ein heuristisches Verfahren<sup>45</sup>. Dabei versteht er darunter „(...) Verfahren der suchenden Annäherung an eine möglichst günstige Lösung durch systematisches Probieren (...)“<sup>46</sup>. Dieses Verständnis wird hier geteilt, insbesondere auch im Hinblick auf JÖBSTLS Einlassung, dass Simulationen im Sinne von Modellen die Wirklichkeit nur unvollständig abbilden und „(...) die Ergebnisse (...) eine Entscheidung nicht ersetzen, sondern immer nur erleichtern und stützen.“<sup>47</sup>

Die forstliche Betriebssimulation ermöglicht eine zeitlich und sachlich geschlossene Betrachtung von waldbaulichen Alternativen, ihren Steuerungshandlungen und ihren Produktionsergebnissen im Zeitverlauf, ohne einen möglichen Realablauf beispielsweise über Versuche erproben zu müssen, was zeitlich gesehen innerhalb der Forstwirtschaft wiederum

---

<sup>44</sup> Eine frühe Veröffentlichung zur Simulation als Methode in der Betriebswirtschaft findet sich z.B. bei KOLLER (1966). Er führt bereits etliche Argumente und Begründungen für die Verwendung einer Simulation als Methode bei betriebswirtschaftlichen Fragestellungen an, die auch hier begründend genannt werden können. So führt er aus, dass „*die relativ engen Grenzen der bekannten analytischen Verfahren zur Lösung komplexer Entscheidungsprobleme (...) Anlaß zur Entwicklung der Simulationstechnik (...)*“ gaben. Einschränkend ergänzt er: „*Die Simulationstechnik besitzt nicht die formale Eleganz und Sicherheit analytischer Verfahren. Auch kann die Durchrechnung einer Vielzahl von Einzelfällen bei komplexen Modellen einen erheblichen Aufwand verursachen.*“ Dieser bereits methodenkritische Hinweis mündet dann etwas später in die Feststellung: „*Erst wenn die vorliegende Modellstruktur so komplex ist, dass kein Algorithmus zur Optimierung vorhanden ist, wird man sich normalerweise der Simulationstechnik bedienen.*“ (KOLLER 1966: 99-100). Genau diese Rahmenbedingungen sind jedoch als Elemente der Problemstellung der vorliegenden Studie gegeben, weshalb die Simulation als Methode zur Anwendung kam.

<sup>45</sup> JÖBSTL 1984: 349. Ein heuristischer Aspekt der Simulation ist beispielsweise die „Quasi-Schließung“ eines offenen Entscheidungsfeldes zu einem zwar frei gewählten, aber sachlich-problembezogen adäquaten Zeitpunkt in der Zukunft. Selbstverständlich kann ein offenes Entscheidungsfeld entscheidungslogisch tatsächlich nicht geschlossen werden (zur Problematik strukturdefekter Entscheidungssituationen in zeitlich offenen Entscheidungsfeldern und grundsätzlichen heuristischen Lösungsansätzen vgl. BÜCKING 2002: 27 ff. bzw. die dort genannte Literatur). Demnach ist die zeitliche Begrenzung einer Simulation auch heuristisch zu werten, die es aber ermöglicht, die gesamte Abbildung des realen Zeitverlaufes von Null bis zum gewählten Zeitpunkt auf einen kurzzeitigen Moment abzubilden. Dadurch ist es technisch möglich, die Zukunft bereits heute fiktiv abzubilden. Entscheidungsnotwendigkeiten, die zeitnah zu klären sind, bedürfen also technischer Methoden, die es ermöglichen, entfernte Zeithorizonte in die Gegenwart zu projizieren. Dies erscheint auf der Grundlage leistungsfähiger forstlicher Simulationsprogramme, z.B. SILVA (vgl. PRETZSCH 2001: 193-253) oder BWIN (vgl. NAGEL, ALBERT, SCHMIDT 2002: 486-493), möglich.

<sup>46</sup> ebenda

<sup>47</sup> ebenda. Vgl. hierzu auch Ausführungen von DENSBOERN 1999: 113 ff., der darauf hinweist, dass Simulationen keine eindeutigen Ergebnisse liefern oder noch weniger eindeutige Anleitungen zum Handeln darstellen können, sondern als unterstützende Hilfsmittel zu verstehen sind.

selbst nur in langen Zeiträumen möglich wäre. Nach DENSBORN<sup>48</sup> erscheint somit die Forstwirtschaft

*„(...) für den Einsatz der Simulationstechnik geradezu prädestiniert zu sein, da etwa die Folgen waldbaulicher Entscheidungen nach einer Umsetzung im realen System (...) in der Regel nicht sofort eintreten und daher nicht direkt erfasst werden können. Waldbauliche Entscheidungen bergen so stets erst später erkennbare Risiken oder Unsicherheiten (...). Da einmal getroffene Entscheidungen meist nicht revidierbar sind, können so andere Entscheidungsalternativen nicht am gleichen Objekt untersucht werden.“*

Das vorstehende Zitat charakterisiert in treffender Weise, wenn auch allgemein, die spezifische Problematik, der sich diese Abhandlung widmet. Das Mittel der forstbetrieblichen Simulation auf der Grundlage anwendungsorientierter Modellbildungen<sup>49</sup> soll nun zur Überwindung der Problemlage beitragen. Eine frühe grundlegende Thematisierung forstbetrieblicher Simulation als Entscheidungshilfe in der forstlichen Planung stammt von SPIECKER<sup>50</sup>, der ausführt, dass die Simulation *„(...) zur Beschreibung der zeitlichen Abfolge von Handlungen und ihrer Konsequenzen (...)“* dienen kann und z.B. die Auswirkungen der *„(...) Art und Stärke der Durchforstungen (...) auf die Dimension und Menge erzeugten Holzes (...)“* erprobt werden können, was für diese Arbeit von besonderem Interesse ist.<sup>51</sup>

In jüngerer Zeit widmen sich einige Autoren ausführlich den Anwendungsmöglichkeiten forstlicher Betriebssimulation mit ökonomischer Schwerpunktausrichtung, insbesondere seit der Entwicklung und steten Verbesserung von computerbasierten Wachstumssimulatoren.<sup>52</sup> DENSBORN charakterisiert Simulationsmodelle explizit als einen instrumentellen Ansatz zur Unterstützung von Strategieentscheidungen auf der Unternehmensebene.<sup>53</sup> Simulationen auf der Grundlage zutreffender, wenn auch ggf. vereinfachender Modellbildungen können seinen Ausführungen zufolge tatsächlich brauchbare Hilfsmittel zur Entschärfung der Problemlage

---

<sup>48</sup> DENSBORN 1999: 36

<sup>50</sup> SPIECKER 1974

<sup>51</sup> SPIECKER 1974: 23

<sup>52</sup> Vgl. beispielsweise Arbeiten von HANEWINKEL 1998, DENSBORN 1999, KRAMER 2000, DUSCHL 2001, KONITZER 2000.

<sup>53</sup> DENSBORN 1999: 35

„Langfristigkeit → Risiko/Unsicherheit“ bei entsprechend strategischen Entscheidungen sein, insbesondere aufgrund folgender Vorteile:<sup>54</sup>

- Umgehung der Langfristigkeit forstlicher Produktion durch die simulative Möglichkeit rascher Folgenabschätzungen
- Beliebig häufige Reproduzierbarkeit der Auswirkungen von unterschiedlichen Entscheidungsalternativen
- Variable Überprüfung der Einflüsse von veränderlichen Rahmenbedingungen auf Alternativen und Durchführung von Sensitivitätsanalysen auf der Grundlage simulierter Ergebnisse

Aufgabe der im Folgenden näher zu beschreibenden Simulationen ist der Vergleich des Behandlungskonzeptes „Qualifizieren/Dimensionieren“ für die Baumart Fichte des Staatswaldes Rheinland-Pfalz<sup>55</sup> mit den ebenfalls als Szenarien abgebildeten Referenzbehandlungen sowie einer Nullvariante (natürliches Wachstum und natürliche Mortalität ohne waldbauliche Steuerungen). Mittels des Wachstumsmodells SILVA, das als Instrument der Simulation fungiert, sollen ökonomische Konsequenzen offenkundig werden. Dazu werden Entwicklungsprognosen<sup>56</sup> für jede waldbauliche Behandlungsvariante und für definierte Zeiträume erstellt, die im Ergebnis vor allem zu *Nutzungsprognosen auf der Grundlage von Mengen- und Sortenangaben* führen. Sie bilden das Fundament für weitergehende ökonomische Bewertungen, Vergleiche und Sensitivitätsanalysen.<sup>57</sup>

Die Simulation verläuft generell nach folgendem Schema (s. Abbildung 16):

---

<sup>54</sup> DENSBORN 1999: 36-40. Dort findet sich auch eine allgemeine Beschreibung von Anforderungen an analytische modellgestützte Forschungsansätze mit ökonomischer Fragestellung, die im Rahmen dieser Studie berücksichtigt werden.

Weitere Begründungen für forstbetriebliche Simulationen im Kontext einer strategischen Fragestellung finden sich beispielsweise auch bei HYINK (1990: 310). Simulation ist hiernach geeignet „(for) developing policy and technical direction on harvest levels and forest management practices.“

<sup>55</sup> Vgl. Kapitel 2.

<sup>56</sup> Vgl. hierzu PRETZSCH 2001: 264 und dort genannte Literatur.

<sup>57</sup> Vgl. WÖHE 1986: 148 sowie PFOHL und STÖLZLE 1997: 176. Dort wird die *Sensitivitätsanalyse als Mittel zur Bewertungsstabilisierung* charakterisiert. Dieser methodische Aspekt der Sensitivitätsanalyse wird auch in der vorliegenden Abhandlung verfolgt, da er der entscheidungsunterstützenden Bewertung unterschiedlicher waldbaulicher Handlungsalternativen dienen soll. Diese Anwendungsoption wird auch von FOX, COVINGTON und WOOD 1990: 219 gestützt. Zur allgemeinen Definition vgl. MÜLLER-MERBACH 1991: 430.



Abbildung 16: Allgemeine Konzeption des wachstumsbezogenen Simulationsablaufes mittels SILVA, sowohl für den Modellhektar wie auch für die Fichtenbetriebsklasse<sup>58</sup>

<sup>58</sup> Der ausgesprochen lange Simulationszeitraum wurde gewählt, weil nur so Auswirkungen eines waldbaulichen Behandlungsschemas wie „Qualifizieren / Dimensionieren“ erkennbar werden. Kürzere Prognosezeiträume würden wesentliche Elemente einer waldbaulichen Strategie nicht aufscheinen lassen. Beispielsweise könnte im Rahmen eines 30jährigen Simulationszeitraumes, der auf Straten mit einem Einsteuerungsalter von ihrerseits 30 Jahren angewandt wird, keine nennenswerte Abbildung von Zielprodukten im Sinne von zielstärkendefinierten Wertstämmen erreicht werden. Aus diesem pragmatischen Grund und im Sinne der Zielsetzung dieser Studie, die einen ökonomischen Vergleich waldbaulicher Strategien ermöglichen möchte, ist es unerlässlich, einen Prognosezeitraum vorzugeben, der mindestens erstmalig die simulative Erreichung von Produktzielen zulässt. Als grundsätzliche Kritik an diesem Vorgehen kann die aus entscheidungstheoretischer Sicht zu lange Zeitspanne gewertet werden, die sich von vornherein einer rationalen Zugänglichkeit einer Entscheidungsfindung, die sich auf derart weit entfernte Zeithorizonte bezieht, verschließt. Begründungen für die mögliche entscheidungstheoretische Irrelevanz von Planungszeiträumen jenseits von 10-15 Jahren liefern u.a. zusammenfassende Ausführungen von BÜCKING 2002: 21 ff. sowie von OESTEN & SCHANZ 1996: 20 ff. und BONIECKI 1980: 174. KERN (1992: 47-48) verweist in diesem Zusammenhang auf die Problematik der *Zeitinkonsistenz von Handlungen* bei Langfristigkeit, die die Rationalität langfristiger Planungen in Frage stellt. Als Beispiel für eine ebenfalls langfristig ausgerichtete Simulation mit Bestandesbezug, in diesem Fall mit einem Simulationszeitraum von 110 Jahren, sei auf eine Arbeit von LINDNER (1999) verwiesen, der Waldbaustrategien im Kontext möglicher Klimaveränderungen untersuchte. Auch hier war der lange Zeitraum letztlich aus methodischen Gründen notwendig, da sonst keine wesentlichen Veränderungen im Sinne von Ergebnissen erkennbar gewesen wären.

Die Dateitypen Steuer-, Inventur-, Standort-, Prognose- und Durchforstungsdatei bilden u.a. die Gruppe der *Eingabe- bzw. Steuerdateien*<sup>59</sup>.

Die Anwendung dieser Eingabedateien erfolgt innerhalb des Waldwachstums-simulators SILVA über den sogenannten automatisierten Batch-Betrieb.

Das Programm SILVA vereint zwei unterschiedliche Programmmodule: eine sogenannte *Dialogversion* sowie die automatisierte bzw. *Batch-Version*. Beide Versionen greifen für die Simulation des Wachstums der Bäume auf die selben Programmteile zu. Ein Baum wächst also in der automatisierten Version genauso, wie in der Dialogversion. Die beiden Versionen unterscheiden sich im Wesentlichen in der Aufbereitung der Ausgangsdaten (Steuerdateien s.o.) und den zu bearbeitenden Datenmengen.

In der Dialogversion von SILVA kann immer nur ein Bestand „erzeugt“ werden. Anschließend können für diesen Bestand Auswertungen erstellt werden. Die automatische Version von SILVA ist in der Lage, selbständig eine Liste von Prognoseeinheiten bzw. Straten abzuarbeiten (Batch-Betrieb = Stapelverarbeitung) und die Ergebnisse für jede einzelne Einheit als auch summarisch darzustellen. Dafür verfügt die automatische Version über eine sogenannte Inventurschnittstelle. Damit ist es möglich, Bestände auf Grund von Inventurdaten zu generieren und fortzuschreiben. Alle notwendigen Einstellungen und das Laden von Baumdaten werden über die Steuerdateien gesteuert, die im Hintergrund abgelegt werden. Außerdem lassen sich sowohl die Strukturgenerierung von Beständen als auch die Prognoserechnungen automatisch bis zu 20 Mal wiederholen. Das kann aus Gründen des stochastischen Modellansatzes zweckmäßig sein. Die Ergebnisse der Wiederholungen werden auf Wunsch automatisch gemittelt und ausgegeben. Während sich der Nutzer in der Dialogversion bei den Einstellungen für die Durchforstung eines Bestandes für den gesamten Simulationszeitraum auf ein Konzept festlegen muss, lassen sich in der automatischen

---

<sup>59</sup> Bei Prognosen mit der automatisierten Version des Wachstumssimulators SILVA werden dem Programm alle für die Generierung eines Bestandes und der daran anschließenden Fortschreibung notwendigen Daten mit Hilfe eines Satzes von sog. Steuerdateien übermittelt. Ein solcher Satz von Steuerdateien besteht aus mindestens 5 (max. 8) einzelnen Dateien im Textformat, welche zusammen in einem Verzeichnis (Ordner) auf dem PC abgespeichert sein müssen.

Eine Steuerdatei enthält eine Liste der abzuarbeitenden Prognoseeinheiten / Straten, die Standortdatei die Standortparameter für jedes Stratum. Durch die Dateien Prognose- und Durchforstungsdatei werden die allgemeinen Prognosevorgaben (Anzahl der Perioden etc.) und die Durchforstungsalgorithmen festgelegt. Komplettiert wird der Satz durch Dateien, welche die Wald- bzw. Baumdaten enthalten. Die entsprechenden Informationen sind jeweils in einer definierten Spaltenabfolge numerisch verschlüsselt.

Version bis zu drei eigenständige Durchforstungskonzepte bzw. Durchforstungsphasen definieren. Welche dieser Phasen auf den jeweiligen Bestand gerade anzuwenden ist, wird anhand der jeweils aktuellen Oberhöhe einer durch den Nutzer vorgegebenen Baumart im Laufe der Simulation entschieden. Die Oberhöhengrenzen zwischen Durchforstungsphase 1 und 2 sowie zwischen 2 und 3 kann der Nutzer in den Steuerdateien für jede Prognoseeinheit individuell festlegen. Damit lassen sich einer Bestandesentwicklung angepasste Durchforstungskonzepte von der Erstdurchforstung bis hin zur Endnutzung entwickeln. Die automatisierte Version verfügt zusätzlich über die Nutzungsart „Abnutzung“. Damit kann in einem vorgegebenen Zeitraum ein Bestand linear abgenutzt werden, wobei der Unterstand ( $< \frac{1}{2}$ -Oberhöhe) stehen gelassen wird. Die automatisierte Version von Silva eignet sich aufgrund dieser Eigenschaften auch für die Einbindung in übergeordnete Modelle wie z.B. Forstbetriebsmodelle oder forstliche Informationssysteme.<sup>60</sup>

In Verbindung mit der Stratifizierung kann der Ablauf, beginnend bei den Ausgangsdaten bis zum Beginn der Prognoserechnungen, zusammenfassend durch Abbildung 17 skizziert werden.

---

<sup>60</sup> Vgl. zur ausführlichen Auseinandersetzung mit den Einsatzmöglichkeiten von Waldwachstumssimulatoren, u.a. für Betriebe, auch DURSKEY 2000. Eine detaillierte anwendungsorientierte Beschreibung der Dateitypen und ihrer –formate liefern PRETZSCH et al. 2000: 141 ff.

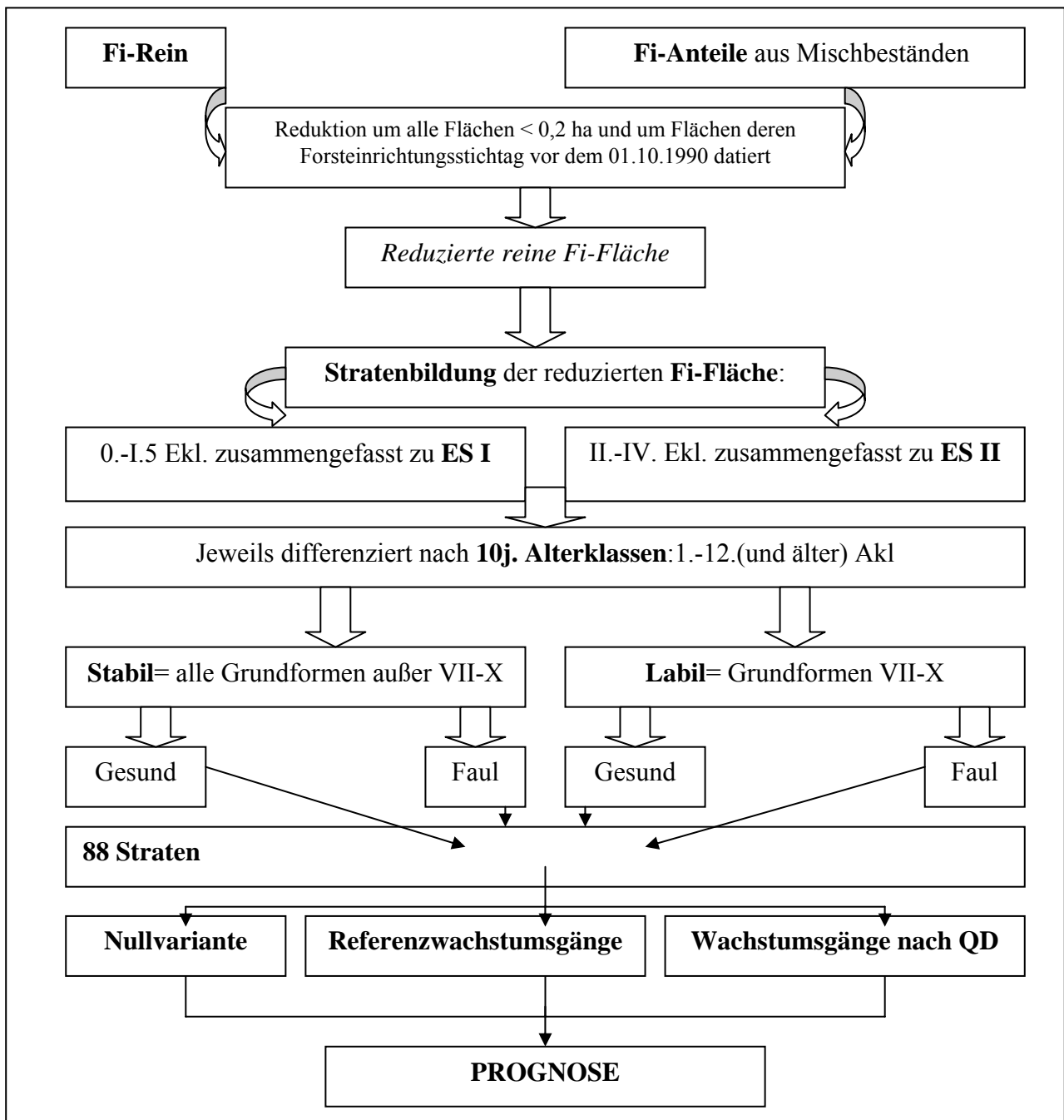


Abbildung 17: Schema zur Verknüpfung der Stratifizierung mit den Behandlungsszenarien als Startwerte für die Prognose



Zur Vervollständigung der Beschreibung des Simulationsablaufes werden die beiden Behandlungsszenarien erläutert, die hinsichtlich der Fragestellungen des Projektes zu unterscheiden sind:<sup>61</sup>

1. Prognose des Holzanfalles bis zum Jahr 2060 durch die Abnutzung der Fichtenbestände, die im Jahr 2000 bereits *40 Jahre und älter* waren. Dieser Komplex greift nur auf die Realdaten aus der Forsteinrichtung zurück.
2. Behandlung der *unter 40jährigen Fichtenbestände* bzw. der zukünftig wieder mit stabilen Fichtenbeständen bestockten Flächen. Hierfür wurden zunächst drei Ausgangs-Modellbestände im Alter von 25 Jahren generiert. Diese stehen stellvertretend für Fichtenbestände, die aus einer Pflanzung (2.500 Bäume/ha im Alter  $\pm$  25 Jahre), einer stammzahlarmen (3.500 Bäume/ha im Alter  $\pm$  25 Jahre) oder einer stammzahlreichen (5.000 Bäume/ha im Alter  $\pm$  25 Jahre) Naturverjüngung hervorgegangen sind.<sup>62</sup> Die unterschiedlichen Behandlungsvarianten können somit unter quasi idealtypischen Bedingungen miteinander verglichen werden. Erst in einem zweiten Schritt werden für den Vergleich auch die Realdaten aus der Forsteinrichtung herangezogen, um einen Eindruck von der Umsetzbarkeit der verschiedenen Konzepte auf der Staatswaldfläche (*Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz*) in der gegenwärtigen Situation zu gewinnen. Hierbei werden nur noch die Varianten gerechnet, die sich bereits unter idealtypischen Startbedingungen als zielführend erwiesen haben (vgl. Ergebnisse zu den Berechnungen der *Fichtenbetriebsklasse*).

Bei den unter 40jährigen Beständen, d.h. bei der Betrachtungsebene „Modellhektar“, wurden zwei unterschiedliche Behandlungsstrategien in verschiedenen Varianten miteinander verglichen. Einer „traditionellen“ Z-Baum-Durchforstung wird das QD-Konzept

---

<sup>61</sup> An dieser Stelle sei den Herren DR. EDER, seinerzeit Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, WILHELM, Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, Zentralstelle der Forstverwaltung, und DR. DONG, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz für die inhaltlichen Vorgaben und die Unterstützung bei der Formulierung der Behandlungsvarianten und Referenzen gedankt.

<sup>62</sup> Die drei unterschiedlichen Ausgangsbestände wurde modelliert um unterschiedliche waldbauliche Ausgangsbedingungen simulieren zu können, die ggf. auch zu weiteren Unterschieden im Wachstumsverlauf beitragen können, was sich allerdings im Verlauf der Auswertungen der wachstumkundlichen Ergebnisse als eher nachrangig herausstellte. Zur besseren Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Ergebnispräsentationen in nachfolgenden Kapiteln wurden die einzelnen Auswertungsergebnisse auf der Basis unterschiedlicher Ausgangsstammzahlen gleich gewichtet gemittelt, so dass letztlich jeweils nur ein Wert, unabhängig von der Ausgangsstammzahl, vorgestellt wird. Dieses Vorgehen erschien auch dadurch gerechtfertigt, da vereinfachend unterstellt wurde, dass die drei unterschiedlichen Ausgangsstrukturen in der Realität, großflächig gesehen, in etwa gleich verteilt vorkommen können.

gegenübergestellt. Beide Konzepte werden in verschiedenen Varianten gerechnet, welche sich in der Z-Baumanzahl/ha, angestrebtem Zieldurchmesser und Produktionszeitraum unterscheiden.

Im Folgenden werden die waldbaulichen Szenarien<sup>63</sup> und ihre Varianten sowie deren Umsetzung im Wachstumssimulator SILVA kurz beschrieben<sup>64</sup>:

a) Nullvariante

Für alle Vergleiche werden Nullvarianten ohne Eingriffe gerechnet. Bäume können nur auf Grund natürlicher Mortalität, die durch das Programm simuliert wird, ausscheiden. Die in SILVA simulierte natürliche Mortalität führt nur zu einem Absterben von Bäumen durch Konkurrenz. Ein Ausscheiden durch Wind, Schnee, Käfer o.ä. wird nicht nachgebildet. Diese Variante wurde gewählt, weil sie auf der Ebene der Holzproduktion die obere „Grenze“ des Möglichen darstellt.<sup>65</sup>

b) Szenarienkomplex 1 – Bestände älter als 40 Jahre – *Berechnungen für die Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz*

Simuliert wird hier die zukünftige Entwicklung der über 40jährigen Bestände bei regelmäßiger 10jähriger Durchforstung auf der Grundlage einer mäßigen Hochdurchforstung nach WIEDEMANN. Im Rahmen der Durchforstungen werden jeweils 50 % des laufenden Zuwachses entnommen. Der Simulationszeitraum unterscheidet sich in Abhängigkeit des

---

<sup>63</sup> Zur Definition und zum Begriff des Szenarios in der strategischen Planung der Betriebswirtschaftslehre vgl. SCHERM 1992: 92 ff. Ein forstliches Anwendungsbeispiel für eine Szenariorechnung in jüngerer Zeit lieferten u.a. PRETZSCH, BIBER, MOSHAMMER (2005b) in Form ihrer Fichtenstarkholzprognose für den bayerischen Staatswald. Im methodischen Aufbau und Vorgehen ist grundsätzlich eine Übereinstimmung mit der vorliegenden Studie zu erkennen, v.a. im Hinblick auf den Methodenbaustein des Variantenstudiums. Dieselben Autoren skizzieren zudem anschaulich die generelle Einsatzmöglichkeit und Eignung von Waldwachstumssimulatoren, z.B. für die Prognose der Waldentwicklung auf Landesebene und das dafür notwendige prinzipielle Vorgehen dem hier vom Grundsatz her gefolgt wurde (vgl. PRETZSCH, BIBER, MOSHAMMER 2005a).

<sup>64</sup> An dieser Stelle wird nachdrücklich darauf hingewiesen, dass alle Simulationen ohne Berücksichtigung jedweder Risikofaktoren durchgeführt wurden. D.h. sowohl Produktrisiken wie sie beispielsweise hinsichtlich der Harzgallenproblematik vorgefunden wurden (vgl. Kapitel 3.2) oder Stammholzfäule als auch natürliche Produktionsrisiken, z.B. Sturmwurfgefahren wurden im Rahmen der Simulationen ausgeblendet. Es herrschte risikofreies Wachstum. Bei der späteren Bewertung der Ergebnisse ist diese nicht reale, aber aus methodischen bzw. simulationstechnischen Gründen notwendige Fiktion, selbstverständlich zu berücksichtigen.

<sup>65</sup> Als Hinweis für die spätere Interpretation der Ergebnisse muss erwähnt werden, dass SILVA u.a. wegen der o.g. Einschränkungen hinsichtlich der Modellierung natürlicher Abgänge, das Wachstum der Nullvariante tendenziell überschätzt, wobei das Maß der Überschätzung allerdings nicht beschrieben werden kann.

Eingangsalters der einzelnen Straten. Er liegt somit zwischen 10 und 60 Jahren innerhalb dessen die Bestände nach bestimmten prozentualen Anteilen pro Jahrzehnt endgenutzt werden (siehe als Beispiel Abbildung 18).<sup>66</sup> Der jeweils prozentuale Nutzungsgang in Abhängigkeit der Altersklasse sowie der Stratenkategorien „labil-stabil“ und „faul-gesund“ wird in Anhang 1 tabellarisch aufgeführt.

Um die 50 %ige Nutzung des laufenden Zuwachses zu erreichen, werden jeweils die SILVA-internen Grundflächenleitkurven für starke Durchforstung und ein maximal erlaubtes Durchforstungsvolumen pro Eingriff vorgegeben. Dieses entspricht 50 % des laufenden Zuwachses im Jahrzehnt, welcher anhand von Testläufen ermittelt wurde. Die Wahl der Leitkurven für starke Durchforstung bewirken, dass die maximal erlaubte Entnahmemenge immer erreicht wird. Da sich die Zuwachswerte im Laufe der Bestandesentwicklungen verändern können, war es nötig, zwei Behandlungsphasen zu definieren und jeweils angepasste maximale Entnahmemengen vorzugeben.

Die flächige Abnutzung der Fichtenaltbestände wird nicht im Rahmen der Simulation in SILVA selbst nachgebildet, sondern geschieht rechnerisch erst bei der anschließenden Auswertung. Dabei wird die Fläche des jeweiligen Stratum um die zu diesem Zeitpunkt abzunutzende Fläche reduziert. Der sich daraus ergebende Hiebsanfall errechnet sich aus den

---

<sup>66</sup> Bestände, die zum Stichtag der Simulationsdaten älter als 40 Jahre waren, sollten vorgabegemäß nicht mehr nach den Vorstellungen des Waldbaukonzeptes „Qualifizieren/Dimensionieren“ behandelt werden. Sie werden „konservativ“ weiter gepflegt und letztlich geerntet. Das so genannte Fichtenkonzept für die Bewirtschaftung der Fichte im Staatswald von Rheinland-Pfalz sieht für Fichtenbestände ab einem Alter von 40 Jahren den zuvor beschriebenen Nutzungsmodus vor (vgl. ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG 2000, 2003 sowie ROEDER, BÜCKING, JOCHUM 2002). Im Rahmen der hier durchgeführten Simulationen wurde deshalb für die Abbildung des Wachstumsgangs auf eine mäßige Hochdurchforstung zurückgegriffen. Dieses Vorgehen wurde insgesamt gesehen deshalb gewählt, um als weitere Erkenntnisebene auch die möglichen Entwicklungen, zumindest auf der Basis einer Vorrats- und Nutzungsbetrachtung, aufzeigen zu können, die aus der Umsetzung der Fichtenkonzeption im Zeitverlauf resultieren können. Dabei wurden abgenutzte Bestände wiederum in den Simulationszyklus als Jungbestände eingeführt, sofern sie auf stabilen Standorten stocken. Allerdings erfolgt dann ab dem entsprechenden Alter eine Behandlung nach dem Konzept „QD“. Fichtenbestände auf labilen Standorten schieden nach ihrer Ernte grundsätzlich aus der Fichtenbetriebsklasse aus. Das Stratum „faul“ war für die Simulationen letztlich nachrangig und kein wesentliches Ordnungs- oder Ausschlusskriterium, da es einerseits standortsunabhängig betrachtet wurde, andererseits idealtypisch unterstellt wurde, dass es als Folge von Rotwildschälung künftig keine Bedeutung mehr bei neu begründeten Beständen erlangen wird. Es war lediglich dann als Ausschlusskriterium zu betrachten, wenn es sich auf Bestände jünger 40 Jahre bezog, da diese Bestände dann für eine Anwendung von QD ebenfalls nicht mehr in Frage kamen.

Die Begründung für den Nutzungsverlauf, wie er im o.g. Fichtennutzungskonzept sowie im Anhang skizziert ist, wird in der „(...) Motivation zur frühzeitigen Einleitung des Generationswechsels sowie zur beschleunigten Nutzung der heute über 40jährigen Fichtenmassenwarenbestände (...) in einer gesamtbetrieblich optimierten Ausschöpfung des nachhaltigen Nutzungspotenzials konkretisiert.“ (ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG 2003: 9).

zu diesem Zeitpunkt aktuellen Bestandeswerten pro Hektar in SILVA, multipliziert mit der abgenutzten Fläche.

- c) Szenarienkomplex 2 - Bestände jünger als 40 Jahre – *Berechnungen für den Modellhektar*

*QD-Konzept*

Das QD-Konzept ist dem Prinzip nach eine Z-Baumdurchforstung. Im Vergleich zu traditionellen Z-Baumbehandlungen werden jedoch weniger Stämme ausgewählt. Diese werden relativ schnell so stark freigestellt, dass keine grünen Äste mehr absterben und somit die Kronenbasis dauerhaft bei 8m bis 8,5m Höhe gehalten wird (1. Astquirl mit 3 grünen Ästen). Die Bereiche zwischen den Z-Stämmen bleiben unbehandelt.

Das QD-Konzept wird im Rahmen der Waldwachstumssimulation modellhaft über drei Phasen abgebildet, wobei in der ersten Phase (Qualifizierungsphase) keine aktiven Eingriffe in die Bestände stattfinden. Ab einer Kronenansatzhöhe von sechs Metern, wobei der Kronenansatz hierbei über den Astquirl mit dem *ersten Grünast* definiert ist (dies entspricht einem Kronenansatz von etwa knapp 8m, wenn er über den ersten Astquirl mit mindestens drei grünen Ästen definiert wird)<sup>67</sup> erfolgt eine konsequente Freistellung der Z-Bäume. In der Regel erfolgen die Eingriffe bei diesen Vorgaben bei einem Bestandesalter von 25 Jahren.<sup>68</sup>

---

<sup>67</sup> Vgl. Kapitel 2. Eine geringfügige Grünastung kann im untersten Grünastbereich angenommen werden bzw. ist als durchaus konzeptkonform zu unterstellen, weshalb bei diesen Kronenansatzwerten in etwa eine korrelierende Oberhöhe, je nach Ertragsstufe, von 13m – 15m angenommen wurde (mündl. Mitteilung WILHELM 2003; vgl. auch EBERT 1999: 402).

<sup>68</sup> Vgl. zur Wahl des hier bestimmten Eingriffbeginns im Rahmen der Simulation auch Ausführungen von AMMANN 1999: 465. V.a. im Hinblick auf die Gewährleistung eines stabilitätsbestimmenden H/D-Verhältnisses von unter 90 bei einer Anzahl von 200-250 Z-Bäumen/ha empfiehlt er einen Ersteingriff bei der Fichte im Altersrahmen von 20-40 Jahren. Unter diesem Aspekt sowie in erster Linie auch zur Erhaltung einer großen grünen Krone erscheint das hier gewählte Ersteingriffsalter gerechtfertigt.

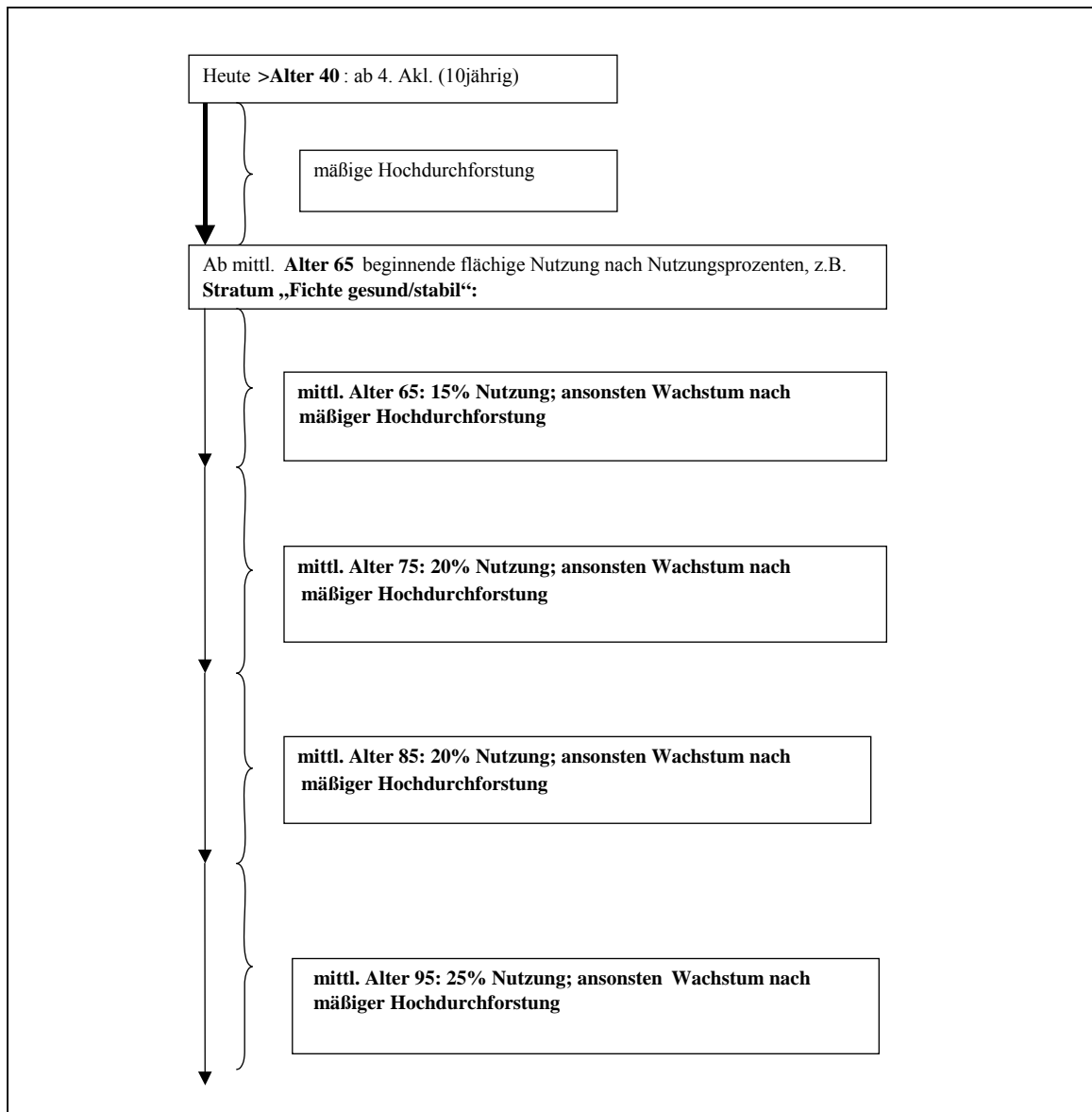


Abbildung 18: Beispielhafte Darstellung einer simulierten Referenzbehandlung für ein Stratum der 4. Alterklasse zu Beginn der Einsteuerung in die Simulation und einem Nutzungsgang für die Kategorie „stabil und gesund“. Bei jedem Nutzungseingriff ist jeweils die zusätzliche Nutzung von 50 % des laufenden Zuwachses innerhalb des betreffenden Nutzungsjahrzehnts hinzuzufügen (vgl. hierzu auch im Anhang – *Nutzungskonzept für Fichtenbestände* (LANDESFORSTEN 2003)).

Vorgegeben ist dabei ein maximales Entnahmevolumen von 65 Efm/ha pro 5-Jahres-Periode. Die Phase dieser Pflege endet nach 35 Jahren im Bestandesalter von 60 (-65) Jahren<sup>69</sup>. Von diesem Zeitpunkt an erfolgt ausschließlich eine Zielstärkennutzung.

Es wurden Varianten mit Z-Baumzahlen von 50, 70 und 100 ( $\pm$  gleichmäßig verteilt) jeweils mit BHD-Zielstärken von 60 cm und 70 cm gerechnet. Es werden jeweils in jeder 5jährigen Simulationsperiode alle Bäume geerntet, welche die Zielstärke erreicht haben. Es werden Nutzungszeiträume bis zu Bestandesaltern von 120 und 140 Jahren simuliert.<sup>70</sup> Das Eingriffs- bzw. Nutzungsintervall ist stets 5jährig, wobei das Programm nur dann Bäume entnimmt, wenn dafür eine Notwendigkeit gemäß den waldbaulichen Vorgaben besteht. Es werden also nur tatsächliche Bedränger (Pflegenotwendigkeit) oder Stämme, welche die Zielstärke erreicht haben (Ernte), entnommen (s. Abbildung 19).<sup>71</sup>

---

<sup>69</sup> Ggf. kann es im Einzelfall eines Simulationsdurchlaufes auch zu einer 5jährigen Verschiebung kommen, da die Steuerung der einzelnen Pflegephasen in SILVA üblicherweise über Oberhöhengrenzen (vgl. nachfolgende Ausführungen zu den Steuerungen des Wachstums der traditionellen Z-Baum-Konzepte) stattfindet. D.h. der Altersgrenze „60 Jahre“ wurden durchschnittliche Oberhöhen (ermittelt über die in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Wachstumsanalysen der Probestämme, die dem QD-Wachstumsgang entsprachen) zugeordnet, deren Erreichen allerdings im Einzelfall einer Wachstumssimulation um  $\pm 5$  Jahre variieren kann.

<sup>70</sup> Auf Grund der langen Simulationszeiträume war es notwendig, auch den Generationenwechsel nach der Abnutzung von Flächen nachzuvollziehen. Wurden Flächen im Laufe des Simulationszeitraumes ab- oder endgenutzt, wurde für diese Flächen mit den Werten der Modellhektar-Simulationen weiter gerechnet, beginnend im Alter von 5 Jahren in der Simulationsperiode nach der Abnutzung. Dies gilt jedoch nur für die „stabilen“ Straten. Es wird davon ausgegangen, dass es auf allen labilen Standorten der Baumartenwechsel zur Buche oder anderen standortgerechten Baumarten vollzogen wird.

<sup>71</sup> Hierzu ist als vorgezogene Methodenkritik anzumerken, dass daraus resultierende Nutzungsmengen aus Sicht praktischer Eingriffe z.T. unrealistisch niedrig sind (vgl. z.B. Abbildung 37). Dies ist jedoch modellbedingt nicht zu vermeiden, um letztlich die im Zeitverlauf stattfindenden Entwicklungen auf dem jeweiligen Modellhektar möglichst exakt abbilden zu können, beispielsweise das Erreichen erster zielstarker Z-Bäume. Allerdings führt diese methodische Notwendigkeit sicherlich auch zu teilweise höheren kalkulierten bzw. modellierten Kosten, da Eingriffe mit höheren Erntemengen aufgrund bekannter betriebswirtschaftlicher Zusammenhänge (Größen- und Auflagendegression) letztlich rationaler gewesen wären. Da dies aber alle Varianten betrifft, ist mit einer mehr oder weniger durchgängigen Mehrbelastung zu rechnen, die allerdings für den Einzelfall nicht beziffert werden kann. In der Konsequenz werden die Wertgrößen jedoch eher vernachlässigbar sein, da sie letztlich auch unmittelbar mit den z.T. recht geringen Entnahmemengen korrelieren.

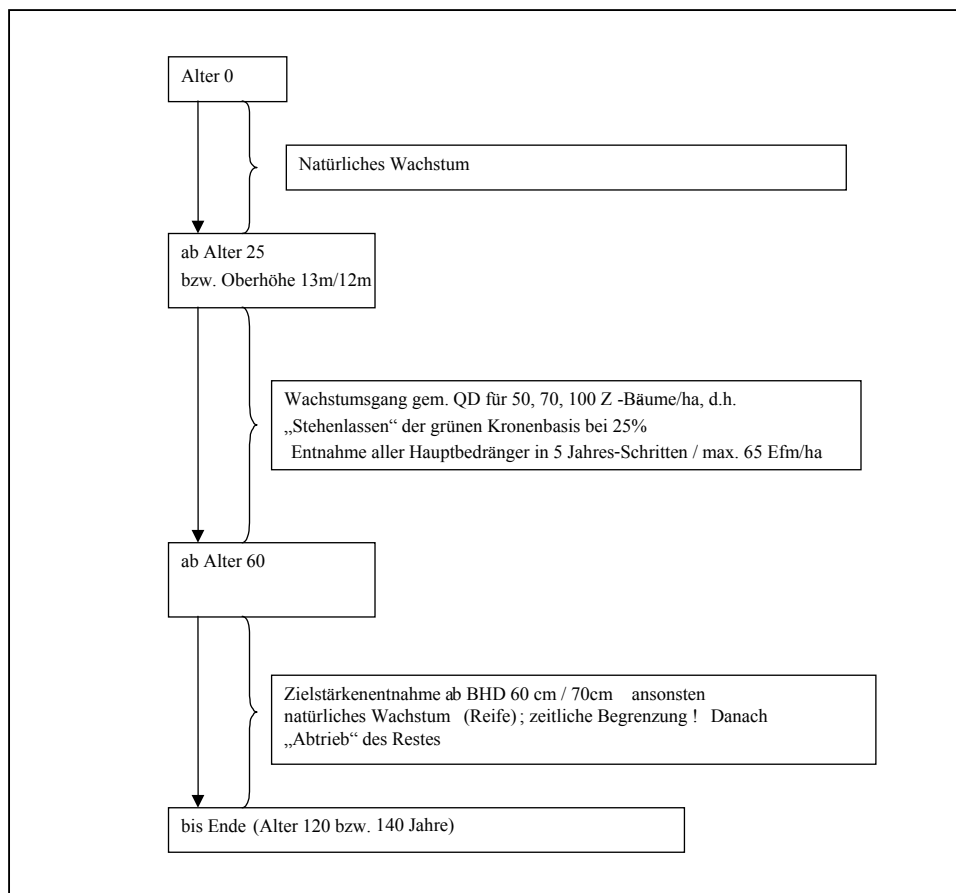


Abbildung 19: Schematischer Simulationsablauf des Waldbaummodells QD

*„Traditionelle“ Z-Baum-Durchforstung (1. Referenz)<sup>72</sup>*

Das Konzept der traditionellen Z-Baumdurchforstung setzt sich aus insgesamt sechs verschiedenen Durchforstungsphasen zusammen. Da in SILVA maximal drei Behandlungsphasen vorgegeben werden können und bei diesem Konzept zudem vorgesehen ist, dass sich einige Parameter von Phase zu Phase verändern (z.B. Durchforstungsintervall 5jährig / 10jährig), die in SILVA nicht phasenabhängig eingesteuert werden können, wird die Simulation in insgesamt drei Teilschritten durchgeführt. Dabei werden die Zwischenergebnisse jeweils abgespeichert und für den nächsten Simulationsschritt als Startzustand wieder in das Programm eingegeben.

<sup>72</sup> Eingesteuert wird eine gestaffelte Z-Baum-Durchforstung auf der Grundlage älterer waldbaulicher Richtlinien der LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ bzw. der Behandlungsprogramme entsprechender waldwachstumskundlicher Versuchsflächen der FORSCHUNGSANSTALT FÜR WALDÖKOLOGIE UND FORSTWIRTSCHAFT RHEINLAND-PFALZ.

<b>Simulations-schritt</b>	<b>Durchforstungs-phasen</b>	<b>ab h 100 bis h 100</b>	<b>Einstuerung Durchforstungskonzept</b>
1.	Phase 1	bis 12 m	Keine Durchforstung, nur nat. Mortalität
	Phase 2	ab 12 m bis 16 m	Durchforstungsintervall = 5jährig Z-Baum-Durchforstung mit Entnahme von 2,5 Bedrängern pro Z-Baum Max. Entnahmevolumen = 65 Efm/5-Jahresperiode
2.	Phase 1	ab 16 m bis 20 m	Durchforstungsintervall = 5jährig Z-Baum-Durchforstung mit Entnahme von 1,5 Bedrängern pro Z-Baum Max. Entnahmevolumen = 65 Efm/5-Jahresperiode
3.	Phase 1	ab 20 m bis 24 m	Durchforstungsintervall = 10jährig Z-Baum-Durchforstung mit Entnahme von 1,0 Bedrängern pro Z-Baum Max. Entnahmevolumen = 65 Efm/5-Jahresperiode
	Phase 2	ab 24 m bis 30 m	Durchforstungsintervall = 10jährig Schwache Auslesedurchforstung nach SILVA-interner Grundflächen-Leitkurve, Freistellung der Bäume gemäß A-Wert = 8 Max. Entnahmevolumen = 65 Efm/5-Jahresperiode
	Phase 3	ab 30 m	Durchforstungsintervall = 10jährig Zielstärkennutzung mit Zielstärke = 60 cm Anteil zu nutzender Stämme mit Zielstärke = 100 % Max. Entnahmevolumen = 65 Efm/5-Jahresperiode

Tabelle 11: Beschreibung der verschiedenen Simulationsschritte und Durchforstungsphasen zur Einstuerung der „Traditionellen Z-Baum-Konzepte“ in die automatisierte Version des Wachstumssimulators SILVA

Es werden unterschiedliche Varianten mit Z-Stammzahlen von 160 und 200 Stück/ha ( $\pm$  gleichmäßig verteilt) sowie mit Zieldurchmessern von 60 cm und 70 cm gerechnet. Die Auswertung erfolgt für Nutzungszeiträume bis zum Alter von 120 und 140 Jahren (s. Tabelle 11 bzw. Abbildung 20).



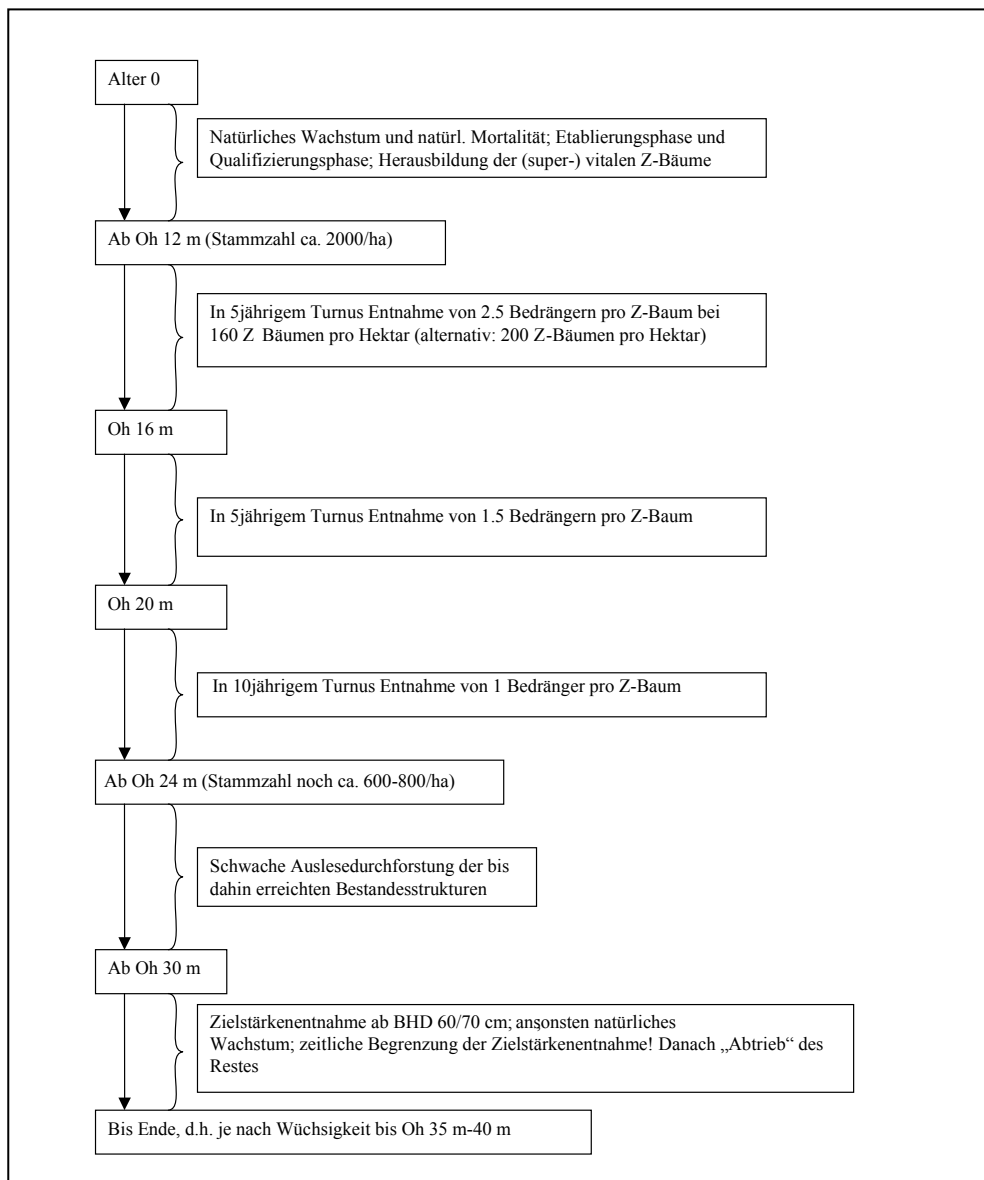


Abbildung 20: Schematischer Ablauf der waldbaulichen Referenzbehandlung „Traditionelle Z-Baum-Konzepte“

*Nieder- und Hochdurchforstung (2. Referenz)*

Zusätzlich zu den verschiedenen Z-Baum-Konzepten werden noch drei Referenzvarianten in Form einer Niederdurchforstung sowie jeweils einer mäßigen und einer starken Hochdurchforstung gerechnet. Die Regeln, nach denen bei diesen Durchforstungstypen Bäume entnommen werden, sind im Durchforstungsmodul von SILVA hinterlegt und

entsprechen den Vorgaben des DVFFA von 1902 für diese Konzepte.<sup>73</sup> Die Eingriffsstärken werden anhand von vordefinierten Grundflächenleitkurven geregelt, welche aus der Ertragstafel von ASSMANN und FRANZ, Oberhöhe 36, (1963) entnommen sind. Die maximale Entnahmemenge ist, wie bei allen anderen Durchforstungsvarianten auch, auf maximal 65 Efm pro 5 Jahresperiode begrenzt.

Alle vorgenannten Simulationsmodelle wurden jeweils zehn mal wiederholt und die Ergebnisse anschließend arithmetisch gemittelt.

*d) Zusammenfassende Berechnungen zur Darstellung der Entwicklung der Fichtenbetriebsklasse des Staatwaldes Rheinland-Pfalz*

Diese Berechnungsebene fasst wesentliche Ergebnisse bzw. Berechnungsmodi der zuvor skizzierten Abschnitte b) und c) zusammen. Dabei gelten für die Anwendung der unterschiedlichen Durchforstungskonzepte und den Generationenwechsel nach flächiger Ab- bzw. Endnutzung folgende Regeln:

- Bei allen Straten, die zu Beginn der Simulation älter als 40 Jahre sind, werden die Eingriffe weiterhin in Form von Hochdurchforstungen bis zum flächigen Abtrieb geführt.
- Bei allen Straten, die zu Beginn der Simulation 40 Jahre oder jünger sind und als geschädigt und / oder labil klassifiziert wurden, werden die Eingriffe ebenfalls weiterhin in Form von Hochdurchforstungen bis zum flächigen Abtrieb geführt. Die Umtriebszeiten variieren dabei zwischen 80 und 110 Jahren. Die als faul und labil eingeordneten Flächen werden früher und die stabilen gesunden Flächen später genutzt (vgl. hierzu Fußnote 66).
- Alle Straten, die zu Beginn der Simulation 40 Jahre oder jünger sind und als gesund und stabil klassifiziert wurden, sind für die hier zur Berechnung ausgewählten Behandlungsalternativen „Hochdurchforstung“ sowie Z 200 und QD 100 mit Zieldurchmessern von 60 cm bzw. 70 cm geeignet. Die Umtriebszeit im Falle der Hochdurchforstung beträgt immer 110 Jahre. Bei den beiden QD-Varianten erfolgt der rechnerische Abtrieb der verbleibenden Bestände immer im Alter von 120 Jahren.
- Fichtenbestände, die nach der Abnutzung der aktuell aufstockenden jungen oder alten Bestände folgen (Generationenwechsel), gibt es nur auf stabilen Standorten. Es wird davon ausgegangen, dass (geschälte) Bestände mit Fäule in Zukunft nicht wieder

---

<sup>73</sup> Vgl.: DVFFA (1902): Arbeitsplan des Vereins der Forstlichen Versuchsanstalten von 1902 und ASSMANN (1961).

geschädigt werden. Diese Straten sind also nach dem Generationenwechsel wie „gesunde“ Flächen zu behandeln. Somit besteht hier auch die Möglichkeit der Umsetzung von Z-Baum-Varianten.

- Als „labil“ klassifizierte Flächen werden nach dem Abtrieb der aktuell darauf stockenden Bestände nicht weiter in der Betriebsklasse Fichte geführt. Die Gesamtfläche der Betriebsklasse Fichte Rheinland-Pfalz wird also in Zukunft weniger werden.
- Für die Folgebestände nach Abnutzung werden jeweils die periodischen Werte der Modellhektar-Simulationen eingesetzt. Dabei wurden auch hier immer die Mittelwerte über die drei Ausgangsstammzahlvarianten gebildet.
- Die im Waldbaukonzept zur Fichtenwirtschaft vorgesehene Einbringung von Buchenanteilen konnte im Rahmen der Simulation nicht abgebildet werden. Zudem ist es auch nachträglich nicht möglich, Buchenanteile in die berechneten Ergebnisse zur Fichte quantitativ hinzuzufügen. Somit beziehen sich die Ergebnisse ausschließlich auf Fichte (100 % Flächenanteile).

### **5.3.2 Auswertung der Simulation**

#### *a) Flächenbezogene Auswertung*

SILVA berechnet standardmäßig eine Vielzahl von bestandesbezogenen Naturaldaten (Werte/ha), welche in ASCII-Files für jeden 5jährigen Simulationsschritt ausgegeben werden. Dabei wird nach verbleibendem und ausscheidendem Bestand sowie ggf. dem Z-Baum-Kollektiv unterschieden. Ausgegeben werden die Werte pro Hektar sowohl für jeden einzelnen Simulationslauf als auch eine Datei mit den Mittelwerten der jeweils 10 durchgeführten Wiederholungen.

#### *b) Einzelstammbezogene Auswertung*

Durch den einzelbaumorientierten Modellansatz in SILVA sind nach jedem 5jährigen Simulationsschritt u.a. die Brusthöhendurchmesser, die Baumhöhen und die Kronenansatzhöhen jedes einzelnen Baumes bekannt. Darüber hinaus wird vermerkt, ob ein Baum im Bestand verbleibt oder entnommen wird und ob es sich um einen Z-Stamm handelt.

c) *Ökonomische Auswertung*

Neben der naturaldatenbezogenen Auswertung erfolgt als Schwerpunkt dieser Arbeit eine Analyse der unterschiedlichen Varianten unter ökonomischen Gesichtspunkten. Hierfür werden die virtuellen Bestände mit Hilfe des Programms HOLZERnte 6.1 der FVA BADEN-WÜRTTEMBERG einzelstammweise sortiert. Die vorgenannten periodenweisen Einzelbaumlisten von SILVA liefern hierfür die notwendigen Eingangsdaten.

Die Sortierung mit dem Programm HOLZERnte 6.1 erfolgt in Form von Serienberechnungen. Die Serienberechnung sieht normalerweise vor, eine größere Anzahl unterschiedlicher Bestände automatisiert nacheinander zu bearbeiten. In diesem Fall jedoch erhält jedes einzelne Teilkollektiv eines SILVA-Bestandes eine eigene Kennung und zwar für jede Periode wiederum erneut. Somit entstehen die Ergebnisse der Sortierung innerhalb des HOLZERnte-Programms getrennt nach Simulationsschritten und Teilkollektiven. Derartige Kollektive sind zum Beispiel:

- „Verbleibende Z-Stämme in Periode 4“ oder
- „Ausscheidender Füllbestand in Periode 11“.

Mit einer derartigen Unterscheidung der Kollektive ist es möglich, jeweils angepasste Sortierregeln z.B. für die wertholzhaltigen Z-Stämme oder den verbleibenden, nicht genutzten Füllbestand am Ende der Simulation vorzugeben.

Die Einsteuerungen zur Holzsortierung im Rahmen von HOLZERnte 6.1 können der nachfolgenden Tabelle 12 entnommen werden.<sup>74</sup>

---

<sup>74</sup> Die benutzerdefinierten Einstellungen des Forstamts Daun wurden als repräsentativ für rheinland-pfälzische Verhältnisse bei der normalen Sortierung von Fichtenrohholz in HOLZERnte übernommen. Zur Sortierung gelangen jedoch nur Stämme mit einem BHD größer 15 cm. Es wird davon ausgegangen, dass schwächeres Holz nicht aufgearbeitet wird und im Bestand verbleibt. Da bei allen Z-Baum-Varianten eine Astung auf ±9 Meter vorgesehen ist, wird für diese Stämme einheitlich ein Erdstammstück der Güte A mit 8,5 m Länge angenommen.

<b>Füllbestand</b>				<b>Z-Stämme</b>	
<b>Teil:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Teil:</b>	<b>1</b>
<b>Anteil:</b>	80%	15%	5%	<b>Anteil:</b>	100%
<b>Güte:</b>	B	C	D	<b>Güte:</b>	A
<b>Länge:</b>	20m		4m	<b>Länge:</b>	8,5m
<b>Güte:</b>	C		B	<b>Güte:</b>	C
<b>Länge</b>	Rest		16m	<b>Länge</b>	Rest
<b>Güte:</b>			C		
<b>Länge</b>			Rest		
Transportlänge: 20m			Industrieholz IN-Anteil: 100%		
Aufarbeitungszopf: 8cm m.R.					

Tabelle 12: Sortiervorgabe in HOLZERNT 6.1 für Fichte, unterschieden nach Z-Stämmen und Füllbestand<sup>75</sup>

Die Sortiervorgabe orientiert sich am Eingabemodus in HOLZERNT 6.1. Dabei beziehen sich die Prozentangaben auf die davon betroffenen Anteile der Bäume der jeweiligen Kollektive „Füllbestand“ und „Z-Stämme“. D.h. beispielsweise 80 % der Stämme des Füllbestandes werden im Mittel bis zu einer Stammlänge von 20m der Güteklasse B zugerechnet und die dann noch verbleibende Restlänge der Güteklasse C. Die in der Tabelle genannten Anteile gelten u.a. für alle Z-Baum-Varianten, d.h. auch für die Vergleichsvarianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha.

Bezüglich der Auswertungen der Sortierung ist zu beachten, dass die Sortierergebnisse von Holzmassen nach Stärkeklassen oder nach Güteklassen für ein und dieselbe Variante mengenmäßig nicht identisch sein werden. Dies ist dadurch begründet, dass bei der

<sup>75</sup> Die Aufteilung der Z-Stämme wird vermutlich bei den Varianten Z 160 und Z 200 zu einer Unterschätzung der B-Holz-Anteile im Rahmen der Gesamtnutzung führen, denn es kann angenommen werden, dass die Z-Bäume dieser Kollektive oberhalb des Wertstammstückes über ein B-Stück bestimmter Länge verfügen, da hier weder Tot- noch Lebendäste derart ausgeprägt sein werden, dass sie eine B-Sortierung verbieten. Dies wird ein Unterschied zu den QD-Varianten sein, die sofort im Anschluss an das Wertstammstück lebende Äste in einer Dimension aufweisen, die automatisch zu einer C-Sortierung führen.

Die Güteklassengliederung orientiert sich an seinerzeitigen Angaben des als normativ für rheinland-pfälzische Verhältnisse stehenden Forstamtes Daun, wobei allerdings nicht von negativen Extremeinflüssen ausgegangen wurde, die ggf. eine Fichtenwirtschaft von vornherein in Frage stellen (z.B. übermäßige Rotwildbestände bzw. Schältschäden; vgl. auch vorhergehende Fußnote). Demgegenüber können in anderen Regionen sicherlich auch andere Güteverteilungen unterstellt werden. Im Rahmen der Untersuchung konnten jedoch aus „versuchsökonomischen“ Gründen keine weiteren Variationen berechnet werden. Bei Z-Bäumen wurde ebenso normativ von idealerweise „fehlerfreien“ Bäumen ausgegangen, d.h. D-Holz-Anteile wurden nicht unterstellt, da Bäume mit bereits vorhandenen Schäden, die zur Fäuleentwicklung führen könnten (z.B. durch Rücke- oder Schältschäden) definitionsgemäß als Z-Bäume nicht in Frage kommen bzw. ausscheiden oder aber spätere Schäden an diesen Bäumen durch forstbetriebliche Maßnahmen verhindert werden (z.B. Schältschutz, pflegliche Holzernte).

Aufstellung der Holzmassen nach Güte immer nur das Stammholz enthalten ist.<sup>76</sup> Die Differenz ergibt sich also aus dem Fehlen des Industrieholzes, welches nur bei den Darstellungen nach Güteklassen beim genutzten Rohholz mit enthalten ist.

### *Erlösszenarien*

Basierend auf den Mengen-, Sorten- und Güteresultaten der virtuellen Holzsortierung werden verschiedene Holzverkaufserlösvarianten berechnet. Dafür wurden landesdurchschnittliche Preise für Fichtenstamm- und -industrieholz in Rheinland-Pfalz des Jahres 2002 verwendet (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 2004).

Da Fichtenwertholz im Sinne von Furnierholz gegenwärtig selten und nur in geringen Mengen auf dem Markt erscheint, wurden für die Preisermittlung dieses Sortimentes Quellen außerhalb von Rheinland-Pfalz verwendet.<sup>77</sup>

Es wurden insgesamt fünf verschiedene Erlösszenarien für das Wert- bzw. Furnierholz berechnet (vgl. Tabelle 13): „gute Marktlage“ (= 100 %-Referenzwert), „mittlere Marktlage“ (55 % des Wertes der Marktlage „gut“), „schlechte Marktlage“ (30 % des Wertes der Marktlage „gut“) und der Fall, dass ein Absatz des Wertholzes nur als „gutes Schneideholz“ möglich ist (24 % des Wertes der Marktlage „gut“). Als insgesamt geringwertigste Variante wurden die Wertholz mengen mit Bauholzpreisen bewertet (vgl. Tabelle 14). D.h. die per virtueller Sortierung berechneten Wertholz mengen wurden als solche nicht mehr bewertet bzw. honoriert. Die Erlöse für die Standardsortimente (Fichte Bau-/ Industrieholz) werden als konstant betrachtet.<sup>78</sup>

---

<sup>76</sup> Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass eine Holzernte ohnehin erst ab einem BHD von 15cm i.R. stattfindet. Abgänge unterhalb dieser Grenze sind der Mortalität bzw. dem nichtverwertbaren Holz zuzurechnen.

<sup>77</sup> Vgl. ANONYMUS (2003, 2004, 2005).

<sup>78</sup> In Verbindung mit den Tabellen 13 und 14 vgl. vor dem Hintergrund längerfristiger Preisentwicklungen beim Fichtenwertholz auch die Ausführungen von OLISCHLÄGER 2000: 503. Die dort skizzierten Wertholzpreisentwicklungen im Vergleich zu B-Holz der Jahre 1985 bis 1997 entsprechen im Mittel in etwa Wertrelationen von 1:4 bis 1:6 zugunsten des Wertholzes. Dies entspricht beim Quervergleich der Tabellen 12 und 13 dieser Studie ungefähr dem Preisszenario Marktlage „mittel“ für Furnierholz der Stärkeklassen L4 und L5, wenn als Preisbasis der B-Holzpreis der entsprechenden Stärkeklassen der Tabelle 13 angenommen wird. Insofern ordnen sich die hier angenommenen „mittleren“ Werte durchaus auch in den von OLISCHLÄGER beschriebenen Rahmen ein. Ähnlich sieht es beim Vergleich der B- (und besseren) bzw. C- (und schlechteren) Holzpreise im Vergleich zu Angaben von DELORME aus dem Jahr 1997 aus (vgl. DELORME 1997: 267).

Stärkeklasse	Wertholz bei Marktlage			Schneideholz
	gut	mittel	schlecht	
<b>L3</b>	218 €/Efm	120 €/Efm	65 €/Efm	53 €/Efm
<b>L4</b>	364 €/Efm	200 €/Efm	109 €/Efm	88 €/Efm
<b>L5</b>	582 €/Efm	320 €/Efm	175 €/Efm	140 €/Efm
<b>L6</b>	1055 €/Efm	580 €/Efm	316 €/Efm	254 €/Efm
<b>Wertrelation</b>	100 %	55 %	30 %	24 %

Tabelle 13: Preise für Fichtenwertholz in Abhängigkeit von Stärkeklasse und Marktlage

Stärkeklasse	Güte			
	B	C	D	IL
<b>L1b1</b>	34 €/Efm	29 €/Efm	17 €/Efm	
<b>L1b2</b>	43 €/Efm	37 €/Efm	24 €/Efm	
<b>L2a</b>	55 €/Efm	46 €/Efm	25 €/Efm	
<b>L2b</b>	58 €/Efm	50 €/Efm	25 €/Efm	
<b>L3a</b>	59 €/Efm	48 €/Efm	24 €/Efm	
<b>L3b</b>	57 €/Efm	46 €/Efm	24 €/Efm	
<b>L4</b>	55 €/Efm	44 €/Efm	24 €/Efm	
<b>L5</b>	55 €/Efm	43 €/Efm	23 €/Efm	
<b>L6</b>	55 €/Efm	43 €/Efm	23 €/Efm	
<b>IL</b>				28 €/Efm

Tabelle 14: Preise für Fichtenbau- und -industrieholz (Standardsortimente) in Abhängigkeit von Stärkeklassen und Güte

### *Holzerntekosten*

Bei den Holzerntekosten wird für alle Behandlungsszenarien bis zum Alter von 60 Jahren eine vollmechanisierte Ernte unterstellt. Es wurden mittlere Unternehmerkosten für die Holzernte inklusive Rückung ermittelt.<sup>79</sup> Ab 60 Jahren wird von einer motormanuellen Aufarbeitung mit Holzrückung durch Unternehmer ausgegangen. Die hier kalkulierten Kosten (Forstamt Daun) entsprechen den EST-

<sup>79</sup> Mitteilung von PAUSCH, abgeleitet aus Berechnungen von PAUSCH (2002: 109 ff).

Werten des Jahres 2003, zuzüglich Bringung, inklusive Lohnnebenkosten von 115 % und einem Mehrwertsteuersatz von 16 %.<sup>80</sup>

<b>Stärkeklasse:</b>	<b>L1b1</b>	<b>L1b2</b>	<b>L2a</b>	<b>L2b</b>	<b>L3a</b>	<b>L3b</b>	<b>L4</b>	<b>L5</b>	<b>L6</b>	<b>IL</b>
<b>Kosten bis Alter 60</b>	22	19	17	14	13	10	-	-	-	22
<b>Kosten ab Alter 60</b>	-	41	34	29	22	18	15	14	12	52

Tabelle 15: Holzerntekosten (€/Efm) (mit Bringung) bis zum Alter von 60 Jahren (vollmechanisiert) und ab dem Alter von 60 Jahren (motormanuell)

*Berechnung der Kosten, Erlöse und Gewinne*

Die *Kosten* für die QD-Varianten ergeben sich einerseits aus den Kosten für die Pflege bis zum Alter von 60 Jahren sowie ggf. den Kosten für die Astung<sup>81</sup>. Ab einem Alter von 60 Jahren entstehen andererseits Kosten durch die Zielstärkennutzung von Z-Bäumen und die Restnutzung des Endbestandes, bestehend aus Füllbestand und noch verbleibenden Z-Bäumen im Alter von 120 bzw. 140 Jahren.

Die Berechnung der Kosten für die Z-Baum-Referenzen Z 160 und Z 200 erfolgt im Wesentlichen genauso, allerdings erstreckt sich die Phase der Pflege bis zum Alter von 90 oder 95 Jahren, da hier der Wechsel von der Pflegephase zur beginnenden Zielstärkennutzung nicht anhand eines bestimmten Bestandesalters, sondern durch das Erreichen einer Oberhöhe von 30m eingesteuert wird (vgl. Abbildung 20). Deshalb kann das Bestandesalter zu diesem Übergangszeitpunkt um 5 Jahre variieren. Da zudem in dieser Phase Eingriffe nur noch alle 10 Jahre stattfinden sollen, werden die Durchforstungsanfänge bis zum Alter von 95 Jahren und die Zielstärkennutzungen ab einem Alter von 90 Jahren berücksichtigt. Nach 120 bzw. 140 Jahren werden auch hier zusätzlich die Kosten für die Restnutzung berechnet.

<sup>80</sup> Hieraus ergibt sich das Problem einer diskontinuierlichen Kostenkurve, da beim Übergang von vollmechanisierter Holzernte zu motormanueller Holzernte ein „Kostensprung“, selbst noch im Alter von 60 Jahren zu Lasten der motormanuellen Holzernte entsteht. Später wird im Ergebnisteil dieser Arbeit bei den ermittelten ökonomischen Resultaten noch zu zeigen sein, dass dadurch im Alter 60 ein „Einbruch“ bei den hektarbezogenen Deckungsbeiträgen entsteht. Dies war jedoch im Vorfeld der Berechnungen so nicht erwartbar, weshalb mit den o.g. Werten gerechnet wurde. Im Nachhinein hätte eine vollmechanisierte Bereitstellung über das Alter 60 hinaus angenommen werden müssen, um einen gleitenden, kontinuierlichen Übergang der Kostenentwicklung zwischen den beiden Aufarbeitungsvarianten sicherzustellen. Die Ergebnisse werden in ihrer wesentlichen Aussagekraft hierdurch allerdings nicht beeinträchtigt.

<sup>81</sup> Für die Astung wurden pauschal und inklusive aller Kostenkomponenten (inkl. Lohnnebenkosten) 12 €/Baum festgelegt.



Bei den Referenzvarianten „mäßige Niederdurchforstung“ sowie „starke“ und „mäßige Hochdurchforstung“ entstehen Kosten durch Pflegeeingriffe und dem Abtrieb des Restbestandes im Alter von 120 bzw. 140 Jahren. Bei diesen Varianten gibt es keine Astung und keine Z-Bäume und somit definitionsgemäß auch kein Wertholz.

Da bei der Nullvariante keine aktiven Eingriffe erfolgen, fallen hier die einzigen Kosten für den Abtrieb der Endbestände nach 120 bzw. 140 Jahren an.

Die Berechnung der *Holzverkaufserlöse* für die verschiedenen Varianten ist methodisch eine Parallele zur Berechnung der Kosten. Allerdings werden die Erlöse vor dem Hintergrund unterschiedlicher Holzpreisszenarien für Fichtenwertholz berechnet (vgl. Tabelle 13). Da bei den Z-Baum freien Referenzen weder eine Astung noch eine Z-Baumauswahl erfolgte, fällt hier kein Wertholz zur Vermarktung an. Dementsprechend haben die unterschiedlichen Preisszenarien des Wertholzes keinen Einfluss auf die Erlöse dieser Varianten.

Die *Deckungsbeiträge* ergeben sich jeweils aus den Differenzen zwischen den Kosten und den Holzverkaufserlösen zum Zeitpunkt ihres Entstehens und werden je nach Auswertung unverzinst auf den Endzeitpunkt der jeweiligen Simulation aufsummiert.

### *Berechnung des dGz-Wert*

Der dGz-Wert wird periodisch berechnet. Er ergibt sich jeweils aus dem Wert des stehenden Bestandes zum Zeitpunkt  $i$  zuzüglich des Wertes der Summe aller Nutzungen bis zum Zeitpunkt  $i$ , dividiert durch das Alter des Bestandes zum Zeitpunkt  $i$ .

### *Berechnung der periodischen Holzverkaufserlöse bzw. der periodischen Deckungsbeiträge*

Die periodischen Holzverkaufserlöse und Deckungsbeiträge werden jeweils als jährliches Mittel für 2 Simulationsperioden (= ein Jahrzehnt) berechnet. Dadurch werden Unterschiede auf Grund verschiedener Eingriffsintervalle (5jährig bzw. 10jährig, vgl. Abbildungen 13 und 14) ausgeglichen und die Varianten miteinander vergleichbar.<sup>82</sup>

---

<sup>82</sup> Hinweis: Die periodischen Verkaufserlöse bzw. Deckungsbeiträge für die jeweils 10jährige Darstellung in den Ergebnisabbildungen der nachfolgenden Kapitel werden jeweils durch die Mittelwertbildung der Werte der jeweils betrachteten Alterstufe (im 10jährigen Rhythmus) berechnet.

Die Ergebnisdarstellung im Kapitel 6.3.7 erfolgt erst ab Altersstufe 5, da bei den vorhergehenden Altersstufen lediglich Größenordnungen erreicht werden, die im Rahmen der gewählten Skalierung nicht aufscheinen. Dies betrifft ggf. auch im Einzelfall Ergebnisse mit geringfügig negativen mittleren Deckungsbeiträgen im Jahrzehnt.

*Berechnung des Waldrentierungswertes und der internen Verzinsung*

Der *Waldrentierungswert (WR)* leitet sich vom Waldreinertrag ab. Dabei wird von einem modellhaften Nachhaltsbetrieb (Normalwaldmodell) ausgegangen. Der Waldreinertrag errechnet sich aus der Differenz von Ertrag und Aufwand. Dabei werden dauerhaft stabile Preisverhältnisse unterstellt womit sich eine annähernd gleich bleibende jährliche ewige Rente ergibt. Durch Kapitalisierung dieser Rente erhält man den Waldrentierungswert<sup>83</sup>, der als ein möglicher Waldwert angesehen werden kann:

$$WR = \frac{A_u + \sum_{c=1}^{u-1} Di - (c + u * v)}{0,0p}$$

wobei:

- u = Umtriebszeit 120 oder 140 Jahre
- A<sub>u</sub> = Abtriebswert zum Zeitpunkt u
- Di = Durchforstungsreinerträge zum Zeitpunkt i
- v = Verwaltungskosten (110 €/ha u. Jahr) (vgl. BÜCKING et al. 2006)
- c = Kulturkosten (3.300 €/ha) (vgl. BÜCKING et al. 2006)
- p = Kalkulatorischer Zinsfuß

Bei der Berechnung der Ergebnisse der verschiedenen Behandlungsvarianten wurde immer von drei möglichen, unterschiedlichen Ausgangsstammzahlen von 2.500 Stück/ha, 3.500 Stück/ha und 5.000 Stück/ha ausgegangen (vgl. Kapitel 5.3.1). Per Definition wurde dabei immer unterstellt, dass der geringste Wert auf Pflanzung und die beiden höheren auf Naturverjüngung zurückgehen. Die in die Kapitalwertberechnungen eingegangenen Werte sind jeweils die Mittelwerte aus den drei Stammzahlvarianten. Es wurden trotz der Annahme von Naturverjüngung Kulturkosten veranschlagt. Da sie hier über alle angedachten Behandlungsvarianten gleichermaßen angesetzt werden, führen sie grundsätzlich zu keiner Beeinflussung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Als allgemeine Begründung dieser modellhaften pauschalen Annahme zur Vereinfachung der Berechnung kann man sie wertmäßig alternativ auch für Naturverjüngungen unterstellen und zwar in Form von Ausgaben für die Sicherung, fallweise Ergänzung und Pflege der Naturverjüngung bis zum Alter von 20 Jahren.

---

Beispiel: Die Berechnung eines periodischen Erlös-Wertes für das Alter 120 setzt sich aus den Einzelwerten des Alters 120 und des Alters 115 zusammen. Dies entspricht dann der Berechnung des periodischen durchschnittlichen 10jährigen Erlöses für die Zeitspanne 111-120 Jahre.

<sup>83</sup> Vgl. OESTEN, ROEDER 2002: 209. Der hier berechnete Waldrentierungswert wird den dortigen Ausführungen folgend auf einen Hektar bezogen.

## 6. Ergebnisse der Simulation – Der Modellhektar

Zunächst werden die Ergebnisse der Simulation des Szenarienkomplexes der jüngeren Bestände vorgestellt, die in einem Alter von maximal 40 Jahre in die Simulation eingesteuert wurden. Es handelt sich hierbei also um die Ergebnisse der Simulationen des Wachstums nach QD und der damit zu vergleichenden Referenzen. Die Simulationsergebnisse werden dabei stets auf einen Hektar – den Modellhektar - bezogen und unterstellen einen idealtypischen Wachstumsgang je Variante ohne Störungen, d. h. Risiken jedweder Art, z. B. Produktionsrisiken wie Sturmereignisse sowie Produktrisiken wie Holzfäule oder Harzgallenvorkommen im Holz sind im Rahmen der Simulation ausgeblendet worden.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt grafisch und in zusammengefasster Form, d. h. eine Unterscheidung nach Ertragsstufen und Ausgangsbestandedichte im Alter 25 unterbleibt. Diese Ergebnisdarstellung ist v.a. durch die deutlich gesteigerte Übersichtlichkeit gerechtfertigt.<sup>84</sup> Sofern zudem berücksichtigt wird, dass jede Simulation mehrfach gerechnet

<sup>84</sup> Zur Begründung der Mittelwertbildung soll die nachfolgende Abbildung herangezogen werden, die exemplarisch die Nähe der Einzelergebnisse zueinander darstellt.

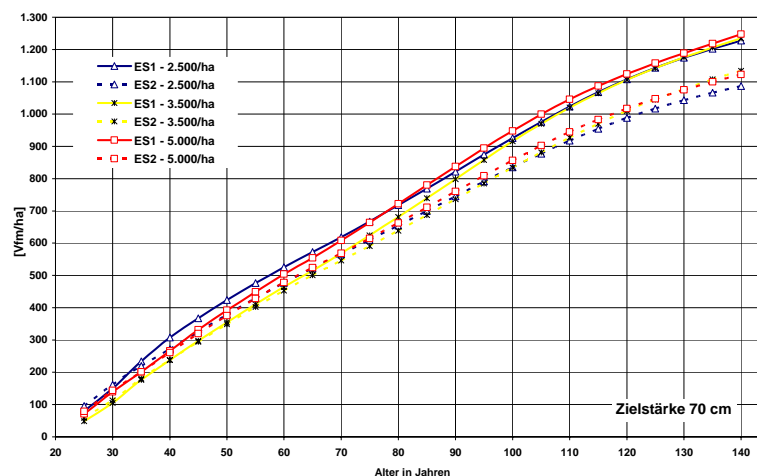


Abbildung 21: Entwicklung der GWL des Behandlungsmodells QD mit 100 Z-Bäumen/ha in Abhängigkeit der Ausgangsstammzahl und der Ertragsstufen bei Zielstärke 70 cm (ES = Ertragsstufe, unterschieden nach den Ausgangsstammzahlen mit 2500, 3500, und 5000 Pflanzen/ha).

Demnach führt die Stratenbildung zwar zu einer Ergebnisspannweite, nichts desto trotz sind einerseits die Unterschiede zwischen den verschiedenen Ausgangsstammzahlen gering und auch diejenigen zwischen den Ertragsstufen sind nicht so ausgeprägt, dass eine Mittelwertbildung nicht zulässig erschiene bzw. zu verfälschenden Aussagen führte.

Bezogen auf den Endzeitpunkt der Simulation im Alter 140 beträgt die ertragsstufenbezogene Differenz zwischen dem niedrigsten (1087 Vfm/ha) und dem höchsten GWL-Wert (1247 Vfm/ha) 160 Vfm/ha oder knapp 13% des höchsten GWL-Wertes. Zur Erläuterung dieses Resultates wird darauf hingewiesen, dass das

und im Ergebnis gemittelt wurde, folglich ohnehin ein Streubereich der Einzelergebnisse vorliegt, erscheint das zuvor genannte Vorgehen zulässig, da sich die Ergebnisse unter Berücksichtigung dieser Streubereiche überschneiden.

Die nachfolgende Ergebnisdarstellung ist in drei Hauptteile gegliedert:

- waldwachstumskundliche,
- sortierungsrelevante und
- monetäre

Simulationsergebnisse.

## **6.1 Waldwachstumskundliche Ergebnisse**

Im nun folgenden ersten Teil der Ergebnispräsentation wird in Abhängigkeit der betrachteten waldbaulichen Behandlungsmodelle auf einige Kennwerte zur Charakterisierung des Waldwachstums eingegangen.

### **6.1.1 Gesamtwuchsleistungen (GWL)**

*Gesamtkollektiv aller Bäume/ha*

Die Gesamtwuchsleistung gibt Aufschluss über die Gesamtmenge produzierten Holzes je Variante, unabhängig von seiner Nutzung und vermittelt somit einen Überblick über das Holzmengepotenzial, das für ein bestimmtes waldbauliches Behandlungsmodell typisch sein kann. Abbildung 22 gibt einen Überblick über die simulationstechnisch ermittelten Gesamtwuchsleistungen aller betrachteten Behandlungsmodelle. Dabei wird zusätzlich nach den Zielstärken, die für QD bzw. für die Z-Baum-Referenzvarianten von Bedeutung sind, unterschieden.

#### Erläuterung der Kurzbezeichnungen:

Nullvariante – unbeeinflusstes Wachstum

NDf – Niederdurchforstung

NDfm – Niederdurchforstung, mäßig

NDfs – Niederdurchforstung, stark

HDf – Hochdurchforstung

HDfm – Hochdurchforstung, mäßig

HDfs – Hochdurchforstung, stark

Z-160 – Z-Baum-Variante mit 160 Z-Bäumen/ha

Z-200 – Z-Baum-Variante mit 200 Z-Bäumen/ha

QD-Z 50 (70 oder 100) – Wachstumsmodell QD mit je 50, 70 oder 100 Z-Bäumen/ha

---

simulierte Wachstum beider Ertragsstufen insgesamt auf einem hohen Niveau verläuft und nicht zu ausgeprägten Ergebnisunterschieden führte.

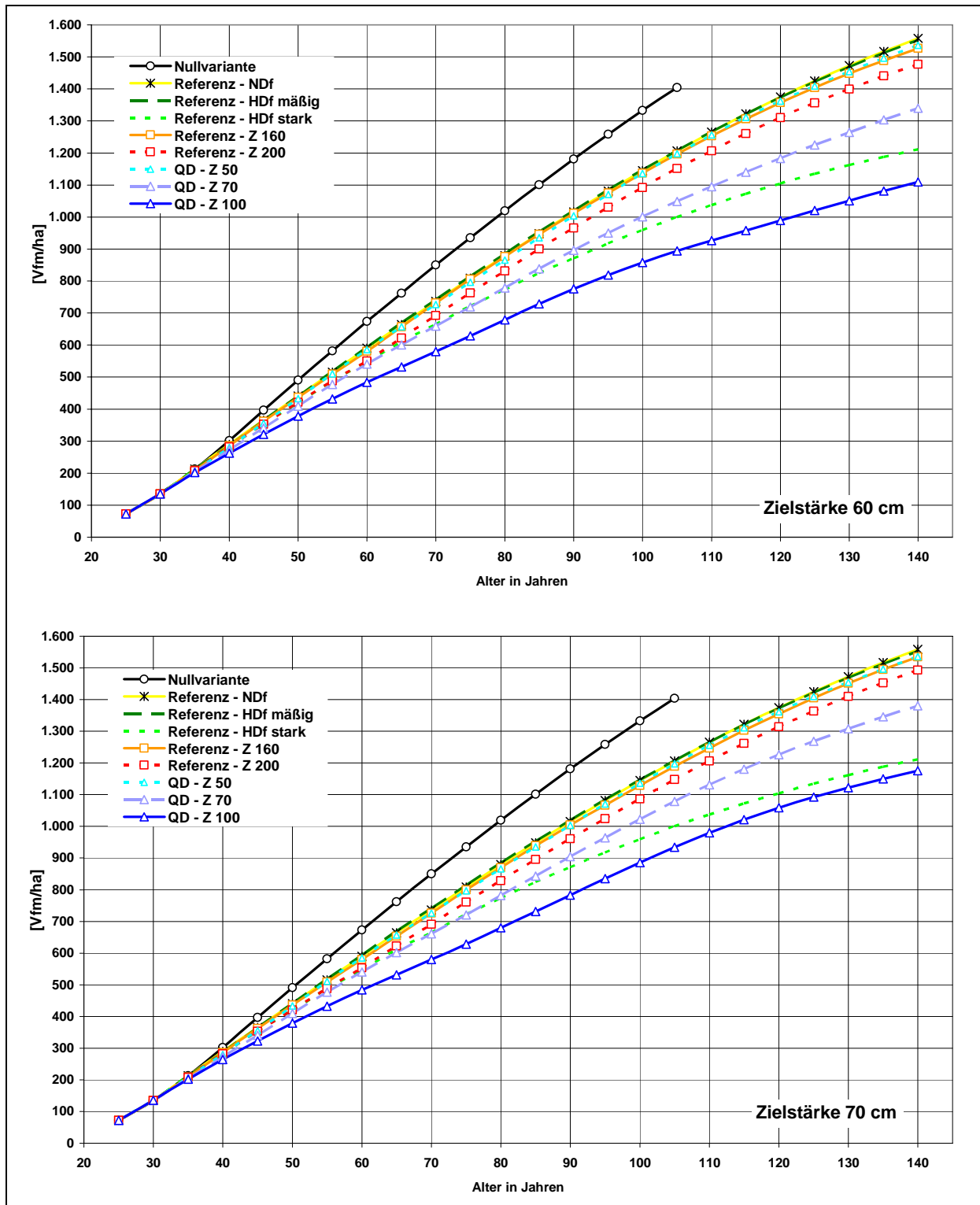


Abbildung 22: Entwicklung der Gesamtwuchsleistungen<sup>85</sup>

<sup>85</sup> Hinweis: Aufgrund eines im Vergleich zu anderen Wuchsmodellen relativ geringen Datenumfangs für die Algorithmusbildung des Wachstums der Fichte im Rahmen der Nullvariante im höheren Altersbereich ist davon auszugehen, dass es hier zu einer gewissen Überschätzung der Massenleistung insbesondere im Vergleich zu den anderen Varianten kommt. Da die Nullvariante jedoch lediglich zum allgemeinen Vergleich herangezogen wird bzw. als obere „Begrenzung“ des Wachstums dienen soll, ist die in ihrer Größenordnung nicht näher quantifizierbare Überschätzung für die weiteren Aussagen nicht von Bedeutung.

Die Unterscheidung nach Zielstärken führt bei den Z-Baum-geprägten Behandlungsmodellen bei einer Zielstärke von 70 cm zu einem etwas höheren GWL-Niveau. Die Steigerung der Volumenleistung ist allerdings eher marginal ausgeprägt. Am ausgeprägtesten zeigt sie sich bei der Variante QD-Z 100. Doch selbst hier liegt die GWL-Steigerung unter 100 Vfm/ha. Bei den baumzahlärmeren QD-Varianten ist die Steigerung entsprechend geringer, da sich die Zielstärkenerhöhung um 10 cm hier auf weniger Z-Bäume auswirkt. Die Z-Baum-Referenzmodelle mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen zeigen fast keine Volumensteigerung mehr, was ein Indiz dafür sein mag, dass die länger im Kollektiv verbleibenden Z-Bäume bei Zielstärke 70 cm nur noch verhältnismäßig geringe Zuwächse beitragen, gegenüber ihrer ansonsten früheren virtuellen Entnahme bei Zielstärke 60 cm.

Die Rangfolge der Varianten ist zielstärkenunabhängig. Die Nullvariante beschreibt erwartungsgemäß das volumenmäßige Maximum des Wachstums, gefolgt von der Ndf und der mäßigen Hdf. Verhältnismäßig nahe beieinander und auf hohem Niveau verlaufen die Funktionen der Z-Baum-Referenzen Z 160 und Z 200. Deutlich gestaffelt sind hingegen die GWL-Verläufe der QD-Varianten. Mit 100 Z-Bäumen/ha weist QD 100 das niedrigste GWL-Niveau auf, während QD 50 fast das Niveau der Ndf erreicht. Zur Begründung kann angeführt werden, dass bei nur 50 Z-Bäumen/ha, die ausschließlich auf sie konzentrierte Bestandespflege und somit die Vornutzung nur auf einen recht kleinen Flächenanteil der produzierenden Fläche beschränkt ist. Auf dem beachtlichen Anteil der Restfläche findet ein Wachstum gemäß der Nullvariante statt, weshalb die GWL von QD 50 letztlich das Niveau einer Ndf fast erreicht. QD 70 erreicht demnach erwartungsgemäß eine GWL, die zwischen den beiden zuvor erörterten QD-Varianten liegt. Wenn die Nullvariante außer Acht gelassen wird, so liegt die GWL-Differenz zwischen dem volumenreichsten und dem volumengeringsten Behandlungsmodell im Alter 100 und einem Z-Baum-Wachstum bis Zielstärke 70 cm bei rd. 260 Vfm/ha.

### **Z-Baum-Kollektive**

Im Rahmen der hier angestellten Überlegungen sind die Z-Baum-Kollektive von besonderem Interesse, da der Schwerpunkt der Fragestellungen dieser Arbeit um den Vergleich verschiedener Z-Baum-Behandlungsmodelle kreist. Deshalb werden in Abbildung 23 die Gesamtwuchsleistungen der Z-Baum-Kollektive und damit der wirtschaftlich bedeutendsten Bäume des Waldbaummodells QD mit denjenigen der Referenzvarianten mit 160 bzw. 200 Z-

Bäumen verglichen. Die Gesamtwuchsleistung dieser Kollektive ist bedeutsam, da die Z-Bäume die Wertholzproduzenten in den Beständen sein sollen.

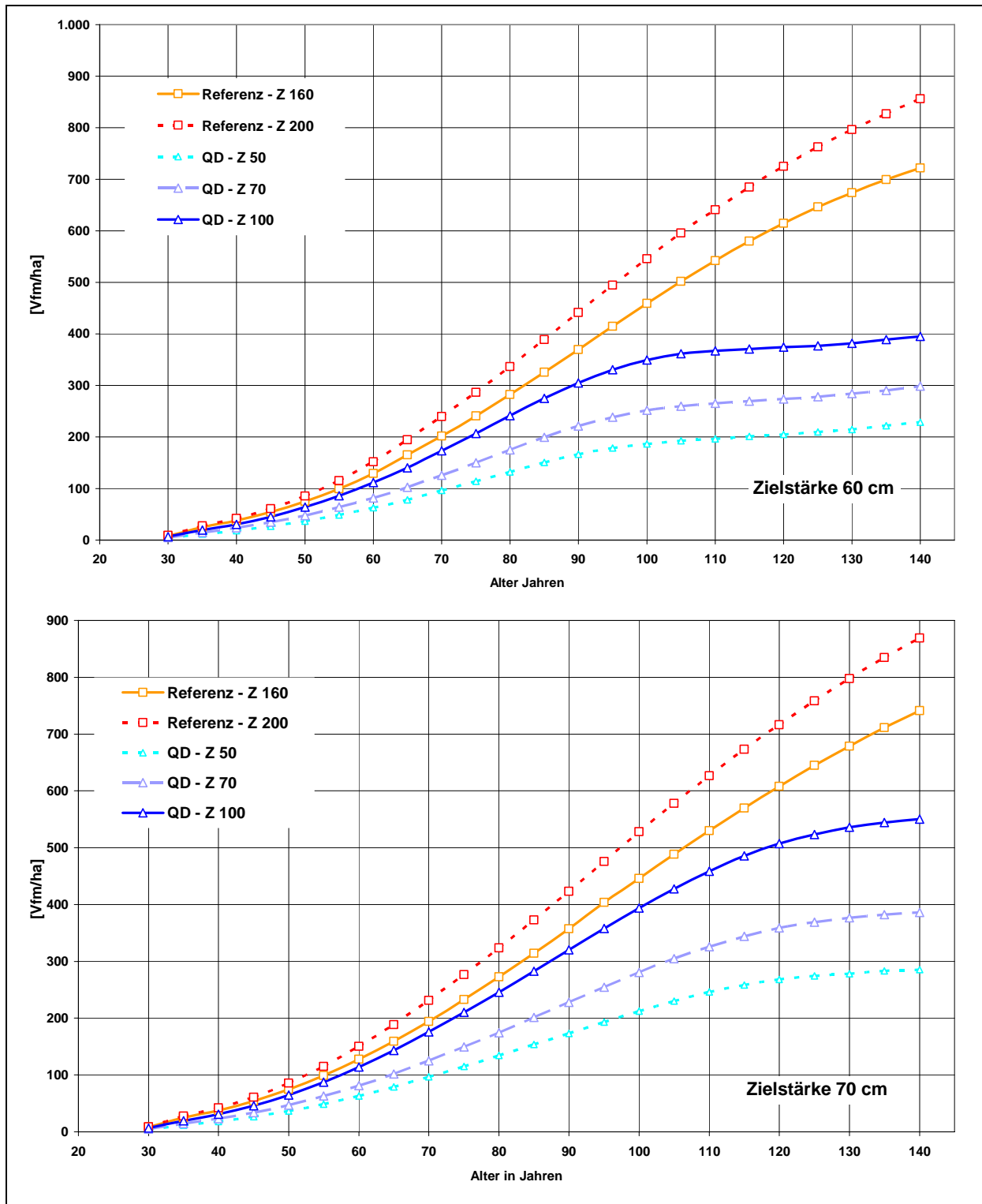


Abbildung 23: Entwicklung der Gesamtwuchsleistung der Z-Baum-Kollektive

Die Erhöhung der Zielstärke um 10 cm führt bei den Z-Baum-Kollektiven ebenfalls zu einer Steigerung der GWL, v. a. bei den stammzahlreicheren QD-Varianten, hier besonders bei

QD-100. Die größere Zielstärke führt hier zu einer GWL-Steigerung um 155 Vfm/ha bzw. zu einer um fast 40 % höheren GWL (= 550 Vfm), ausgehend von der Volumenleistung bei einer Zielstärke von 60 cm (= 395 Vfm). Die Steigerung der GWL ist bei den Referenzvarianten hingegen nachrangig.

### **6.1.2 Durchschnittliche Gesamtwüchse (dGz)**

#### **Gesamtkollektiv aller Bäume/ha**

Ein weiterer wesentlicher das Wachstum kennzeichnender Parameter ist der durchschnittliche Gesamtwuchs, der als abgeleitete Größe in unmittelbarer Beziehung zur Gesamtwuchsleistung steht. Er ist ein Kennwert zur Beurteilung der Produktionspotenziale der betrachteten waldbaulichen Modelle (vgl. Abb. 24).

Die Abfolge der dGz-Funktionen vom mengenmäßig zuwachsstärksten Behandlungsmodell zum zuwachsschwächsten entspricht herleitungsbedingt derjenigen Rangfolge, wie sie bei der Betrachtung der Gesamtwuchsleistung erkennbar wurde. Dabei erreicht der dGz bei den Varianten mit 70 cm Ziel-BHD erwartungsgemäß ein etwas höheres Niveau, wobei die Ausprägung dieser Steigerung hauptsächlich bei den Z-Baum reicheren QD-Varianten merklich ist. Ansonsten können die Ausführungen zur Gesamtwuchsleistung analog auf die Betrachtung des dGz übertragen werden.

#### *Z-Baum-Kollektive*

Im Hinblick auf die Produktionsleistung der Wertträger im Rahmen der Z-Baum-Modelle ist der dGz der jeweiligen Z-Baum-Kollektive von Interesse. Abbildung 25 zeigt vergleichend die dGz-Entwicklungen der Varianten in Abhängigkeit der angestrebten Zielstärke.



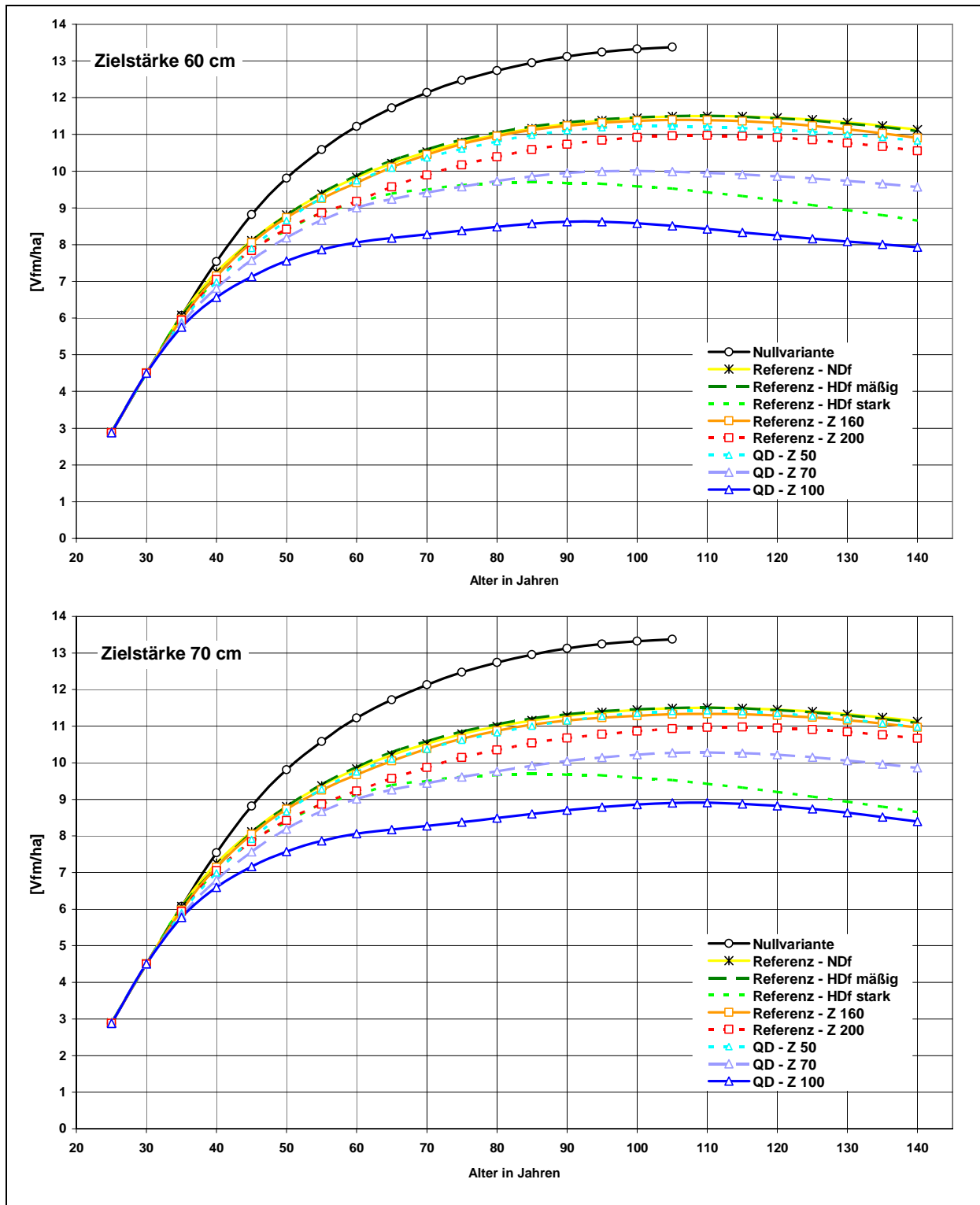


Abbildung 24: Entwicklung des dGz<sup>86</sup>

<sup>86</sup> Hinweis: Die Verläufe der einzelnen Graphen zeigen z. T. im hohen Alter einen abnehmenden Verlauf. Hier wird ein erkennbarer Alterstrend deutlich, der sich im Rahmen einer dGz-Darstellung abzeichnen kann. Allerdings gilt auch hier im Besonderen der Hinweis von Abbildung 14, der auf eine geringer ausgestattete Datenlage für die Simulation des Wachstums im hohen Alter verweist und auf damit einhergehende „Unschärfen“ bei den Simulationsergebnissen. Ferner muss berücksichtigt werden, dass bei einigen Z-Baum-Modellen innerhalb des betrachteten Gesamtzeitraumes bereits in erheblichem Maß zielstärkenbezogene Nutzungen stattfinden, die zu einem rechnerisch bedingten Absinken des dGz führen (vgl. Abbildung 25).

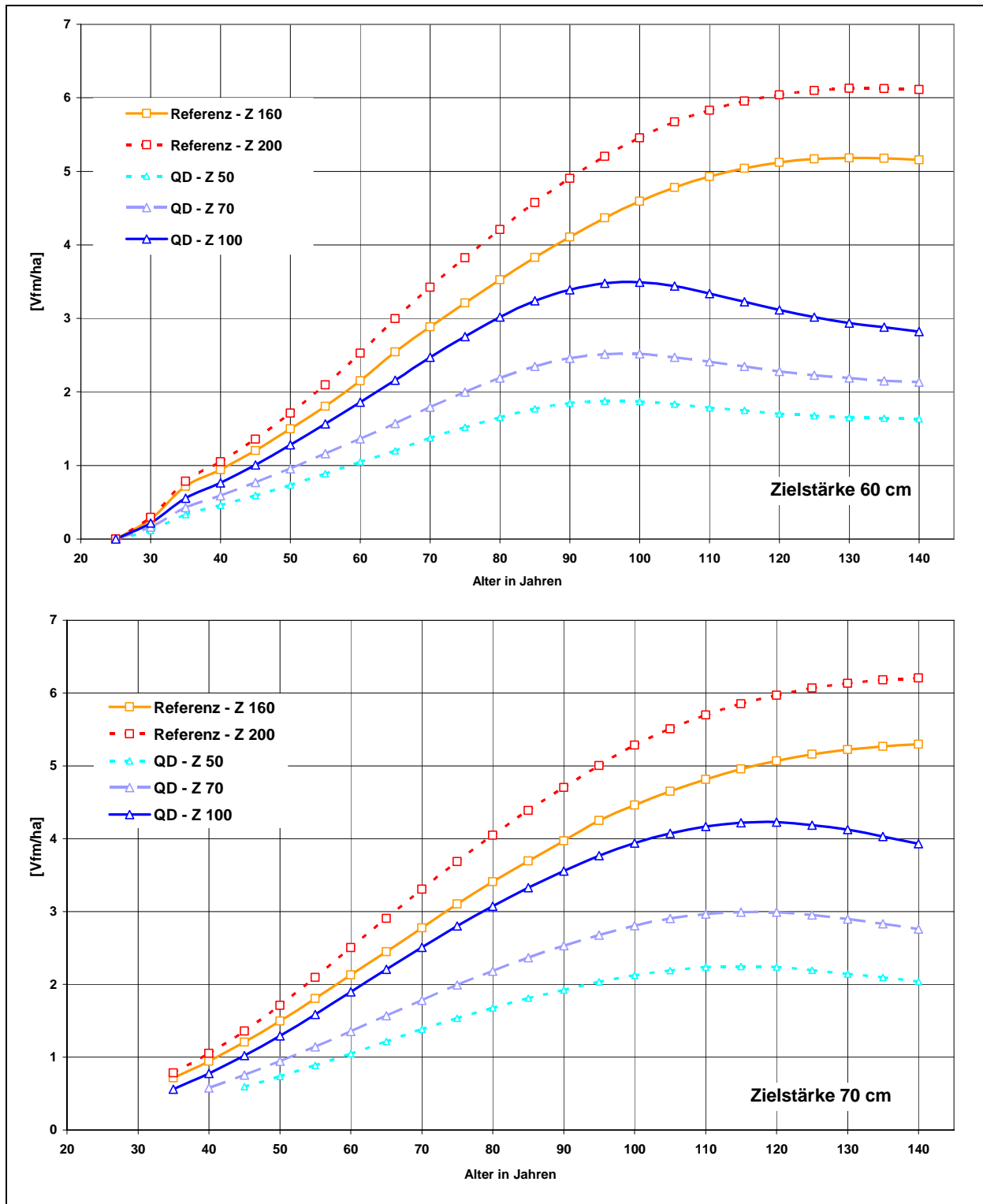


Abbildung 25: Entwicklung des dGz der Z-Baum-Kollektive

Analog zur Entwicklung des dGz bei den Gesamtkollektiven führt die Zielstärkenerhöhung zu einer Steigerung des dGz bei den QD-Varianten, insbesondere bei QD-100 und QD-70. Die Kulmination des dGz findet zudem später statt. Das Wachstumspotenzial der Z-Baum-

Kollektive wird also durch die Zielstärkenerhöhung bei den vorgenannten Varianten erkennbar gesteigert.

Beim Vergleich des dGz für das Gesamtkollektiv mit dem dGz der Z-Bäume fällt auf, dass die stammzahlreichen Varianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen zum Zeitpunkt des höchsten erkennbaren dGz etwa 50 % des dGz des Gesamtkollektivs belegen. Die QD-Varianten erreichen selbst bei QD-100 und Zielstärke 70 cm nicht die 50 %-Marke. Die Z-Stammzahl ärmeren QD-Varianten haben im Vergleich dazu ein noch deutlich unausgeglicheneres Verhältnis, d. h. der überwiegende Anteil des dGz wird nicht im Z-Baum-Kollektiv geleistet, sondern im Füllbestand zwischen den Z-Bäumen. So kulminiert beispielsweise als Extremfall der dGz des Gesamtkollektivs der Variante QD-50 bei Zielstärke 70 cm im Alter 110 bei über 11 Vfm, demgegenüber beträgt der dGz der Z-Bäume etwas mehr als 2 Vfm. Ausgehend von den 11 Vfm findet also nur rd. 18 % des Zuwachses im Z-Baum-Kollektiv statt, über 80 % leistet der Füllbestand.

### **6.1.3 Vorräte und Grundflächenhaltungen**

#### **Gesamtkollektiv aller Bäume**

Die nachfolgende Abbildung 26 vergleicht die Entwicklung der Vorratshaltung je Variante. Die Vorratshaltungen werden einerseits durch die jeweils typische Bestandespflege in Abhängigkeit vom Behandlungsmodell geprägt und andererseits bei den Z-Baum-Modellen zusätzlich von der jeweils unterstellten Zielstärke, bei der eine Ernte der Z-Bäume einsetzt (vgl. Kapitel 5.3.1).

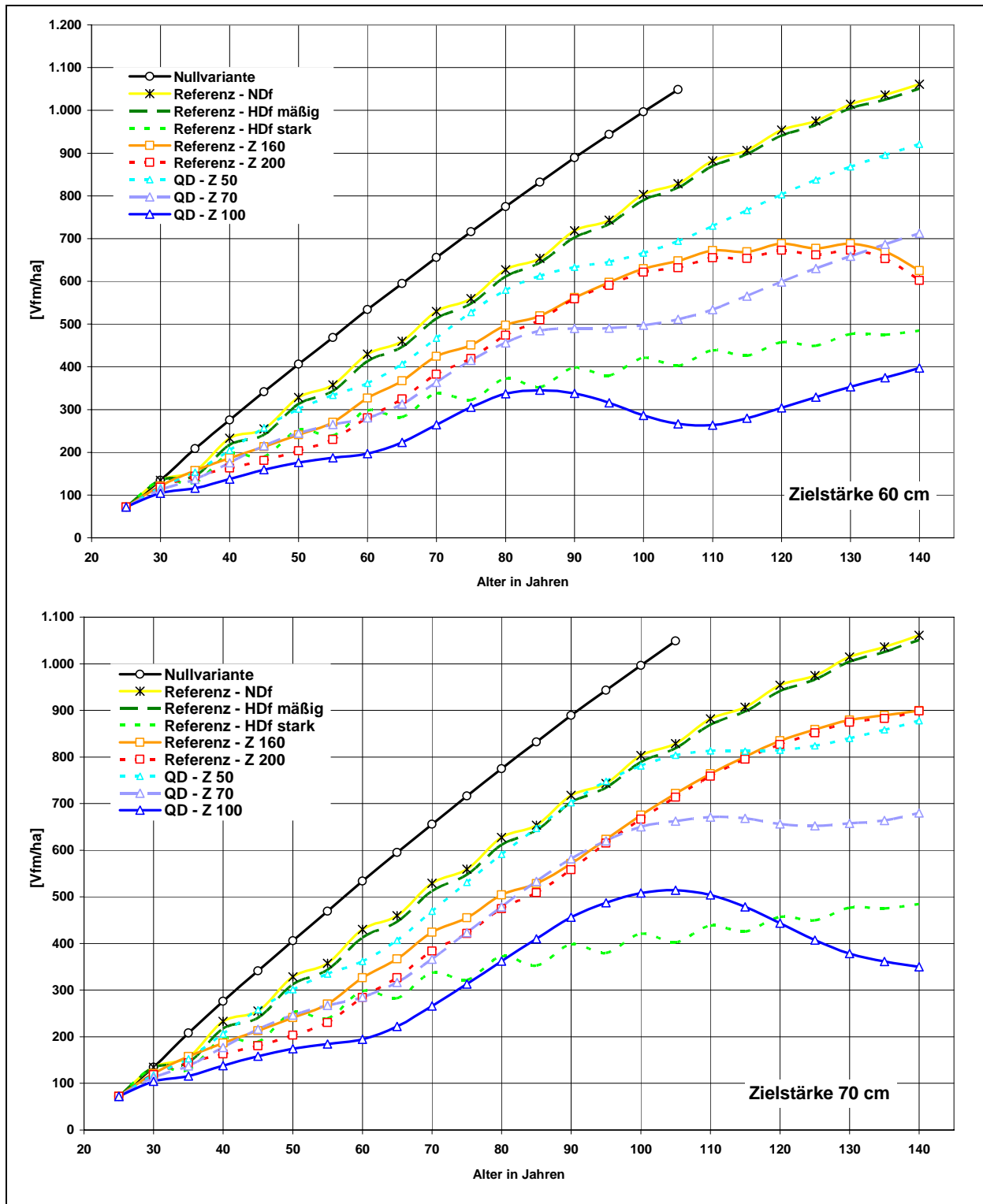


Abbildung 26: Entwicklung der Vorratshaltungen

Das Maximum der Vorratshaltung wird durch die Nullvariante repräsentiert. Hier findet keine Waldpflege oder Ernte statt. Lediglich natürliche Mortalität führt zu einem Graphen, der unterhalb der Größenordnung der GWL verläuft, jedoch nichts weiter als eine proportionale Verlagerung nach unten darstellt. Bestandespflege und vor allem Zielstärkennutzungen in

unterschiedlichem Ausmaß bewirken deutlich abweichende Funktionsverläufe bei den Z-Baum-Modellen. Die Erhöhung der Zielstärke um 10 cm führt v. a. bei den QD-Varianten mit höherer Z-Baum Anzahl zu einer Steigerung der Vorratshaltung im Altersbereich von 80 bis 110 Jahren. Das sich anschließende Abflachen der Kurvenverläufe ist ein Zeichen der einsetzenden und zunehmenden Z-Baum-Ernte; der spätere Anstieg, v. a. bei einer Zielstärke von 60 cm weist daraufhin, dass nach einer weitgehend abgeschlossenen Entnahme der Z-Bäume die Vorratshaltung durch das weitergehende Wachstum der Füllbestände erneut ansteigt. Die geringe Anzahl von nur 50 Z-Bäumen lässt eine ausgeprägte Erhöhung der Vorratshaltung bei der Variante QD-Z 50 im Vergleich zu den anderen beiden QD-Varianten nicht zu. Hier wird hingegen deutlich, dass der ungenutzte Füllbestand zu einem kontinuierlichen Anwachsen der Vorratshaltung führt, weitgehend unabhängig von der Zielstärkenerhöhung bzw. den Z-Bäumen. Im Alter 140 ist deshalb kein großer Unterschied in Abhängigkeit der Zielstärke bei dieser Variante erkennbar. Die Entwicklung der Vorratshaltung bei den Z-Baum-Referenzmodellen wird hingegen durch die Zielstärkenerhöhung beeinflusst. Eine Zielstärkensteigerung um 10 cm bewirkt ein höheres Niveau der Vorratshaltung. Dies bedeutet, dass bei einer Zielstärke von 60 cm bereits eine Z-Baum-Ernte teilweise eingesetzt hat. Bei einem Ziel-BHD von 70 cm führt dies jedoch zu einem weitgehenden Verbleiben der Z-Bäume im Bestand bis zum Simulationsende in einem Alter von 140 Jahren. Dadurch wird zu diesem Zeitpunkt eine Vorratshaltung erreicht, die sogar knapp oberhalb der Variante QD-Z 50 liegt, deren Vorrat wesentlich durch das unbeeinflusste Wachstum des Füllbestandes geprägt wird.

Unmittelbar mit der Vorratshaltung korreliert die Grundflächenhaltung. Dementsprechend zeigt die nachfolgende Abbildung 27 parallele Kurvenverläufe der Grundflächenhaltungen im Vergleich zur Vorratsentwicklung in Abbildung 26. Die Ausführungen zur Vorratsentwicklung gelten demnach auch für die Grundflächenhaltung.

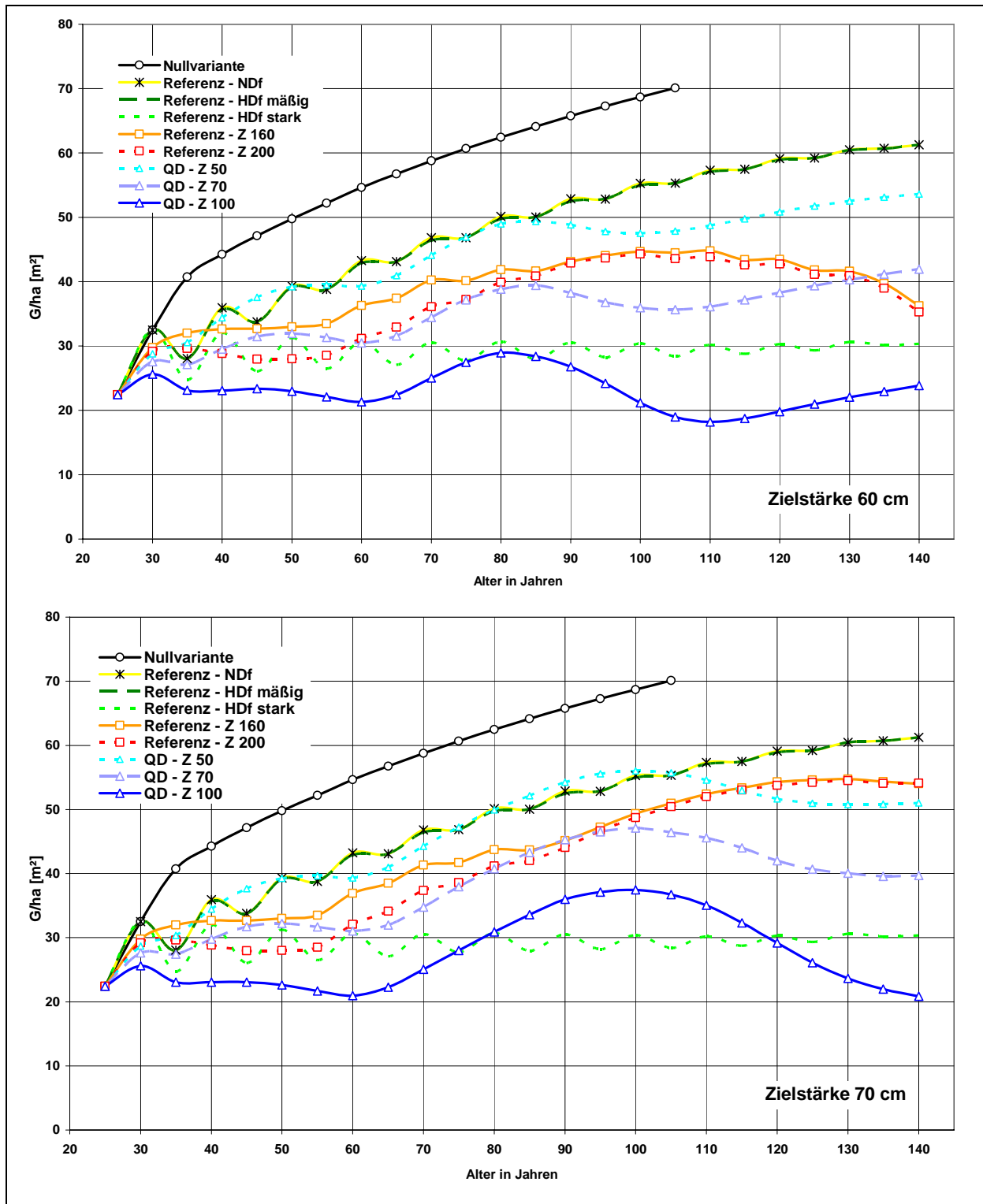


Abbildung 27: Grundflächenentwicklung

### Z-Baum-Kollektive

Während die Entwicklung der Vorratshaltung des Gesamtkollektivs je nach Variante auch stark durch die Vorräte des Füll- bzw. Nebenbestandes geprägt wird, zeigt die

Vorratsentwicklung der Z-Baum-Kollektive die Vorratshaltung des jeweils wirtschaftlich wichtigsten Baum-Kollektivs (s. Abbildung 28).

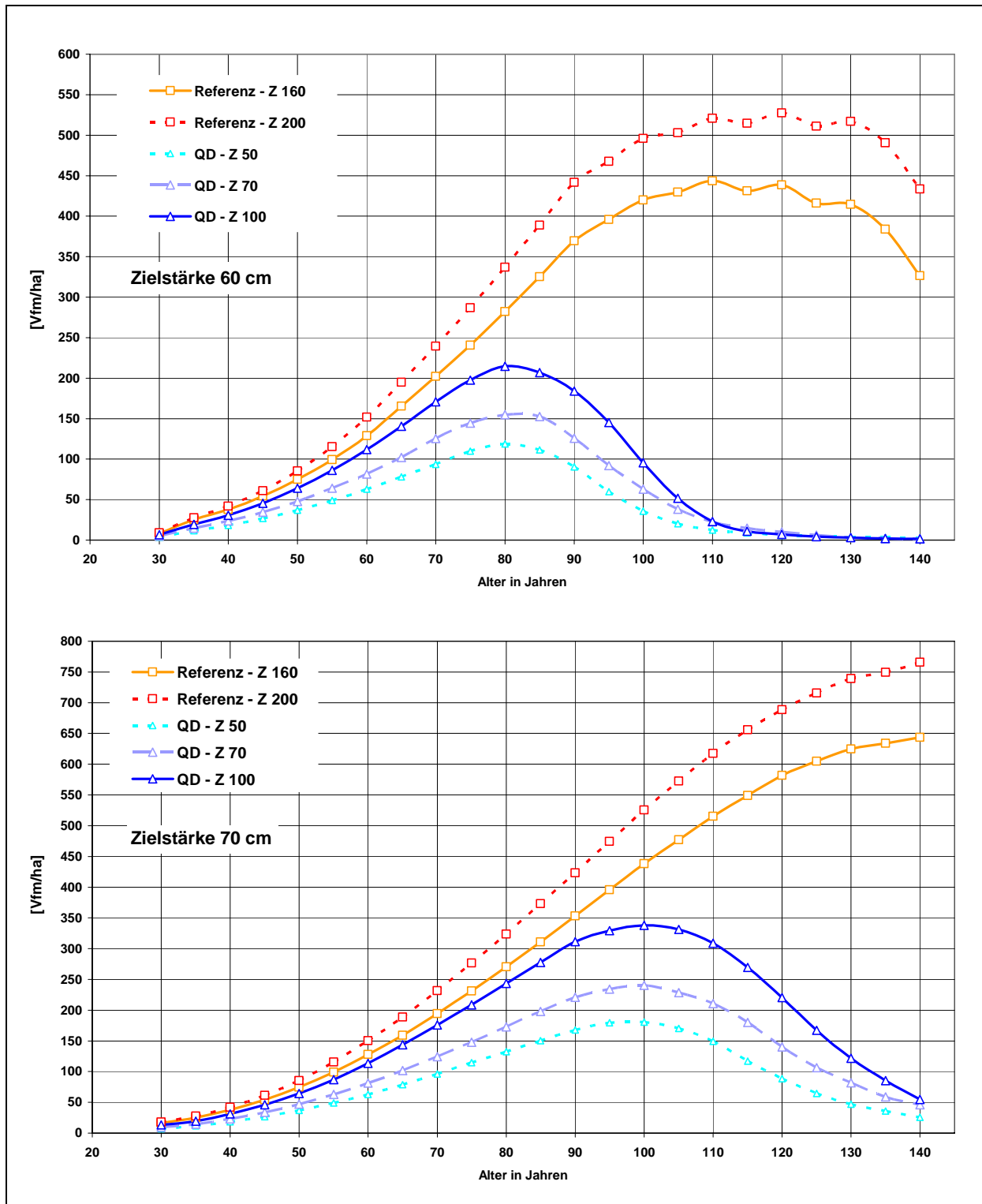


Abbildung 28: Vorratsentwicklung der Z-Baum-Kollektive<sup>87</sup>

<sup>87</sup> Hinweis: Der Generationenwechsel konnte in den Simulationen nicht abgebildet werden. Bei frühzeitiger Entnahme von zielstarken Bäumen werden sich – Wildprobleme an dieser Stelle ausgeklammert – früher Verjüngungskegel bilden als in den Referenzmodellen. Dies könnte bedeuten, dass durch

Bereits die Vorratsentwicklung im Rahmen des Gesamtkollektivs ließ eine höhere Vorratskulmination zu einem späteren Zeitpunkt bei den QD-Varianten, etwas weniger ausgeprägt bei den Varianten Z 160 und Z 200, infolge der Zielstärkenerhöhung erkennen (vgl. Abbildung 26). Diese Verlagerung des Vorratsniveaus und des Kulminationszeitpunktes wird nun bei den Z-Baum-Kollektiven besonders deutlich. Bei den QD-Varianten setzt zwar im Betrachtungszeitraum von 140 Jahren stets eine erkennbare Zielstärkennutzung ein, die Erhöhung der Zielstärke um 10 cm führt jedoch zu einer gesteigerten Vorratsentwicklung bei den Z-Baum-Kollektiven. Das Wachstumspotenzial wird bei QD-100 erheblich besser ausgenutzt, allerdings mit dem Zugeständnis einer um rd. 20 Jahre verlagerten Kulmination, gleichbedeutend mit einer entsprechend später einsetzenden Erntephase bei den Z-Bäumen. Auch bei den Referenzmodellen mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha führt die Zielstärkenerhöhung zu einer sichtbar ansteigenden Holzproduktion bei den Z-Baum-Kollektiven. Zielstärkenbezogene Ernteaktivitäten, die zu einem Vorratsabbau auf Seiten der Z-Bäume führen, sind nicht mehr erkennbar. Die Ausprägungen der Veränderungen sind bei den Referenzmodellen allerdings im Verhältnis geringer ausgeprägt, während bei den QD-Varianten beide Zielstärkenszenarien innerhalb des Simulationszeitraumes eine fast vollständige Z-Baum-Nutzung zulassen, d. h. selbst die QD-Varianten mit 70 cm Ziel-BHD weisen nach 140 Jahren nur noch vergleichsweise geringe Z-Baum-Vorräte auf. Die Referenzmodelle haben hingegen auch nach 140 Jahren Produktionsdauer noch hohe, bisher ungenutzte Z-Baum-Vorräte, bei denen im Fall einer Zielstärke von 70 cm höchstens anfängliche Nutzungen auf der Grundlage erreichter Zielstärken erkennbar sind.

---

„Ineinanderschieben“ oder „Zweigipfeligkeit“ auf einer unter 140 Jahre hinausgehenden Zeitachse die Modelle sich nähern.



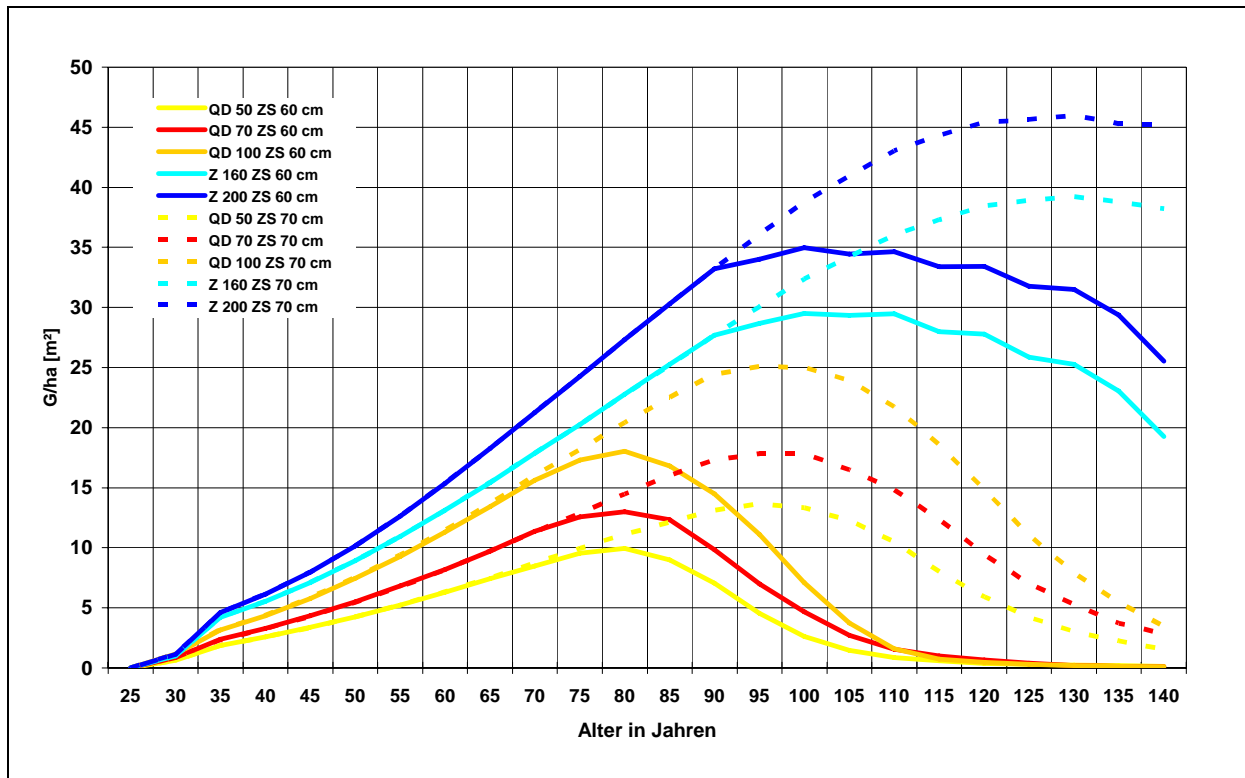


Abbildung 29: Grundflächenentwicklung der Z-Baum-Kollektive

Abbildung 29 zeigt zur Vervollständigung der Ergebnisse die Entwicklung der Grundflächenhaltung bei den Z-Baum-Kollektiven. Die Kurvenverläufe sind konsequenterweise „parallel“ zu denjenigen, die zuvor für die Entwicklung der Vorratshaltungen in Abbildung 28 gezeigt wurden. Folglich erübrigt sich an dieser Stelle eine erneute Erläuterung, da die vorstehenden Ausführungen zur Vorratshaltung auch auf die in Abbildung 29 gezeigten Sachverhalte übertragen werden können.

#### 6.1.4 Stammzahlhaltung der Z-Baum-Kollektive

Abbildung 30 beschreibt die Entwicklung der Stammzahlhaltung der Z-Bäume für die unterschiedlichen Z-Baum-Modelle. Naturgemäß korreliert diese Darstellung mit der Vorratsentwicklung dieser Kollektive, wie sie in Abbildung 28 gezeigt wurde. Die Zielstärkenerhöhung führt zu einer Verzögerung der Z-Baum-Entnahme aufgrund erreichter Zielstärke um rd. 20 Jahre bei den QD-Varianten, bei den Referenzen geht die Tendenz in Richtung 30 Jahre. Hinzu kommt, dass v. a. bei den Referenzen der Abbau der Z-Bäume deutlich weniger schnell vonstatten geht.

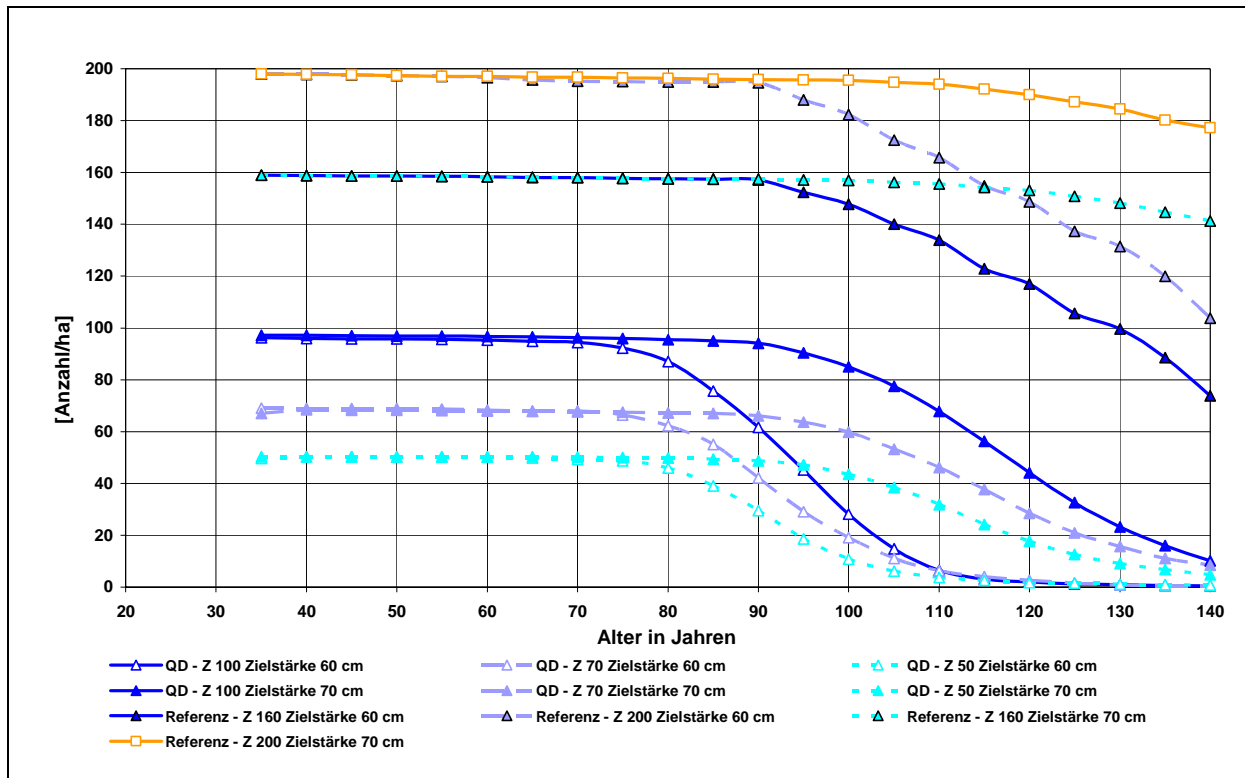


Abbildung 30: Entwicklung der Stammzahlen bei den Z-Bäumen

Bezüglich der Entwicklung des ausscheidenden Bestandes nach Zielstärke und Güteklasse vgl. Kapitel 6.2.2.

## 6.2 Sortierungsergebnisse

Zur virtuellen Sortierung der Vor- und Endnutzungen bzw. Zielstärkenutzungen der Z-Bäume wurden die mit SILVA ermittelten Ergebnisse über entsprechende Baumlisten-Dateien in das Sortierungsprogramm HOLZERNTTE 6.1 der FVA Baden-Württemberg übertragen.

Nachfolgend sollen nun die berechneten Sortierungsergebnisse nach Stärkeklasse, Güte und Menge zusammenfassend vorgestellt werden, d. h. es erfolgt in den meisten Fällen eine Präsentation, die für die gesamte Produktionsdauer die Ergebnisse auf den Endzeitpunkt aufsummiert darstellt. Darüber hinaus wird zur Unterstützung der Aussagen auch die Entwicklung der Ergebnisse im Zeitverlauf, d. h. über dem Alter der Bestände präsentiert. Die Ergebnisse werden dabei nach Baum-Kollektiven (Z-Bäume, verbliebener Füllbestand am Ende der Produktionszeit, Durchforstungen) getrennt gezeigt.

### **6.2.1 Stärkeklassensortierung<sup>88</sup>**

Gemäß der heute nach wie vor üblichen Sortierung nach HKS ist die Stärkeklasse ein wesentliches vermarktungsrelevantes und Preis bildendes Merkmal von Rohholz. Vor allem wertvolle Sortimente wie beispielsweise fehlerfreies Furnierholz sollen eine möglichst große Stärkeklasse und somit Stückmasse aufweisen, damit eine entsprechend hohe Ausbeute an wertvollen Produkten erzielt werden kann.

Die nachfolgend präsentierten Abbildungen unterscheiden die summarischen Sortierungsergebnisse zum einen nach der angestrebten Zielstärke der Z-Bäume (60 bzw. 70 cm), zum anderen nach dem simulierten Produktionszeitraum (120 bzw. 140 Jahre). Die Darstellung erfolgt auf der Grundlage von Mittelwerten, hergeleitet aus den Einzelergebnissen der unterschiedlichen Ausgangsstammzahlen im Alter 25.

Die über die Z-Baum-Kollektive nutzbare Holzmasse nimmt erwartungsgemäß zu, je mehr Z-Bäume/ha vorhanden sind (s. Abbildung 31). Bei allen Varianten, wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung, kommt es zu einem Stärkeklassensprung zugunsten der Klasse L5 infolge der Zielstärkenerhöhung um 10 cm. Dies zeigt, dass erhebliche Mengenanteile der Klasse L4 bei einer Zielstärke von 60 cm an der oberen Klassengrenze verharrten und in beachtlichem Maß in die Klasse L5 einwachsen konnten, wenn die Zielstärke angehoben wird. Die Verlängerung der Produktionsdauer um 20 Jahre führt ihrerseits zu ebenfalls proportional höheren Anteilen von L5. Der absolut größte Anteil der Stärkeklasse L5 findet sich stets bei der Variante QD-100 sofern als Zielstärke 70 cm vorgegeben ist. Ebenfalls relativ hohe Anteile von L5 weisen die beiden anderen QD-Varianten aus. Die Referenzmodelle mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen holen auf der Ebene der Klasse L5 auf, sofern die Produktionsdauer um 20 Jahre erhöht wird. Sie weisen ihrerseits die höchsten Anteile an L4 bzw. aus der Summe von L4 und L5 gegenüber QD-50 und QD-70 auf. Die stammzahlreiche QD-Variante mit 100 Z-Bäumen ist hingegen auch diesbezüglich in der Spitzenposition.

---

<sup>88</sup> Hinweis: Die nachfolgenden Grafiken zur Stärkeklassensortierung beinhalten keine Industrieholzanteile bzw. -mengen. Diese werden im nachfolgenden Abschnitt zur Güteklassensortierung vorgestellt. Folglich stellen die Abbildungen dieses Abschnitts nur die Sortierungsergebnisse des Stammholzes dar.

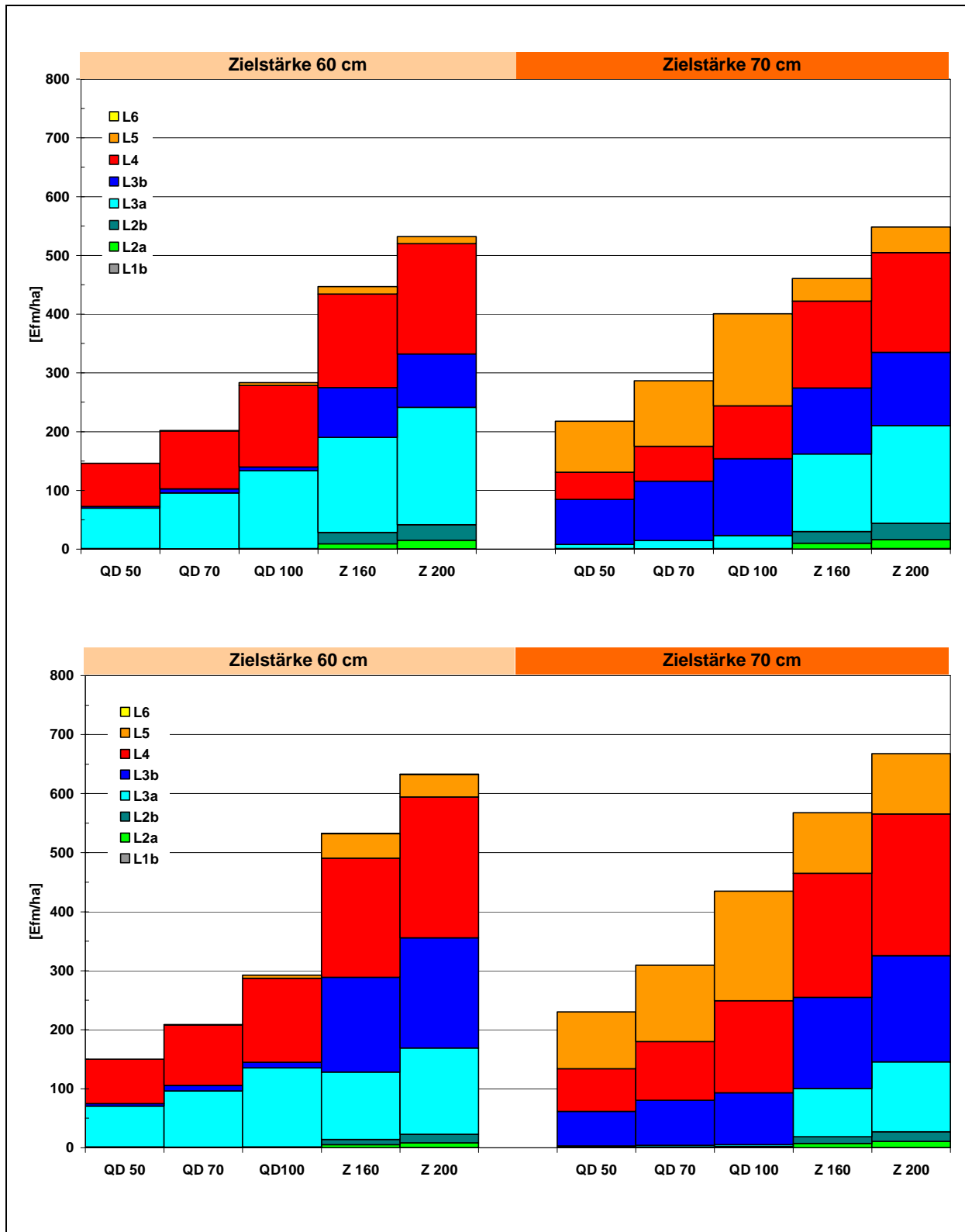


Abbildung 31: Stärkeklassenverteilung der Z-Baum-Kollektive bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Bisher wurden ausschließlich die Z-Baum-Kollektive betrachtet. Zur weiteren Ergänzung soll nun die *Stärkeklassenverteilung des Stammholzes* unter Einbeziehung der Vornutzungen

erfolgen, d. h. die Betrachtung der ausschließlichen Z-Baum-Sortierung wird um die Sortierungsergebnisse der angefallenen und verwertbaren Durchforstungsmengen ergänzt.<sup>89</sup> Abbildung 32 zeigt die summarische Stärkeklassenverteilung je Variante nach Produktionszeiten von 120 bzw. 140 Jahren, unterschieden nach angestrebten Zielstärken. Gegenüber Abbildung 31, die anteilig in der Abbildung 32 mit integriert ist, wird v. a. die Zunahme geringerer Stärkeklassen deutlich, die durch die Einbeziehung der Vornutzungen entsteht.<sup>90</sup> Somit wird auch erkennbar, dass die Vornutzungen zwischen dem ersten Eingriff im Alter 30 und dem letzten Pflege- bzw. Vornutzungseingriff im Alter von rd. 65 Jahren bei QD bzw. einer Oberhöhe von rd. 30 m bei den Z-Baum-Referenzvarianten geringer dimensionierte Stämme betreffen (vgl. auch Abbildung 37).

Hinsichtlich der vor allem nutzungs- und wertrelevanten höheren Stärkeklassen ändert sich im Vergleich zu Abbildung 31 und den dazu formulierten Feststellungen nichts. Die betrachtete Gesamtmenge erhöht sich um die Vornutzungsmengen, die allerdings im Vergleich zu den simulierten potenziellen Nutzungsmengen der Z-Baum-Kollektive gemäß Abbildung 31 nachrangig ist. Somit trägt die Vornutzung sowohl mengenmäßig wie auch hinsichtlich der Stärkeklassen nur zu einer geringfügigen Erhöhung der einzelnen Resultate der betrachteten Varianten bei. Die das Ergebnis prägenden und wirtschaftlich relevanten Stärkeklassen- und Mengenanteile werden durch die Z-Bäume geleistet. Dies wird auch noch einmal durch die Abbildung 33 verdeutlicht, die sich ausschließlich den Vornutzungsergebnissen je Variante widmet.

---

<sup>89</sup> Es sei an dieser Stelle zum Verständnis noch einmal darauf hingewiesen, dass bei QD konzeptgemäß eine Bestandespflege, die zu Vornutzungsanfällen führt, nur bis zum Alter 60 (bei den Z-Baum-Referenzen Z 160 bzw. Z 200 bis zu einer Oberhöhe von 30 m bzw. einem Alter rd. 80 Jahren) stattfindet. Ab einem Alter von 60 Jahren (bzw. 80 Jahren) findet nur noch Zielstärkenutzung statt, sofern einzelne Z-Bäume die jeweilige Zielstärke erreicht haben.

<sup>90</sup> Ebenfalls als Hinweis zum Verständnis wird nochmals erwähnt, dass eine Sortierung im Rahmen der Simulation erst ab einem BHD von 15 cm i. R. erfolgte. Baumabgänge unterhalb dieses BHD wurden als nicht verwertbar angesehen.

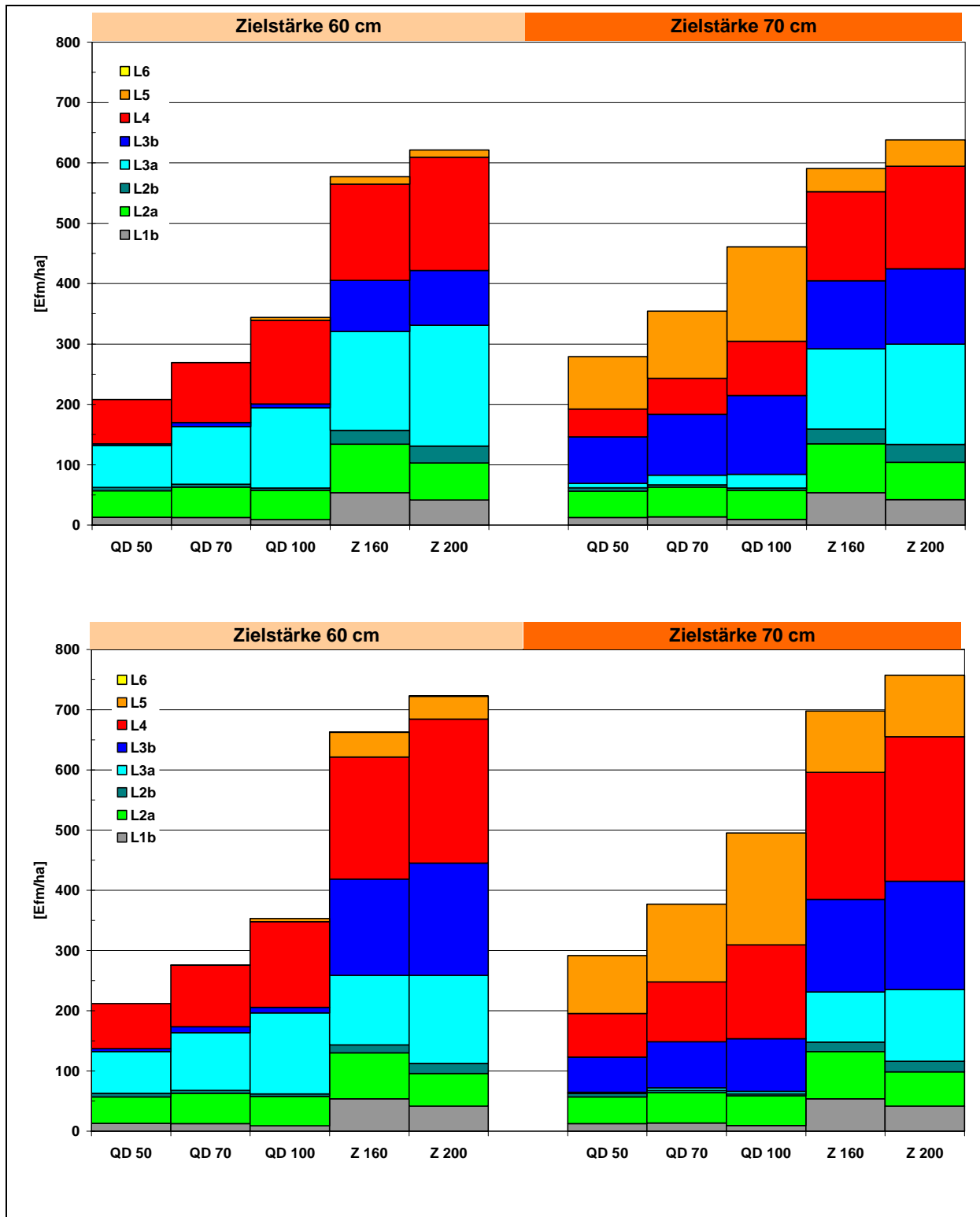


Abbildung 32: Stärkeklassenverteilung der Z-Stämme (bereits genutzt oder noch verbleibend) sowie der Durchforstungsanfänge bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Der am Ende der Produktionszeit noch verbliebene restliche Füllbestand ist hier nicht berücksichtigt. Hierzu vgl. Abbildung 36 und 42 ff.

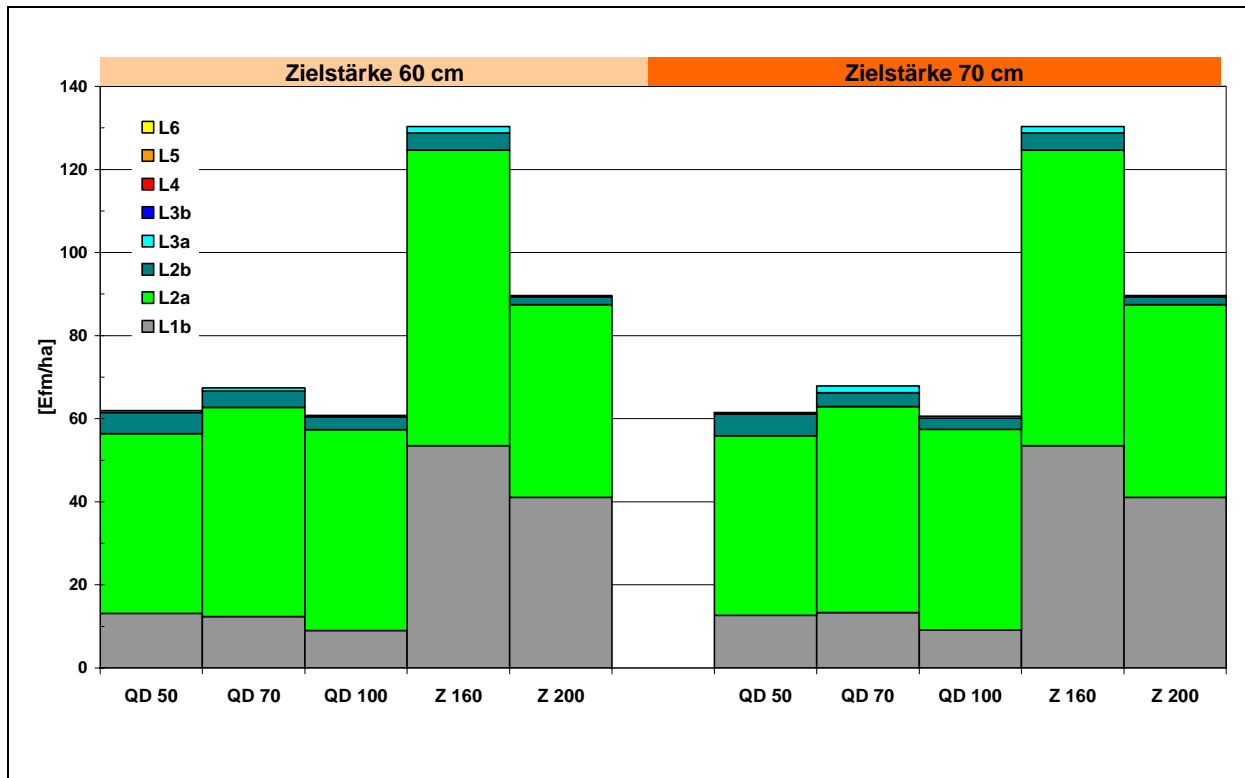


Abbildung 33: Stammholzsartierung der Durchforstungsmengen<sup>91</sup>

Am Ende der Produktionszeiträume verbleibt im Rahmen der Simulation ein Restbestand, bestehend aus ggf. noch nicht geernteten Z-Bäumen (wenn die Zielstärke noch nicht erreicht wurde) und aus Bäumen, die keine Z-Bäume sind und auch nicht im Rahmen von Vornutzungen oder natürlicher Mortalität abgingen. Es handelt sich um einen restlichen Füllbestand, der zwischen den Z-Bäumen existiert.<sup>92</sup> Er wird zum Zeitpunkt des Simulationendes fiktiv sortiert, als würde er zu diesem Zeitpunkt abgetrieben und endgenutzt. Die so ermittelten Sortierungsergebnisse vermittelt Abbildung 34. Sie bilden die

<sup>91</sup> Eine Unterscheidung nach der Produktionszeit entfällt hier, da die Mengen bis zum Alter von 60 Jahren bzw. rd. 80 Jahren anfallen und somit bei beiden Produktionszeiträumen identisch sind bzw. durch die Verlängerung der Produktionszeit von 120 auf 140 Jahre nicht beeinflusst werden.

<sup>92</sup> Dieser Füllbestand würde vermutlich im Rahmen einer realen Bewirtschaftung bzw. Umsetzung der hier betrachteten waldbaulichen Konzepte zum Teil in eine Folgegeneration „überleiten“ bzw. temporär in derartige neue Bestandesstrukturen übergehen (dies betrifft v.a. noch nicht zielstarke Z-Bäume) ebenso wie sich z. B. Naturverjüngung bereits zu Zeiten vor dem Erreichen der hier unterstellten Endzeitpunkte der Produktion und somit auch der Simulation einfinden wird (z. B. infolge der Entnahme zielstarker Z-Bäume, wodurch „Licht auf den Boden“ kommt und Naturverjüngung in standörtlicher Differenzierung entstehen kann). Beides kann allerdings mit Hilfe von SILVA derzeit noch nicht simuliert werden. Folglich fehlt einerseits eine Naturverjüngungssimulation und ihr möglicher Beitrag zu wachstumskundlichen Bestandesergebnissen vollständig, andererseits wird zur Beendigung der Simulation der restliche Füllbestand am Ende des jeweiligen Produktionszeitraumes abschließend sortiert und mengenmäßig erfasst, als würde er abgetrieben.

anschließende Auswertungsebene der Stammholzsortierung auf der Grundlage der wachstumskundlichen Simulationsergebnisse für die Z-Baum-Varianten.

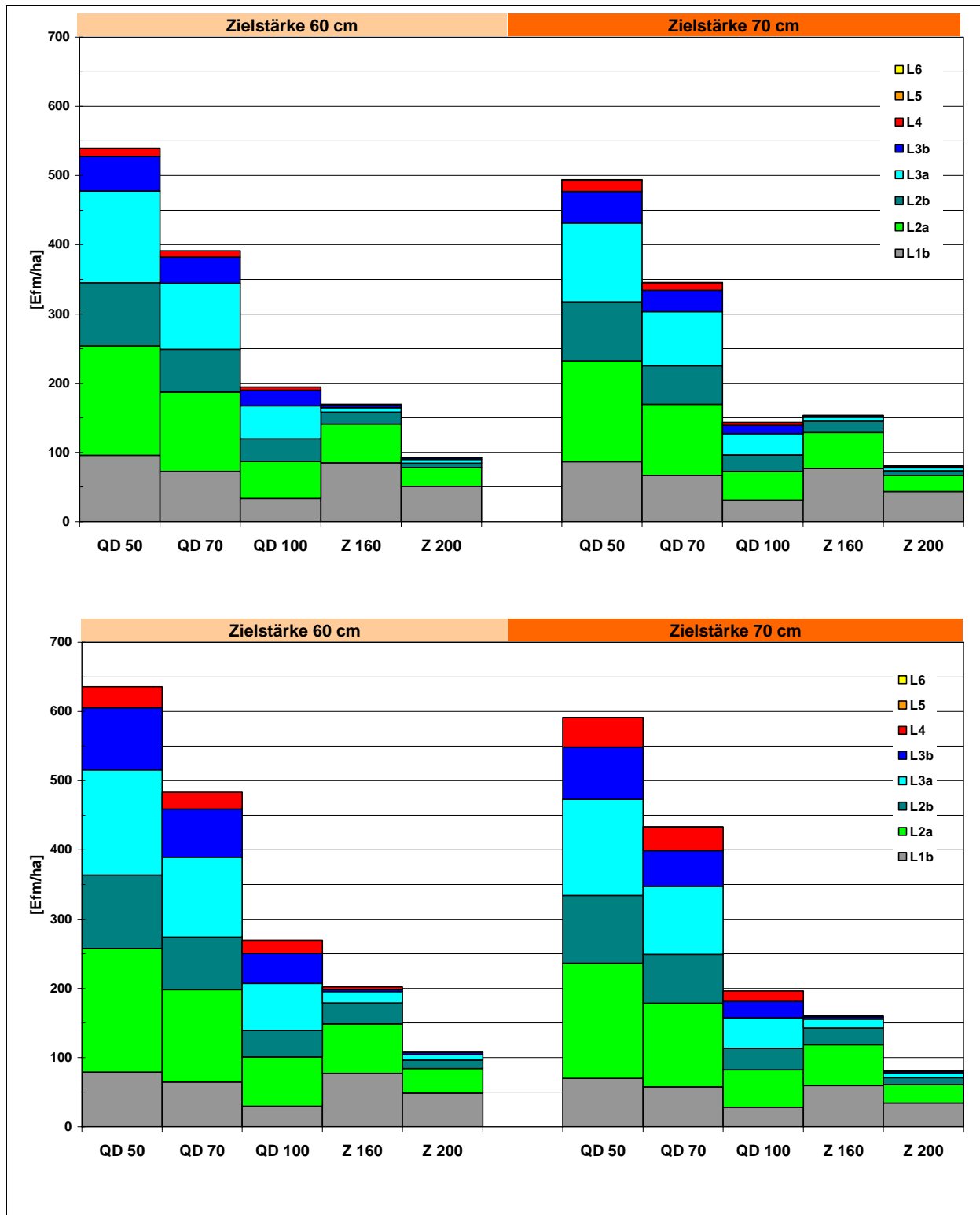


Abbildung 34: Stärkeklassenverteilung der am Ende der Simulation verbleibenden Füllbestände bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)



Es tritt deutlich zu Tage, dass die hinsichtlich der Z-Baum-Anzahl stammzahlarmen Varianten am Ende der hier unterstellten Produktionszeiträume erhebliche Stammholzmengen im verbliebenen Füllbestand kumuliert haben. D. h. ein großer Anteil der Gesamtwuchsleistung (vgl. Kapitel 6.1.1.1) findet sich zuletzt im Füllbestand. Die prägenden Stärkeklassen des Füllbestandes sind, weitgehend unabhängig von der Zielstärke und der Produktionsdauer, vorwiegend im Bereich des typischen Bauholzes anzusiedeln, d. h. L 2a bis L 3a. Dennoch existiert vor allem bei der längeren Produktionsdauer auch ein erkennbarer Anteil stärkeren Stammholzes der Klassen L 3b und L 4, typischerweise bei den Varianten mit nur wenigen Z-Bäumen/ha. Beim Vergleich mit Abbildung 32 fällt auf, dass im Füllbestand der Z-Stammzahl armen QD-Varianten (QD 50 und QD 70) Rohholzmengen bis zu einer rd. 3fachen Menge (vgl. QD 50) gegenüber denjenigen Mengen der Z-Baum-Kollektive kumuliert sind. Umgekehrt proportional zur Mengenzunahme bei den Z-Baum-Kollektiven der Z-Stammzahl reicheren Varianten nimmt die Füllbestandesmenge bei diesen Varianten wiederum ab, um z. B. bei Z 200 im Mittel nur noch etwa ein Siebtel der kumulierten Z-Baum-Stammholzmenge auszumachen.

Als weitere Vergleichsreferenzen können nun noch konservative waldbauliche Behandlungen wie die *Niederdurchforstung* und die *Hochdurchforstung* herangezogen werden. Deshalb sollen im Folgenden die Stärkeklassenverteilungen dieser waldbaulichen Behandlungsregime vorgestellt werden (vgl. Abbildung 35).

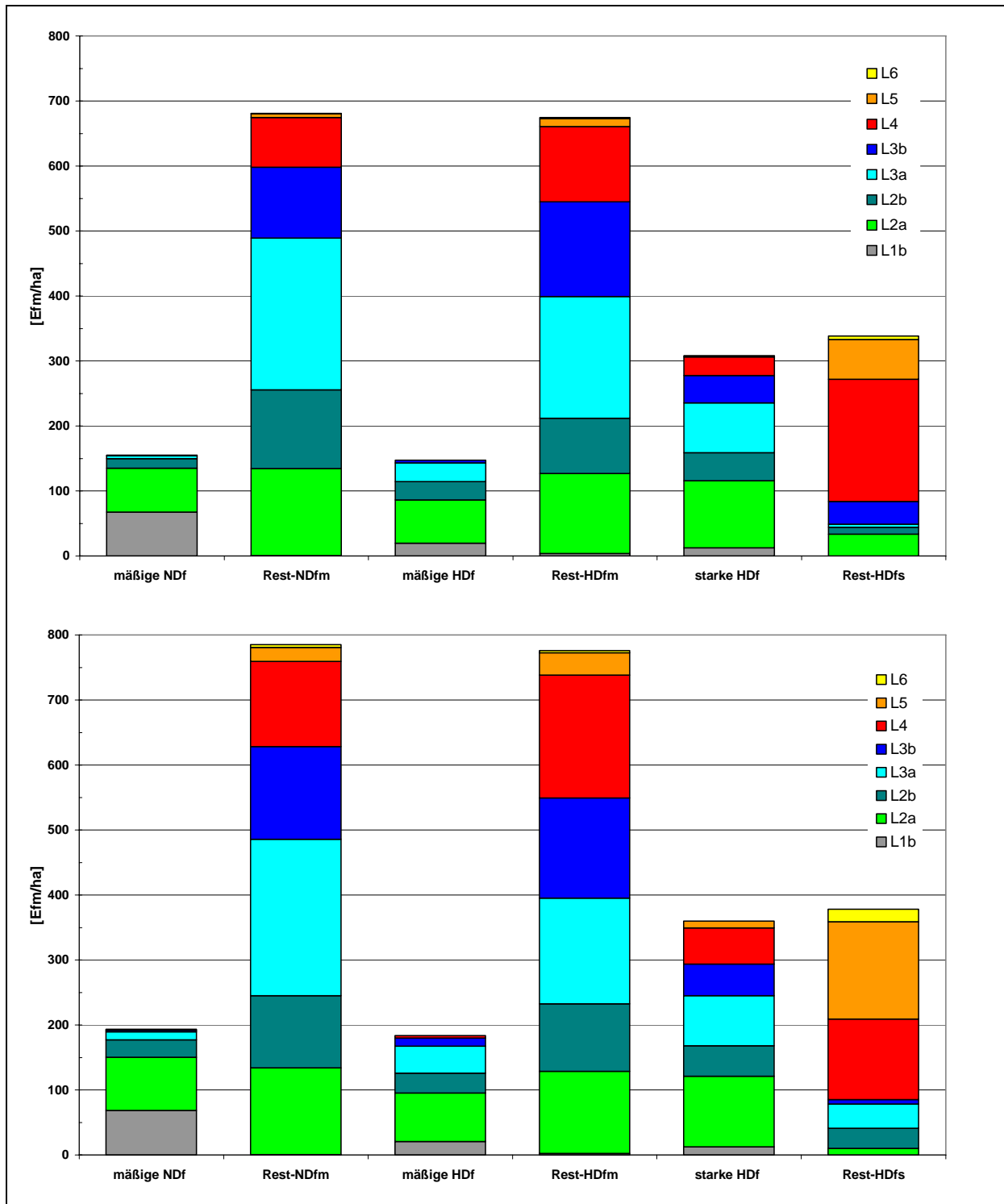


Abbildung 35: Stärkeklassenverteilung bei Nieder (Ndf)- und Hochdurchforstung (HdF) bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten). Die Darstellung unterscheidet nach den Nutzungen bis zum Erreichen der Umtriebszeit und des dann noch vorhandenen Restes, der zum Abtrieb bereit steht.

Beim Vergleich der Abbildungen 33 und 35 fällt zunächst auf, dass die stammholzbezogenen Vornutzungen der Nieder- und Hochdurchforstungen (also ohne Industrieholz) mengenmäßig

auf einem höheren Niveau liegen. Insbesondere bei der starken Hochdurchforstung werden über 350 Efm/ha bei einer Produktionsdauer von 140 Jahren erreicht. Die Z-Baum-Varianten liegen deutlich unter diesen Vornutzungswerten. Allerdings muss hierbei wiederum berücksichtigt werden, dass definitionsgemäß Vornutzungen bei den Z-Baum Konzepten nur bis zu einem Alter von 60 Jahren bzw. einer Oberhöhe von 30 m anfallen. Danach sind alle Nutzungen bereits Zielstärkenentnahmen. Vornutzungen bei den Referenzen sind hingegen alle Nutzungen bis zum Abtriebszeitpunkt. Deshalb ist eine direkte Wertung des Mengenvergleichs auch nicht möglich. Aussagekräftiger ist jedoch die Stärkeklassenverteilung sowohl der Vornutzungen wie auch des Restbestandes. Bei genauerer Betrachtung, beginnend bei den Starkholz repräsentierenden Stärkeklassen, fällt auf, dass ein nennenswerter Anteil von L 5 bei der starken Hochdurchforstung erzielbar ist, allerdings ist er nicht geastet und somit im Sinne der vorliegenden Arbeit kein Wertholz. Ansonsten überwiegen mengenmäßig vor allem Stärkeklassen des Bauholzbereiches (L 2a bis L 3b). In der Abbildung 32, die die summarischen Ergebnisse für das Stammholz der Z-Bäume und der Durchforstungen der Z-Baum-Varianten präsentiert, sind zwar höhere Anteile stärkerer Stammholzklassen erkennbar, allerdings ist die absolute Masse geringer. Die jeweils insgesamt nutzbaren Stammholzmassen sind mit bis zu knapp 1.000 Efm/ha (jeweils Summe der Mengen der beiden Balken je Durchforstungsart in Abbildung 35) bei den konservativen Behandlungsarten, vor allem bei den mäßigen Eingriffsvarianten, höher als bei den Z-Baum-Varianten der Abbildung 32. Zur abschließenden Gesamtbetrachtung sind zu den Mengenangaben der Abbildung 32 allerdings noch die Mengen der entsprechenden Varianten der Abbildung 34 hinzu zu addieren. Doch selbst dann ist die nutzbare Stammholzmenge der in ihrer Eingriffstärke mäßig ausgeprägten konservativen Durchforstungsarten höher.

Ein methodisches und darstellerisches Problem der vorhergehenden Abbildungen 31 bis 34, die sich u. a. mit den mengenmäßigen Stärkeklassenresultaten der Z-Bäume und der Durchforstungen beschäftigten, ist darin zu sehen, dass der Begriff „Durchforstung“ im Rahmen der Simulation aus methodischen Gründen eine enge zeitliche Begrenzung hatte. „Durchforstung“ fand je nach Z-Baum-Variante definitionsgemäß nur bis zu einem Alter von 60 bzw. rd. 80 Jahren statt. Alle Nutzungen nach diesen Zeitpunkten waren „Zielstärkennutzungen“. Um also dem Teilaspekt der Nutzungsmöglichkeiten vor dem Erreichen der Endzeitpunkte der Simulation nachzugehen, d. h. den Umfang des ausscheidenden Bestandes gegenüber dem abschließend verbleibenden Bestand darstellen zu

können, mussten die Durchforstungsanfälle mit den bis zum Simulationsende anfallenden Zielstärkennutzungen kombiniert werden. Diese Ergebnisse zeigt Abbildung 36.

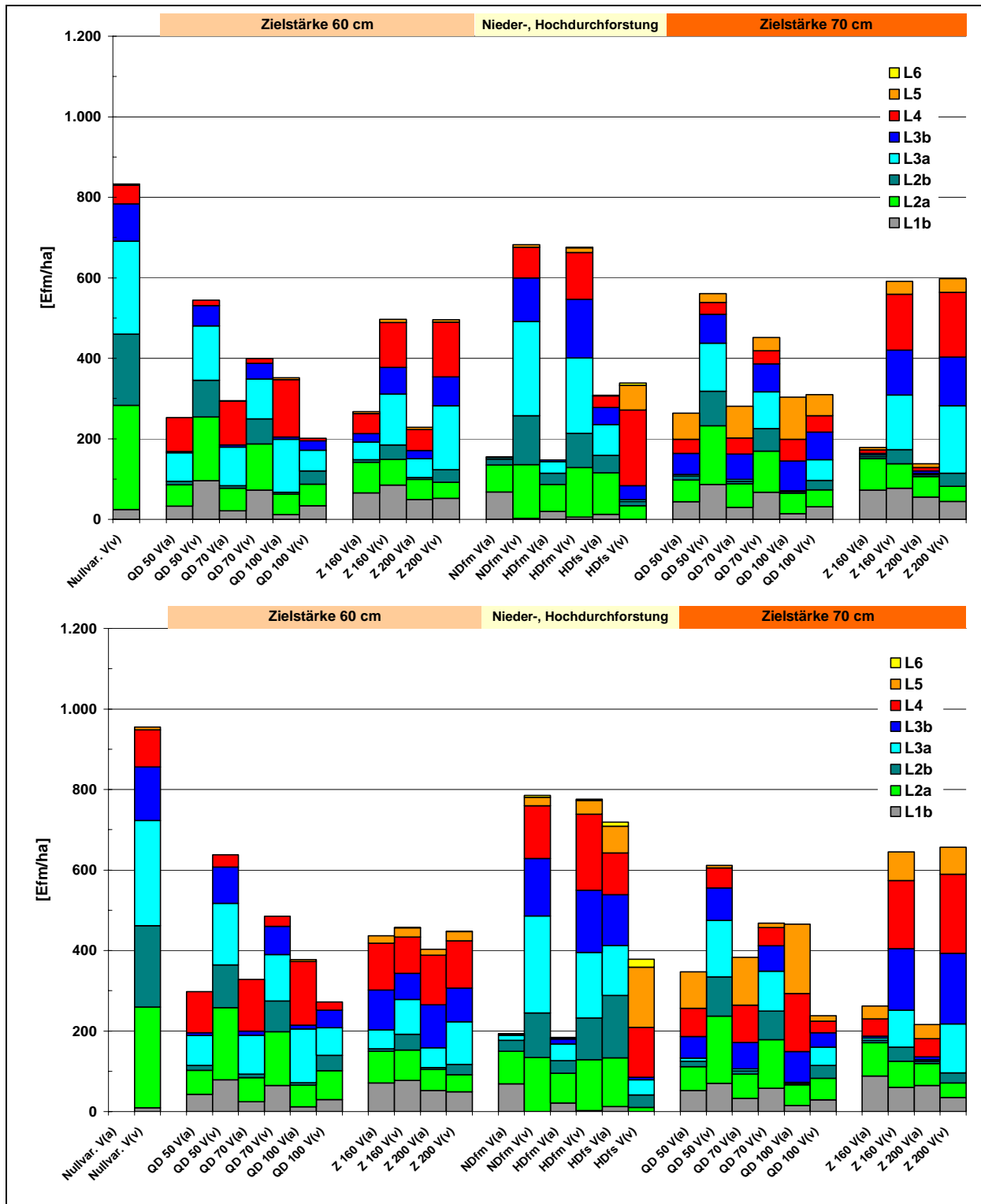


Abbildung 36: Stärkeklassenverteilungen des ausscheidenden Bestandes (V(a)) und des nach 120 (oben) bzw. 140 (unten) Jahren verbleibenden Bestandes (V(v))

Die in Abbildung 36 dargestellten Ergebnisse geben einen Hinweis auf die Nutzungsoptionen im Verlauf des Produktions- bzw. Simulationszeitraumes und damit auch einen Hinweis auf die nachfolgend noch zu betrachtende Frage der Erlösoptionen im Zeitverlauf und die damit korrespondierende Liquiditätssituation. Beim Vergleich der Z-Baum-Varianten nach QD fällt auf, dass v. a. QD 100 ein entweder ausgeglichenes Verhältnis zwischen ausscheidendem und verbleibendem Bestand aufweist oder sogar eine größere ausscheidende Menge hervorbringt und keine überwiegende Mengenakkumulation beim verbleibenden Bestand entsteht. Dies ist jedoch bei den einerseits Z-Stammzahl ärmeren Varianten (v. a. QD 50) und andererseits bei den Z-Stammzahl reicheren Varianten (Z 160 und Z 200) nicht der Fall, ebenso wenig bei den konservativen Referenzen Nieder- und Hochdurchforstung. Besonders deutlich kann diese Entwicklung bei einem Simulationszeitraum von 120 Jahren und den hohen Zielstärken gesehen werden. Allerdings werden diese frühen Nutzungsmöglichkeiten durch ein insgesamt merklich niedrigeres Nutzungspotenzial erkauft (beispielsweise  $\approx 25\%$  weniger beim Vergleich von QD 100 gegenüber Z 160 bei Zielstärke 70 cm). Lediglich bei der Kombination Zielstärke 60 cm und einem Simulationszeitraum von 140 Jahren zeigen demgegenüber auch die Z-Stammzahl reichen Varianten Z 160 und Z 200 ein nahezu gleich besetztes Verhältnis von ausscheidendem zu verbleibendem Bestand. Ebenfalls hervorzuheben sind die im Ergebnis deutlich ausgeprägteren Starkholzklassenanteile innerhalb des ausscheidenden Bestandes, also der „Vornutzungsoptionen“, bei den QD-Varianten. Bei den anderen waldbaulichen Modellen sind hingegen größere Starkholzmengen im verbleibenden Restbestand verfügbar.

Die vorhergehenden Aussagen werden hinsichtlich der Z-Baum-Modelle durch die folgenden Abbildungen 37 bis 40 nochmals vertieft, da sie die Nutzungsoptionen des Stammholzes über dem Bestandesalter wiedergeben. Dargestellt werden die anfallenden Nutzungsmengen bis zum Ende der jeweiligen Produktionszeiträume, aufgeteilt nach Stärkeklassen und deren Mengenanteile in Efm/ha. Die Abbildungen sind somit eine Konkretisierung der jeweiligen Balken der ausscheidenden Bestände wie sie in Abbildung 36 präsentiert wurden.

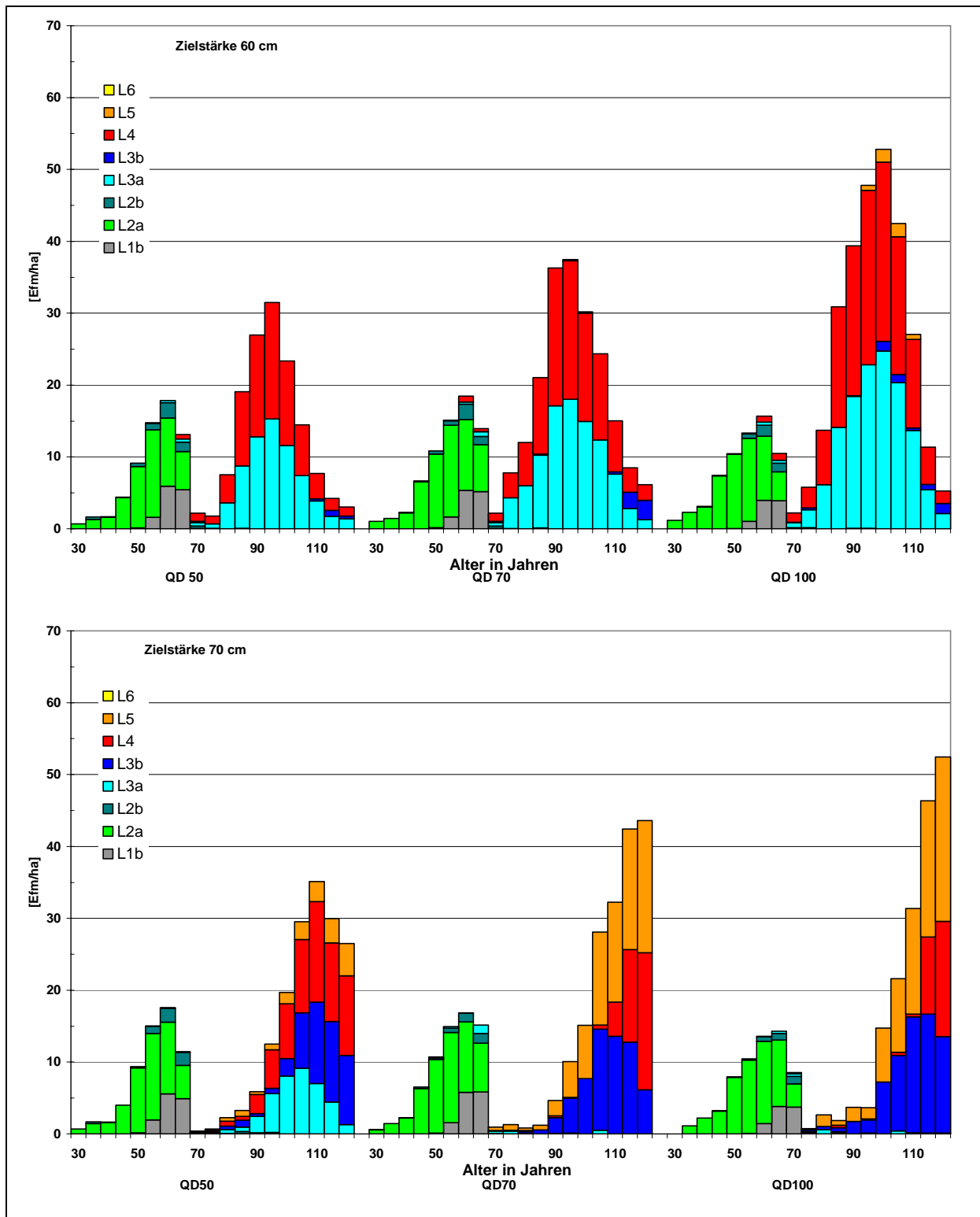


Abbildung 37: Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

Der bereits erwähnte Klassensprung infolge der Zielstärkenerhöhung des BHD um 10 cm von erheblichen L4-Anteilen zu L5 tritt auch in Abbildung 37 klar zu Tage. Die Zielstärkenerhöhung führt allerdings ebenso zu einer Verlagerung der Nutzungsschwerpunkte in Richtung des Endes der Produktionszeit. Sehr deutlich tritt bei den Teilabbildungen der Übergang von Vornutzungen im Sinne der Bestandespflege zu Nutzungen auf der Grundlage des erstmaligen und noch sehr gering ausgeprägten Erreichens von Zielstärken bei den Z-Bäumen in Erscheinung.<sup>93</sup> Diese Zielstärkennutzung steigt dann allerdings merklich an. Bei einer Zielstärke von 60 cm BHD erreicht sie im Alter von 95 Jahren einen Höhepunkt; bis zum Endzeitpunkt der Simulation von 120 Jahren wird sie zudem fast abgeschlossen, d. h. die Produktion des Zielproduktes kann in diesem Zeitraum fast vollständig realisiert werden. Hierbei wird überwiegend Rohholz im Stärkeklassensegment L3a und L4 bereitgestellt (vgl. auch Abbildung 32). Die Erhöhung der Zielstärke um 10 cm bewirkt neben dem Klassensprung nach L5 auch eine zeitliche Verschiebung der Nutzungsspitzen in Richtung des Endes der Produktionszeit. Holzmengen werden also im verbleibenden Restbestand kumuliert (vgl. Abb. 36). Zu früheren Zeitpunkten wird folglich weniger Stammholz genutzt werden können, allerdings mit bereits vorhandenen Anteilen der Stärkeklasse L5.

Abbildung 38 entspricht in ihrem Aufbau der vorhergehenden Darstellung, umfasst allerdings eine Produktionsdauer von 140 Jahren. Beim Vergleich der beiden Abbildungen 37 und 38 fällt auf, dass Abbildung 37 in der Abbildung 38 „integriert“ ist. Dies ist nachvollziehbar, da die Nutzungen in Abhängigkeit des Bestandesalters bis zu einer Produktionsdauer von 120 Jahren selbstverständlich dieselben sind wie innerhalb der 120jährigen Spanne im Rahmen einer Produktionsdauer von 140 Jahren. Abbildung 38 verdeutlicht somit in erster Linie den weiteren Nutzungsgang für den Fall, dass die Produktionszeit der QD-Varianten auf 140 Jahre ausgedehnt wird.

---

<sup>93</sup> Hier wie ebenfalls in Abbildung 38 kommt es programmbedingt z. T. zu einer 5jährigen Überschneidung zwischen letztmaligen Vornutzungen und ersten Zielstärkennutzungen im Altersbereich von 65 bis 70 Jahren. Durch das Übertragen des Grenzalters für eine Vornutzung bei QD von 60 Jahren in einen entsprechenden Oberhöhenwert, mit dem die nächste Wachstumsphase in SILVA angesteuert wird, kann es zu einer Verlängerung der Vornutzungsphase um 5 Jahre bei einzelnen Varianten von QD kommen. Da zudem die dargestellten Werte die Mittelwerte aus jeweils 10 Wiederholungen ein und desselben Simulationstyps sind, kann es ebenfalls dazu kommen, dass die Nutzungsmenge im Alter 65 tendenziell etwas höher ist als erwartet, da in diesem Alter z. T. noch eine Vornutzung simuliert wurde (je nach dem, ob die dem Alter 60 entsprechende Oberhöhe in der Simulation erreicht wurde oder nicht), obwohl sie im Sinne einer strengen Umsetzung der QD-Konzeption im Alter 60 hätte enden sollen. Diese leichte methodische bzw. programmbedingte Abweichung von 5 Jahren und die damit verbundene „Mengenunschärfe“ im Einzelfall von etwa 5-10 Efm/ha erscheinen im Hinblick auf die Gesamtsimulationszeiten von 120 bzw. 140 Jahren und Gesamtwuchsleistungen, Vorratshaltungen und Nutzungsmengen von durchgängig mehreren hundert Festmetern/ha marginal und vernachlässigbar. Für die Ergebnispräsentation und -bewertung sind sie irrelevant.

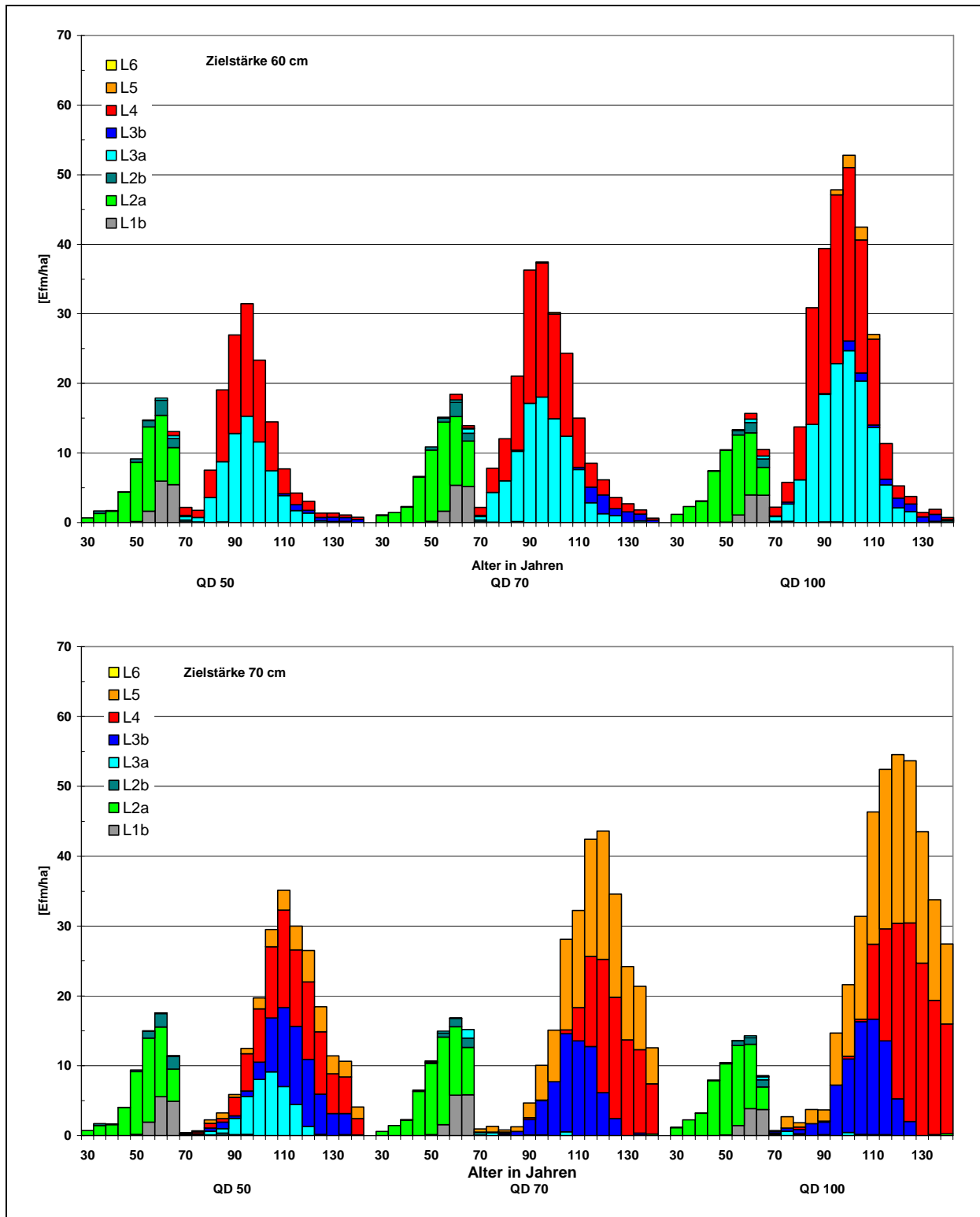


Abbildung 38: Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)



Die Verlängerung der Produktionszeit um 20 Jahre eröffnet vor allem bei einer Zielstärke von 70 cm weiterführende Nutzungsoptionen innerhalb der Produktionsdauer und trägt folglich dazu bei, dass weniger Nutzungsmengen im verbleibenden Restbestand zum Ende der Produktionszeit kumuliert werden. Darüber hinaus zeigt die Abbildung 38, dass in den höheren Bestandesaltern die Nutzungsoptionen bei einer Zielstärke von 60 cm BHD bereits soweit erschöpft sind, dass sie innerhalb der dargestellten 5-Jahres-Zeiträume annähernd gegen Null gehen, während im Vergleich dazu bei einer Zielstärke von 70 cm ein Mehrfaches genutzt werden kann. Folglich zeigt der obere Teil der Abbildung 38 im Wesentlichen dieselben Ergebnisse wie der gleiche Abbildungsteil der Abbildung 37. Die Unterschiede liegen lediglich in der auf 140 Jahren verlängerten Nutzungsdauer. Zudem sind die Nutzungsoptionen in dieser Altersspanne bei einer Zielstärke von 70 cm BHD mit erheblichen Mengenanteilen im lukrativen Stärkeklassenbereich von L4 und L5 vorzufinden.

Nachdem nun zunächst auf die zeitliche Verteilung der Nutzungsoptionen beim Stammholz der QD-Varianten eingegangen wurde, soll nachfolgend die entsprechende Situation bei den Vergleichsvarianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen präsentiert werden. Abbildung 39 zeigt deshalb den stärkeklassenbezogenen Nutzungsverlauf bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren.

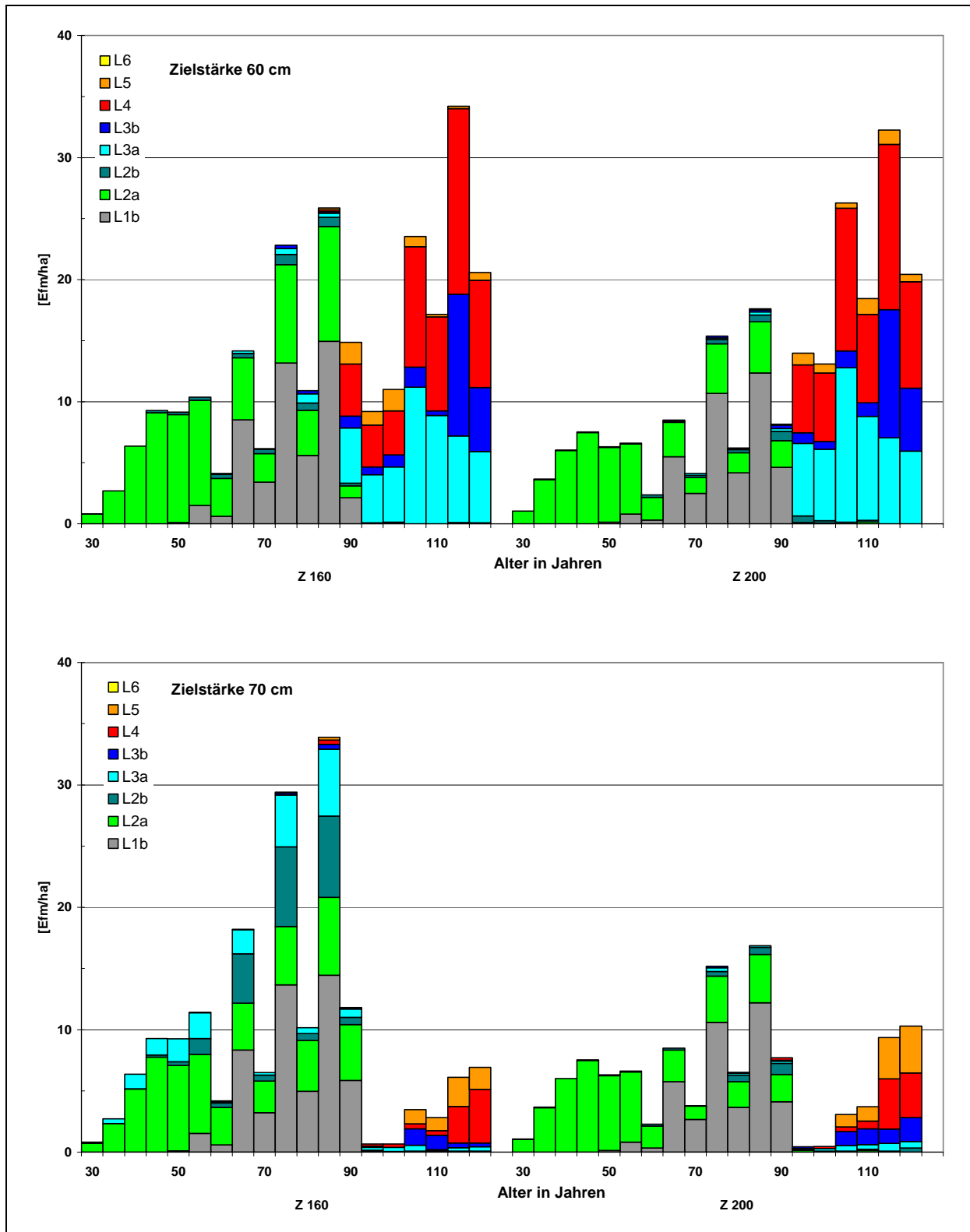


Abbildung 39: Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Referenzvarianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

Beim Vergleich der vorhergehenden Abbildung mit Abbildung 37 fällt sofort auf, dass die Nutzungsoptionen im Bereich höherer Stärkeklassen (L4 und L5), die in Abbildung 39 vorgestellt werden, geringer sind als diejenigen, die Abbildung 37 präsentiert. Dies gilt für beide untersuchten Zielstärken. Auch hier führt die Zielstärkenerhöhung zu einem Absenken des Nutzungsniveaus im höheren Altersbereich und zu einer zeitlichen Verlagerung des Beginns der Nutzung stärkerer Stammholzklassen in Richtung des Endzeitpunktes der Produktionsdauer.<sup>94</sup>

Der bisherigen Darstellungssystematik folgend werden abschließend in Abbildung 40 die altersabhängigen Nutzungsoptionen der Z-Baum-Referenzmodelle für die Zielstärken 60 cm und 70 cm BHD für eine Produktionsdauer von 140 Jahren vorgestellt. Im Rahmen der Zielstärke 60 cm BHD steigt das Nutzungsniveau am Ende des Produktionszeitraumes mengenmäßig erheblich an, vor allem geprägt durch die Stärkeklasse L4. Bei einem Ziel-BHD von 70 cm ist ebenfalls ein solcher Anstieg erkennbar, allerdings mit deutlich geringeren Nutzungsmengen. Im Verhältnis der Stärkeklassen untereinander tritt allerdings die Stärkeklasse L5 deutlicher zu Tage, d. h. auch hier ist ein Stärkeklassensprung auszumachen, der allerdings in seiner mengenbezogenen Dimension nicht so ausgeprägt ist wie zuvor bei den QD-Varianten erkennbar. Umgekehrt bedeutet dies, wie auch schon bei der Abbildung 39, dass mehr nutzbare Stammholzmengen im verbleibenden Endbestand im Alter von 140 Jahren verfügbar sind. Die Möglichkeiten im Rahmen der Produktionsdauer frühzeitiger Stammholz zu nutzen sind geringer (vgl. auch Abbildung 36).

---

<sup>94</sup> Hinsichtlich der nutzbaren Gesamtmengen sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass die hier behandelten Abbildungen ausschließlich die Stammholzanteile an den Nutzungen beim jeweiligen Bestandesalter darstellen. Industrieholzmengen werden ebenso wenig gezeigt (dies geschieht nachfolgend im Kapitel zu den Sortierungsergebnissen auf der Grundlage der Holzgüte) wie diejenigen Holzmengen, die zwar wachstumsmäßig „produziert“, aber nicht unmittelbar im Rahmen der Simulation genutzt wurden, da sie zum Zeitpunkt ihres Ausscheidens (pflegebedingte Entnahme in SILVA) noch nicht den Mindest-BHD von 15 cm erreicht haben, der auch zu einer anschließenden Nutzung führt. Dadurch wirken die oben vorgestellten Mengen bezüglich ihrer absoluten Größe z. T. gering.

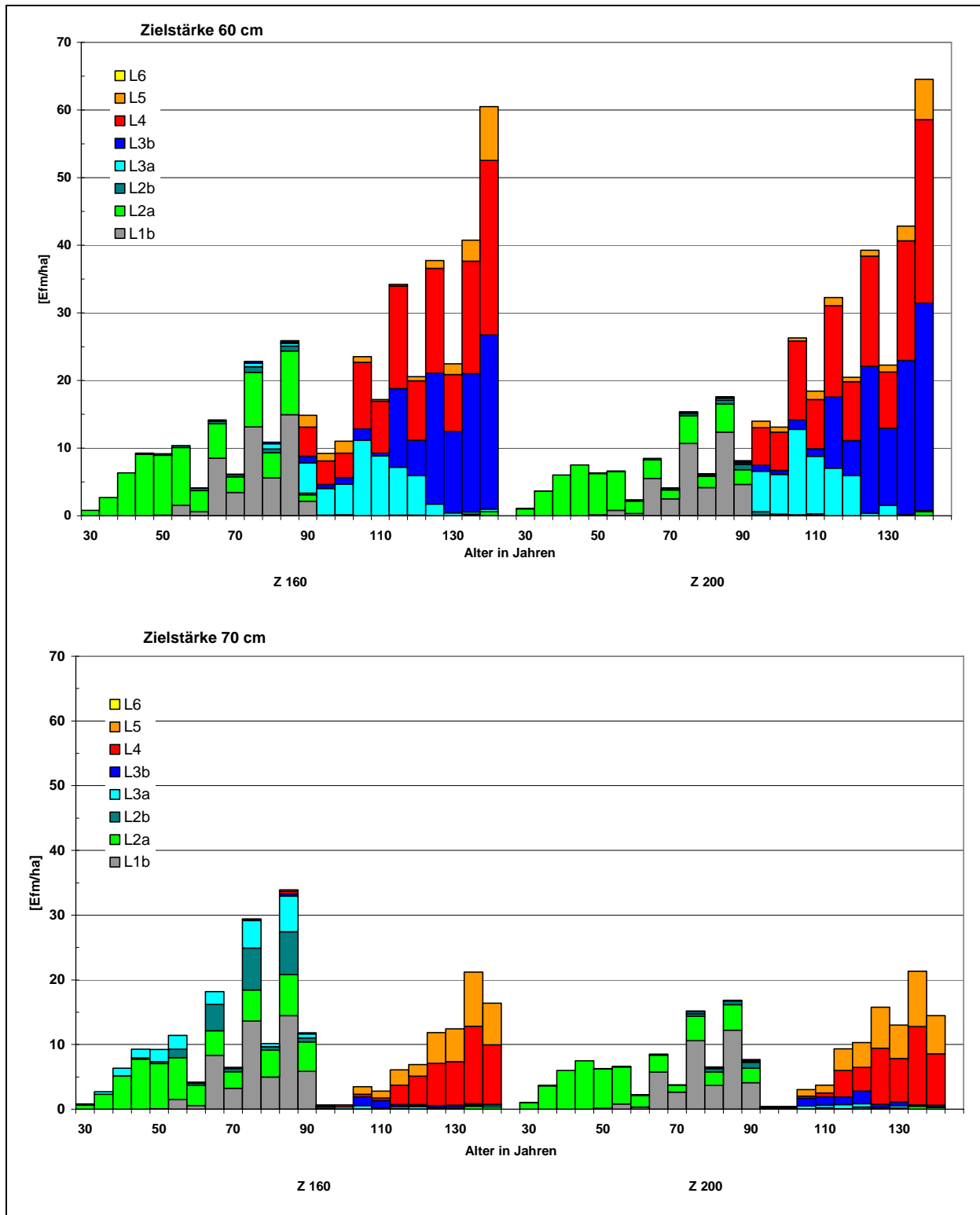


Abbildung 40: Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Referenzvarianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

Als weitere Vergleichsmöglichkeit sollen nun die Stärkeklassenverteilungen der ausscheidenden Bestände bei den herkömmlichen Behandlungsmodellen der Nieder- und Hochdurchforstung gezeigt werden (vgl. Abbildung 41).

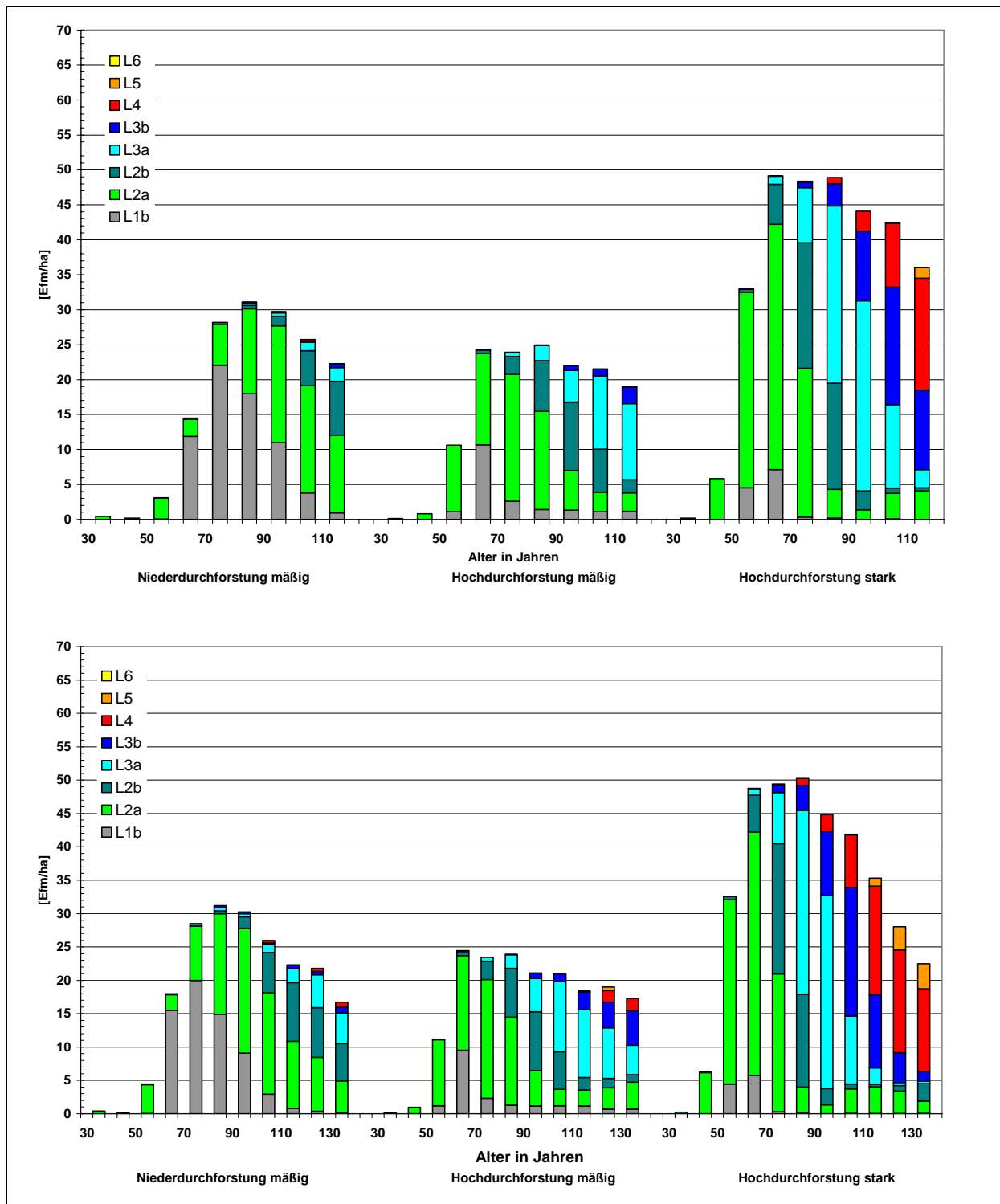


Abbildung 41: Stärkeklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Referenzvarianten Nieder- und Hochdurchforstung bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Während die Unterschiede zwischen mäßiger Nieder- und Hochdurchforstung eher geringer Natur sind, zeigt die starke Hochdurchforstung in etwa ab einem Alter von 100 Jahren steigende Nutzungsmengen im Bereich höherer Stärkeklassen mit sogar geringen Anteilen der Klasse L5. Verglichen mit den Z-Baum orientierten Waldbaummodellen sind die Anteile jedoch geringer, insbesondere gegenüber den QD-Varianten, die auf eine Zielstärke von 70 cm abzielen. Beim Vergleich mit den Varianten Z 160 und Z 200 fällt hingegen auf, dass die Anteile hoher Stärkeklassen in einem durchaus vergleichbaren Rahmen liegen, wobei allerdings die Nutzungen bei der starken Hochdurchforstung eine zeitlich gestaffelte Mengenabnahme mit steigendem Alter aufweisen, während die Modelle Z 160 und Z 200 zunehmende Nutzungsoptionen mit der Alterszunahme zeigen.

Die zeitliche Dynamik der Veränderungen der Stärkeklassenstruktur des verbleibenden Bestandes, d. h. der Vorratshaltung, wird als weitere Auswertungsebene in den Abbildungen 42 bis 45 dargestellt.<sup>95</sup>

---

<sup>95</sup> Die dargestellten Vorratsentwicklungen bei den Gesamtmengen sind Parallelen zu den Funktionsverläufen der Abbildung 26, jedoch auf niedrigerem Niveau, da es sich hier um Efm-bezogene Abbildungen handelt, bei denen zudem die Anteile des Industrieholzes fehlen (diese werden bei den analogen Abbildungen 60 bis 63 berücksichtigt) und auch die nicht verwerteten Holzmengen (NH-Holz und X-Holz, vgl. Abbildung 67) ausgeblendet wurden.

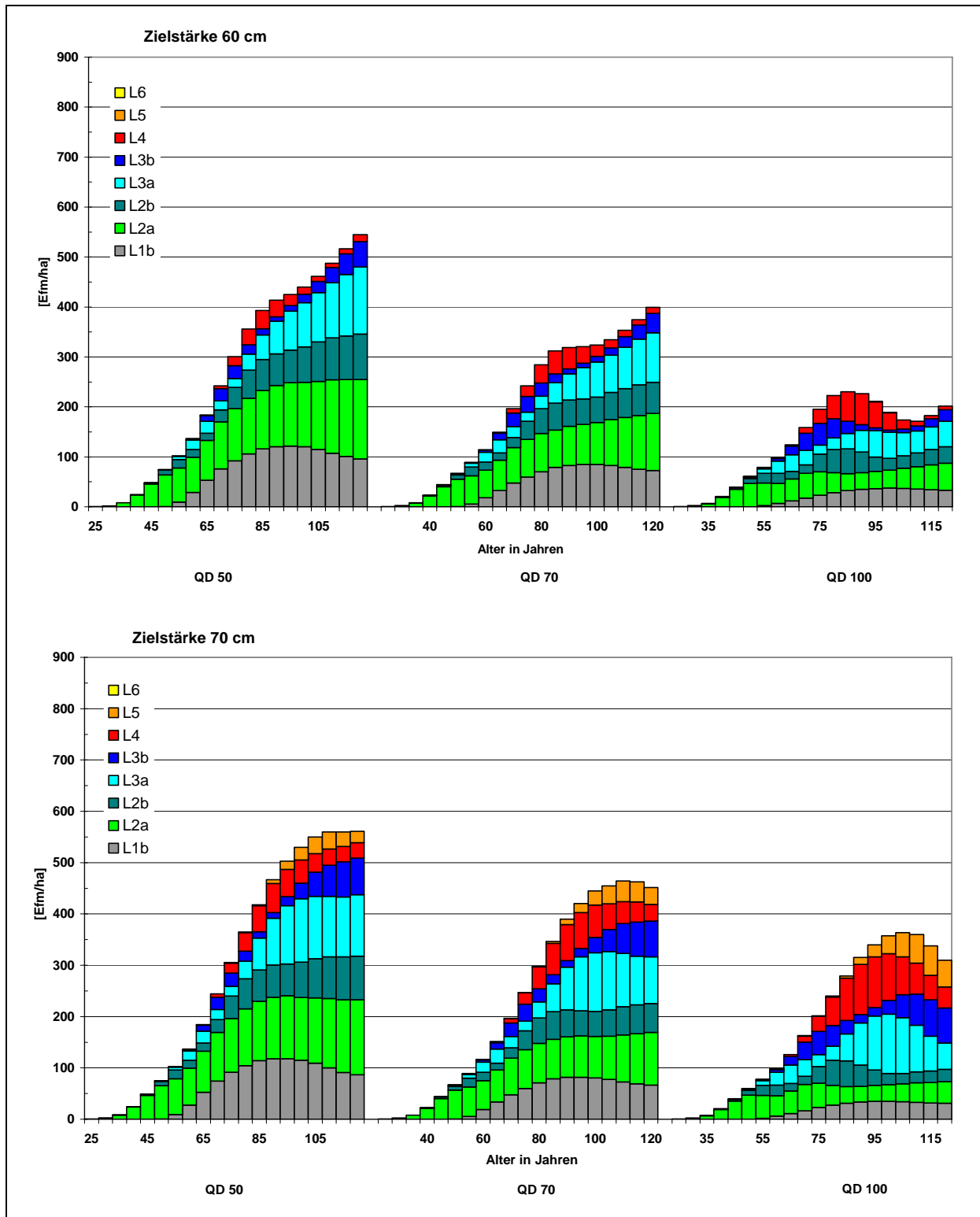


Abbildung 42: Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

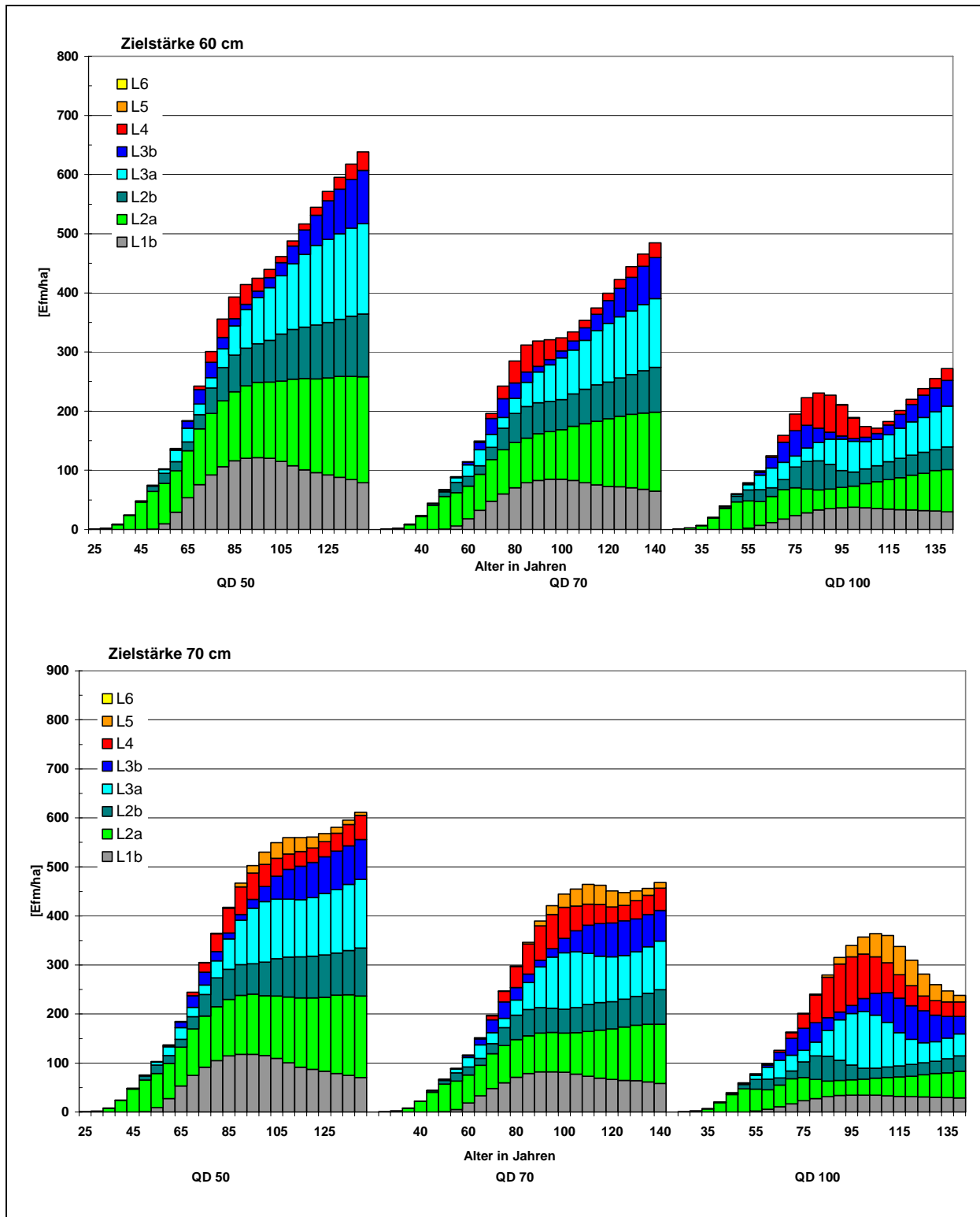


Abbildung 43: Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)



Die Abbildungen 42 bis 45 zeigen, dass stärker dimensionierte Stammholzklassen (ab L4), überwiegend stellvertretend für Wertholz mengen, kontinuierlich bis zum Ende der Produktionszeiträume anwachsen und im Wesentlichen nicht innerhalb der 120 bzw. 140 Jahre geerntet werden, als Nutzungspotenziale jedoch grundsätzlich zur Verfügung stehen. Umgekehrt verdeutlicht der Vergleich der verschiedenen vorgenannten Abbildungen die diesbezüglichen Vorratsschwerpunkte an stärkerem Stammholz bei der QD-Variante 100 in weitaus früheren Produktionsphasen. Auf die erkennbaren Vorratssteigerungen folgen unmittelbar Abbauphasen als Resultat einsetzender Nutzungsaktivitäten. Eine derartige zeit- und nutzungsabhängige Stärkeklassendynamik ist bei den Z-Baum-Referenzen Z 160 und Z 200 ansatzweise nur bei einer Zielstärke von 60 cm und einer Produktionsdauer von 140 Jahren auszumachen.

Gemäß Abbildung 44 ist bei den mäßigen Eingriffsstärken ein erheblicher Vorratsaufbau mit eher geringen Anteilen an stärkerem Holz bis zum Ende der Produktionszeit zu erkennen. Die starke Hochdurchforstung weist hingegen nur rd. 50 % dieser Menge auf, die allerdings wiederum überwiegend durch starkes Stammholz geprägt ist. Der Vorratsaufbau der nur mäßig stark behandelten Varianten ähnelt den Strukturen der Varianten Z 160 und Z 200, die jedoch tendenziell etwas mehr Starkholzanteile (L4 und L5) vorweisen. Das absolute Gesamtmengenniveau ist allerdings bei Z 160 und Z 200 geringer. Die mit nur wenig Z-Bäumen ausgestatteten QD-Varianten weisen ähnliche Verläufe der Balkendiagramme auf, die allerdings primär durch die Entwicklung der Füllbestände geprägt werden. Dies erscheint jedoch schlüssig, da die Füllbestände, die bei diesen Varianten das Wachstum des Gesamtbestandes dominieren, hinsichtlich ihrer Entwicklung einem eingriffsfreien Wachstum, wie es die Nullvariante repräsentiert, weitgehend entsprechen. Deshalb soll zum Abschluss der Betrachtungen zu den Stärkeklassenverteilungen zum Vergleich das Simulationsergebnis der Nullvariante, also des durch Behandlungen unbeeinflussten Wachstums, vorgestellt werden (s. Abbildung 47).

Bestandspflege bzw. Vornutzungen finden nicht statt, Abgänge sind lediglich durch natürliche Mortalität bestimmt. Abbildung 47 zeigt somit die Vorrats- und Stärkeklassenentwicklung (ohne Industrieholz) im Altersverlauf. Immerhin erreicht die Nullvariante ohne jegliche Bestandspflege sogar geringste Anteile der Stärkeklasse L5 bei einer Produktionsdauer von 140 Jahren. Ansonsten dominieren erwartungsgemäß Stärkeklassen des typischen „Bauholzbereiches“ L2a-L3a.

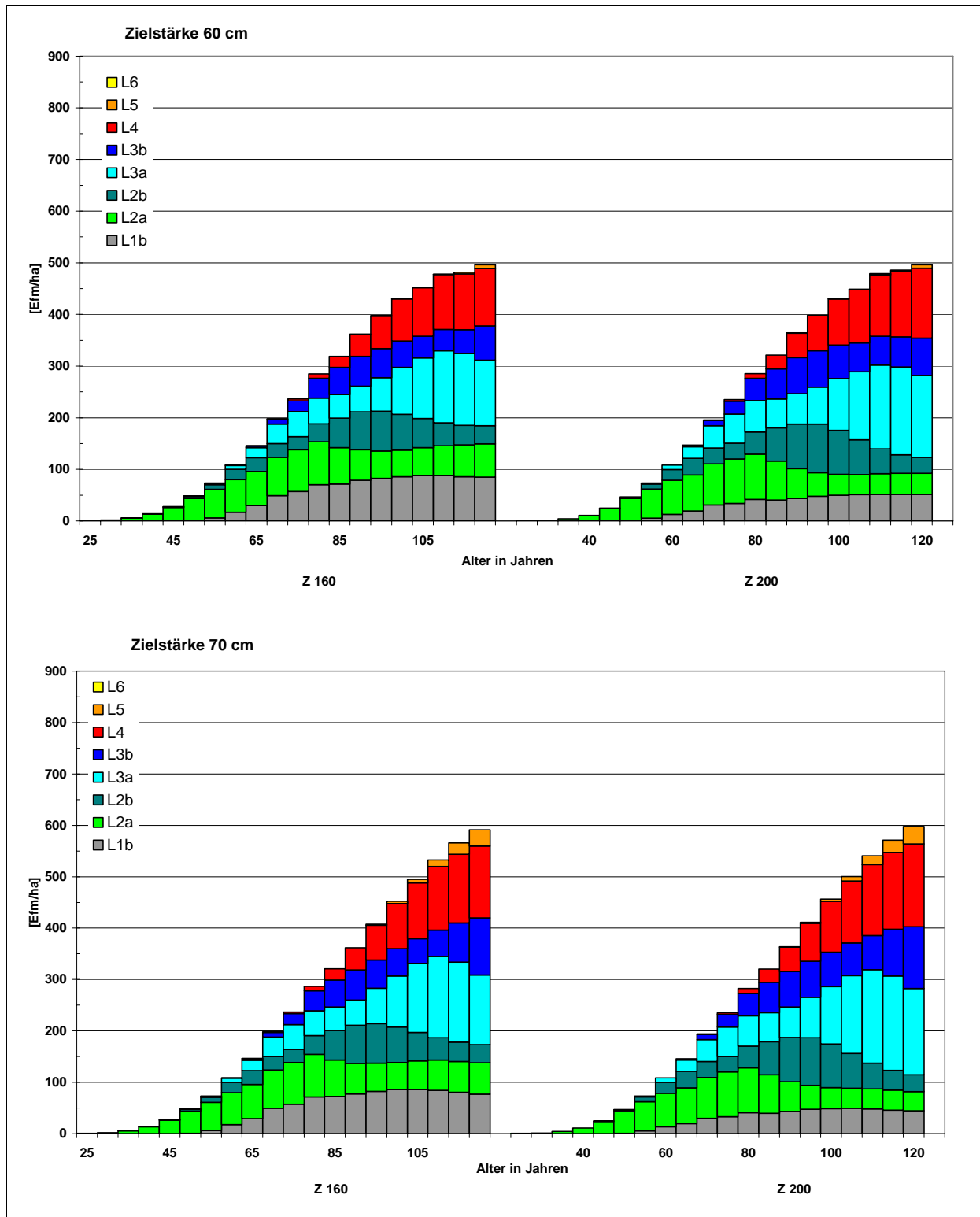


Abbildung 44: Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

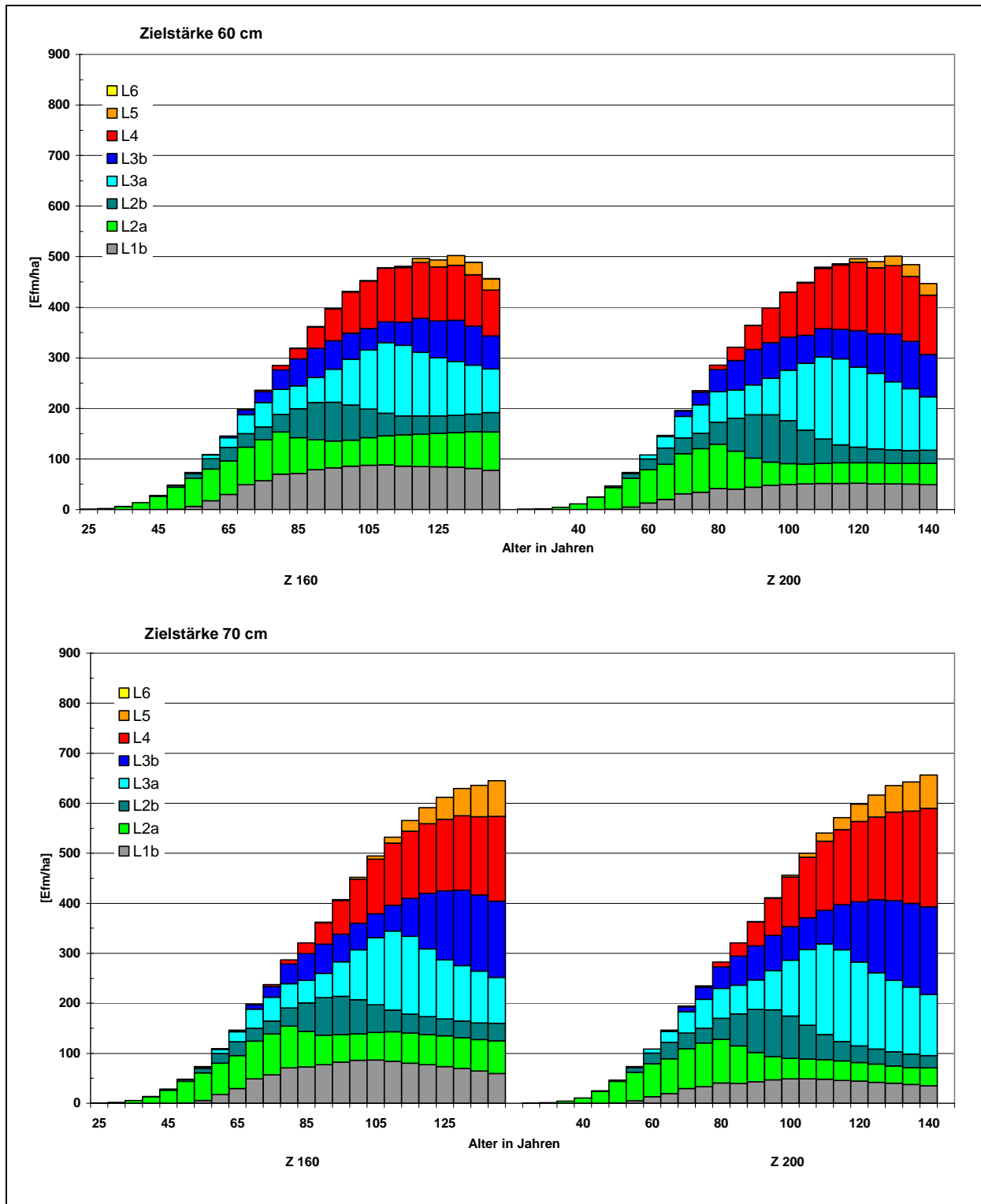


Abbildung 45: Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

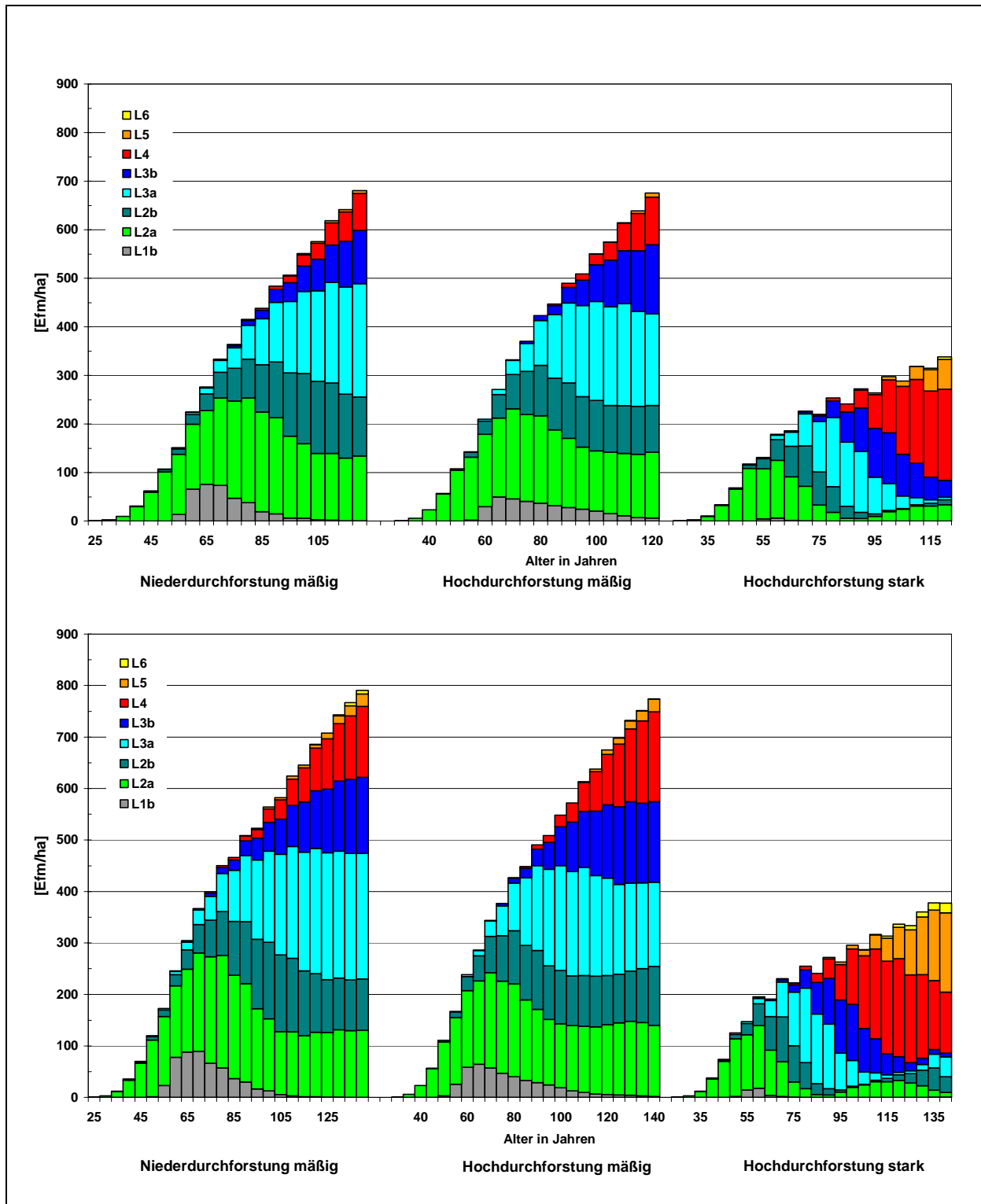


Abbildung 46: Stärkeklassenverteilung des jeweils verbleibenden Bestandes der Varianten Nieder- und Hochdurchforstung bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

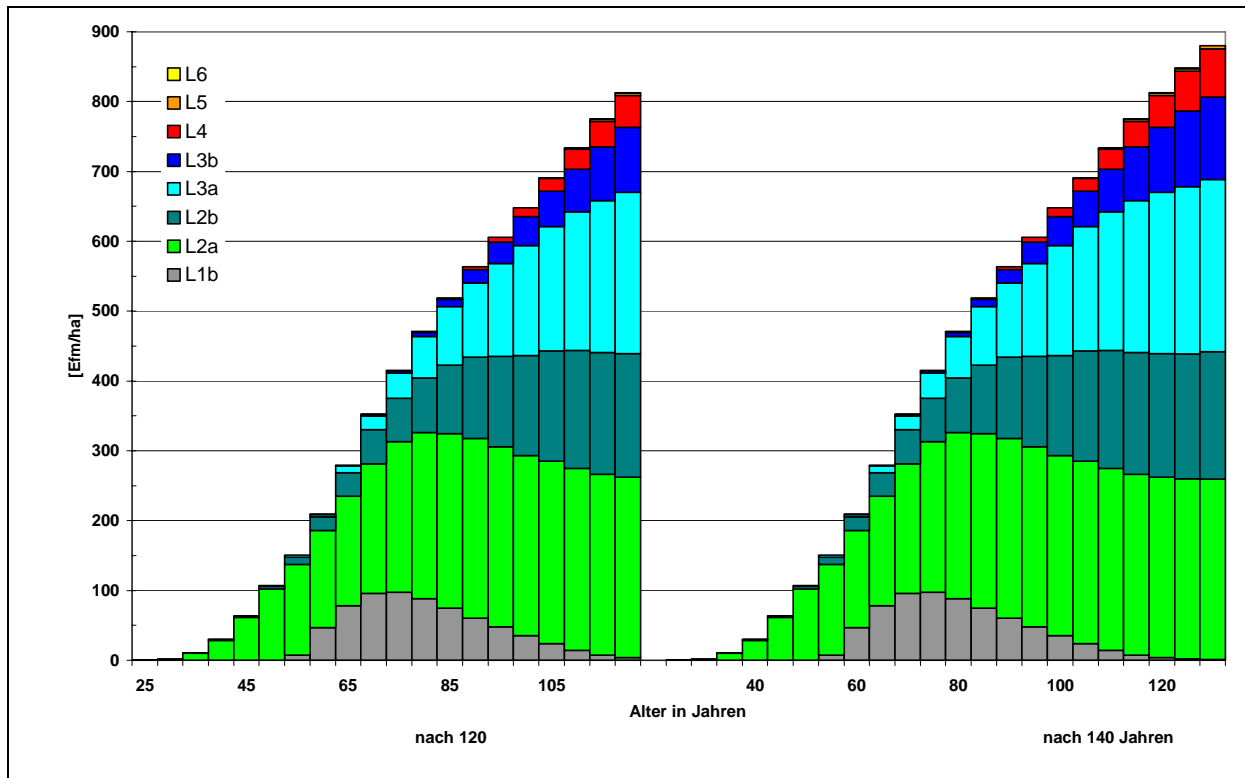


Abbildung 47: Entwicklung der Stärkeklassenverteilung des stehenden Bestandes der Nullvariante

### 6.2.2 Güteklassensortierung

Zur weiteren Vervollständigung der Ergebnispräsentation soll auf die Ergebnisse zur Güteklassenverteilung eingegangen werden.<sup>96</sup> Dabei folgt die Art und Weise der Darstellung dem Aufbau der Abbildungen und der Abbildungsreihenfolge dem vorhergehenden Kapitel, d. h. zunächst wird der Blick auf die reinen Z-Baum-Ergebnisse gerichtet, dann folgt die Ergänzung um die Durchforstungsmengen sowie die Einbeziehung des Füllbestandes.

<sup>96</sup> Hinweis: Die Gesamtangaben im Rahmen der Darstellung der Güteklassenanteile sind gegenüber denjenigen der Stärkeklassenverteilung stets höher, da die Güteklassenbetrachtung auch Industrieholzanteile mit einschließt.

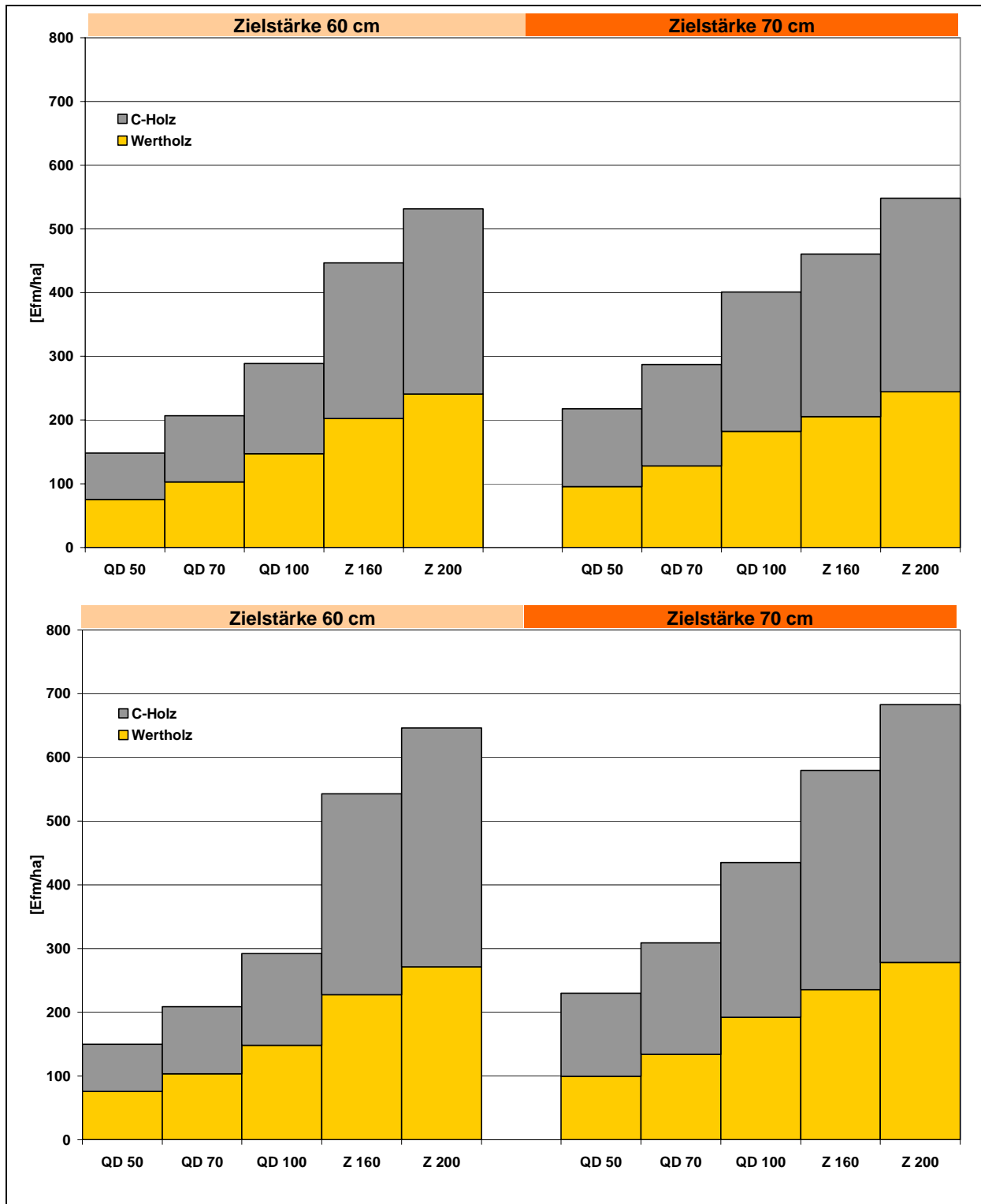


Abbildung 48: Güteverteilung der Z-Baum-Kollektive in Efm/ha bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Das Wertholz entspricht den unteren geasteten Stammabschnitten. Das darauf folgende astige Kronenstück wird als C-Holz bewertet.

Die Interpretation der Abbildung 48 ist eindeutig. Je mehr Z-Bäume pro Hektar ausgewählt werden, desto größer ist der mengenmäßige Anteil des Wertholzes und desto höher ist

insgesamt die Holzmasse der Z-Bäume. Interessant ist nun allerdings die Verknüpfung dieser Abbildung mit der Abbildung 31, denn dadurch wird erkennbar, welche Stärkeklassen das Wertholz bestimmen. Ziel sollte es sein, Wertholz mit möglichst großer Stärkeklasse zu produzieren, da diesem der höchste monetäre Wert beigemessen werden kann (s. Abbildung 49).

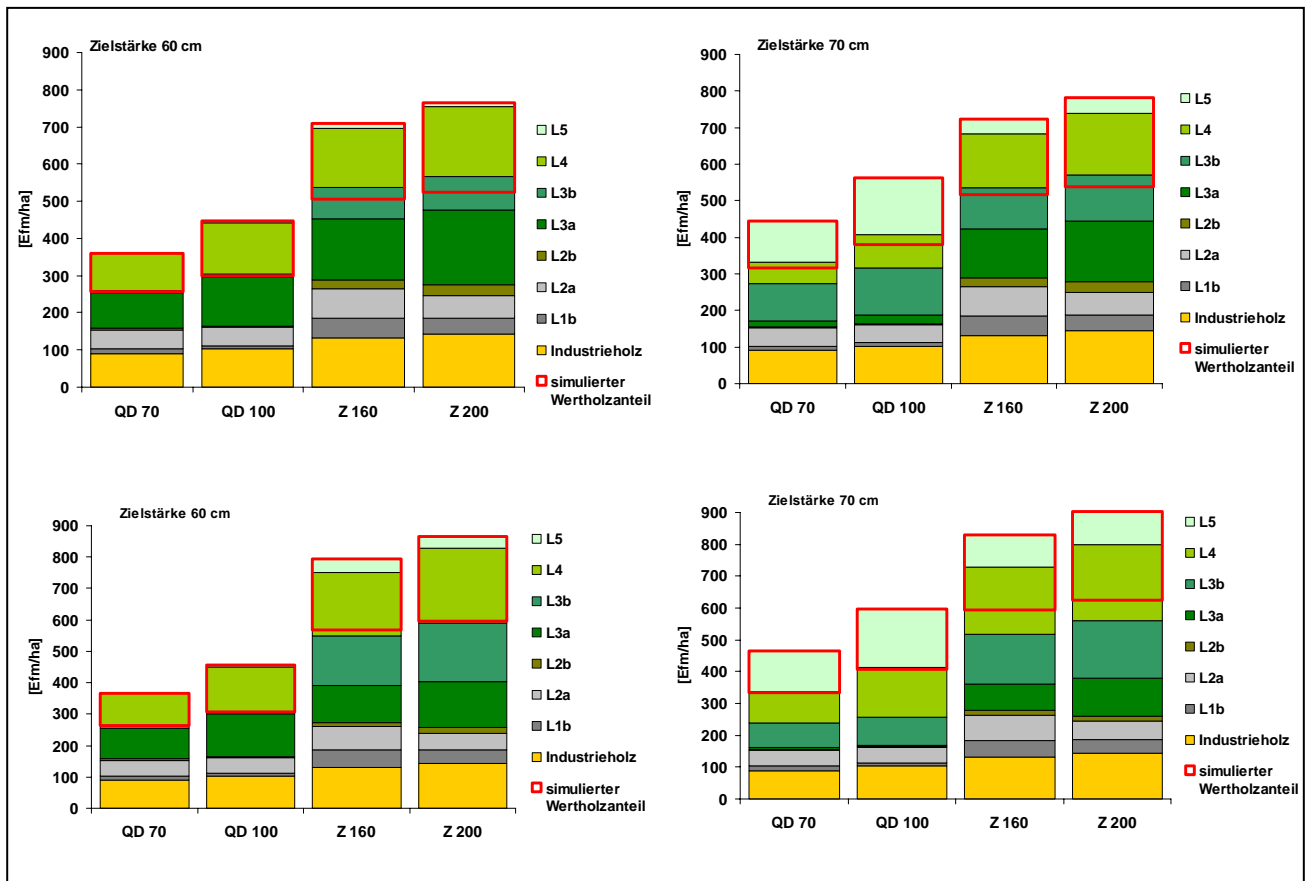


Abbildung 49: Stärkeklassen- und Wertholzverteilung der Z-Baum-Kollektive bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Die QD-Varianten weisen bei einer Zielstärke von 70 cm die durchgängig größten Stärkeklassenmengen und -anteile von L5 auf und kommen damit der o.g. Zielformulierung am nächsten. Bei einer Zielstärke von 60 cm wird hingegen bei allen Varianten kaum Wertholz der Klasse L5 produziert. Der sprunghafte Anstieg dieser Stärkeklasse bei Erhöhung der Zielstärke um 10 cm ist ein Indiz dafür, dass erhebliche Mengenanteile des L4-Wertholzes bei einer Zielstärke von 60 cm kurz vor einem Klassensprung nach L5 stehen, der infolge der Zielstärkenerhöhung eintritt. Dieser Klassensprung wird allerdings von den Varianten Z 160 und Z 200 nicht in dem Maße wie bei den QD-Varianten realisiert. Die Verlängerung der

Produktionszeit um 20 Jahre wirkt sich vor allem bei den Z-Stammzahl reichen Varianten positiv zugunsten stärkerer Stammholzklassen beim Wertholz aus. Bei den QD-Varianten entsteht kaum eine Mengenzunahme, da ein Großteil der Z-Bäume bereits im Rahmen der Zielstärkennutzung bis zum Alter 120 geerntet sein wird und somit keine Zuwächse in den zusätzlichen 20 Jahren leisten kann.

Die Auseinandersetzung mit den Ergebnissen zur Güteklassenstruktur soll nun um die Einbeziehung der Güteklassensortierung der Durchforstungsmengen ergänzt werden. Abbildung 50 stellt folglich die *Güteklassenstruktur des gesamten nutzbaren Holzes (Z-Bäume und Durchforstungen)* dar.

Abbildung 50 unterscheidet sich im Vergleich zu Abbildung 48 im Wesentlichen durch zusätzlich auftretende Güteklassen, die durch das Durchforstungsholz repräsentiert werden. Es handelt sich hierbei um die Güte B sowie um Industrieholz. Darüber hinaus nimmt der Anteil des C-Holzes zu. Ansonsten können die Ausführungen zu den in Abbildung 48 präsentierten Ergebnissen analog auch auf Abbildung 50 übertragen werden. Die Z-Stammzahl reicheren Varianten verfügen über absolut höhere B-Holzanteile und höhere Industrieholzanteile auf einem insgesamt höheren Gesamtmengenniveau.



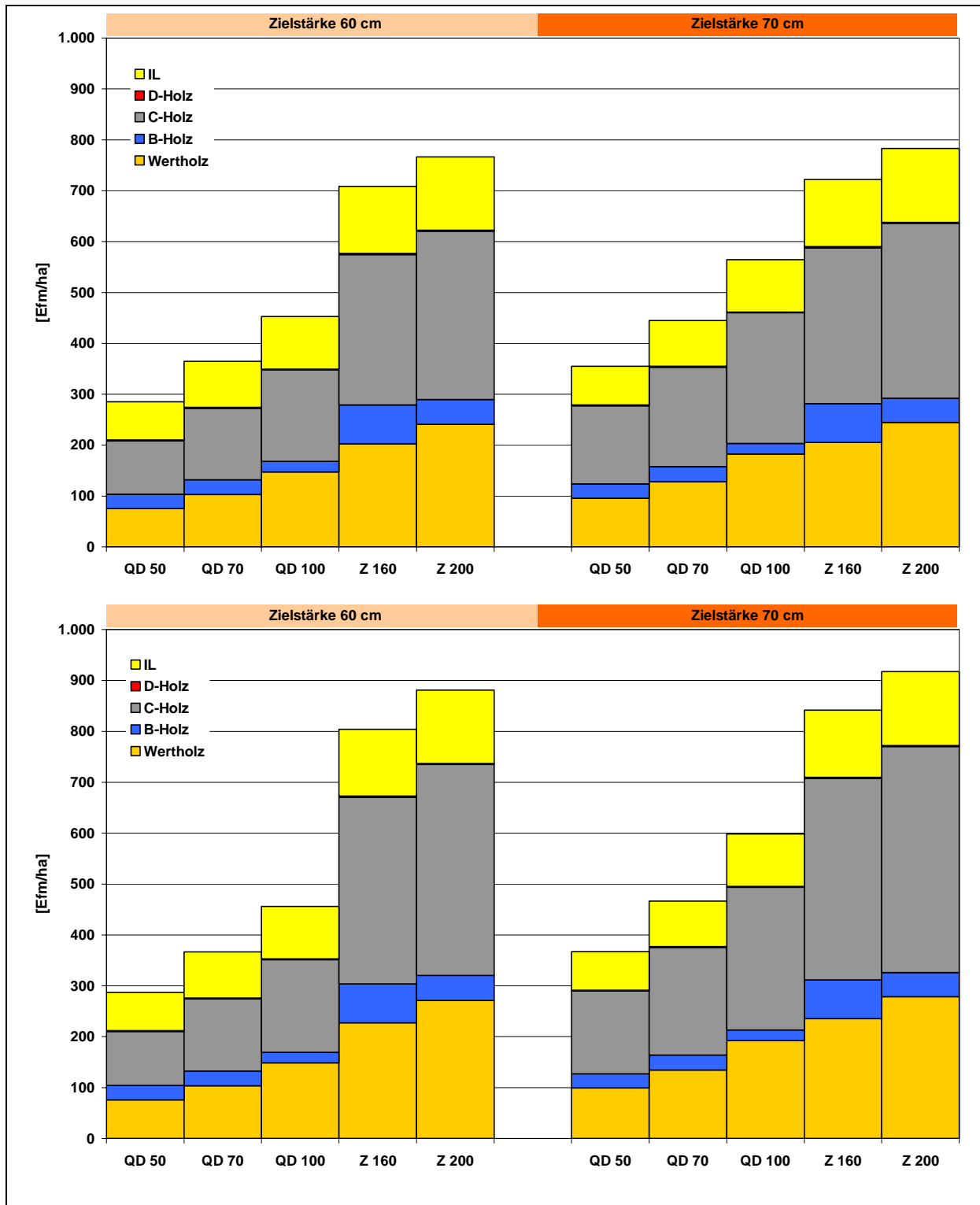


Abbildung 50: Güteverteilung der Z-Stämme und der Durchforstungsanfälle bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Das Wertholz entspricht den unteren geasteten Stammabschnitten.

Die Abbildung 51 stellt das Sortierergebnis separat für die Durchforstungsmengen vor. Hierbei ist wie schon bei Abbildung 33 zu berücksichtigen, dass Durchforstungen über eine zeitliche Beschränkung definiert wurden.

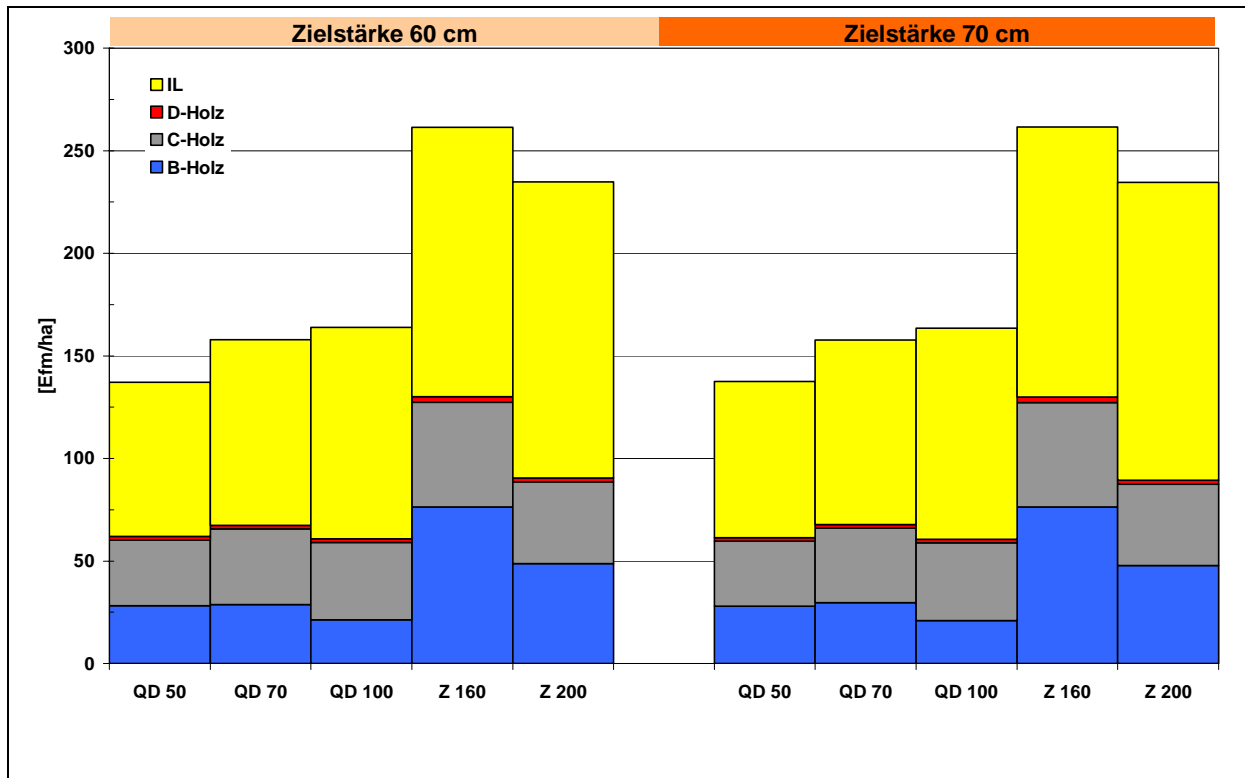


Abbildung 51: Gütesortierung der simulierten summarischen Durchforstungsmengen<sup>97</sup>

Die Gesamtmengen der vorstehenden Abbildung sind im Vergleich zu den Mengenangaben der Abbildung 33 deutlich gesteigert, da die Gütebetrachtung die Industrieholzkomponente mit einbezieht. Da die Industrieholzanteile im Ergebnis der virtuellen Holzsortierung der Durchforstungsmengen bei allen Varianten überwiegen, zeigt Abbildung 51 ein deutlich höheres Mengenniveau als Abbildung 33. Darüber hinaus werden zumeist B- und C-Qualitäten durch das Durchforstungsholz wiedergegeben. Erwartungsgemäß sind die Durchforstungsmengen bei den Z-Stammzahl reichen Varianten höher, da zum einen eine höhere Anzahl an Z-Bäumen von Konkurrenz weitgehend freizuhalten ist, zum anderen die zeitliche Phase der Durchforstung bei den Varianten Z 160 und Z 200 definitionsgemäß bis zu einer Oberhöhe von 30 m bzw. einem Alter von etwa 80 Jahren reicht. Sie ist damit länger als bei den QD-Modellen, bei denen die Pflegephase im Alter 60 endet.

Nach der Betrachtung der Z-Bäume und der Durchforstungsanfänge gilt es nun den *Füllbestand* hinsichtlich seiner virtuellen Gütesortierung in Augenschein zu nehmen (s. Abbildung 52).

<sup>97</sup> Eine Unterscheidung nach der Produktionszeit entfällt hier, da die Mengen bis zum Alter von 60 Jahren bzw. rd. 80 Jahren anfallen und somit bei beiden Produktionszeiträumen identisch sind bzw. durch die Verlängerung der Produktionszeit von 120 auf 140 Jahre nicht beeinflusst werden.

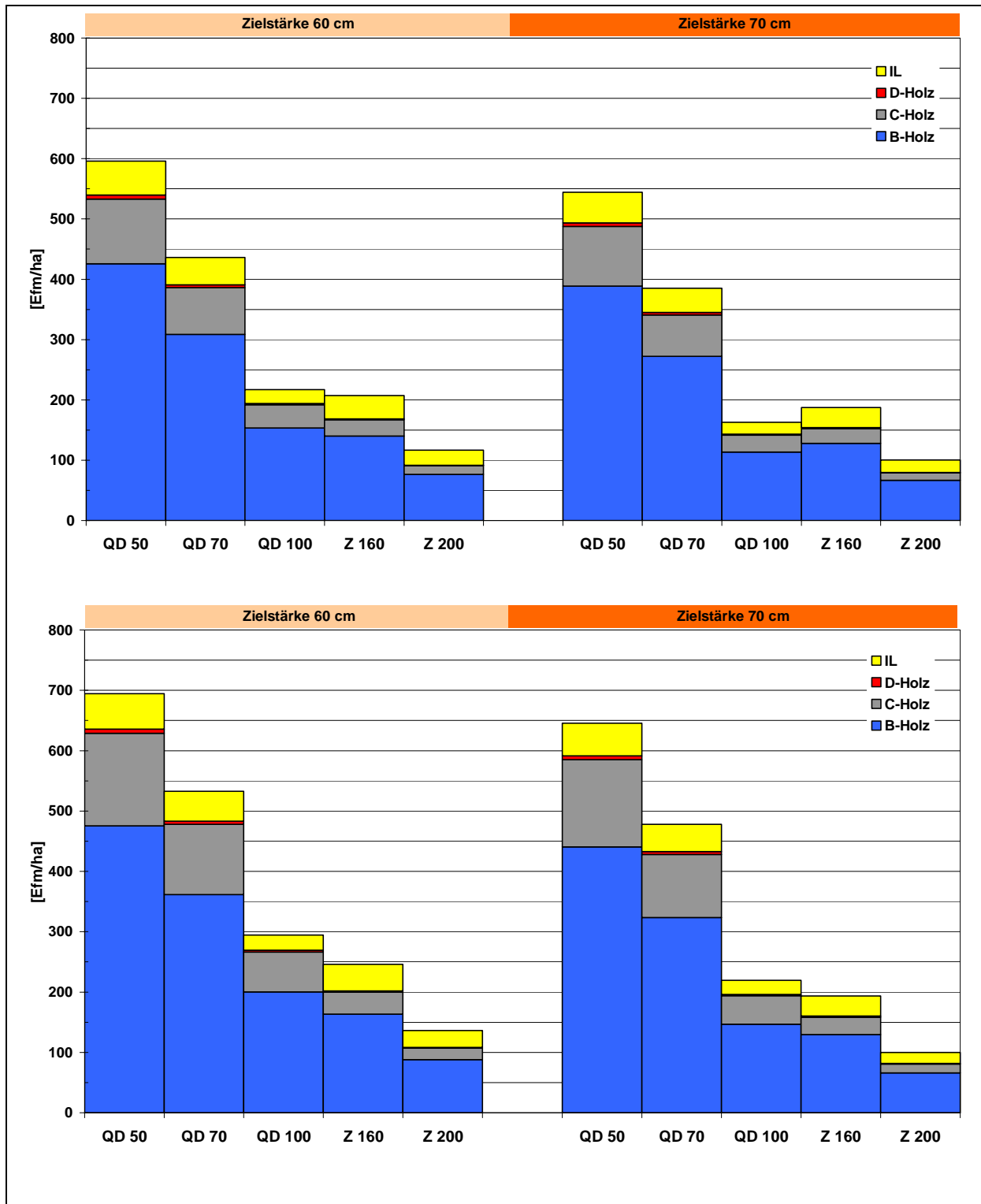


Abbildung 52: Güteverteilung der am Ende der Simulation verbleibenden Füllbestände bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Bei der Interpretation der Abbildung 52 ist eine Einbeziehung der Abbildung 34 sinnvoll, denn es zeigt sich, dass die nach Abbildung 34 überwiegend im schwächeren bis mittleren Stärkeklassenbereich befindlichen Stammholz mengen meist B- und C-Qualität aufweisen.

Dieses Ergebnis ist sicherlich nicht überraschend, denn es spiegelt die typische Qualitätsstruktur von Bauholz wider, wie sie durch den verbleibenden Füllbestand hauptsächlich repräsentiert wird (vgl. hierzu Tabelle 11 oder langjährige statistische Mittelwerte der Güteverteilung von Fichten-Bauholz, wonach die B-Anteile regelmäßig im Bereich von 70 % liegen). Die geringen Anteile an D-Holz sind primär auf den Sortieralgorithmus im Programm HOLZERnte 6.1 bzw. auf die allgemeinen Sortiervorgaben gemäß Kapitel 5.3.2 zurückzuführen, nach denen ein bestimmter D-Holz-Anteil per se angenommen wurde (vgl. Tabelle 11). Die D-Holz-Anteile sind hier also kein Ausdruck für eine explizite Berücksichtigung von Stammholzfäule o.ä.. Die Industrieholzanteile nehmen ebenfalls erwartungsgemäß mit der Gesamtmasse des Füllbestandes zu, zumal hiermit parallel auch ein stetiger Anstieg geringerer Stärkeklassen einher geht (vgl. Abbildung 34).

Eine erwartungsgemäß große Ähnlichkeit bezüglich der Gütestruktur weisen die beiden konservativen waldbaulichen Referenzbehandlungen *Nieder- und Hochdurchforstung* auf (s. Abbildung 53). Die charakteristische Ausprägung als Bauholz, das überwiegend mittleren Stärkeklassen angehört (vgl. Abbildung 35), wird analog auch auf der Ebene der Güteverteilung sichtbar. B-Qualität dominiert (etwa zwischen 2/3 bis 3/4 der Masse), gefolgt von C-Holz und Industrieholz, das schwerpunktmäßig im Zuge der Vornutzungen anfällt. Die verlängerte Produktionsdauer bewirkt naturgemäß ein höheres Mengenniveau, nicht jedoch wesentliche Verschiebungen bei den Güterelationen.

Analog zu den Abbildungen 31 bis 34 ist auch bei den Abbildungen 48 bis 51 die Problematik gegeben, dass sich, aufgrund der definitorischen Vorgabe, die Durchforstung nur auf einen relativ eng gefassten zeitlichen Abschnitt der Produktionsdauer bei den Z-Baum-Varianten bezieht. Die anfallenden Durchforstungsmengen sind deshalb nicht mit der gesamten Nutzung im Sinne des ausscheidenden Bestandes bis zum Erreichen des Endes der Produktionszeit gleichzusetzen. Abbildung 54 „heilt“ dieses methodisch-darstellerische Problem.

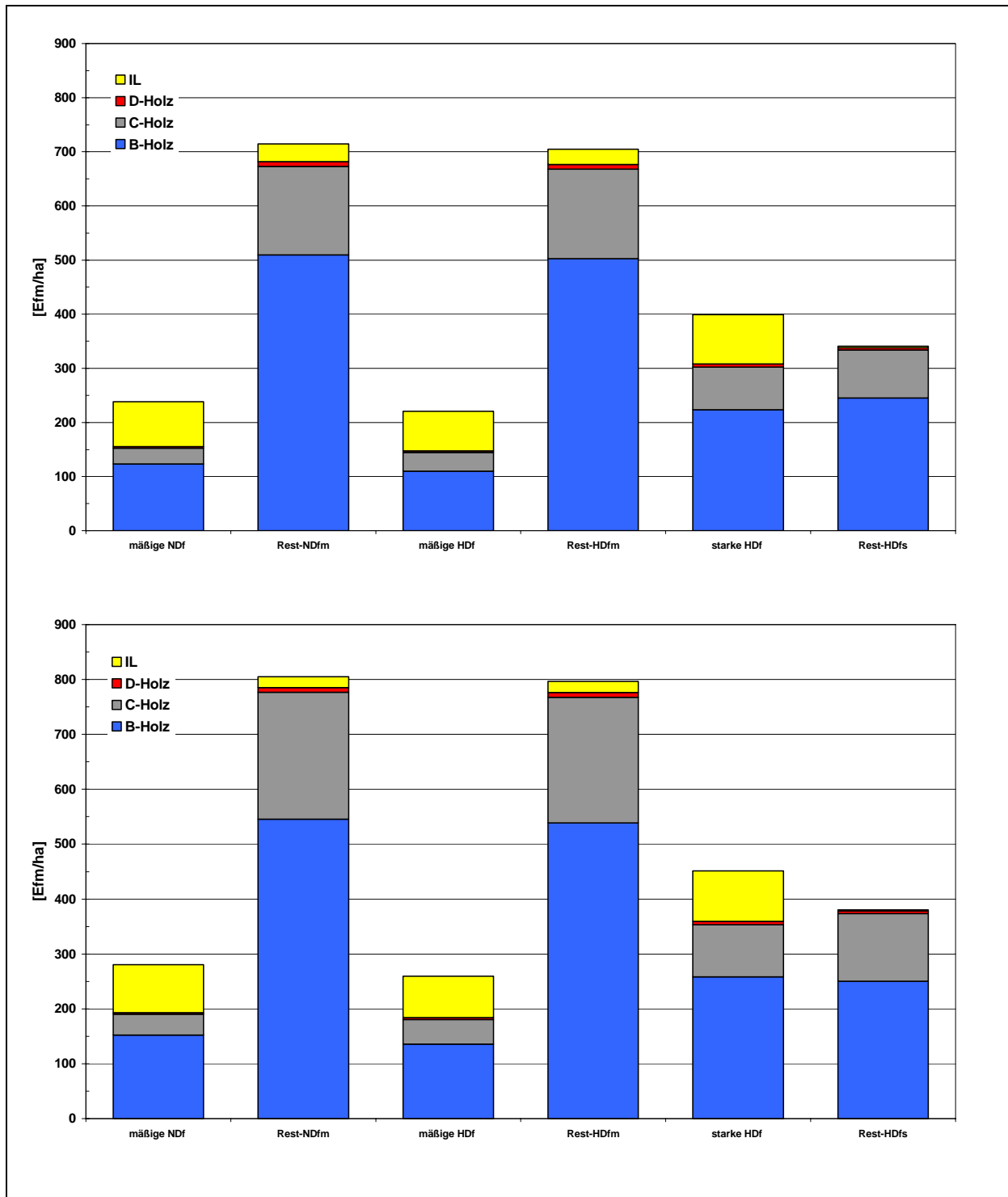


Abbildung 53: Güteverteilung bei Nieder (NDf)- und Hochdurchforstung (HDf) bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Die Darstellung unterscheidet nach den Nutzungen bis zum Erreichen der Umtriebszeit und des dann noch vorhandenen Restes, der zum Abtrieb bereit steht.

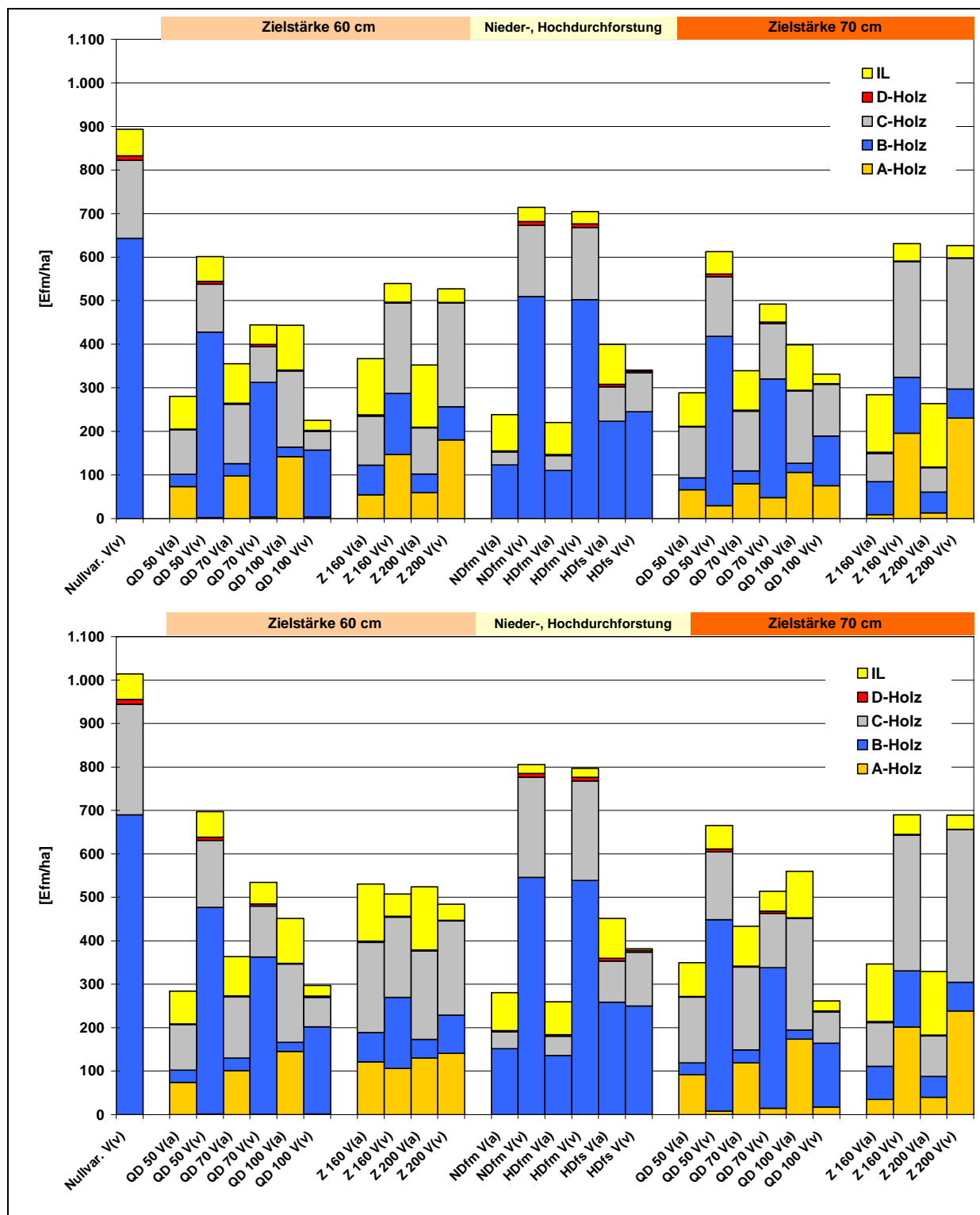


Abbildung 54: Güteverteilungen des ausscheidenden (V(a)) und des nach 120 (oben) bzw. 140 (unten) Jahren verbleibenden Bestandes, inklusive des restlichen Füllbestandes<sup>98</sup> (V(v))

<sup>98</sup> V.a. im verbleibenden Füllbestand finden sich letztlich größere Mengen an Stammholz mit B-Qualität bei den QD-Varianten. Bei den Referenzen mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha zeigen sich demgegenüber eher größere C-Holz Anteile, die auch in erster Linie dem restlichen Füllbestand zuzuordnen sind.

In Abbildung 54 tritt nun deutlich zu Tage, dass die Wertholzanteile bei den QD-Varianten je nach Zielstärke und Produktionsdauer fast vollständig im Rahmen des ausscheidenden Bestandes genutzt werden, mindestens aber den überwiegenden Anteil der Nutzungsmenge innerhalb dieses Kollektivs bilden. Die Varianten Z 160 bzw. Z 200 kumulieren hingegen größere Mengen des Wertholzes im verbleibenden Bestand bis zum Ende der beiden Produktionszeiträume. Dies zeigt sich ausgeprägt bei der Zielstärke 70 cm. Die verbleibenden Bestände bei QD beinhalten hauptsächlich B-Qualitäten, während die stammzahlreicheren Z-Baum-Modelle neben dem Wertholz im Verhältnis mehr C-Holz-Anteile aufweisen. Hier kommen v. a. die durchgängig als C-Holz sortierten Kronenstücke mit ihren Massenanteilen zum Tragen.<sup>99</sup>

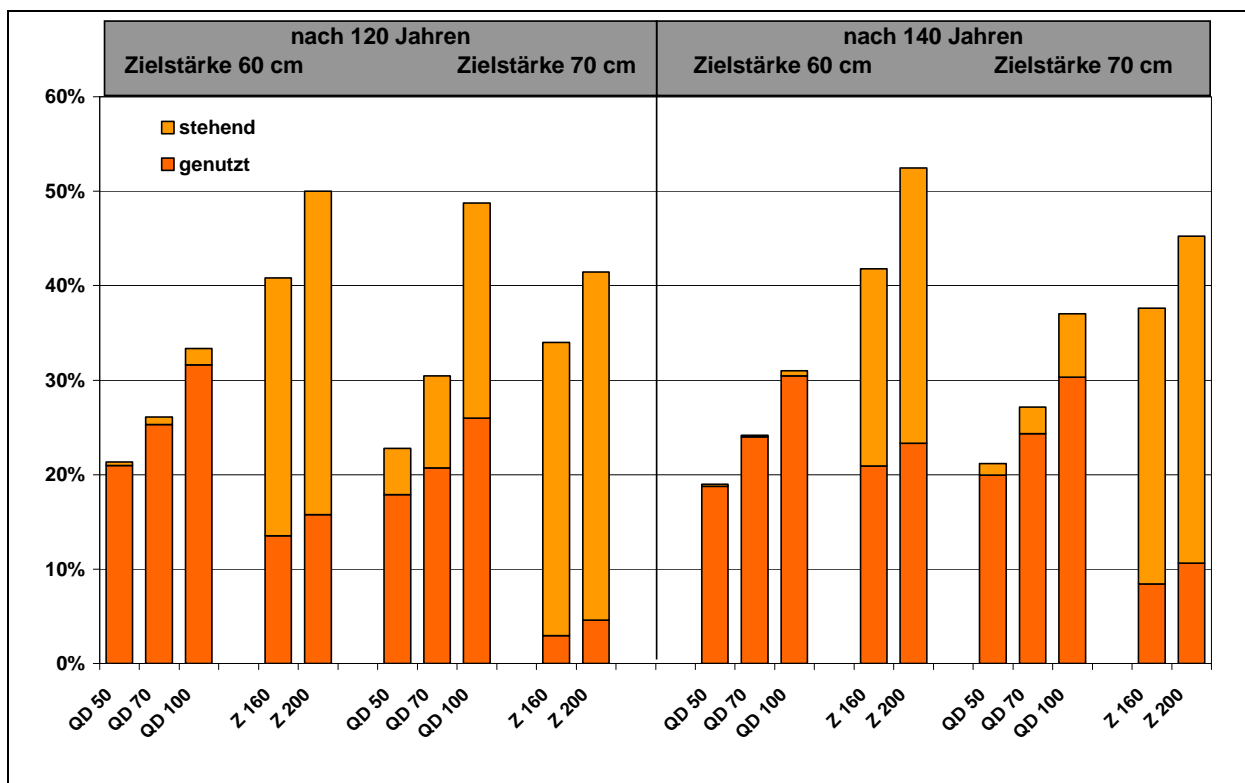


Abbildung 55: Nutzungsprozente des Wertholzes der Z-Bäume in Abhängigkeit der Zielstärke und der Produktionsdauer

<sup>99</sup> Im Sinne einer hierzu notwendigen Methodenkritik ist allerdings anzumerken, dass vermutlich eine zu Lasten dieser Z-Baum-Varianten stattgefunden „Absortierung“ einen schlechteren Qualitätseindruck vermittelt als es zu erwarten gewesen wäre, denn es kann angenommen werden, dass oberhalb der Wertstammstücke bei den Modellen Z 160 und Z 200 noch ein B-Stammstück bestimmter Länge ausgehalten werden kann, bevor C-Qualität auftritt. Dies wurde jedoch durch die Simulationsvorgaben nicht berücksichtigt. Eine diesbezügliche empirische Untermauerung bzw. Quantifizierung ist im Nachhinein allerdings nicht mehr möglich.

Eine besondere, rein wertholzbezogene Vertiefung eines Teilaspektes der Abbildung 54 stellt Abbildung 55 dar. Aus ihr wird noch einmal der „Zeitvorteil“ der QD-Varianten ersichtlich, der darin besteht, dass diese Behandlungsmodelle innerhalb der Produktionszeiträume in Abhängigkeit der Zielstärke stets die erzeugte Wertholzmenge im Zuge der Zielstärkennutzung fast vollständig, wenigstens aber überwiegend nutzen. Es sind hingegen die Varianten Z 160 und Z 200, die v. a. bei einer angestrebten Zielstärke von 70 cm höchstens rd. 10 % ihrer Wertholzmengen im Rahmen des ausscheidenden Bestandes vor Erreichen des Produktionszeitendes nutzen. Die damit verbundenen Auswirkungen auf Geldströme bzw. Liquiditätsaspekte werden an anderer Stelle noch zu erörtern sein.

Im vorhergehenden Kapitel, das sich mit den Ergebnissen zur Stärkeklassensortierung befasste, wurde im Anschluss an die Präsentation der Nutzungsmöglichkeiten im Rahmen des ausscheidenden Bestandes auch eine Differenzierung dieser Nutzungsoptionen im Zeitverlauf vorgenommen (vgl. Abbildungen 37 – 40). Deshalb soll auch an dieser Stelle eine derartige Differenzierung vorgenommen werden, die sich nun allerdings auf die Sortierungen der im Zeitverlauf anfallenden Nutzungsmengen nach der Güte bezieht.

Die kommenden Abbildungen zur mengenbezogenen Darstellung der Nutzungen nach Gütekategorien in Abhängigkeit des Bestandesalters zeigen vor allem in jüngeren Bestandesaltern ein deutlich höheres absolutes Mengenniveau, da nun auch die Industrieholzanteile in den Darstellungen mit berücksichtigt werden.

Zunächst zeigt Abbildung 56 die Güteverteilung der Holzmengen des ausscheidenden Bestandes über dem Alter bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren, unterschieden nach der Zielstärke für die QD-Varianten. Es folgen Darstellungen, die sowohl die analogen Aussagen für eine Produktionsdauer von 140 Jahren treffen wie auch Abbildungen, die sich mit denselben Inhalten bezogen auf die Z-Baum-Modelle mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen auseinandersetzen. Damit folgt die gesamte Darstellungsweise der Reihenfolge, wie sie entsprechend auch bei der Vorstellung der stärkeklassenbezogenen Ergebnisse gewählt wurde.



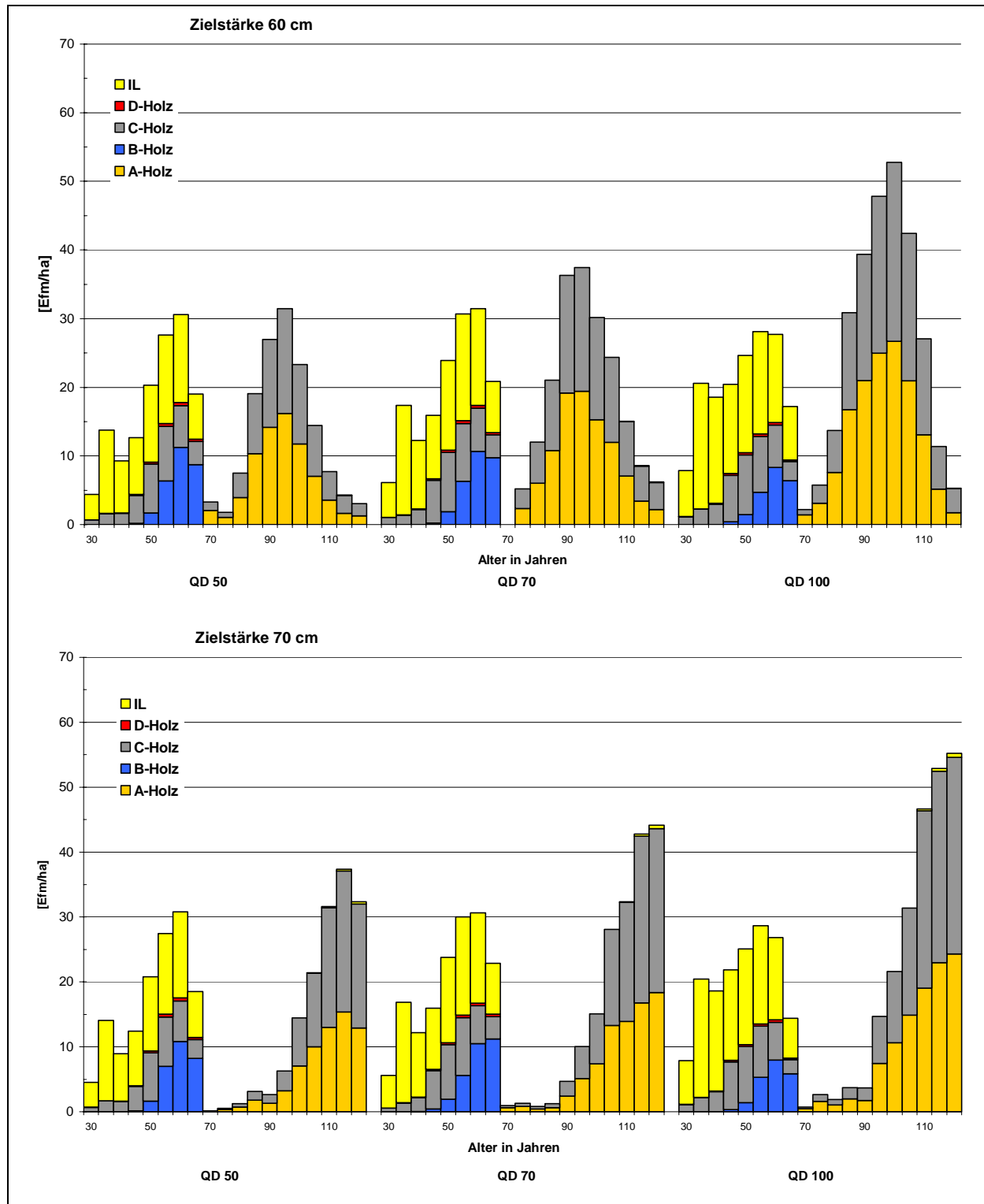


Abbildung 56: Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

Beim Vergleich der Abbildung 56 mit der Abbildung 37 fällt auf, dass die Balkenhöhen der Stammholzqualitäten A bis D in Abbildung 56 in ihrer absoluten Ausprägung denjenigen der Abbildung 37 entsprechen. Dies ist nachvollziehbar, da die Summe der Mengenanteile der Stammholzqualitäten diejenige Gesamtmenge ist, die in Stärkeklassen sortiert wurde. Hinzu kommt in der Darstellung der Abbildung 56 und der nachfolgenden Abbildungen gleichen Typs der nutzbare Industrieholzanteil. Dieser ist infolge der Sortierungsvorgaben in der zeitlichen Phase der Vornutzung (bis Alter 60-65) besonders ausgeprägt und erhöht die Nutzungsoptionen in diesem zeitlichen Abschnitt des Bestandeslebens gegenüber den reinen Nutzungsmöglichkeiten von Stammholz erheblich.<sup>100</sup> Darüber hinaus verdeutlicht Abbildung 56, von welchen Zeitpunkten an Wertholznutzungen (A-Holz) beginnen können, wann mengenmäßige Nutzungsschwerpunkte erreicht werden und welche Wertholzanteile überwiegend innerhalb der Produktionszeiträume genutzt werden können. Ein Vergleich der Abbildungen 37 und 56 zeigt zudem, dass die Wertholzanteile hauptsächlich den Stärkeklassen L4 und L5 angehören. Darüber hinaus können die Aussagen zu Abbildung 37 analog auch zur Interpretation der Abbildung 56 herangezogen werden.

Zur weiteren Vervollständigung der Ergebnisse werden nachfolgend in Abbildung 57 die Sortierungsergebnisse für eine Produktionszeit von 140 Jahren wieder gegeben. Der Unterschied dieser Darstellung zur vorhergehenden ist gering, da lediglich höhere Alterklassen hinzugefügt wurden. Ähnlich wie beim Vergleich der Abbildungen 37 und 38 ändert sich die Darstellung im Bereich vor dem Alter von 120 Jahren nicht. Deshalb muss Abbildung 57 auch nicht umfassend kommentiert werden, da einerseits die Ausführungen zu Abbildung 56 fort gelten, andererseits auch die Aussagen zur Abbildung 37 eine sinngemäße Übertragung auf die hier betrachtete Abbildung zulassen. Die Wertholzanteile können auf der Grundlage einer Zielstärke von 60 cm BHD und einer Produktionsdauer von 140 Jahren bei jeder QD-Variante annähernd vollständig genutzt werden, während ein Ziel-BHD von 70 cm dazu führt, dass nennenswerte Anteile zum Ende der verlängerten Produktionsdauer nicht genutzt werden konnten. Dieser Trend war bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren noch stärker ausgeprägt (vgl. Abbildung 56).

Die sich anschließenden Abbildungen 58 und 59 greifen dieselben Inhalte auf, allerdings bezogen auf die Z-Baum-Konzepte mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha.

---

<sup>100</sup> Zur Erinnerung: Eine Sortierung pflegebedingt ausscheidender Bäume im Sinne einer Holznutzung erfolgte erst ab einem Mindest-BHD von 15 cm i. R. Ausscheidende Bäume, die diesen Grenzwert nicht erreichten, wurden folglich auch nicht in die Ergebnisdarstellung mit einbezogen.

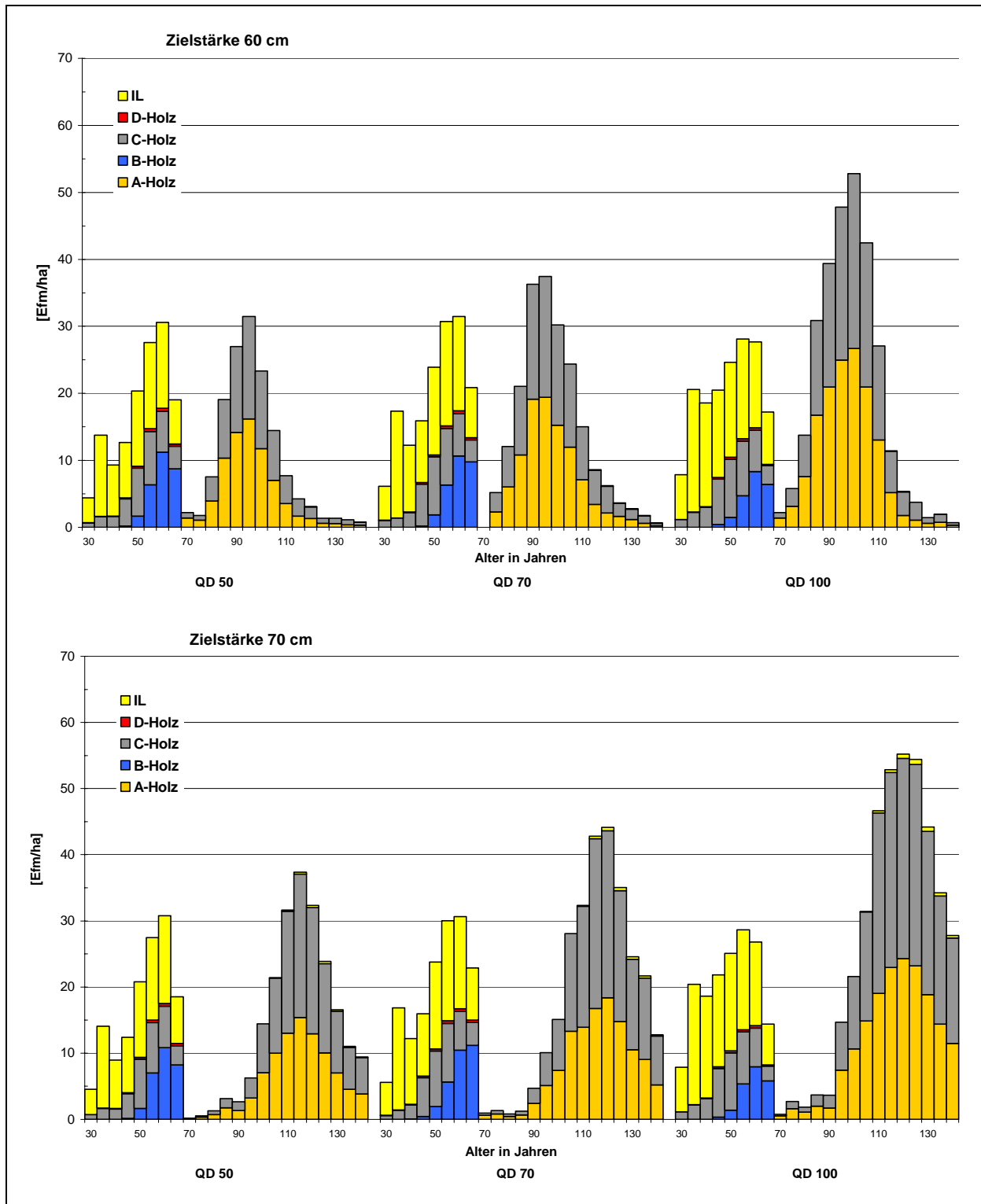


Abbildung 57: Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

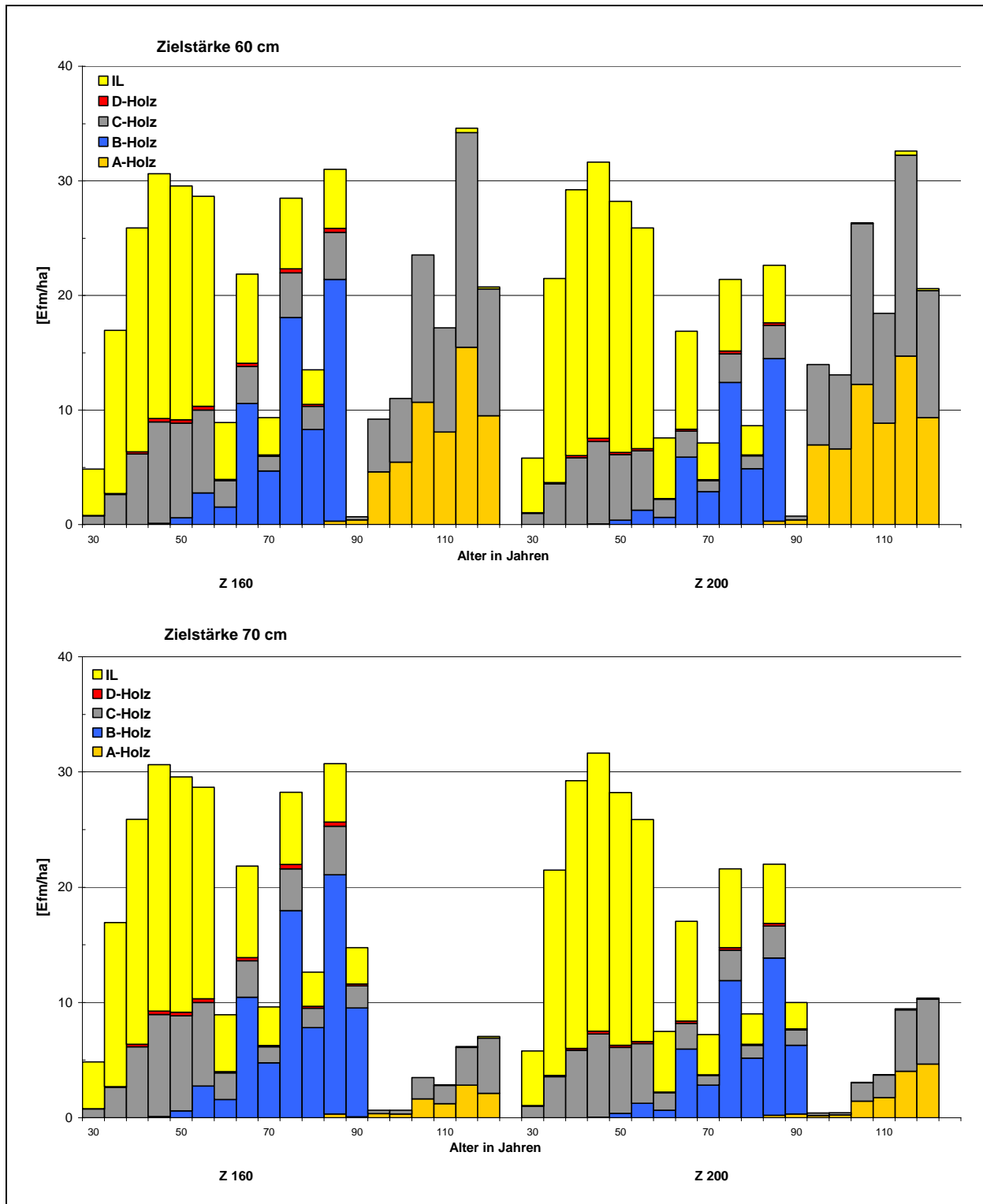


Abbildung 58: Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

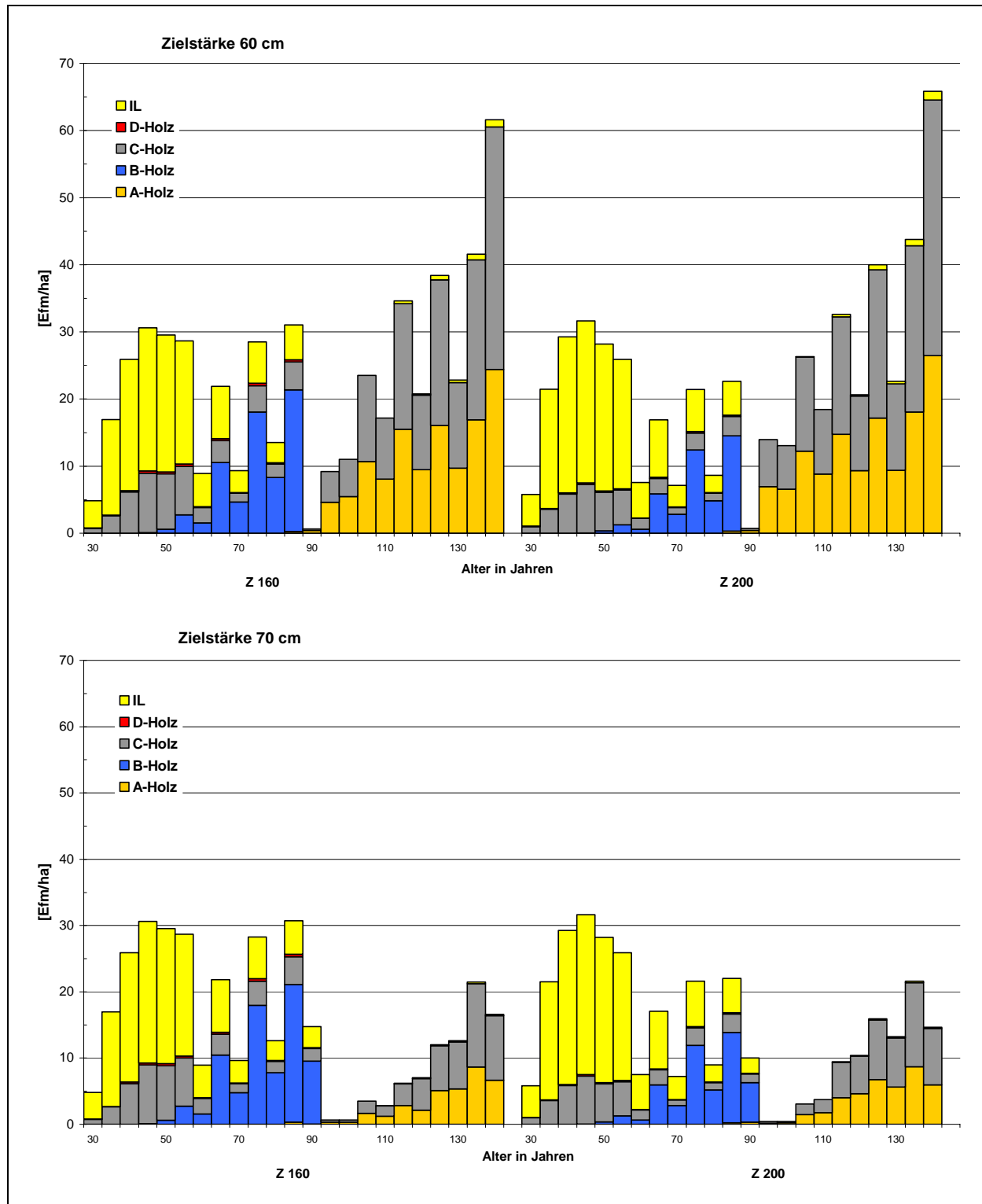


Abbildung 59: Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

Die Abbildungen 58 und 59 ergänzen einerseits die Ergebnisse zur Stärkesortierung, wie sie in den Abbildungen 39 und 40 gezeigt wurden und sind andererseits zum unmittelbaren Vergleich mit den vorhergehenden Abbildungen 56 und 57 geeignet. Die Varianten Z 160 und Z 200 realisieren im Zeitverlauf geringere Anteile an Wertholznutzungen innerhalb ihrer Produktionszeiträume. Sofern zudem die Zielstärke bei 70 cm BHD angesiedelt ist, werden die wertholzbezogenen Nutzungsoptionen nach dem erstmaligen Beginn der Zielstärkenutzungen (Alter 90-95 Jahre) noch einmal spürbar eingeschränkt. Selbst im höheren Alter liegen die mengenmäßigen Wertholzanteile bei unter 10 Efm/ha innerhalb der 5-Jahres Zeiträume. Dadurch wird wiederum deutlich, dass die Nutzungspotenziale an wertvollen Ziel-Produkten vor Erreichen der Endzeitpunkte der Produktion eindeutig geringer sind als bei den QD-Varianten. Umgekehrt bedingt dies die bereits erwähnte Akkumulation von Nutzungspotenzialen im verbleibenden Restbestand zum Ende der Produktion (vgl. Abbildung 54), die gerade bei den Varianten Z 160 und Z 200 am ausgeprägtesten ist. In Verbindung mit den Abbildungen 37 bis 40 und beim Vergleich der dortigen Ergebnisdarstellungen der QD- und Z-Varianten mit den Angaben der Abbildungen 58 und 59 fällt zudem auf, dass die Wertholzanteile von Z 160 und Z 200 überwiegend von geringerer Dimension sind als dies bei den QD-Varianten der Fall ist. Mengenanteile der Stärkeklasse L5 sind bei den Wertholznutzungsoptionen der Modelle Z 160 und Z 200 im Rahmen des ausscheidenden Bestandes nur geringfügig vertreten. Insgesamt betrachtet wird dies ggf. Auswirkungen auf Erlös- und Gewinnoptionen haben, die vor Erreichen der Endzeitpunkte der Produktionen realisiert werden können. Allerdings erlauben die Varianten Z 160 sowie Z 200 bis zum Alter von 90 Jahren offensichtlich höhere Vornutzungsanteile, insbesondere auch an Stammholz mit B-Qualität. Die möglich erscheinenden Mengen sind hier je nach zeitlicher Periode z.T. etwa doppelt so groß wie im Vergleich zu den QD-Modellen. Die Abbildungen 37 – 40 in Verbindung mit den Abbildungen 56 – 59 geben folglich bereits Hinweise auf die zeitlichen Verläufe von Nutzungsoptionen nach Mengen, Stärke- und Güteklassen und damit bereits auf die betrieblichen Möglichkeiten konkreter Erlösrealisierungen innerhalb der Produktion. Hier spannt sich ein inhaltlicher Bogen zu den nachfolgenden Kapiteln, die sich mit den Erlösmöglichkeiten auseinander setzen und dies anhand des stets unterstellten „Modellhektars“ präsentieren. Es sind v. a. die frühzeitigeren Nutzungsoptionen der Zielprodukte im Rahmen der QD-Produktion, die im Sinne von Erlöschancen, Verkürzung von „Risikozeiten“ durch raschere Produktion der jeweiligen Wertholzanteile auf z. T. deutlich höherem Mengenniveau und dem Vermeiden einer Akkumulation hoher Nutzungspotenziale am Ende der Produktionszeiträume in Erscheinung treten.

Zur Vervollständigung der Vergleichsmöglichkeiten zwischen den untersuchten waldbaulichen Varianten werden nun die Güteklassenverteilungen der ausscheidenden Bestände der herkömmlichen Nieder- und Hochdurchforstung in Abhängigkeit des jeweiligen Bestandesalters vorgestellt.

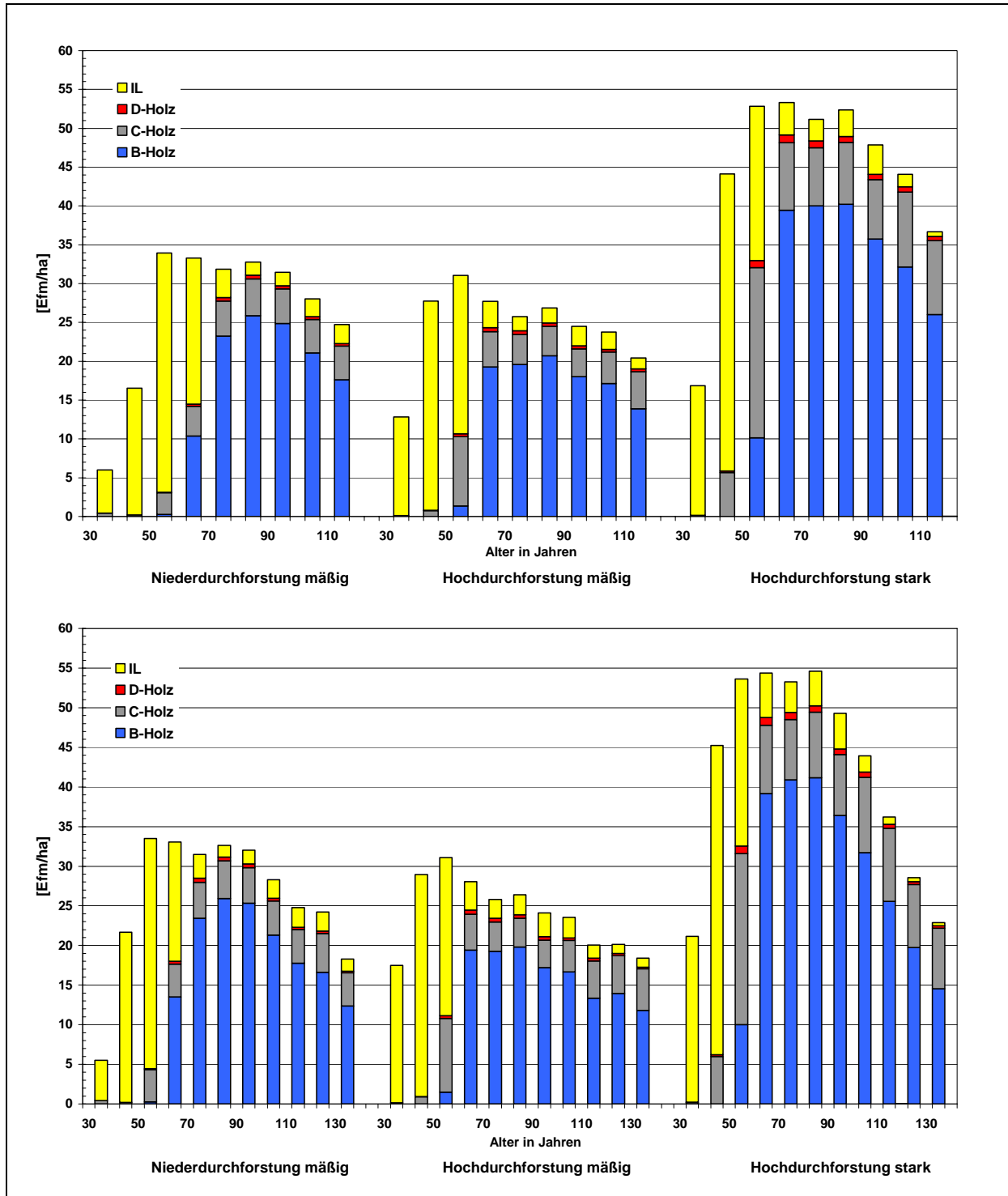


Abbildung 60: Güteklassenverteilung des ausscheidenden Bestandes der Varianten Nieder- und Hochdurchforstung bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Der wesentlichste Unterschied zwischen der Abbildung 60 und den unmittelbar vorhergehenden Abbildungen gleichen Typs, die sich auf die untersuchten Z-Baum-Modelle beziehen, besteht naturgemäß darin, dass im Rahmen der Nieder- und Hochdurchforstung gemäß den Simulationsvorgaben keine Wertholzanteile „produziert“ wurden. Dementsprechend zeigt Abbildung 60 typische Güteklassenverteilungen einer „Bauholzproduktion“, die ab mittleren Bestandesaltern überwiegend durch die Güteklasse B geprägt ist. Die jüngeren Produktionsphasen werden hingegen durch Industrieholzanteile bestimmt. Hier gibt es Ähnlichkeiten zu den Z-Baum-Konzepten, die allerdings beim Betrachten jeweils gleicher Produktionsalter schon ab ca. 50 Jahren Stammholzanteile mit steigenden B-Holz-Mengen hervorbringen (v. a. die QD-Varianten). Das Nutzungsniveau im 10jährigen Rhythmus ist insgesamt konstanter und bei der starken Hochdurchforstung erwartungsgemäß höher ausgeprägt. Beim direkten Vergleich mit den Z-Baum-Varianten ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Varianten in 5jährigem Turnus „gepflegt“ wurden, die Nutzungsmengen folglich auf die doppelte Anzahl an Eingriffen verteilt sind und deshalb beim einzelnen simulierten Eingriff insgesamt oft geringere Mengentnahmen sichtbar werden (vgl. auch Abbildung 41).

Nachdem die unmittelbar zuvor präsentierten und beschriebenen Abbildungen eine detaillierte zeitbezogene Auseinandersetzung mit den in der Abbildung 54 jeweils summarisch dargestellten Balkendiagrammen des ausscheidenden Bestandes waren, sind die kommenden Abbildungen eine vertiefende Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Vorratshaltung innerhalb der jeweiligen waldbaulichen Varianten. Die Abbildungen zeigen die gütebezogene Entwicklung der „stehenden“ Bestände über ihrem Alter, was nichts anderes bedeutet, als dass der jeweilige verbleibende Bestand, d. h. der vorhandene Vorrat, virtuell nach der Güte sortiert wurde. Somit stehen die Abbildungen auch in einem direkten Zusammenhang mit Abbildung 15.



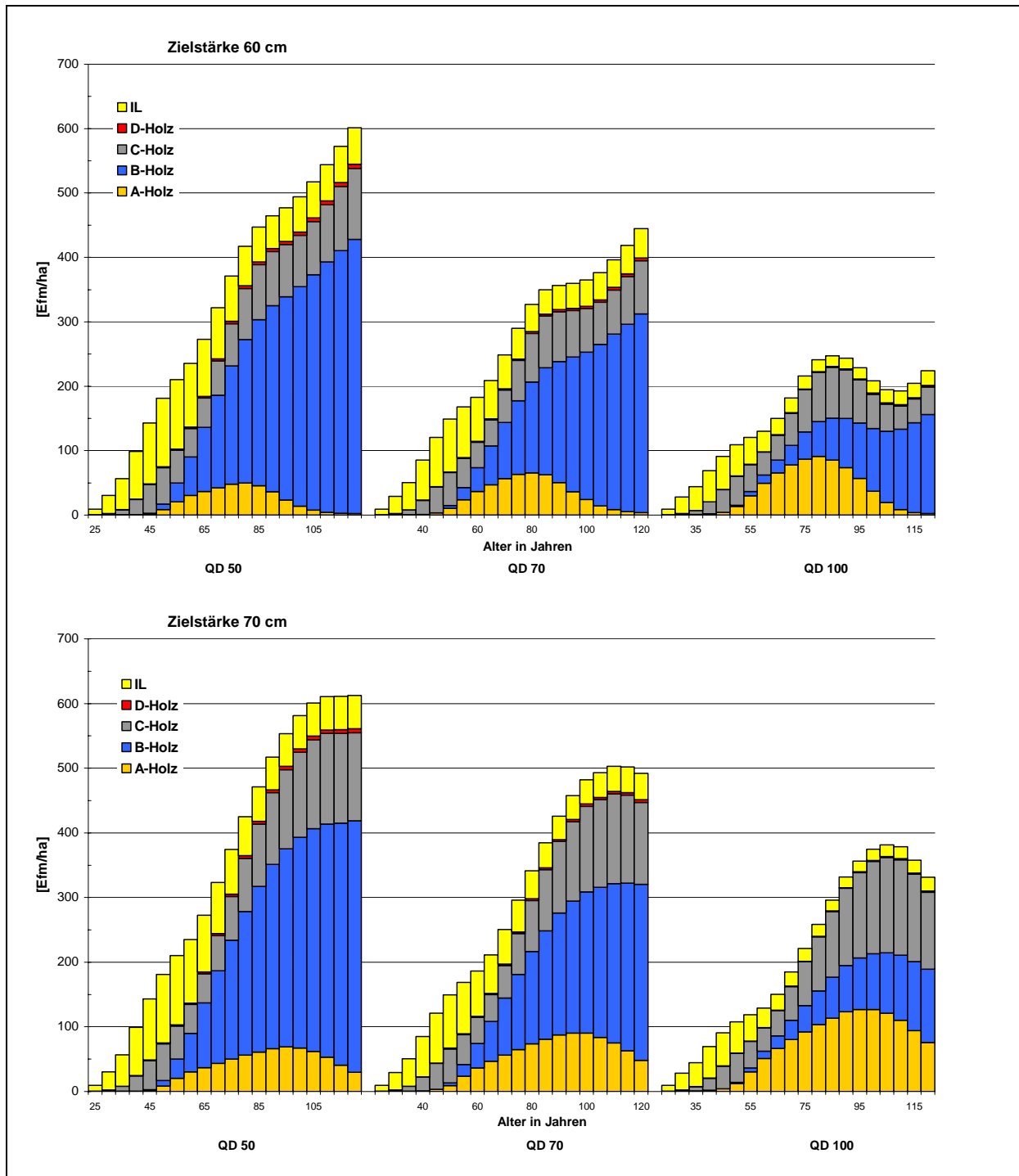


Abbildung 61: Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

Die Abbildungen 61 und 62 bestätigen quasi „spiegelbildlich“ wesentliche Inhalte der analogen Abbildungen 56 und 57. Die variantenabhängige Vorratshaltung des Wertholzes, das erreichte Mengenniveau, der zeitliche Verlauf der Aufbau- und Abbauphase und die unterschiedlichen Momente der Realisierung des Produktionsabschlusses beim Wertholz bzw.

der Verbleib von Restmengen treten klar erkennbar in Erscheinung. Die Aussagen anlässlich der Vorstellung der Abbildungen 56 und 57 werden durch die zuvor gezeigten Grafiken untermauert.

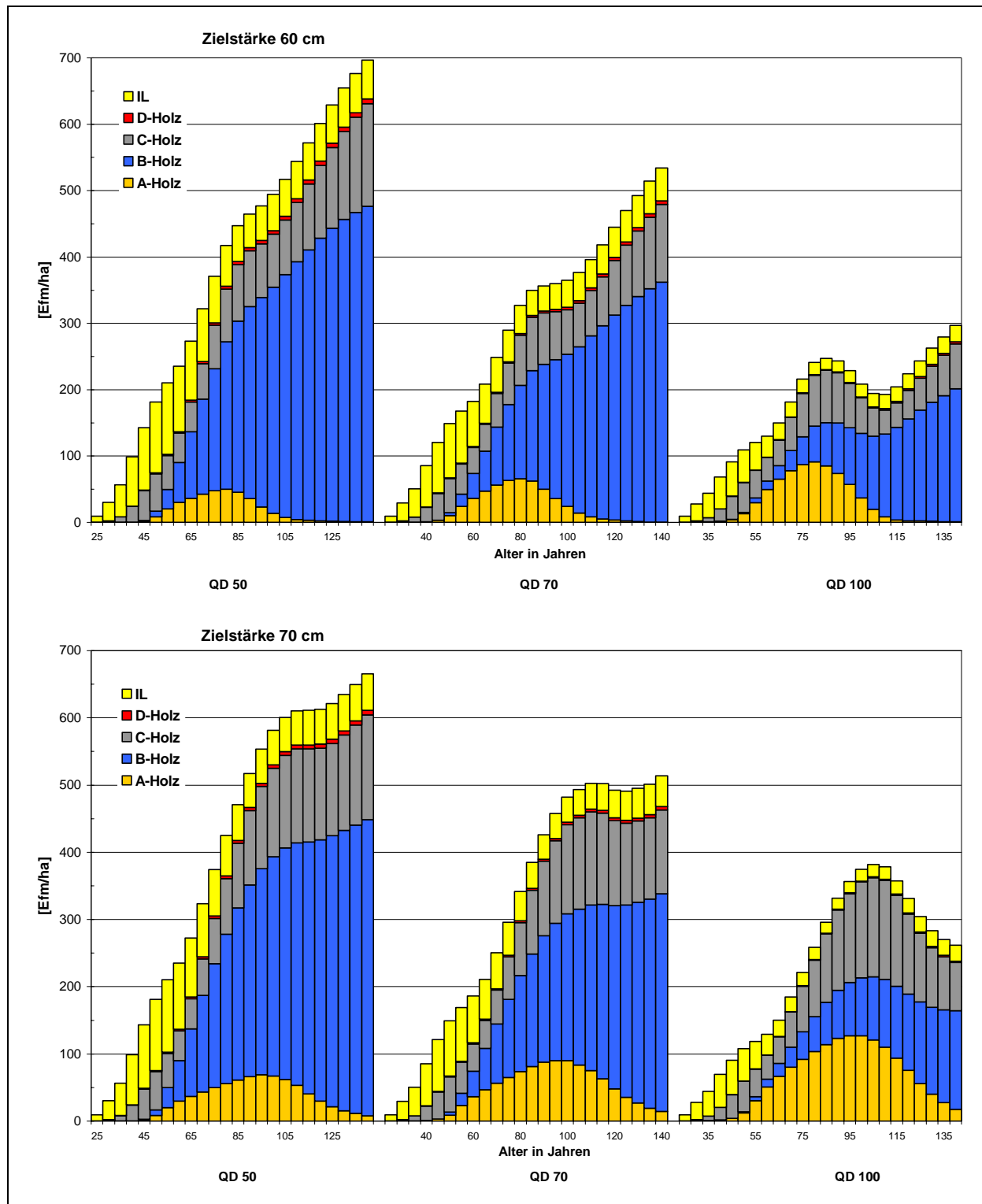


Abbildung 62: Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der QD-Varianten bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

Allerdings zeigt sich wieder sehr deutlich, welche erheblichen Anteile an „Bauholzgüteklassen“ gerade bei den Z-Stammzahl ärmeren QD-Varianten am Ende der Produktionszeit durch das konzeptgemäß fehlende Eingreifen in den Zwischenfeldern angehäuft werden. Hier steigen die Vorratshaltungen und damit typische Bauholzgütern am Ende der Produktionszeit erneut merklich an, obwohl die Wertträger vollständig oder fast vollständig geerntet wurden. Dies zeigt sich insbesondere bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren, bei QD 100 allerdings auf einem eindeutig geringeren Mengenniveau. Hier wurde also mehr Produktionspotenzial auf die Z-Bäume konzentriert.

Im Vergleich dazu wird nun nachfolgend das entsprechende Ergebnis für die Z-Baum-Referenzvarianten Z 160 und Z 200 dargestellt.

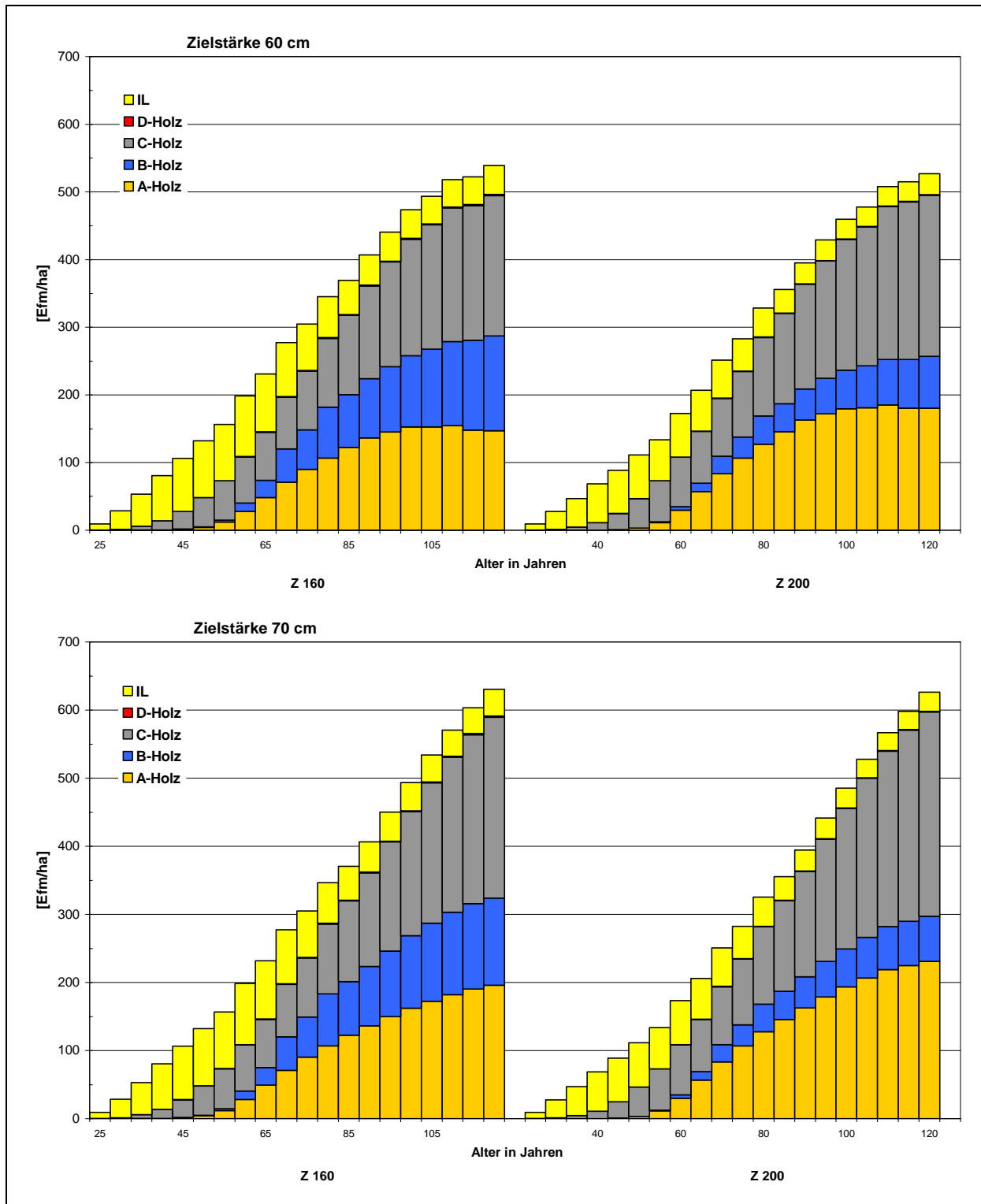


Abbildung 63: Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

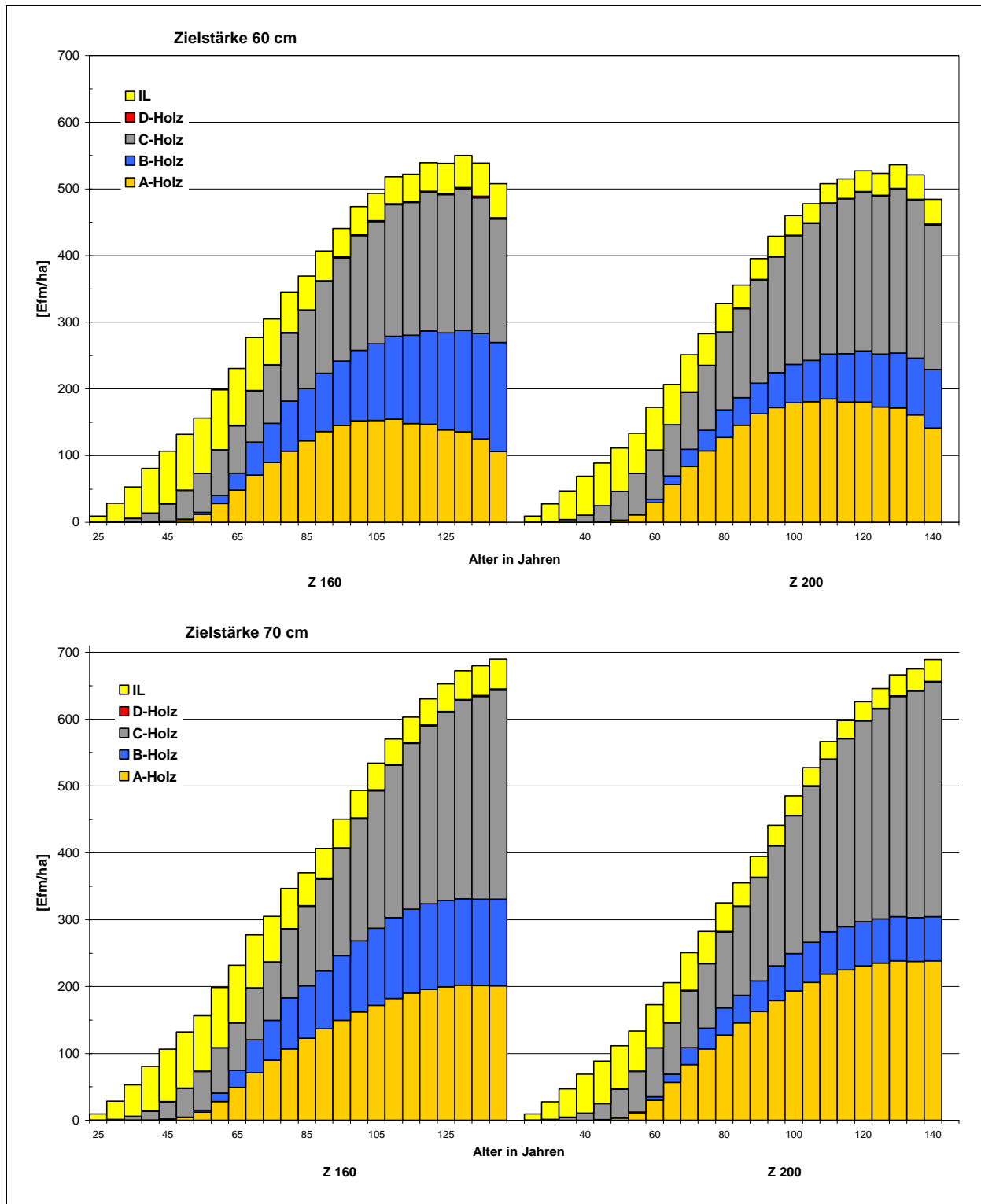


Abbildung 64: Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der Varianten Z 160 und Z 200 bis zum Ende der Produktionszeit von 140 Jahren in Abhängigkeit des Bestandesalters für die Zielstärke 60 cm BHD (oben) und die Zielstärke 70 cm BHD (unten)

Besonders hervortretend erscheint die Wertholzanzreicherung der Bestände bis ins hohe Alter, wobei lediglich bei Zielstärken von 60 cm BHD am Ende der Produktionszeiten ein leichter Rückgang der Wertholzmengenanteile im verbleibenden Bestand erkennbar wird. Hier wird also erstmals mehr Wertholz genutzt, als auf dem Modellhektar durch die verbleibenden Bäume noch nachwächst. Die Tendenz der am Ende der Produktionszeit spürbar ansteigenden Nutzungsaktivität wurde auch schon aus den Abbildungen 39 und 40, v. a. bei den Varianten mit einem Ziel-BHD von 60 cm sichtbar. Die dort hingegen gezeigte geringe Nutzungsaktivität bei den Varianten mit höherem Zieldurchmesser bzw. längerer Produktionsdauer führt zum steten Aufbau eines beachtlichen Wertholz-Nutzungspotenzials bis zum Ende der Simulationszeiträume. Die Wertholzmengen selbst stellen dann im Vergleich zu den anderen Gütekategorien durchgängig den zweithöchsten Anteil. Dies ist ein Indiz dafür, dass der verbleibende Restbestand maßgeblich durch die deutlich vorhandenen Z-Bäume geprägt wird und nicht, wie bei den stammzahlarmen QD-Varianten, fast gänzlich durch den Füllbestand bestimmt wird. Zum Vergleich hiermit dient auch Abbildung 30, die die Stammzahlhaltung der Z-Baum Kollektive wiedergibt und somit zur Erläuterung der vorhergehenden Feststellungen beiträgt. Ein weiterer Aspekt, den die beiden letztgezeigten Abbildungen hervorheben und dadurch zur Ergänzung der Abbildung 15 beitragen, ist der insgesamt fast durchgängige Anstieg der gütesortierten Vorräte auf Größenordnungen von über 500 bis fast 700 Efm/ha. Im Vergleich dazu werden bei der Variante QD 100 weitaus geringere Endwerte der Vorratshaltung erzielt, ebenfalls ein Indiz für die raschere Produktion des Wertholzes und die zielkonforme Steuerung eines hohen Anteils des flächenbezogenen Wachstumspotenzials auf dieses Z-Baum-Kollektiv mit seinen frühzeitigen Nutzungsmöglichkeiten. Z 160 und Z 200 weisen hingegen ähnliche Vorratsentwicklungen wie die QD-Varianten 50 und 70 auf. QD 50 erreicht bei der Kombination „Zielstärke 60 cm, Produktionsdauer 140 Jahre“ sogar noch einen etwas höheren Spitzenwert. Durch die hier allerdings ausschließlich füllbestandsdominierte Vorratsprägung sind nur mittlere Bauholzqualitäten vorhanden.

Nun folgen noch die Abbildungen zu den Güteklassenverteilungen der verbleibenden Bestände der Nieder- und Hochdurchforstung.

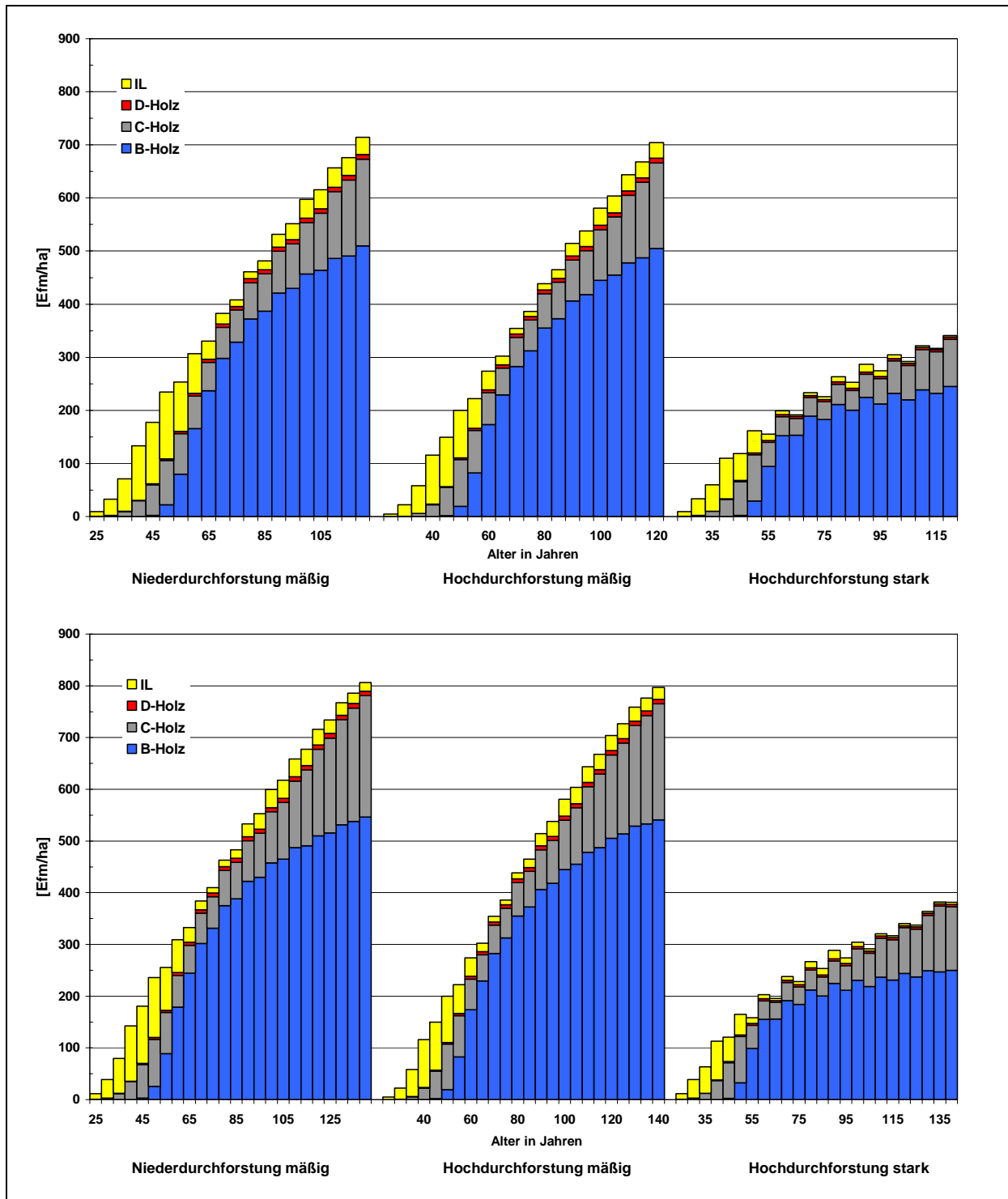


Abbildung 65: Güteklassenverteilung der verbleibenden Bestände (Vorratshaltungen) der Nieder- und Hochdurchforstung bis zum Ende der Produktionszeit von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Abbildung 65 kann als „Parallele“ der Abbildung 41 beschrieben werden. Einerseits fehlen konzeptbedingt Wertholzanteile, andererseits wird die Güteklassenstruktur auch der

Vorratshaltung durch einen charakteristischen „Bauholz-Mix“ aus B- und C-Qualitäten geprägt.

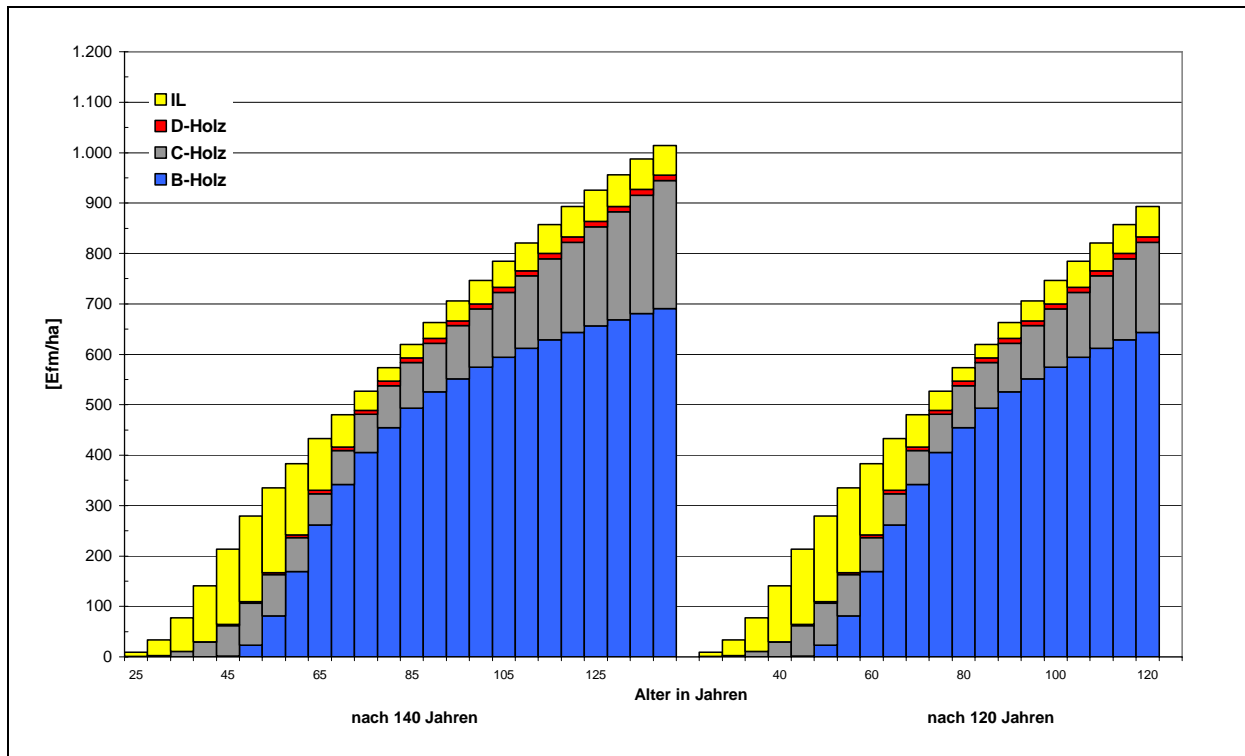


Abbildung 66: Entwicklung der Güteverteilung des stehenden Bestandes der Nullvariante

Abbildung 66 ergänzt gegen Ende dieses Kapitels die Inhalte der Abbildung 47 um den qualitativen Aspekt. Ebenso wie die Nullvariante bei Betrachtung der Stärkeklassen ein klar bauholzdominiertes Nutzungspotenzial hervorbringt zeigt sich dies auch bei der Güteverteilung.

Zur abschließenden Vervollständigung fehlt noch eine Beschreibung derjenigen Holzmengen, die keiner Nutzung zugeführt werden, die allerdings im Rahmen der einleitend vorgestellten waldwachstumskundlichen Ergebnisse ein Bestandteil der dortigen Mengenangaben, z. B. bei der Gesamtwuchsleistung waren. Es handelt sich um die in Abbildung 67 gezeigten Mengen des nicht verwertbaren Holzes (hierbei handelt es sich um natürliche Abgänge) und des X-Holzes, das nicht verwertbar im Zuge der simulierten Holznutzung anteilig mit anfällt.



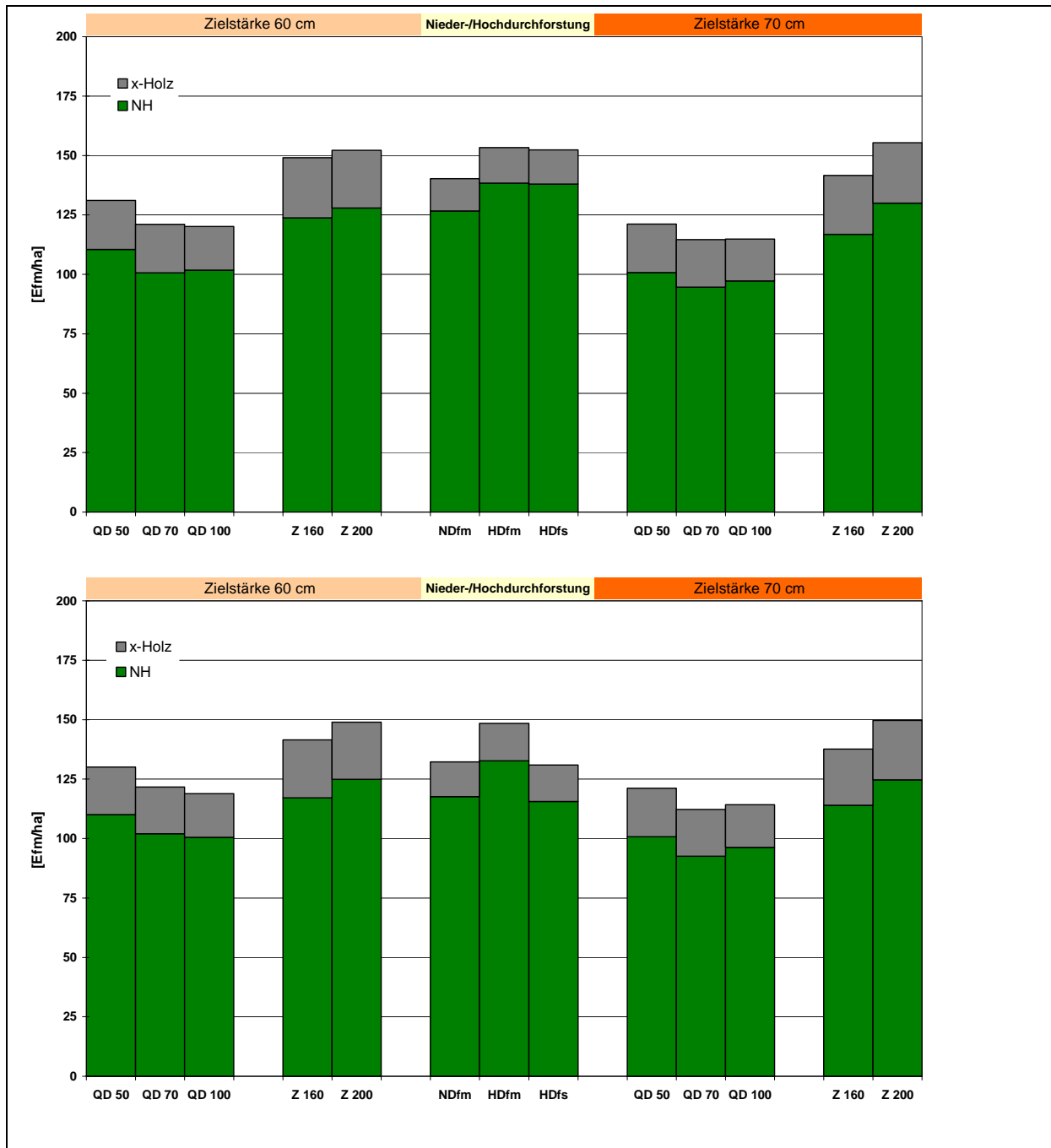


Abbildung 67: Anfallende Mengen an nicht verwertbarem Holz (NH; natürliche Abgänge) und Restholz bei der Aufarbeitung (X-Holz) nach 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Die Mengenunterschiede zwischen den Varianten sind im Hinblick auf die Betrachtungszeiträume eher gering. Gleiches gilt analog für die Gesamtmengen an NH- und X-Holz je Variante im Vergleich zu den möglichen Nutzungsmengen. Größenordnungen des NH- und X-Holzes um 125 bis 150 Efm/ha stellen im Verhältnis zu den zuvor beschriebenen nutzbaren Holz mengen keine unerwartete Dimension dar (+/- 5-10 % im Verhältnis zur

nutzbaren Holzmenge). Es fällt auf, dass die QD-Varianten bezogen auf die absoluten Mengenangaben etwas geringere nicht verwertbare Holzmengen hervorzubringen scheinen. In prozentualer Relation zu ihrer wiederum geringeren Gesamtwuchsleistung ist dieser kleine Unterschied jedoch so nicht mehr wahrnehmbar. Aufgrund der einzukalkulierenden „Varianz“ des Prognosemodells sollte diesen marginalen Differenzen ohnehin keine weitere Bedeutung beigemessen werden.

## **6.3 Monetäre Ergebnisse**

### **6.3.1 Holzverkaufserlöse**

Auf der Grundlage der Sortierungsergebnisse wurden die monetären Ergebnisse berechnet.

Zunächst erfolgte dabei die Ermittlung der Erlöse auf der Basis der im Kapitel 5.3.2 vorgestellten Erlösszenarien für die Werthölzer der Z-Baum-Varianten. Die Ergebnisse werden für alle Varianten sowie für die Bestandeskollektive, die die Erlöse erbringen, getrennt dargestellt. Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln erfolgt auch hier die Darstellung anhand der Mittelwertbildung über alle Ausgangsstammzahlen hinweg.

Die Abbildung 68 zeigt die kumulierten Erlössituationen pro Hektar nach jeweils 120 oder 140 Jahren Produktionsdauer. Dabei wurden alle im Laufe der Zeit anfallenden Holzverkaufserlöse über die Produktionsdauer hinweg aufsummiert. Eine Verzinsung wurde bewusst nicht vorgenommen.<sup>101</sup> Die Abbildungen unterscheiden die Erlösergebnisse für die fünf unterstellten Preisszenarien, die für die Wertholzanteile der Z-Baum-Varianten gelten sollen. Alle anderen Holzpreise für diejenigen Holzsortimente, die nicht dem Wertholz zugeordnet wurden, sind im Rahmen der Simulationen stets konstant gehalten worden. Sensitivitäten der Ergebnisse werden also ausschließlich über die Wertholzpreisvariationen erkennbar.

---

<sup>101</sup> Die Einbeziehung vorgegebener Zinssätze im Rahmen der Berechnung monetärer Ergebnisse wurde nicht vorgenommen. Die Berechnung erfolgte rein nominal. Es muss festgestellt werden, dass die hier verwendeten Holzpreise, beispielsweise bei Fichten-Bauholz, in etwa einem Preisniveau der 50er Jahre des letzten Jahrhunderts entsprechen, eine positive Preisentwicklung mithin de facto nicht stattfand. Darüber hinaus erscheint die Annahme bestimmter vorgegebener Zinssätze nicht zielführend, da die Aussagekraft der Ergebnisse dann ggf. über die Zinssätze beeinflusst würde. Interessanter erscheint hingegen die Berechnung einer internen Verzinsung, die sich indirekt über die Preisszenarien beim Wertholz ausdrückt. Diese wird an späterer Stelle noch vorgestellt.

Die Erlösergebnisse der Referenzen ohne Z-Bäume (Ndf, Hdf und Nullvariante) sind bei der Abbildung 68 stets gleich, da die Variation der Wertholzpreise für diese Behandlungsmodelle irrelevant ist. Insgesamt ist festzustellen, dass eine Angleichung der Ergebnisse untereinander auftritt, je schlechter das angenommene Preisszenario beim Wertholz ist.

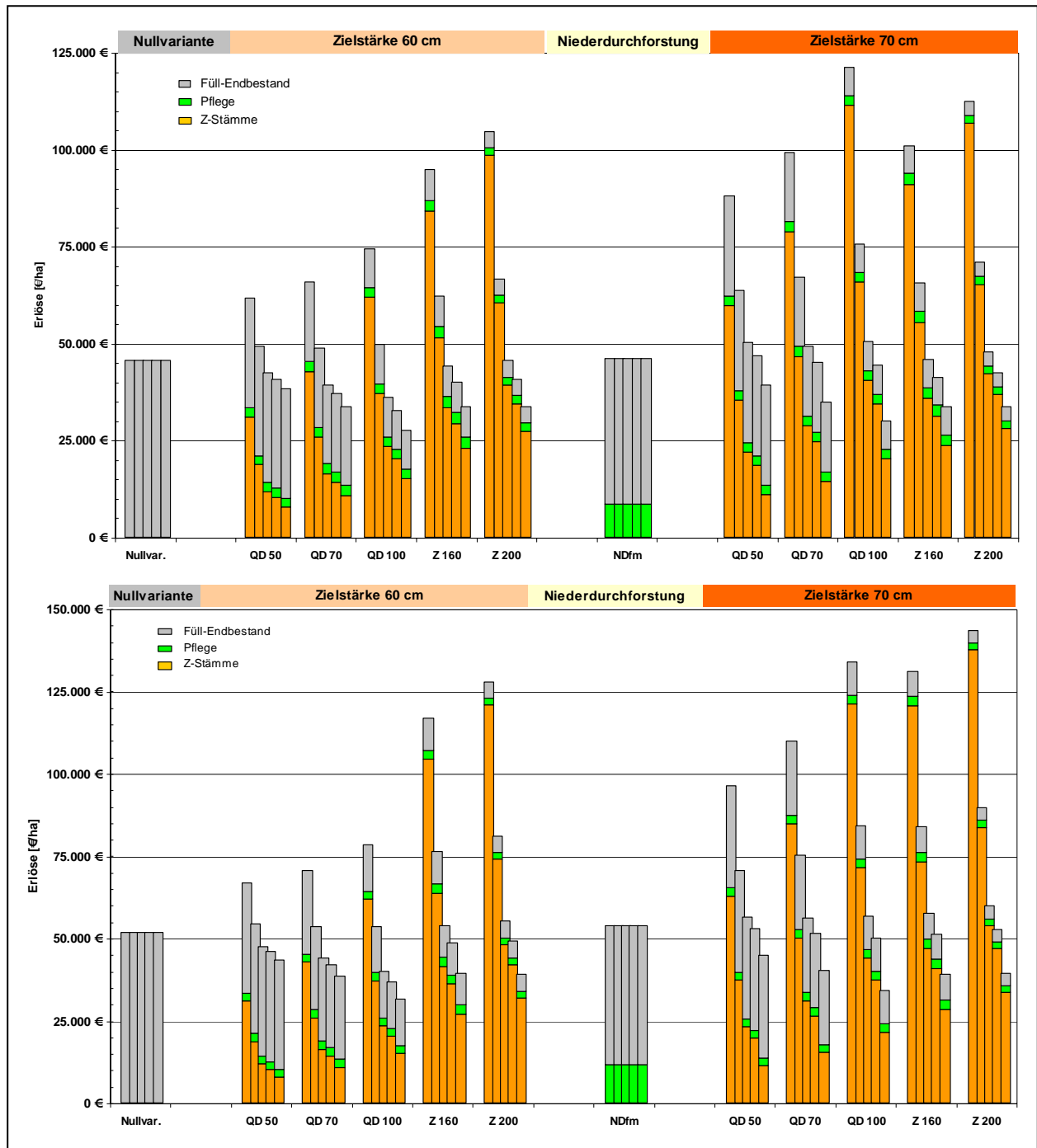


Abbildung 68: Kumulierte Erlöse pro Hektar nach einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Preis-Szenario von „gut“ bis „schlecht“ bzw. Bauholz

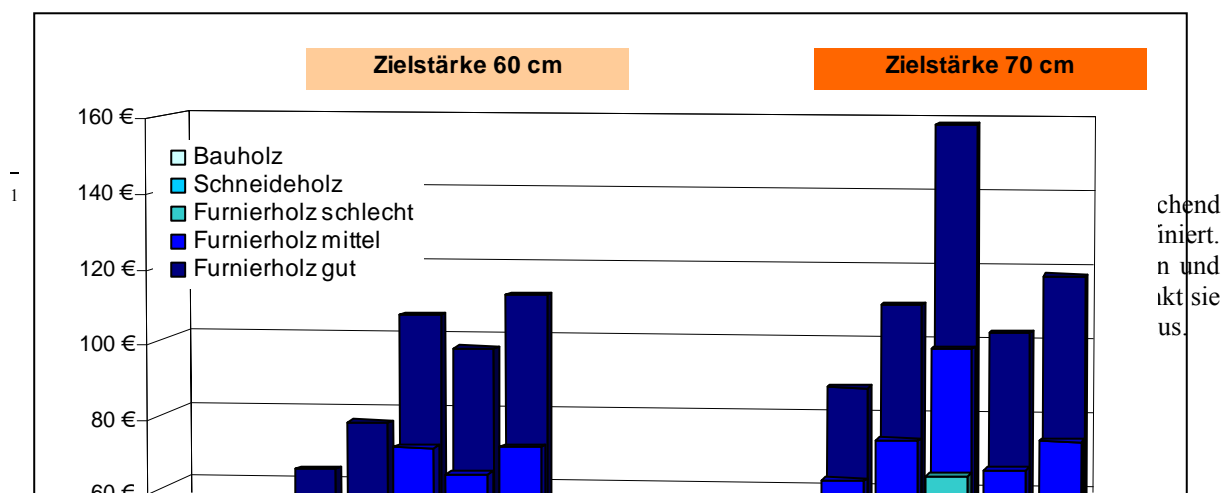
Die Abfolge der Balken jeweils vom besten zum schlechtesten Ergebnis entspricht der Abfolge „Furnierholzpreis gut“ bis „nur noch Bauholzpreis“ (vgl. Kapitel 5.3.2).

Die erkennbaren Vorteile zugunsten der Z-Baum-Varianten gegenüber den konservativen Referenzen bei hochpreisigem Wertholz schmelzen dahin, wenn der Preisrahmen des Wertholzes sinkt. Sofern ein Zieldurchmesser von 60 cm unterstellt wird, zeigen sich die Z-Baum-Varianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen bei hohem oder mittlerem Preisrahmen im Vorteil. Selbst bei niedrigem Preisrahmen sind sie nicht nachteilig. Bei einer Zielvorgabe von 70 cm BHD sieht das Ergebnis anders aus. Bei gutem oder mittlerem Wertholzpreis schneiden die Varianten QD 100 bzw. Z 200 am Besten ab, sofern die Produktionszeit 120 Jahre beträgt. Nimmt der Preisrahmen des Wertholzes ab, so kommt es auch hier zu einer merklichen Annäherung aller Einzelergebnisse. Wird hingegen die Produktionszeit um 20 Jahre verlängert, so können im Ergebnis diejenigen Varianten führend sein, die über die meisten Z-Bäume pro Hektar verfügen, d. h. QD 100 und Z 160 bzw. Z 200. Auch hier kommt es allerdings schon bei einem Preisrückgang vom „guten“ Furnierholzpreisrahmen zum „mittleren“ Preisrahmen zu einer Nivellierung der Erlösergebnisse, umso mehr, wenn bedacht wird, dass es sich bei den Ergebnissen um Simulationsresultate handelt. Sie sind methodisch wie fundierte „Schätzungen“ zu werten. Die „Realität“ oder die „Wahrheit“, die weit in der unbekanntem Zukunft liegt, bilden sie nicht zwangsläufig ab, sondern können Annäherungen an diese unbekanntem Größen darstellen. Deshalb sollten die Ergebnisse nicht als „Punktlandungen“ interpretiert werden, sondern besser als Ergebnisse innerhalb einer bestimmten Schwankungsbreite. Sofern ein Rahmen von beispielsweise 10 bis 15 % als Wertebereich des unbekanntem „wahren“ Wertes um die ermittelten Ergebnisse angenommen wird, zeigt sich, dass die „Signifikanz“ des jeweils besten Ergebnisses im Vergleich zum zweitbesten oder sogar zum drittbesten Ergebnis durchgängig nicht mehr gegeben erscheint. Beim Vergleich der hier zu betrachtenden neuen Strategie „QD“ mit den Z-Baum-Referenzvarianten Z 160 und Z 200 fällt auf, dass QD bei einer einzigen Kombination von Z-Baum-Anzahl, Zieldurchmesser und Produktionszeit führend erscheint: 100 Z-Bäume/ha bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren und einem angestrebten Zieldurchmesser von 70 cm BHD. Alle anderen untersuchten Kombinationen von QD erwiesen sich als nur geringfügig oder als nicht mehr vorteilhaft gegenüber den Z-Baum-Referenzvarianten, allerdings auch nicht als nachteilig. Der zuvor angesprochene anzunehmende Wertrahmen würde auch bei einer Produktionszeit von 140 Jahren den erkennbaren kleinen Vorteil der Variante Z 200 bei guten oder mittleren Furnierholzpreisen relativieren.

Unverkennbar ist der Einfluss des Anteils des Wertholzes am Gesamterlös, sofern der Wertholzpreis hoch ist. Dies gilt selbst dann, wenn nur wenige Z-Bäume erzogen wurden

(z. B. QD 50). Er nimmt jedoch mit nachlassendem Preisniveau für das Wertholz ab, um im Extremfall sogar deutlich hinter den Erlösanteil des am Ende der Produktionszeit verbleibenden Füll-Endbestandes zurückzutreten. Dieser wurde jeweils zur Ermittlung der Erlöse am Ende der Produktionszeit im Rahmen der Simulation „virtuell“ abgetrieben. Die Vornutzungen im Sinne der hier verwandten Definition<sup>102</sup> machen nur einen verschwindenden Anteil am Gesamterlös aus, da sie einerseits nur geringe Mengenanteile beisteuern, andererseits auch schwächere Stammholzdimensionen umfassen und kein Wertholz sind. Bei den konservativen Referenzen ist ihr Anteil naturgemäß deutlich ausgeprägter, da Vornutzungen bzw. Pflegeanfalle hier alle Nutzungen bis zum Zeitpunkt der Endnutzung (Abtrieb) umfassen. Der Abtrieb selbst (Endbestand am Ende des Produktionszeitraumes) trägt jedoch mit Ausnahme der starken Hochdurchforstung erwartungsgemäß den größten Anteil dieser Varianten zu ihrem Gesamterlös bei.

Im weiteren Verlauf dieser Abhandlung werden die Erlösergebnisse, die zuvor über die Produktionsdauer kumuliert auf einen Hektar bezogen wurden, auf den Erntefestmeter umgelegt. Die Abbildung 69 zeigt mithin die kumulierten Erlöse pro Efm. Eine Unterscheidung nach den Bestandeskollektiven (Z-Bäume, Füll-Endbestand, Erlös aus Bestandespflege) unterbleibt.



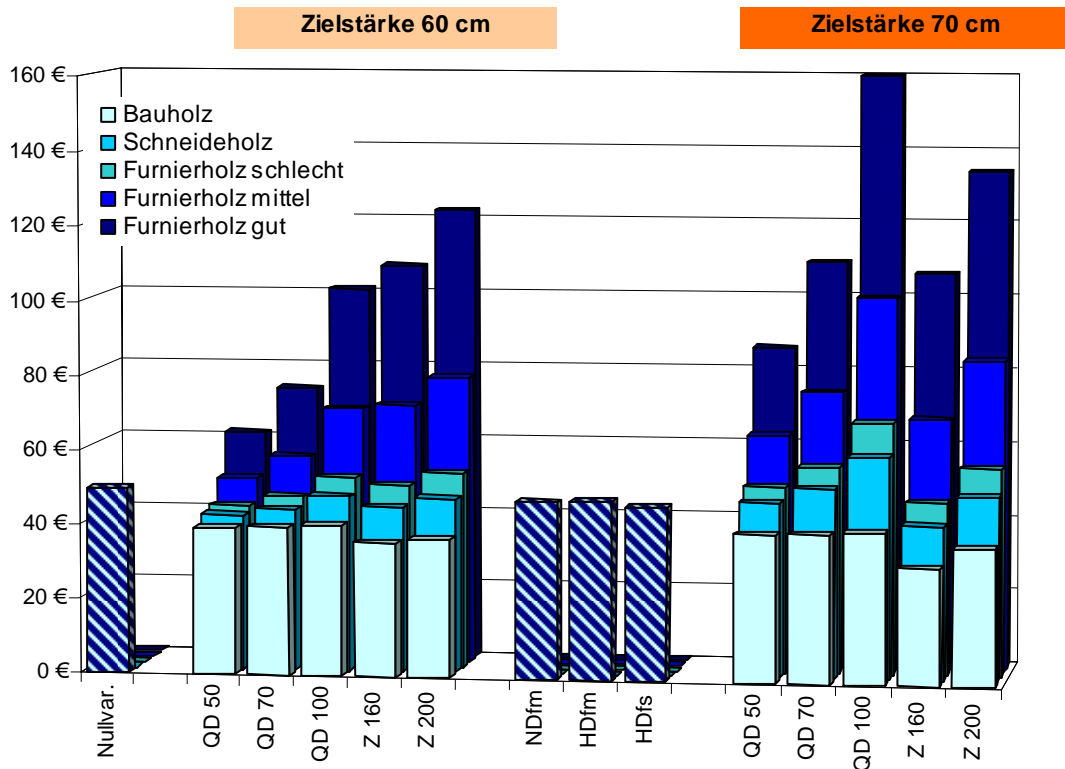
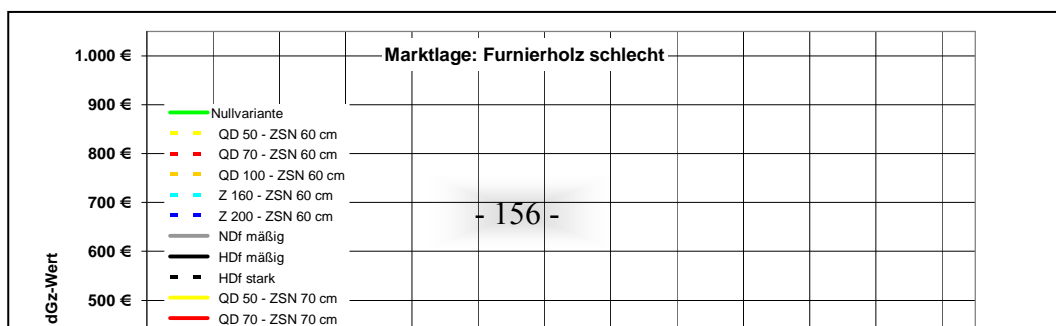
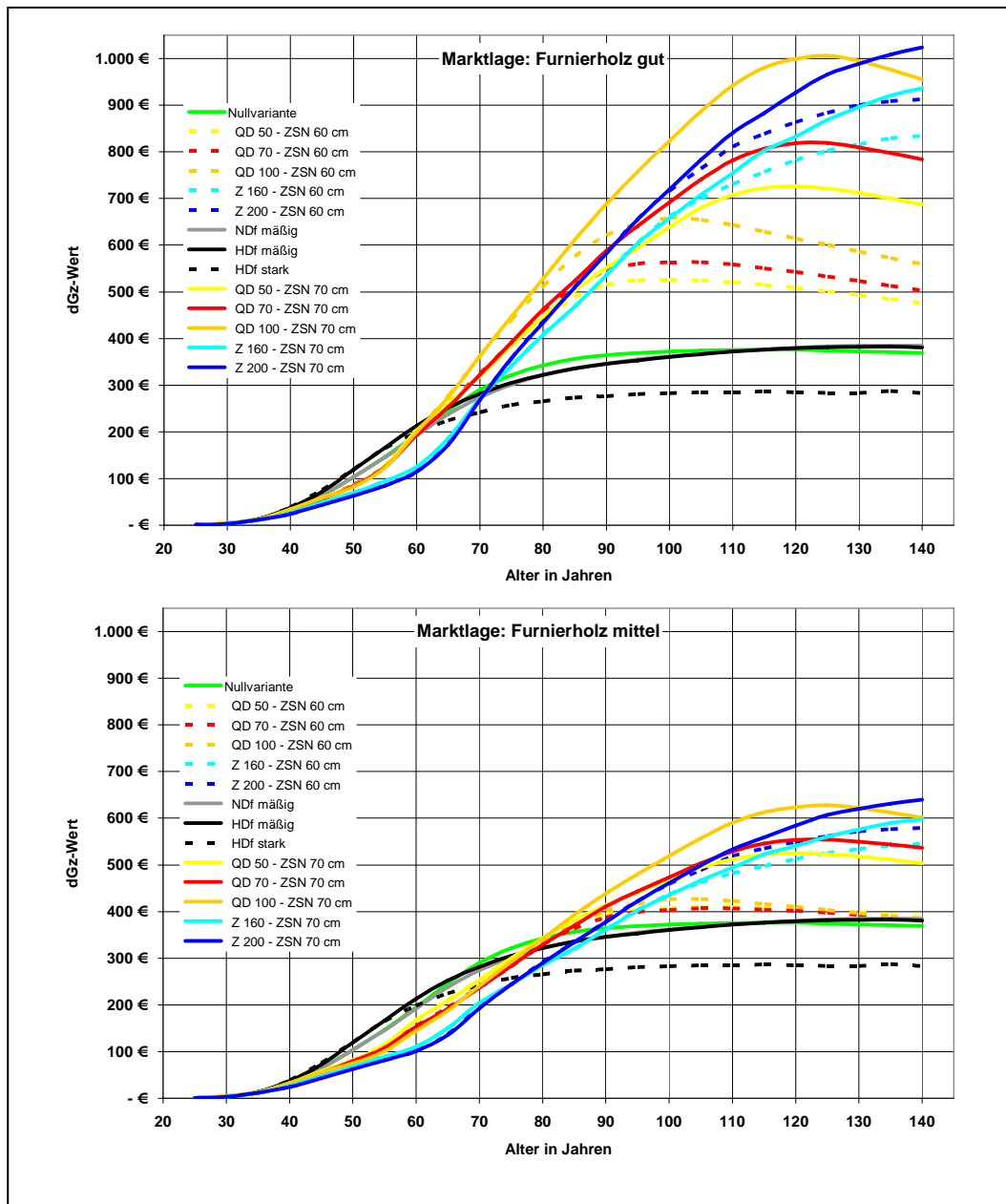


Abbildung 69: Kumulierte, durchschnittliche Erlöse pro Erntefestmeter nach einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Die Ausführungen zu den kumulierten, durchschnittlichen Erlösen pro Hektar können weitgehend auch auf die auf den Erntefestmeter bezogenen Erlösergebnisse übertragen werden. Der unter den optimistischen Preisannahmen hervortretende monetäre Vorteil zugunsten der Variante QD 100 kommt bei der Bezugsbasis „Erntefestmeter“ noch markanter zum Ausdruck. Dies liegt vorrangig daran, dass QD 100 im Vergleich zu den

stammzahlreicheren Z-Baum-Varianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen insgesamt eine geringere Menge an Erntefestmetern aufweist. Zudem verfügt diese Variante noch über höhere Anteile stark dimensionierter Stärkeklassen, die ihrerseits aufgrund der unterstellten Preisszenarien besonders hoch bewertet werden.

### 6.3.2 Durchschnittliche Gesamtwertzuwächse auf der Basis der Holzverkaufserlöse



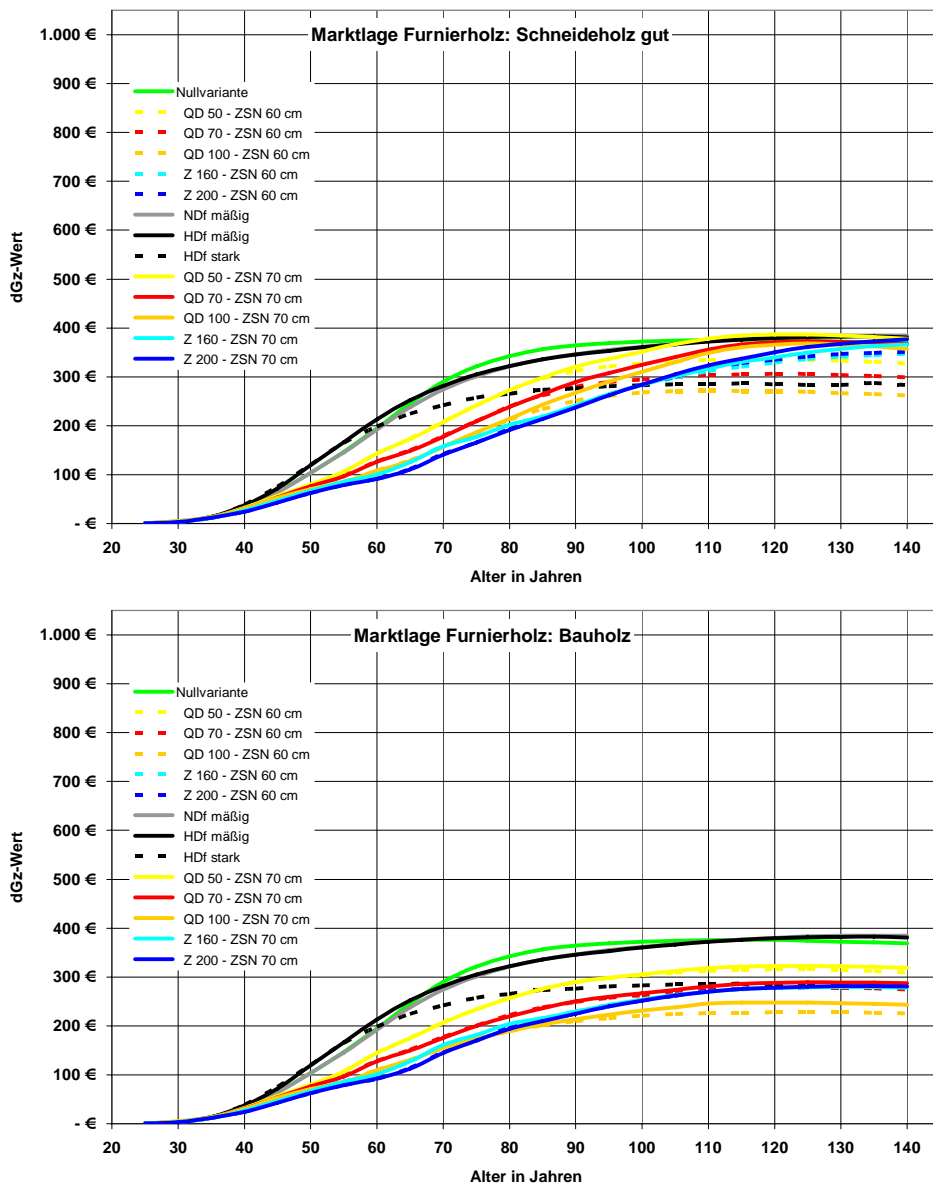


Abbildung 70: Entwicklung des dGz-Wert auf der Grundlage der Erlöse

Abbildung 70 zeigt die Entwicklung des „dGz-Wert“ für jede untersuchte waldbauliche Variante inklusive der Nullvariante in Abhängigkeit der jeweils angenommen Preisszenarien



für das Wertholz und einer Differenzierung nach den Zielstärken. Die Wertangaben des erreichten dGz-Wert über dem jeweiligen Alter erfolgen in €/ha. Die Nivellierung der einzelnen dGz-Wert-Funktionen auf Erlösbasis als Folge eines zurückgehenden Preisrahmens für das Wertholz ist zunächst das augenscheinlichste Ergebnis der dGz-Wert-Berechnung. Deutlich erkennbar tritt bei der Betrachtung der dGz-Wert-Entwicklung das rasche Absinken des monetären Niveaus zu Tage, wenn die Preisannahmen weniger optimistisch getroffen werden. Zwischen einer schlechten preisbezogenen Marktlage für Furnier-Wertholz und einer Preissituation „Bauholz“ sind kaum noch Unterschiede erkennbar. Darüber hinaus ist die Spannweite, zwischen denen sich die Einzelergebnisse dieser Varianten bewegen, fast identisch und relativ eng bemessen im Vergleich zu den ermittelten Spannweiten bei den besseren Preisszenarien. Selbst die Nullvariante, das wird hier nochmals erkennbar, würde als „Bewirtschaftungsalternative“ im Falle geringer Preisoptionen in Frage kommen.

### **6.3.3 Mittlere jährliche Holzverkaufserlöse innerhalb der Produktionszeit**

Während die Ergebnispräsentation der kumulierten Erlöse pro Hektar eine reine Zeitpunkt Betrachtung zum Ende der jeweiligen Produktionsdauer ist und die Entwicklung des dGz-Wertes zwar eine Zeitraumbetrachtung wiedergibt, jedoch noch nichts über Finanzströme aussagt, leisten die Abbildungen 71 und 72 eine zeitraumbezogene Aussage über die mögliche Realisierung von Holzverkaufserlösen innerhalb der betrachteten Produktionszeiträume, d. h. die „Fälligkeit“ und die Dimension von Erlösoptionen wird über dem jeweiligen Bestandesalter abgebildet. Die Abbildungen zeigen dabei die mittleren jährlichen Erlösmöglichkeiten im Jahrzehnt, d. h. die Funktionsverläufe präsentieren die innerhalb eines jeden Jahrzehnts gemittelten und auf einen jährlichen Durchschnitt berechneten Erlöse, die im Rahmen der Simulationen wiederum in fünfjährigem bzw. teilweise in zehnjährigem Turnus hergeleitet wurden (vgl. Abbildungen 13 u. 14 sowie Tabelle 10 und die entsprechenden Ausführungen im Kapitel 5.3.2).<sup>103</sup>

---

<sup>103</sup> Zur Erinnerung sei hier an die Methodik der Simulation mittels SILVA verwiesen. SILVA simuliert und gibt die wachstumskundlichen Ergebnisse in 5-Jahres-Perioden aus. Darauf aufbauend wurden auch alle anderen Berechnungen, die auf den naturalen Ergebnissen beruhen (z. B. Sorten) in 5jährigen Perioden durchgeführt und je nach späterer Ergebnisdarstellung zum Beispiel auf das Ende der Produktionszeiträume kumuliert. Eine Ausnahme fand bei den Z-Baum-Referenzen und der Ndf bzw. Hdf statt, deren Eingriffsturnus z. T. 10jährig war. Auch deshalb erfolgt hier bei der Darstellung eine Mittelung im Jahrzehnt, da bei einer Betrachtung in 5-Jahres-Schritten die Werte dieser Variante bei jeder zweiten 5-Jahres-Periode aus rein methodischen Gründen den Wert 0 annähme. Die Darstellung wäre dann ein „zackiger“ Funktionsgraph und würde durch die Null-Werte bzw. das „Auf und Ab“ der Darstellung, eine verzerrte Erlössituation vortäuschen.

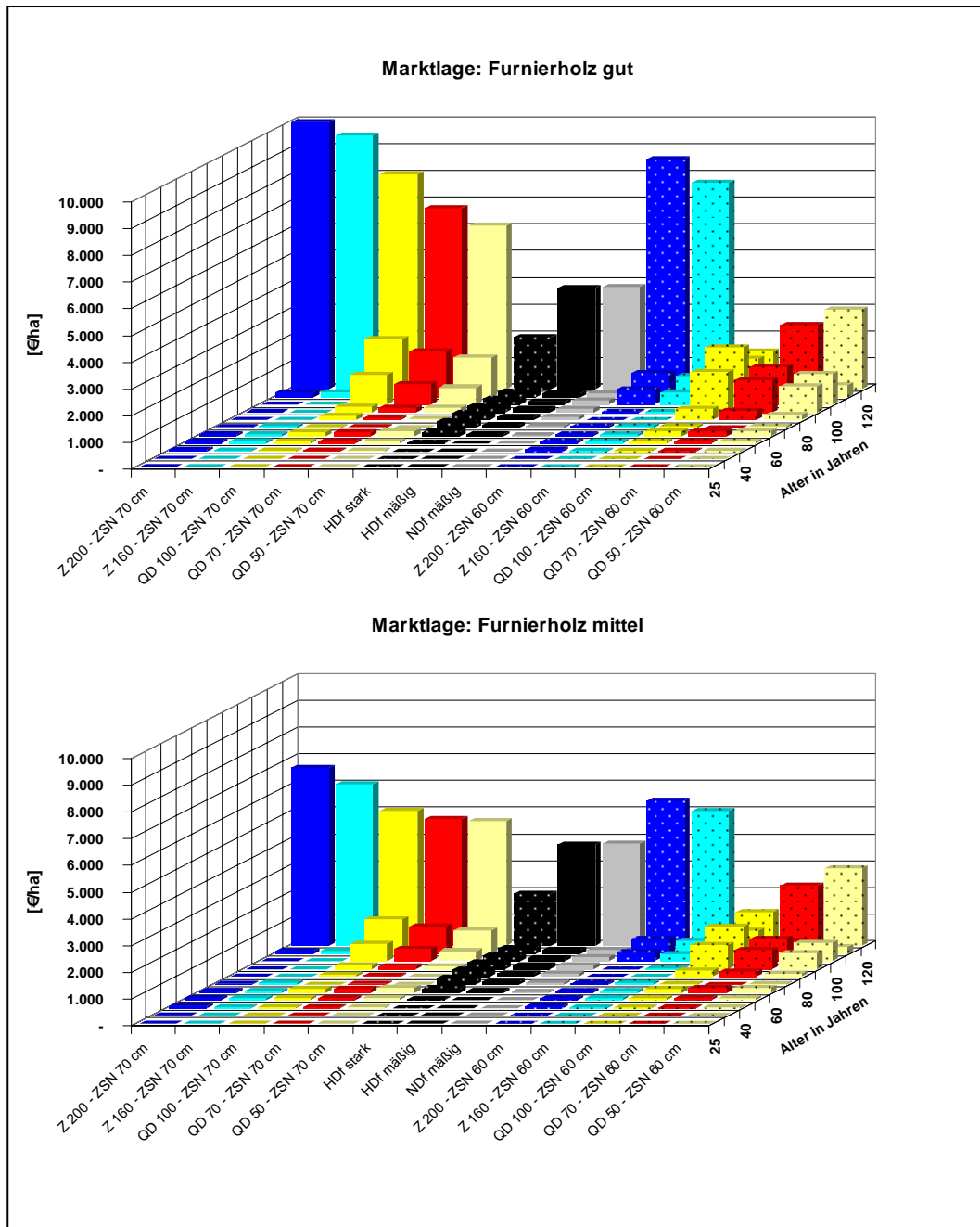
Zunächst sei darauf hingewiesen, dass die starken Erlösanstiege insbesondere bei den Z-Stammzahl reichen Behandlungen und den konservativen Referenzen am Ende der Betrachtungszeiträume ein unmittelbares rechnerisches Resultat der am Ende der Produktionszeiträume stattfindenden „virtuellen“ Abtriebe der dann noch vorhandenen Z-Bäume bzw. des noch verbliebenen Restbestandes darstellen. Dies gilt auch für Abbildung 72.

Die Abbildungen 71 und 72 verdeutlichen im Wesentlichen folgendes Resultat:

Die QD-Varianten bewirken Erlöse zu früheren Zeitpunkten und auf jeweils höherem Niveau als die Z-Baum-Vergleichsvarianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen. Bei genauerer Betrachtung heißt dies konkret, dass die Erlöse bei einer Zielstärke von 60 cm zu erkennbar früheren Zeitpunkten im Vergleich zu einer um 10 cm größeren Zielstärke realisiert werden. Ab einem Alter von 80 Jahren steigen die Erlöse bei diesen Varianten an, um einen ersten Erlöshöhepunkt im Alter von rd. 100 Jahren aufzuweisen. Dies hängt v. a. mit der ab dem Alter 80 einsetzenden Zielstärkennutzung zusammen. Sie führt v.a. zu Erlösen durch die Nutzung der Wertholzanteile. Ein zweiter Erlösschub entsteht, wie bei allen Varianten, am Ende der Produktionszeiträume durch die bereits zuvor erwähnte „virtuelle“ Liquidation des noch verbliebenen Restbestandes, im Fall der QD-Modelle mit einer Zielstärke von 60 cm, überwiegend geprägt durch den abschließend noch vorhandenen Füll-Endbestand.

Deshalb ist der dann erzielbare Erlösumfang auch nicht dermaßen ausgeprägt, wie bei den Z-Stammzahl reicheren Modellen. Diese verfügen noch über relativ viele Z-Bäume am Ende ihres Produktionszeitraumes. Das gleiche gilt für die Varianten mit einer Zielstärke von 70 cm. Dafür erreichen diese Modelle bei einem Produktionszeitraum von 140 Jahren ein insgesamt höheres Erlösniveau, allerdings zeitversetzt etwa 20 Jahre später. Bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren erscheint es hingegen so, dass relativ frühzeitige Erlöse auf gleichzeitig höherem Niveau nur von den QD-Varianten mit einer Zielstärke von 60 cm geleistet werden können, allerdings auf einem insgesamt niedrigeren Gesamterlösniveau. Es kann zudem verdeutlicht werden, dass im Rahmen einer Produktionszeit von 120 Jahren die Erlösströme bei einer Annahme von 70 cm Zielstärke durchgängig später einsetzen und zunächst geringer ausgeprägt sind, d. h. vergleichsweise nur etwa 50 % des Erlösrahmens der Varianten mit 60 cm Zielstärke erreichen. Erst am Ende der Produktionszeit werden die Erlösoptionen aus der Produktion des Holzes quasi „schlagartig“ realisiert. Diese Realisierung am Ende der Produktionszeit ist bei den Z-Baum-Modellen mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen viel ausgeprägter. Kaum in Erscheinung treten kontinuierliche Erlösströme zu früheren

Zeitpunkten oder aber in einer attraktiven Größenordnung, beispielsweise jenseits der 1.000 €-Grenze im Mittel pro Jahr und Hektar innerhalb eines Jahrzehnts.



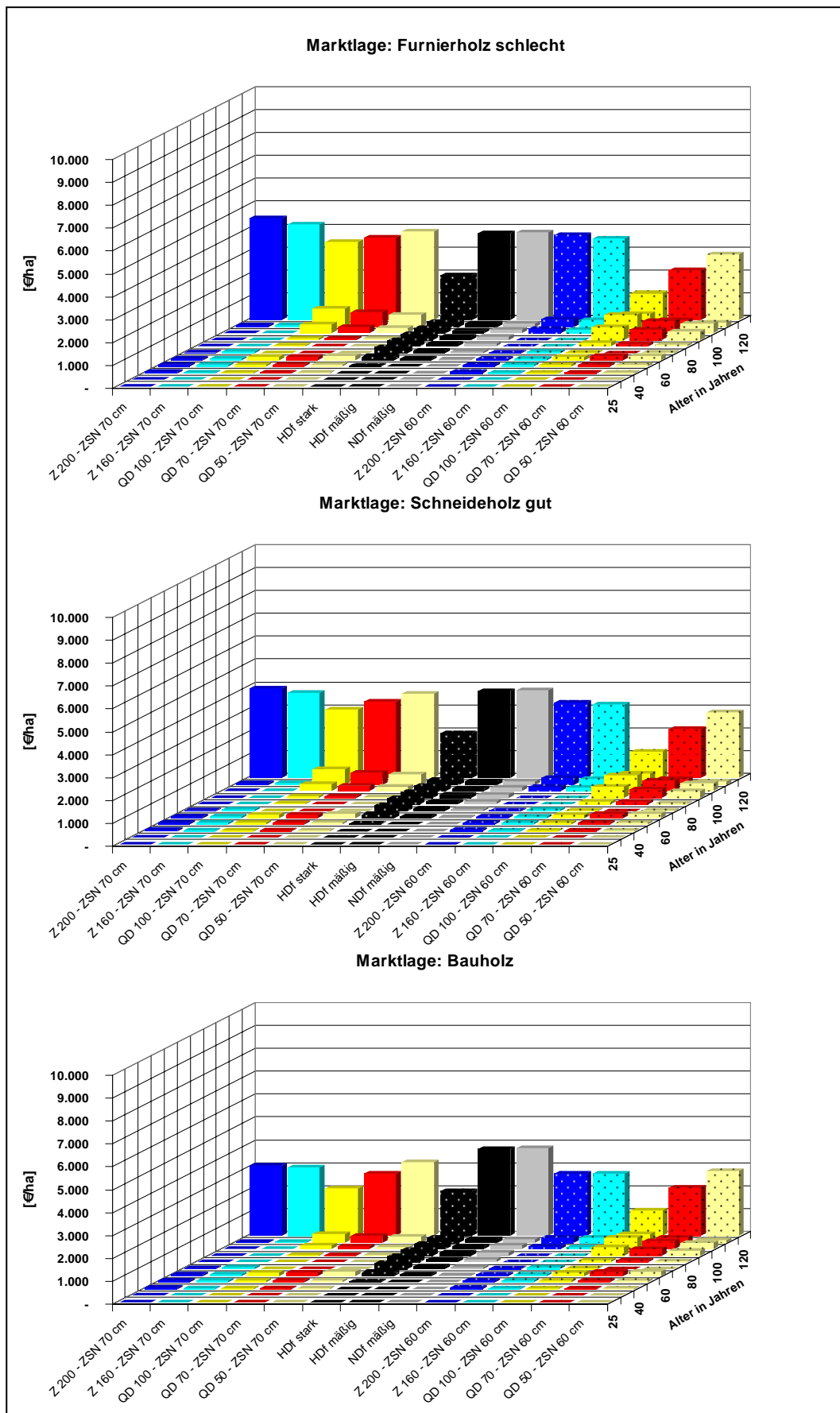
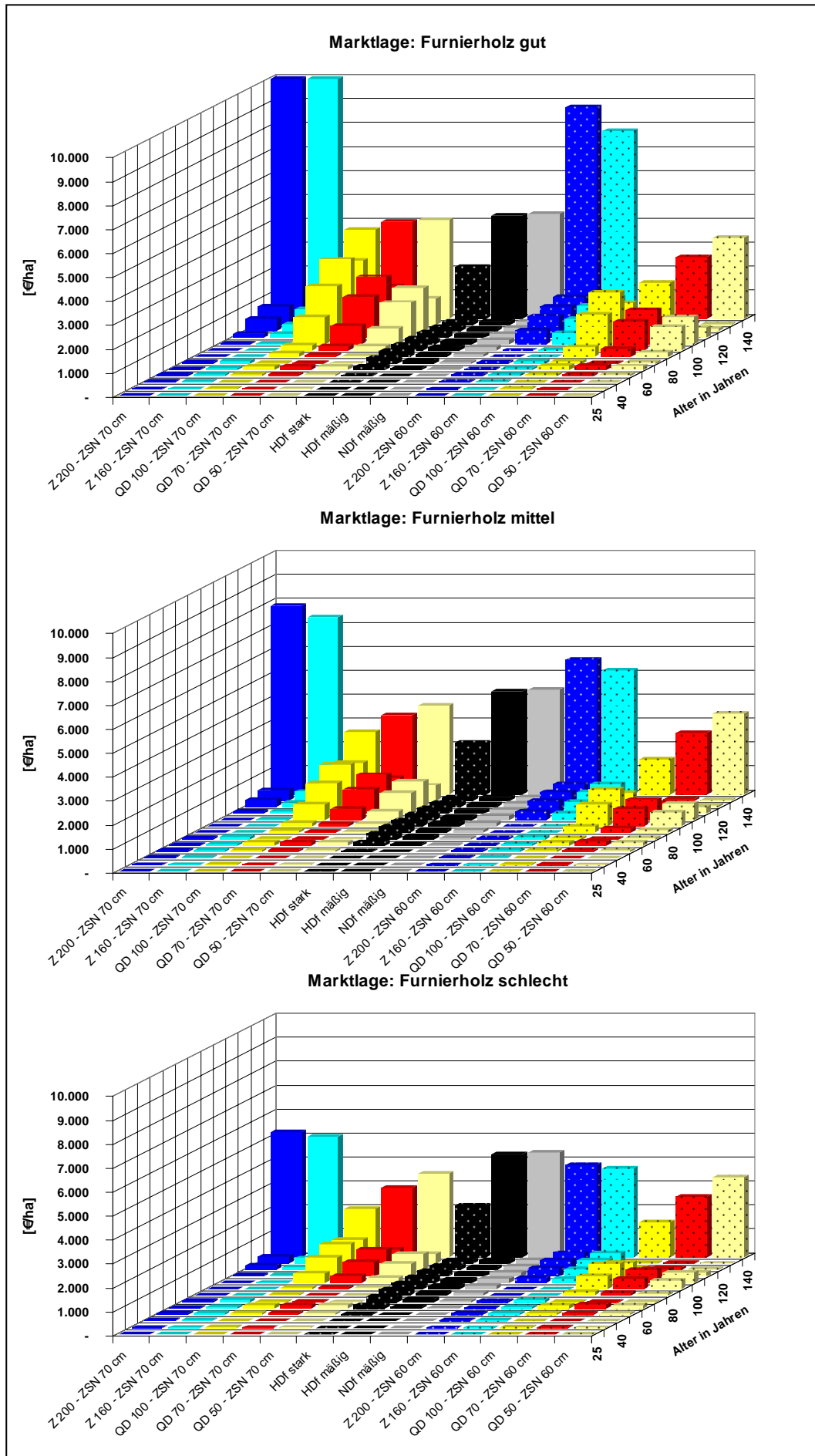


Abbildung 71: Mittlere jährliche Erlöse im Jahrzehnt in €/ha für eine Produktionsdauer von 120 Jahren



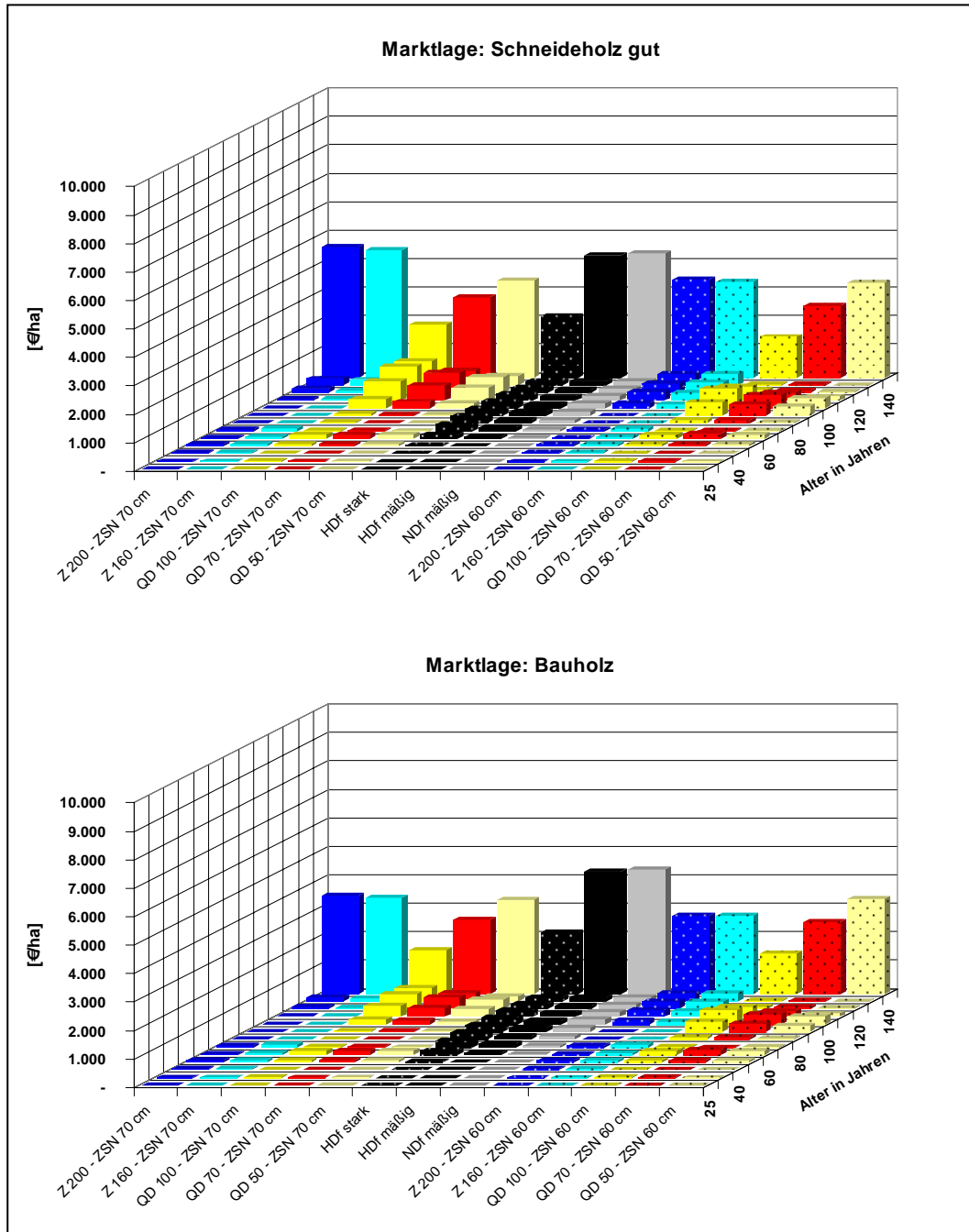


Abbildung 72: Mittlere jährliche Erlöse im Jahrzehnt für eine Produktionsdauer von 140 Jahren

Folglich kann festgestellt werden,

- dass die QD-Varianten bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren und einer Zielstärke von 60 cm Erlöse zeitlich früher und auch auf einem höheren finanziellen Niveau realisieren als die Vergleichsvarianten mit 160 und 200 Z-Bäumen bzw. die Z-Baum freien Modelle, aber

- das Gesamterlösniveau niedriger ist als bei den Z-Stammzahl reicheren Referenzmodellen, die allerdings erst am Ende der Produktionsdauer eine Realisation der Erlöse erlauben.

Gleiches gilt weitgehend auch für die Betrachtung aller Varianten mit einer Zielstärke von 70 cm, deren Erlösniveau vor Erreichen des Endzeitpunktes der Produktionsdauer durchgängig niedriger ist, wobei der Erlössprung bei Beendigung der Produktion und Liquidation des Endbestandes dann noch ausgeprägter in Erscheinung tritt.

Bei einer Produktionsdauer von 140 Jahren ist es im Vergleich zur höheren Zielstärke wiederum die Zielstärke von 60 cm, die zu früheren Finanzrückflüssen führt, allerdings werden bei den 70 cm-Varianten etwa 20 Jahre später deutlich höhere Vorerlöse erzielt, sofern es sich dabei um Varianten des Konzeptes QD handelt.

Im Vergleich dazu fast ausbleibende Vorerlöse und folglich die Konzentration der Erlösoptionen auf den Endzeitpunkt der Produktion kennzeichnet auch bei dem längeren Produktionszeitraum von 140 Jahren die Z-Baum-Referenzen mit 160 und 200 Z-Bäumen, umso mehr, wenn sie auf die größere Zielstärke von 70 cm ausgerichtet sind. Die Ausnahme davon bilden die entsprechenden Varianten mit 60 cm Zielstärke.

### **6.3.4 Kosten**

Nachdem als erster Themenbereich der monetären Ergebnisse die Erlössituation beim Holzverkauf in verschiedenen Facetten behandelt wurde, gilt es in einem nächsten Schritt auf die Kostenseite der verschiedenen waldbaulichen Behandlungsmuster einzugehen, um hiermit die Voraussetzung zu schaffen, in einem abschließenden Themenblock die erwarteten Deckungsbeiträge zu präsentieren.

Abbildung 73 skizziert die kumuliert dargestellten Gesamtkosten je Variante, getrennt nach den Kosten verursachenden Teilkollektiven innerhalb der Modellbestände in €/ha für die jeweils gesamte Produktionsdauer. In Abbildung 74 werden diese Kosten auf den durchschnittlichen Erntefestmeter umgelegt, wobei hier eine Unterscheidung nach Teilkollektiven entfällt.

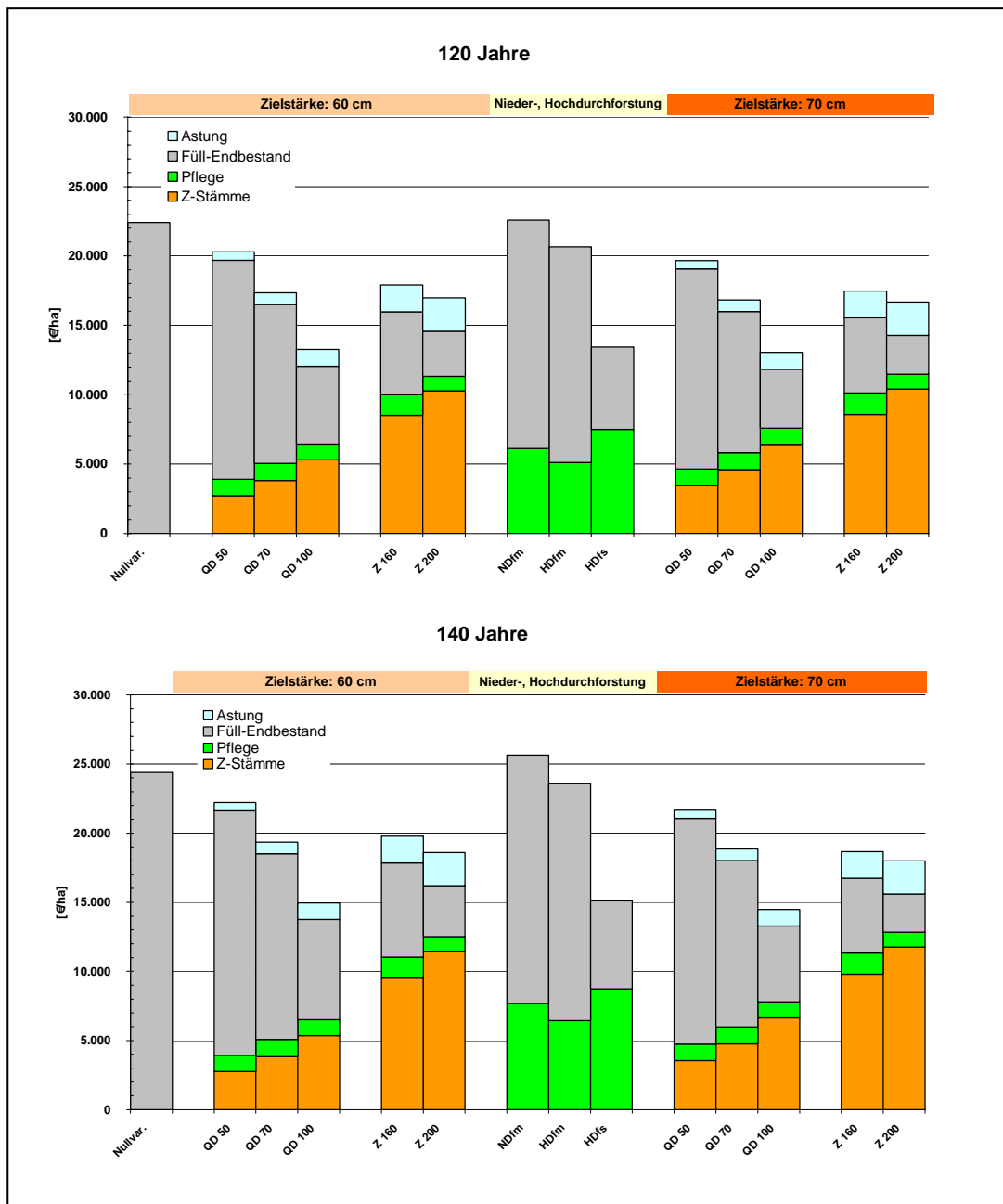


Abbildung 73: Kumulierte Kosten pro Hektar nach 120 bzw. 140 Jahren Produktionsdauer aufgeteilt auf die Kosten verursachenden Teilkollektive der Modellbestände



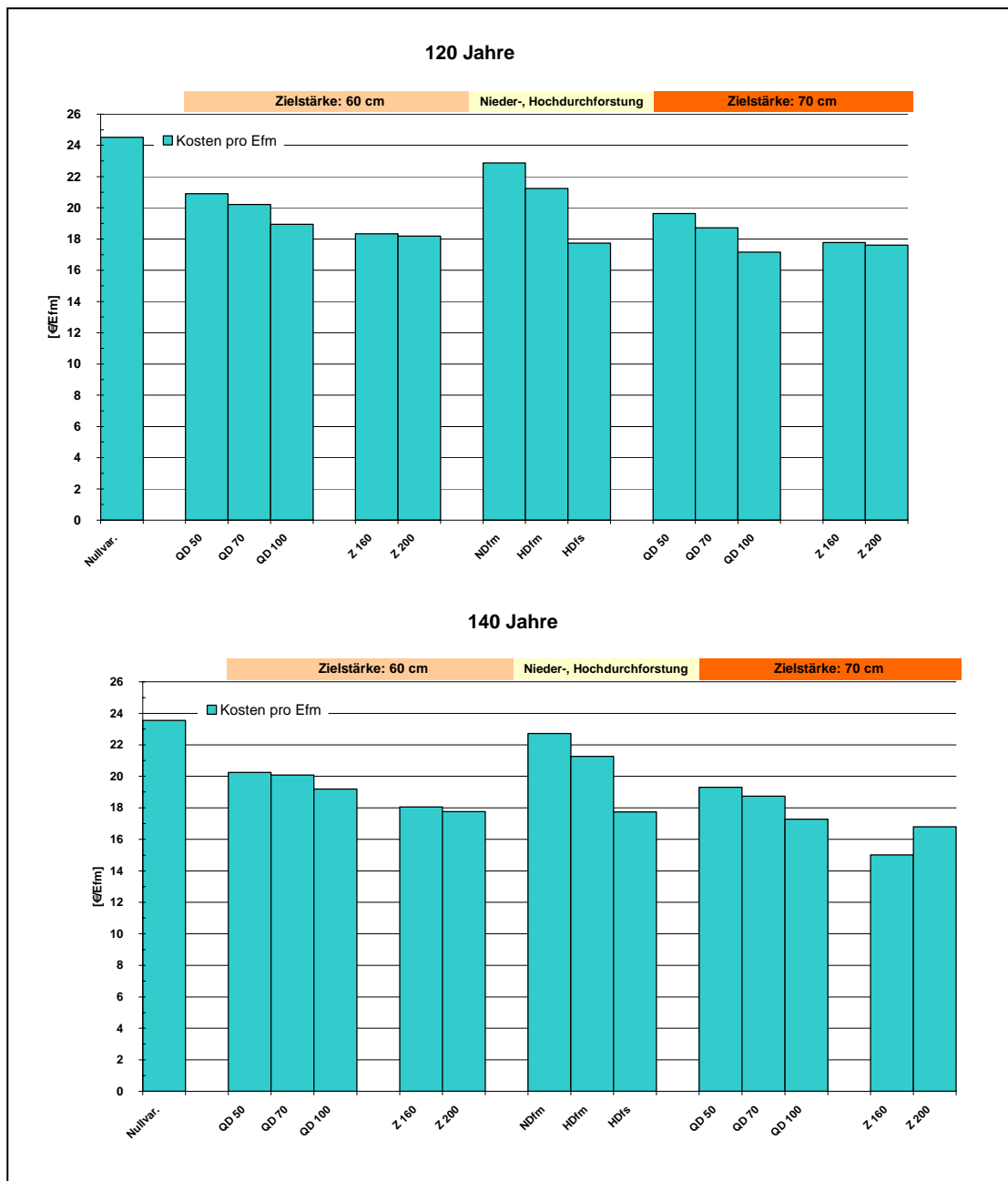


Abbildung 74: Kosten pro Erntefestmeter hergeleitet über die kumulierten Gesamtkosten im Rahmen der Produktionszeit von 120 oder 140 Jahren sowie für alle Teilkollektive der Modellbestände summarisch zusammengefasst

Eine Ergebnisunterscheidung nach den Preisszenarien für das Wertholz entfällt, da die Kosten logischerweise eine davon unabhängige Größe sind. Sie beziehen sich ausschließlich auf die anfallenden Holzmengen, virtuellen Stückmassen und ihre Bereitstellung sowie auf die Kosten der Astung bei den Wertholz produzierenden Varianten.<sup>104</sup>

<sup>104</sup> Die Kosten sind reine variable Kosten, die im Zusammenhang mit simulierten Pflege- und Erntemaßnahmen in den Beständen entstehen. Fixkostenbestandteile oder Kosten für Bestandesbegründung und Jungbestandspflege sind durchgängig nicht in die Berechnung eingegangen, v.a. deshalb, weil sie

Die Gesamtkosten sind bei der Nullvariante (ausschließlich Abtrieb am Ende des Produktionszeitraums) und den konservativen Waldbaummodellen „mäßige Nieder- und Hochdurchforstung“ am größten. Dies ist erklärlich, da diese Varianten einerseits über den höchsten Anteil an zu nutzendem Holz verfügen, andererseits eine eher ungünstige Stückmassenverteilung aufweisen, wofür die bereits vorgestellten Stärkeklassenverteilungen ein Beleg sind. Denn hier treten vergleichsweise geringere nutzbare Stärkeklassen auf, was unmittelbar mit einer geringeren durchschnittlichen Stückmasse korreliert. Vor dem Hintergrund des bekannten Stückmassengesetzes bedeutet dies eine geringere technische Arbeitsproduktivität und somit höhere Stückkosten und bei größerer Nutzungsmenge auch höhere Gesamtkosten. Darüber hinaus ist auffällig, dass die Z-Baum-Varianten steigende Gesamtkosten mit abnehmender Z-Stammzahl pro Hektar hervorbringen, wobei die QD-Varianten einerseits oberhalb, andererseits unterhalb der Z-Baum-Vergleichsvarianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen abkommen (vgl. Abbildung 73). Bei den QD-Modellen wird der Grund dafür aus Abbildung 73 ersichtlich. Der zunehmende Füll-Endbestand bei abnehmender Anzahl an Z-Bäumen ist der Hauptkostentreiber bei diesen Varianten. Hier gilt dann dieselbe Erklärung wie zuvor für die Nullvariante bzw. die mäßige Nieder- und Hochdurchforstung, denn der Füll-Endbestand ist überwiegend durch schwächer dimensionierte Bäume gekennzeichnet. Je mehr Z-Bäume vorhanden sind, desto höher ist auch ihr Kostenanteil. Der Rückgang der Kosten für den Füll-Endbestand ist dann jedoch so deutlich ausgeprägt, dass er den Kostenanstieg des Z-Baum-Kollektivs kompensiert. Die anteiligen Astungskosten sind generell betrachtet eher nachrangig, wobei unmittelbar nachzuvollziehen ist, dass sie steigen, je mehr Z-Bäume/ha vorhanden sind. Die Kosten für Pflegemaßnahmen sind bei den QD-Varianten ebenfalls eine scheinbar vernachlässigbare Größe. Hier kommt allerdings die schon erwähnte „Verzerrung“ durch die Definition der Pflegephase bei diesen Waldbaummodellen zum Tragen, die bereits in einem Alter von 60 Jahren enden soll. Entstehende Kosten für danach stattfindende Zielstärkenentnahmen werden bereits dem Teilkollektiv der Z-Bäume zugerechnet. Bei diesen Kollektiven steigen erwartungsgemäß die Gesamtkosten, je mehr Z-Bäume im Produktionsprozess vorhanden sind. Letztlich ergeben sich also die Gesamtkosten aus dem Zusammenspiel der Kostenentwicklung der einzelnen Kosten verursachenden Teilkollektive der Modellbestände und ihrer typischen Kosten beeinflussenden Faktoren, v. a. der jeweiligen durchschnittlichen Stückmassen bzw. der Sortimentsstruktur und der anfallenden Mengen.

---

unabhängig vom hier anzustellenden Vergleich zwischen den unterschiedlichen waldbaulichen Behandlungen sind. Eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals erfolgte nicht.

Aufgrund unterschiedlicher nutzbarer Gesamtmengen verschieben sich die Relationen zwischen den Varianten graduell, wenn eine Umrechnung auf den Erntefestmeter erfolgt. Höhere Anteile stärkeren Holzes an der nutzbaren Gesamtmenge wie v. a. bei den Z-Stammzahl reichen Varianten Z 160 und Z 200 bewirken die niedrigsten Kosten pro Erntefestmeter. Je geringer dieser Anteil durch die Abnahme der Anzahl an Z-Bäumen/ha wird, desto größer wird die Kostenbelastung/Efm. Es bildet sich also ein Gradient der Kostenzunahme von Z 160 bzw. Z 200 zu QD 50 aus, an den sich fast „nahtlos“ die konservativen Behandlungsmuster und die Nullvariante anschließen.

### **6.3.5 Deckungsbeiträge**

Nachdem zuvor die Erlössituation erläutert und die Kostenseite inklusive der Astungskosten beleuchtet wurde, ist es nun möglich, die unterschiedlichen Deckungsbeitragsoptionen der untersuchten Varianten vorzustellen<sup>105</sup>. Dabei wird darstellungstechnisch wiederum mit den summarischen Ergebnissen bezogen auf einen Hektar begonnen. Abbildung 75 zeigt diese Ergebnisse in Abhängigkeit der unterstellten Preisszenarien für die Wertholzanteile und einer Produktionsdauer von 120 und 140 Jahren.

---

<sup>105</sup> Hinweis: Auf der Kostenseite wurden folglich ausschließlich direkte Kosten berücksichtigt, d.h. Holzernte- und Astungskosten. Andere Kostenkomponenten kommen nicht zum Tragen. Die Berücksichtigung einer Verzinsung erfolgte auch hier nicht.

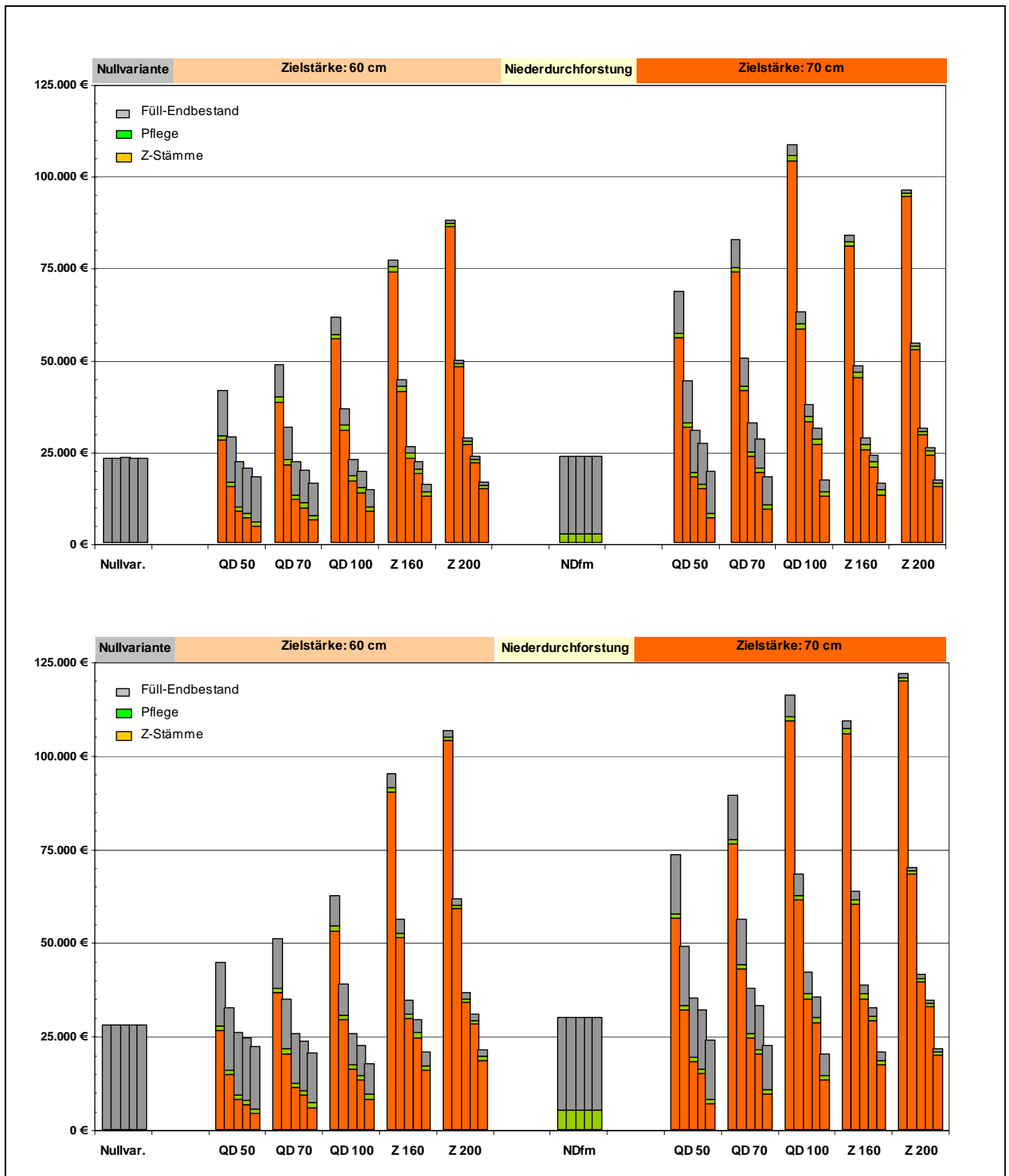


Abbildung 75: Kumulierte Deckungsbeiträge pro Hektar nach einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

Die Abfolge der Balken jeweils vom besten zum schlechtesten Ergebnis entspricht der Abfolge „Furnierholzpreis gut“ bis „nur noch Bauholzpreis“ (vgl. Kapitel 5.3.2).

Beim Vergleich der Abbildung 68 mit der hier betrachteten Abbildung 75 fällt auf, dass es zu keinen wesentlichen Verschiebungen in der Reihenfolge der Ergebnisse gekommen ist. D. h.

die „Spitzenposition“ von QD 100 mit einer Zielstärke von 70 cm und einer Produktionsdauer von 120 Jahren hat sich ebenso wenig verändert wie das weitgehende „Gleichziehen“ der beiden Varianten QD 100 und Z 200 bei einer Produktionszeit von 140 Jahren, einer Zielstärke von 70 cm BHD und einer guten Furnierholzmarktlage.

Somit können die Ausführungen zu der Abbildung 68 auch auf die hier gezeigten Sachverhalte übertragen werden. Dass sich keine wesentlichen Änderungen in der bekannten Reihenfolge ergeben haben, ist bei Betrachtung der Kostenergebnisse im vorhergehenden Kapitel auch nicht überraschend, denn die bereits bei der Präsentation der Erlösergebnisse am besten abschneidenden Varianten sind auch diejenigen, welche die geringsten Kosten verursachen (vgl. Abbildungen 73 und 74). Durch die Deckungsbeitragsergebnisse werden die bisherigen Feststellungen nicht negiert, sondern im Gegenteil sogar gefestigt. Sie erlangen vor dem Hintergrund der Problemstellung der vorliegenden Arbeit und der hier verwendeten Methodik einen durchaus entscheidungsrelevanten Charakter, der in der Diskussion der Ergebnisse noch zu kommentieren sein wird. Dieser „Charakter“ soll durch einige weitere Ergebnispräsentationen unterstrichen werden. Deshalb zeigt die kommende Abbildung 76 die möglichen Deckungsbeiträge der verschiedenen waldbaulichen Modelle bezogen auf einen Erntefestmeter. Einer gesonderten Erörterung dieser Abbildungen bedarf es allerdings nicht mehr.

Anschließend werden die Ergebnisse zur dGz-Wert-Entwicklung auf der Grundlage der ermittelten Deckungsbeiträge und zur Entwicklung der mittleren jährlichen Deckungsbeiträge im Zeitverlauf vorgestellt. Auch dies geschieht in erster Linie deshalb, um der bisherigen Systematik der Ergebnispräsentation zu folgen und damit die vorliegende Arbeit inhaltlich geschlossen zu gestalten sowie die Feststellungen, die bisher abgeleitet wurden, zu festigen.

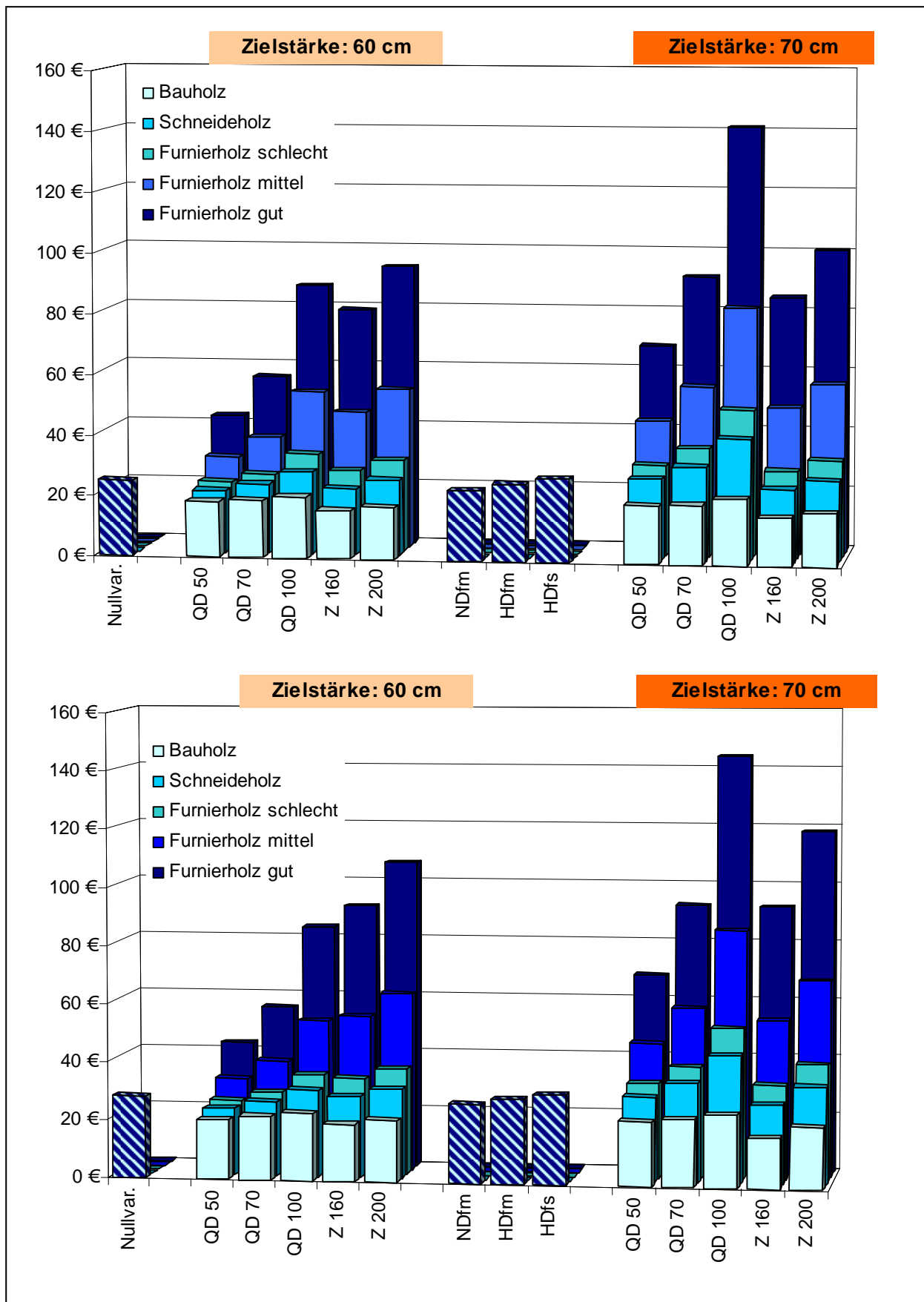
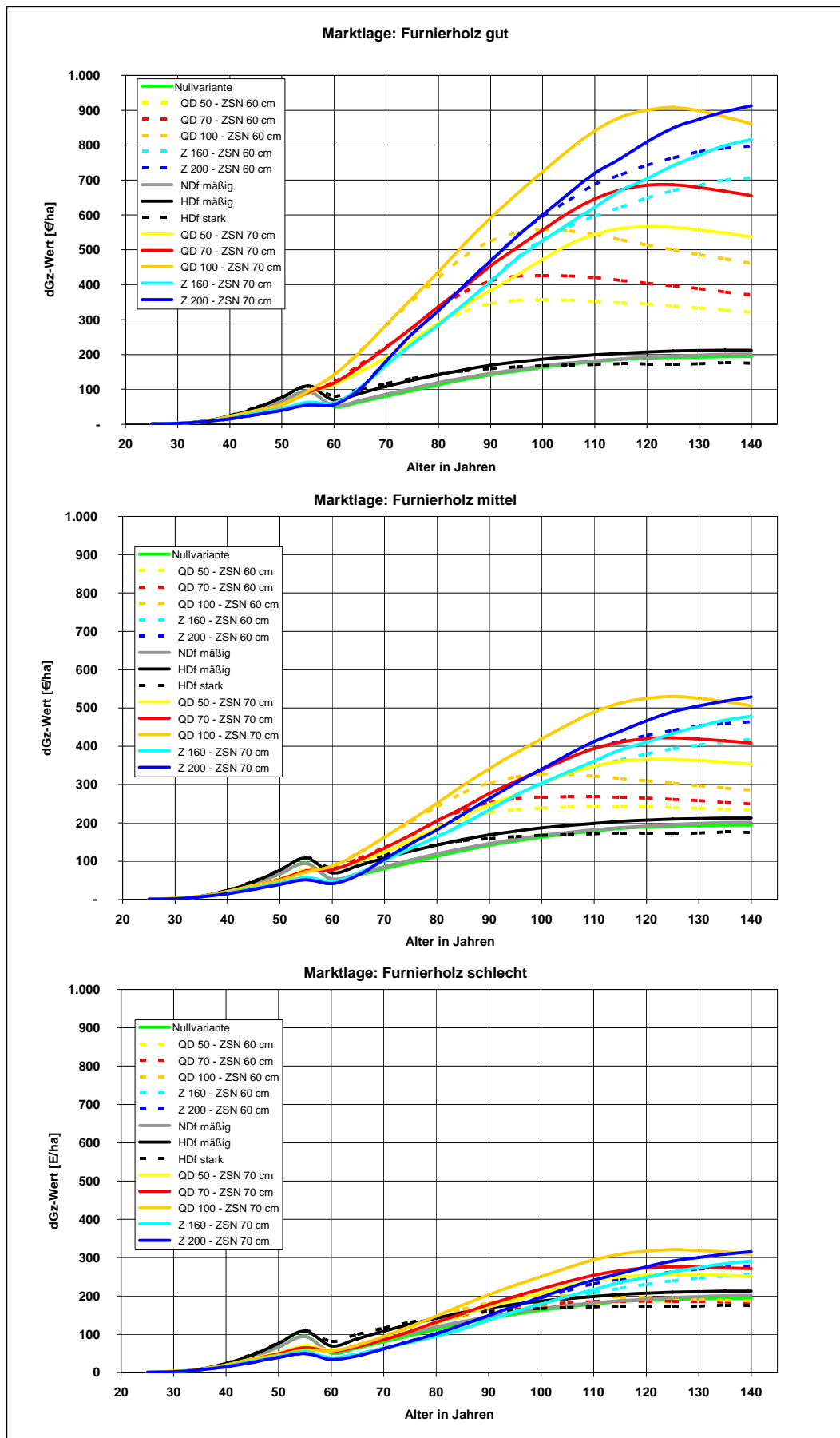


Abbildung 76: Kumulierte, durchschnittliche Deckungsbeiträge pro Erntefestmeter nach einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) und 140 Jahren (unten)

### 6.3.6 Durchschnittliche Gesamtwertzuwächse auf der Basis der Deckungsbeiträge



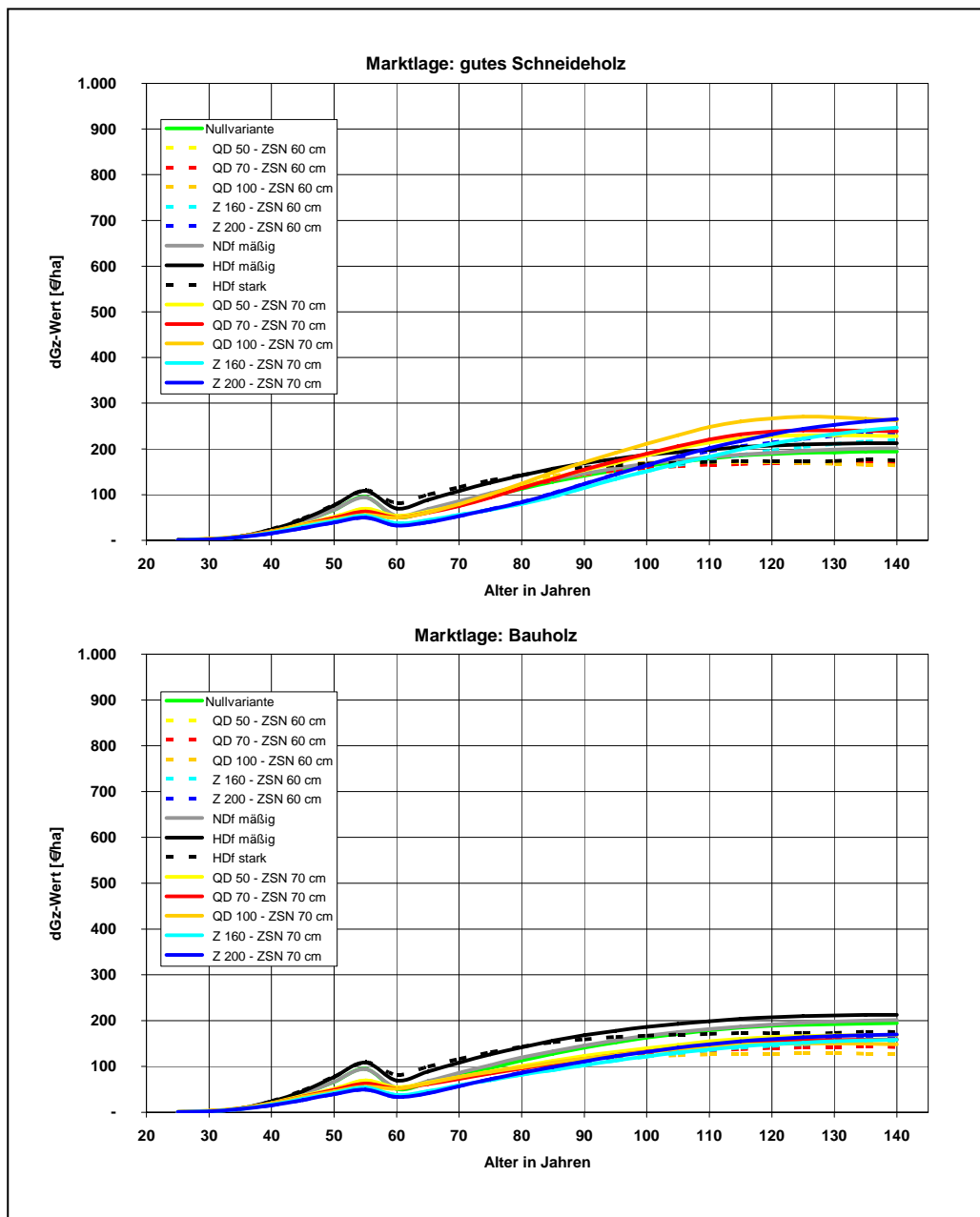
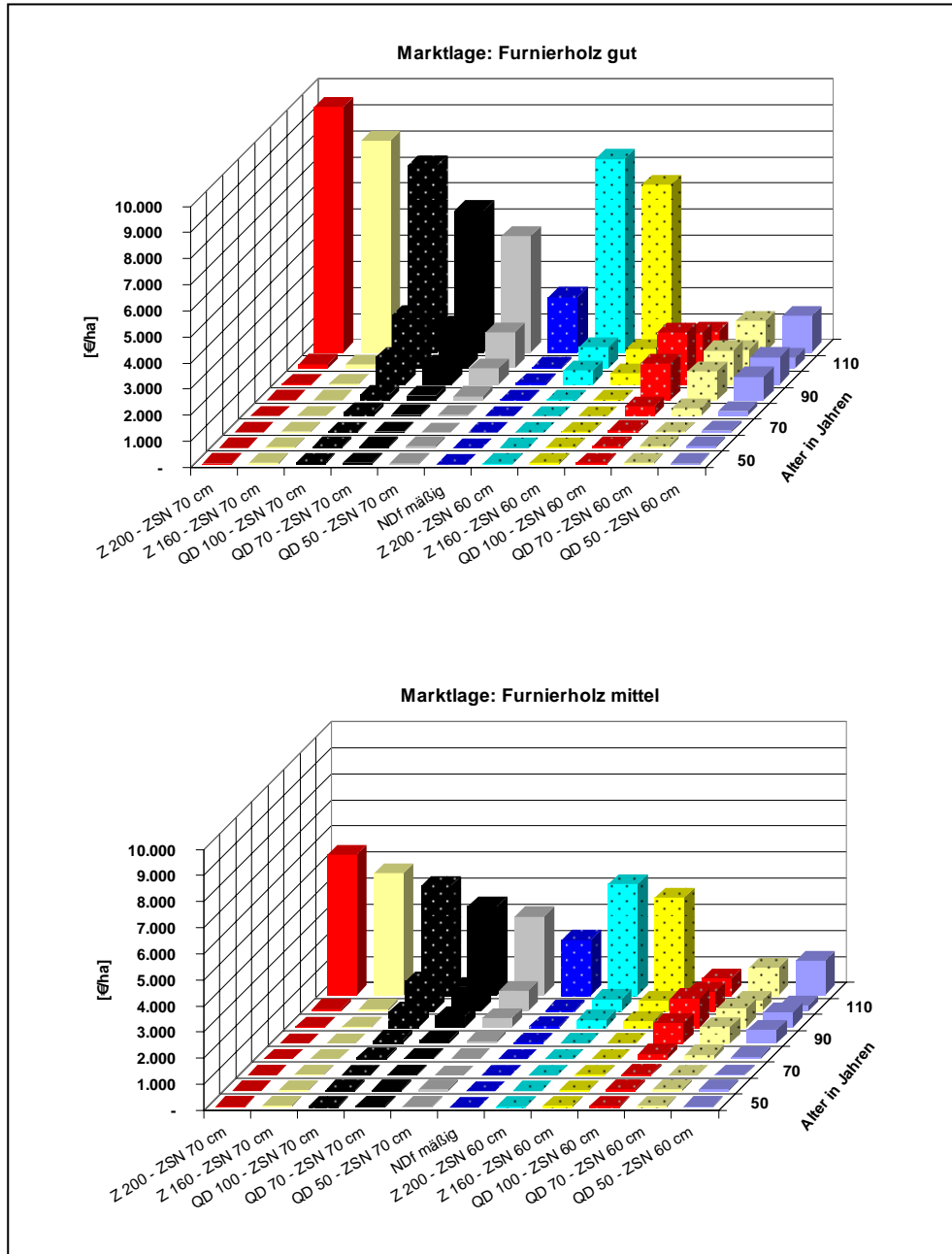


Abbildung 77: Entwicklung des dGz-Wert auf der Grundlage der Deckungsbeiträge

Die Ausführungen zur Abbildung 70 können auf die vorstehende Abbildung übertragen werden. Allerdings muss auf die erkennbare leichte „Delle“ hingewiesen werden, die im Alter 60 auftritt, eine Delle, die vor allem bei den nicht Z-Baum geprägten Varianten hervorsteht, insbesondere je schlechter das angenommene Preisszenario wird. Diese „Delle“ ist eine unmittelbare rechentechnische Folge der erwähnten Annahmen zu den Holzerntekosten, nämlich der voll mechanisierten Aufarbeitung bis zu einem Alter von 60 Jahren. Dementsprechend wurden auch durchschnittlich angenommene Kosten einer voll



mechanisierten Holzernte pro Erntefestmeter in die Kostenkalkulation integriert. Danach, d. h. ab einem Alter von 60 Jahren, wurden stets Kosten gemäß EST unterstellt.



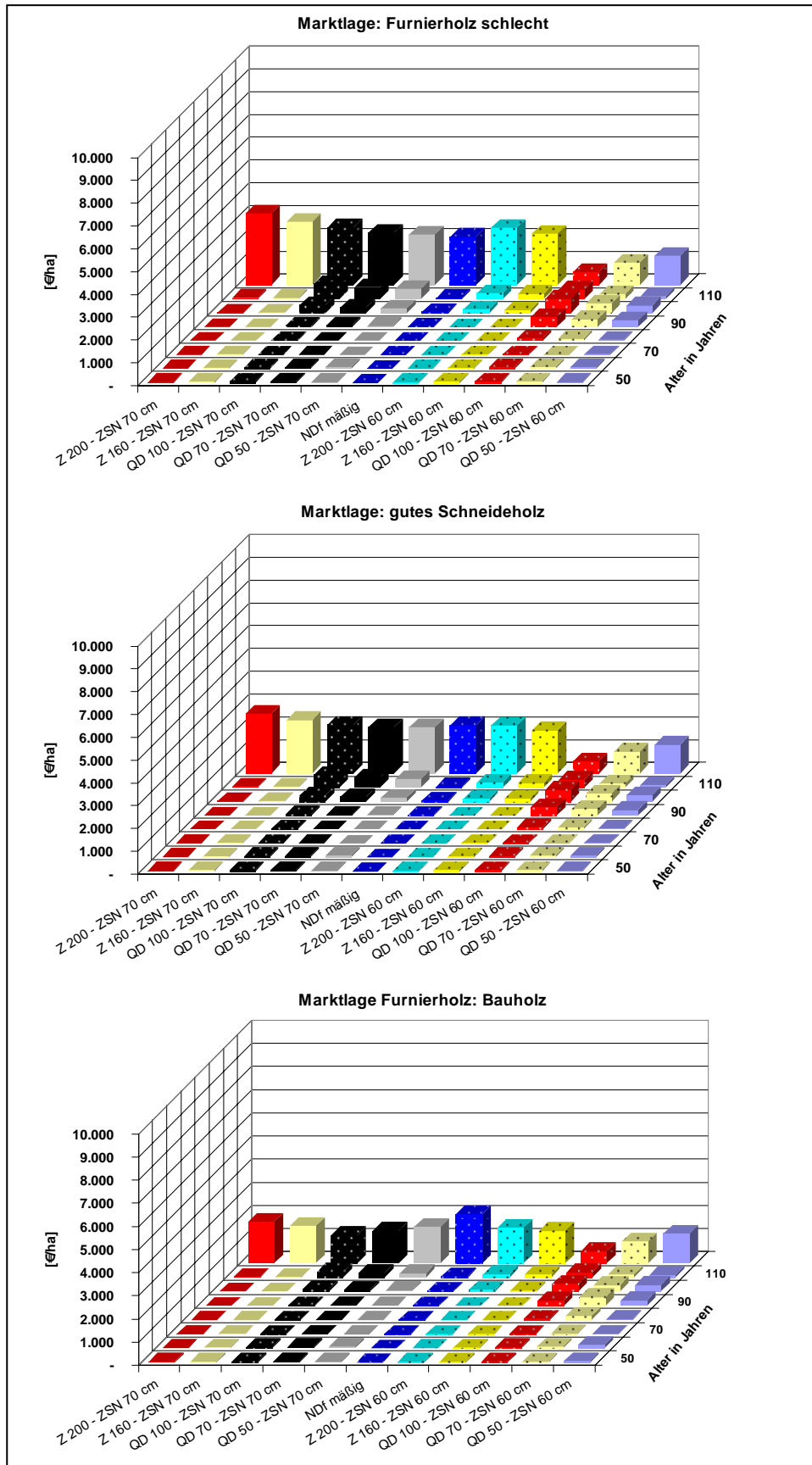
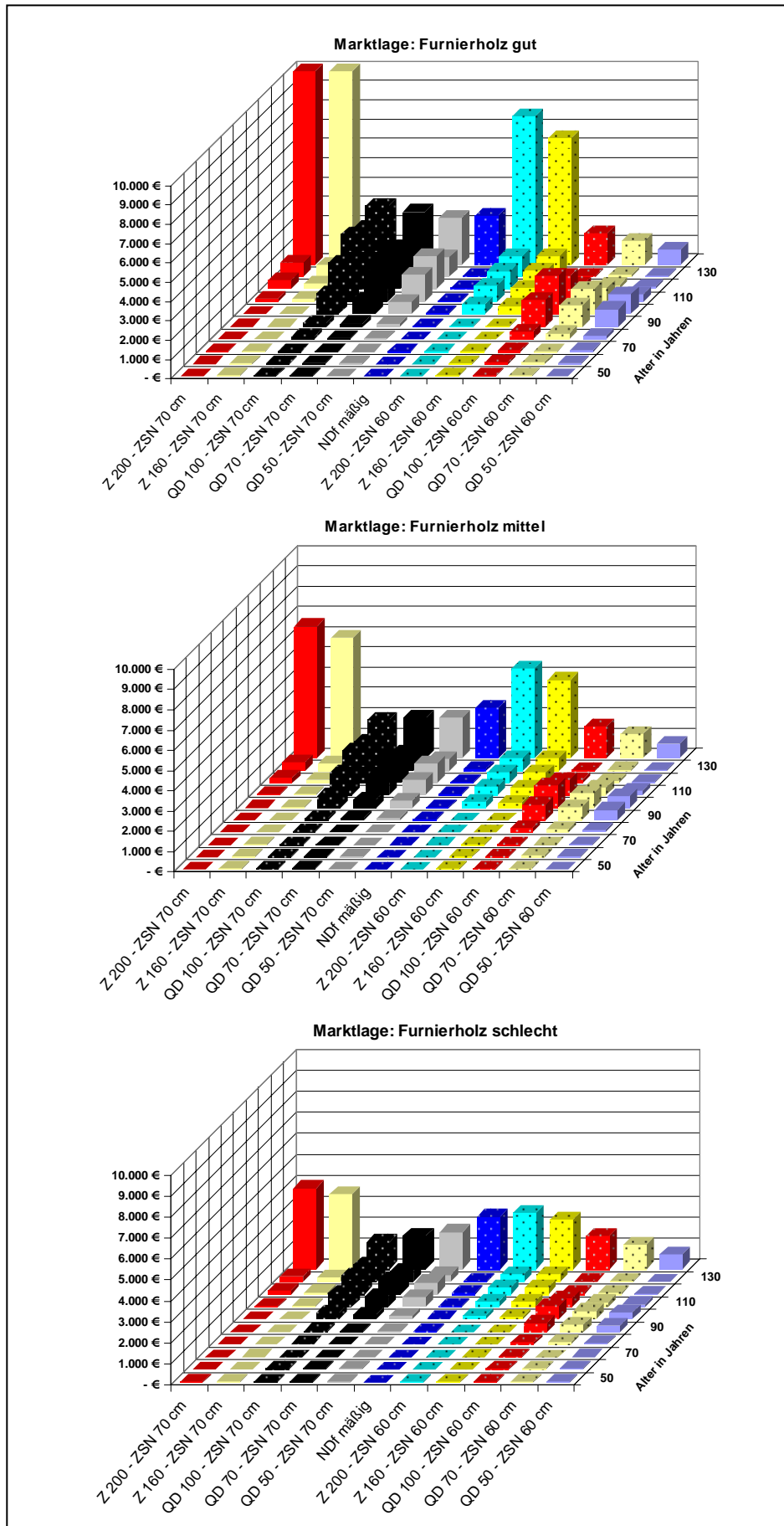


Abbildung 78: Mittlere jährliche Deckungsbeiträge im Jahrzehnt für eine Produktionsdauer von 120 Jahren



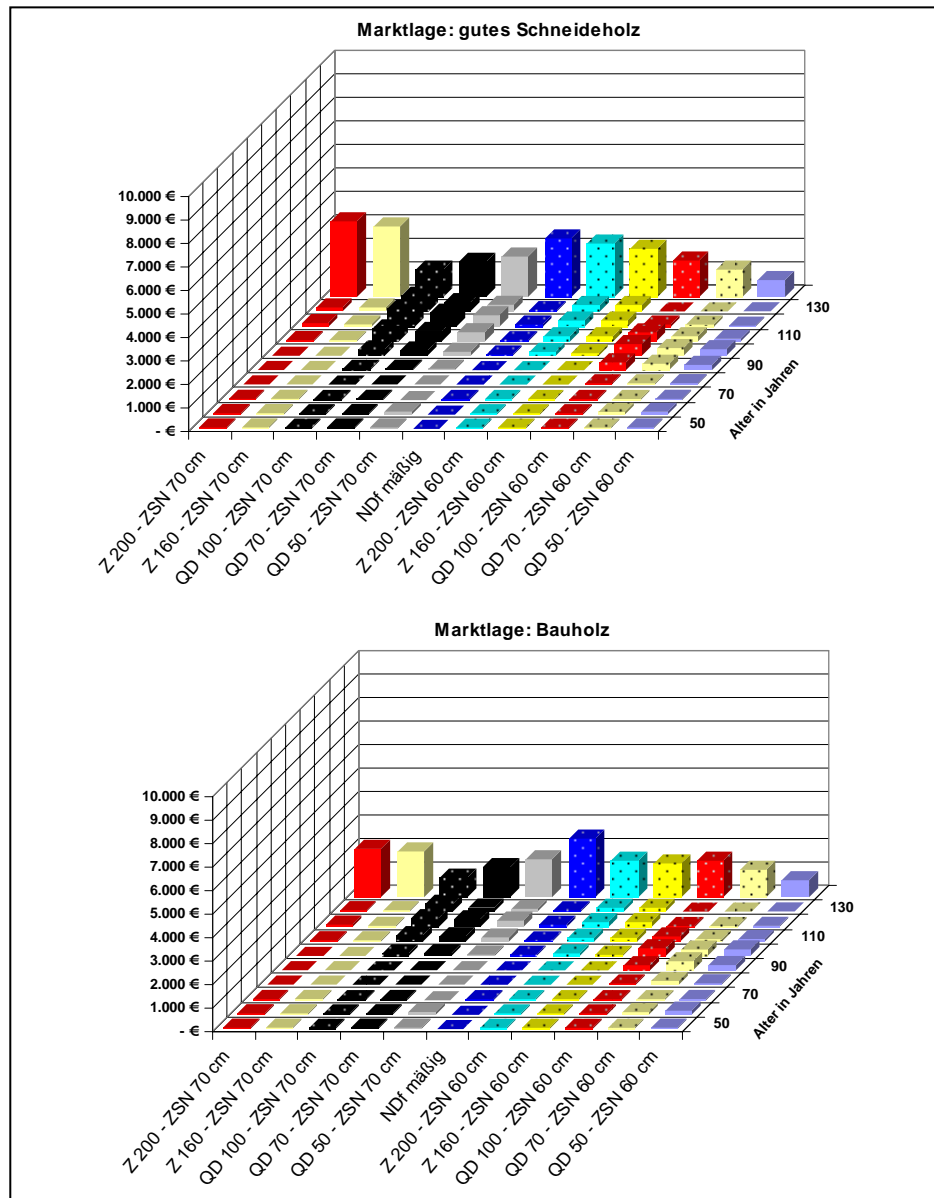


Abbildung 79: Mittlere jährliche Deckungsbeiträge im Jahrzehnt für eine Produktionsdauer von 140 Jahren

Im Nachhinein zeigt sich nun, dass bei der Zusammenführung der Erlös- und der Kostenwerte im Rahmen der Berechnungen der Deckungsbeiträge und der Übertragung dieser Werte als dGz-Angaben über der Zeitachse es nach der Berücksichtigung der EST-Kosten vom Alter 60 an bei etlichen Varianten zu kurzzeitigen „Gewinneinbrüchen“ kommt. Dabei handelt es sich überwiegend um die Waldbaumodelle, die eher als „erlösschwach“ und „kostenintensiv“ zu kennzeichnen sind oder aber innerhalb deren die Z-Baum-Kollektive „pflegeintensiver“ auftreten. Dies sind in erster Linie die Z-Stammzahl reichen Varianten Z 160 und Z 200. Die „Delle“ selbst ist eine Folge des Zusammenspiels der Kosten- und Erlössituation zum Zeitpunkt 60. Schlagartig höhere Kosten zu diesem Zeitpunkt aufgrund der simulierten

Umstellung von voll mechanisierter Holzernte auf das teurere motormanuelle Standardarbeitsverfahren nach EST und die bei einer in diesem Alter je nach Variante noch relativ ungünstige Erlösoption aufgrund geringerer Stückmassen und weniger wertschöpfender Güteklassenanteile im ausscheidenden Bestand bedingen den „Einbruch“ bei den Deckungsbeiträgen, der sich in der Abbildung 77 grafisch als „Delle“ zeigt. Wäre die vollmechanisierte Holzernte mit ihrer normalerweise besseren Kostenstruktur bei der Nadelholzernte, v. a. bei geringen und mittleren Stückmassen, simulationstechnisch bis in etwas höhere Bestandesalter fortgeführt worden, wäre die „Delle“ wahrscheinlich gar nicht in Erscheinung getreten oder aber in schwächer ausgeprägter Form. Folglich würden sich auch die diesbezüglich zuvor angesprochenen Varianten besser präsentieren, d.h. höhere dGz-Werte erzielen, wenn die rechentechnisch künstlich erzeugte „Delle“ verhindert worden wäre.

### **6.3.7 Mittlere jährliche Deckungsbeiträge innerhalb der Produktionszeit**

Abschließend zeigen die Abbildungen 78 und 79 die zeitliche Entwicklung der mittleren jährlichen Deckungsbeiträge, jeweils berechnet als Durchschnittsbildungen innerhalb der einzelnen Jahrzehnte.

### **6.3.8 Waldrentierungswert**

Mit dem Modell der Waldrente wird der virtuell behandelte Modellhektar erweitert auf eine ewig wiederkehrende Nutzung innerhalb eines Waldbaukonzeptes. Für jedes waldbauliche Konzept wurden Waldrentierungswerte berechnet. Dabei wurden jeweils für die Umtriebszeiten von 120 und 140 Jahren zwei moderate kalkulatorische Zinsfüße von 1,5 % und 3 % angenommen.<sup>106</sup> Wie auch im Rahmen aller anderen Berechnungen erfolgte lediglich eine Variation der Wertholzpreise. Dadurch konnte auch für den Waldrentierungswert als einer möglichen Bewertungsgröße für die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einzelner waldbaulicher Konzepte die Sensitivität auf die Veränderung der Preisoptionen überprüft werden. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die diesbezüglichen Ergebnisse, getrennt nach den angenommenen Zinsfüßen.

Es zeigt sich einerseits der Einfluss des kalkulatorischen Zinsfußes, sofern ein höherer Zins gewählt wird. Die Waldrentierungswerte sinken berechnungsbedingt. Zudem offenbart sich,

---

<sup>106</sup> Vgl. OESTEN, ROEDER 2002: 203, 211.

ebenfalls nicht unerwartet, dass sich eine höhere Umtriebszeit zugunsten der Varianten mit höherer Stammzahlhaltung bei den Z-Bäumen (Z 160 und Z 200) auswirkt. Dieser „Nachholeffekt“ konnte bereits bei vorhergehenden monetären Auswertungsebenen erkannt werden. Ansonsten führt die Berechnung der Waldrentierungswerte nicht zu neuen Erkenntnissen hinsichtlich der Reihenfolge der ökonomischen Ergebnisse der verschiedenen waldbaulichen Konzepte. Auch hier zeigt sich zudem, dass erst ab einer Marktlage „Sägeholz“ oder geringwertiger, die Z-Baum-Modelle überwiegend unterhalb der Werte der konservativen Referenzmodelle rangieren. Die Marktlage „schlecht“ zeigt ein solchermäßen geringeres Abschneiden für die QD-Modelle, falls die Zielstärke nur 60 cm betragen soll.

Sofern ausschließlich eine Auswahlentscheidung im Rahmen der QD-Modelle zu treffen ist, spricht auch aus Sicht der Waldrentierungswerte nichts gegen die bisher erkennbare Wahl der Variante QD 100 mit einer Zielstärke von 70 cm und einer Produktionsdauer von 120 Jahren. Jedoch wird bei weiter gefasster Betrachtung der Ergebnisse auch hier deutlich, dass die Z-Baum-Modelle mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen durchaus beachtlich abschneiden. Bei kleinerem Zieldurchmesser sind sie, wie auch bereits mehrfach zuvor erkennbar, im Ergebnis herausragend. Bei einem Zieldurchmesser von 70 cm bezogen auf die Z-Bäume und einer Produktionsdauer von 140 Jahren belegt Z 200 ebenfalls die Spitzenposition bei den Waldrentierungswerten. Aber selbst bei einer kürzeren Produktion von nur 120 Jahren können die herkömmlichen Z-Baum-Referenzvarianten mithalten<sup>107</sup>, insbesondere dann, wenn auch hier berücksichtigt wird, dass die dargestellten Ergebnisse nicht als „Punktlandungen“ verstanden werden dürfen, sondern unter Berücksichtigung von in ihrer Ausprägung letztlich unbekanntem „Streubereichen“ bestimmte „Größenordnungen“ wieder geben, die als Ergebnisse erwartet werden können.

---

<sup>107</sup> Diese Aussage gilt umso mehr, wenn bedacht wird, dass das zuvor im Kapitel 6.3.6 beschriebene Phänomen der rechen-technisch bedingten „Delle“ auf der Kostenseite und somit auch auf der Deckungsbeitragsseite in der Realität so nicht eintreten muss und unter praktischen Gesichtspunkten der Holzernte, die heute eine Vollmechanisierung auch nach einem Bestandesalter von 60 Jahren zulässt, wohl auch nicht eintreten wird. Dementsprechend würden vor allem auch die Z-Stammzahl reicheren Varianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen zu besseren Ergebnissen bei den Deckungsbeiträgen und auch den Waldrentierungswerten führen.

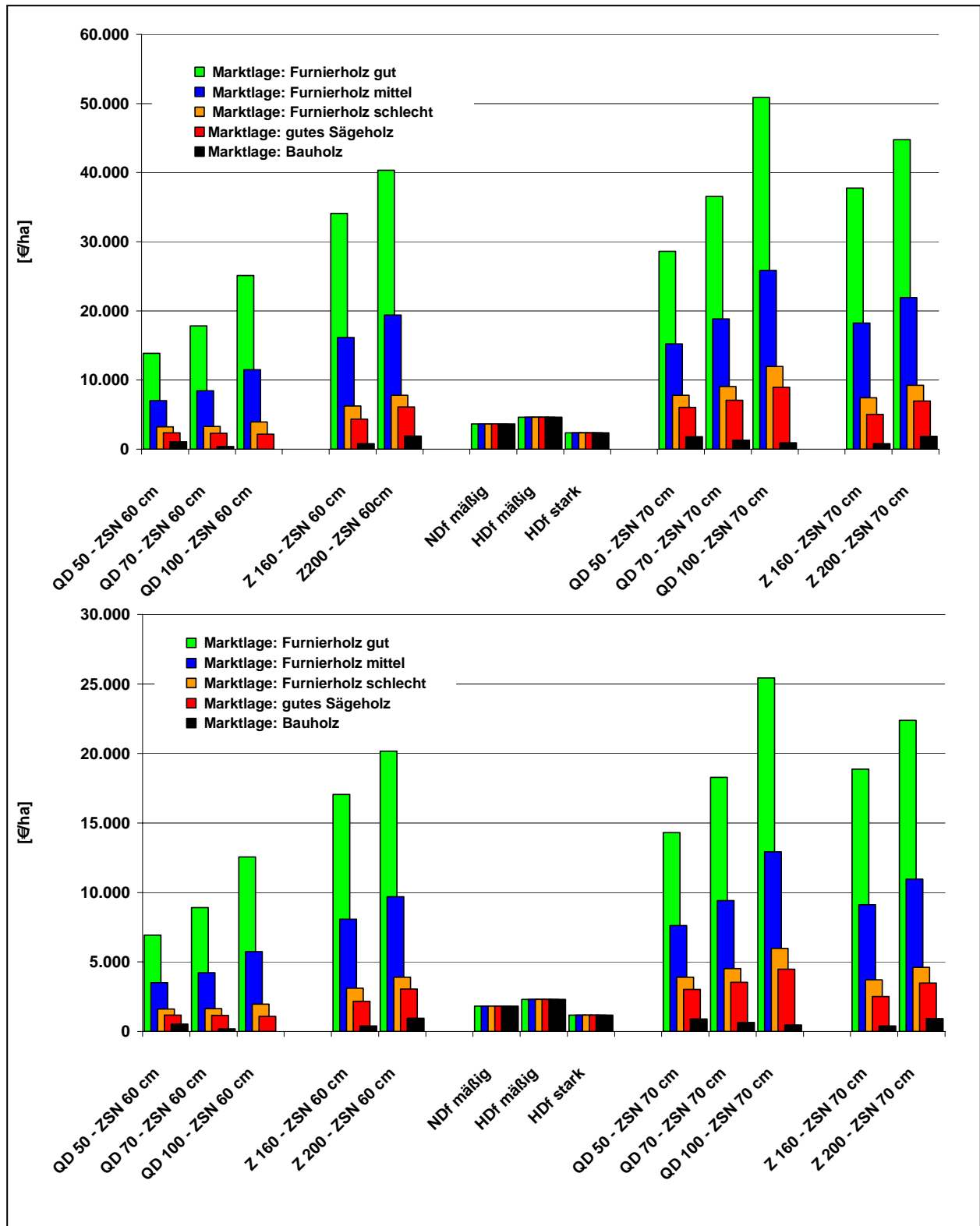


Abbildung 80: Waldrentierungswerte für eine Umtriebszeit von 120 Jahren und kalkulatorischen Zinsfüßen von 1,5 % (oben) und 3 % (unten)

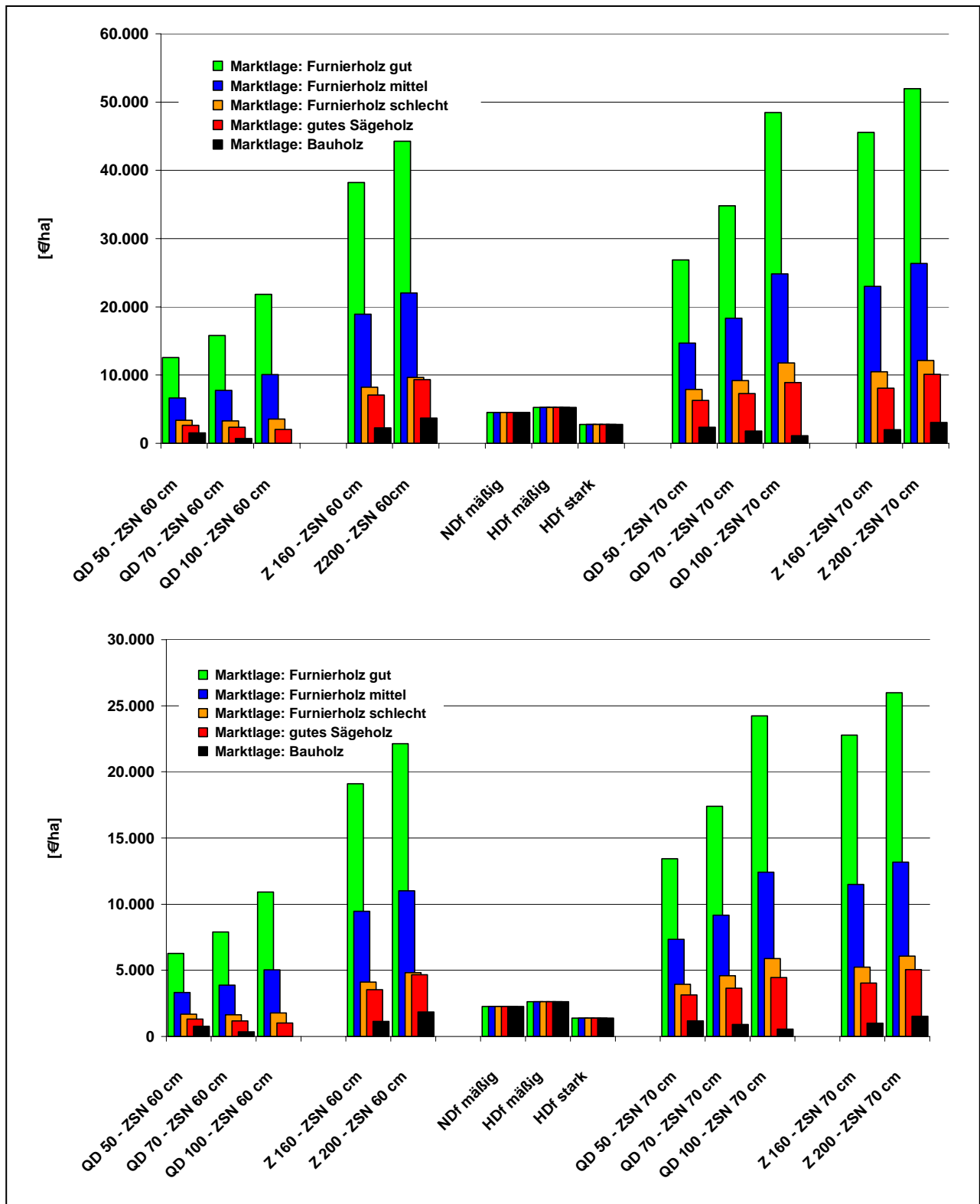


Abbildung 81: Waldrentierungswerte für eine Umtriebszeit von 140 Jahren und kalkulatorischen Zinsfüßen von 1,5 % (oben) und 3 % (unten)



## **7. Ergebnisse der Simulation – Die Fichtenbetriebsklasse**

### **7.1 Entwicklung der Vorräte**

Das Simulationsergebnis der zeitlichen Entwicklung der Vorratshöhe innerhalb der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes von Rheinland-Pfalz wird in Abbildung 82 skizziert, Abbildung 83 zeigt zudem die entsprechenden auf einen Hektar bezogenen Werte.

Dargestellt werden dabei lediglich diejenigen Varianten, die sich bereits im vorhergehenden Hauptkapitel als wesentlich herausgestellt haben. Dies ist zum einen die QD-Variante mit 100 Z-Bäumen, die innerhalb der QD-Reihe als „best practice“-Modell auf der Grundlage hektarbezogener Ergebnisparameter identifiziert werden konnte. Sie wird in der Simulation hinsichtlich des anzustrebenden Zieldurchmessers variiert. Zum Vergleich dazu wird auf das Z-Baum-Modell mit 200 Z-Bäumen zurückgegriffen, um eine Z-Baum-Variante zu berücksichtigen, die im Rahmen der Modellhektarbetrachtungen oftmals „Spitzenplätze“ bei den verschiedenen untersuchten Kriterien einnahm und bezogen auf die Anzahl an Z-Bäumen eher bisherigen Auffassungen einer Stammzahlhaltung entspricht.

Zum anderen werden die Vorratsentwicklungen orientiert an einer mäßigen Hochdurchforstung<sup>108</sup> als grundlegende, auf Massenproduktion ausgerichtete Referenz präsentiert.

---

<sup>108</sup> Der Nutzungsmodus entspricht dem im Methoden beschreibenden Teil dieser Arbeit vorgestellten Vorgehen, das sich am so genannten „Fichtenkonzept“ orientiert (vgl. ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG 2000, 2003). Hierbei handelt es sich um eine mäßige Hochdurchforstung mit in den nächsten Jahrzehnten zunächst anteiligen flächigen Abtrieben auf nicht mehr fichtentauglichen Standorten (vgl. Kapitel 5.3.1).

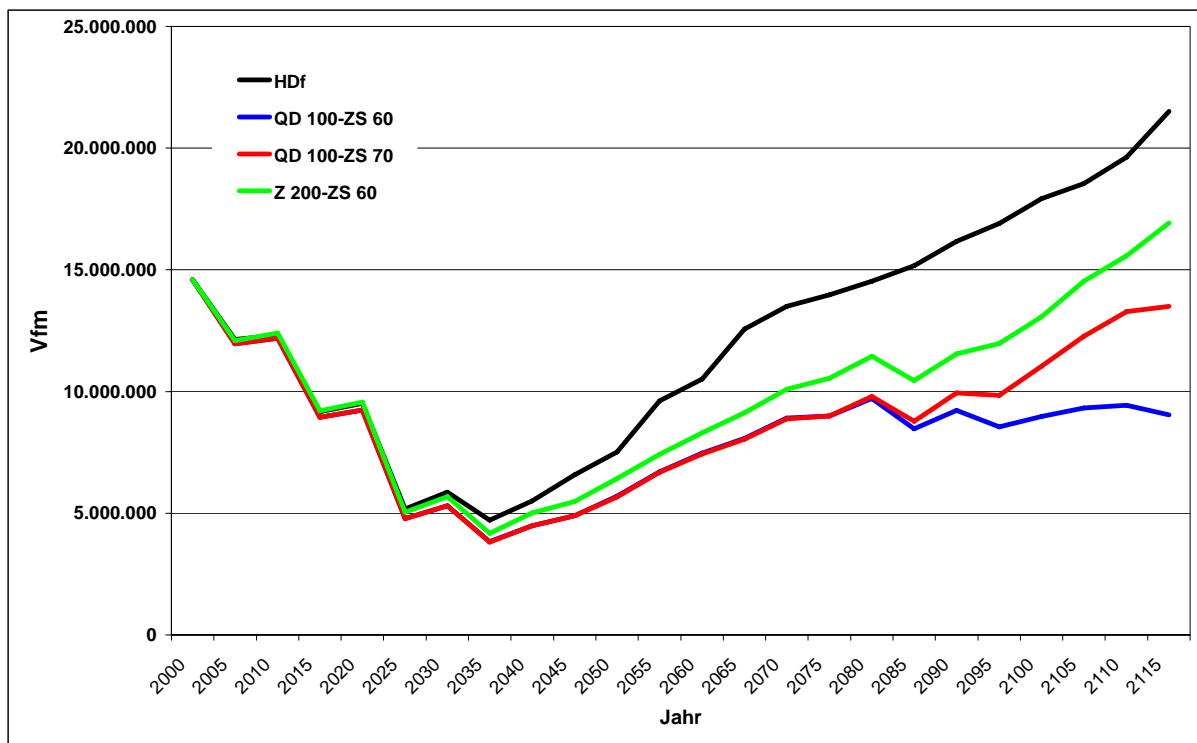


Abbildung 82: Entwicklung der Gesamtvorräte der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz in Abhängigkeit verschiedener Behandlungsmodelle<sup>109</sup>

(HDf: Hochdurchforstung, QD 100-ZS 60: QD-Konzept mit 100 Z-Bäumen und einer Zielstärke von 60 cm BHD, QD 100-ZS 70: QD-Konzept mit 100 Z-Bäumen und einer Zielstärke von 70 cm BHD, Z 200-ZS 60: Z-Baum-Variante mit 200 Z-Bäumen und einer Zielstärke von 60 cm BHD)

Die ersten 40 Jahre der Simulation der Betriebsklasse Fichte werden durch die Abnutzung der aktuell aufstockenden Bestände im Alter von 40 Jahren und älter dominiert. Die flächigen Nutzungen führen zu einem drastischen Abbau der Gesamtvorratshaltung von fast 15 Mio. Vfm zu Beginn der Simulation<sup>110</sup> auf unter 5 Mio. Vfm.<sup>111</sup>

<sup>109</sup> Der lange Simulationszeitraum von 120 Jahren wurde gewählt, um wenigstens einmal, ausgehend von heutigen Beständen der 1. Altersklasse, einen kompletten Wachstums- und Nutzungszyklus abbilden zu können. Auf die damit verbundene Methodenkritik aus entscheidungstheoretischer Sicht wurde bereits zuvor eingegangen.

<sup>110</sup> Hier zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit den diesbezüglichen Ergebnissen der BWI II, die für den Staatswald Rheinland-Pfalz im Bezugsjahr 2002 einen Vorrat von rd. 14,7 Mio. Vfm ermittelte (LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ 2005: 24). Dies ist umso bemerkenswerter, als die Zahlenbasis der vorliegenden Studie auf den Daten der Forsteinrichtung beruht. So gesehen ist hier eine hohe „Treffergenauigkeit“ festzustellen und lässt diese bedeutende Ausgangsgröße der Berechnungen auch als sehr plausibel erscheinen.

<sup>111</sup> Auch hier ist abermals unmissverständlich darauf hinzuweisen, dass alle Berechnungen unter Ausschluss jedweden Risikos stattfanden. Folglich stellen die Ergebnisse Größen dar, die idealtypisch sind.

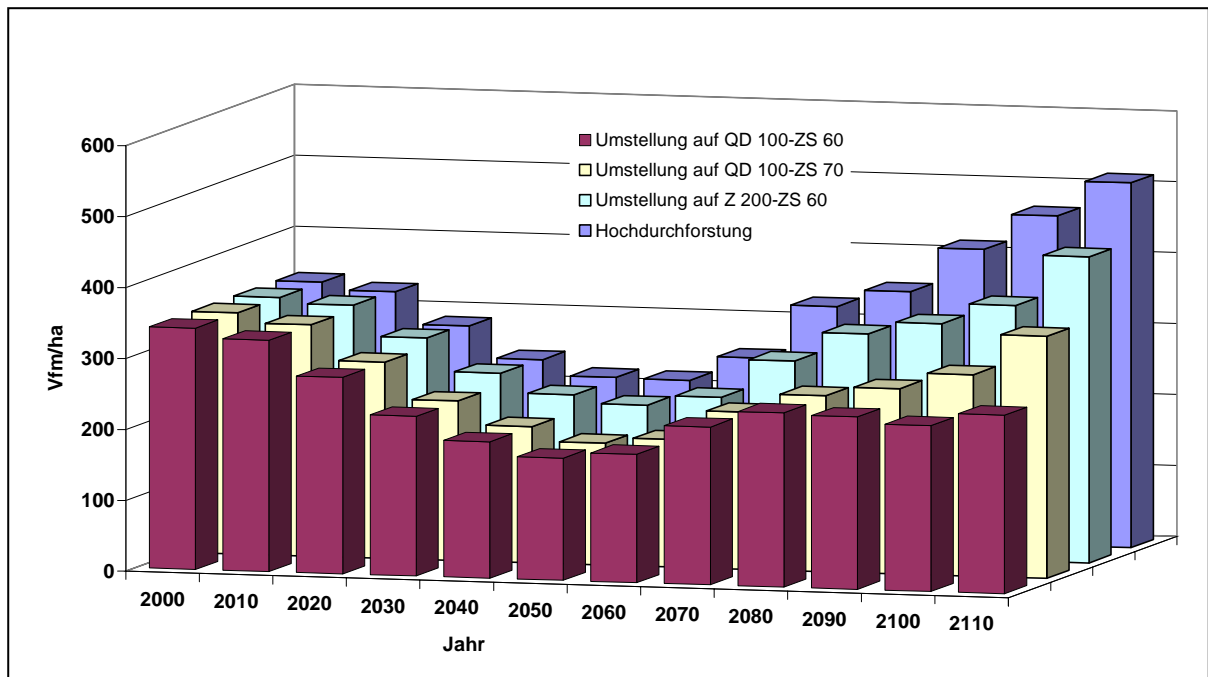


Abbildung 83: Entwicklung der Gesamtvorräte/ha der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz in Abhängigkeit verschiedener Behandlungsmodelle

Allerdings beinhaltet diese Absenkung der Gesamtvorräte auch eine Verringerung der Fläche der Fichtenbetriebsklasse durch das Ausscheiden der abgenutzten labilen Bestandesflächen. Daher sinken die durchschnittlichen Vorräte pro Hektar im gleichen Zeitraum lediglich um 42 % bei dem Hochdurchforstungsszenario und um rd. 47 % bei den Z-Baum-Modellen (s. Abbildung 83).

Nach den ersten 40 bis 50 Jahren der Simulation zeigen sich die Auswirkungen der unterschiedlichen Behandlungskonzepte auf der Ebene der Betriebsklasse immer deutlicher. Das Hochdurchforstungsszenario zeigt nun permanent eine höhere Vorratshaltung, die gegen Ende der Simulation sogar das aktuelle Ausgangsniveau deutlich überschreitet. Die Vorratshaltungen der beiden QD-Varianten bleiben dagegen klar zurück und erreichen auch nicht mehr das Ausgangsniveau. Ab dem Jahr 2085 werden auch unterschiedliche Tendenzen bei der QD-Variante mit Zielstärke 60 cm und der QD-Variante mit 70 cm Zielstärke erkennbar. Die früheren Nutzungen bei einem Zieldurchmesser von 60 cm führen zu einem Einpendeln der Betriebsklassenvorräte zwischen 8 Mio. Vfm und 9 Mio. Vfm bzw. im Mittel etwa 250 Vfm/ha.

Die Hochdurchforstung kann innerhalb des hier betrachteten Zeitraumes eindeutig als Strategie für die Erzielung einer hohen Vorratshaltung identifiziert werden. Dies zeigt allerdings auch, dass ggf. höhere Nutzungsoptionen im Rahmen der Modellberechnungen möglich gewesen wären, ohne die Gefährdung einer Massennachhaltigkeit in Kauf zu nehmen. Die Vorratshöhe am Ende des Simulationszeitraumes drückt folglich auch „Nutzungsreserven“ aus. Z 200 bildet beim Vergleich demgegenüber einen „Mittelweg“ ab. Demnach könnte auf diesem Wege sowohl eine relativ hohe Vorratshaltung, nicht weit entfernt von einem massenorientierten Produktionsmodell, erzielt werden, bei gleichzeitiger Wahrnehmung einer Z-Baum-Option.

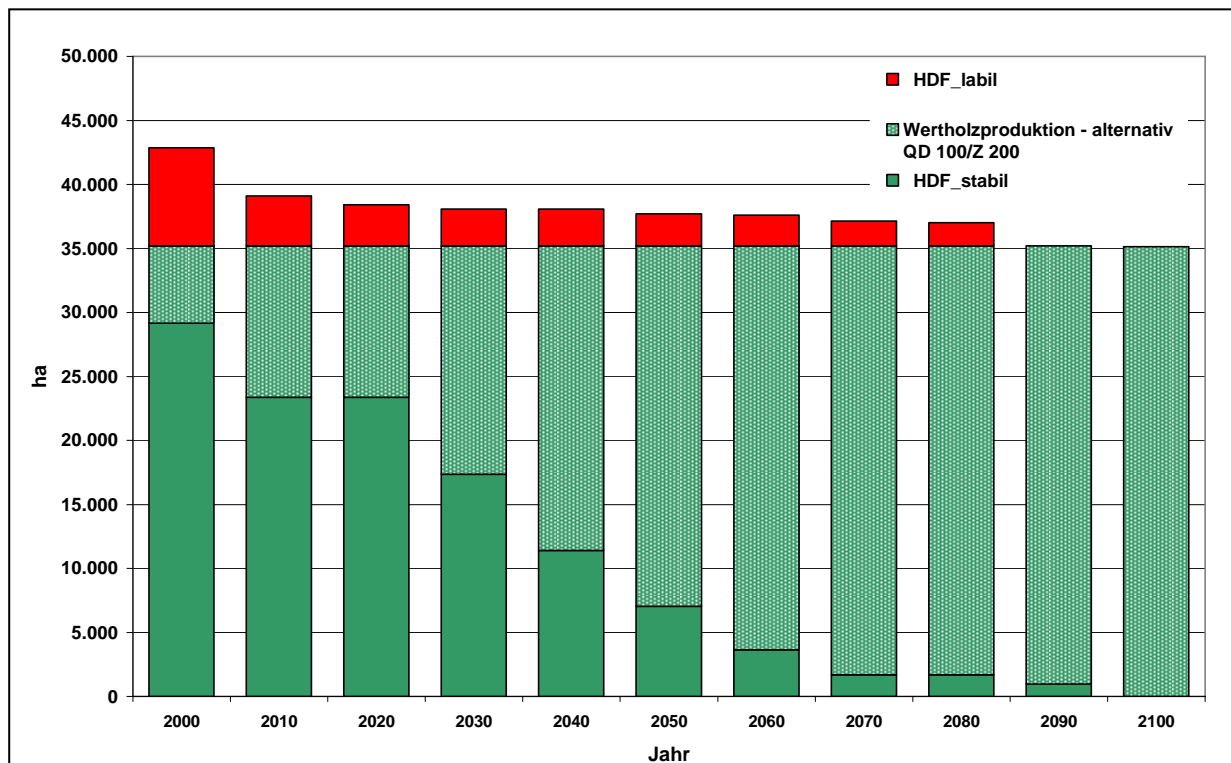


Abbildung 84: Entwicklung der Flächenstruktur der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz in Abhängigkeit verschiedener Behandlungsmodelle

Hinweis: waldbaulich gewünschte Buchenanteile konnten simulationstechnisch nicht berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 5.3.1).  
(QD: Qualifizieren/Dimensionieren, HDF: Hochdurchforstung, d.h. heutige Bestände älter als 40 Jahre, labil: labiler, d.h. nicht fichtentauglicher Standort, stabil: stabiler, d.h. auch künftig fichtentauglicher Standort)

Abbildung 84 soll zusätzliche Erklärungen liefern. Die Fläche der Betriebsklasse Fichte in Rheinland-Pfalz verringert sich im Laufe des Betrachtungszeitraumes vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2100 um 7.688 ha (18 %). Die QD-Varianten können zum Startzeitpunkt der Simulationen nur auf den 6.039 ha (14 %) als „gesund“ und „stabil“ klassifizierten Flächen

jünger 40 Jahre ausgeführt werden. Der Anteil der QD-fähigen Flächen erhöht sich aber ständig über die durch Abnutzung frei werdenden Flächen der Bestände über 40 Jahre. Gegen Ende des Betrachtungszeitraumes kommen zudem Flächen aus dem Segment der unter 40jährigen Bestände hinzu.

Nach Abtrieb der aktuell stockenden Bestände wird für alle Flächen grundsätzlich eine Schadfreiheit angenommen, was bedeutet, dass Wertholzproduktion auch auf den heute noch vom Rotwild geschädigten Flächen stattfinden kann. Das führt dazu, dass im Falle einer konsequenten Umstellung der Behandlung der Fichtenbestände von der traditionellen Hochdurchforstung auf eine der Z-Baum-Behandlungsvarianten diese bereits nach 30 Jahren auf mehr als 50 % und nach 60 Jahren auf 90 % der Gesamtfläche etabliert sein könnten. Der in Folge des Nutzungsgangs gemäß dem „Fichtenkonzept“ rasche Abbau mittelalter und alter Bestände jenseits der 4. Altersklasse, die bis zu ihrem Erntezeitpunkt als Hochdurchforstungen behandelt werden, ist letztlich die Ursache der starken flächenmäßigen Ausbreitungschance der QD-Idee bei der Fichte.

## **7.2 Entwicklung der Nutzungsoptionen**

Vorratshaltung und Nutzungsoptionen sind unmittelbar miteinander korrelierende Größen. Deshalb werden nun die aus den untersuchten Wachstumsmodellen hervorgehenden Nutzungsoptionen im Zeitverlauf präsentiert (vgl. Abbildungen 85 und 86). Sie sind zudem wesentliche Erklärungsgrößen der Vorratsentwicklungen.

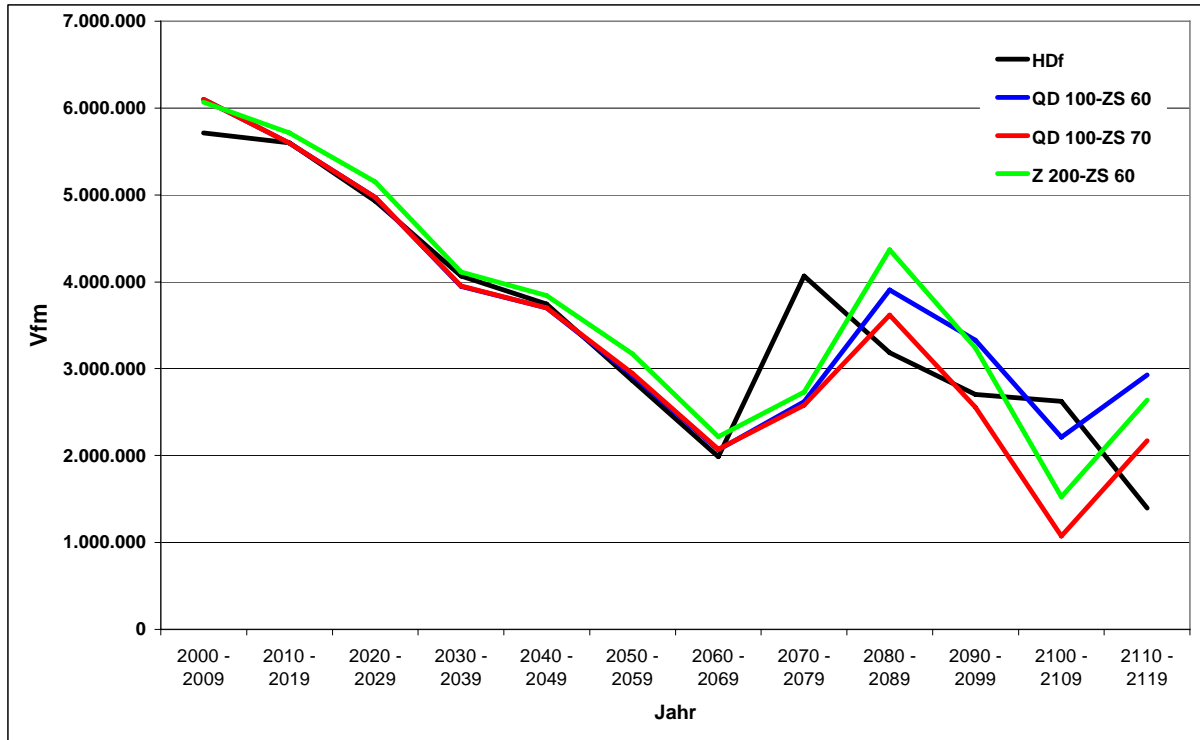


Abbildung 85: Entwicklung der Nutzungsoptionen der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz je Jahrzehnt in Abhängigkeit verschiedener Behandlungsmodelle

(HDf: Hochdurchforstung, QD 100-ZS 60: QD-Konzept mit 100 Z-Bäumen und einer Zielstärke von 60 cm BHD, QD 100-ZS 70: QD-Konzept mit 100 Z-Bäumen und einer Zielstärke von 70 cm BHD, Z 200-ZS 60: Z-Baum-Variante mit 200 Z-Bäumen und einer Zielstärke von 60 cm BHD)

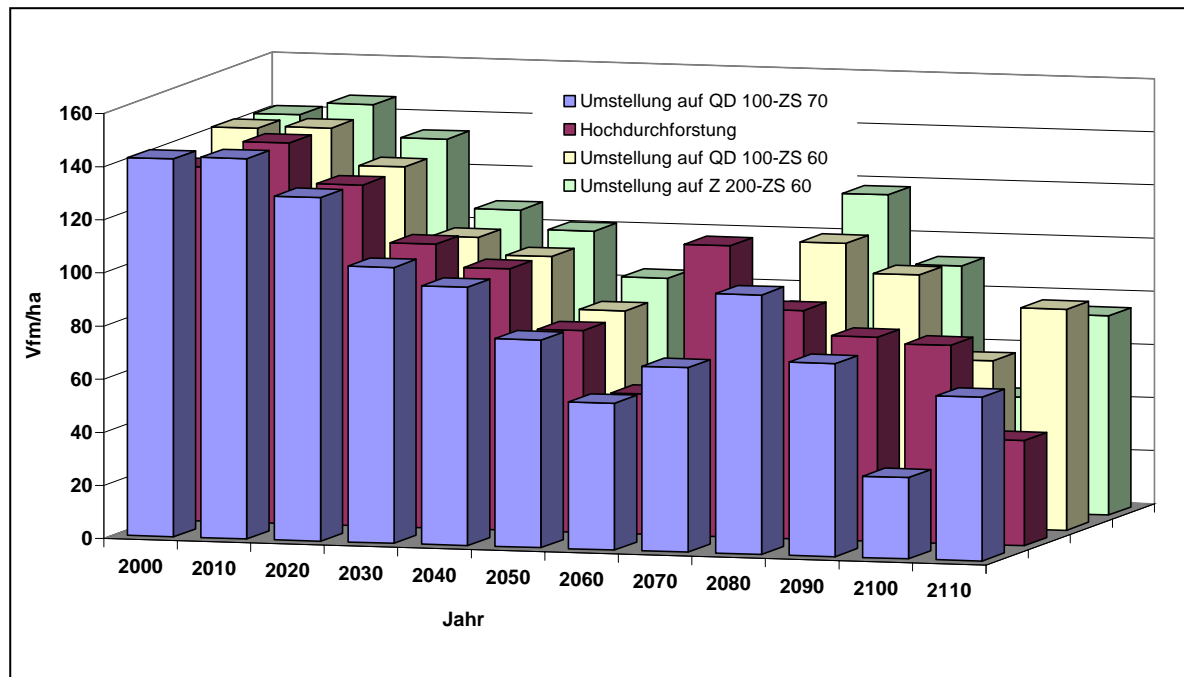


Abbildung 86: Entwicklung der Nutzungsoptionen/ha der Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz

Ausgangspunkt der möglichen summarischen Nutzungen ist eine Größenordnung im 1. Jahrzehnt von rd. 6 Mio. Vfm. Innerhalb von 6 Jahrzehnten sinken die Nutzungsoptionen/Jahrzehnt erheblich ab und erreichen zunächst einen Tiefstand bei etwa 2 Mio. Vfm, also nur noch rd. 1/3 des Ausgangsniveaus. Zur Begründung gilt auch hier zunächst der Hinweis auf die Abnahme der Produktionsfläche innerhalb der Fichtenbetriebsklasse durch das Ausscheiden all derjenigen Bestände, die auf labilen Standorten stocken. Hinzu kommt aber auch, dass von einem hohen Nutzungsniveau ausgehend, einerseits der besagte Nutzungsgang bei der Hochdurchforstung, der in zeitlich straffer Folge recht beachtliche Anteile des stehenden Fichtenvorrates liquidiert, relativ rasch zu einem Abbau von Nutzungspotenzialen bei der Fichte führt, die nicht durch laufende Zuwächse kompensiert werden. Zudem erwachsen die neu entstehenden Fichtenbestände auf stabilen Standorten bis zu einem Alter von 25 bis 30 Jahren ohne Nutzungen. Danach werden gemäß dem Behandlungsmuster „QD“ eher mäßige Vornutzungsmengen generiert (vgl. Ergebnisse im Kapitel 6.2.1). Im „Flächenmix“ dieser Entwicklungsrichtungen ergibt sich daraus in der Konsequenz ein zunächst abnehmendes Gesamtnutzungspotenzial. Als eine Folge beginnender Zielstärkennutzungen bei den Z-Baum-Modellen, aber auch bei der Hochdurchforstung, bei der nun auch vermehrt „erntereife“ Bäume entstehen, steigen danach

die Nutzungen allerdings wieder deutlich an. Nach einem Höhepunkt etwa in der 8. Simulationsperiode sinken die Nutzungsoptionen erneut ab, wobei eine Zielstärke von 60 cm BHD jedoch ein höheres Nutzungsniveau einräumt, da die Z-Bäume hier rascher erntereif werden. Die Zielstärkenerhöhung von 10 cm führt demgegenüber zu geringeren und schneller sinkenden Nutzungsmöglichkeiten. Die Hochdurchforstung zeigt sich in dieser Phase eher als „Mittelwert“ zwischen den beiden Z-Baum-Modellen.

Sofern nun die vorstehenden Abbildungen gemeinsam betrachtet werden, zeigen sie ihre sich gegenseitig bedingende Aussagekraft. Die höheren Nutzungsmengen bei einer Zielstärke von 60 cm BHD sind die Ursache einer dort auch geringeren Vorratshaltung. Die Nutzungsdimension der Hochdurchforstung ist hingegen offenkundig zu gering, um die Vorratshaltung mehr oder weniger konstant zu halten, so dass es zu dem erkennbaren deutlichen Anstieg des Vorrates bei der Hochdurchforstung kommt (vgl. Abbildung 83). Je nach betrieblicher Zielsetzung könnte hier folglich auch mehr vorgenutzt werden, um den Vorratsanstieg zu begrenzen.



### **8. Diskussion**

#### **8.1 Empirische Grundlagen und Modellbildung**

##### *Zu den Grundlagendaten*

Zunächst gilt es einige Betrachtungen zu den empirischen Grundlagen der Modellbildung anzustellen. Die Abbildung des QD-Wachstums im Simulator gründet auf einer Studie zum spezifischen Wachstumsgang ausgewählter Fichten, der den Vorstellungen der QD-Idee weitgehend entspricht (SEIFERT et al. 2002). Dabei wurden 35 Starkholzfichten sowie umstehende Nachbarfichten wachstumskundlich eingehend analysiert. Ihre Wachstumsdaten sowie die innerhalb der Biogruppen analysierten Konkurrenzbeziehungen bilden im Wesentlichen die Datengrundlage für die Parametrisierung des QD-spezifischen Wachstumsgangs. Es erfolgte zudem eine Evaluierung des QD-spezifischen Kronenansatzmodells und des Dickenwachstums auf Grundlage des bis dato geltenden Modells innerhalb von SILVA.

Der Waldwachstumssimulator SILVA wurde im Rahmen des Gesamtprojektes um die Fähigkeit ergänzt, ein Wachstum der Fichte gemäß den Vorstellungen des QD-Modells abzubilden. Darüber hinaus wurde innerhalb des Teilprojektes „Waldwachstum“ ebenfalls eine Evaluierung von SILVA vorgenommen mit dem Ziel, die Treffsicherheit der Simulation hinsichtlich des speziellen QD-Wachstums zu überprüfen. Die Evaluierung zeigte eine hohe Treffsicherheit der Simulation. Neben dem spezifischen QD-Wachstum waren die Selbstdifferenzierungen natürlicher Verjüngungen hinsichtlich Durchmesser- und Höhenwachstum, aber auch im Hinblick auf die natürliche Mortalität bei hoher Stammzahlhaltung plausibel. Ein zusätzlicher Aspekt der Evaluierung war zudem die Überprüfung des Durchmesserzuwachses der Fichte bei starker und konstanter Freistellung. Hier zeigte sich eine modellimplizite Unterschätzung des potenziellen, maximal ausschöpfbaren Dickenwachstums, die ihre Ursache u.a. in dem Mangel an dauerhaft freigestellten, quasi solitärähnlichen Bäumen im Parametrisierungsdatensatz von SILVA hatte. Daher wurde eine spezielle Neuparametrisierung für Fichtenreinbestände vorgenommen, wobei besonderes Augenmerk auf das Dickenwachstum und die Entwicklung

von Kronenansätzen bei unterschiedlichen, vor allem auch extremen Freistellungsgraden, gelegt wurde.<sup>112</sup>

35 Probanden sind ein Stichprobenumfang, der aus statistischer Sicht letztlich hätte größer sein können, auch um mehr standörtliche Gegebenheiten abzubilden und die abschließende Parametrisierung auf eine breitere Datengrundlage zu stellen. In Ermangelung spezieller Versuchflächendaten, als auch entsprechender Bäume in der forstlichen Praxis, die gezielt gemäß dem Wachstumsgang QD erzogen wurden, war eine andere Vorgehensweise im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich. Zudem stellt ein Analyseumfang von 35 Starkholzfichten sowohl für die durchgeführten holztechnologischen Untersuchungen wie aber auch für die sehr aufwendigen wachstumskundlichen Erhebungen - hier sei nur an die exakte, quirlweise Vermessung einer Vielzahl von Ästen erinnert, um das Kronenwachstum nachbilden zu können - eine im Rahmen dieser Studie noch machbare Obergrenze dar, auch wenn „mehr“ wünschenswert gewesen wäre.

Der in erster Linie wachstumskundliche Teil dieser Studie stellt folglich aus methodenkritischer Sicht eine quasi unechte Zeitreihe dar, da keinerlei langfristige Beobachtungen vorliegen. Deshalb war beispielsweise auch eine „Rekonstruktion“ der Nachbarschaftsbeziehungen zwischen den Starkholzfichten und den sie umgebenden, noch vorzufindenden Konkurrenzstämmen nötig, was über die wachstumskundliche Auswertung aller Nachbarschaftsbeziehungen innerhalb der untersuchten Biogruppen geschah. Auch dies ist aufgrund der vorgefundenen Situationen vor Ort natürlich bereits ein vereinfachendes Vorgehen, da langfristige Aufzeichnungen der Konkurrenzsituationen, wie sie mittels langfristig beobachteter Versuchflächen abbildbar sind, nicht greifbar waren. Ein weiterer kritischer Hinweis auf die sicherlich nicht in jeder Hinsicht optimale Parametrisierung muss hinsichtlich des simulierten Wachstums der Z-Baum Referenzen mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen gemacht werden. Auch für diese Varianten gingen, in Ermangelung derselben, keine langfristig erhobenen Versuchflächendaten in die Parametrisierung ein. Im Ergebnis der

---

<sup>112</sup> Auf die Besonderheit der Ergebnisse der Nullvariante wurde bereits hingewiesen. Die mögliche Überschätzung der diesbezüglichen Ergebnisse ist jedoch für die Diskussion und Interpretation der schwerpunktmäßig zu untersuchenden Varianten nicht von Belang; vgl. hierzu STRÜTT (1991: 91-92). Bei einer Umtriebszeit von 80 Jahren erreicht seine Nullvariante eine GWL von über 1200 Efm/ha. Bei einer üblichen Umrechnung von Vfm/ha auf Efm/ha mit einem Faktor von 0,81 (vgl. FORSCHUNGSANSTALT FÜR WALDÖKOLOGIE UND FORSTWIRTSCHAFT RHEINLAND-PFALZ 2003: 35, KRAMER / AKÇA 1987: 247) entspricht dieses Rohholzvolumen immerhin rd. 1480 Vfm/ha. Unterstellt wurde allerdings auch ein dGz von 16, der somit deutlich über dem hier gegebenen dGz liegt. Werden allerdings die dGz-Relationen zueinander betrachtet, erscheinen die oben angesprochenen GWL-Werte der vorliegenden Arbeit noch nicht einmal übertrieben.

Simulation zeigt sich jedoch, dass das Wachstum dieser Varianten vermutlich eher unterschätzt wird. So setzt beispielsweise eine Zielstärkenutzung derjenigen Varianten, bei denen ein Zieldurchmesser von 70 cm angestrebt wird, erst verhältnismäßig spät und zudem zögerlich ein (vgl. Abbildung 18). Am Ende einer 140jährigen Betrachtung sind bei diesen Modellen jeweils erst rd. 20 Z-Bäume entnommen worden, die folglich Zielstärke erreichten. Dies bedeutet nichts anderes, als dass die überwiegende Anzahl der Z-Bäume noch nicht zielstark waren, auch wenn sie eventuell unmittelbar davor stehen. Eine Zielstärke von 70 cm in etwa 140 Jahren zu erreichen, bedeutet hingegen ein durchschnittliches BHD-Wachstum von 5 mm, was bei einigermaßen wüchsigen Z-Bäumen der Fichte auf den hier in der Simulation hinterlegten Standortleistungen sicherlich eher als moderat, wenn nicht sogar als unterdurchschnittlich zu bewerten ist. Mithin muss davon ausgegangen werden, dass die Simulation der Z 160- bzw. Z 200-Varianten das Dickenwachstum der hier vertretenen Z-Bäume tendenziell unterschätzte. Eine genaue Verifizierung dieser kritischen Annahme oder gar eine Quantifizierung ist im Nachhinein nicht möglich. Allerdings sollte es bei der Betrachtung der Ergebnisse dieser Varianten gutachtlich berücksichtigt werden.

Aus dem Grundlagenmaterial waren letztlich keine Hinweise auf die Überlebenschancen bzw. –wahrscheinlichkeiten der spezifischen QD-Bäume ableitbar. Dies gilt für alle üblicherweise zu erwartenden Risikofaktoren (Windwurf, Fäulnis etc.). Somit wurden die gesamte nachfolgende Simulation und die auf ihr aufbauenden Berechnungen „risikofrei“ durchgeführt. Dies ist selbstverständlich eine stark vereinfachende und die Realität so sicher nicht widerspiegelnde Vereinfachung. Bei der Bewertung aller Ergebnisse muss diese Tatsache mindestens gutachtlich berücksichtigt werden.

Eine weitere vereinfachende Modellimplikation besteht darin, dass das Modell zum Zeitpunkt der durchgeführten Simulationen nicht in der Lage war, Verjüngung, d.h. primär Naturverjüngung und die damit verbundene Option einer modellhaften Überführung in eine neue Waldgeneration abzubilden. Somit können auch keine Aussagen zum sukzessiven Beginn und der Ausprägung einer neuen Generation, die bereits unter dem Schirm bzw. in „Lichtschächten“ geernteter Z-Bäume heranwächst, gemacht werden. Hier wird z.B. sicherlich eine Unterschätzung der Gesamtmassenleistung eintreten, da die nachkommende Generation mit ihren wachstumskundlichen Parametern in der Betrachtung dieser Studie vollkommen ausgeblendet wurde. Stattdessen fand am Ende der Simulation, in Ermangelung methodischer Alternativen, ein angenommener Abtrieb des verbleibenden Bestandesrestes

statt. Auch dies ist letztlich eine nicht konzeptkonforme Vereinfachung, die es bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen gilt.

Insgesamt betrachtet führen selbstverständlich all diese letztlich notwendigen Vereinfachungen dazu, dass gewisse Unschärfen sowohl wachstumsbezogen als auch im Rahmen der ökonomischen Folgeberechnungen gegenüber einem idealtypischen Vorgehen und der unbekanntem Realität auftreten. Methodisch war jedoch aus versuchsökonomischen Gründen, aber auch bezogen auf den Stand der Technik zum Zeitpunkt der durchgeführten Simulationen ein anderes Vorgehen nicht möglich. Die möglichen Unschärfen erscheinen aber im Verhältnis zu den Größenordnungen der ermittelten Ergebnisse und im Hinblick auf ihre entscheidungsunterstützende Relevanz von nachgeordneter Bedeutung. Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war nicht auf eine „punktgenaue“ Ermittlung einzelner Größen ausgerichtet, da die Zeiträume der angestellten Betrachtungen weit über diejenigen hinausreichen, die eine empirisch-simulative Herleitung detaillierter Werte unter dem Aspekt der Rationalität noch rechtfertigen würden. Es geht darum den Entwicklungstrend und die erwartbaren Größenordnungen aufzuzeigen und nicht um exakte Werte oder Details.

#### *Zur Modellbildung und Simulation*

Im Zusammenhang mit einer „Optimierung des Entscheidungsprozesses“ kann das Instrument der Simulation durchaus als Mittel einer „leistungsfähigen Heuristik“ verstanden werden. Sie ermöglicht eine Verbesserung der Rationalität des Entscheidungsprozesses. Nach HOMANN (1992: 20) ist eine leistungsfähige Heuristik zentral für die Rationalität. Dominant wird dabei die systematische Suche nach neuen Alternativen und Rationalität wird somit als Prozess- oder Verfahrensrationalität aufgefasst. Somit erscheint das gewählte methodische Vorgehen auch aus der Sicht einer Unterstützung rationaler Entscheidungsfindung begründet.

Eine der wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten von Wachstumsmodellen in der Forstwirtschaft sind strategische Waldbauplanungen (PRETZSCH 2001: 12). Insofern kann die Simulation mit Wachstumsmodellen und darauf aufbauenden ökonomischen Modellen für die vorliegende Fragestellung als geeignete Heuristik zur Entscheidungsunterstützung angesehen werden.

Das methodische Vorgehen und die vorgestellten Ergebnisse basieren auf unterschiedlichen Annahmen des Waldwachstums, modelliert mittels dem Wachstumsmodell SILVA. Somit erscheint die Simulation verschiedener waldbaulicher Szenarien auf der Grundlage von Wachstumsmodellen, erweitert um betriebliche Aspekte, durchaus geeignet, zur Entscheidungsunterstützung beizutragen durch:

- Sensibilisierung der Entscheidungsträger: Nach DENSBORN (1999: 206) kann der Betriebssimulation als Instrument der strategischen Planung eine Sensibilisierungsfunktion zukommen, da sie es den Entscheidungsträgern ermöglicht, sich die Relativität und die möglichen Ergebnisspielräume ihrer strategischen Planungsentscheidungen vor Augen zu führen. Dadurch kann ein Beitrag zur Sicherung der Rationalität des strategischen Planungsprozesses geleistet werden. So können Sensitivitätsanalysen einerseits zur Strukturierung und systematischen Aufarbeitung eines Problemfeldes beitragen, andererseits „(...) dem Denken entgegenwirken, dass es „richtige“ oder „dauerhafte“ Lösungsmuster für „gute“ Forstwirtschaft geben kann (...).“ (DENSBORN 1999: 207).
- Kommunikationsunterstützung: Eine weitere Bedeutung von Betriebssimulationen zur Stützung der Rationalität strategischer Planungsprozesse ist ihre kommunikationsunterstützende Funktion. Konkret kann dies bedeuten, dass Betriebssimulationen im Rahmen der strategischen Planung als Kommunikations- und Verständigungsplattform in den Abstimmungsprozessen dienen können.

Diese Möglichkeiten von Wachstumsmodellen und darauf basierenden Betriebssimulationen als Hilfsmittel zur strategischen Planung stoßen allerdings auf grundsätzliche Grenzen:

- Komplexitätsreduktion: Die Komplexität der Realität und die Vernetztheit bzw. Dynamik der verschiedensten Einflussfaktoren können letztlich in ihrer ganzen Fülle und in ihren vielen Beziehungen untereinander in einer Simulation nicht vollständig abgedeckt werden. Simulationsmodelle führen notwendigerweise wie jedes Modell, zur Reduktion der wirksamen Faktoren und Komponenten in Planungs- und Entscheidungssituationen. Darin liegt allerdings auch eine Stärke der Betriebssimulationen auf der Grundlage solcher Modelle, da ohne ihre Unterstützung der Mensch gar nicht in der Lage wäre, gerade diese Komplexität und die sich daraus ergebenden unterschiedlichen Reaktionsmuster zu erfassen. Trotz der Vereinfachung im Modell, werden immer noch mehr Reaktionen und Zusammenhänge im System berücksichtigt, als es das menschliche Gehirn zu leisten in der Lage wäre und,

resultierend daraus, wird am Ende der Fokus auf gezielt ausgewählte Entscheidungskriterien gerichtet.

- **Strukturdefekte Entscheidungssituation:** Betriebssimulationen finden in einem langfristigen, auf strategische Entscheidungen ausgerichteten Kontext ihre Grenzen, da es sich bei solchen Entscheidungen sehr oft um strukturdefekte Entscheidungssituationen in zeitlich offenen Entscheidungsfeldern handelt (vgl. BÜCKING 2002: 27 ff. und dort genannte Literatur). Es sind insbesondere „schleichende“ oder „sprunghafte“ Veränderungen, die sich i.d.R. nicht in Algorithmen bzw. Regeln fassen lassen und so die in die Zukunft reichenden Simulationen in ihrer Aussagekraft begrenzen. Beispiele hierfür sind die zeitliche Entwicklung der Holzpreise, die Produktionskosten oder spontane Änderungen der gesellschaftlichen Anforderungen oder gesetzlicher Normen. Betriebliche Simulationsmodelle führen immer dann zu eindeutigen Entscheidungsempfehlungen, wenn Ziele und Handlungsstrategien fixiert vorgegeben sind und wenn die Normen und Werte, die die Ziele bestimmen, sich in eindimensionalen (Teil-) Zielen ausdrücken lassen (z.B. Deckungsbeiträge). Problematisch dabei ist allerdings, dass Normen und Wertungen von Personen oder Interessengruppen auch zu unterschiedlichen Handlungsstrategien führen können, die nur zu Beginn einer Simulation voll berücksichtigt werden können. Aufeinander aufbauende Simulationsläufe basieren dann auf den Ergebnissen vorhergehender Simulationen und entwickeln so eine Eigendynamik.

Die Simulation beschreibt den Idealzustand forstlicher Produktion und weicht damit von vornherein von der Realität mehr oder weniger ab. Es wäre möglicherweise aussagekräftiger gewesen, den oder die Unsicherheitsaspekte, in erster Linie produktions- und produkttechnische Risiken, innerhalb der Modelle abzubilden. Dass dies nicht geschah, hat mehrere Gründe:

Zum einen gibt es nicht nur das *eine* forstbetriebliche Risiko, sondern eine Vielzahl von Risikofaktoren, die Einfluss auf die Produktion und das Produkt nehmen können. Die Risikofaktoren (z.B. schälschadensbedingte Rotfäule, Windwurf) können zudem miteinander korrelieren. Insgesamt ist es also ausgesprochen schwierig, komplexe produktionsbezogene Risikofaktoren in empirisch gesicherter Art und Weise in eine Simulation zu integrieren, zumal die meisten dieser Faktoren v.a. hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeiten bis

heute nicht hinreichend empirisch untermauert sind. Zudem wäre es kaum möglich, eine solche Integration „objektiv“ vorzunehmen, d.h. die Risikofaktoren analog ihres „wahren“ Auftretens und ihrer „wahren“ Größenausprägungen in der Zukunft abzubilden, insbesondere vor dem Hintergrund langer Simulationszeiträume. Denn dann müsste auch ihre Entwicklung auf der Zeitachse abschätzbar sein, was gegenwärtig nicht leistbar erscheint. Zur Lösung dieses Dilemmas werden deshalb i.d.R. normative Annahmen gemacht, die die einzelnen Risikofaktoren dahingehend zusammenfassen, dass ihre Gesamtausprägung im Hinblick auf die „Sicherheit“ bzw. „Unsicherheit“ der Produktion beschrieben wird. Typisches Beispiel dafür sind Übergangswahrscheinlichkeiten, die beschreiben, welche Flächenanteile bestimmter Betriebsklassen von einer Alterklasse in die nächst höhere im Zeitverlauf übergehen bzw. ausscheiden.<sup>113</sup> Aber auch diese Festsetzungen, die oft auf retrospektiven Auswertungen der Risiken der Produktion innerhalb von Betriebsklassen beruhen, sind im Hinblick auf ihre Zukunftswirkung im Rahmen von vorausgerichteten Simulationen letztlich normative und mehr oder weniger unsichere Annahmen.<sup>114</sup> Ob sie in Folge dessen zu „objektiveren“ oder entscheidungsrelevanteren Aussagen führen als Simulationen, die risikofrei durchgeführt wurden, sei dahingestellt.

Der in vorliegender Untersuchung gewählte methodische Ansatz von Risikofreiheit ist somit nichts anderes als *ein* Aspekt einer Risikobetrachtung, der zwar zu realitätsfernen Ergebnissen führt, aber einen einheitlichen Bezugsrahmen zur vergleichenden Beurteilung der Waldbaumodelle bietet. Über den idealen „Extremwert“ hinausgehend gibt es nichts „Besseres“. Die in der fernen Zukunft liegenden Ergebnisse können folglich maximal diesen Rahmen ausschöpfen oder darunter liegen.

---

<sup>113</sup> Vgl. Beispiele bei BRÄUNIG, DIETER 1999: 7, STRÜTT 1991: 51. Auch HANEWINKEL und OESTEN (1998: 427) vergleichen in ihrem ökonomischen Modellvergleich risikobeeinflusster Altersklassenwälder mit der Plenterwald-Betriebsklasse u.a. den Normalwald ohne Risiko, d.h. mit gleichartigem Altersklassenaufbau mit dem Zielwald, worunter eine Waldstruktur mit nicht normaler, d.h. abnehmender Altersflächenstruktur in höheren Altersklassen verstanden wird. Hier findet als Folge virtueller Risikovermutungen neben der Flächenabsenkung innerhalb der höheren Altersklassen zudem eine Grundflächenabsenkung innerhalb der Bestände statt, die folglich eine Minderung der Wachstumsleistung bedeutet. Einen neuen Ansatz zum Risikoumgang mit Hilfe neuronaler Netzwerke beschreibt HANEWINKEL 2004: 275 ff.

<sup>114</sup> Eine umfassende Arbeit zur Quantifizierung von Sturmschadenswahrscheinlichkeiten auf der Grundlage von Überlebenswahrscheinlichkeiten nach der Auswertung bayerischer Sturmschadensflächen nach „Wiebke“ erstellte KÖNIG (1996). BRÄUNIG und DIETER (1999) verwendeten diese Datenbasis für ihre Simulationen. Bei DEEGEN (1994: 281) kann die Definition zu den Begriffen „Übergangs- bzw. Auswahlwahrscheinlichkeiten“ als Risikomaße und ihre mathematische Formulierung in straffer Form nachvollzogen werden.

Auch um den Untersuchungsaufwand einigermaßen in Grenzen zu halten und um den Simulationsaufwand nicht in nicht mehr leistbare Dimensionen wachsen zu lassen, wurde von einer risikofreien Produktion ausgegangen.

Wenn also in den Simulationsmodellen die produktions- und produktbezogenen Risiken nicht abgebildet sind, so bedeutet dies lediglich, dass in einem weiteren Schritt der Ergebnisinterpretation die entscheidungsrelevanten Auswirkungen der verschiedenen Quellen von Unsicherheit gewürdigt werden müssen. Darauf soll in Kapitel 9.2 eingegangen werden.

Die vorliegende Arbeit folgt daher dem methodischen Ansatz, eine vergleichende Bewertung von Modellhektaren, aber auch von Betriebsklassen auf der Basis von naturalen und monetären Größen (z.B. Nutzungsmengen, Deckungsbeiträge) vorzunehmen, um daran strategische Überlegungen anzuknüpfen.

#### *Zur Sensitivitätsanalyse*

Da Simulationen als heuristische Methode nicht zu einem numerisch eindeutigen Optimum führen, sind Sensitivitätsanalysen zur Beurteilung der Reaktion des Modells bei Änderung bestimmter Modellparameter erforderlich. Bei vorliegender Untersuchung war zentral die Frage, wie der erzielbare Deckungsbeitrag auf Erlösänderungen bei verschiedenen waldbaulichen Optionen reagiert. Mit diesem Ansatz werden somit verschiedene Marktsituationen für das hier zu betrachtende Leitsortiment „Fichten-Wertholz“ untersucht. Da in freien und offenen, also keinen monopolistisch oder oligopolistisch geprägten Märkten (vgl. HENRICHSMEYER, GANS, EVERS 1986: 215), Angebot und Nachfrage von Produkten idealer Weise den Marktpreis regeln, kann die Variation des Leitsortiment-Preises auch als die Modellierung einer zukünftigen, unbekanntem und unsicheren Marktsituation interpretiert werden. „Zukünftig“ vor allem deshalb, weil das Produkt „Fichten-Wertholz aus QD-Produktion“ in der Realität erst in Zukunft auf den Markt kommen wird, wenn die erforderlichen bzw. gewünschten Dimensionen erreicht sind.

#### *Zum Modellhektar, zur idealen Betriebsklasse und zur realen Fichten-Betriebsklasse von Landesforsten Rheinland-Pfalz*

Die Ergebnisse des Modellhektars als weiterführende Aspekte konnten im Rahmen einer Betriebsklassensimulation nicht in den Rechengang integriert werden. Dies hätte den machbaren Umfang der Berechnungen bei weitem gesprengt, da die Sortierungsergebnisse



und monetären Bewertungen in die zeitliche Dynamik der Entwicklung der Fichtenbetriebsklasse hätten einbezogen werden müssen, in Form einer Verschneidung mit den in 5jährigen Perioden berechneten naturalen, d.h. waldwachstumskundlichen Resultaten.

Dennoch wurde in einfacherer Form eine Betriebsklassensimulation durchgeführt. Sie beschränkte sich allerdings auf die relativ einfach abbildbare Entwicklung der Gesamtvorräte, der Flächenentwicklung und der Nutzungsoptionen im Zeitverlauf, allerdings nicht weiter differenziert nach Sortenstruktur und Güte (Wertholzanteile).

Der Modellhektar, der hier den Hauptbezug aller Aussagen bildet, ist letztlich nichts anderes als die Parallele bzw. modellhafte Betrachtung eines aussetzenden Betriebes, was beispielsweise unter dem Gesichtspunkt der betrieblichen Liquidität relevant ist. Die nächste Erweiterung dieser Betrachtungsebene wäre die ideale Betriebsklasse, d.h. mit idealer Flächenausstattung bezogen auf die angenommenen Produktionszeiten - also zusammengesetzt aus einem Turnus der Produktionszeiten. Sie wurde nicht explizit abgebildet, modelliert oder berechnet. Allerdings ist sie im Rahmen der Kalkulation des Waldrentierungswertes als Basismodell der dafür nötigen Berechnungen verwendet worden. Hier tritt mithin in der Gesamtschau der in dieser Studie verwendeten Methodik, die sich primär auf den Modellhektar bezog, ein kritisch zu sehender Methodenbruch auf. Zur abschließenden Beurteilung bzw. Herleitung von relevanten und tatsächlich realitätsnahen Aussagen zur gesamtbetrieblichen Liquidität der realen Fichtenbetriebsklasse wäre natürlich eine umfangreiche Simulation eben dieser Betriebsklasse erforderlich und wünschenswert gewesen. Dies war aus den bereits zuvor skizzierten Gründen nur in Ansätzen leistbar, wie sie sich im Kapitel 7 darstellen. Alles Andere wäre eine Studie für sich selbst gewesen.

### *Zur Verzinsung*

Bereits im Methodenteil dieser Arbeit wurde erwähnt, dass auf die Verwendung von Modellen, die eine kontinuierliche Verzinsung über extrem lange Zeiträume unterstellen, weitgehend verzichtet wurde. Lediglich das Modell des Waldrentierungswertes wurde nachrichtlich herangezogen, um die Wirkung unterschiedlicher Zinsforderungen auf den Kapitalwert einer als unendlich gedachten Rente verschiedener Waldbaumodelle darzustellen. Eine Entscheidungsrelevanz dieser Größe wird mit Blick auf das Leitbild von Landesforsten Rheinland-Pfalz nicht unterstellt. Wie im Kapitel 9.1 näher ausgeführt, betont das Leitbild wiederholt die generationenübergreifende Verpflichtung zur nachhaltigen Nutzung, die

mindestens gleiche oder auch bessere Chancen für Nutzungen und Erträge für die nachfolgende Generationen anstrebt. Eine Zinsoptimierung ist im Rahmen des Zielsystems nicht vorgesehen, wäre auch kaum konsistent mit dem übergeordneten Grundsatz, da sie die Position der Heutigen einnimmt und modellbedingt kurzfristig eingehende Erlöse höher bewertet und später anfallende Kosten niedriger.

#### *Zur Entscheidungsunterstützung*

Der methodische Aufbau der Untersuchung ist zusammenfassend durch Abbildung 87 beschrieben. Als wesentlicher methodischer „Kern“ steht dabei die per Simulation mögliche Analyse verschiedener waldbaulicher Konzepte. Die Interaktion zwischen verschiedenen Einflussgrößen mehrerer zur Diskussion stehender Varianten, ihre langfristig möglichen Wirkungen sowie die zukünftigen Ergebnisse werden ins „Heute“ projiziert. Die simulationsgestützte zeitliche Vorwegnahme langsamer Wachstums- bzw. Entwicklungsprozesse ermöglicht den zeitnahen Vergleich mehrerer Entscheidungsalternativen. Dabei geht es um das „Wie“ der Integration von Alternativen in den Gesamtzusammenhang bestehender Produktionsmuster im Sinne von neuen „Mosaikbausteinen“, die im Rahmen der geltenden Zielsetzungen und im Sinne einer gesamtbetrieblichen Sichtweise Erfolg versprechend erscheinen. Mithin ist als Resultat dieser Studie keine Entscheidungsempfehlung zugunsten nur einer Alternative zu erwarten, sondern eine Aussage, die die erkennbaren Vor- und Nachteile, Chancen und Risiken mehrerer machbarer Alternativen herausstellt und sie vor dem Hintergrund betrieblicher Zielsetzungen und strategischer Anforderungen gewichtet.

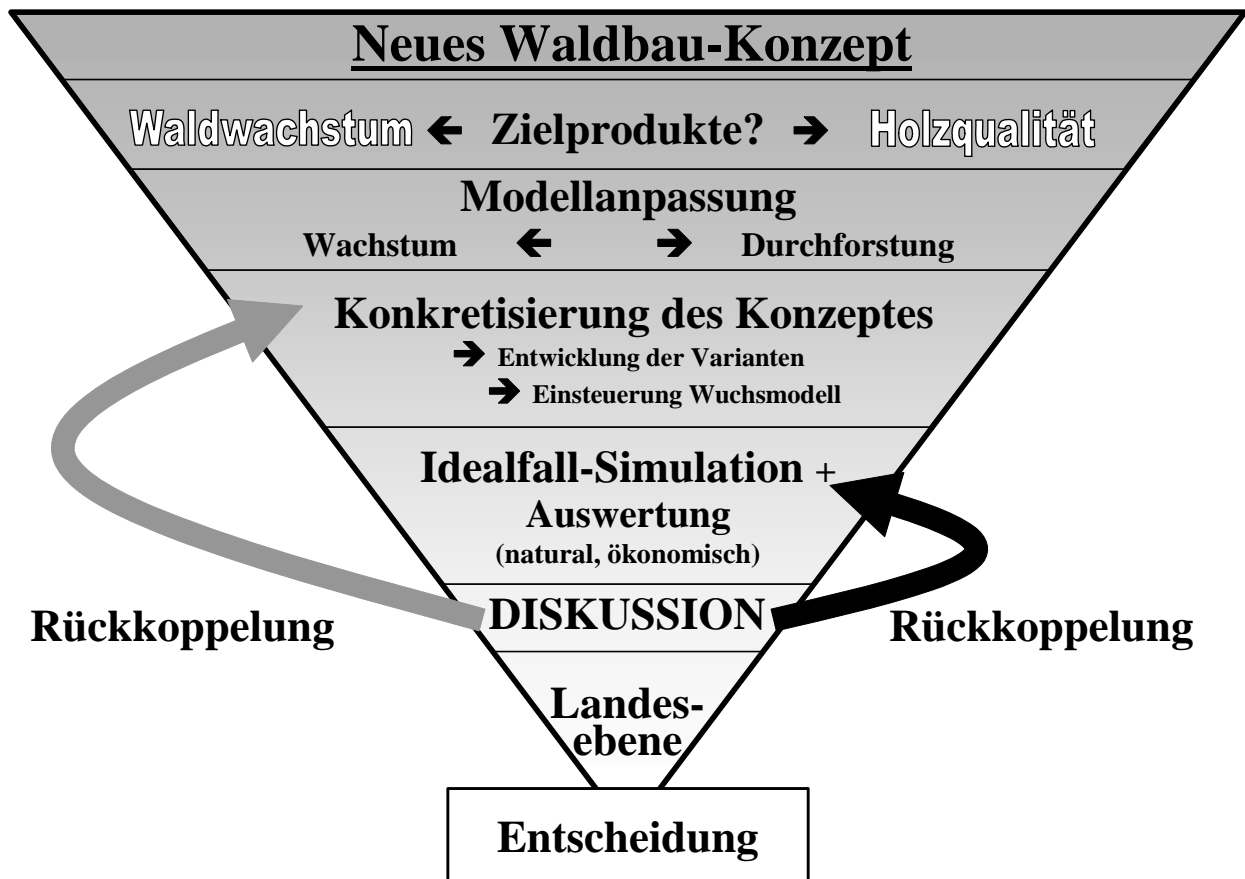


Abbildung 87: Schematische Darstellung der Methodik zur Evaluierung neuer Waldbaukonzepte

## 8.2 Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse

Die eigenen Untersuchungsergebnisse sollen nun in das Wissen der jeweiligen Themengebiete eingeordnet werden, um eine vergleichende Wertung vornehmen zu können. Die Simulationsergebnisse der vorliegenden Studie werfen diesbezüglich das Problem auf, dass das untersuchte waldbauliche Modell „Qualifizieren / Dimensionieren“ (QD-Modell) für die Baumart Fichte wohl als bis jetzt alleinstehend aufgefasst werden muss. Vergleiche mit anderen waldbaulichen Strategien, die diesem Modell z.B. bezüglich der Zahl der Z-Bäume nahe kommen, sind nur eingeschränkt möglich, da die Z-Baum-Zahl von 50, 70 oder maximal 100 Bäume von anderen Z-Baum orientierten Behandlungsmodellen stets deutlich überschritten werden. So werden in anderen Arbeiten, beispielsweise von STRÜTT (1991), 300 Z-Bäume/ha unterstellt. Die „Durchforstungshilfe 2004“ von KLÄDTKE und ABETZ geht mit etwa 200-250 Z-Bäumen ebenfalls von einer deutlich höheren Z-Baumzahl aus. Das Typische

des QD-Modells, nämlich sein absolut konsequenter Einzelbaumbezug in Verbindung mit der Erwartung der Erhaltung einer grünen Kronenbasis bei den Z-Bäumen bei rd. 25 % der zu erwartenden Baumendhöhe, wird in der Gesamtschau aller Veröffentlichungen zu Z-Baum orientierten Pflegemodellen bei der Fichte so nicht dargestellt.

KOHNLE und v. TEUFFEL (2004) unterstellen in ihrer Untersuchung zur Starkholzproduktion in Baden-Württemberg im Rahmen der Wertholzproduktion bei der Fichte 250 Z-Bäume/ha, die auf 5m Höhe geastet sein sollten. Diese Veröffentlichung kann aufgrund ihrer Zielsetzung, einen Ertragsvergleich zwischen vier Modellen zur Produktion von starkem und mittelstarkem Fichtenstamm- bzw. –wertholz durchzuführen, als Vergleich zu den Ergebnissen dieser Studie herangezogen werden (vgl. auch KOHNLE 2003). So zeigt bereits das grundlegende methodische Vorgehen unmittelbare Ähnlichkeiten zum hier gewählten Ansatz. Das Wachstum wurde simuliert, die Sortierung des „virtuellen“ Rohholzes erfolgte mit dem Programm HOLZERTE (SCHÖPFER et al. 1997). Im Gegensatz zur Arbeit von KOHNLE und v. TEUFFEL wurde in vorliegender Untersuchung allerdings keine Mindestentnahmemenge definiert, weil u.a. die Dynamik des Erreichens der nutzbaren Zielstärken und somit die potenziellen Nutzungsoptionen im Zeitverlauf (5jährige Perioden) möglichst exakt nachvollziehbar sein sollten (vgl. z.B. Abbildungen 37 ff.). Damit wurden jedoch z.T. sehr geringe Nutzungsmengen pro Periode für den Modellhektar simuliert. Selbst im Rahmen einer streng einzelbaumorientierten Zielstärkennutzung ist in der Realität sicherlich davon auszugehen, dass derart geringe Nutzungen, wie sie teilweise auftraten, nicht unbedingt durchgeführt werden.

Viele Arbeiten, die in den letzten Jahren bzw. im letzten Jahrzehnt entstanden sind und sich der Betriebssimulation bedienen, verfolgten eine andere Zielssetzung. Als Beispiele sollen hier die Arbeiten von HANEWINKEL (1998) und KONITZER (2000) angeführt werden. Sie verfolgten das Ziel, Waldumbaumaßnahmen in der Simulation abzubilden, um auf diesem Wege Erkenntnisse über die Vorteilhaftigkeit unterschiedlicher Varianten zu erlangen.<sup>115</sup> Die Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungsstrategien in einer Kiefernbetriebsklasse wurden von DENSBORN (1999) thematisiert. Er stellte einer herkömmlichen Endnutzung im Kahlschlagsverfahren eine einzelstammweise Nutzung nach Zielstärken gegenüber und

---

<sup>115</sup> Vgl. KONITZER (2000), der sich mit den Folgen der Übertragung des niedersächsischen LÖWE-Programms auf Fichtenbestände im niedersächsischen Harz befasste oder HANEWINKEL (1998), der sich mit ökonomischen Überlegungen zur Überführung von Altersklassenwäldern in Plenterwäldern am Fallbeispiel des Schwarzwaldes auseinandersetzte.

analysierte betriebstechnische und ökonomische Auswirkungen am Beispiel des Pfälzerwaldes. Auch die beiden zuvor genannten Autoren beschäftigten sich innerhalb ihrer Arbeiten mit Fragen der Zielstärkennutzung.

Der Unterschied vorgenannter Arbeiten zur hier betrachteten Problemstellung ist neben den zu untersuchenden waldbaulichen Modellen und ihrer bisher so nicht ausformulierten Z-Baum-Strategie das Entscheidungsproblem, von vornherein einen völlig neuen Produktionsweg bei der Fichte zu gehen. Die Frage, ob gegen Ende einer Produktion nach Zielstärken oder flächig genutzt werden soll, wird nicht untersucht, da die QD-Modelle, als auf Wertholzproduktion fixierte Produktionsmuster, auf Zielstärkennutzung der Z-Bäume ausgerichtet sind. Allerdings führt dies zu Problemen bei der waldwachstumskundlichen und ökonomischen Modellierung, was in Kap.8.1 bereits diskutiert wurde.

Es geht auch nicht um Überlegungen, wie vorhandene, i.d.R. bereits ältere und nach anderen waldbaulichen Strategien behandelte Wälder möglichst optimal in eine neue Struktur überführt werden. Es geht darum herauszustellen, ob von vornherein, d.h. nach der Jungbestandsphase von Fichtenbeständen, egal ob aus Pflanzung oder Naturverjüngung hervorgegangen, eine ausschließlich auf die Wertholzproduktion ausgerichtete Waldbaustrategie mit einer deutlich reduzierten Anzahl an Z-Bäumen auf der Fläche vorteilhaft erscheint, im Vergleich zu Z-Baum-Modellen mit einer größeren Anzahl an Z-Bäumen, die ebenfalls als Wertholz geerntet werden sollen. Daneben werden als Referenzen für die naturale Produktion ertragstafelbasierte Modelle simuliert.

### **8.3 Die Langfristigkeit des Prognosezeitraums**

Auf der Grundlage von Ergebnissen für einen „Modellhektar“ werden in der vorliegenden Arbeit der Variantenvergleich und die Sensitivität der Varianten auf veränderte Modellvorgaben (z.B. Anzahl der Z-Bäume/ha, unterschiedliche monetäre Bewertung der Zielprodukte) ins Zentrum der Methodik und der Ergebnisbewertung gestellt. Die Betrachtungszeiträume sollten geeignet sein, mindestens einmal die ökonomischen Folgen der zu vergleichenden Produktionsmuster abschätzen zu können. Dies bedingt automatisch einen modellhaften Simulations- bzw. Prognosezeitraum einer Produktionsdauer<sup>116</sup>, im

---

<sup>116</sup> Dieser Begriff ist bei der mit Z-Baum orientierten Waldbaukonzepten angestrebten dauerwaldartigen Bewirtschaftung nicht korrekt, da die Bestände in der Praxis sicherlich nicht abgetrieben werden sollen. Im Zusammenhang mit der hier angewendeten Methode wird er jedoch als Synonym der zeitlichen Begrenzung der Simulation verwendet.

vorliegenden Fall von 120 bzw. 140 Jahren. Im Vergleich zu den bereits genannten Untersuchungen ist dies ein ausgesprochen langer Prognosezeitraum - so simulierte DENSBORN z.B. für einen Zeitraum von 30 Jahren, KONITZER blickte 40 Jahre in die Zukunft -, der aus entscheidungstheoretischer Sicht durchaus kritisch zu hinterfragen ist.

Die mit Langfristprognostik verbundenen Probleme waren in den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts aktueller Diskussionsgegenstand ökonomischer Planungsforschung und Vorläufer strategischer Planung (vgl. BEA, HAAS 2001: 11, WELGE, AL-LAHAM 1999: 8-9, GLUCK et al. 1980: 4). Langfristprognostik umfasst Zeitperioden, „(...) *die durch menschliche Eingriffe noch in überschaubarer Weise beeinflusst (...) werden können*“ (vgl. BRUCKMANN 1977: 20). Damit sind meist Zeiträume von fünf bis dreißig Jahren gemeint. Hieraus wird jedoch ersichtlich, dass forstbetriebliche Zeithorizonte im Zusammenhang mit Problemstellungen der biologischen Produktion sich in diesen Zeitrahmen nicht einordnen lassen, sondern weit darüber hinaus gehen. Dies gilt auch für die in vorliegender Arbeit gewählte Produktionsdauer.

Damit ergibt sich auch die Frage, ob bei den sehr langen forstlichen Planungszeiträumen tatsächlich noch von einer überschaubaren Beeinflussbarkeit im Sinne von BRUCKMANN gesprochen werden kann. Auch bezüglich der Möglichkeit, mit dem Instrument der Forsteinrichtung eine langfristige und kontinuierliche betriebliche Steuerung zu erreichen, sind generelle Zweifel angebracht:

- Sozial-empirische Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass Planungshorizonte<sup>117</sup> von mehr als 10 bis 15 Jahren von Entscheidungsträgern in entscheidungsrelevanter Weise kaum bewältigt werden und somit wenig Einfluss auf die Entscheidung ausüben. Sie sind demnach auf einer langfristigen Zielebene nicht handlungsrelevant.<sup>118</sup>
- Es kann angenommen werden, dass im Rahmen von Entscheidungen langfristige Zielsetzungen von kurzfristigen, möglicherweise abweichenden Zielen dominiert werden.

---

<sup>117</sup> Vgl. allgemeine Aussagen zum „ökonomischen Horizont“ bzw. zum „Planungshorizont“ in Arbeiten von BITZ 1978, KRELLE 1959, TINBERGEN 1932, WITTMANN 1959.

<sup>118</sup> Vgl. beispielsweise Arbeiten von BONIECKI 1980, KRAMER 2000.

- Historisch ausgerichtete Untersuchungen zur Kontinuität forstlicher Betriebsführung zeigen aufgrund variierender Interpretationen Schwankungen, trotz gleich bleibend formulierter Ziele im Zeitverlauf.<sup>119</sup>
- Der Zufall als Ordnungsfaktor, wie z. B. natürliche, nicht vorhersehbare oder steuerbare Ereignisse wie Stürme und deren Folgen, erlangt prägende Bedeutung für zukünftige Nutzungsoptionen. Die langfristigen Resultate forstbetrieblichen Handelns sind daher nicht stringent Ausfluss der ursprünglichen Intentionen und der darauf ausgerichteten Steuerungshandlungen.

### **8.4 Das strategische Planungsdilemma des Forstbetriebes und seine entscheidungslogischen Implikationen**

Die vorhergehend beschriebenen Planungsprobleme, die sich als Spezifikum des Forstbetriebes mit langfristiger Produktion ergeben, hat SEKOT (1991) treffend als Planungsdilemma des Forstbetriebes bezeichnet. Produktinnovation bzw. Produktumstellung als Anliegen strategischer Planung und Entscheidung steht hier vor der spezifisch forstlichen Problematik extrem langer Produktionszeiträume. Dies gilt zweifellos, wenn der Innovationsimpuls bei der Bestandesbegründung gegeben wird, da hier die Langsamkeit der Wachstumsprozesse zu langen Zeiträumen bis zum innovativen Produkt führt. Aber auch innovative Umstellungen im Produktionsprozess bestehender Bestände sind i.a.R. von Langsamkeit und damit auch Langfristigkeit geprägt, denn beide Zeitphänomene sind miteinander verbunden. Produktinnovation im Forstbetrieb ist demnach nur über lange Zeiträume hinweg möglich, sofern sie auf steuernden Maßnahmen der biologischen Produktion aufbaut.

BRABÄNDER (1995: 168) betont in diesem Zusammenhang, dass „(...) die Verfolgung eines anspruchsvollen Ziels in der biologischen Produktion voraussetzt, dass die erforderlichen Folgemaßnahmen über den noch bevorstehenden Wachstumszeitraum, und das sind häufig 100 und mehr Jahre, durchgehalten werden, um den gedachten Erfolg zu realisieren.“ In Verbindung mit dem langfristigen Ziel und der starken betrieblichen Fixierung auf die Produktion von starkem Wertholz erscheint dieser Hinweis nicht unbedeutend. Es stellt sich folglich die Frage, ob ein derartiger Produktionszeitraum intergenerationell, orientiert an einer vorgegebenen Behandlungsstrategie, wirklich stringent durchgehalten werden kann.

---

<sup>119</sup> Vgl. SELING 1996.

In einer Ausarbeitung zur Bedeutung der Zeit im operativen und strategischen Management von Forstbetrieben kommt SAGL (2005: 67 ff.) zu folgendem Ergebnis: „*Der einzelne menschliche Beobachter kann immer nur einen Ausschnitt aus einer Wald- und/oder Bestandesentwicklung und diesen aus dem „Zeitgeist“ beurteilen und Handlungsbedarf entwickeln. Es besteht nämlich zwischen vorgefundenem Waldzustand und dem gleichzeitig geltenden oder sich herauskristallisierenden „heutigem Leitbild“ (oder „Zielwald“) meist eine beträchtliche Diskrepanz.*“

Die zuvor angesprochene Produktinnovation kollidiert mit der Tatsache, dass eine langfristige Marktprognose, die die Entscheidung für eine derartige Produktinnovation stützen könnte, nicht möglich ist. Daraus leitet SEKOT (1991) die Notwendigkeit ab, Produktionspolitik nicht markt-, also absatzorientiert zu gestalten, sondern auf *Potenzialziele* mit mittelfristigem Charakter hin auszurichten. Hier soll also eine *Produktionsdiversifikation* zu einer *Produktdiversifikation* führen, die wiederum mit einer Risikostreuung einhergeht. Hier wird nun eine inhaltliche Nähe zu Ausführungen des Zielsystems der Landesforsten deutlich, das ebenfalls auf Potenzialziele eingeht (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1997: II-8). Unterstützt wird die Forderung nach Potenzialzielen durch die Tatsache, dass forstliche Produktionszeiträume weit über Einwirkungszeiträume der Entscheider mit ihren Präferenzen, Werturteilen etc. hinausreichen. Forstliche Produktionszeiträume erleben innerhalb ihrer zeitlichen Grenzen mehrere Entscheidergenerationen, die ihrerseits nicht über intergenerationelle, stringente und konsistente Steuerungsmuster der biologischen Produktion verfügen werden, welche die Grundlagen, d.h. den generationsübergreifenden „roten Faden“ einer technischen Produktionssteuerung darstellen. Somit liegt auch im Sinne der vorstehenden Ausführungen BRABÄNDERS die begründete Annahme nahe, dass sich die Produktionspolitik mehrfach ändern kann und demzufolge auch unterschiedliche Wirkungen ausübt. Dies kann durchaus gewollt sein, führt es doch im zeitlichen Nacheinander unterschiedlicher Produktionspolitiken zu produktionswirtschaftlicher Varietät, durch eine nach und nach entstehende Mosaikstruktur der Produktionsmuster. Eine von vornherein auf ein zeitliches Nebeneinander verschiedener Produktionsmuster ausgerichtete Strategie würde allerdings eine Mosaikstruktur vermutlich bedeutend rascher herbeiführen und wäre somit im Sinne SEKOTS zielführender.



## **8.5 Diskussion zu den Ergebnissen des Kapitels 6 – Der Modellhektar**

### **8.5.1 Waldwachstumskundliche Ergebnisse**

#### *Zur Gesamtwuchsleistung*

Der Ausgangspunkt aller Betrachtungen ist die Gesamtwuchsleistung der Varianten (vgl. Abbildungen 22 und 23). Sie beschreibt die variantenabhängige Massenleistung, die in weiteren Simulations- bzw. Berechnungsschritten nach Stärke- und Güteklassen der Rohholzprodukte sortiert wird.

Die Gesamtwuchsleistung korreliert innerhalb der QD-Varianten positiv mit der Abnahme der Z-Baum-Anzahl pro Hektar. Dies mag zunächst verwundern, doch bei Berücksichtigung der Behandlungsregel in diesen Beständen, die davon ausgeht, dass nur Entnahmen von Hauptbedrängern um die Z-Bäume herum erfolgen und die Zwischenfelder ansonsten stets unbehandelt bleiben, wird dieser Trend erklärbar. Diese Zwischenfelder können bezogen auf ihre Grundflächenhaltung wie partielle „A-Grade“ (ANONYMUS 1902) gesehen werden, bei denen nicht aktiv durch die Entnahme lebender Bäume eingegriffen wird. Dementsprechend wird hier, den waldwachstumskundlichen Gesetzmäßigkeiten folgend, eine hohe Gesamtwuchsleistung erzielt (vgl. KRAMER 1988: 188 sowie dort genannte Literatur). Je weniger Z-Bäume auf einem Hektar stocken, desto größer wird der Flächenanteil der Zwischenfelder bzw. der „A-Grade“. Somit ist es zu erklären, dass Varianten mit wenigen Z-Bäumen/ha, bei denen eine Entnahme von Bäumen nur in räumlicher Nähe zum Z-Baum stattfindet, hinsichtlich ihres massenbezogenen Wachstums höhere Werte erreichen. Bei nur noch 50 Z-Bäumen/ha wird dies besonders evident. Diese QD-Variante erreicht eine Gesamtwuchsleistung auf dem Niveau mäßiger Nieder- bzw. Hochdurchforstung, also „klassischer“ Behandlungsmuster zur Produktion einer hohen flächenbezogenen Massenleistung, wie sie in den heute üblichen Ertragstafeln zur Fichte zum Ausdruck kommen (vgl. ASSMANN / FRANZ 1963, WIEDEMANN 1942). Auf vergleichbare Massenleistungen kommen die beiden Z-Baum-Varianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen. Auch hier gilt grundsätzlich das zuvor Erläuterte, allerdings sind hier weit geringere Unterschiede zwischen den beiden Varianten erkennbar. Vor dem Hintergrund, dass es sich durchgängig um Simulationsergebnisse handelt, bei denen durchaus eine „Prognosestreuung“ zu unterstellen ist (vgl. PRETZSCH 2001: 292), sind die hier ermittelten Ergebnisunterschiede für die Interpretation und Bewertung der Ergebnisse weitgehend nachrangig. Signifikante

Unterschiede sind bei einer zeitlich so weit reichenden Prognose ohnehin nicht ermittelbar, da sie keine statistische Auswertung darstellt, sondern als „Vektor“ in die Zukunft weist.

Zur exemplarischen Einordnung einiger GWL-Werte können zwei Quellen herangezogen werden:

- KOHNLE (2002) nennt per Simulation ermittelte Gesamtwuchsleistungen, von 1333 Vfm/ha bzw. 1584 Vfm/ha. Dabei geht er von einem  $dG_{Z100}$  von 13 Vfm/ha/Jahr aus, der über den in vorliegender Arbeit unterstellten Werten liegt (vgl. Abbildung 24). Für die Simulation werden jeweils 250 Z-Bäume angenommen und ein Alter bis zum Abschluss der Endnutzung von 118 bzw. 144 Jahren ermittelt, was zu einem mittleren BHD des ausscheidenden Bestandes bei Endnutzung von 59 bzw. 65 cm führt. Ein Vergleich dieser Werte mit dem Z-Baum Referenzmodell mit 200 Z-Bäumen bei einem Alter von 120 bzw. 140 Jahren sowie ähnlichen Zielstärken von 60 bzw. 70 cm deutet mit rd. 1300 Vfm/ha bzw. knapp 1500 Vfm/ha in der vorliegenden Studie auf Werte hin, die durchaus im vergleichbaren Rahmen liegen (vgl. Abbildung 22).
- WEISE und KUBLIN (1998: 422) ermitteln bei ihrer Modellierung langfristiger Wachstumsabläufe von Fichtenbeständen bei einer Variante im Alter 80 und einer Stammzahl von 750 Bäumen/ha sowie einem Durchmesser der Z-Bäume von 54 cm eine GWL von 922 Vfm/ha. Sie liegen damit z.T. merklich oberhalb der hier vergleichsweise hergeleiteten Werte für die QD-Varianten, jedoch durchaus in der Nähe der Vergleichsvarianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha (vgl. Abbildung 22).

Die Gesamtwuchsleistung der Z-Baum-Kollektive, die separat hergeleitet wurde, ist eine weitere Betrachtungsebene im Hinblick auf die waldbauliche Zielsetzung der QD-Varianten. Mit ihr ist es nun möglich, den variantenbezogenen Massenanteil von Z-Bäumen mit Wertholzanteilen zu beurteilen. In Abbildung 23 sind deutliche mengenmäßige Unterschiede zwischen den Varianten auszumachen, sowohl innerhalb der QD-Modelle als auch im Vergleich zu den traditionellen Z-Baum-Strategien mit erheblich mehr Z-Bäumen. Hier ist nun eine Umkehr der Gesamtwuchsleistungsrelationen innerhalb der Z-Baum-Modelle festzustellen, die aber einfach zu erklären ist: Je mehr Z-Bäume modelliert wurden, desto größer ist die Gesamtwuchsleistung des jeweiligen Z-Baum-Kollektivs pro Variante.

Als weiteren Aspekt können die Mengenrelationen der einzelnen Varianten zueinander betrachtet werden. Während bei einer Zielstärke von 60 cm ab dem Alter 100 eine

zunehmende Lücke zwischen den QD-Modellen und den Referenzen mit 160 bzw- 200 Z-Bäumen klafft, ist dieser Unterschied bei einer Zielstärkenerhöhung um 10 cm deutlich geringer. Die Erklärung liegt in dem anhaltenden Dickenwachstum der einzelnen Z-Bäume, die auch in höherem Alter (vgl. Abbildungen 10 und 11) bei einer Zielstärke von 70 cm bis zum Ende des Simulationszeitraumes ausgenutzt werden kann (vgl. SEIFERT, SCHERMER, PRETZSCH 2002: 33 ff.). Nachfolgende Abbildung 88 beschreibt zusammenfassend die prozentualen Relationen der Rohholzmengen der Z-Bäume, wobei die Variante Z 160 mit einer Zielstärke von 60 cm als 100 %-Referenz verwendet wird. Sehr deutlich zeigen sich das „Aufholpotenzial“ bei den QD-Varianten und die eher geringen Steigerungsoptionen bei den Z-Baum-Referenzen, die allerdings stets ein höheres Mengenniveau einnehmen, umso mehr, wenn die Produktionszeit 140 Jahre beträgt. Bei einer Zielstärke von 60 cm und einer Produktionszeit von 140 Jahren werden die Z-Bäume der QD-Varianten bereits vollständig innerhalb dieser Zeit genutzt (vgl. Abbildungen 28 und 29 sowie Abbildung 30). Dabei liegt der Nutzungsschwerpunkt laut Abbildung 28 bereits im Alter von 80 Jahren. Eine deutlich längere Produktionsdauer über 100 bis 110 Jahre hinaus kann folglich modellbedingt nicht mehr zu einer Steigerung der Massenleistung der Z-Baum Kollektive dieser Varianten führen. Die Kulmination der Vorratsentwicklung der Z-Bäume bei einer Zielstärke von 70 cm tritt hingegen 20 Jahre später ein.

Aus diesem Vergleich wird nun ein wesentlicher Unterschied zwischen den Varianten der QD-Reihe, den möglichen Zieldurchmessern und den Vergleichsvarianten erkennbar. Die geringere Zielstärke erlaubt es den QD-Behandlungen, in kürzerer Zeit Zielprodukte zu erreichen und letztlich auch zu nutzen.

Zur Einordnung der Ergebnisse der GWL-Simulation der Z-Baum Kollektive lassen sich Untersuchungen von SPELLMANN (2004) heranziehen. Danach ergaben sich für 68jährige Fichten, die zum Zeitpunkt des Simulationsbeginns mit dem Programm BWINPRO 28 Jahre alt waren und ein mittleres Bekronungsprozent von 56 und eine mittlere Höhe Hg von 11,4m hatten, am Ende der Simulation nach 40 Jahren für ein Modell mit 100 Z-Bäumen eine GWL von 876 Vfm/ha und für ein Modell mit 250 Z-Bäumen eine GWL von 935 Vfm/ha. Allein bezogen auf die Z-Baum Kollektive ermittelte SPELLMANN Gesamtwuchsleistungen von 150 Vfm/ha, sofern 100 Z-Bäume angenommen wurden, sowie 334 Vfm/ha, wenn 250 Z-Bäume vorkommen sollten. Werden zum Vergleich die entsprechenden Ergebnisse des Z-Baum-Modells mit 200 Z-Bäumen sowie die Variante QD 100 herangezogen, so erreichen bei einem

durchaus ähnlichen Alter von 70 Jahren QD 100 eine GWL von knapp 600 Vfm/ha, das Modell Z 200 knapp 700 Vfm/ha (vgl. Abbildung 22). Somit liegen beide Modelle auf der Basis der GWL des Gesamtbestandes unterhalb der Wertangaben von SPELLMANN. Bei den GWL-Ergebnissen der Z-Baum-Kollektive zeigt sich jedoch ein etwas differenzierteres Bild. Das Z-Baum-Kollektiv von QD 100 weist im Alter 70 bei beiden betrachteten Zielstärken eine GWL von rd. 170 Vfm/ha aus, das Referenzmodell mit 200 Z-Bäumen eine GWL im Mittel von rd. 235 Vfm/ha (vgl. Abbildung 23). Somit erzielt QD 100, das von einer relativen Kronenlänge der Z-Bäume von rd. 70-75 % ausgeht, in diesem Alter eine etwas höhere Produktionsleistung als die Fichten bei SPELLMANN. Die Referenz mit 200 Z-Bäumen leistet zu diesem Zeitpunkt hingegen weniger als das Modell mit 250 Z-Bäumen bei SPELLMANN. Wenn allerdings von den Werten der vorliegenden Arbeit ausgehend eine lineare Hochrechnung auf 250 Z-Bäume vorgenommen wird, so wird auch hier eine Größenordnung erreicht, die derjenigen von SPELLMANN nahe kommt.

Im Vergleich zu den o.g. Werten ermittelten ABETZ und UNFRIED (1983) am Fichtenstandraumversuch Riedlingen/Donau bei den dortigen Varianten mit 200 Z-Bäumen (Durchforstung als Z-Baum-Auskesselung) im Alter von 37 Jahren Gesamtwuchsleistungen von 460 bzw. 440 Vfm/ha. Im Vergleich dazu sind hier die Werte im Alter 40 (Abbildung 22) mit etwa durchgängig knapp 300 Vfm/ha deutlich niedriger. Die Werte von ABETZ und UNFRIED sind allerdings auf Versuchsflächen sehr guter Wüchsigkeit ermittelt worden. Die Angaben von ABETZ und UNFRIED übersteigen die Werte der Fichtenertragstafeln von ASSMANN und FRANZ (1963) bzw. WIEDEMANN (1936/1942) für die dort jeweils besten Bonitäten deutlich. So liegt die GWL noch oberhalb eines Niveaus von dGz 15 (ABETZ / UNFRIED 1983: 104). Dies dürfte im Wesentlichen die Unterschiede zu den Werten der vorliegenden Studie erklären, die im Mittel nur von einer Wüchsigkeit auf dem Niveau etwa einer I.5 Ertragsklasse nach WIEDEMANN ausgeht.

Der Vergleich mit den Arbeiten von KOHNLE und SPELLMANN erlaubt den Schluss, dass die hier per Simulation ermittelten waldwachstumskundlichen Basiswerte, ausgedrückt über die GWL verschiedener Varianten und Kollektive, vor dem Hintergrund differierender Ausgangsannahmen der Simulation (z.B. bezogen auf die potenzielle Leistungsfähigkeit des Wachstums) und abweichender Modellparameter (hier v.a. abweichende Anzahl von Z-Bäumen/ha) recht plausibel sind.

Abbildung 88 steht in einem unmittelbaren inhaltlichen Zusammenhang mit den bisherigen Ausführungen zur Gesamtwuchsleistung, zeigt sie doch das prozentuale Verhältnis der Rohholzmengen der Z-Baum-Kollektive zueinander und somit die Relationen der GWL der wichtigsten Teilkollektive innerhalb der Modellbestände.

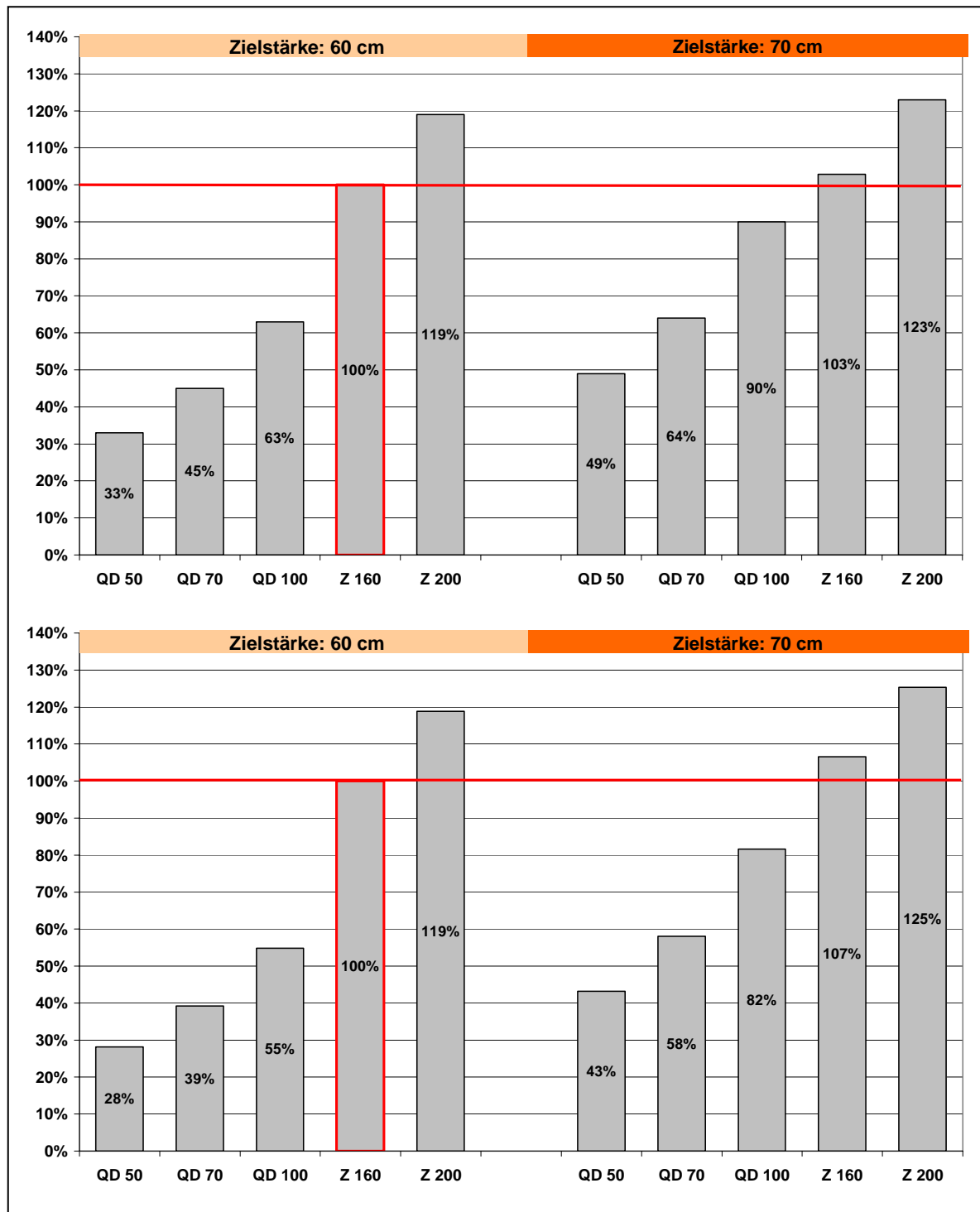


Abbildung 88: Prozentuales Verhältnis der Gesamtrohholzmengen der Z-Baum-Kollektive nach einer Produktionsdauer von 120 Jahren (oben) bzw. 140 Jahren (unten). Die 100 %-Referenz wird durch die Variante Z 160 mit einer Zielstärke von 60 cm repräsentiert.

Bei Ausblendung des modellbedingt nicht lösbaren Generationenwechsel-Problems (vgl. Kapitel 8.1) zeigt sich sehr deutlich, dass eine Zielstärke von 60 cm zu erheblichen Mengenverzichten bei den QD-Modellen führt, sofern Z 160 als Referenz mit 100 % betrachtet wird. Erst bei einer Zielstärke von 70 cm erreicht die QD-Variante 100 ein Mengenverhältnis von 90 % bzw. 82 % zu Z 160 bzw. Z 200. Allerdings erzielen Z 160 und Z 200 die höchsten Mengenleistungen bei den Z-Baum-Kollektiven. Im direkten Vergleich mit Z 160 und Z 200 erreicht QD 100 unter o.g. Einschränkungen nahezu ähnlich hohe Werte, während die anderen QD-Varianten stets deutlich darunter liegen.

#### *Zur Nutzungsdynamik*

Abbildung 89 vermittelt zusammenfassend die Nutzungsprozente der Z-Stämme und die damit korrespondierenden mittleren Alter dieser Bäume, d.h. das mittlere Alter aller genutzten Z-Bäume vor Ende der Produktionszeit. Die durchgängig frühen und dennoch stets hohen Nutzungsoptionen der QD-Varianten zeigen sich auch hier. Das relativ niedrige Alter der genutzten Z-Bäume bei den Varianten Z 160 bzw. Z 200 innerhalb einer Produktionszeit von 120 Jahren und einer angestrebten Zielstärke von 70 cm hängt mit dem geringen Nutzungsanteil zusammen. Die wenigen Z-Bäume, die quasi wie „Vorwüchse“ rasch zielstark wurden, waren also zum Zeitpunkt ihrer Nutzung noch relativ jung. Durch die Verlängerung der Produktionszeit um 20 Jahre zeigt sich hingegen sofort ein deutlicher Anstieg des mittleren Nutzungsalters, obwohl sich der Nutzungsanteil auf nur rd. 10 % erhöht hat.

KOHNLE und V. TEUFFEL operieren im Gegensatz zur vorliegenden Studie nicht mit festen simulierten Produktionszeiträumen, sondern orientieren sich am Erreichen des angestrebten Zieldurchmessers erntereifer Bäume von 60 cm bei ihren Starkholzmodellen und einer darauf aufbauenden Endnutzungsphase von 20 bzw. 40 Jahren. So werden mittlere Brusthöhendurchmesser von 59 cm bzw. 65 cm innerhalb einer mittleren Produktionsdauer von 109 bzw. 119 Jahren erreicht.

Werden die mittleren erreichten Erntealter der Z-Bäume innerhalb der hier fixen Produktionszeiträume zum Vergleich herangezogen, so zeigt sich, dass die QD-Modelle schneller zum Ziel gelangen als die stammzahlreicheren Varianten, die KOHNLE und V. TEUFFEL untersuchten. Denn bei einer Zielstärke von 60 cm können bei allen QD-Varianten mit einem mittleren Erntealter von rd. 95 Jahren die Z-Bäume fast vollständig geerntet

werden. Bei so gut wie gleichem Zieldurchmesser (59 cm zu 60 cm) zeigt sich hier also ein simulierter Zeitvorteil von rd. 15 Jahren.

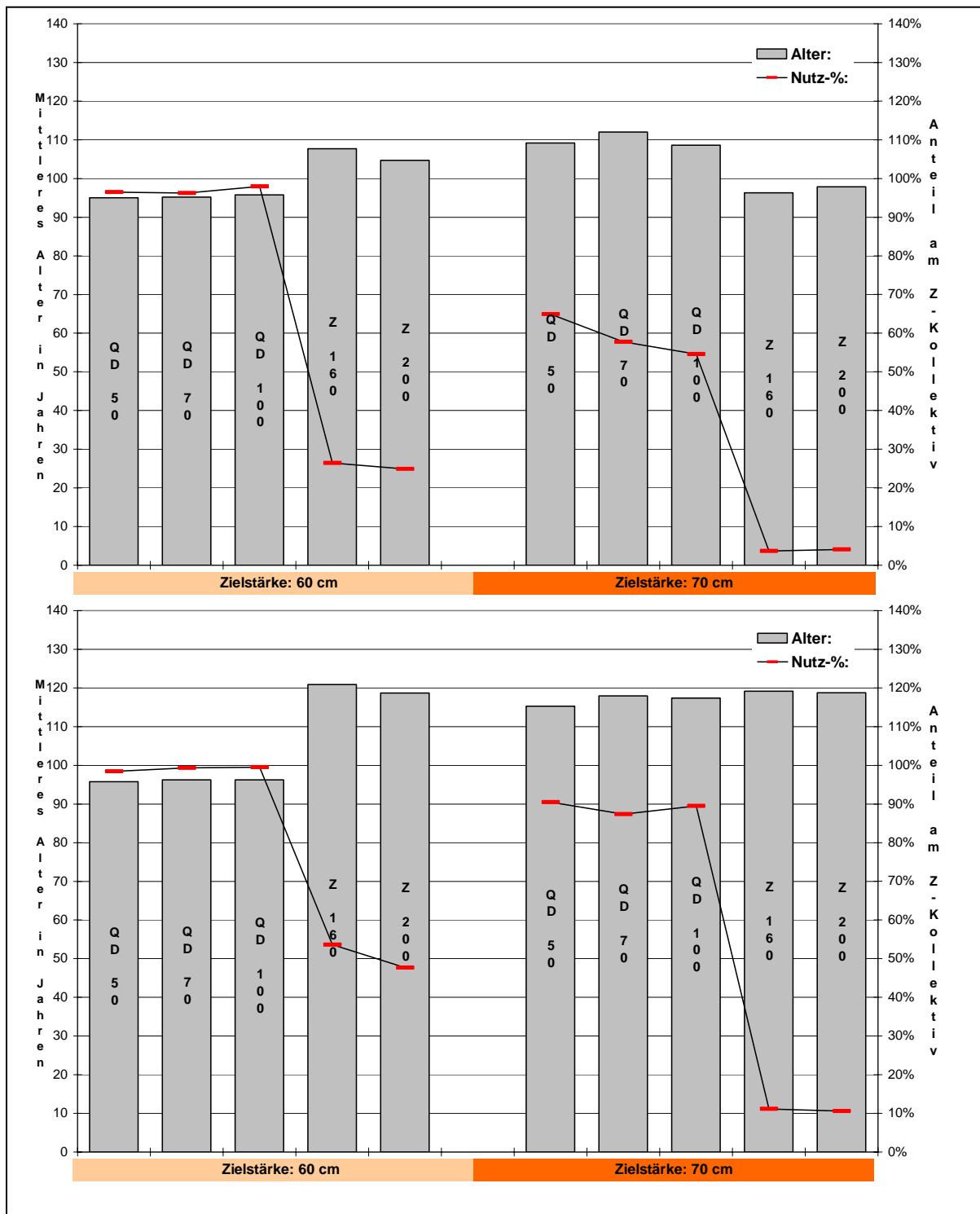


Abbildung 89: Variantenbezogener Vergleich der Nutzungsprozente der Z-Baum-Kollektive vor Erreichen eines Alters von 120 Jahren (oben) bzw. 140 Jahren (unten) und des damit korrespondierenden mittleren Alters der genutzten Z-Baum-Kollektive

Bei einem Nutzungsniveau von etwa 90 % der Menge der Z-Bäume erzielen die QD-Modelle ein mittleres Erntealter von weniger als 120 Jahren, sofern der Simulationslauf auf 140 Jahre bei einem Zieldurchmesser von 70 cm ausgerichtet war. Die zum Vergleich dazu passende Variante von KOHNLE und v. TEUFFEL, die nach Erreichen der Zielstärke von 60 cm einen Endnutzungszeitraum von 40 Jahren vorsah, kommt ebenfalls auf ein annähernd gleiches mittleres Erntealter von 119 Jahren, allerdings bei einem im Mittel um 5 cm geringeren Ziel-BHD von 65 cm. Damit kommt eine relative zeitliche Vorteilhaftigkeit der QD-Modelle zum Ausdruck.

#### *Zum durchschnittlichen Gesamtwuchs*

Eine mögliche Größe für die Wahl einer waldbaulichen Handlungsalternative unter Produktionsgesichtspunkten ist der dGz. Die Abbildungen 24 sowie 25 zeigen die Ergebnisse der Simulation für diesen waldwachstumskundlichen Weiser. Die jeweilige dGz-Entwicklung für den Gesamtbestand bzw. für die Z-Baum Kollektive in Abhängigkeit der verschiedenen Varianten ist nichts Weiteres als ein analoges Abbild der Funktionsverläufe, wie sie bereits aus den Abbildungen 22 und 23, die die Gesamtwuchsleistungen skizzierten, bekannt sind. Beim Vergleich der in Abbildung 24 dargestellten erreichbaren dGz in Abhängigkeit des Produktionszeitraumes mit Werten von KOHNLE und v. TEUFFEL (2004) fällt auf, dass die Werte für die Starkholzproduktion von rd. 13 Vfm/ha/a bei einer mittleren Produktionsdauer von 109 bzw. 119 Jahren, die diese Autoren im Rahmen ihrer Studie nennen, hier von keiner Variante (Ausnahme: Nullvariante), auch nicht von QD, erreicht wurden, wobei allerdings die Z-Baum-Modelle mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen/ha mit  $\pm 11$  Vfm/ha/a diesen Größenordnungen immerhin mit am Nächsten sind. Die Ursache dürfte im Wesentlichen in der von den vorgenannten Autoren gewählten Oberhöhenbonität nach ASSMANN und FRANZ (1963) von 38m zu finden sein, mit der eine Absolutbonität von 12 Vfm/ha/a korreliert.

#### *Zur Vorrats- und Grundflächenentwicklung*

Die Entwicklung von Vorrat und Grundfläche korreliert unmittelbar miteinander. Die Abbildungen 26 und 27 zeigen diese Parameter zunächst für den Gesamtbestand der jeweiligen Varianten, während die Abbildungen 28 und 29 eine Spezifikation für die Z-Baum-Kollektive liefern. Die bereits zuvor diskutierten Gesichtspunkte zur Gesamtwuchsleistung bzw. zum dGz können analog auch auf die ermittelten Ergebnisse zur Vorrats- bzw. Grundflächenhaltung übertragen werden. Vor allem bei der Variante QD 100



führt die angestrebte grüne Krone von rd. 75 % der erreichbaren Z-Baum-Höhe zu einer Eingriffsintensität, die den Vorrat des Gesamtbestandes im Vergleich zu den anderen QD-Varianten, aber auch zu den beiden Z-Baum Referenzmodellen, auf dem niedrigsten Niveau hält, zeitweise vergleichbar mit demjenigen einer starken Hochdurchforstung. Bei 100 Z-Bäumen ist zur Wahrung der Zielvorgabe einer relativen Kronenlänge von 75 % der Baumendhöhe um die einzelnen Z-Bäume herum letztlich eine wiederkehrende Entnahme von Hauptbedrängern bis zu einem Alter von  $\pm 60$  Jahren nötig (vgl. Abbildung 19). Dies führt bezogen auf die 100 Z-Bäume zu einem kontinuierlichen Abschöpfen von Vorräten im Zuge von Pflegemaßnahmen, ab einem Alter von  $\pm 60$  aber auch durch bereits einsetzende Zielstärkenentnahme (vgl. Abbildungen 19 und 30).

Liegt die Vorratsentwicklung des Gesamtbestandes bei QD 100 auf einem niedrigeren Niveau, so liegen die QD-Varianten mit weniger Z-Bäumen/ha deutlich darüber. In den Bereichen der potenziellen Standräume der einzelnen Z-Bäume, in die diese im Zuge ihres Kronenwachstums hinein expandieren wollen, wird natürlich auch bei diesen Varianten in einer Stärke eingegriffen, die sicherstellt, dass die grüne Kronenbasis zielkonform gehalten wird. Da die Zwischenfelder des Nebenbestandes jedoch keiner Bestandespflege unterliegen, findet hier ein ungehindertes Massenwachstum statt, das folglich auch die Vorratshaltung auf ein höheres Niveau hebt, je weniger Z-Bäume/ha modelliert werden. Bei Variante QD 50 verläuft die Vorratsentwicklung sogar oberhalb der beiden Z-Baum-Referenzen mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen.

Die Vorratsentwicklung bei den Z-Baum Modellen ist geprägt durch die zu unterschiedlichen Zeitpunkten einsetzenden Zielstärkenutzungen (vgl. Abbildungen 28 und 29), was durch die Stammzahlentwicklung der Z-Baum-Kollektive (Abbildung 30) verdeutlicht wird. Die erkennbaren zeitlichen Vorteile, sowohl bei Zieldurchmesser 60 cm als auch 70 cm, zugunsten der QD-Varianten wurden bereits zuvor angesprochen. Die jeweils deutlich eher einsetzende und z.T. vollständige Zielstärkenutzung bei Zielstärke 60 cm senkt dann den Vorrat der Z-Baum Kollektive der QD-Varianten innerhalb der Betrachtungszeiträume gegen Null ab, was zu „welligen“ Kurvenverläufen dieser Varianten in Abbildung 27 führt. Die spätere „Reife“ der Z-Bäume bei gegebener Zielstärke bei den Referenzvarianten findet allerdings auf einem Vorratsniveau statt, das zum Kulminationszeitpunkt bei einer Zielstärke von 60 cm im Mittel mehr als doppelt so hoch ist wie zum Zeitpunkt der Kulmination der Variante QD 100. Erkauft wird diese Leistung allerdings mit einer zusätzlichen Zeitspanne

von etwa 30 Jahren gegenüber der QD-Variante. Sofern der Zieldurchmesser 70 cm betragen soll, steigt diese Zeitdifferenz noch an. Darüber hinaus zeigen die Abbildungen 28 und 29 im unmittelbaren Vergleich zu den Abbildungen 26 und 27 auch wiederum die mengenmäßigen Anteile, die die Z-Bäume an der Vorrats- bzw. Grundflächenhaltung ausmachen. Die Z-Baum-Kollektive der QD-Modelle, vor allem je stammzahlärmer sie sind, tragen nur noch nachrangig zum Vorrat des Gesamtbestandes bei. Dies kann möglicherweise kompensiert werden durch die in den entstehenden Lichtschächten vorhandene, aber im Modell nicht abgebildete zweite Generation. Am ausgeglichensten stellt sich hier noch die Variante QD 100 dar. So stellt ihr Z-Baum-Kollektiv im Alter 80 bei einer Zielstärke von 60 cm beispielsweise einen Vorrat von etwas über 200 Vfm/ha bereit. Gemessen an einem Gesamtvorrat von rd. 330 Vfm/ha ist dies ein Anteil von rd. 2/3. Eine ähnliche Relation wird auch bei einer Zielstärke von 70 cm und einem Kulminationsalter bei der Vorratshaltung der Z-Bäume in einem Alter von 100 Jahren erreicht. Diese Relation ist bei der Variante QD 50 deutlich niedriger, weil der Vorrat des Z-Baum-Kollektivs abnimmt und gleichzeitig der Vorrat des Nebenbestandes kontinuierlich steigt.

Ein wesentlicher Parameter für die Wachstumssimulationen ist u.a. die potenzielle Leistungsfähigkeit des Wachstums. Dies wurde über zwei Ertragsstufen, analog der üblichen Bonitierung über Bestandeshöhen, auf der Grundlage von Höhenwachstumspotenzialen festgelegt. Somit entspricht das simulierte Höhenwachstum im Mittel der beiden Ertragsstufen in etwa der I.5 Ertragsklasse nach WIEDEMANN (1942) bzw. ASSMANN und FRANZ (1963). Hierauf bauen letztlich alle im Ergebniskapitel vorgestellten waldwachstumskundlichen Ergebnisse auf, folglich auch die Ergebnisse der Grundflächenhaltung. Die simulierte Grundflächenentwicklung der Referenzvariante mäßige Niederdurchforstung stimmt erwartungsgemäß mit den entsprechenden Werten der I.5 Ertragsklasse nach ASSMANN und FRANZ (1963) überein, da sich die Simulation an eben diesem Modell im Wesentlichen orientiert. Gleiches gilt für die mäßige Hochdurchforstung.

Wird die mäßige Niederdurchforstung als Behandlungsmodell für den Vergleich der Grundflächenhaltung herangezogen (100 %-Referenzniveau), so zeigt QD 100 bei einer Zielstärke 60 cm im Alter 80 eine Grundflächenkulmination von knapp 30m<sup>2</sup>/ha. Dies sind gegenüber der vorgenannten Grundflächenreferenz im gleichen Alter (rd. 50m<sup>2</sup>/ha = 100 %) nur noch rd. 60 %. QD 100 markiert damit den niedrigsten Kulminationspunkt bezogen auf die Grundflächenhaltung aller Varianten, sofern eine Zielstärke von 60 cm angestrebt wird

(vgl. Abbildung 27). QD 50 befindet sich als Variante mit der geringsten Anzahl an Z-Bäumen/ha bei demselben Betrachtungsalter fast genau auf dem Niveau der Grundflächenreferenz. Die Förderung lediglich der 50 Z-Bäume hat sich bis zu diesem Alter folglich noch nicht auf die Grundflächenentwicklung ausgewirkt. Sie steigert sich bei QD 50 sogar noch, sofern als Zielstärke 70 cm gewünscht wird. Zwischen dem Alter 80 und 100 Jahren übersteigt die Grundfläche von QD 50 diejenige der Grundflächenreferenz, wenn auch nur um wenige Quadratmeter/ha.

Wird die Grundflächenentwicklung der Z-Baum-Kollektive (vgl. Abbildung 29) betrachtet, so zeigt sich, dass die Variante QD 100 bei einer Zielstärke von 60 cm im Alter 80 bei rd. 18 m<sup>2</sup>/ha kulminiert. Das Z-Baum-Kollektiv zum Zeitpunkt der Grundflächenkulmination macht wiederum rd. 60 % der Grundfläche des Gesamtbestandes dieser Variante aus. Verglichen mit der Grundfläche der mäßigen Niederdurchforstung zum entsprechenden Zeitpunkt (=100 %) erreicht das Z-Baum Kollektiv einen Anteil von 36 %. Dies korreliert mit einer Stammzahlhaltung von knapp 90 Z-Bäumen/ha bei diesem Alter. Diese knapp 90 Bäume bedingen also ein gutes Drittel der Grundfläche gemäß der Referenzertragstafel Fichte, I.5 Ertragsklasse, nach ASSMANN und FRANZ (1963), bei der im vergleichbaren Alter eine Stammzahl von 771 Bäumen/ha ausgewiesen ist. Ein Drittel der Grundfläche entsprechen mithin 257 Bäume/ha. Daraus wird ersichtlich, dass die Z-Bäume der QD-Varianten eine herausragende wachstumsbezogene Entwicklung nehmen und für sich betrachtet einen beachtlichen Produktionsbeitrag zum Gesamtkollektiv der Bäume leisten.

Dies gilt in abgeschwächter Form allerdings auch für die anderen Z-Baum orientierten Modelle, insbesondere auch für die Varianten mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen. Hier jedoch wiederum etwa um 20 Jahre zeitversetzt.

Allerdings gelingt es den Varianten QD 100 und QD 70 in Verbindung mit den Bäumen des Füllbestandes nicht, das absolute Leistungsniveau der Referenz zu erreichen. Hier vermag eben nur die Extremvariante mit 50 Z-Bäumen eine annähernd identische Produktionsleistung zu erreichen, getragen durch die Holzproduktion des Füllbestandes und nicht wesentlich durch die Z-Bäume (vgl. Abbildung 29 in Verbindung mit den Abbildungen 27 sowie 25 und 26). Bei einer gewünschten Zielstärke von 70 cm sind die entsprechenden Werte über dem ansteigenden Alter nach oben parallel verschoben. Die Relationen zwischen den Varianten und der hier angeführten Referenz nach ASSMANN und FRANZ (1963) bleiben augenscheinlich

weitgehend gleich. Somit kann festgehalten werden, dass die QD-Z-Bäume für sich gesehen durchaus leistungsfähig bezüglich ihres individuellen, aber auch kollektiven Wachstums erscheinen. Die je nach Variante gegen Ende der simulierten Produktionszeit ausgesprochen geringe Z-Stammzahl liefert dann allerdings nur noch geringe Beiträge zur Gesamtproduktion. Zudem ist festzuhalten, dass die stammzahlreicheren Z-Baum-Varianten wiederum stets ein höheres Grundflächenhaltungsniveau, gleichbedeutend auch mit höheren Massenhaltungen erreichen. Hierzu ist jedoch auch eine stets längere Produktionsdauer vonnöten.

Wird die Zielstärke und ihre zeitliche Erreichbarkeit zur Beurteilung der waldbaulichen Wuchsmodelle herangezogen, so erscheinen die QD-Varianten vorteilhaft, allerdings mit geringeren Massenanteilen der Z-Bäume an der Gesamtwuchsleistung bzw. am dGz. Hinzuweisen ist auf die vergleichsweise beachtliche Durchmesserentwicklung bei der starken Hochdurchforstung, die aber nicht weiter untersucht werden konnte.

### **8.5.2 Sortierungsergebnisse**

Bisher wurden vor allem die rein massenbezogenen Unterschiede in der Produktionsleistung der einzelnen Varianten betrachtet. Dabei wurden Unterschiede zwischen den QD-Modellen gegenüber den beiden „traditionellen“ Z-Baum-Varianten, aber auch innerhalb der QD-Strategien selbst beleuchtet. Nach der virtuellen Sortierung dieser Rohholzmengen ist es nun möglich, den qualitativen Produktaspekt der Wertholzproduktion in die Überlegungen zu integrieren und zu quantifizieren. Auf Grundlage der wachstumskundlichen Ergebnisse konnten zwar die Z-Baum-Kollektive der einzelnen Varianten beurteilt werden, nicht aber die eigentlichen Zielprodukte.

#### *Stärkeklassenvergleiche bei den Z-Bäumen*

Einen ersten Hinweis liefert der Stärkeklassenvergleich der Z-Baum-Kollektive (vgl. Abbildung 31). QD erreicht bei einer Zielstärke von 70 cm den höchsten Produktionsanteil der Stärkeklasse L5. Dies ist im Rahmen der für die Simulation getroffenen Festlegungen gleichbedeutend mit dem höchsten Produktionsanteil an Wertholz. Sofern also davon ausgegangen werden kann, dass die Wertholzmengen der Z-Bäume im Wesentlichen durch die Stärkeklasse L5 und anteilig auch durch L4 (z.T. auch bis L3b) repräsentiert werden, lässt die Variante QD 100 mit der Kombination 70 cm Zielstärke bei beiden Produktionszeiträumen den größten stärkeklassenbezogenen Produktionserfolg erwarten,

allerdings auf einem reduzierten Gesamtmengenniveau gegenüber den Referenzen Z 160 und Z 200.

Die zeitlichen Produktionsvorteile von QD bei einer Zielstärke von 60 cm, die noch zuvor bei den wachstumskundlichen Ergebnissen aufgeführt wurden, werden nicht nur durch geringere Z-Baum-Massenanteile, sondern auch durch eine insgesamt schwächere Stärkeklassenstruktur erkauft. Die Mengenanteile von L4 und L5 innerhalb einer Produktionsdauer von 120 Jahren liegen bei QD zudem deutlich erkennbar hinter den Vergleichsmodellen mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen. Für QD-Modelle erscheint also unter dem Aspekt der Stärkeklassenstruktur eine Zielstärke von nur 60 cm verglichen mit den Modellen Z 160 bzw. Z 200 nicht vorteilhaft. In Abbildung 54 tritt anschaulich zu Tage, welche hohe Produktionsleistung im Bereich der Stärkeklassen L4 und L5 durch die Variante QD 100 erreichbar erscheint, sofern ein Zieldurchmesser von 70 cm angestrebt wird, wobei L4 in diesem Fall nur anteilig mit Wertholz gleichzusetzen ist (vgl. hierzu Abbildung 91).

KOHNLE und v. TEUFFEL (2004:176) errechnen auf der Basis von 250 Z-Bäumen für ihre Starkholzmodelle Anteile an Starkholz, definiert ab einem Zopf von 39 cm, von 34 % bzw. 46 %. Beim Vergleich mit Abbildung 49 fällt auf, dass diese Werte von den QD-Varianten nur annähernd bei angestrebten Zielstärken von 70 cm erreicht werden. Die Modelle Z 160 bzw. Z 200 sind nur bei Produktionszeiten von 140 Jahren in der Lage, die vorgenannten Anteile näherungsweise zu erreichen. Dann allerdings entsprechen sie in etwa den Werten wie sie KOHNLE und v. TEUFFEL nennen, deren oberer Wert auch innerhalb einer Gesamtmodellierung von bis zu 140 Jahren errechnet wird - zumindest endet in diesem Alter die Darstellung der Ergebnisse. Das relativ gute Abschneiden der Simulationen von KOHNLE und v. TEUFFEL auf der Ebene der Starkholzbetrachtung mag – neben der vergleichsweise höheren Wuchsleistung - v.a. ein Resultat der höheren Anzahl von 250 Z-Bäumen auf der Fläche sein, die in der Summe mehr starkes Holz oberhalb eines Zopfes von 39 cm zu produzieren vermögen. Ein Vergleich zwischen den Anteilen von L4 und L5 ist in Ermangelung einer entsprechenden Auswertung nach Stärkeklassen nicht möglich. Im Vergleich mit der starken Hochdurchforstung fällt auf, dass die Summe der Stärkeklassennutzungsoptionen oberhalb von L4 durchaus den Werten der baden-württembergischen Studie entsprechen kann (vgl. Abbildung 35). Die im Rahmen der vorliegenden Studie ermittelten Starkholzmengen fügen sich also durchaus schlüssig in den Werterahmen der Studie von KOHNLE und v. TEUFFEL ein.

*Zum „Füllbestand“*

Ein Kollektiv, das es virtuell zu sortieren galt, fehlt bis jetzt noch in der Diskussion. Es ist der Füllbestand, der wie schon gezeigt wurde, gerade bei den Z-Stammzahl armen Varianten von QD große Rohholzmengen bereitstellen kann. Sie sind überwiegend im Bereich der Bauholzdimensionen (L2a bis L3a) anzusiedeln und zwar mit herausragenden Mengenanteilen bei den Varianten QD 50 und QD 70 (vgl. Abbildung 34). QD 100 hingegen zeigt auf niedrigerem Niveau eine gewisse Nähe zu Z 160.

*Zur Nieder- und Hochdurchforstung*

Ein eher überraschendes Ergebnis zeigt die Sortierung der starken Hochdurchforstung, die beachtliche Anteile hoher Stärkeklassen erwarten lässt. Wären sie geastet, so würden sie die L5-Wertholzanteile der Variante QD 100 bei einer Produktionsdauer von 140 Jahren im Rahmen der Simulation sogar übertreffen, zumal noch mit einer geringen Menge von nach L6 sortiertem Rundholz gerechnet werden kann (vgl. Abbildungen 35 und 36 i.V.m. Abbildung 31). Die relativ starken Eingriffe im Rahmen der Hochdurchforstung, die auch durch die verhältnismäßig beachtlichen Vornutzungen zu Tage treten, die in etwa dieselbe Menge ausmachen wie der am Ende der Produktionsdauer vorhandene Vorrat, führen also zu starken Dimensionen, die den Zielstärken der Z-Baum-Modelle offensichtlich nicht nachstehen müssen. Abbildung 36 zeigt dies sehr deutlich. Bei einer Produktionsdauer von 120 Jahren und einer Zielstärke von 70 cm produzieren jedoch die QD-Varianten die höchsten Anteile, allerdings nicht die absolut höchsten Mengen an stärkstem Holz.

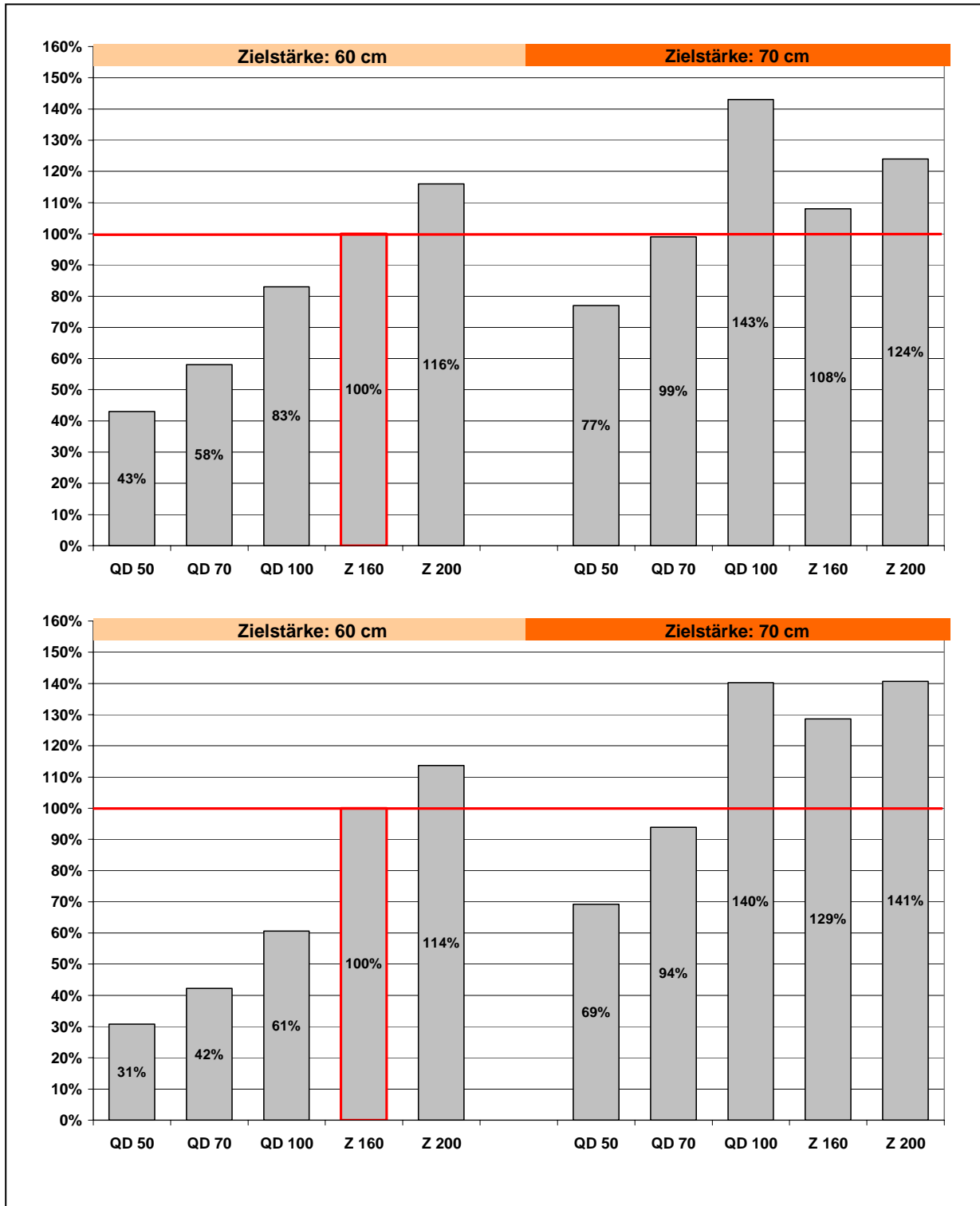


Abbildung 90: Vergleich der variantenabhängigen prozentualen Rohholzanteile der Stärkeklassen L4 und L5 bei den Z-Baum-Kollektiven nach 120 Jahren (oben) bzw. 140 Jahren (unten)

Die 100 %-Referenz wird durch die Variante Z 160 mit einer Zielstärke von 60 cm repräsentiert.

### Zur Produktionsdauer

Ein bereits angesprochenes Kriterium zur Beurteilung der relativen Vorteilhaftigkeit einer Variante kann die Produktionsdauer sein. Im Zusammenhang der hier zu diskutierenden Sortierungsergebnisse kann *eine* Form der zeitlichen Vorteilhaftigkeit darin gesehen werden, zu welchen Zeitpunkten bzw. -phasen innerhalb der Produktionsdauer bestimmte Rohholzprodukte zielkonform nutzbar werden. Im Ergebnisteil sind es die Abbildungen 36 bis 41, die einerseits das Verhältnis zwischen ausscheidendem und verbleibendem Bestand beschreiben und andererseits die zeitliche Entwicklung der Stärkeklassenstruktur des ausscheidenden Bestandes charakterisieren. Im Wesentlichen werden folgende Aspekte herausgestellt:

- Zielstärke 60 cm
  - Bei den QD-Varianten erscheint eine fast vollständige Nutzung der Zielprodukte vor Ablauf des simulierten Produktionszeitraums von 120 Jahren bereits möglich. Hiervon weichen die Referenzvarianten ab. Erst eine Verlängerung der Produktionsdauer um 20 Jahre eröffnet auch den Referenzvarianten mit mehr Z-Bäumen höhere Nutzungsanteile zielstärkenkonformer Z-Bäume.
- Zielstärke 70 cm
  - Alle QD-Varianten haben im ausscheidenden Bestand in der Summe stets den höheren absoluten Massenanteil an Starkholz (L4 und L5) gegenüber den Referenzen mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen. Gerade bei den letztgenannten Modellen akkumuliert sich ein erheblicher Anteil starken Holzes im verbleibenden Bestand am Ende der Simulation.

Bei beiden untersuchten Produktionszeiträumen realisieren die QD-Varianten eine größere Menge und höhere Anteil ihres Stammholzes bereits vor Ende des Produktionszeitraums.

Relativ kontinuierliche Stammholznutzungsoptionen im Zeitverlauf zeigen die Nieder- und Hochdurchforstung im Stärkeklassenbereich typischer Bauholzdimensionen. Lediglich die starke Hochdurchforstung erreicht ab etwa 90 Jahren zunehmende Mengenanteile starken Stammholzes. Die Nutzungsoptionen dieser Varianten sind im zeitlichen Verlauf betrachtet deutlich ausgeglichener. Dies ist insofern nicht verwunderlich, da diese Modelle nicht



zielstärkenorientiert behandelt werden, sondern ertragstafelgemäß grundflächenorientiert gesteuert werden.

### *Zum Wertholzanteil verschiedener Produktionsmuster*

Im Kapitel 6 wurde u.a. die virtuelle Güteklassenverteilung des Stammholzes präsentiert. Viele der Aussagen zu den stärkeklassenbezogenen Nutzungsoptionen haben bereits einen indirekten Bezug zu Güteklassen aufgewiesen, nämlich immer dann, wenn bei den Z-Baum-Modellen von Starkholzanteilen, vor allem der Klasse L5, die Rede war. Sie können mit Wertholzanteilen gleichgesetzt werden, da sie dem geästeten unteren Stammholzbereich entstammen, der von vornherein als Wertholz eingestuft wurde.

Bei einem Vergleich der mengenmäßigen Wertholzanteile mit den sie repräsentierenden Stärkeklassen fällt auf, dass die QD-Varianten, sofern die Zielstärke 70 cm betragen soll, ihre Wertholz mengen fast ausschließlich über die Stärkeklasse L5 bestimmen, während bei den QD-Varianten mit geringerer Zielstärke, aber auch bei den Z-Baum-Referenzmodellen, das Wertholz überwiegend der Stärkeklasse L4 entstammen wird (vgl. Abbildung 49). Eine Verlängerung der simulierten Produktionszeit führt bei allen Modellen zu einer Erhöhung der Wertholz mengen. Vor allem bei den QD-Modellen ist dies allerdings nicht sonderlich ausgeprägt, da bereits viele Z-Bäume geerntet sind. So erweisen sich auch unter dem qualitativen Aspekt der Wertholz mengenanteile bzw. der Wertholz mengen die Verbindungen

- QD 100
- Zielstärke 70 cm
- Produktionsdauer von 120 Jahren

bzw.

- Z 200
- Zielstärke 70 cm
- Produktionsdauer von 140 Jahren

als durchaus vorteilhafte Kombinationen (vgl. Abbildung 55).

QD 100 verfügt über das höchste Niveau der im gegenseitigen Vergleich stärksten Wertholz mengen (vgl. Abbildungen 48 und 49 i.V.m. Abbildungen 31 und 32). Z 200 leistet die sowohl relativ wie absolut größten Wertholz anteile. Innerhalb der QD-Modelle schneidet QD 100 unter dem Aspekt der insgesamt produzierten Wertholz menge stets und mit Abstand am besten ab.

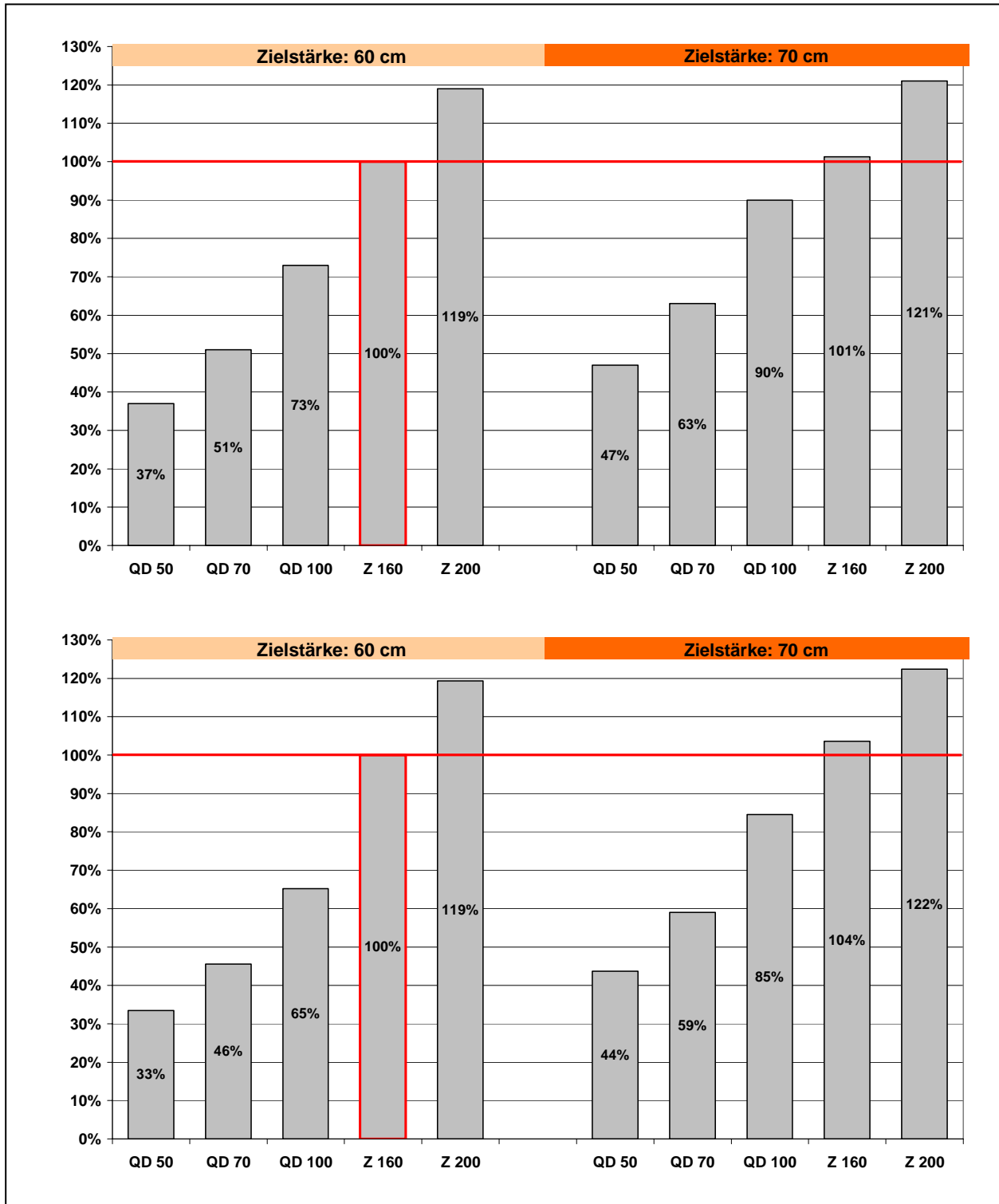


Abbildung 91: Vergleich der variantenbezogenen Wertholzmassenverhältnisse der Z-Baum-Kollektive nach 120 Jahren (oben) bzw. 140 Jahren (unten)

Die 100 %-Referenz wird durch die Variante Z 160 mit einer Zielstärke von 60 cm repräsentiert.

Abbildung 89 gibt bereits einen wichtigen Hinweis auf die möglichen zeitlichen Chancen monetärer Rückflüsse aus der Produktion. Diejenigen Varianten, deren Wertholzanteile vor dem Ende der simulierten Produktionsdauer für eine Nutzung bereit stehen, können frühzeitig positiv zu den Betriebsergebnissen beitragen. Diese Chance ist bei den QD-Varianten klar erkennbar. Gestützt wird diese Annahme zudem durch die Ergebnisse, die die Abbildungen 90 ff. präsentieren. Sie sind eine analoge Darstellung der bereits in der Diskussion erwähnten Abbildungen 36 ff. und müssen deshalb nicht mehr ausführlich separat angesprochen werden. Sie verdeutlichen die früh beginnenden, früh ihren Höhepunkt erreichenden und mengenmäßig beachtlichen Realisierungsoptionen der Wertholznutzungen bei den QD-Modellen.

Abbildung 55 ist für einen Vergleich mit Ergebnissen von KOHNLE und v. TEUFFEL (2004: 175) geeignet. Die Wertholzanteile der QD-Modelle und der Z-Baum-Referenzmodelle am gesamten nutzbaren Holz betragen demnach zwischen rd. 20 % bis über 50 %. Diese Wertangaben liegen deutlich über den 9 % bzw. 11 % der Starkholzabschnitte, die mit einer Mittenstärke über 45 cm die Qualität von A-Holz aufweisen. Dieser doch erstaunlich geringe Anteil bei KOHNLE und v. TEUFFEL bei definitionsgemäß geastetem Holz auf einer Stammlänge von 5 m mag vor allem damit zusammenhängen, dass nur bei 50 % dieses Stammholzes qualitativ von Wertholz ausgegangen wird. Werden 100 % des geasteten Stammholzes als Wertholz eingestuft, wie es modellhaft bei den QD-Varianten und den Z-Baum-Referenzen angenommen wurde, verdoppeln sich die Anteile. Damit erreichen die Modelle von KOHNLE und v. TEUFFEL einen Bereich, der dem unteren Rahmen der QD-Modelle mit 50 bzw. 70 Z-Bäumen entspricht (vgl. Abbildung 55). Weitere mögliche Gründe für die dann immer noch über den Vergleichswerten von KOHNLE und v. TEUFFEL liegenden Ergebnisse sind

- die Astungshöhe von 5 m. Bei den Varianten der vorliegenden Studie wird normativ ein Wertholzstück von 8,5 m Länge angenommen (vgl. Kapitel 5.3.2),
- höhere vorgegebene Zielstärken von 60 cm und von 70 cm sowie simulierte Produktionsdauern von 120 bis zu 140 Jahren,
- durch neu ermittelte Algorithmen ein simuliertes schnelleres Dickenwachstum kronenspannungsarm wachsender Z-Bäume.

STRÜTT (1991: 97) ermittelt rechnerische Wertholzanteile von 15-20 % bei einer angenommenen Astung auf 5 m Höhe bei insgesamt 300 Z-Bäumen. Diese Werte sind mit

denen von KOHNLE und v. TEUFFEL durchaus vergleichbar, wenn berücksichtigt wird, dass die beiden letztgenannten Autoren zunächst eine 5 m-Astung bei 250 Z-Bäumen vorsahen, jedoch im Erntestadium Wertholz nur bei der Hälfte dieser Bäume unterstellen. Somit reihen sich die rd. doppelt so hohen Wertholzanteile von STRÜTT durchaus in einen nachvollziehbaren Werterahmen ein.

Die starke Hochdurchforstung hätte aufgrund der erreichten Stärkeklassenverteilung sicherlich auch merkliche Anteile an Wertholz hervorgebracht, wenn ihr unteres Stammstück als virtuell geastetes Wertholzstück modelliert worden wäre. Die starke Hochdurchforstung nimmt stärkeklassenbezogen unter den untersuchten Behandlungsmodellen eine Spitzenposition ein und ist daher auf der Ebene der simulierten Güteklassenverteilung unterbewertet.

### 8.5.3 Monetäre Ergebnisse

#### *Monetäre Implikationen der zeitpunktbezogenen Bewertung*

Bevor die monetären Ergebnisse im Einzelnen diskutiert werden, müssen einige kritische Hinweise gegeben werden zu den monetären Implikationen einer Zeitpunkt bezogenen Bewertung. Eine vergleichende monetäre Bewertung aller betrachteten Waldbaummodelle erfordert einheitliche Bewertungszeitpunkte, die in vorliegender Untersuchung durch Produktionszeiten festgelegt sind. Dieses zwangsläufige Ende des Produktionsprozesses und – wie im Betriebsklassenmodell unterstellt - der nachfolgende Beginn eines neuen Produktionszyklus hat allerdings monetäre Auswirkungen, die allgemein alle Z-Baum-Modelle betreffen, vor allem aber die QD-Modelle.

Je Z-Stammzahl ärmer diese Varianten sind, desto massenreicher ist der Füllbestand, der am Ende der festgelegten Produktionszeit noch auf der Fläche vorhanden ist. Im Rahmen der Simulation wird dieser Bestand am Ende der Produktionszeit dann mit seinem Abtriebswert bewertet. Damit verbunden sind einerseits relativ geringe Beiträge zum Gesamterlös, je nach Anzahl der Z-Bäume/ha und unterstelltem Preisniveau, bei gleichzeitig relativ hohen Kosten, je weniger Z-Bäume im Produktionsmuster vorhanden sind. Ob es in der betrieblichen Praxis tatsächlich einmal zu einem Abtrieb dieses Bestandesrestes mit der entsprechenden Erlös-/Kostenstruktur kommt, ist unwahrscheinlich. Möglicherweise wird dieses Bestandeskollektiv ganz oder zum Teil in eine nächste produzierende Bestandesgeneration „einwachsen“. Nicht auszuschließen ist allerdings auch, dass Teile dieses Bestandeskollektivs (z.B. wegen

Instabilität aufgrund ungünstiger baumindividueller H/D-Verhältnisse) ausfallen. Folglich ergeben sich bei den mit diesem Kollektiv zusammenhängenden monetären Komponenten Unschärfen, die beim gegenwärtigen Wissensstand aber nicht ausgeräumt werden können.

### *Kumulierte Deckungsbeiträge*

Zunächst sollen die Ergebnisse auf Basis der über die simulierte Produktionszeit für den Modellhektar kumulierten Deckungsbeiträge diskutiert werden (vgl. Abbildung 75).

Dabei wird der unmittelbar durchschlagende Einfluss der unterschiedlichen simulierten Wertholzmarktniveaus deutlich:

- Sinkt der Wertholzpreis bis auf das Niveau von Bauholzpreisen, so sinken auch die Ergebnisse aller Varianten auf annähernd gleiches und niedriges Niveau. Auf dem niedrigsten Niveau der Holzverkaufserlöse zeigt sich sogar eine relative Vorteilhaftigkeit der Referenzvarianten Nieder- bzw. Hochdurchforstung. Die Unterschiede zwischen allen untersuchten Varianten sind jedoch bei dem Bauholzpreisniveau letztlich so gering, dass mit Blick auf die Unschärfe der der Simulation unterlegten Modelle und auf die durch den ausgesprochen langen Simulationszeitraum bedingte Unsicherheit keine wirklich bedeutsamen Unterschiede zugunsten einer Variante erkennbar werden. Die Z-Stammzahl reicheren QD-Varianten schneiden zwar leicht ungünstiger ab. Hier kommt der absolute Massenvorteil derjenigen Varianten vorteilhaft zum Tragen, die insgesamt viel Rohholz produzieren, auch wenn davon nur ein geringerer Anteil Wertholz ist. Der Wertholzanteil kommt mengenmäßig nicht zur Geltung und ist durch ein angenommenes niedriges Preisniveau in seiner wertmäßigen Bedeutung ohnehin erheblich reduziert.
- Werden dagegen die Wertholzanteile auf hohem Furnierholzpreisniveau bewertet, so kann die Variante QD 100 mit der bereits herausgearbeiteten Kombination – Zielstärke 70 cm bei einer Produktionszeit von 120 Jahren - eine Spitzenposition innerhalb aller untersuchten Varianten einnehmen. Bei einer Verlängerung der Produktionszeit um 20 Jahre liegt diese Variante mit den Z-Baum-Referenzmodellen in der Spitzengruppe, wobei die Unterschiede nicht mehr als wesentlich zu interpretieren sind.

Beachtlich und in der synoptischen Betrachtung der Ergebnisse ein erneut aufzugreifender Aspekt ist die im Variantenvergleich erkennbare Auswirkung des Marktrisikos. Bereits die

Annahme des zweitbesten Preisszenarios für das Wertholz führt zu einer deutlichen Nivellierung der monetären Ergebnisse der einzelnen Behandlungsvarianten. Wird das Preisniveau weiter abgesenkt, so führt dies in der Tendenz zu einer günstigeren Bewertung der insgesamt massenreicheren Wachstumsmodelle. Allerdings erlauben die modellbedingten Unschärfen bei der Wachstumssimulation keine abschließende Beurteilung der Relevanz dieser Unterschiede.

Die Ergebnisse des Variantenstudiums stehen in guter Übereinstimmung mit dem aktuellen Kenntnisstand, wonach Behandlungsmodelle, die z.B. den Charakter von Niederdurchforstungen aufweisen und sich nicht an der Idee einer Auslesedurchforstung orientieren, Modellen mit einer Ausrichtung auf Z-Bäume unterlegen sind (vgl. z.B. HALLENBARTER, HASENAUER 2003, SCHMIDT, SPELLMANN 2003, KOHNLE und v. TEUFFEL 2004). Wesentliche Voraussetzung dafür ist, dass stärkere Stammdimensionen und geastete Stämme höhere Marktpreise pro Volumeneinheit erzielen.

In diesem Zusammenhang ist die Studie von KOHNLE und v. TEUFFEL (2004) von besonderem Interesse, da sie ähnlich wie die vorliegende Untersuchung Starkholzmodelle mit Wertastung untersucht. Bei jedem der von ihnen unterstellten Preisszenarien schneiden Starkholzmodelle mit Wertholzanteilen, gemessen am durchschnittlichen jährlichen Waldreinertrag aus der gesamten Produktion, vergleichsweise am besten ab. Je nach unterstelltem Preisrahmen erzielen die Starkholzmodelle durchschnittliche jährliche Waldreinerträge zwischen über 400 €/Jahr/ha und über 600 €/Jahr/ha. Diese beachtlichen Werte im Vergleich zur vorliegenden Studie sind u.a. wesentlich auf unterschiedliche preisliche Annahmen bei den beiden Arbeiten zurückzuführen. KOHNLE und v. TEUFFEL (2004: 176) nehmen v.a. einen höheren Preisrahmen für das Stammholz an. So variiert der Preis ihres Leitsortimentes L 3a je nach unterstelltem Preisszenario zwischen 63 €/Efm bis zu 79 €/Efm. Beim Vergleich mit Tabelle 13 dieser Arbeit ist sofort erkennbar, dass dort ein erheblich geringeres Preisniveau angenommen wurde. Diese Preisunterschiede wirken sich jedoch im Rahmen der Kalkulationen spürbar aus, denn sie betreffen v.a. sämtliche Erntemengen, die kein Wertholz sind, also bei den QD-Modellen in erster Linie die Durchforstungsmengen und die anteilig z.T. sehr großen Holzmassen des Füllbestandes. Diese Rohholzfraktion wird innerhalb der vorliegenden Arbeit auf der Grundlage der Preisannahmen der Tabelle 13 deutlich geringer bewertet als es KOHNLE und v. TEUFFEL mit ihren Preisannahmen bei ihren Kalkulationen taten.

Darüber hinaus gehen KOHNLE und v. TEUFFEL (2004: 175) auch von einem höheren Wachstum pro Hektar im Rahmen ihrer Berechnungen aus, was sich beispielsweise in ihren  $dG_{u}$ -Werten zeigt. Sie sind bei vergleichbarem Alter (Altersangaben zwischen 74 und 119 Jahren) gegenüber den berechneten Werten der vorliegenden Studie mit Größenordnungen zwischen 12,3 Vfm/ha/a und 13,2 Vfm/ha/a erkennbar höher (vgl. Abbildung 24).

Die Z-Baum-Modelle der vorliegenden Untersuchung erreichen die vorgenannten Größenordnungen, die KOHNLE und v. TEUFFEL angeben, wenn eine Zielstärke von 70 cm angestrebt wird und die Preise für das Wertholz mindestens der mittleren Marktlage mit einem Preisrahmen für das Wertholz von 120 €/Efm für die Stärkeklasse L3 bis zu 580 €/Efm für die Stärkeklasse L6 entsprechen (vgl. Kapitel 5.3.2 und Abbildung 75). Zum direkten Vergleich mit den Werten von KOHNLE und v. TEUFFEL (2004) ist eine Division der Werte der Abbildung 75 durch die jeweilige Produktionsdauer nötig. Dadurch kann der durchschnittliche jährliche Deckungsbeitrag hergeleitet werden, den das jeweilige Produktionsmodell innerhalb seiner gesamten Produktionsdauer kalkulatorisch zu leisten vermag. Die Berechnungen fußen hierbei auf der Betrachtung eines Modellhektars. Allerdings scheint zum Erreichen der Größenordnungen, die KOHNLE und v. TEUFFEL nennen, eine Mindestzahl von Z-Bäumen/ha nicht unter 100 Stück nötig zu sein. Weniger Z-Bäume/ha erreichen nur beim höchsten Preisniveau vergleichbare bzw. auch bessere Werte. Ein Ziel-BHD von nur 60 cm, vor allem bei den Z-Stammzahl reichen Varianten, die den Modellen von KOHNLE und v. TEUFFEL recht nahe kommen, kann zu mindestens ähnlichen durchschnittlichen jährlichen Deckungsbeiträgen führen, sofern die Preislage für das Wertholz auch hier wenigstens dem mittleren Furnierholzpreisszenario entspricht. Bei Z-Baum-Zahlen von 100 und darunter verlieren die Varianten im Vergleich zu den Starkholzmodellen von KOHNLE und v. TEUFFEL an Gewicht. Sofern sich die Preisszenarien in Richtung „Schneideholz“ bzw. „Bauholz“ bewegen, erzielen alle Varianten dieser Studie nur noch durchschnittliche jährliche Deckungsbeiträge von weniger als 350 €/Jahr/ha, z.T. sogar noch unter 200 €/Jahr/ha.

Aus der Variation von Preisszenarien und von Stammzahlen der Z-Bäume ergibt sich in vorliegender Studie eine große Spannweite möglicher durchschnittlicher Erträge im Sinne von Deckungsbeiträgen. Die Spanne reicht von Spitzenwerten von fast 900 €/Jahr/ha bei der optimistischsten Kombination von Zielstärke, Z-Baum-Zahl, Produktionsdauer und

Preisszenario bis hin zu rd. 180 €/Jahr/ha bei der starken Hochdurchforstung bei einer Produktionsdauer von 140 Jahren und niedrigstem Preisniveau. Dieser unterste Wert steht unter der pessimistischen Annahme, dass das virtuell produzierte Stammholz ausschließlich auf der Basis der Bauholzpreise mit einem Stopppreis ab Stärkeklasse L4 bewertet wird. Dieses Modell der starken Hochdurchforstung kann sicherlich viel bessere Deckungsbeiträge erzielen, wenn die Preisszenarien günstiger gestaltet und die potenziellen Produktionsmöglichkeiten von Wertholz durch Astung in den Modellrechnungen berücksichtigt worden wären. In der Konsequenz würde dies bedeuten, dass die Niederdurchforstung das Schlusslicht der monetären Ergebnisse bilden würde.

Die Werte dieser Studie weisen eine insgesamt größere Spannweite auf als die Arbeit von KOHNLE und V. TEUFFEL. Dies lässt sich darauf zurück führen, dass die auf Rheinland-Pfalz bezogenen Varianten sowohl waldbaulich als auch hinsichtlich der verwendeten Preisannahmen eine größere Vielfalt aufweisen. Insgesamt ergänzen sich die beiden Studien, indem zum einen ein größeres Variantenspektrum betrachtet wird und zum anderen die erkennbaren Annäherungen bzw. Übereinstimmungen im mittleren Bereich der Werte zu einer gegenseitigen Plausibilisierung der Studien führen.

#### *Zeitliche Entwicklung der Deckungsbeiträge*

Eine weitere monetäre Betrachtungsebene ist die zeitliche Verteilung der Deckungsbeiträge über die simulierte Produktionsdauer hinweg als Folge von zeitlich gestaffelt anfallenden Maßnahmen mit negativen bzw. positiven Deckungsbeiträgen. Damit werden gleichzeitig Hinweise auf den analogen zeitlichen Verlauf der Finanzströme gegeben. Auch hier wird der Modellhektar als Bezugsgröße verwendet, mit der darin enthaltenen Vorstellung eines aussetzenden Betriebes.

Die Abbildungen 78 und 79 zeigen die zeitliche Entwicklung der Deckungsbeiträge als mittlere jährliche Deckungsbeiträge im Jahrzehnt.<sup>120</sup>

<sup>120</sup> Die Deckungsbeiträge in den Abbildungen werden erst ab dem Alter 50 dargestellt. Selbst dann ist aufgrund der Durchschnittsbildung über jeweils ein Jahrzehnt und des gewählten notwendigen Maßstabs, der auch die hohen Beträge gegen Ende der Betrachtungszeiträume abbilden muss, mit nur geringen und folglich kaum „erkennbaren“ positiven Deckungsbeiträgen in den ersten der abgebildeten Jahrzehnte zu rechnen. Ggf. in Einzelfällen negative Deckungsbeiträge vor dem 5. Jahrzehnt infolge höherer Pflegeaufwendungen oder der einmalig anfallenden Astungskosten fielen nicht ins Gewicht und wurden deshalb auch nicht dargestellt. Die ausschließliche Entnahme von Hauptbedrängern innerhalb der Z-Baum-Modelle führte im Rahmen der angenommenen Rohholzpreise und der resultierenden Stärkestruktur des ausscheidenden Bestandes selbst bei frühen Eingriffen (ab Alter 30) zu meistens ausgeglichenen oder positiven Deckungsbeiträgen der einzelnen Maßnahme.



In nahezu paralleler Entwicklung der Nutzungsoptionen über die Entnahme von Z-Bäumen zeigen die QD-Varianten mit 60 cm Zieldurchmesser und früh beginnenden Nutzungen auch frühzeitig realisierbare positive Deckungsbeiträge. Dadurch entfalten diese Varianten unter dem Aspekt möglichst frühzeitiger positiver Ergebnisse erkennbare Vorteile. Ein um 10 cm gesteigerter Zieldurchmesser führt unter diesem Gesichtspunkt bereits zu einem verzögerten Eingang der Deckungsbeiträge von rd. 10 bis 20 Jahren. Dies wird vor allen Dingen bei einer Gesamtproduktionsdauer von 140 Jahren augenscheinlich. Allerdings optimiert diese Produktionsdauer wiederum unter idealen, also risikofreien Annahmen die Gesamtreinertragsoption (vgl. Abbildung 75) und zwar bei den QD-Varianten zu einem beachtlichen Anteil vor dem Ende der simulierten Produktionszeit (vgl. Abbildung 79). Im Sinne möglichst zeitlich gleichmäßig anfallender Deckungsbeiträge aus der Produktion schneiden die Z-Stammzahl reichen Referenzen ebenso wie die klassischen Vergleichsvarianten eher schlecht ab, da der ganz überwiegende Teil der positiven Deckungsbeiträge erst am Ende der Produktionszeit anfällt. Ähnliches gilt für QD, sofern ein Zieldurchmesser von 70 cm innerhalb einer Produktionsdauer von 120 Jahren erzielt werden soll.

### *Waldrentierungswerte als Werte normaler Betriebsklassen*

Wurden bei den bisherigen monetären Betrachtungen lediglich die Kosten der Astung, der Pflege und der Holzernte berücksichtigt, so werden nun Kulturkosten und andere betriebliche Kosten, sogenannte Verwaltungskosten im Sinne der Waldbewertung, einbezogen. Hinzu kommen Vorstellungen zur geforderten Verzinsung, die in vorliegender Studie als Kapitalisierungszinsfuß von 1,5 % bzw. 3 % angesetzt sind. Gleichzeitig wird das Konzept des Modellhektars als Modell des aussetzenden Betriebes erweitert durch die Annahme eines Normalwaldes, in dem Bestände aller Altersstufen bis zum Ende der Produktionszeit mit gleicher Fläche vertreten sind und streng nachhaltig bewirtschaftet werden. Dieses Modell ist ähnlich wie die bisherigen genannten Ansätze gekennzeichnet durch hohe Abstraktion und beachtliche Realitätsferne. Die Berechnungen beruhen also auf sehr abstrakten Ansätzen nachhaltiger modellhafter Bewirtschaftung und unterschiedlicher Verzinsungsoptionen, deren Ergebnisse entsprechend zurückhaltend zu würdigen sind.

In den Ergebnissen zu den Waldrentierungswerten (Abbildungen 80 und 81) zeigen sich erneut die Z-Baum-Modelle allgemein als vorteilhaft, solange von einer Honorierung des

geasteten Stammholzes durch den Markt ausgegangen wird. Während bei einem Zieldurchmesser von 70 cm die Z-Baum-Referenzmodelle durch die von 120 auf 140 Jahre verlängerte Produktionszeit deutlich an Wert zulegen, erreichen die QD-Modelle bereits bei der simulierten Produktionszeit von 120 Jahren ihren höchsten Wert. Auch dies kann als Hinweis verstanden werden, dass bei QD-Modellen kürzere Produktionszeiten vorteilhaft sein können.

## **8.6 Diskussion zu den Ergebnissen des Kapitels 7 – Die Fichtenbetriebsklasse von Landesforsten Rheinland-Pfalz**

Die im Kapitel 7 vorgestellten Ergebnisse zu den möglichen Entwicklungen der Vorräte und der Nutzungsoptionen können als strategische Größen aufgefasst werden. Dabei ist selbstverständlich auch hier zu berücksichtigen, dass es sich um die Resultate von Simulationen handelt. Die sich in weit entfernter Zukunft tatsächlich ergebenden Situationen sind mit Exaktheit nicht prognostizierbar, da zu viele unbekannte Einflüsse wirken und daher im Rahmen der Simulationen nicht erfasst werden können. Die Darstellung der Ergebnisse in Form von Linien- und Balkendiagrammen (Abbildungen 83 bis 86) gibt daher lediglich eine mittlere Entwicklung an und darf keine Genauigkeit suggerieren, die so nicht gegeben ist. Vielmehr liegt wie im Kapitel 6 bereits erwähnt, ein Unschärfebereich um die Linien herum vor, der die Form eines sich mit der Länge des prognostizierten Zeitraums immer weiter öffnenden Trichters annehmen kann.

Die Ergebnisse erlauben dennoch zwei wesentliche Schlussfolgerungen:

- Zunächst findet über Jahrzehnte eine kontinuierliche Vorratsabnahme statt, der dann eine ebenso stetige Vorratszunahme folgt, wobei sich die betrachteten Varianten allerdings in ihrer Vorratshöhe deutlich unterscheiden.
- Die Nutzungsoptionen zeigen demgegenüber ein unruhigeres Bild. Auch hier kann es zunächst die Phase des Nutzungsrückganges geben, an der sich ein „Auf und Ab“ der Nutzungsmöglichkeiten anschließt. Das heutige Nutzungsniveau wird bei weitem nicht mehr erreicht.

Das Ergebnis, dass spätere Nutzungsmöglichkeiten unter den heutigen liegen werden, ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass durch die Umsetzung des Abnutzungsganges gemäß dem Fichtenkonzept am Beginn des Betrachtungszeitraumes hohe Nutzungen realisiert werden sollen. Eine stringente Anwendung des QD-Modells wird langfristig zu Nutzungsoptionen pro

Jahrzehnt führen, die über mehrere 10jährige Perioden betrachtet im Mittel in einer Größenordnung von 2,5-3 Mio. Vfm liegen werden. Gemessen an gegenwärtigen Nutzungsmöglichkeiten muss mit einem dauerhaften mengenmäßigen Nutzungsrückgang bei der Fichte gerechnet werden und zwar unabhängig von der Anwendung des QD-Konzeptes. Auch die Fortführung einer Behandlung etwa nach den Grundsätzen einer mäßigen Hochdurchforstung lässt keine Steigerung der Nutzungsoptionen erwarten, es sei denn, der deutliche Vorratsanstieg bei diesem Modell würde durch vermehrte Nutzungen abgefangen.

Soll ein mehr oder weniger konstantes betriebswirtschaftliches Ergebnisniveau auf dem heutigen Niveau der Fichtenbetriebsklasse angestrebt werden, so müssen die mengenmäßigen Rückgänge wertmäßig kompensiert werden. Soweit die verringerte Nutzungsmenge auf aus der Fichtenbetriebsklasse ausscheidenden Flächen zurückzuführen ist, muss diese Kompensation durch andere, der Fichte folgenden Baumarten erreicht werden. Dies wird entsprechend dem Waldbaukonzept zu großen Flächenanteilen die Buche sein. Ob diese nachwachsenden Baumarten in dem Betrachtungszeitraum kompensatorisch entsprechende Deckungsbeiträge leisten können, ist eher unwahrscheinlich, konnte allerdings in der Betriebsklassensimulation nicht modelliert werden.

Wird daher stark vereinfachend lediglich die Mengenentwicklung der Fichtennutzung betrachtet, die bei den Nutzungsoptionen auf weniger als die Hälfte der Ausgangsgröße zurückgehen kann, wird deutlich, dass zur Kompensation eine spürbare Erhöhung der positiven Deckungsbeiträge/Efm gegenüber dem heutigen Stand erreicht werden müsste. Im langjährigen Durchschnitt und bezogen auf die gesamte Produktionsfläche der Fichtenbetriebsklasse im Rahmen der Wertholzproduktion müsste in etwa ein Erlösniveau erzielt werden, das einem in der Simulation verwendeten mittelhohen Furnierholzpreisrahmen entspräche. Mit Blick auf die Tatsache, dass bei der simulierten Wertholzproduktion unter risikofreien Bedingungen eine 100-prozentige Ausbeute der potenziellen Wertstämme modelliert wurde, dürfte das mittelhohere Erlösniveau allerdings für eine Kompensation in der Realität nicht ausreichen.

Ein weiterer Aspekt zur Beurteilung des für eine Kompensation erforderlichen Preisniveaus ist die Tatsache, dass die Deckungsbeiträge aus der QD-Produktion nur nach und nach im Zeitverlauf an Gewicht gewinnen. In der zeitlichen Phase mengenmäßiger Tiefststände bei den Nutzungsoptionen kann zwar bereits mit beginnenden Wertholznutzungen gerechnet

werden, keinesfalls aber mit einem – je nach QD-Modell unterschiedlichen - Nutzungshöhepunkt. Auch dieser Aspekt spricht dafür, dass ein deutlich höheres Preisniveau für das Wertholz zur Kompensation erforderlich ist, zumal sich die simulierten Mengen an Wertholz, bezogen auf den Modellhektar (vgl. Abbildung 54) zwischen den verschiedenen QD-Produktionsmodellen deutlich unterscheiden.

Wird von mittleren Erwartungen ausgegangen, so verdichten sich die Hinweise darauf, dass bei konsequenter Fortführung des Fichtenkonzeptes mit Schwergewicht bei den QD-Modellen die künftige Bewirtschaftung von Landesforsten mit mindestens einem um etwa ein Drittel verringertem naturalen und ökonomischen Fichtenproduktionspotenzial auskommen muss.

## **9. Synopse**

In diesem abschließenden Kapitel soll nun versucht werden, die vielen Ergebnisse auf natürlicher, verwertungstechnischer und ökonomischer Ebene zusammenfassend zu würdigen und zu Entscheidungsempfehlungen zu verdichten.

Entscheidungen können nur getroffen werden, wenn die Handlungsoptionen vor dem Hintergrund eines Zielsystems beurteilt werden können. Ausgangspunkt der Überlegungen ist daher die Frage nach den handlungsleitenden Zielen, aus denen dann Kriterien und Maßstäbe abgeleitet werden können, um die Beiträge der einzelnen untersuchten Wachstumsmodelle, insbesondere der QD-Modelle, wertend einordnen zu können.

In Anbetracht der zeitlich überaus weit reichenden Entscheidungswirkungen werden in einem nächsten Schritt Überlegungen angestellt zu den unterschiedlichen Erscheinungsformen von Unsicherheit, mit denen die erarbeiteten Entscheidungsgrundlagen belastet sind, und wie diese Unsicherheiten in die Entscheidungsempfehlungen Eingang finden können.

### **9.1 Zielsetzungen als Beurteilungsrahmen**

Zunächst sollen einige Überlegungen allgemein zu forstbetrieblichen Zielsetzungen und im Besonderen zu dem Zielsystem von Landesforsten Rheinland-Pfalz angestellt werden. Dabei sollen relevante Zielaussagen identifiziert werden, die sich auf das vorliegende Problem einer strategischen Entscheidung mit extrem langfristigem Wirkungshorizont beziehen.

Landesforsten Rheinland-Pfalz verfügt über ein Leitbild, in das eine als Zielsystem charakterisierte umfassende Zusammenstellung handlungsrelevanter Ziele integriert ist (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1997: II-3 ff.). Zweifellos finden sich noch andere Quellen (z.B. ministerielle Schreiben, Planungsbriefe) zur Beurteilung der vielfältigen Ziele von Landesforsten. Keine dieser Quellen wurde allerdings in einem so intensiven, partizipativen Prozess erarbeitet und durch die Unternehmensspitze mit unmittelbarer Bindungswirkung versehen. Daher erscheint eine Konzentration auf die Aussagen des Leitbildes zweckentsprechend.

Ein auf einem relativ hohen Abstraktionsniveau formuliertes Oberziel, gemeint ist ein *„Höchstmöglicher gesellschaftlicher Gesamtnutzen der Leistungen des Waldes für die heutige Gesellschaft und für künftige Generationen“* (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1997: II-8), wird durch eine weitere Aufgliederung in Einzelziele operationalisiert.

Für die Präzisierung des Oberziels ist unter anderem der Grundsatz wichtig, dass die *„(...) Forstwirtschaft aufgrund der langen Produktionszeiträume die Palette ihrer „Zwischenprodukte“ nicht kurzfristig umstellen kann.“* Deshalb wird eine *„(...) dauerhafte und stetige Erreichung des Oberziels nur mit Wäldern möglich sein, die im Rahmen ihres natürlichen Produktionspotenzials ein möglichst breites Spektrum verschiedener Nutzungsmöglichkeiten bieten.“* (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1997: II-8). Der Grundsatz verlangt also Strategien, die der Definition, dem Aufbau und der Erhaltung von Potenzialen (= Leistungsvermögen) u. a. für die Produktion dienen sollen. Damit ist die produktionswirtschaftliche Flexibilität als Prämisse formuliert.

SEKOT (1991) und BÜCKING (2002: 131 ff.) argumentieren, dass produktionswirtschaftliche Flexibilität nur durch den Aufbau und die Haltung eines auf Vielfalt ausgerichteten waldbaulichen Produktionssystems entsprochen werden kann. Stetige räumliche und zeitliche Vielfalt an Produktionsmustern und infolge dessen eine Vielfalt an Produkten wird als einziger Weg gesehen, der forstwirtschaftlich beschrritten werden kann, um Forstbetriebe, so sie nicht generell zu klein sind oder aussetzend wirtschaften, in die Lage zu versetzen, *„flexibel“* zu produzieren.

Die Forderung nach produktionswirtschaftlicher Flexibilität ist im Zielsystem von Landesforsten auch im betrieblichen Teilziel zum Holzabsatz formuliert. Der gewünschte

höchstmögliche positive Deckungsbeitrag soll u. a. durch eine weite Palette potenzieller Produkte gesichert werden (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1997: II-10). Sie wird als Grundlage betrachtet, Absatzschwankungen bei einzelnen Marktsegmenten zu verringern und eine differenzierte Absatzsegmentierung zu ermöglichen. Damit korrespondierend wird eine qualitätsdifferenzierte Sortenbildung angesprochen.

Der auf Flexibilität ausgerichtete Grundsatz integriert den unbekanntem Ressourcenbedarf zukünftiger Generationen unmittelbar in das Zielsystem. Dies ist eines der Elemente von Nachhaltigkeit. Hierzu stellt KASTRUP (1996: 152) fest: *„Ziel der Nachhaltigkeit ist es nicht, eine bestimmte Ressourcenverwendung zu unterstellen, deren Ergebnis es optimal aufzuteilen gilt, und auch nicht die Ressourcen unmittelbar zu verteilen, sondern nur ein Ressourcenangebot bereitzuhalten (...).“* Mit diesem Ziel kommt der Wille nach Generationengerechtigkeit zum Ausdruck.

Zur Operationalisierung des Ziels eines maximalen Nutzens wird häufig das Formalziel der Gewinnmaximierung verwendet (KASTRUP (1996: 147 ff.). Andere verwendete Formalziele sind die Rentabilität, die Verlustminimierung, der angemessene Gewinn, der Umsatz, die Liquidität und die Risikominimierung.

Im Zielsystem der Landesforsten wird Nutzenmaximierung u.a. im Zusammenhang mit betriebswirtschaftlichen Zielsetzungen der Staatsforstunternehmung gefordert (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1997: II-38). Dort ist vom höchstmöglichen Reinertrag (Gewinn) im erwerbswirtschaftlichen Bereich die Rede, zu dem die Produktion und Vermarktung von Rohholz zu zählen sind.

Das Zielsystem der Landesforsten weist über die bisher genannten Zielaspekte noch mehr Teilziele aus. Da eine multifunktionale, nachhaltige und am naturnahen Waldbau orientierte Forstwirtschaft ein Gebilde mit einer komplexen Vernetzungsstruktur sowie sich gegenseitig beeinflussender einzelner Aspekte mit ihren jeweiligen Einzelzielsetzungen darstellt, sind selbstverständlich auch weitergehende Teilziele von Bedeutung, um dem angestrebten höchstmöglichen Gesamtnutzen näher zu kommen.

Folglich stehen die vorgenannten ökonomisch orientierten Teilziele nicht für sich und sind dementsprechend auch nicht die einzigen Kriterien, die geeignet und angemessen sind, einer

neuartigen waldbaulichen Konzeption als Beurteilungsmaßstäbe zu dienen. Eine in hohem Maß multivariate Beurteilung anhand eines komplexen Zielsystems und einer größeren Anzahl diesbezüglich aussagekräftiger Indikatoren geht über die Möglichkeiten dieser Studie hinaus. Allerdings wird der Versuch unternommen, anhand ausgewählter Aspekte eine Übersicht entscheidungsrelevanter Argumente zu präsentieren, die die empirischen Ergebnisse der Simulationen ergänzen sollen. Ohne die ökonomischen Zielsetzungen im produktionswirtschaftlichen Bereich von Landesforsten in ihrer Bedeutung herabzumindern, ist doch eine Orientierung strategisch ausgerichteter und äußerst langfristig wirkender Entscheidungen ausschließlich an einigen ökonomischen Parametern nicht angemessen.

Welche Rolle können nun die auf empirischer Basis und mit verschiedenen Modellen erarbeiteten Ergebnisse dieser Studie im Entscheidungsprozess spielen?

Eine erste Antwort gibt HAUSCHILDT (1981) in seiner Arbeit „Ziel-Klarheit oder kontrollierte Ziel-Unklarheit in Entscheidungen?“. Er geht der Frage nach, inwieweit empirische Forschung Entscheidungsfindungen vor dem Hintergrund klarer oder unklarer Zielsetzungen unterstützen kann. Dazu unterstellt er, dass sich die Notwendigkeit operationaler Zielsetzungen zunächst aus dem Bestreben nach rationaler Entscheidungsfindung ergibt. Unter Zielklarheit werden u.a. ein abgegrenztes Zielobjekt, bestimmte Zielvariablen, Zielmaßstäbe, Angaben zum angestrebten Ausmaß und ein zeitlicher Bezug des Ziels verstanden. Allerdings relativiert er seine zunächst aufgestellte Forderung nach Zielklarheit im weiteren Verlauf der Diskussion. HAUSCHILDT (1981: 309) stellt fest: *„Je umfassender das Entscheidungsfeld definiert wird, desto mehr verschwimmen seine Grenzen, desto weniger entspricht ein solches Zielobjekt dem Gebot der Zielklarheit.“* Zum Verständnis unklarer Ziele wird darauf hingewiesen, dass Ziele vielfach den Charakter politisch-pragmatischer Formulierungen aufweisen und darauf gerichtet sind, Konsens zu erzeugen und damit nicht unbedingt einer modelltheoretischen Nutzendefinition entsprechen. Ausgedrückt werden solche unklaren Zielsetzungen durch Formulierungen wie z.B. *besser, größer, schneller, billiger*. Dabei wird allerdings nicht definiert, wie diese Unterschiede mit Blick auf die Referenz erfasst werden sollen.

Diese offenen Formulierungen finden sich auch im Zielsystem von Landesforsten. Allerdings weist OESTEN (1984: 362) darauf hin, dass langfristige strategische Ziele des Forstbetriebes aus sachlichen Gründen wegen der Unsicherheit der vorhandenen Informationen allgemein gehaltene Leitbilder sein müssen. Diesem Aspekt werden die Zielsetzungen von

Landesforsten überwiegend gerecht, auch wenn sie, wie vorhergehend skizziert, teilweise Ziele formulieren, deren Eignung als langfristige Leitlinien tatsächlich kritisch hinterfragt werden kann.

Zielaussagen zu Maximierungen von Deckungsbeiträgen oder Gewinnen, deren Erfassung und Berechnung ja letztlich auf heutigen Erkenntnissen und Sichtweisen beruhen, können für langfristige Orientierungen nicht zwingend geeignet erscheinen, da sie für sich gesehen zu kurz greifen. Ähnliches gilt für Zielsetzungen, die vor dem Hintergrund einer zeitlichen Reichweite von 120 bis 140 Jahren mit all ihren Unwägbarkeiten eine Optimierung der internen Verzinsung anstreben. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Studie auch auf die Herleitung dieser Kenngröße verzichtet.

Da das Oberziel eines höchstmöglichen gesellschaftlichen Gesamtnutzens, vor allem auch für zukünftige Generationen, wie es das Leitbild von Landesforsten formuliert, deutlich gemeinwohlorientiert ist und zweifellos Leitliniencharakter hat, sind ökonomische Maximierungsziele lediglich als Teilziele zu betrachten, die aber nicht dominant sind.

Im Lichte der vorhergehenden Aussagen sind die ermittelten Ergebnisse vor allem im Hinblick auf die Strukturierung und damit Transparenz der hier betrachteten Entscheidung über eine waldbauliche Strategie für die Baumart Fichte im Staatswald von Bedeutung. Die angewendete Methode der Simulation, die auf naturalen und technischen Befunden basiert und als Ergebnisgrößen naturale und monetäre Werte ermittelt, kann als methodisch adäquat gesehen werden, um vergleichende Betrachtungen unter vereinfachenden ceteris-paribus-Bedingungen und Sicherheitsannahmen zwischen unterschiedlichen waldbaulichen Konzepten anzustellen. Die Studie stellt daher für die Entscheidungsunterstützung u.a. Aussagen zur erzielbaren Sortenstruktur der zu erntenden Rohholzmengen und ihrer monetären Bewertung auf der Grundlage nicht dynamisierter Erlös-/Kostenrelationen zur Verfügung. Sie hebt keinesfalls vorrangig auf die Maximierung ökonomischer Zielgrößen ab.

## **9.2 Berücksichtigung von Unsicherheit bei der Beurteilung der Ergebnisse**

Jeder Entscheidungsprozess über eine Produktinnovation muss zu erwartende Marktmechanismen sowie denkbare Unsicherheits- und Risikoaspekte berücksichtigen.

Eine Ausgangsvoraussetzung bei der Modellierung des Wachstums der simulierten Bestände ist die Annahme weitgehender Sicherheit der verwendeten Daten. Das Ausblenden von



Unsicherheit hat zwar methodische Vorzüge, da es recht eindeutige Ergebnisse ermöglicht. Es entfernt sich damit aber von der Realität, in der Unsicherheit ein allgegenwärtiges Phänomen ist. Daher werden nun für die Erarbeitung von Empfehlungen einige Aspekte von Unsicherheit zusammengetragen, die im Zusammenhang mit der Wahl langfristiger Produktionsstrategien als zeitlich offene Entscheidungsfelder keinesfalls vernachlässigt werden sollten.

Im Zusammenhang mit der Beurteilung der Unsicherheit langfristiger Entscheidungen haben sich folgende Differenzierungen im Anhalt an FABER (1998) als zweckmäßig erwiesen (ROEDER 2003):

- **Risiko:** Die unsicheren Tatbestände (z.B. Waldbrand) sind im Grunde nach bekannt und ihre Konsequenzen und Einflüsse lassen sich durch empirisch fundierte Wahrscheinlichkeitsverteilungen abbilden. Im forstbetrieblichen Sprachgebrauch bezieht sich Risiko überwiegend auf bekannte Verlustgefahren aus natürlichen Schadereignissen. Wesentlich ist, dass Risiko kalkulierbar ist (z.B. *Waldbrandstatistik als Grundlage für Waldbrandversicherungen*). Hin und wieder werden auch Situationen, in denen die Wahrscheinlichkeitsverteilungen lediglich auf subjektive Einschätzungen gestützt sind, dieser Unsicherheitskategorie zugeordnet (z.B. *Vermutung über den Ausgang eines Prozesses vor Gericht*).
- **Ungewissheit:** Im Unterschied zu Risikosituationen sind zwar die möglichen Konsequenzen oder Einflüsse im Grundsatz bekannt, aber empirische, objektive Grundlagen über die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens der jeweiligen Ereignisse sind (noch) nicht verfügbar (z.B. *neuentwickelte Technologien*); d.h. die möglichen Ereignisse können benannt werden, aber ob, wann und in welchem Umfang die betreffenden Ereignisse eintreten werden, kann aktuell nicht bestimmt werden; mit zunehmender Erfahrung in der Zukunft kann Ungewissheit dann zu Risiko werden.
- **Vollständige Unsicherheit:** Insbesondere bei extrem langfristigen Zeithorizonten, die wie in vorliegender Studie über mehrere Menschengenerationen hinausreichen, ist die Verwendung dieser Kategorie zweckmäßig. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass nicht nur die Wahrscheinlichkeiten für ein bestimmtes Ereignis unbekannt sind, sondern auch die Menge der möglichen Ereignisse selbst nicht bekannt ist. Spontane Veränderungen (z.B. *künftige neue Technologien*) oder einmalige historische Vorgänge (z.B. *Ende der DDR*) machen es unmöglich, durch Beobachtungen und Lernprozesse verbesserte Einschätzungen zukünftiger Zustände zu gewinnen.

### *Modellbedingte Risiken*

Bereits bei der Methodenkritik (vgl. Kapitel 8.1 – *Zu den Grundlagendaten* -) wurde deutlich, dass die Wachstumsmodelle aufgrund ihrer Datengrundlage Unschärfen aufweisen und die Ergebnisse als Mittelwerte wiederholter Simulationsläufe dargestellt sind. Alle Ergebnisse beruhen letztlich auf Prognosen, die modellbedingt eine gewisse Streubreite besitzen. Daher muss selbst für die Spitzenresultate der Prognosevarianten angenommen werden, dass sie letztlich nicht zwingend punktgenau sind. Denn bei normativ angenommenen Unschärfen im Sinne von Streuungen der Prognoseergebnisse von 10-20 %, was vor dem Hintergrund weit in die Zukunft reichender Berechnungen ein angemessener Rahmen sein kann (vgl. PRETZSCH 2001: 292), überlappen sich alle herausragenden Resultate, selbst bei den optimistischsten Annahmen. Diese Überlappungen sind bei den monetären Ergebnissen umso größer, je geringer das gewählte Preisniveau ist und führen zu einem Korridor weitgehend gleicher Ergebnisse. Daher können die in den monetären Ergebnissen dargestellten Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten waldbaulicher Behandlungen lediglich als mögliche Tendenzen interpretiert werden.

### *Produktions- und Produktrisiken*

In der Modellierung aller Varianten der waldbaulichen Behandlungen wurden natürliche und betriebsbedingte Risikofaktoren ausgeblendet und vollständige Risikofreiheit unterstellt. Wegen ihrer entscheidungserheblichen Wirkung sollen diese Risiken nun in ihren Erscheinungsformen und spezifischen Wirkungen eingehend betrachtet werden.

Die erwähnte „Risikofreiheit“ der Ergebnisse betrifft folgende Risikotypen:

- *Produktionsrisiko*: Darunter werden alle Risikofaktoren verstanden, die den eigentlichen Produktionsprozess auf der Fläche „stören“ können und auf einem solchen Weg die Erzielung der eigentlichen Produkte beeinträchtigen, wenn nicht gar verhindern. Zu unterscheiden sind „natürliche“ Produktionsrisiken (z.B. Windwurf, Insektenkalamität) und „betriebsbedingte“ Produktionsrisiken (z.B. Arbeitskräftemangel, Liquiditätsengpässe). Natürliche Risiken können durch ihre bestandeszerstörende Wirkung im Extremfall den Produktionsprozess vorzeitig beenden, ohne dass das eigentliche Ziel der Produktion – im vorliegenden Fall starkes astfreies Stammholz - erreicht wird. Betriebsbedingte Risiken führen dazu, dass der Produktionsprozess nicht in vorgesehener Weise (z.B. Astung nur auf Reichhöhe) und/oder nicht im erforderlichen Umfang (z.B. geringe Zahl von Z-Bäumen) durchgeführt wird.

- *Produktisiko*: Darunter werden alle Risikofaktoren verstanden, die das eigentliche (Ziel-) Produkt, hier also das Fichtenwertholz des unteren Stammabschnittes, qualitativ negativ beeinträchtigen können. Dazu zählen z.B. bodenbürtige oder durch Schälung (vgl. ROEDER 1970) bedingte Stammfäule, Rissbildungen durch Wachstums- bzw. Trockenstressspannungen (vgl. CASPARI 1990a, b sowie BENDER, BARWISCH, KLÄDTKE 2005) und Harzgallen (vgl. Kapitel 3.2 und HERB, BRÜCHERT, KLÄDTKE 2004).

### *Produktionsrisiken*

Ein offensichtliches Produktionsrisiko ergibt sich unmittelbar aus den „Überlebenswahrscheinlichkeiten“ der Z-Bäume und all den Faktoren, die diese Überlebenswahrscheinlichkeiten negativ beeinflussen könnten. Damit ist zum einen das vorzeitige Ausscheiden von Z-Bäumen aus dem produzierenden Kollektiv gemeint zu Zeitpunkten, zu denen die Bäume noch keine Wertholzoption darstellen. Zum anderen können auch Schädigungen der Bäume eintreten, die zwar ein weiteres Wachstum erlauben, aber keine Wertoption mehr ermöglichen (z.B. Rückeschäden). Diese Risikofaktoren gelten dabei nicht exklusiv nur für die QD-Modelle, sondern für alle Produktionsmodelle, die auf Z-Bäume im Sinne einer Wertholzproduktion setzen. Die Risikoeinschätzung fußt auf Überlegungen, mit welcher Wahrscheinlichkeit Z-Bäume innerhalb bestimmter Produktionsmodelle von solchen Risiken betroffen werden können und folglich nicht zum Zielprodukt führen.

Wird das Windwurfrisiko betrachtet, so ist zu prüfen, ob es Hinweise auf stärkere Gefährdungen einzelner waldbaulicher Produktionsmodelle gibt. Wird davon ausgegangen, dass Bäume mit exponierten Kronen, die über das Kronendach des übrigen Bestandes hinausragen, besonders stark dem Wind ausgesetzt sind, so kann insbesondere bei den QD-Modellen mit wenigen Z-Bäumen je Hektar mit einem erhöhten Gefährdungspotenzial gerechnet werden. Die Z-Bäume werden aufgrund ihres begünstigten Wachstums über die im Engstand verbleibenden Nachbarn hinausragen und windexponiert sein.

QD-Modelle setzen die lokale Bestandesdichte während der Dimensionierungsphase kontinuierlich herab und schaffen so zeitlich befristet eine lückige Bestandesstruktur. Während die ausgewählten Z-Bäume sehr rasch in einzelstabile, niedrige H/D-Werte hineinwachsen, bleiben die verbleibenden Nachbarn wahrscheinlich in ihrer H/D-Entwicklung deutlich zurück. Dies kann zu einer Destabilisierung des Bestandeskollektivs

führen und lokale Angriffsflächen für Stürme bieten. Inwieweit sich diese Effekte tatsächlich Risiko erhöhend auswirken, ist zukünftig empirisch zu überprüfen.

QD- Modelle erreichen, insbesondere bei Zielstärken von 60 cm, die Produktziele in kürzerer Zeit, was vor dem Hintergrund genereller Risikoüberlegungen sicherlich als Vorteil aufgefasst werden kann. Da die Produktziele in einer kürzeren Produktionsdauer erreicht werden können, sind die Bestände natürlichen Risikofaktoren entsprechend kürzer ausgesetzt. Dieses Ergebnis wird allerdings, je nach Variante, mit einer geminderten Gesamtwuchsleistung bei den Zielbäumen erkauft, vor allem beim Vergleich mit den Massenleistungen der Referenzen.<sup>121</sup> Auch betriebliche Produktionsrisiken sind durch eine kürzere Produktionsdauer tendenziell vermindert.

Umgekehrt resultiert aus dieser Überlegung auch die Frage, wie viele Zielprodukte mit einem bestimmten Produktionsmuster unter Annahme bestimmter Risiken dennoch erreicht werden können. Diese Frage ist im Rahmen dieser Studie empirisch nicht zu beantworten. Sie hat aber ganz wesentlich mit dem Aspekt der Risikostreuung zu tun. Z-Baum orientierte Produktionsmodelle setzen vorrangig auf die Produkte dieser Zuwachs- und Wertträger. Produktionsmodelle, die mit wenigen Z-Bäumen versuchen, zu einer bestimmten ökonomischen Zielsetzung zu gelangen, erscheinen allein aufgrund des Mangels an „Reserven“ anfälliger gegen die oben genannten Produktionsrisiken. Dem gegenüber erscheinen Produktionsmodelle mit höheren Z-Baumzahlen aufgrund höherer Reserven bzw. „Ersatzoptionen“ flexibler im Abpuffern von Ausfällen bzw. Rückschlägen.

Bei einer sehr hohen Zahl von Z-Bäumen/ha würden dann die Wachstumspotenziale dieser Bäume – etwa im Vergleich zu QD-Modellen - nicht mehr ausgenutzt. Allerdings könnte unter diesen Bedingungen durch geringere Jahrringbreiten und verlängerte Produktionszeiten ein Produkt entstehen, das aus heutiger Sicht durchaus hohe Wertschätzung genießen könnte.

Unter dem Aspekt von Ersatzoptionen sind die Z-Stammzahl armen QD-Varianten in hohem Maße störungssensitiv, sofern von Ausfällen in bestimmter absoluter Größe ausgegangen wird. Die Z-Baum-Modelle mit 160 bzw. 200 Z-Bäumen sind unter diesen Bedingungen

---

<sup>121</sup> Von zeitlichen Vorsprüngen beim QD-konformen Wachstum geht auch der Waldbauerlass der Bundesforsten aus (BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN 2002: 19). In ihm wird jedoch eine durchschnittliche Produktionszeitverkürzung von 50 Jahren vermutet. Dies erscheint angesichts der hier ermittelten Ergebnisse von ~20 Jahren fraglich.

besser gepuffert, was aber nach den Ergebnissen zur Stärkeentwicklung der Z-Bäume bereits durch geringere Stärkeklassenanteile starker Stämme erkaufte wird. Welche der hier betrachteten Z-Baum-Produktionsmodelle unter Risikoaspekten die günstigste ist, kann aus den Ergebnissen dieser Studie nicht abgeleitet werden. Wird von einem Risikomuster ausgegangen, das die Z-Baumzahl in stets gleichen relativen Anteilen vermindert, so ist die absolute Anzahl der Z-Bäume unter Risikoaspekten ohnehin von nachgeordneter Bedeutung.

Vor dem Hintergrund, dass zwischen 100 und 200 gestaute Z-Bäume letztlich einen „Korridor“ bilden, innerhalb dessen eine auf Wertholz gerichtete Fichtenbewirtschaftung mit vorteilhaften ökonomischen Resultaten und einem nicht zu geringen „Sicherheitspuffer“ möglich erscheint, bietet sich für den Entscheider ein breites Band an Möglichkeiten mit spezifischen Vor- und Nachteilen, das zur Erzielung von Vielfalt und Flexibilität genutzt werden kann.

Unter dem Aspekt betrieblicher Produktionsrisiken fordert SEKOT (1991: 218), dass *„die Produktion im Sinne einer biologischen Automation auch bei verringerter Bewirtschaftungsintensität mit geringem Produktionsrisiko abläuft.“* Ein spezifisches Merkmal des QD-Produktionsmodells ist es, durch kontinuierliche Eingriffe dafür zu sorgen, dass die Kronenbasis nicht nach oben wandert, sondern auf 25 % der Baumendhöhe verbleibt. Damit einerseits nach dem Astungsvorgang die Bäume rasch wachsen, andererseits wegen der zu erzielenden Holzqualität ein gleichmäßiger Jahrringsaufbau erreicht wird, wird vorausgesetzt, dass eine kontinuierliche Bearbeitung der Bestände bis zu 50 Jahren gewährleistet werden kann. Geringe Intensität und/oder fehlende Kapazitäten könnten bedeuten, den Eingriffsturnus pauschal zu verlängern und das einzelbaumorientierte Arbeiten aufzugeben. Dies wäre im Rahmen der skizzierten Vorgehensweise riskant, denn dann wäre ein „Zusammenwachsen“ der Z-Bäume mit den sie umgebenden Bestandteilen zu befürchten. Dies könnte dazu führen, dass die Kronenbasis ansteigt, Totastzonen entstehen und der innere Holzaufbau keine relativ großen und gleichmäßigen Jahrringe mehr erwarten lässt. Dies wären alles Konsequenzen, die der ursprünglichen Zielsetzung des spezifischen QD-Produktionsmusters „Wertholz“ entgegen laufen und die getätigte Investition in die Z-Bäume in Form von Astung und Pflege teilweise entwertet. Somit wird auch deutlich, dass das QD-Produktionsmuster „Wertholz“ anfällig für künftige „Veränderungen“ bzw. „Abweichungen“ vom ursprünglich eingeschlagenen Weg ist. Eine Bestandesbehandlung im Sinne des QD-Wertholzkonzeptes muss von den Bewirtschaftern bzw.

Bewirtschaftergenerationen mindestens so lange ohne Abweichungen durchgehalten werden, bis der einzelne Z-Baum sich seiner Zielstärke nähert, bzw. ein Zusammenwachsen letztlich keine qualitativen Veränderungen am Produkt mehr bewirken kann.<sup>122</sup>

Dies bindet den Betrieb jeweils für einige Jahrzehnte in einen sorgfältigen Produktionsplan ein. Denn das Produktionsmodell setzt die dauerhafte zeitliche Verfügbarkeit von geeignetem Personal voraus, um die erforderlichen Eingriffe durchzuführen. Darin liegen durchaus Risiken für eine zielgerichtete, dauerhafte Durchführung modellgerechter Waldbehandlung. Demgegenüber erscheinen Z-Baum-Produktionsmodelle, die solche Vorgaben nicht zu berücksichtigen haben, deutlich flexibler und von betrieblichen Engpässen unabhängiger.

### *Produkttrisiken*

Produkttrisiken manifestieren sich in der Ausprägung ungewollter Holzqualitäten, die ggf. eine Vermarktung des Rohholzes hinsichtlich des angestrebten Zielproduktes verhindern oder einschränken.

BECKER (1995: 566) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die gezielte Erzeugung von starken Dimensionen nur lohnend ist, wenn *“zugleich eine überdurchschnittliche äußere und innere Qualität garantiert werden kann.”* Dieses Erfordernis überdurchschnittlicher Qualität unterstreicht auch TZSCHUPKE (2004: 233), der eine verbesserte Ertragslage der Forstbetriebe nicht automatisch von Starkholz erwartet, sondern nur mit Wertholz.

In der vorliegenden Studie wurde als markanter und offensichtlich typischer Risikofaktor die Harzgalle angesprochen, da sie im Hinblick auf eine Produktion furniertauglichen Wertholzes als erheblich wertmindernd eingestuft werden muss. Dieser Risikofaktor sollte mit Gewicht bei Überlegungen zur Umsetzung des QD-Modells bei der Fichte berücksichtigt werden, auch wenn er explizit noch nicht in die Simulation einbezogen werden konnte. Die diesbezüglichen empirischen Ergebnisse der holztechnologischen Untersuchungen zeigen jedoch eine Ausprägung im Rohholz in einer Art und Weise, die erhebliche Zweifel an der Vision einer „harzgallenfreien“ Produktion aufkommen lassen. Somit muss damit gerechnet werden, dass selbst bei einer hohen Anzahl von Z-Bäumen, die ansonsten schadensfrei Zielstärken erreichen könnten, ein bestimmter Anteil nicht oder nur eingeschränkt wertholztauglich im Sinne von Furnierqualitäten sein wird. Dieses Holz wird nach gegenwärtigem Stand der

---

<sup>122</sup> Dies erscheint ab einem mittleren Alter von 60-70 Jahren denkbar zu sein, weshalb die Simulation beispielsweise bei den QD-Modellen dann auch keine aktive Bestandespflege mehr vorsah.

Technologie nicht zu Spitzenpreisen vermarktbar sein, sofern es nicht sogar als Wertholz ganz ausscheidet.

Bei Kenntnis dieses Risikofaktors ist es angeraten, die Produktion möglichst so zu gestalten, dass dieser Risikofaktor, wenn er schon nicht auszuschließen ist, durch die Berücksichtigung wahrscheinlicher Einflussfaktoren nach heutigem Kenntnisstand zu begrenzen. Da Harzgallen wohl nicht unerheblich mit dem Einfluss von Wind zusammenhängen, sollte die Produktion von Fichtenwertholz nach dem QD-Modell folglich auf Standorten geschehen, auf denen Wind nur geringfügig einwirken kann. Eine Garantie für harzgallenfreies Holz kann nicht ausgesprochen werden, da nach bisherigen Erkenntnissen das Produktrisiko der Harzgalle letztlich als im waldbaulichen QD-Modell latent vorhanden betrachtet werden muss. Ob dies alle Z-Stamm orientierten Produktionsmodelle in gleicher Weise betrifft, konnte nicht untersucht werden.

Daneben gilt es selbstverständlich all jene Standortfaktoren ebenfalls in die Auswahlentscheidung zu integrieren, die die Produktion von Wertholz begrenzen oder ausschließen. Hier sind beispielsweise bodenbürtige Rotfäule oder Standorte mit Schälchadensgefährdung zu nennen.

Auf die Risiken von standortsbezogenen spannungsbedingten Wachstumsrisen bzw. infolge von Trockenstressspannungen wurde bereits hingewiesen (vgl. CASPARI 1990a, BENDER, BARWISCH, KLÄDTKE 2005). Ein weiterer Hinweis zur Gefahr der Rissbildung findet sich bei ROEDER und SCHADENDORF (1988: 10).

CASPARI und SACHSSE (1990: 687) stellen zum Investitionsrisiko einer Astung bei rissgeschädigten Fichten fest: *„In Anbetracht erheblicher Qualitätsbeeinträchtigungen bei rissgeschädigten Fichten, welche jegliche Wertholzproduktion ausschließen, stellen Ästungsmaßnahmen eine Fehlinvestition dar. In Beständen, in denen jemals rissgeschädigte Bäume beobachtet worden sind, sollten selbst phänotypisch gesund erscheinende Bäume wegen ihrer möglichen Prädisposition gegenüber dem Schadphänomen nicht geastet werden. Es ist daher empfohlen, diese Bestände als nicht astungswürdig grundsätzlich aus dem Ästungsplan herauszunehmen.“*<sup>123</sup>

---

<sup>123</sup> Vgl. zur Rissbildung auch bereits erwähnte Arbeiten von BENDER, BARWISCH, KLÄDTKE (2005) sowie DIELER (2007: 117-118).

Dies ist ein eindeutiger Hinweis auf Ausschlusskriterien bei der Formulierung eines Entscheidungs- und Handlungskorridors für Wertholzproduktionsstrategien.

Eine komprimierte Übersicht von Stärken, Chancen, aber auch Gefahren im Zusammenhang mit der Fichtenwertholzproduktion liefert OLISCHLÄGER (2000: 503). Neben den (Anm. der Autoren: vermuteten) Stärken einer gesteuerten Holzqualität (Anm. der Autoren: die jedoch beispielsweise durch die Harzgallenproblematik durchaus hinterfragt werden kann, vgl. Kapitel 3.2), einer möglichen hohen Rendite und einer einfachen Anwendung, um nur einige zu nennen, listet er auch etliche Gefahrenaspekte auf:

- Überbewertung
- Windwurf
- Sonnenbrand
- Harzgallen
- Spannungsrisse
- Schäl- und Rückeschäden
- Rotfäule
- Nichterkennen des Wertes
- Wertholzüberangebot

Die Auflistung ist ein Mix aus bereits erwähnten Produktions- und Produktrisiken und integriert auch Marktrisiken. Insofern kann sie an dieser Stelle als knappe Zusammenfassung verschiedener bereits genannter Risikoaspekte begriffen werden. Zu den Wirkungen von Risikofaktoren äußerte sich zudem STRÜTT (1991: 49-57).

Eine weitere empirische Auseinandersetzung mit den verschiedenen Risikotypen in Bezug auf die spezifischen Bedingungen einzelner Produktionsmodelle bzw. die Untersuchung von Risikosensitivitäten bestimmter Entscheidungen müssen weiteren Arbeiten vorbehalten bleiben.

#### *Märkte in ferner Zukunft - ein Bereich vollständiger Ungewissheit*

Die Preisrelationen zwischen Wertholz und normalem Bauholz sind letztlich in Verbindung mit den Produktionsmengen und der Stärkeklassenstruktur bei den entscheidenden Sortimenten des Wertholzes entscheidend für die ökonomische Vorteilhaftigkeit. Die in der Sensitivitätsanalyse verwendeten Preisannahmen für das Wertholz führen gegenüber den



nicht variierten Preisen für normales Stammholz zu einer Wertdifferenz, die die relative Vorteilhaftigkeit des Wertholzes ausdrückt. Wird eine mehr oder weniger parallele Preisentwicklung von normalem Stammholz und Wertholz unterstellt, dann würden sich die Differenzbeträge nicht erheblich ändern und damit auch nicht die ihnen zukommende Sensitivitätsfunktion. Und selbst bei einer Verschiebung der Werte zwischen normalem Stammholz und Wertholz bilden die veränderten Wertdifferenzen nichts anderes ab als den Effekt der verschiedenen Preisannahmen. Sie bilden einen Fächer von Wertdifferenzen und sind deshalb ein flexibles Instrument zur Beurteilung der Varianten bei sich ändernden Bewertungen der Produkte über Marktpreise. Die Sensitivitätsanalyse erlaubt es, mögliche Veränderungen der Marktpreise und Preisrelationen nachzuzeichnen und durch die Setzung von angenommenen Extremwerten, nach oben wie auch nach unten, doch einen möglichen Gesamtrahmen abzubilden.

Die zentrale Frage ist also, ob das jeweilige Fichtenwertholz einer Variante des QD-Produktionsmodells mit seinen zukünftigen Wertvorteilen gegenüber den anderen wertholzorientierten Produktionsmodellen höhere Gesamtdeckungsbeiträge erzielt. Dahinter steht die weitere Frage, ob aus den Erfahrungen der Gegenwart davon ausgegangen werden darf, dass die Wertdifferenzen zwischen den verschiedenen Rohholzprodukten und zwischen den Varianten tatsächlich auch in Zukunft weitgehend unverändert bleiben. Dazu erscheinen mit Blick auf die vollständige Unsicherheit, mit denen Prognosen künftiger Marktpreise belastet sind, erhebliche Zweifel angebracht.

Zunächst sollen die gegenwärtigen Preisentwicklungen im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Preisannahmen gewürdigt werden. Sofern als Leitpreis für die hier angenommenen Preise für das Wertholz der Preis für die Stärkeklasse L5 herangezogen wird, ergeben sich beim Vergleich der im Kapitel 5.3.2 vorgegebenen Preise mit real erzielten Submissionsergebnissen der letzten Jahre einige Hinweise. So zeigt sich, dass die angenommenen Preise für die Marktlagen „gut“ und „mittel“ tendenziell optimistisch sind, denn im Jahr 2005 wurde auf der Nadelwertholzsubmission in Bad Rippoldsau-Schapbach für Fichtenwertholz der Stärkeklasse L5 ein Durchschnittspreis von nur 262 €/Efm erzielt. Ein Jahr zuvor betrug er sogar nur 170 €/Efm. Auch beim Vergleich mit noch weiter zurückliegenden Submissionsergebnissen (Bad Rippoldsau-Schapbach bzw. Mauthaus in Bayern) wird deutlich, dass die beiden besseren unterstellten Preisannahmen als optimistisch anzusehen sind. Insbesondere die Marktlage „gut“ mit einem L5-Preis von 582 €/Efm muss

bei kritischer Wertung als vermutlich überzogen gewertet werden. Somit erscheint eher die Marktlage „mittel“ als Obergrenze einer Wertholzbewertung nach aktuellen Marktpreisen geeignet zu sein (vgl. ANONYMUS 2003, 2004, 2005). Infolge dessen erscheint die konstatierte relative Vorteilhaftigkeit der Variante QD 100, sofern 70 cm Zielstärke in 120 Jahren angestrebt werden, äußerst optimistisch, da ihre Spitzenposition nämlich v.a. ein unmittelbares Resultat der Spitzenpreisannahmen ist. Wenn diese Erwartung allerdings als „seltenes“ Marktereignis zu werten ist, muss auch das entsprechende Abschneiden der vorgenannten Variante aus gegenwärtiger Sicht als eher „selten“ angenommen werden.

Welche Wertvorstellungen künftig herrschen und vor allem welche Wertrelationen zwischen einzelnen forstlichen Rohholzprodukten in weit entfernter Zukunft über die Vorteilhaftigkeit der Realisierung eines Produktes bestimmen mögen, ist sicherlich kaum absehbar. Heute wertvolles und ggf. um ein Vielfaches in der Wertschätzungsrelation über normalem Bauholz liegendes Wertholz im Sinne von Furnierqualitäten ist stets zu sehen vor einer heute gegebenen Marktstruktur, die kaufkräftige Nachfrage nach Holzprodukten aus „Luxusmarktsegmenten“ in einer wohlhabenden Gesellschaft aufweist (z.B. edle Möbel als Beispiel für Holzverwendungen in einem rein optisch-ästhetisch geprägten Marktsegment).

Vor diesem Hintergrund ist BRABÄNDER (1995: 168) beizupflichten, wenn er formuliert: *„Ob schließlich ein auf heutigen Wertvorstellungen beruhendes Qualitätsziel in weit entfernter Zukunft entsprechende Wertschätzung finden wird, bleibt allemal fraglich und dürfte im positiven Fall eher ein glücklicher Zufall sein.“*

Aus ähnlichen Überlegungen heraus rät auch TZSCHUPKE (2004: 233), Entscheidungen für oder gegen eine vermehrte Starkholzproduktion nicht oder nur subsidiär mit Absatzprognosen zu begründen. Und schließlich soll an die Ausführungen von SEKOT (1991) zum Themenkomplex „forstbetriebliche Produktionsflexibilität“ und Gestaltung des Produktions- und Produktportfolios erinnert werden (vgl. Kap. 8.4).

Im Zusammenhang mit der vollständigen Unsicherheit über Marktpreise in ferner Zukunft drängt sich die Frage auf, ob und inwieweit ein Produktionsmuster langfristig erfolgreich erscheinen kann, das bezüglich seines wirtschaftlichen Erfolges ganz überwiegend auf ein „Luxusprodukt“ abzielt, welches wiederum nur in einem engen Marktsegment Verwendung finden kann, wenn es entsprechend honoriert werden möchte. Umgekehrt fokussiert diese

Fragestellung also auf das potenzielle *Marktwagnis* eines Produktes, das, wenn es ein Erfolgsprodukt sein soll, nur hochpreisig und vollständig absetzbar sein darf. Sobald diese Prämissen ins Wanken geraten, gerät auch das Produktionsmuster zunehmend ins Hintertreffen. Dass diese Prämissen zumindest in Zweifel gezogen werden können, liegt auf der Hand. Einerseits sind sie eine Ableitung aus einer Wohlstandsgesellschaft, die konstant in der Lage erscheint, teures Rohholz aus heutiger Sicht primär für die Furnierproduktion nachzufragen. Sofern, aus welchen volkswirtschaftlichen oder modeorientierten Konstellationen auch immer, diese Nachfrage sinken sollte, wird auch die Erfolgswirkung der auf Wertproduktion aufbauenden Varianten sinken. Ggf. könnten Substitutionstendenzen gegenüber diesen Produktionsmustern ihren „Wertverfall“ noch verstärken. Gemeint ist hier z.B. ein Zukunftsszenario mit einem gesellschaftlichen Anspruch, der bezogen auf die Holzproduktion wieder „Masse statt Klasse“ erfordert. Dass diese Überlegungen nicht aus der Luft gegriffen sind, verdeutlichen die gegenwärtigen Preisentwicklungen der nicht erneuerbaren Energieressourcen, insbesondere des Rohöls. Die erheblichen Energiepreissteigerungen des Jahres 2006 führen zu einer stetig erhöhten Nachfrage nach Energieholz mit durchaus beachtlichen Preissteigerungen. Je nach Region, v.a. im Umfeld von Ballungsräumen, wird z.B. Brennholz zu einem hochattraktiven Sortiment, welches alternative Verwendungen wie Industrieholz oder sogar (schwaches) Stammholz vollkommen in den Hintergrund drängt. Hier entsteht eine Nachfrage, die über das Motto „Masse statt Klasse“ bei einer hohen Flächenproduktivität positive Deckungsbeiträge durch einen sich dynamisch entwickelnden Markt für den Forstbetrieb liefern kann. Eine derartig rasche „Renaissance“ des vor kurzem noch eher belächelten Brennholzes war sicherlich nicht erwart- und planbar. Somit zeigt sich aber an diesem Beispiel auch, wie rasch veränderungsfähig das Nachfrageverhalten und damit letztlich Märkte sind. Langfristige Produktionen, insbesondere die von Rohholz, sollten daher ein möglichst weites Produktions- und Produktspektrum aufbauen und die Flächenproduktivität durchaus auch hoch halten. Nachfrage kann sich rasch ändern, die gegebene Flächenproduktivität und das vorhandene einzelne Rohholzprodukt können es nicht.

Die Seltenheit eines Produktes kann über das dadurch bedingte geringe Angebot bei derzeit gegebener *Angebots- und Nachfragestruktur* an den Wertholzmärkten letztlich zu hohen Preisen für diese Produkte führen. Eine Veränderung der Angebotsmengen löst in der Regel auf der Nachfragerseite eine veränderte Wertschätzung aus und kann somit in Zukunft zu einem verfallenden Preis führen. Wenn also ein heute seltenes, qualitativ hochwertiges

Produkt (z.B. starkes geastetes Fichtenholz) aufgrund gegebener Nachfrage vor dem Hintergrund seiner „Seltenheit“ hohe Werte erringt, so muss durchaus angenommen werden, dass diese Wertschätzung in der Zukunft sinken kann, wenn dieses Produkt auf einmal in deutlich höherer Angebotsmenge vorhanden ist, ohne dass sonstige „Mehrwerte“, etwa durch neue Produkteigenschaften, entstanden sind. Der „glückliche Zufall“, von dem BRABÄNDER spricht, muss daher in strategische Überlegungen zur Wahl bestimmter, auf ausgesprochene Qualitätsziele ausgerichteter Waldbaumodelle im Entscheidungsprozess berücksichtigt werden. Da dies quantitativ bzw. empirisch innerhalb einer über viele Perioden gehenden Simulation kaum leistbar erscheint, zumal der „Zufall“ nicht greifbar ist, muss dies letztlich von den Entscheidungsträgern gutachtlich geleistet werden. Dazu sollte z.B. auf kollektive Entscheidungs- bzw. Aushandlungsprozesse innerhalb von Expertengremien, die auf ihr Expertenwissen, das unterschiedliche Standpunkte, Risikoneigungen und auch (nicht ausschließlich empirisch fundiertes) Erfahrungswissen vereint, zurückgegriffen werden.

Die Sensitivitätsanalyse mit unterschiedlichen Preisszenarien in vorliegender Untersuchung nimmt die zukünftige Realität als „wahre Größe“ nicht vorweg. Sie weist lediglich auf die Auswirkungen veränderter Märkte auf die ökonomischen Ergebnisse von waldbaulichen Produktionsstrategien für Fichtenwertholz hin. Die „Vorzüglichkeit“ einer Sache in der Zukunft ist letztlich eine unbekannte Dimension.

Somit erscheint die waldbauliche Zielableitung aus primär gegenwartsbezogenen Aspekten der Vorteilhaftigkeit eine mögliche Quelle strategischer Fehlentscheidungen zu sein, die auch im Kontext der hier betrachteten Problemstellung dann greifen kann, wenn diese Konzepte sich allzu prägend auf die Produktionskapazität, d.h. in der Fläche, auswirken.

### **10. Entscheidungsempfehlungen**

Entscheidungen über waldbauliche Behandlungsmodelle sind strategische Entscheidungen mit langfristigen Auswirkungen in zeitlich offenen Entscheidungsfeldern und damit weitgehend strukturdefekte Entscheidungssituationen:

- *Zielsetzungsdefekt*: Dies betrifft die Produktionsziele, die sich in einen weit in der Zukunft liegenden, unbekanntem Gesamtzielrahmen einordnen müssen. Da sich die gesellschaftlichen Anforderungen rasch, aber in der Regel unvorhersehbar ändern,

unterliegt auch der von Landesforsten als Oberziel angestrebte gesellschaftliche Gesamtnutzen entsprechend veränderten Inhalten.

- *Bewertungsdefekt:* Die künftige Bewertung der angestrebten Produkte im Wechselspiel von Angebot und Nachfrage auf Märkten ist ebenfalls vollständig unsicher. Sowohl Angebot als auch Nachfrage werden durch unterschiedliche Faktoren in einer dynamischen Entwicklung unvorhersehbar bestimmt. Beim Angebot sind analoge Konkurrenzprodukte aus dem Ausland, Substitutionsprodukte und erhöhte Ausbeute durch neue Technologien sowie vermehrte inländische Erzeugung von Bedeutung. Bei der Nachfrage sind u.a. die Kaufkraft der Gesellschaft im Inland, Warenströme und Handelsbeziehungen zu Drittländern sowie Verwendungsmöglichkeiten zur Befriedigung konkreten Bedarfs von Bedeutung. Alle diese Faktoren unterliegen vor dem Hintergrund langfristiger Planungen recht kurzfristigen, kaum vorhersehbaren Änderungen.
- *Wirkungsdefekt:* Schließlich ist die Beurteilung des langfristigen Wachstums der Bäume, der Übergang aus der bewirtschaftungsbedingten Bestandessituation in eine nächste Waldgeneration und die spezifischen Risiken waldbaulicher Produktionsmodelle mit beträchtlicher Unsicherheit belegt. Dies gilt wohl generell für die Z-Baum orientierten Produktionsmodelle. Insbesondere für das hier betrachtete innovative QD-Modell fehlen weiter zurückreichende Erfahrungen und waldbauliche Versuche, die eine empirisch breit abgesicherte Einschätzung des Wachstums und der besonderen Risiken dieser Produktionsweise gestatten würden. Ob diese Daten- und Erfahrungsbasis allerdings angesichts drohender Klimaveränderungen für Entscheidungen mit langfristigen Wirkungen tragfähig wäre, muss bezweifelt werden. Schließlich muss daran erinnert werden, dass die Simulationsergebnisse sich auf einen Modellhektar beziehen und keinesfalls unmittelbar in die Realität konkreter Fichtenbetriebsklassen übertragen werden können.

Entscheidungsprozesse können unter diesen Bedingungen aufgrund ihrer impliziten Unbestimmtheit bzw. Komplexität und Unsicherheit über entscheidungsrelevante Größen in einer fernen Zukunft nicht mehr empirisch-quantifizierend sein. Versuche, durch einwertige Erwartungen die Zukunftsperspektiven einzuengen und sich damit über die implizite Unbestimmtheit hinwegzusetzen, weichen dem Problem aus, können es aber nicht lösen.

Diese Untersuchung konzentriert sich auf waldbauliche Behandlungsmodelle der Fichte, insbesondere auf das innovative QD-Modell. Folgerungen aus den Ergebnissen dieser Untersuchung sind daher nur in dieser einschränkenden Sichtweise zu entwickeln und daher zwangsläufig in ihrer Allgemeingültigkeit eingeschränkt.

Entscheidungsempfehlungen können auf drei unterschiedlichen Ebenen gegeben werden:

- Empfehlungen aus den Simulationsergebnissen mit empirisch-quantitativer Grundlage
- Folgerungen aus der hohen Unsicherheit in zeitlich offenen Entscheidungsfeldern
- Empfehlungen zum Planungs- und Entscheidungsverfahren

### 10.1 Empfehlungen aus den Simulationsergebnissen mit empirisch-quantitativer Grundlage

Unter der Annahme risikofreier Produktion können die ermittelten wachstumsbezogenen Ergebnisse als realistische Tendenz angesehen werden, da sie auf empirisch fundierten Algorithmen beruhen. Allerdings ist an den Unschärfbereich zu erinnern, mit dem die Ergebnisse der Simulationen zu würdigen sind.

Die ökonomischen Ergebnisse der verschiedenen Varianten beruhen in erster Linie auf der Verbindung der naturalen Ergebnisse mit vorgegebenen Preisen. Letztere können marktbedingt sehr veränderlich sein, was folglich zu einer erheblichen Spannweite der möglichen ökonomischen Ergebnisse führt. Diese Spannweite wurde beispielhaft durch die in der Untersuchung gewählten Preisniveaus ausgedrückt, ohne allerdings damit Wahrscheinlichkeitsaussagen verbinden zu können.

Die aus den Simulationsergebnissen für den Modellhektar (vgl. Kap. 6) abgeleiteten kalkulierten **Deckungsbeiträge** bei Z-Baum orientiertem Vorgehen legen unter Ausblendung von Risikoaspekten nahe, dass Z-Baum-Wirtschaft überwiegend vorteilhaft gegenüber konservativen Modellen erscheint, in keinem der untersuchten Fälle aber deutlich nachteiliger. Dies gilt selbst auf dem untersten Preisniveau, an dem keine Wertholzpreise mehr unterstellt sind. Einschränkend muss allerdings auch die starke Hochdurchforstung positiv gewertet werden, da ihr großes Starkholzpotezial bei entsprechender Astung ebenfalls wertholztauglich sein kann. Es eröffnet sich somit die Möglichkeit der Chancenwahrnehmung auf mehreren Behandlungswegen ohne bei „schlechter“ Preissituation Nachteile befürchten zu müssen.

Bei den genannten Prämissen, insbesondere den unterstellten Preisen, der Risikofreiheit und des Bezuges auf einen Modellhektar lässt sich das QD-Produktionsmodell im Vergleich zu herkömmlichen und Z-Baum orientierten waldbaulichen Behandlungen wie folgt charakterisieren:

- QD ist auf der monetären Betrachtungsebene bei einigen Kombinationen seiner Merkmalsausprägungen führend, sofern ein hohes oder mindestens mittleres Furnierholzpreisniveau angenommen wird. Sobald der Preisrahmen des Wertholzes sinkt, nivellieren sich die Ergebnisse aller Waldbaummodelle.
- QD-Varianten mit geringer Z-Baum-Ausstattung (unter 100 Z-Bäumen) sind im monetären Vergleich nicht von Vorteil, obwohl sie eine höhere naturale Mengenproduktion erreichen. Diese Produktionsmuster, die sich auf extrem weite Z-Baum-Abstände<sup>124</sup> konzentrieren, orientieren alle Risiken auf wenige, aber wichtige Bestandeselemente<sup>125</sup>.
- Innerhalb der QD-Modelle schneidet die Variante „100 Z-Bäume, Zielstärke 70 cm BHD, 120 Jahre Produktionszeit“ insgesamt betrachtet am besten ab. Selbst bei geringem Preisniveau für Wertholz ist ihr Ergebnis bei keinem Szenario schlechter als das der anderen Varianten.
- QD 100 erbringt die ökonomischen Ergebnisse durch den hohen Anteil an Wertholz, d.h. durch das Zielprodukt, bleibt allerdings in der Gesamtwuchsleistung im modellierten Produktionszeitraum vermutlich gegenüber den Z-Baum-Referenzmodellen zurück. Die Verlängerung der Produktionszeit führt zu günstigeren monetären Ergebnissen bei den Z-Baumzahl reichen Modellen Z 160 und Z 200, nicht jedoch zu wesentlichen Verbesserungen bei QD 100. Die Z-Baum-Referenzmodelle erreichen unter monetärem Aspekt Spitzenpositionen, insbesondere wenn der durchschnittliche Wertzuwachs als Vergleichsgröße herangezogen wird, benötigen allerdings für dieses Ergebnis 20 Jahre länger als QD 100. Sie laufen ebenfalls nicht Gefahr, bei geringem Preisniveau schlechter abzuschneiden

---

<sup>124</sup> Die aktuelle Richtlinie geht von Mindest Z-Stamm-Abständen von 10 m bei der Fichte aus. Extreme lägen bei deutlich über 15-20m.

<sup>125</sup> Hiervon unberührt ist die Ausrichtung von „QD“ auf die Wachstumsphasen des Einzelbaumes und die Integration natürlicher Prozesse und der Dynamik in die Behandlungsstrategie. Die Frage der Z-Baum-Abstände behandelt nur eine Variable.

Eine Verlängerung der Produktionsdauer führt zu höheren Anteilen stärkeren Stammholzes, insbesondere bei den Z-Baumzahl reichen Varianten. Allerdings bedeutet eine längere Produktion auch einen verlängerten potenziellen Einfluss von Risikofaktoren, die diese Produktionsergebnisse gefährden. Somit stehen sich Chancen und Risiken gegenüber, die allerdings nicht quantifiziert werden konnten. Mit zunehmender Erfahrung mit diesen Produktionsmodellen in der Praxis und mit fortschreitendem Erkenntnisstand durch gezielte Versuche dürften jedoch konkrete Aussagen möglich werden.

Bei Würdigung all dieser Aspekte wird empfohlen, die QD-Idee in den Fächer bestehender und erprobter Produktionsverfahren zu integrieren, wobei sich eine gewisse Präferenz für die QD-Variante mit 100 Z-Bäumen, einem Zieldurchmesser von 70 cm und 120 Jahren Produktionsdauer abzeichnet. Dabei wird ein Mittelweg empfohlen, der nicht auf die Ausschließlichkeit eines einzigen Produktionsmodells bzw. Produktzieles setzt. Ein solcher Mittelweg kann beispielsweise beinhalten:

- eine Variation der Anzahl der Z-Bäume in einem Mix von z.B. 100 (QD-Modell) bis 200 (Referenzmodell) Z-Bäumen mit kontinuierlicher Förderung,
- eine gezielte Wahrnehmung von Chancen zur Astung von vorwüchsigen Fichten (z.B. in Buchen-Fichten-Mischbeständen), unabhängig von der erreichbaren Zahl geasteter Bäume je Hektar und ohne weitere Förderung dieser Bäume,
- konservative Behandlungsmodelle ohne Wertholzoption in Steillagen oder auf risikogeneigten Standorten,
- mit Blick auf die Harzgallenproblematik eine Beschränkung des QD-Modells auf Standorte, die weniger windexponiert sind.

Die **Entwicklung der realen Fichten-Betriebsklasse von Landesforsten** (vgl. Kap. 7) gibt mit Blick auf die dauerhafte Finanzierung des betrieblichen Haushalts Anlass zur Sorge. Wird gegenwärtig zwar Liquidität aus Vorratsabbau geschöpft, so zeichnet sich ganz deutlich ab (vgl. Kap. 7), dass bereits nach zwei Dekaden ein gravierender Engpass eintritt, in dem bei abgesenkten Vorräten die möglichen Nutzungen gegenüber dem Stand vom Jahr 2000 um etwa ein Drittel zurückgehen. Werden außerplanmäßige kalamitätsbedingte Vorratsabgänge durch Stürme und Käferfraß in die Überlegungen mit einbezogen, so sinkt das Vorrats- und Nutzungsniveau noch schneller ab.



Die Ergebnisse weisen unmissverständlich darauf hin, dass erst nach insgesamt 60 Jahren eine Trendumkehr erwartet werden darf. Eine wertmäßige Kompensation dieses Abwärtstrends setzt bereits in den nächsten 20 Jahren um rd. ein Drittel erhöhte Deckungsbeiträge bei der Fichte voraus. Der Wertholzanteil der Fichtenbetriebsklasse wird sich in dieser Zeitspanne voraussichtlich nicht wesentlich erhöhen, da entsprechend behandelte Bestände nicht in nennenswertem Umfang zur Nutzung kommen. Diese Situation wird sich bis weit in die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts hinein noch verschärfen. Dabei ist der Trend dieser Entwicklung in diesem Zeitraum weitgehend unabhängig von dem verwendeten waldbaulichen Produktionsmodell. Die wertmäßige Kompensation durch eine verstärkte Nutzung der Laubbäume setzt ebenfalls eine deutliche Anhebung der Preise voraus. Ein Ausweg aus den absehbaren finanziellen Engpässen ist daher fast vollständig von der Entwicklung des Holzmarktes abhängig.

Wird die Forderung nach einem fairen Ausgleich der Interessen über die Generationen hinweg beachtet, so ist zu empfehlen, die betrieblichen Potenziale zu erhalten, den Vorratsabbau verzögert vorzunehmen und die Nutzungen an die Zuwächse an haubarem Holz anzupassen.

### **10.2 Folgerungen aus der hohen Unsicherheit in zeitlich offenen Entscheidungsfeldern**

In der Langsamkeit und Langfristigkeit forstlicher Produktion im mitteleuropäischen Forstbetrieb ist begründet, dass sich Reaktionsmöglichkeiten auf akute betriebliche Erfordernisse überwiegend aus den bestehenden, verfügbaren Erfolgspotenzialen ergeben, die daher erhalten und ggf. ausgebaut werden sollten. Neben der Erhaltung und ggf. dem langfristigen Ausbau bestehender Erfolgspotenziale wird die Schaffung neuer Erfolgspotenziale zur strategischen Notwendigkeit, um die Überlebensfähigkeit des Betriebes zu sichern.

Unter dem spezifisch langfristigen Aspekt sind neben Standortsqualität und Baumartenvielfalt als Basispotenziale der Holzvorrat, dessen Werthaltigkeit und der Zuwachs wichtige Erfolgspotenziale.

HÖLTERMANN (2000) betont aus der Ableitung eines forstlichen Nachhaltigkeitsverständnisses auf der Grundlage von Vielfalt und der Verschiedenheit von Auswahlmöglichkeiten, dass es die Aufgabe des Forstbetriebs sei, ein möglichst umfassendes

Waren- und Dienstleistungsangebot bereitzustellen, das „(...) in einer dynamischen Umwelt auch zukünftigen Generationen die Möglichkeit gewährt, ihre zum jetzigen Zeitpunkt noch unbekanntes Bedürfnisse zu realisieren (...).“<sup>126</sup> Diese Aussage kann als Forderung nach der Freiheit von Bindungen interpretiert werden.

Daher ist darauf zu achten, dass die betrieblichen Handlungsmöglichkeiten durch langfristige Bindungen nicht über Gebühr eingengt werden, sondern vielmehr Flexibilitätspotenziale geschaffen werden.

Die horizontale Diversifikation zielt auf eine **Erweiterung des Produktprogramms** ab, bei der sachliche, funktionale oder produktionsbezogene Zusammenhänge zwischen dem alten und dem neuen Produktionsprogramm bestehen.<sup>127</sup>

Diversifikation der Produktion und der Produkte erhöht das betriebliche Flexibilitätspotenzial. Der Grad der Diversifikation wird durch die Vielfalt der betrieblich vorhandenen Produktionsstrukturen, -beziehungen und -wirkungen bestimmt. Vielfalt als Ausdruck und Zielgröße für eine derartige Flexibilitätssicht bedeutet also ein möglichst hohes Maß an Diversifikation in der Produktion bzw. eine Erweiterung im Produktionsprogramm. Diversifikation steht stellvertretend für eine „Flexibilitätsstrategie“ zur generellen Offenhaltung künftiger Handlungsspielräume und somit zur Wahrung möglichst breit gefächerter Flexibilitätsoptionen (vgl. Abbildung 92).

Daneben sollten sich strategische Überlegungen auch an der langfristigen Gestaltung betriebstechnischer Flexibilität orientieren.

---

<sup>126</sup> HÖLTERMANN 2000: 99

<sup>127</sup> Vgl. SEKOT 1997: 7-8, SAGL 1997: 10, MERKER 1998: 497

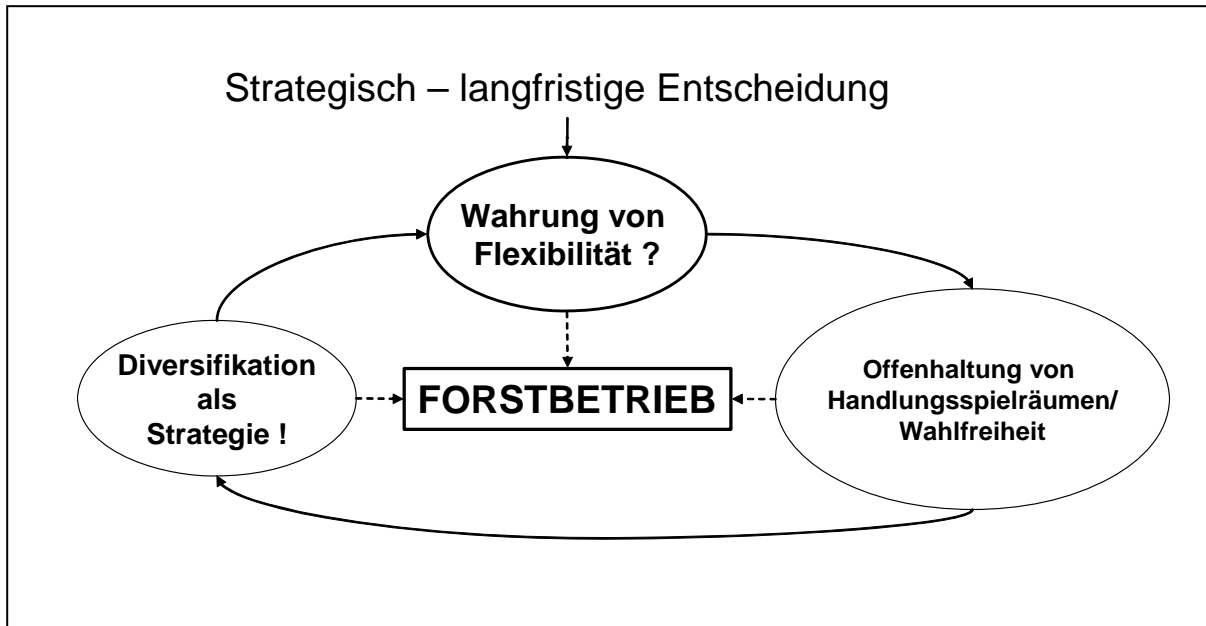


Abbildung 92: Diversifikation als forstbetrieblich-produktionswirtschaftliche „Flexibilitätsstrategie“

Eine ausgewogene Produktionsstrategie sollte eine Struktur des Produktionspotenzials mittelfristig anstreben, die nicht nur auf sehr weit in der Zukunft liegende, ggf. sehr spezielle Produktziele konzentriert ist. Diese Sichtweise drückt sich auch in dem Leitbild von Landesforsten Rheinland-Pfalz aus. Daher sind Strategien zu empfehlen, die die Produktionsstruktur an den Gesichtspunkten von betrieblicher Flexibilität und Risikominderung ausrichten.

Betriebliche Diversifikation steht für die Strategie einer in die Zukunft orientierten „Vielfach-Chancenwahrnehmung“ durch den **Aufbau eines Optionspotenzials**.<sup>128</sup> Somit zielt diese Strategie auf eine große **betriebliche Bandbreite zur Chancenwahrnehmung** ab. Dabei wird es höchstwahrscheinlich in etlichen Fällen gleichzeitig nicht möglich sein, die einzelne Chance für sich gesehen in einer stets optimierten Art und Weise wahrzunehmen. Diversifikation sollte allerdings unter vielen betrieblichen Konstellationen zu wenigstens befriedigenden Ergebnissen beitragen. Zwar ist nicht davon auszugehen, dass in einem diversifizierten Waren- und Dienstleistungsangebot jede angebotene Leistung in gleichem Maße nachgefragt wird und gesellschaftlich wertgeschätzt wird. Daher ist es geradezu unwahrscheinlich, dass die jeweils nachgefragten gesellschaftlichen Anforderungen an die

<sup>128</sup> vgl. ANSOFF 1976: 129 ff.

Forstwirtschaft maximal befriedigt werden können. Daraus folgert HÖLTERMANN (2000) treffend:

*„Die Flexibilität des Gesamtbetriebs, bei überraschenden Entwicklungen rasch genug umsteuern zu können und auf veränderte Ansprüche zu reagieren, entschädigt jedoch für den entgangenen Gewinn, der durch die Diversifizierung des Leistungsangebotes entsteht. Ineffizienzen müssen somit aktiv in Kauf genommen werden.“*<sup>129</sup>

Vor diesem Hintergrund lassen sich mit **Blick auf Erfolgs- und Flexibilitätpotenziale** einige Empfehlungen formulieren.

### *Stützung der flächenbezogenen Zuwachsleistung*

Mit Blick auf die hochgradig ungewissen gesellschaftlichen Anforderungen der Zukunft (z.B. Verfügbarkeit von Biomasse, Bindung von CO<sub>2</sub>) liegt die Empfehlung nahe, die naturale Produktionsleistung bei der Entscheidung über die langfristige Produktionsstrategie mit einem durchaus beträchtlichen Gewicht zu versehen. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil die vorliegende Untersuchung in den simulierten Wachstumsgängen der verschiedenen Waldbaumodelle (vgl. Kap.6.1) erkennbare Unterschiede in der naturalen Produktionsleistung bei gleichzeitig als unverändert unterstellter Standortsleistungsfähigkeit aufzeigt.

Ebenfalls zeigen die Ergebnisse aus der Modellierung der aktuellen Fichten-Betriebsklasse einen spürbaren Abbau an Vorrat und Nutzungspotenzial, der die künftigen Handlungsspielräume des Betriebes im Angebot von Fichtenstammholz und entsprechender Erlöse voraussichtlich merklich einengen wird (vgl. Kapitel 7). Darauf können sich Empfehlungen stützen, den geplanten Abbau der Fichtenvorräte an dem Maß zu orientieren, in dem es gelingt, Ersatzpotenziale aufzubauen.

### *Astung als Erfolgspotenzial in einem breiten Spektrum von Bestandesbehandlungen*

Astung erhöht die Verwendungsoptionen späterer Produkte und erweitert damit die Produktpalette. Astung als übliche Trockenastung bewirkt keine Zuwachsminderung und birgt bei sachgerechter Durchführung keine Qualitätsrisiken. Bei gegebenem verfügbarem Finanzvolumen ist die frühzeitige Astung einer größeren Zahl von geeigneten Bäumen im unteren Stammbereich (z.B. 5 m), gegenüber einer Hochastung (bis 10 m) weniger Bäume

---

<sup>129</sup> HÖLTERMANN 2000: 99-100

vorzuziehen, weil dadurch die Verlustrisiken auf ein größeres Kollektiv verteilt werden, ohne die Erwartung an Wertholzvolumen wesentlich zu verringern. Eine Beeinträchtigung betrieblicher Erfolgs- und Flexibilitätspotenziale durch diese Maßnahme ist nicht erkennbar, sofern nicht zwingend daraus die kontinuierliche Freistellung der Bäume gefolgert wird. Dies würde langfristige betriebliche Bindungen bzw. künftige Handlungszwänge erzeugen.

Im Übrigen ist die Astung als Voraussetzung für Wertholzoptionen in alle untersuchten waldbaulichen Modelle integrierbar, von den massen- und zuwachsreichen Produktionsmodellen bis hin zu Z-Baum orientierten Produktionsmustern mit 200 Z-Bäumen je ha.

### *QD als Bestandteil einer ausgewogenen Produktionsstrategie mit insgesamt erhöhtem Flexibilitätspotenzial*

Auf das betriebliche Produktionsrisiko des QD-Modells bei verringerter Bewirtschaftungsintensität wurde bereits hingewiesen (Kap. 9.2).

Verringerte Bewirtschaftungsintensität im Sinne biologischer Automation ist mit dem Zwang zum deutlichen Freihalten der Wuchsräume der Z-Bäume während der Dimensionierungsphase zumindest im Umfeld der Z-Bäume nicht möglich. Ausgehend vom homogenen Hochwald greifen bei QD zwei verschiedene Wachstumsgänge ineinander, nämlich ein rein einzelbaumbezogenes, mehr oder weniger freistehendes Wachstum der Z-Bäume in einer sonst geschlossenen, sich selbst differenzierenden Struktur des Gesamtbestandes.

Diese Art der Waldbehandlung erfordert somit, bezogen auf ein Betriebsklassenmodell, eine kontinuierlich hohe Bewirtschaftungsintensität und ist wenig variabel bei betriebsbedingten Abweichungen.

In der Gesamtschau aller Überlegungen und Argumente kann es nicht das Ziel sein, die gesamte Fichtenproduktion auf nur ein einziges Produktionsmodell auszurichten. Vor dem Hintergrund der zuvor skizzierten bekannten Risikofaktoren, aber auch vor dem Hintergrund der Chancen sollte das QD-Modell einer konsequenten Wertholzproduktion den bestehenden Produktionsmodellen gezielt hinzugefügt werden, diese aber nicht vollständig ersetzen. Dadurch wird ein Beitrag zur betrieblichen Diversifikation der Produktion geleistet und die

betriebliche Produktionsflexibilität erhöht. Damit ergibt sich bezüglich der Entwicklung und Umsetzung neuer waldbaulicher Produktionsstrategien eine Analogie zu modernen Portfolioansätzen mit differenzierenden Risiken.

Die Differenzierung kann in erster Linie in der Stratifizierung in Frage kommender Produktionsstandorte bestehen. Dabei sollten vermutete Risikostandorte (z.B. windexponierte Lagen, Rotwildgebiete) vermieden werden. Ebenfalls sollte eine Differenzierung durch eine regionale Schwerpunktbildung vorgenommen werden, um nicht nur die erforderliche Bewirtschaftungsintensität gezielt und kontrolliert aufrechtzuerhalten, sondern auch um die weitere Entwicklung der nach dem QD-Konzept behandelten Bestände kontinuierlich zu beobachten und gesicherte Erfahrungen mit dem neuen Produktionskonzept zu sammeln. Dies führt gleichzeitig zu einer Konzentrierung der neu ausgerichteten Produktion auf einen geeigneten Teil der Produktionskapazität.

Selbstverständlich können auch wertholzarme, in erster Linie massen- und zuwachsreiche Fichtenproduktionsmodelle auf geeigneten Standorten zur Erhöhung der Vielfalt beitragen.

Mit Hinweis auf Unschärfen in der Modellierung (vgl. Kap. 9.2) rücken die Ergebnisse der Varianten mit 100 und 200 Z-Bäumen näher zueinander. Aus dieser Sicht erscheint es möglich, die Stammzahl der Z-Bäume innerhalb der oben skizzierten Grenzen zu variieren. Die Möglichkeit, mehrere Wege zu beschreiten, eröffnet die Chance zur weiteren Vielfalt in der Produktion. Dies führt fort von *einem* Produktionsmuster, das das Zeit-/Raumgefüge prägt, sondern leitet über zu Produktionsmustern, die bei Ausrichtung auf ein gemeinsames Oberziel, dieses in zeitlich-räumlicher Parallelität in einem „Korridor“ erreichen wollen.

Die begrenzte und gerichtete Vielfalt generiert forstbetriebliche Flexibilität und gleichzeitig eine Streuung des Risikos durch Verlagerung des Risikopotenzials auf mehrere Produktionsmuster.

Vielfalt bedeutet hingegen nicht, ohne Ziele, Regeln oder gar Verantwortlichkeiten zu handeln. Eine breite Produktpalette erfordert einen hohen Standard in der Aufbereitung von Informationen, umfassende und transparente Abwägung und Gewichtung von Teilzielen und eine Kommunikation, die jederzeit eine Einordnung in gesamtbetriebliche Leitbilder ermöglicht. Vielfalt ist nicht die Verstetigung von Versuch und Irrtum. Vielfalt ist kein

Freibrief, Wertmaßstäbe ignorieren zu dürfen oder das aktuelle Verhältnis von Aufwand zu Ertrag auszublenden.

### 10.3 Empfehlungen zum Planungs- und Entscheidungsverfahren

Entscheidungen über langfristige Strategien in zeitlich offenen Entscheidungsfeldern werden wegen schwacher oder gänzlich fehlender empirisch-quantitativer Grundlage wesentlich durch ethisch-normative, kulturell-soziologische oder integrativ-ökologische Ansätze gestützt werden müssen.<sup>130</sup> Aus diesen unterschiedlichen Positionen heraus wird der zu beobachtende Interessengegensatz von gegenwärtigem und künftigem Nutzen für die betriebliche Erfolgslage und die Schaffung neuer Erfolgspotenziale durchaus auch unterschiedlich bewertet werden.

Eine besondere Herausforderung an die Entscheider stellt zweifellos die Überbrückung der zeitlichen Differenz zwischen Gegenwart und ferner Zukunft dar. SAGL (2005) befürchtet sogar, dass die Einschätzung der dazwischen liegenden und nicht einfach zu überspringenden Zeiträume oft mangelhaft durchgeführt wird oder dass sie gar von der menschlichen Ungeduld aufgeessen wird. Die Forderung nach Flexibilität sollte daher ein konstituierendes Merkmal in solchen Entscheidungsprozessen sein.

Wird der *prozeduralen Theorie der Rationalität*<sup>131</sup> gefolgt, so werden die Entscheidungsträger, je nach dem, ob sie „Risiko-Optimisten“ oder „Risiko-Pessimisten“ sind, im Rahmen von Aushandlungsprozessen den Risikoaspekt individuell differenziert berücksichtigen. Dabei werden dann „objektive“, durch empirisch fundierte Simulation ermittelte Idealwerte durch entscheidenderbezogenes Experten- bzw. Erfahrungswissen, ggf. risikobezogen, abgewandelt. Im Kontext kollektiver Entscheidungsfindungen gehen diese auf individueller Risikoeinschätzung beruhenden Bewertungen dann in einen kollektiven Aushandlungsprozess ein.

Strategische Entscheidungen über waldbauliche Behandlungsmodelle berühren unmittelbar und langfristig sämtliche Leistungsbereiche des Forstbetriebes, von der Beschaffung über die

---

<sup>130</sup> Vgl. BUERGIN 1999: 13

<sup>131</sup> Vgl. BLUM 1999

Finanzierung bis hin zur Vermarktung und müssen daher sorgfältig zwischen den unterschiedlichen Belangen abgestimmt werden.

Alle diese Überlegungen führen zu der Empfehlung, solche langfristig wirkenden Entscheidungen im Rahmen von Aushandlungsprozessen unter Einbezug einer breiten Expertensicht und individueller fachlicher Einschätzungen zu erarbeiten und kollektiv abzusichern. Dies kann der Dominanz individueller, selektiver Wahrnehmungen entgegenwirken. Für diesen Prozess ist das vorausgehende Eingeständnis wichtig, dass die Zukunft komplex, dynamisch und nicht vorhersehbar ist. Unter dieser Voraussetzung wird die erforderliche Offenheit gegenüber unterschiedlichen Sichtweisen und Beurteilungsmaßstäben ermöglicht. Nichts schwächt diese Offenheit mehr als eine subjektive Gewissheit und die Überzeugung, bereits die „richtige“ Antwort zu kennen. Denn damit entfällt jegliche Motivation, das eigene Denken kritisch zu überprüfen (SENGE 1998).

Das vorliegende Entscheidungsproblem führt in der Regel zu einer ambivalenten Entscheidungshaltung: Auf der einen Seite besteht Innovationsbereitschaft zur Erschließung neuer waldbaulicher Verfahren, auf der anderen Seite sollen gleichzeitig negative Auswirkungen bei ungünstiger Entwicklung vermieden werden. Dieser Konflikt ist bedingt durch die unterschiedlichen Präferenzen, die der Höhe des gewünschten Ergebnisses (=Ergebnishöhe) und der Sicherheit dieses Ergebnisses (=Risikoeinstellung) zugeordnet werden.

Mit Blick auf die im Leitbild von Landesforsten verankerte gesamtgesellschaftliche Zielsetzung und der langfristigen, Generationen überschreitenden Verantwortung sollte ein risikoaverses Entscheidungsverhalten bei strategischen, weitreichenden Entscheidungen vorherrschen. In solchen Entscheidungssituationen mit ausgeprägter Unsicherheit sind robuste Lösungen gesucht, die für möglichst viele denkbare zukünftige Umweltlagen günstige oder zumindest akzeptable Resultate erbringen (SCHOLL 2001).

Zur Charakterisierung und Überprüfung robuster Entscheidungen können folgende Eigenschaften dienen:

- **Stabilität:** Bei Bekanntwerden verbesserter Informationen und/oder dem Eintreten bestimmter Umweltbedingungen werden keine oder nur geringfügige Änderungen am Konzept erforderlich. Damit wird dem Phänomen der „Nervosität“ von Plänen vorgebeugt.



- Elastizität: Bei Umweltänderungen besteht die grundsätzliche Möglichkeit, Maßnahmen zur Anpassung durchzuführen, ohne deren Zielwirkung zu beurteilen.

Bei dem in dieser Untersuchung betrachteten Entscheidungsproblem ist die Unsicherheit über potenzielle Umweltentwicklungen allerdings so erheblich, dass Stabilität bezüglich Zielerreichung und Durchführbarkeit nicht erreichbar erscheint. Deshalb kann eine von ausgeprägtem Sicherheitsdenken geleitete Robustheit nur über den Aufbau von Flexibilitätspotenzialen (z.B. langfristige finanzielle Spielräume, anpassungsfähige Organisation, vielfältige Produkte, flexible Produktionsverfahren) erreicht werden. Diese Potenziale dienen dann zur Absicherung gegen ungünstige Entwicklungen.

Unter diesen Bedingungen kann ein Entscheidungsverhalten empfehlenswert sein, das sich an das Konzept des „Robusten Ersten Schritts“ (RES) anlehnt (HANSSMANN 1995). Das von GUPTA und ROSENHEAD (1968) vorgeschlagene Vorgehen sieht vor, dass nicht über einen zeitlich weitreichenden Gesamtplan entschieden wird, sondern in einer Folge von Entscheidungen mit Rückgriff auf die jeweils aktuellste Information geplant wird. So kann auch die strategische Ausrichtung nicht als detaillierter Gesamtplan konzipiert werden, der fast zwangsläufig bei zunehmendem, verbessertem Informationsstand revidiert werden muss. Vielmehr ist zunächst nur eine Teilentscheidung als robuster erster Schritt erforderlich, der zukünftige Handlungsspielräume mit Blick auf das angestrebte Gesamtergebnis offen lässt und ein ausreichendes Flexibilitätspotenzial aufweist.

### **11. Zusammenfassung**

Die vorliegende Arbeit untersucht die möglichen ökonomischen Konsequenzen der Umsetzung eines neuartigen waldbaulichen Produktionsmodells „Qualifizieren / Dimensionieren“ (QD), das auf die Produktion von Wertholz fixiert ist und vergleicht diese mit alternativen Produktionsmodellen. QD ist ein Produktionsmodell, das auf Z-Bäume ausgerichtet ist. Zum Vergleich werden einerseits andere Z-Baum-Modelle herangezogen, andererseits aber auch konservative Produktionsmodelle wie die Nieder- bzw. Hochdurchforstung. Dabei werden in die ökonomischen Betrachtungen auch waldwachstumskundliche und holztechnologische Erkenntnisse integriert, die aus entsprechenden Teilprojekten im Rahmen des Gesamtprojektes zur Untersuchung des QD-Modells gewonnen wurden.

Im 2. *Kapitel* wird das Waldbaummodell QD kurz erläutert. Dabei sind die Eckpunkte des genannten Waldbaummodells für die Baumart Fichte wie folgt definiert:

- Zieldurchmesserorientierung
- Astfreies Wertstammstück von rd. 25 % der zu erwartenden Endhöhe
- Erhaltung der grünen Krone ab rd. 25 % der zu erwartenden Endhöhe

Sowohl das Gesamtprojekt als auch die Teilprojekte zu den Themenbereichen „Waldwachstum“ und „Holz“ sowie die damit korrespondierenden wesentlichen Ergebnisse werden im *Kapitel 3* vorgestellt.

Der inhaltliche Schwerpunkt der Studie fokussiert sich auf eine forstökonomische Problemstellung (vgl. *Kapitel 4*). Es geht dabei um die Fragestellung, welche langfristigen Nutzungsoptionen und letztlich daraus resultierenden Deckungsbeitragsoptionen für die Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz künftig zu erwarten sind, wenn die skizzierte waldbauliche Konzeption umgesetzt wird. Der dafür notwendige Lösungsansatz ist modellbasiert, weshalb auch die Ergebnisse einen modellhaften Charakter aufweisen. Ziel ist es

- ökonomische Kennwerte zu ermitteln,
- Variantenvergleiche auf der Berechnungsgrundlage eines Modellhektars durchzuführen,
- vergleichende Hochrechnungen der hektarbezogenen Ergebnisse auf die Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes von Rheinland-Pfalz vorzunehmen.

Das verwendete Datenmaterial, seine Aufbereitung sowie die methodische Vorgehensweise auf der Grundlage verschiedener Simulationen mit dem Waldwachstumsmodell SILVA und darauf aufbauender virtueller Holzsortierung mit dem Programm HOLZERNTTE werden im 5. *Kapitel* beschrieben. Dort sind auch die wesentlichen simulationsrelevanten Parameter der verschiedenen Waldbaummodelle genannt, die es zu vergleichen galt. Zudem werden sämtliche nachfolgenden Berechnungen zur Herleitung ökonomischer Kenngrößen im Rahmen der Methodenbeschreibung innerhalb dieses Kapitels dargestellt.

*Kapitel 6* skizziert sämtliche Ergebnisse der Simulationen auf der Grundlage des Modellhektars. Dabei werden einerseits waldwachstumskundliche Ergebnisse, andererseits

Ergebnisse der virtuellen Holzsortierung unterschieden. Letztere werden ihrerseits nach einer Stärkeklassen- und einer Gütesortierung differenziert. Es zeigt sich, dass QD, sofern 100 Z-Bäume/ha angenommen werden, durchaus in der Lage erscheint, erhebliche Wertholz mengen bzw. -anteile im Starkholzbereich zu produzieren. Ähnliche Ergebnisse zeigen allerdings auch Vergleichsvarianten mit mehr Z-Bäumen/ha (160 bzw. 200 Z-Bäume), wobei dafür jedoch z.T. längere Produktionszeiträume nötig erscheinen.

Auf der Grundlage der Ergebnisse des simulierten Waldwachstums und der virtuellen Holzsortierung werden für jede untersuchte Variante Holzverkaufserlöse in Abhängigkeit mehrerer angenommener Preisszenarien für die Wertholzanteile berechnet. Dabei wird eine Preisspanne von Spitzenpreisen für das Wertholz bis zu einem Preisniveau variiert, das die angenommenen Wertholzanteile nicht mehr als solche honoriert, sondern preislich gesehen wie Bauholz bewertet. In Verbindung mit der Berücksichtigung verschiedener Kostenkomponenten werden darauf aufbauend Deckungsbeiträge hergeleitet. Sie bilden, bezogen auf den Modellhektar, die abschließend berechnete zentrale ökonomische Kenngröße innerhalb der vorliegenden Studie.

Letztlich zeigt sich, dass die QD-Modelle nur dann wirklich erkennbare Spitzenpositionen bei den hektarbezogenen Deckungsbeiträgen einnehmen, wenn auch Spitzenpreisannahmen für das Wertholz unterstellt werden. Schon ab dem zweitbesten Preisrahmen für das Wertholz tritt eine merkliche Nivellierung der Deckungsbeitragsresultate der QD-Varianten gegenüber den Vergleichsmodellen ein.

Dennoch kann bei sehr guter Preislage für Wertholz und bei Annahme einer völlig risikofreien Produktion, wie sie in den Simulationen stets unterstellt wird, QD durchaus vorteilhafte ökonomische Ergebnisse zeitigen. Die Z-Stammzahl reicheren Vergleichsmodelle vermögen dies bei gleichen Voraussetzungen durchaus auch, allerdings unter der Voraussetzung einer längeren Produktionsdauer.

Dabei zeigt sich, dass unter dem Gesichtspunkt optimierter Deckungsbeitragsoptionen eine Zielstärke von 70 cm am günstigsten abschneidet. Eine ebenfalls untersuchte Zielstärke von 60 cm führt zwar rascher zu positiven monetären Ergebnissen, nutzt aber das mögliche Potenzial erreichbarer Deckungsbeiträge nicht aus. Dies korreliert mit geringeren Produktionsmengen und kleineren Anteilen produzierten Wertholzes.

Der Waldrentierungswert der verschiedenen Modelle wird als weitere Kenngröße berechnet und die Ergebnisse dargestellt, wobei diese Ergebnisse auf Grund ihres hohen Abstraktionsgrades für die Entscheidung weniger relevant sein dürften. Je nach angenommener Produktionsdauer (120 oder 140 Jahre), unterstelltem Preisrahmen für das Wertholz und betrachtetem Zinsfuß schneiden vor allem diejenigen Modelle am besten ab, die mindestens 100 Z-Bäume aufweisen. Ganz allgemein zeigt sich zudem, dass Produktionsmodelle auf der Grundlage von Z-Bäumen gegenüber herkömmlichen Modellen ohne Z-Baum-Fokus in der Regel ein größeres ökonomisches Potenzial besitzen.

Abschließend werden im 7. Kapitel einige Hochrechnungsergebnisse für die Flächenausstattung der realen Fichtenbetriebsklasse des Staatswaldes Rheinland-Pfalz vorgestellt. Bei zusammenfassender Betrachtung möglicher zukünftiger Vorratsentwicklungen und möglicher Nutzungsoptionen im Zeitverlauf beim Vergleich ausgewählter Varianten erscheinen zwei wesentliche Schlussfolgerungen zulässig:

- Zunächst findet über Jahrzehnte eine kontinuierliche Vorratsabnahme statt, der dann allerdings eine ebenso stetige Vorratszunahme folgt, wobei sich die betrachteten Varianten allerdings in ihrer Vorratshöhe deutlich unterscheiden.
- Die Nutzungsoptionen zeigen demgegenüber ein unruhigeres Bild. Auch hier kann es zunächst die Phase des Nutzungsrückganges geben, an die sich ein „Auf und Ab“ der Nutzungsmöglichkeiten anschließt. Das heutige Nutzungsniveau wird bei weitem nicht mehr erreicht.

Dies bedeutet in der Konsequenz, dass, wenn von mittleren Erwartungen ausgegangen wird, bei konsequenter Fortführung des Fichtenkonzeptes mit Schwergewicht bei den QD-Modellen die künftige Bewirtschaftung von Landesforsten mit mindestens einem um etwa ein Drittel verringerten naturalen und ökonomischen Fichtenproduktionspotenzial auskommen muss.

An die Ergebniskapitel schließt sich eine ausführliche Diskussion im Kapitel 8 an. Dabei wird vor allem herausgearbeitet, dass es nicht nur die *eine* und *einzig*e Vorteilhaftigkeit zugunsten nur *eines* der untersuchten waldbaulichen Modelle gibt. Vielmehr erscheint jedes Modell mit durchaus spezifischen Chancen und Risiken behaftet, die letztlich zusätzlich mit nicht empirisch basierten Argumenten bewertet und im Rahmen rationaler Entscheidungsfindung abgewogen werden müssen.

Vielfalt ist ein strategisches Mittel zur Minderung von Produktions- und Produktrisiken, zu dem ein auf Vielfalt der Produktionsmodelle ausgerichteter Waldbau beitragen kann. Produktions- und Produktrisiken sind bei möglichen Entscheidungen pro oder contra gegenüber dem einen oder anderen hier betrachteten Modell sehr wohl gutachtlich zu berücksichtigen, da sie in den Simulationen und Berechnungen nicht modelliert werden können.

Deshalb widmet sich die Synopse aller Ergebnisse und der Diskussion im *Kapitel 9* verschiedenen Aspekten, die in die Entscheidungsunterstützung und -findung einfließen sollten. Da das vorliegende strategische Entscheidungsproblem auf langfristige Entscheidungshorizonte ausgerichtet ist, wird neben den bereits angesprochenen Risiken auf die Zielsetzungen von Landesforsten hingewiesen, die Voraussicht auf mögliche Marktentwicklungen problematisiert und auf entscheidungsrelevante Probleme beim Vorliegen von extremer Unsicherheit eingegangen.

*Kapitel 10* liefert als letztes Kapitel der vorliegenden Arbeit Entscheidungsempfehlungen, die sich einerseits an den empirischen Ergebnissen der Studie orientieren, aber auch die darüber hinaus gehenden vielfältigen Argumente, die nicht zahlenbasiert sind, berücksichtigen.

In der Gesamtschau aller Überlegungen und Argumente kann es nicht das Ziel sein, die gesamte Fichtenproduktion auf nur ein einziges Produktionsmodell auszurichten. Vor dem Hintergrund bekannter Risikofaktoren, aber auch vor dem Hintergrund der Chancen sollte das QD-Modell einer konsequenten Wertholzproduktion den bestehenden Produktionsmodellen gezielt hinzugefügt werden, diese aber nicht vollständig ersetzen. Dadurch wird ein Beitrag zur betrieblichen Diversifikation der Produktion geleistet und die betriebliche Produktionsflexibilität erhöht. Damit ergibt sich bezüglich der Entwicklung und Umsetzung neuer waldbaulicher Produktionsstrategien eine Analogie zu modernen Portfolioansätzen mit differenzierenden Risiken.

Die Möglichkeit, mehrere Wege zu beschreiten, eröffnet die Chance zur weiteren Vielfalt in der Produktion. Dies führt fort von *einem einzigen* Produktionsmodell, das das Zeit-/Raumgefüge prägt, sondern leitet über zu Produktionsmustern, die, bei Ausrichtung auf ein

gemeinsames Oberziel, dieses in zeitlich-räumlicher Parallelität in einem „Korridor“ erreichen wollen.

Die begrenzte und gerichtete Vielfalt generiert forstbetriebliche Flexibilität und gleichzeitig eine Streuung des Risikos durch Verlagerung des Risikopotenzials auf mehrere Produktionsmodelle.

Entscheidungen über waldbauliche Behandlungsmodelle sind zeitlich weitreichende, strategische Entscheidungen und berühren in ihren Auswirkungen unmittelbar sämtliche Leistungsbereiche des Forstbetriebs. Daher ist es empfehlenswert, für solche Entscheidungen breite Expertensicht und fachliche Einschätzungen in einen offenen Diskurs einzubeziehen. In Anbetracht der extremen Langfristigkeit des Entscheidungshorizontes und bei der an dem Gemeinwohl orientierten Zielsetzung von Landesforsten sollte risikoaverses Entscheidungsverhalten vorherrschen.

Bei dem vorliegenden Entscheidungsproblem bestehen erhebliche Unsicherheiten über potenzielle Auswirkungen und Umweltentwicklungen, sodass es wenig erfolgversprechend erscheint, die strategische Konzeption bereits als Gesamtplan detailliert auszuarbeiten. Vielmehr könnte analog zu dem Planungskonzept des „robusten ersten Schrittes“ eine erste Teilentscheidung getroffen werden, die zukünftige Handlungsspielräume eröffnet bzw. erhält und den Zuwachs an Informationen in der Zukunft für Fortsetzungsentscheidungen nutzt.

## 12. Summary

### **High-class timber production of Norway spruce (*Picea Abies*) future trees grown free of crown competition - economic prognosis with special reference to tree growth and effects on the stem-wood quality**

In this study possible economic effects by realizing a novel silvicultural production model named “Qualification / Dimensioning” (QD) which takes aim at production of high-grade timber, are investigated and compared with alternative thinning concepts. Other plus-tree concepts as well as more conservative thinning regimes such as crown thinning and low thinning are used for comparison. In addition to the economic point of view results from separate subprojects dealing with forest yield and wood engineering aspects as part of the whole study of the QD-model are also integrated.

In chapter 2 the silvicultural model “QD” is briefly described. As far as the species Norway spruce is concerned the main characteristics are the following:

- main aim is to reach a given final diameter of selected crop trees in fairly short time
- length of the branchless high quality part of the stem of selected crop trees is about 25% of expected total final tree height
- final length of the living crown is about 75% of expected total final tree height

Structure and main results of the subprojects concerning forest yield (e.g. morphometric characteristics, ring width, tree form) and wood engineering (e.g. veneer quality, quality of sawn material from the knotfree stem section) are presented in chapter 3.

Chapter 4 describes the economic forest management problem when introducing the new QD-concept into practice. Important questions are whether or not the intended long-term harvesting options and the production profit margin for the Norway spruce management class in the state forest of Rhineland-Palatinate are achievable in future. The QD-concept being a new one with no data from long term studies available the scientific approach has to be based on a simulation model. Hence the results have a model-like character. The aims are:

- find out economic index values
- compare different thinning regimes and market prize assumptions in the frame of typical model hectare stands

- liken projections per hectare for the Norway spruce management class in the state forest of Rhineland-Palatinate

In chapter 5 a detailed description of the data used and of the mode of data processing is given. Emphasis is laid on the methodical proceed based on extensive simulations with the forest growth simulator SILVA as well as the virtual wood classification with the software HOLZERNT. Essential parameters for the simulations of different thinning concepts compared with each other are given. Furthermore all methods to calculate characteristic economic values are documented.

Chapter 6 contains all results of the simulations based on model hectare stands, which form the core of the project. Both outcomes from forest growth simulations and results from the virtual wood classification are included. The latter are divided into a sorting by size classes and into quality classes. As a main result the QD-concept with 100 plus-stems per hectare turns out to produce considerable amount or rather a percentage of high quality timber within high dimension timber classes. However simulated regimes with more plus-stems per hectare (160 or 200 plus-stems) show similar economic results but need longer production time.

Founded on the results of forest growth simulations and the virtual timber classification for all investigated variations the sensitivity of the economic outcomes on different wood price levels for high quality timber sale is studied. This is done by simulating a wood price margin for high quality wood beginning with a top price level down to a low price level, where the high quality stems have just the same value like lumber. Based on different expenditure items profit margins are deduced. Profit margins for all simulated thinning regimes are presented on the basis of the model hectare stand.

Based on these simulations the QD-concept can only take the clear top position by comparing the profit margins per hectare when a top price level for the high quality wood is assumed. Taking the second-best price level the profit margins compared with other thinning regimes are levelled.

Nevertheless the QD-model can achieve quite profitable economic results at very good price levels for high quality timber and under the condition of completely risk free wood production as assumed in the simulations. The comparing models with more crop trees can achieve similar results but need probably longer production time.



It turns out that under the aspect of optimum profit margins a target diameter of 70 cm comes off best. An exploitable size of 60 cm tested as well leads to an earlier positive cash flow but does not make use of the reachable potential of sales profit margins. Associated with this are reduced production of timber volume and lower percentages of high grade wood.

Another characteristic value often used in economic studies is the forest net present value. The results for the different thinning models are shown, though nearly no relevance for decision making is attached to that value because of its high degree of abstraction. Depending on the assumed production time (120 or 140 years), the assumed price level for high grade wood and the inserted interest rate thinning models with at least 100 plus-stems mostly come off best. In general thinning regimes based on plus-trees show a greater economic potential compared with conventional models without plus-trees

Chapter 7 presents prediction results for the area of the real Norway spruce management class in the state forest of Rhineland-Palatinate. A synopsis of different simulated regimes with respect to probable future growing stock development and possible harvesting options over time leads to two essential conclusions:

- First of all a continuous growing stock decrease over several decades is followed by an equally steady increase of growing stock. The different regimes show distinct differences in growing stock levels, however.
- In contrary to that exploitation options show no clear trend. They start with a phase of decreasing harvesting quantity but then follows a phase with an up and down of exploitable volume. Clearly present harvesting level will never be reached again.

That means that in a medium-term perspective and under the assumption that Norway spruce management consequently follows QD-regimes, state forest management will face a significantly lower natural and economic spruce production potential reduced by at least one third.

After the preceding chapters with results an in-depth discussion follows in chapter 8. One major point is that there is no only and exclusive advantage in favour of only one of all the investigated silvicultural models. Rather each model implies specific chances and risks which have to be rated with non-empirical arguments lately and have to be decided within a framework of rational decision-making. Diversity is a strategic mean to reduce produce and production risks where silviculture based on several multifaceted thinning concepts can

contribute its stint. Because it was not possible to include produce and production risks into the simulations and calculations in this project they must be considered based on expert opinions if somebody making adjudication to favour one concept against another.

Therefore the synopsis over all results and the discussion in chapter 9 inscribe different aspects which should be part of the decision support and choice process. As in the present case the strategic issue is long-term adjusted, state forest objectives are pointed out aside from aforementioned risks. In addition to that the outlooks to possible timber market deployments are mooted and decision relevant issues under the aspect of extreme uncertainty are elaborated on.

Chapter 10 as the final chapter gives decision advice on the one hand based on the empirical results out of this project then again including manifold further arguments which are not based on numbers.

Taking all factors into account it is not recommendable to base the Norway spruce management on only one production model. Facing widely known risks and good chances as well the QD-model with its consequently high grade timber production should be added to current thinning concepts in future but not completely replace them. Thus a contribution to diversification of forest management is attained and operational production flexibility is exalted. Therewith it arises, regarding development and implementation of new silvicultural production strategies, an analogy to up-to-date portfolio approaches with differentiated risks.

The possibility to choose between several ways opens chances for more diversity within production. This leads away from a solely production model shaping in space and time and transfers to production patterns orientated towards a main objective which will be reached moving side by side within a corridor that is defined by space and time.

Flexibility in forest management and distribution of risks generate simultaneously a limited and directed diversity by means of transferring risk potential to several production concepts.

Decisions on silvicultural production concepts are strategic decisions and far-reaching in time. All aspects of forest management will be directly concerned by their effects. So for such decisions it is advisable to involve a wide range of expert knowledge and professional assessment in a straight discourse. In consideration of the extremely long-term adjusted

## *Summary*

decisions and of the fact that the state forest must be aligned to public welfare, risk-averse conduct should prevail.

By the present decision problem there are considerable uncertainties about possible effects and environmental changes, so that it seems to be less promising to work out a strategic conception as detailed overall design. Rather analogous to the planning method called “robust first step” a first partly decision can be found which uncloses or maintains room for manoeuvre and allows to profit from increasing information in future for follow-up decisions.

**Literaturverzeichnis**

- ABETZ, P. (1974): Zur Standraumregulierung in Mischbeständen und Auswahl von Zukunftsbäumen. Allgemeine Forstzeitschrift 29: 871- 873.
- ABETZ, P. (1975): Eine Entscheidungshilfe für die Durchforstung von Fichtenbeständen. Allgemeine Forstzeitschrift 30: 666-667.
- ABETZ, P. (1976a): Kann und soll die Standraumregulierung in Fichtenbeständen programmiert werden? Der Forst- und Holzwirt 31: 117-119.
- ABETZ, P. (1976b): Beiträge zum Baumwachstum. Der h/d-Wert – mehr als ein Schlankheitsgrad. Der Forst- und Holzwirt 31: 389-393.
- ABETZ, P. (1976c): Reaktionen auf Standraumerweiterungen und Folgeerscheinungen für die Auslesedurchforstung bei Fichte. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 147: 72-75.
- ABETZ, P. (1979): Zur Problematik der Anwendung von Durchforstungshilfen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 150: 234-242.
- ABETZ, P. (1980): Zum Konzept einer Z-Baum-orientierten Kontrollmethode. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 151: 65-68.
- ABETZ, P. (1987): Das „Solitärprogramm 1987“, ein Beitrag zur forstlich-relevanten Umweltkontrolle. Allgemeine Forstzeitschrift 42: 1172.
- ABETZ, P., LÄSSIG, R. (1989): Erfreuliches Echo auf das „Solitärprogramm 1987“. Allgemeine Forstzeitschrift 44: 714-716.
- ABETZ, P. (1990): Müssen wir in der waldbaulichen Behandlung der Fichte wieder umdenken? Forstwissenschaftliches Centralblatt 109: 79-85.
- ABETZ, P. (1992): Zur Z-Baum-Kontrollmethode im Rahmen einer Forsteinrichtung. Forst und Holz 47: 171-174.
- ABETZ, P. (1993): Ein Plädoyer für den Z-Baum. Argumente gegen die Kritik an der Z-Baum-orientierten Auslesedurchforstung. Holz-Zentralblatt 119: 305-308, 310.
- ABETZ, P., UNFRIED, P. (1983): Aststärken an Z-Bäumen in einem Fichtenstandraumversuch im Forstbezirk Riedlingen/Donau. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 154: 189-197.

- ABETZ, P., UNFRIED, P. (1983): Fichten-Standraumversuche im Forstbezirk Riedlingen/Donau. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 154: 89-110.
- ABETZ, P., OHNEMUS, K. (1994): Der Z-Baum-Bestockungsgrad. Definition, Herleitung, Anwendung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 165: 177-185.
- ABETZ, P., KLÄDTKE, J. (2000): Die Df-2000. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 55: 454-455.
- ABETZ, P., KLÄDTKE J. (2002): The Target Tree Management System - Die Z-Baum-Kontrollmethode. Forstwissenschaftliches Centralblatt 121: 73-82.
- AMMANN, P. (1999): Analyse unbehandelter Jungwaldbestände als Grundlage für neue Pflegekonzepte. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 150: 460-470.
- ANONYMUS (1902): Beratungen der vom Verein Forstlicher Versuchsanstalten eingesetzten Kommission zur Feststellung des neuen Arbeitsplanes für Durchforstungs- und Lichtungsversuche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 78: 180-184.
- ANONYMUS (2003): Höhere Preise für Nadelwerthölzer. Holz-Zentralblatt 129: 1430.
- ANONYMUS (2004): Preise für Fichtenwertholz deutlich unter Vorjahr. Holz-Zentralblatt 130 (96): 1310.
- ANONYMUS (2005): Erfolgreiche Fichtenwertholz-Submission. Holz-Zentralblatt 131: 1336.
- ANSOFF, H. I. (1976): Managing Surprise and Discontinuity – Strategic Response to Weak Signals. In: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 28: 129-152.
- ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. BLV Verlag, München. 490 S.
- ASSMANN, E., FRANZ, F. (1963): Vorläufige Fichtenertragstafel für Bayern. Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München. 103 S.
- BAMBERG, G., COENENBERG, G. (1996): Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 9. Aufl. Verlag Franz Vahlen, München. 278 S.
- BEA, F. X., HAAS, J. (2001): Strategisches Management. Lucius & Lucius Verlagsgesellschaft m.b.H, Stuttgart. 579 S.

- BECKER, G. (1995): Waldbau und Holzqualität. *Forst und Holz* 50: 565-569.
- BENDER, G., BARWISCH, B., KLÄDTKE, J. (2005): Auswirkungen des „Jahrhundertsommers“ 2003 auf das Auftreten von Schaftrissen an Fichte. Arbeitsbericht zum Forschungsprojekt, gefördert durch die Landesforsten Rheinland-Pfalz. Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universität Freiburg. 118 S.
- BIRNBACHER, D. (1988): Verantwortung für zukünftige Generationen. Reclam, Ditzingen.
- BITZ, M. (1978): Zeithorizonte bei der Investitions- und Finanzplanung. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 48:175-193.
- BLUM, A. (1999): Regionalwirtschaftliche Bedeutung der Forstwirtschaft. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg. Band 10. 214 S.
- BONIECKI, G. (1980): What are the Limits to Man's Time and Space Perspectives? In: *Technological Forecasting and Social Change*, 17: 161-175.
- BRABÄNDER, H. D. (1995): Zukunftsperspektiven für die Forstwirtschaft. In: BERGEN, V. (Hrsg.) *Forstwirtschaft im Umbruch*. Tagungsband zum Forstökonomischen Kolloquium in Göttingen: S. 165-175.
- BRÄUNIG, R., DIETER, M. (1999): Waldumbau, Kalamitätsrisiken und finanzielle Erfolgskennzahlen. Schriften zur Forstökonomie. J. D. Sauerländer's Verlag Frankfurt/M. 149 S.
- BRETZKE, W. R. (1980): Der Problembezug von Entscheidungsmodellen. J.C.B. Mohr, Tübingen. 274 S.
- BRUCKMANN, G. (1977): Aufgaben, Möglichkeiten und Grenzen der Langfristprognostik. In: BRUCKMANN, G. (Hrsg.) *Langfristige Prognosen*. Physica-Verlag, Würzburg, Wien: S. 9-23.
- BUES, C. T. (1996): Zur Holzqualität weitständig gepflanzter und „geschneitelter“ Fichten aus dem Frankenwald. *Forst und Holz* 51: 45-49.

- BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN (2002): Auslesedurchforstung mit reduzierten Z-Baum-Zahlen – wo waldbaulich intensivieren, wo extensivieren? BMF-Erlass VI A 5 –VV-330 – 8/02 vom 25.01.2002. Bonn. 21 S.
- BÜCKING, M. (2002): Über Flexibilität als Entscheidungskriterium im produktionswirtschaftlichen Bereich des Forstbetriebes. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg, Band 18. Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter. 202 S.
- BÜCKING, M., JOCHUM, M. (2006): Holzaufkommensprognose für Rheinland-Pfalz auf der Grundlage der BWI2 – 2002-2042. Interner Arbeitsbericht. Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt. 91 S. und Anhang.
- BÜCKING, M., MOSHAMMER, R., SCHMITZ, W., JOCHUM, M., ROEDER, A. (2006): Hilfstabellen zur einfachen Bewertung von Schälsschäden in den Wäldern von Rheinland-Pfalz. Forst und Holz 61: 185-189.
- BUERGIN, R. (1999): Handeln unter Unsicherheit und Risiko. Eine Zusammenschau verschiedener Zugänge und disziplinärer Forschungslinien. Arbeitsbericht 27-99. Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg. 59 S.
- CASPARI, C. O. (1990a): Untersuchung über das Auftreten, Ursache und Genese von Rißschäden im Schaft lebender Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.). Dissertation an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen. 195 S.
- CASPARI, C. O., SACHSSE, H. (1990b): Rißschäden an Fichte – Verbreitung, Schadbild, Ursache, Auswirkungen- Sonderdruck aus Forst und Holz 45: 685-688.
- DANBORG, F. (1994): Drying properties and visual grading of juvenile wood from fast grown *Picea abies* and *Picea sitchensis*. Scandinavian Journal of Forest Research 9: 91-98.
- DEEGEN, P. (1994): Beitrag zur Analyse und Berechnung von Risiko am Einzelbestand. Forstarchiv 65: 280-285.
- DEEGEN, P. (1997): Forstökonomie kennen lernen. Bogenschützen-Verlag, Dresden. 165 S.
- DELORME, A. (1997): Naturnahe Forstwirtschaft und ihre Auswirkungen auf die Holzverwendung. Forst und Holz 54: 264-268.

- DENSBORN, S. (1999): Betriebssimulation – Instrument der strategischen Planung im Forstbetrieb. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg, Band 11. Institut für Forstökonomie, Freiburg. 152 S.
- DIELER, J. (2007): Fichten-Solitärversuch „Soonwald“ im Hunsrück. Bestandesentwicklung, Einzelbaumeffizienz und Holzqualität. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München. Freising. 161 S.
- DINKELBACH, W. (1993): Entscheidungstheorie. In: WITTMANN, W., KERN, W., KÖHLER, R., KÜPPER, H.-U., WYSOCKI, K. v. (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. 5. Auflage. Verlag Schaeffler-Poeschel, Stuttgart. Sp. 929-943.
- DURSKY, J. (2000): Einsatz von Waldwachstumssimulatoren für Bestand, Betrieb und Großregion. Habilitationsschrift an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität München, Freising. 223 S.
- DUSCHL, C. (2001): Simulation forstbetrieblicher Sachverhalte auf der Basis gegenwärtiger Waldstrukturen. Schriftenreihe des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Nr. 181. 175 S.
- EBERT, H.-P. (1993): Die individualisierte Pflege. Allgemeine Forstzeitschrift 48: 721-723.
- EBERT, H.-P. (1999): Lenkung forstlicher Produktion orientiert am Einzelbaum. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 54: 402-405.
- EBERT, H.-P. (2005): Fichte: 12 Jahre Versuche zur Zielbaum-Erziehung. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 60: 788-791.
- EDER, W. (1997): Aufgaben der Waldwachstumsforschung aus der Sicht der forstwirtschaftlichen Praxis. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 168: 177-182.
- EIFERT, A., DIEBEL, G. (1997): Aushaltungskriterien für Nadelwertholz. Allgemeine Forstzeitschrift / Der Wald 52: 982-984.
- ENV 1927-1 (1998): Schlussentwurf der Europäischen Vornorm zur Qualitäts-Sortierung von Nadelrundholz – Teil 1: Fichten und Tannen. Europäisches Komitee für Normung, Brüssel. 6 S.



- FOX, B. E., COVINGTON, W. W., WOOD, D. B. (1990): Integrating Computer Models for Forest Management. In: Forest Simulation Systems. Proceedings of the IUFRO Conference 1988. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Bulletin 1927: 217-223.
- FULDA, E., HÄRTER, M., LENK, H. (1989): Prognoseprobleme. In: SZYPERSKI, N. (Hrsg.): Handwörterbuch der Planung. Poeschel-Verlag, Stuttgart. Sp. 1637-1645.
- GERMANN, D. (1975): Die Bewertung des Windwurfrisikos der Fichte auf verschiedenen Standortstypen. Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung, Bd. 12. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main. 103 S.
- GLOS, P., BÖHNER, G., WAGNER, L. (1991): Qualitätsbeeinflussende Faktoren für die Trocknung von Bauholz mit großen Querschnitten. Holz-Zentralblatt 49, S. 751-756.
- GLOS, P., TRATZMILLER, M. (1996): Erzeugung von höherwertigem Bauschnittholz aus Starkholz. Allgemeine Forstzeitschrift 51: 1230-1231.
- GLOS, P., TRATZMILLER, M. (1997): Qualität von Schnittholz bayerischer Fichten aus Lichtwuchsbetrieb im Vergleich zu Schnittholz aus Beständen mit niederdurchforstungsartiger Behandlung. Abschlussbericht zum Projekt X31 der Bayerischen Staatsforstverwaltung: 1-74.
- GLOS, P., REITER, J., WEGENER, G. (2003): Starkholzvermarktung – Analyse der Holzqualität von Fichten-Starkholz. Abschlussbericht Nr. 02510. Holzforschung München – Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik. 48 S.
- GLUCK, F. et al. (1980): Strategic Management for Competitive Advantage. McKinsey Quarterly, Herbst-Heft: 2-16.
- GRAMMEL, R. (1990): Zusammenhänge zwischen Wachstumsbedingungen und holztechnologischen Eigenschaften der Fichte. Forstwissenschaftliches Centralblatt 109: 120-129.
- GUPTA, S. K., ROSENHEAD, J. (1968): Robustness in sequential investment decisions. Management Science 15, B18-B29.

- HALLENBARTER, D., HASENAUER, H. (2003): Durchforstungen in Fichtenbeständen. Eine Analyse mit Hilfe des Waldwachstumssimulators MOSES. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 120: 211-229.
- HAMMANN, P. (1969): Entscheidungsmodelle in der betriebswirtschaftlichen Theorie. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* (21): 457-467.
- HANEWINKEL, M. (1998): Plenterwald und Plenterwaldüberführung. *Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg*. 256 S.
- HANEWINKEL, M. (1998a): Nutzung von Betriebsmodellen und Wachstumssimulatoren für Überführungsvorhaben. *Forst und Holz* 53: 681-682.
- HANEWINKEL, M., OESTEN, G. (1998): Ökonomischer Modellvergleich risikobeeinflusster Altersklassen- und Plenterwald-Betriebsklassen. *Allgemeine Forstzeitschrift / Der Wald* 53: 427-429.
- HANEWINKEL, M. (2004): Entscheidungen bei Waldumbau und Risiko. *Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg*, Bd. 22. Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter. 328 S.
- HANSMANN, K.-W. (1983): *Kurzlehrbuch Prognoseverfahren*. Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden. 182 S.
- HANSSMANN, F. (1995): *Quantitative Betriebswirtschaftslehre. Lehrbuch der modellgestützten Unternehmensplanung*. 4. Aufl. Verlag Oldenbourg, München.
- HASENAUER, H. (1997): Dimensional relationship of open-grown trees in Austria. *Forest Ecology and Management* 96: 197-206.
- HAUSCHILDT, J. (1981): Ziel-Klarheit oder kontrollierte Ziel-Unklarheit in Entscheidungen? In: WITTE, E. (Hrsg.): *Der praktische Nutzen empirischer Forschung*. Mohr Siebeck, Tübingen: 305-322.
- HENRICHSMEYER, W., GANS, O., EVERS, I. (1986): *Einführung in die Volkswirtschaftslehre*. 7. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 600 S.

- HERB, M., BRÜCHERT, F., KLÄDTKE, J. (2004): Harzgallen - ein Qualitätsmangel bei der höherwertigen Verwendung von Fichtenholz. Häufigkeit des Auftretens und Verteilung im Stamm. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt gefördert durch das Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universität Freiburg. 122 S.
- HETTESHEIMER, B., BÖHMER, O., WITZ, M. (2005): QD – Qualifizieren, Dimensionieren – Waldbaustrategie. Landesforsten Rheinland-Pfalz. 18 S.
- HÖLTERMANN, A. (2000): Verantwortung für zukünftige Generationen in der Forstwirtschaft. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg. Band 14. 127 S.
- HOMANN, K. (1992): Die ökonomische Dimension von Rationalität. In: HOLLIS, M., VOSSENKUHL, W.: Moralische Entscheidung und rationale Wahl. R. Oldenbourg Verlag, München: 11-24.
- HYINK, D. M. (1990): Strategic and Tactical Uses of Simulation in Forest Management. In: Forest Simulation Systems. Proceedings of the IUFRO Conference 1988. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Bulletin 1927: 307-313.
- JÖBSTL, H. A. (1981): Kosten- und Leistungsrechnung in Forstbetrieben. Schriftenreihe des Instituts für Forstliche Betriebswirtschaftslehre und Forstwirtschaftspolitik an der Universität für Bodenkultur Wien, Bd. 6. Österreichischer Agrarverlag, Wien. 168 S.
- JÖBSTL, H. A. (1984): Simulation langfristiger Betriebsentwicklung als Grundlage für Nachhaltsregelung und Mittelfristplanung. Der Forst- und Holzwirt 39: 349-354.
- KAHLE, E. (1997): Betriebliche Entscheidungen. Lehrbuch zur Einführung in die betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. 4. Auflage. Oldenbourg Verlag, München, Wien. 271 S.
- KAHN, M. (1994): Modellierung der Höhenentwicklung ausgewählter Baumarten in Abhängigkeit vom Standort. Forstliche Forschungsberichte München. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Nr. 141. 204 S.
- KAHN, M. (1995): Die Fuzzy Logik basierte Modellierung von Durchforstungseingriffen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 166: 169-176.

- KAHN, M. (1996): Optimierung eines hochparametrisierten Fuzzy Regelsystems mit evolutionären Algorithmen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 167: 205-212.
- KAHN, M., PRETZSCH, H. (1997): Das Wachstumsmodell SILVA – Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 168: 115-123.
- KASTRUP, M. J. (1996): Zur Rationalität forstbetrieblicher Entscheidungsmodelle. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg. Band 5. 268 S.
- KENK, G. (1990): Fichtenbestände aus Weitverbänden: Entwicklung und Folgerungen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 109: 86-100.
- KERN, W. (1992): Die Zeit als Dimension betriebswirtschaftlichen Denken und Handelns. Die Betriebswirtschaft 52: 41-58.
- KLÄDTKE, J. (2001): Konzepte zur Buchen-Lichtwuchsdurchforstung. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 56: 1047-1050.
- KLÄDTKE, J., ABETZ, P. (2004): Durchforstungshilfe 2004. Selbstverlag, Freiburg. 18 S.
- KNIGGE, W. (1958): Das Phänomen der Reaktionsholzbildung und seine Bedeutung für die Holzverwendung. Forstarchiv 29, S. 4-10.
- KÖNIG, A. (1996): Abgrenzung von Sturmschadensrisikoklassen und Entwicklung von risikoorientierten Endnutzungsstrategien für den bayerischen Staatswald. Unveröffentlichter Abschlussbericht an das Kuratorium der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising.
- KOLLER, H. (1996): Simulation als Methode in der Betriebswirtschaft. Zeitschrift für Betriebswirtschaft 43: 95-110.
- KONITZER, A. (2000): Waldumbaumaßnahmen und ihre betriebswirtschaftlichen Auswirkungen – eine GIS-gestützte Untersuchung am Beispiel des Niedersächsischen Harzes. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 169. 197 S.
- KOHNLE, U. (2002): Produktionsziel Starkholz oder Mittelholz – Vergleich von Fichten-Produktionsprogrammen. Bericht zum FVA-Projekt. FVA Baden-Württemberg, Freiburg. 27 S.

- KOHNLE, U. (2003): Fichten-Produktionsziel: Starkholz oder Mittelholz? – Ertragsvergleich von Produktionsmodellen in Baden-Württemberg. Tagungsband zur Jahrestagung 2003 des DVFFA, Sektion Ertragskunde, Torgau: 160 – 171.
- KOHNLE, U., v. TEUFFEL, K. (2004): Ist die Produktion von Fichten-Starkholz noch zeitgemäß in Baden-Württemberg? Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 175: 171-182.
- KRAMER, H. (1988): Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin. 374 S.
- KRAMER, H., AKCA, A. (1987): Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. 2. Auflage. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt. 287 S.
- KRAMER, H., SAETRE, O.-J., LEONHARDT, J. (1970): Untersuchungen über die Baummerkmale und über den genetischen Einfluß auf das Wachstum bei frei erwachsenen Jungfichten. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 141: 30-41.
- KRAMER, H. (1988): Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin. 374 S.
- KRAMER, P. (2000): Zielorientierte Steuerung im Forstbetrieb. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg. Band 13. 132 S.
- KRAMER, P. (2002): Zielorientierte Steuerung forstlicher Produktionsprozesse – Traum oder Wirklichkeit? Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 173: 37-47.
- KRELLE, W. (1959): Theorie wirtschaftlicher Verhaltensweisen. 2. Auflage. Meisenheim. 251 S.
- KREUTZER, K., GÖTTLEIN, A., PRÖBSTLE, P. (1991): Dynamik und chemische Auswirkungen der Auflösung von Dolomitkalk unter Fichte (*Picea abies* [L.] KARST.). In: KREUTZER, K., GÖTTLEIN, A. (Hrsg.) Ökosystemforschung Höglwald. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin: 186-204.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1961): Anweisung für die Standortserkundung und –kartierung im Staatswald der Forstdirektion Koblenz (A.Sta. 61). 14 S.

- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1993): Ziele und Grundsätze einer ökologischen Waldentwicklung in Rheinland-Pfalz. Aktuelle Richtlinien und Hinweise für den naturnahen Waldbau in Rheinland-Pfalz, Nr. 1. Mainz. 6 S.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1994): Z-Baum-orientierte Pflegeeingriffe in Durchforstungsbeständen. Nr. 4. Mainz. 4 S.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1996): Anweisung für die Standortserkundung und –kartierung im Staats- und Körperschaftswald in Rheinland-Pfalz (A.Sta. 96). 14 S.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (2003): Z-Baum-orientierte Pflegeeingriffe in der Dimensionierungsphase. Nr. 4. Mainz. 4 S.
- LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ (2003): Die Bewirtschaftung der Fichte in der Reifephase und im Generationenwechsel im Staatswald Rheinland-Pfalz (Fichtenkonzept). Mainz. 25 S.
- LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ (2005): Bundeswaldinventur 2 – Auswertung Rheinland-Pfalz. Vergleich der Ergebnisse der BWI 1 (1987) und der BWI 2 (2002). Ministerium für Umwelt und Forsten, Mainz. 76 S.
- LÄSSIG, R. (1991): Zum Wachstum von Fichtensolitären [*Picea abies* (L.) Karst.] in Südwestdeutschland. Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg. 136 S.
- LEIBUNDGUT, H. (1971): Über den Zuwachs und Ertrag von Mittelwaldfichten. Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen 122: 230-239.
- LEIBUNDGUT, H. (1989): Über die waldbauliche Bedeutung des Wachstumsverlaufs und Schlankheitsgrades von Bäumen. Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen 140: 791-800.
- LETTER, H.-A. (2000): Wert – nicht Masse ist das Ziel, dargestellt am Beispiel der Richtlinie für die Bewirtschaftung des Staatswaldes im Saarland vom Februar 1999. Der Dauerwald Nr. 22: 4-20.

- LINDNER, M. (1999): Waldbaustrategien im Kontext möglicher Klimaänderungen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 118: 1-13.
- MERKER, K. (1998): Chancen und Risiken einer Strategie „Umstellung auf Naturgemäße Waldwirtschaft“. Forst und Holz 53: 495-500.
- MERFORTH, C. (2000): Formstabilität von Kanthölzern aus Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) unter dem Einfluß wechselnder Holzfeuchte. Dissertation an der Forstlichen Fakultät der Universität Freiburg, 235 S.
- MITSCHERLICH, G., VON GADOW, K. (1968): Über den Zuwachsverlust bei der Ästung von Nadelbäumen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 139: 175-184.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN (1997): Leitbild der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz, Mainz. 66 S.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN (2001): Nutzungskonzept für Fichtenbestände unterschiedlicher Struktur und Stabilität, Mainz. 11 S.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN (2004): Holzpreisstatistik für die Baumart Fichte des Jahres 2002. Unveröffentlichte Mitteilung, Mainz.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN (2005): Jahresberichte der Landesforstverwaltung 2001, 2002, 2003, Mainz. 106 S.
- MOSANDL, R., BUES, C. T., HANNIG, W., WALTHER, G. (1995): Geastete Fichten im Frankenwald als Leitbild für die künftige Fichtenerziehung. Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald 50: 1300-1306.
- MÖHRING, B. (1986): Dynamische Betriebsklassensimulation. Ein Hilfsmittel für die Waldschadensbewertung und Entscheidungsfindung im Forstbetrieb. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme / Waldsterben, Bd. 20. Universität Göttingen. 268 S.
- MÜLLER-MERBACH, W. (1991): Sensibilitätsanalyse. In: BUSSE VON COLBE, W.: Lexikon des Rechnungswesens. 2. Auflage. R. Oldenbourg Verlag, München.
- NAGEL, J., ALBERT, M., SCHMIDT, M. (2002): Das waldbauliche Prognose- und Entscheidungsmodell BWINPRO 6.1. Forst und Holz 57: 486-493.

- OESTEN, G. (1984): Zur Operationalität der Ziele im Forstbetrieb. *Der Forst- und Holzwirt* 39: 361-364.
- OESTEN, G., ROEDER, A. (2002): Management von Forstbetrieben. Band 1 – Grundlagen, Betriebspolitik. Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter. 364 S.
- OESTEN, G., SCHANZ, H. (1996): Zeitökonomie forstbetrieblicher Entscheidungen. In: RENNENBERG, H. (Hrsg.): Biodiversität einheimischer Laub- und Mischwälder in einer sich ändernden Umwelt. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben. Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie, Universität Freiburg i. Brsg.: 20-25.
- OLISCHLÄGER, K. (1970): Fichtenfurniere nach Wertästung. *Allgemeine Forstzeitschrift* 25: 251-254.
- OLISCHLÄGER, K. (2000): Mehr Fichtenwertholz – Vision oder Ziel. *Forst und Holz* 55: 503-504.
- PAUSCH, R. (2002): Ein System-Ansatz zur Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Waldstruktur, Arbeitsvolumina und Kosten der technischen und biologischen Produktion in Forstrevieren ost- und nordbayerischer Mittelgebirge. Dissertation am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München. 226 S.
- PECHMANN, H. v., LIPPEMEIER, P. (1975): Untersuchung über die Schnittholzqualität von Tannen- und Fichtenholz aus Plenterbeständen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 94: 351-364.
- PERSTORPER, M., PELLICANE, P.J., KLIGER, R., JOHANSSON, G. (1995): Quality of timber products from Norway spruce. Part 1, *Wood Science and Technology* 29: 157-170.
- PERSTORPER, M., PELLICANE, P.J., KLIGER, R., JOHANSSON, G. (1995): Quality of timber products from Norway spruce. Part 2, *Wood Science and Technology* 29: 339-352.
- PIENAAR, L.V., TURNBULL, K.J. (1973): The Chapman-Richards generalization of von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. *Forest Science* 19 (1): 2-22.



- PFOHL, H.-CHR.; STÖLZLE, W. (1997): Planung und Kontrolle. 2. Aufl. Verlag Franz Vahlen, München. 298 S.
- PRETZSCH, H. (1992a): Modellierung der Kronenkonkurrenz von Fichte und Buche in Rein- und Mischbeständen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 163: 203-213.
- PRETZSCH, H. (1992b): Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstliche Forschungsberichte München 115. 332 S.
- PRETZSCH, H. (1993): Analyse und Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Versuche mit dem Strukturgenerator STRUGEN. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 114. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. 87 S.
- PRETZSCH, H. (2001): Modellierung des Waldwachstums. Parey Buchverlag, Berlin, 341 S.
- PRETZSCH, H. et al. (2000): SILVA 2.2 – Benutzerhandbuch (Version v. 25.05.2000). Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München. 179 S.
- PRETZSCH, H., KAHN, M. (1996a): Wachstumsmodelle für die Unterstützung der Wirtschaftsplanung im Forstbetrieb. Allgemeine Forst Zeitschrift / Der Wald 51: 1414
- PRETZSCH, H., KAHN, M. (1996b): Variantenstudie Fichtenbestand versus Fichten/Buchen-Mischbestand. Allgemeine Forst Zeitschrift / Der Wald 51: 1415-1419.
- PRETZSCH, H., KAHN, M., DURSKY, J. (1998a): Stichprobendaten für die Entwicklungsprognose und die Nutzungsplanung. Allgemeine Forst Zeitschrift / Der Wald 53: 1552.
- PRETZSCH, H., KAHN, M., DURSKY, J. (1998b): Stadtwald Traunstein. Allgemeine Forst Zeitschrift / Der Wald 53: 1553-1554.
- PRETZSCH, H., BIBER, P., MOSHAMMER, R. (2005a): Prognose der Waldentwicklung auf Landesebene. Allgemeine Forstzeitschrift / Der Wald 60: 200-203.
- PRETZSCH, H., BIBER, P., MOSHAMMER, R. (2005b): Das Aufkommen von Fichtenstarkholz im bayerischen Staatswald. Allgemeine Forstzeitschrift / Der Wald 60: 204-208.

- RECK, P. (2002): Das Baumwachstum von kronenspannungsfrei gewachsenen Fichten (*Picea abies* (L.) KARST.) unter besonderer Berücksichtigung der holztechnologischen Eigenschaften. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät, Universität Freiburg. 288 S.
- RECK, P., SEELING, U., BECKER, G. (2002): Das Baumwachstum von kronenspannungsfrei gewachsenen Fichten unter besonderer Berücksichtigung der holztechnologischen Eigenschaften und der forstökonomischen Konsequenzen. Unveröffentlichter Abschlußbericht zum Teilprojekt Holztechnologie. Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg. 282 S.
- ROEDER, A. (1970): Schälschäden des Rotwildes an der Fichte. Dissertation an der Universität Göttingen. Hann. Münden. 146 S.
- ROEDER, A. (1986): Zu den Möglichkeiten und Grenzen betriebswirtschaftlicher Modellbildungen. Allgemeine Forstzeitschrift 41: 1009-1013.
- ROEDER, A., SCHADENDORF, C. (1988): Standortsspezifische Fichtenwuchsmodelle im betriebswirtschaftlichen Vergleich. Forstarchiv 59: 8-12.
- ROEDER, A., BÜCKING, M., JOCHUM, M. (2002): Nutzungskonzept für Fichtenbestände unterschiedlicher Struktur und Stabilität – Gutachtliche Modellierung eines ökonomisch kontinuierlichen Nutzungsgangs für die zeitlich nachgelagerten Phasen nach dem 3. Nutzungsjahrzehnt- Bericht, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstnutzung, Trippstadt. 17 S. und Anhang.
- ROEDER, A. (2003): Forstbetriebliches Management bei zeitlich offenen Entscheidungsfeldern – wie gehen wir mit Langfristigkeit um? Forst und Holz 58: 315-318, 364-367.
- ROEDER, A. (2006): Naturschutz durch Nutzung im Wald – Weist die Natur den richtigen Weg? In: Denkanstöße – Naturschutz durch Nutzung. Heft 4 / 2006. Herausgeber: Natur und Umwelt, Mainz: 7-17.
- ROSE, W., MCDILL, M. (1995): Incorporating Non-Commodity Considerations in Strategic Planning of Natural Resources. In: Caring for the Forest: Research in a Changing World. Congress Report, Volume II, IUFRO XX World Congress, Tampere: 248-255.

- SAGL, W. (1995): Von der Forststatik zur strategischen Unternehmensführung. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 112: 227-244.
- SAGL, W. (1997): Strategien – Leitplanken für die Betriebsführung. Österreichische Forstzeitung 108: 9-10.
- SAGL, W. (2005): Die Bedeutung von Zeit im operativen und strategischen Management von Forstbetrieben. Austrian Journal of Forest Science / Centralblatt für das gesamte Forstwesen 122: 69-79.
- SCHERM, E. (1992): Die Szenario-Technik – Grundlage effektiver strategischer Planung. WISU (2): 95-97.
- SCHMIDT, M., SPELLMANN, H. (2003): Massen-, Sorten- und Wertertrag der Fichte in Abhängigkeit von der Bestandesbehandlung. Tagungsband zur Jahrestagung 2003 des DVFFA, Sektion Ertragskunde, Torgau: 125-140.
- SCHMITT, M. (1994): Von faulen Gesellen und Spätberufenen. Der Dauerwald 11: 4-28.
- SCHOBER, R. (1987): Ertragstabellen wichtiger Baumarten. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. 166 S.
- SCHOBER, R. (1988): Von der Niederdurchforstung zur Auslesedurchforstung im Herrschenden. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 159: 208-212.
- SCHOLL, A. (2001): Robuste Planung und Optimierung. Grundlagen - Konzepte und Methoden – Experimentelle Untersuchungen. Physika-Verlag, Heidelberg.
- SCHÖPFER, W., STÖHR, D., AVEMARK, W. (1997): Entscheidungshilfen für die betriebliche Holzvermarktung. Holz-Zentralblatt 29: 449-453.
- SCHULZ, H. (1977): Unsere Enkel und ihr Wertholz. Holz-Zentralblatt 103: 741-743.
- SCHULZ, H. (1988): Die Rolle der mitteleuropäischen Forstwirtschaft für die zukünftige Holzversorgung. Vortrag auf der Tagung des Deutschen Forstvereins in München. Jahresbericht des Deutschen Forstvereins: 50-79.

- SCHUMACHER, P., RITTER, U., SCHULZ, H., WEGENER, G. (1997): Qualitätssortierung von Fichtenstammholz nach dem Europäischen Normentwurf prEN 1927-1 (1). Holz-Zentralblatt 123: 1137-1138.
- SCHUMACHER, P., TRATZMILLER, M., GROSSER, D. (1997): Beeinträchtigung der Qualität von Fichtenholz durch Harzgallen in Abhängigkeit von der Durchforstungsintensität. Holz als Roh- und Werkstoff 55: 254.
- SEELING, U. (1995): Zielstärkendurchforstung Olper Fichtenjungbestände. Allgemeine Forstzeitschrift 50: 711-714.
- SEELING, U. (2001): Merkmale und verwendungsbezogene Eigenschaften des Holzes der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) bei Überführung von einschichtigen Reinbeständen in strukturierte Mischbestände. Habilitationsschrift, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau. 402 S.
- SEELING, U., RECK, P., BECKER, G. und BÜCKING, M. (2004): Zur Qualität von Furnieren und Schnitthölzern, hergestellt aus geasteten, langkronigen und stark dimensionierten Fichten. Forst und Holz 59: 62-68.
- SEELING, U. (1996): Zur Überführung von Altersklassenwald in Dauerwald – Versuch einer wirtschafts empirischen Analyse im Forstamt Erdmannshausen. Arbeitsbericht 22-96, Institut für Forstökonomie, Universität Freiburg. 57 S.
- SEIFERT, TH., SCHERMER, R., PRETZSCH, H. (2002): Das Baumwachstum von kronenspannungsfrei gewachsenen Fichten unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Stammholzeigenschaften und der forstökonomischen Konsequenzen. Unveröffentlichter Abschlussbericht zum Teilprojekt Waldwachstum. Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Techn. Universität München. Freising. 86 S. und Anhang.
- SEIFERT, T., PRETZSCH, H., BÜCKING, M. (2003a): „Mittelwaldfichten“ aus dem Hochwald? – Teil I: Gestalt und Wachstum langkroniger Fichten. Forst und Holz 58: 420-426.

- SEIFERT, T., PRETZSCH, H., BÜCKING, M. (2003b): „Mittelwaldfichten“ aus dem Hochwald? – Teil II: Jahrringbreiten, Abholzigkeit und Astigkeit langkroniger Fichten. *Forst und Holz* 58: 473-477.
- SEKOT, W. (1991): Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der Forsteinrichtung als Führungsinstrument im Forstbetrieb. Schriftenreihe des Institutes für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik der Universität für Bodenkultur Wien, Eigenverlag. 545 S.
- SEKOT, W. (1997): Multifunktionale Leistungserstellung – PR-Gag, Peanuts oder Wirtschaftsstandbein? *Österreichische Forstzeitung* 108: 7-8.
- SENGE, P.M. (1998): Die Fünfte Disziplin – Kunst und Praxis der lernenden Organisation. 6. Aufl. Stuttgart, Klett-Cotta.
- SPATHELF, P. (1996): Konstruktion einer Orientierungshilfe zur Steuerung des Wachstums der Weißtanne mit Hilfe der relativen Kronenlänge. Bericht Sektion Ertragskunde im DVFF: 227- 241.
- SPATHELF, P. (1998): Orientierungshilfe zur Prognose und Steuerung des Wachstums. *Freiburger Forstliche Forschung*, Bd. 4. Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 192 S.
- SPELLMANN, H. (2004): Produziert der Waldbau am Markt vorbei? Vortrag anlässlich der Forstwissenschaftlichen Tagung 2004 in Freising, TU München, Tagungsband. S. 125.
- SPIECKER, H. (1974): Die Simulation als Entscheidungshilfe in der Forstlichen Planung. Inaugural-Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg. 162 S.
- SPIECKER, H. (1986): Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwald-Versuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 bis 1984. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 157: 152-164.
- SPIECKER, H., KAHLE, H.-P. (1998): Grundlagenorientierte und angewandte Forschung zur Fichte. *Allgemeine Forstzeitschrift / Der Wald* 53: 424-426.

- STEINLE, R. (1989): Solitärprogramm 1987. Ökophysiologie und Waldbau der Fichte. Allgemeine Forstzeitschrift 44: 1243.
- STIEFVATER, H. (1982): Krone und Schaft von Solitär-fichten im Münstertal. Diplom-Arbeit an der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg. 74 S.
- STRÜTT, M. (1991): Betriebswirtschaftliche Modelluntersuchungen zu Z-Baum orientierten Produktionsstrategien in der Fichtenwirtschaft. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg. 221 S.
- SURBER, E. (1950): Untersuchungen an Mittelwald-fichten im nordostschweizerischen Laubmischwaldgebiet. Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt 26: 635-681.
- TAFFÉ, W. (1955): Gütebewertung des Fichten-Holzes verschiedener Standorte und Ertragsklassen in Rheinland-Pfalz. Dissertation an der Georg-August-Universität Göttingen. 104 S.
- TINBERGEN, J. (1932): Ein Problem der Dynamik. Zeitschrift für Nationalökonomie 3: 169-184.
- TZSCHUPKE, W. (2004): Betriebswirtschaftliche Aspekte der Starkholzproduktion. Forstarchiv 75: 228-234.
- WEISE, U., KUBLIN, E. (1998): Modellierung langfristiger Wachstumsabläufe von Fichtenbeständen. Allgemeine Forstzeitschrift / Der Wald 53: 422-423.
- WELGE, M. K., AL-LAHAM, A. (1999): Strategisches Management. 2. Auflage. Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden. 683 S.
- WERNSDÖRFER, H. (2001): Untersuchung über die Bildung von Reaktionsholz und Harzgallen in besonders weitständig erwachsenen, geästeten Fichten (*Picea abies* (L.) KARST.) – unter Anwendung eines digitalen Bildauswertungsverfahrens. Diplomarbeit an der Forstwiss. Fakultät der Universität Freiburg i. Brsg. 115 S.
- WIEDEMANN, E. (1942): Eine Korrektur a. d. Fichtenertragstafel. Mitteilungen aus der Forstwirtschaft und Forstwissenschaft 13: 287-294.

- WILHELM, G., EDER, W., LETTER, H.-A. (1999a): Konzeption einer naturnahen Erzeugung von Wertholz – Zielsetzungen und waldbauliche Prinzipien. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 54: 232-233.
- WILHELM, G., EDER, W., LETTER, H.-A. (1999b): Konzeption einer naturnahen Erzeugung von Wertholz – Die Phase der Qualifizierung. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 54: 234-236.
- WILHELM, G., EDER, W., LETTER, H.-A. (1999c): Konzeption einer naturnahen Erzeugung von Wertholz – Die Phase der Dimensionierung. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 54: 236-238.
- WILHELM, G., EDER, W., LETTER, H.-A. (1999d): Konzeption einer naturnahen Erzeugung von Wertholz – Die Phase der Reife. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 54: 239-241.
- WITTMANN, W. (1959): Unternehmung und unvollkommene Information. Westdeutscher Verlag, Köln Opladen. 230 S.
- WÖHE, G. (1986): Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 16. Aufl. Verlag Franz Vahlen, München. 1341 S.
- ZAHN, E. (1989): Mehrebenenansatz der Planung/ Strategische Planung. In: SZYPERSKI, N. (Hrsg.): Handwörterbuch der Planung. Poeschel Verlag, Stuttgart: Sp. 1080-1090 / 1903-1916.
- ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG (2000): Bewirtschaftung der Fichten in der Reifephase und im Generationswechsel im Staatswald des Landes Rheinland-Pfalz. Unveröffentlichtes Strategiepapier, Neustadt a.d.W. 11 S.
- ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG (2003): Bewirtschaftung der Fichten in der Reifephase und im Generationswechsel im Staatswald des Landes Rheinland-Pfalz (Fichtenkonzept), Neustadt a.d.W. 25 S.

## Anhang 1:

## Prozentualer Nutzungsgang gemäß Fichtenkonzept für den Staatswald Rheinland-Pfalz

Modalität	Alter (Jahre)	2001- 2010 (% Nutzung)	2011- 2020 (% Nutzung)	2021- 2030 (% Nutzung)	2031- 2040 (% Nutzung)	2041- 2050 (% Nutzung)	2051- 2060 (% Nutzung)
Fichte gesund/stabil	40 – 59	0	15	20	20	25	20
	60 – 79	15	20	20	20	15	10
	80 – 99	20	20	20	20	10	10
	100 +	35	25	20	10	10	
Fichte gesund/labil	40 – 59	30	25	20	20	5	
	60 – 79	35	30	20	15		
	80 – 99	50	30	20			
	100 +	70	20	10			
Fichte faul – stabil	40 – 59	10	20	30	20	15	5
	60 – 79	25	25	20	15	10	5
	80 – 99	45	30	15	10		
	100 +	50	30	20			
Fichte faul – labil	40 – 59	50	40	10			
	60 – 79	60	30	10			
	80 – 99	75	25				
	100 +	90	10				

Die Modellierung der vorstehenden Tabelle fußt auf einen angenommenen Nutzungsalgorithmus, bei dem jeweils eine bestimmte prozentual-anteilige Abnutzung einer Alterklasse innerhalb von 10-Jahres-Zeiträumen vorgesehen ist.<sup>132</sup> Zudem wird modellhaft die jeweils 50 %ige Nutzung des Zuwachses innerhalb dieses Zeitraumes unterstellt (vgl. ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG 2003).

<sup>132</sup> Hierbei ist es rechentechnisch und vom Ergebnis her gesehen unerheblich, ob eine flächige Abnutzung z.B. durch Saumhiebe angenommen wird oder eine Reduktion des Bestockungsgrades auf größerer Fläche z.B. durch Endnutzungsdurchforstungen und Bestandesauflichtungen unterstellt wird.



### **Danksagung**

Die vorliegende mehrjährige Untersuchung ist eingebunden in eine umfassende Kooperation mit vielen Partnern. Daher ist es den Autoren ein aufrichtiges Bedürfnis, nun nach Abschluss der Untersuchung an dieser Stelle für die vielfältige Unterstützung durch zahlreiche Kolleginnen und Kollegen aus Wissenschaft und Praxis herzlich zu danken.

Für viele Anregungen zur Methode und insbesondere für das Entgegenkommen, wertvolle Versuchsbäume für die eingehende „destruktive“ Untersuchung zur Verfügung zu stellen, danken wir den Kollegen Prof. Dr. Klaus-Peter Rödiger (Hessische Landesforstverwaltung) und Prof. Dr. Georg Kenk (Baden-Württembergische Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt). Ebenso gilt in diesem Zusammenhang unser Dank den Kolleginnen und Kollegen der (damaligen) hessischen Forstämter Romrod und Grünberg, sowie den seinerzeitigen baden-württembergischen Forstämtern Heidelberg, Oberkirch und St. Märgen für die stets entgegenkommende Unterstützung bei der Werbung der Versuchsbäume. Auch „unseren“ Forstämtern Idarwald (ehemals Kempfeld), Hochwald (ehemals Osburg) und Dhronneck gilt unser diesbezüglicher Dank.

Die in diesem Projekt praktizierte langjährige, erfolgreiche und partnerschaftliche Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Waldwachstum und Systemanalyse der Technischen Universität München unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Hans Pretzsch und dem Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Gero Becker möchten wir an dieser Stelle dankbar hervorheben. Ihr tatkräftiges Engagement und die von ihnen und zahlreichen ihrer Mitarbeiter beigetragenen Ergebnisse, insbesondere durch die Herren Dr. Thomas Seifert und Dr. Peter Reck, legten die Grundlagen, auf denen unsere forstökonomische Untersuchung aufbauen konnte.

Der Abteilung A unseres Hauses, Sachgebiet Waldwachstum, wird besonders für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung bei der Durchführung der aufwendigen Erfassung der Probestämme gedankt. Ohne die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unserer Partnerabteilung wäre die Fülle der Außenaufnahmen nicht zu leisten gewesen.

„Last but not least“ gilt es ein ganz herzliches Dankeschön an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus unserer Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstnutzung, insbesondere an Herrn

Michael Jochum, auszusprechen. Seinem organisatorischen Geschick und seinem konzentrierten Einsatz ist es ganz wesentlich zu danken, dass dieses umfangreiche Werk trotz vieler technischer Probleme und fortlaufender thematischer Erweiterungen nun nach mehreren Jahren doch noch erfolgreich zu Ende gebracht werden konnte.

**Bisher sind folgende Mitteilungen aus der *Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz* erschienen:**

62/2007	BÜCKING, MOSHAMMER, ROEDER Wertholzproduktion bei der Fichte mittels kronenspannungsarm gewachsener Z-Bäume ISSN 0931-9622	€ 15,--
61/2007	JAHRESBERICHT 2006 ISSN 1610-7705 ISSN 1610-7713	
60/2006	BLOCK UND SCHÜLER (Hrsg.) Stickstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder; Erschließung von Sekundärrohstoffen als Puffersubstanzen für Bodenmaßnahmen im Wald ISSN 1610-7705	€ 10,--
59/2006	PETERCORD UND BLOCK (Hrsg.) Strategien zur Sicherung von Buchenwäldern ISSN 0931-9662	€ 10,--
58/2006	JAHRESBERICHT 2005 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
57/2005	SEEGMÜLLER (Hrsg.): Die Forst-, Holz- und Papierwirtschaft in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 10,--
56/2005	JAHRESBERICHT 2004 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
55/2005	DONG (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Zum Aufbau und Wachstum der Douglasie ISSN 0931-9662	€ 10,--
54/2004	DONG (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Kiefer im Pfälzerwald ISSN 0931-9662	€ 10,--
53/2004	JAHRESBERICHT 2003 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
52/2004	MAURER (Hrsg.) Zwei Jahrzehnte Genressourcen-Forschung in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 15,--
51/2003	JAHRESBERICHT 2002 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
50/2003	MAURER (Hrsg.): Ökologie und Waldbau der Weißtanne – <i>Tagungsbericht zum 10. Internationalen IUFRO Tannensymposium</i> am 16-20. September 2002 an der FAWF in Trippstadt ISSN 1610-7705	€ 15,--
49/2002	MAURER (Hrsg.): Vom genetischen Fingerabdruck zum gesicherten Vermehrungsgut: Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 15,--

48/2002	JAHRESBERICHT 2001 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
47/2001	JAHRESBERICHT 2000 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
46/1999	JAHRESBERICHT 1999 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
45/1999	DELB, BLOCK Untersuchungen zur Schwammspinnerkalamität von 1992–1994 in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
44/1998	JAHRESBERICHT 1998 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
43/1997	JAHRESBERICHT 1997 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
42/1997	BÜCKING, EISENBARTH, JOCHUM Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfwahl der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche ISSN 0931-9662	€ 10,--
41/1997	MAURER, TABEL (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlungen für die Praxis ISSN 0931-9662	€ 10,--
40/1997	SCHRÖCK (Hrsg.): Untersuchungen an Waldökosystemdauerbeobachtungsflächen in Rheinland- Pfalz – <i>Tagungsbericht zum Kolloquium am 04. Juni 1996 in Trippstadt</i> - ISSN 0931-9662	€ 8,--
39/1997	JAHRESBERICHT 1996 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
38/1996	BALCAR (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Naturwaldreservate in Rheinland-Pfalz: Erste Ergebnisse aus dem Naturwaldreservat Rotenberghang im Forstamt Landstuhl ISSN 0931-9662	€ 13,--
37/1996	HUNKE: Differenzierte Absatzgestaltung im Forstbetrieb - Ein Beitrag zu Strategie und Steuerung der Rundholzvermarktung ISSN 0931-9662	€ 10,--
36/1996	JAHRESBERICHT 1995 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
35/1995	BLOCK, BOPP, BUTZ-BRAUN, WUNN: Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodendegradation durch Luftschadstoffbelastung ISSN 0931-9662	€ 8,--
34/1995	MAURER, TABEL (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten ISSN 0931-9662	€ 8,--

33/1995	EISENBARTH: Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer ISSN 0931-9662	€ 6,--
32/1995	AUTORENKOLLEKTIV Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,--
31/1995	JAHRESBERICHT 1994 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
30/1994	SCHÜLER: Ergebnisse forstmeteorologischer Messungen für den Zeitraum 1988 bis 1992 ISSN 0931-9662	€ 6,--
29/1994	FISCHER: Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz ( <i>Pseudotsuga Menziesii</i> (Mirb.)Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen ISSN 0931-9662	€ 6,--
28/1994	SCHRÖCK: Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren - ISSN 0931-9662	€ 6,--
27/1994	OESTEN, ROEDER: Zur Wertschätzung der Infrastrukturleistungen des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--
26/1994	JAHRESBERICHT 1993 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
25/1994	WIERLING: Zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und den Konsequenzen für die Forstwirtschaft am Beispiel des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--
24/1993	BLOCK: Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngungen ISSN 0931-9662	€ 6,--
23/1993	HEIDINGSFELD: Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden ISSN 0931-9662	€ 10,--
22/1993	JAHRESBERICHT 1992 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
21/1992	AUTORENKOLLEKTIV: Der vergleichende Kompensationsversuch mit verschiedenen Puffersubstanzen zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Waldökosystemen - Zwischenergebnisse aus den Versuchsjahren 1988 - 1991 - ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
20/1992	JAHRESBERICHT 1991 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	

19/1991	AUTORENKOLLEKTIV: Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sturm- und Immissionsschäden im Vorderen Hunsrück - "SIMS" - ISSN 0931-9662	€ 6,--
18/1991	SCHÜLER, BUTZ-BRAUN, SCHÖNE: Versuche zum Bodenschutz und zur Düngung von Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6,--
17/1991	BLOCK, BOPP, GATTI, HEIDINGSFELD, ZOTH: Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,--
16/1991	BLOCK, BOCKHOLT, BORCHERT, FINGERHUT, HEIDINGSFELD, SCHRÖCK: Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von Rheinland-Pfalz - Sondermeßprogramm Wald, Ergebnisse 1983-1989 ISSN 0931-9662	€ 6,--
15/1991	JAHRESBERICHT 1990 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
14/1990	BLOCK: Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen Waldgebieten 1984 - 1989 ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
13/1990	SCHÜLER Der kombinierte Durchforstungs- und Düngungsversuch Kastellaun - angelegt 1959 - heute noch aktuell ? ISSN 0931-9662	€ 6,--
12/1990	JAHRESBERICHT 1989 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
11/1989	BLOCK, DEINET, HEUPEL, ROEDER, WUNN: Empirische, betriebswirtschaftliche und mathematische Untersuchungen zur Wipfelköpfung der Fichte ISSN 0931-9662	€ 6,--
10/1989	HEIDINGSFELD: Verfahren zur luftbildgestützten Intensiv-Waldschadenserhebung in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
9/1989	JAHRESBERICHT 1988 ISSN 0936-6067	
8/1988	GERECKE: Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
7/1988	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Parkgehölzschadenserhebung (TPGE 1987) ISSN 0931-9662	€ 6,--
6/1988	JAHRESBERICHT 1987 ISSN 0931-9662	
5/1988	Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Dienste von Wald und Forstwirtschaft - Reden anlässlich der Übergabe des Schlosses Trippstadt als Dienstsitz am 10.04.1987 - ISSN 0931-9662	€ 6,--

4/1987	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Feldgehölzschadenserhebung (TFGE 1986) ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
3/1987	BLOCK, FRAUDE, HEIDINGSFELD: Sondermeßprogramm Wald (SMW) ISSN 0931-9662	€ 6,--
2/1987	BLOCK, STELZER: Radioökologische Untersuchungen in Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6,--
1/1987	JAHRESBERICHT 1984-1986 ISSN 0931-9662	vergriffen