

ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

ISSN 0002-5852

INHALTSVERZEICHNIS

AUFSATZE

P. Schwarzbauer	Einflüsse von Schadholzmengen auf Rohholzpreise. Eine quantitativ-statistische Analyse am Beispiel Österreichs . . . (Impacts of Damage Caused Timber Harvests on Roundwood Prices. A Quantitative-Statistical Analysis with the Example of Austria)	1
S. Hein, E. Lenk, J. Klädtke und U. Kohnle	Z-Baum orientierte Auslesedurchforstung in Buche (<i>Fagus sylvatica</i> L.): Auswirkungen auf Qualität, Sortenstruktur und Wertleistung (Effect of crop tree selective thinning on beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) on wood quality, timber assortment and value production)	8

178. JAHRGANG 2007 HEFT 1 JANUAR

J. D. SAUERLANDER'S VERLAG • FRANKFURT AM MAIN

ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper der Forstlichen Fakultäten
von Freiburg i. Br. und Göttingen

herausgegeben von

Dr. K.-R. Volz
o. Professor
der Forstwissenschaft an der
Universität Freiburg i. Br.

Dr. Dr. h.c. K. von Gadow
o. Professor
der Forstwissenschaft an der
Universität Göttingen

ISSN 0002-5852

Erscheinungsweise: Jährlich 12 Hefte, bei Bedarf Doppelhefte (zweimonatlich).

Bezugspreis: Jährlich € 148,- zuzüglich Zustellgebühr; Studenten und in Ausbildung befindliche Forstreferendare € 118,40 (empfl. Richtpreis). Preis der Einzelhefte je nach Umfang verschieden.

Bezug: Durch den Buchhandel oder direkt vom Verlag. Das Abonnement gilt jeweils für einen Jahrgang. Es läuft weiter, wenn nicht unmittelbar nach Lieferung des Schlussheftes eines Jahrgangs eine Abbestellung erfolgt.

Manuskripte (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt.

Entsprechend dem international weit verbreiteten Review-Verfahren wird jeder Beitrag von zwei Fachgutachtern (vor allem Mitglieder der Lehrkörper der Forstlichen Fakultäten der Universitäten in Freiburg i. Br. und Göttingen) hinsichtlich Inhalt und Form geprüft.

Die Manuskripte sind möglichst auf Diskette und in dreifacher Ausfertigung einzureichen. Sie sollten 3 bis 4 (maximal 6 Druckseiten) umfassen. Hierbei entspricht eine Druckseite ungefähr einem zweiseitigen Text mit 12-Punkt-Schrift in Times New Roman. Neben einem möglichst kurz gehaltenen Titel der Arbeit sind bis zu maximal 10 Schlagwörter und key words anzugeben. Manuskripte mit Tabellen und Abbildungen werden nur angenommen, wenn die Tabellen-Überschriften und die Abbildungsunterschriften in deutscher und englischer Sprache abgefasst sind. Der Beitrag soll neben einer deutschen Zusammenfassung eine Zusammenfassung in englischer Sprache (Summary mit Title of the paper) enthalten. Die Übersetzung ins Französische (Résumé) erfolgt i. Allg. durch den Verlag.

Um unnötige Korrespondenz zu vermeiden, werden die Autoren gebeten, bei Abfassung ihres Manuskriptes eine neuere Ausgabe der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung sowie die beim Verlag und bei den Herausgebern erhältlichen „Hinweise für die Autoren“ zu beachten.

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck – auch von Abbildungen –, Vervielfältigung auf photomechanischem oder ähnlichem Wege oder im Magnettonverfahren, Vortrag, Funk- und Fernseh-sendung sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen – auch auszugsweise – bleiben vorbehalten. Werden von einzelnen Beiträgen oder Teilen von ihnen einzelne Vervielfältigungsstücke im

Rahmen des § 54 UrhG hergestellt und dienen diese gewerblichen Zwecken, ist dafür eine Vergütung gem. den gleichlautenden Gesamtverträgen zwischen der Verwertungsgesellschaft Wort, Abt. Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München und dem Bundesverband der Deutschen Industrie e. V., dem Gesamtverband der Versicherungswirtschaft e. V., dem Bundesverband deutscher Banken e. V., dem Deutschen Sparkassen- und Giroverband und dem Verband der Privaten Bausparkassen e. V., in die VG Wissenschaft zu entrichten. Die Vervielfältigungen sind mit einem Vermerk über die Quelle und den Vervielfältiger zu versehen. Erfolgt die Entrichtung der Gebühren durch Wertmarken der VG Wissenschaft, so ist für jedes vervielfältigte Blatt eine Marke im Wert von € 0,20 zu verwenden.

Anzeigenannahme: J. D. Sauerländer's Verlag, Finkenhofstraße 21, D-60322 Frankfurt am Main.

Anzeigenpreis: Die 43 mm breite mm-Zeile € 0,44. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 8. Anfragen an Verlag erbeten.

Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Finkenhofstraße 21, D-60322 Frankfurt am Main, Telefon (069) 55 52 17, Telefax (069) 5 96 43 44. eMail: aulbach@sauerlaender-verlag.com. Internet: www.sauerlaender-verlag.com. **Bankkonten:** Commerzbank, Frankfurt a. M. 5 408 075; Frankfurter Sparkasse (Girokonto 96 958); Postbankkonto: Frankfurt a. M. Nr. 896-607.

This journal is covered by ELFIS, EURECO, CAB Forestry Abstracts, Chemical Abstracts, by Current Contents Series Agriculture, Biology and Environmental Sciences (CC/AB) and by the Science Citation Index® (SCI®) of Institute for Scientific Information.

Die Anschriften der Herausgeber:

Prof. Dr. K.-R. VOLZ, Institut für Forst- und Umweltpolitik der Universität Freiburg, Tennenbacher Str. 4, D-79106 Freiburg

Prof. Dr. Dr. h. c. KLAUS VON GADOW, Institut für Waldinventur und Waldwachstum der Universität Göttingen, Büsengweg 5, D-37077 Göttingen

Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 1 des 178. Jahrgangs:

Dr. S. HEIN, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldwachstum, Postfach 708, D-79100 Freiburg. E-Mail: sebastian.hein@forst.bwl.de.

Dr. J. KLÄDTKE, Universität Freiburg, Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, D-79085 Freiburg.

PD Dr. U. KOHNLE, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldwachstum, Postfach 708, D-79100 Freiburg.

E. LENK, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldwachstum, Postfach 708, D-79100 Freiburg.

Dr. PETER SCHWARZBAUER, Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Institut für Marketing & Innovation, Feistmantelstr. 4, A-1180 Wien. E-Mail: peter.schwarzbauer@boku.ac.at.

Übersetzung der Résumés,

soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt werden:

J. MAHEUT, 25 Av. du Gal Leclerc, F-54600 Villers-les-Nancy

Titelbogen und Inhaltsverzeichnis zum 177. Jahrgang der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung können leider erst dem nächsten Heft beigelegt werden.



Aufsätze der Allgem. Forst- und Jagdzeitung seit 1949 in einem exklusiven Recherche-Modul auf dieser CD von EURECO: 26.279 Publikationen, 930.000 Keywords, zweisprachige Recherche Deutsch-Englisch, virtuelle Bibliothek, Ausdrücke und Datenport in Profiversion; ab € 49,- aid, Konstantinstraße 124, Stichwort 'ÖKOWALD', D-53179 Bonn
<http://www.fh-rottenburg.de/greenlink/oekowald/index.html>

Einflüsse von Schadholzmengen auf Rohholzpreise. Eine quantitativ-statistische Analyse am Beispiel Österreichs

Aus dem Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Institut für Marketing & Innovation der Universität für Bodenkultur Wien

(Mit 5 Abbildungen und 4 Tabellen)

Von P. SCHWARZBAUER^{*)}

(Angenommen: März 2006)

SCHLAGWORTER – KEY WORDS

Schadholzanfall; Rohholzpreise; Regressionsanalyse; Paarweiser T-Test.

Timber harvests caused by damage; roundwood prices; regression analysis; pairwise t-test.

1. EINLEITUNG

Trotz großer Schadholzereignisse in Europa in den letzten Jahrzehnten gibt es wenige wissenschaftliche Publikationen, in welchen die Auswirkungen derselben auf die Rohholzmärkte, insbesondere auf Rohholzpreise, quantitativ-statistisch analysiert werden. In vielen ökonometrischen Studien im deutschsprachigen Raum wurden allerdings Schadholzereignisse entweder in Form einer Dummy-Variable oder durch die Schadholzmenge als erklärende Variable für das Holzangebot aus dem Wald herangezogen¹. Auffällig ist, dass in keiner ökonometrischen Untersuchung des Holzangebots im skandinavischen und nordamerikanischen Raum bisher Schadereignisse als erklärende Variable eingesetzt wurden. Häufigkeit und Intensität dieser Ereignisse werden offenbar hauptsächlich in West- und Mitteleuropa als Phänomen des Holzmarktgeschehens wahrgenommen.

Im Zuge der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem „Waldsterben“ haben sich allerdings vereinzelt Autoren mit den Auswirkungen von längerfristig erhöhten Einschlagsmengen infolge neuartiger Waldschäden auseinandergesetzt. MANTAU (1987) berichtet über Stammholzpreiselastizitäten gegenüber Schadholzmengen von etwa $-0,4$ (bei einer einprozentigen Erhöhung des Schadholzanfalles sinkt der Stammholzpreis um $0,4\%$). BERGEN et al. (1988) können zwar keine Preiselastizität angeben, stellen aber fest, dass die deutsche Forstwirtschaft trotz Angebotserhöhung eine Verminderung ihres Erlöses hinnehmen muss. Die einzige Publikation, in der Elastizitäten des Rohholzpreises gegenüber kurzfristigen Schadereignissen berechnet werden, ist eine Arbeit von BERGEN et al. (2002). Die Reaktion des durchschnittlichen Rohholzpreises auf nicht-kompensierbare Kalamitäten ist allerdings sehr gering (Elastizität $-0,025$).

HÖLSCHER (2004) untersucht in seiner Dissertation u.a. die Auswirkungen von Kalamitäten auf die Verbundenheit von regionalen Stammholzmärkten in Deutschland. Kalamitäten haben einen längerfristigen Effekt auf die untersuchten Rohholzmärkte, der sich sowohl in den Folgejahren als auch in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich stark auswirkt. Unmittelbare Elastizitäten der Rohholzpreise gegenüber Kalamitäten werden nicht angegeben.

In Österreich bestehen im langjährigen Durchschnitt über 90% des anfallenden Schadholzes aus Nadelholz (BMLF/BMLFUW,

1966–2005). Die folgenden Ausführungen beschränken sich daher hinsichtlich quantitativ-statistischer Aussagen auf Nadelägerund- (Stamm-) und Nadelindustrieholzpreise. Folgende Fragestellungen werden beleuchtet:

- Wie wirkt der Schadholzanfall kurzfristig auf Rohholzpreise?
- Lösen große Schadereignisse Strukturbrüche im Beziehungsgefüge zwischen Sägerundholzpreis und Schnittholzpreis aus, die zu länger dauernden Verschiebungen von Preisniveaus führen?

2. THEORETISCHER UND METHODISCHER ZUGANG

2.1 Änderungen des Marktgleichgewichtes durch Schadholzmengen

Für die folgenden schematischen Überlegungen wird von einem vollkommenen, polypolistischen Rohholz-Konkurrenzmarkt² ausgegangen (vgl. z.B. BERGEN et al., 2002). Er besteht aus einer Angebotsfunktion (A), einer Nachfragefunktion (N) und einer Gleichgewichtsbedingung: im Schnittpunkt der beiden Kurven ergeben sich Gleichgewichtspreis (P^*) und Gleichgewichtsmenge (Q^*) (Abb. 1). Ein Schadereignis, etwa ein Windwurf, hat zur Folge, dass sich die Angebotskurve kurzfristig nach rechts verschiebt (A'). Dies bedeutet, dass die Waldbesitzer beim selben Preis (P^*) mehr Rohholz anbieten würden bzw. zwanghaft anbieten müssten (potenzielles Mehrangebot). Durch den Schnittpunkt der Nachfra-

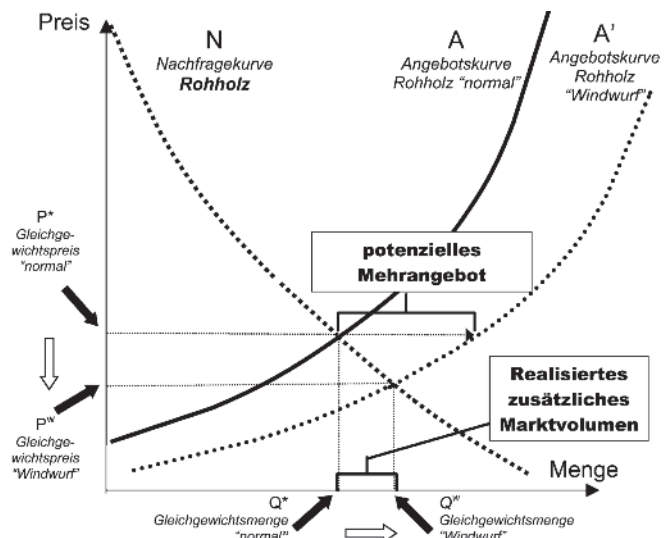


Abb. 1

Auswirkungen eines Schadereignisses auf das Marktgleichgewicht (schematisch).

The impact of damage caused harvests on the market equilibrium (schematic diagram).

^{*)} Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Institut für Marketing & Innovation, Feistmantelstraße 4, A-1180 Wien. Tel.: +43-1-47654-4416; Fax: +43-1-47654-3562. E-Mail: peter.schwarzbauer@boku.ac.at

¹⁾ Dazu gehören (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) etwa folgende Autoren: MAYER (1979), MOOG (1992), MOOG und SCHWARZBAUER (1992), STEINMEYER (1992), MICHELS und STEINMEYER (1992), THOROE et al. (1998), BERGEN et al. (2002).

²⁾ Das Konzept des vollkommenen Marktes ist beispielsweise aufgrund der Produkt-Homogenitätsbedingung nicht unmittelbar auf die Marktpraxis übertragbar. Sehr kritisch mit seiner Verwendung auseinander gesetzt haben sich etwa LÜCKGE (1999) und OBERSTEINER (1998). Es wird hier trotzdem angewandt, da die bei Schadholzereignissen grundsätzlich wirkenden Marktmechanismen sehr gut gezeigt werden können.

gefunktion (N) und der neuen Angebotsfunktion (A') ergibt sich ein neues Marktgleichgewicht mit dem Preis P^W und der Menge Q^W . Da die Lage der Nachfragefunktion gleich geblieben ist, erhöht sich die realisierbare Vermarktungsmenge Menge um weniger als das potenzielle Mehrangebot (realisiertes zusätzliches Marktvolumen). Jedenfalls aber ist die Vermarktungsmenge gestiegen und der Rohholzpreis gesunken.

Die Stärke der Marktreaktion (Höhe des Mehrangebotes, Rückgang der Rohholzpreise) als Folge eines Schadereignisses hängt von folgenden Faktoren ab:

- Größenordnung des Holzanfalles selbst (Menge Schadholz)
- Zeitpunkt des Anfalls im Zusammenhang mit Kompensationsmöglichkeiten, wie Reduktion des freiwilligen Einschlaßes und/oder der Importe³
- Lagermöglichkeiten und -kapazitäten
- Gleichmäßiger oder schockartiger Anfall (Angebotsreaktion auf Borkenkäferschadholzmengen erfolgt langsamer als auf plötzlichen Windwurf)⁴
- Preiselastizität der Nachfrage. Je elastischer die Nachfrage, desto weniger stark fällt der Preis und desto weniger weicht das potenzielle Mehrangebot vom realisierten Marktvolumen ab.

Anders als bei Konsumgütern handelt es sich bei der Nachfrage nach Rohholz um eine so genannte „abgeleitete“ Nachfrage – abgeleitet von der Produktion der daraus erzeugten Holzhalb- und Fertigprodukte, deren Nachfrage entweder direkt von Konsumenten oder durch die nächste Stufe der Weiterverarbeitung ausgelöst wird. MANTEL (1973) bezeichnet den „...Stammholzpreis ... in der vollkommenen Marktwirtschaft auch auf die Dauer gesehen als eine Funktion des Schnittholzpreises“. Der Zusammenhang zwischen den Preisen weiterverarbeiteter Produkte und Rohholz ist längerfristig umso enger, je höher der Anteil der Rohholzkosten an den gesamten Kosten der Weiterverarbeitung ist, und je weniger Wahlmöglichkeiten die Weiterverarbeitung beim Rohstoffeinsatz hat.

Der Nadelägerundholzpreis ist vor allem vom Nadel schnittholzpreis abhängig, da Nadelägerundholz ökonomisch sinnvoll nur für die Produktion von Nadel schnittholz eingesetzt werden kann. Nadel schwachholz hingegen kann auf mehrere Arten weiterverarbeitet bzw. konsumiert werden. Für einen Teil besteht seitens der Waldbesitzer die Wahlmöglichkeit, dieses entweder als Industrieholz an die Papier- und Plattenindustrie oder als schwaches Sägerundholz an die Sägeindustrie zu verkaufen⁵. Aufgrund dieser Kon-

stellation ist es deshalb notwendig, als Bestimmungsfaktor für den Nadelindustrieholzpreis auch den Preis für schwaches Nadelägerundholz einzubeziehen.

2.2 Methodik

Der Kern dieser Arbeit besteht in der Abschätzung des Einflusses von Schadholzmengen auf die Rohholzpreise. Für die ökonometrischen Schätzungen des „kurzfristigen“ Einflusses werden neben den Schadholzmengen selbst auch andere, theoretisch begründbare Einflussfaktoren (siehe 2.1) einbezogen. Das zu schätzende Rohholzpreismodell wird allgemein wie folgt formuliert:

$$pr_t = \alpha + \beta_i p_{it} + \delta sh_t + \varepsilon rm_t + u_t \quad (1)$$

Dabei bedeutet pr_t einen Rohholzpreis, p_{it} die Preise anderer Holzprodukte (weiterverarbeitet oder im selben Produktionsprozess anfallend), sh_t die inländische Schadholzmenge und rm_t die Nutzholzimportmenge⁶ zum jeweiligen Zeitpunkt (t ; $t=1, \dots, T$)⁷. $\alpha - \varepsilon$ sind die zu schätzenden Parameter⁸. Diese lineare Abhängigkeit wird überlagert durch Einflüsse, die auf pr_t wirken und in der Zufallsvariablen u_t zusammengefasst sind. Dabei muss vorausgesetzt werden, dass die u_t unkorreliert mit einem Erwartungswert $E(u_t) = 0$ sind. Weiters haben die u_t eine konstante Varianz (vgl. z.B. HEIL, 1991).

Wegen der Trendbehauptung aller Zeitreihen und damit des Vorliegens von Multikollinearität⁹ zwischen den unabhängigen Variablen wird Gleichung (1) nicht mit absoluten Werten, sondern mit relativen Differenzen (%-Veränderungen gegenüber dem Vorjahr) geschätzt. Durch diese Differenzenbildung entfällt bei Gleichung (2) das konstante Glied α . Die konkrete Schätzgleichung lautet somit:

$$\Delta(\%)pr_t = \beta_i \Delta(\%)p_{it} + \delta \Delta(\%)sh_t + \varepsilon \Delta(\%)rm_t + u_t \quad (2)$$

Schätzungen mit relativen Differenzen haben den weiteren Vorteil, dass die Autokorrelation der Residuen (Durbin Watson Test) verbessert wird und die geschätzten Parameter direkt als Elastizitäten zu interpretieren sind. Allerdings besteht auch der gravierende Nachteil, dass durch den Wegfall von Trends die Erklärungskraft der Schätzung insgesamt sinkt (vgl. z.B. SCHWARZBAUER, 1997).

Ob Schadholzmengen zu „längerfristigen“ Niveaushiftungen zwischen dem Nadel schnittholzpreis (als erklärende) und dem Nadelägerundholzpreis (als erklärte Variable) führen (Strukturbrüche des Beziehungsgefüges der beiden Preise), wird in drei Schritten geprüft. Zwei davon sind graphische Analysen, die zunächst klären sollen, ob überhaupt und zu welchen Zeitpunkten Strukturbrüche vorliegen. Ein statistischer Test prüft schließlich Höhe und Signifikanz einer möglichen Niveaushiftung.

Berechnung einer Elastizitätszeitreihe

Mittels einer von MANTAU (zit. in SCHWARZBAUER, 1998) entwickelten Methode werden die jährlichen Elastizitäten des Sägerundholzpreises bezüglich des Schnittholzpreises auf ungewöhnliche Sprünge untersucht, die die Zeitpunkte von Strukturbrüchen markieren können. Ausgangspunkt ist eine lineare Schätzgleichung der Form¹⁰:

³) Der Einfluss des durch Schadereignisse bedingten inländischen Mehranfalles an Rohholz auf die Höhe der Rohholzimporte im gleichen bzw. im darauf folgenden Jahr in Österreich wurde mit Absolutdaten und Differenzen (gegenüber dem Vorjahr) statistisch getestet. Es ergab sich kein signifikanter Zusammenhang. Dies ist u.a. dadurch zu erklären, dass sich Schadereignisse meist nicht auf Österreich beschränken, sondern sich auch auf Nachbarländer erstrecken. Sofern diese Nachbarländer im Bereich Holz und Holzprodukte Netto-Importeure sind (z.B. Deutschland) können sie dieses Überangebot meist nur durch Rohholzexporte kompensieren, die dann zusätzlich auch auf den österreichischen Markt drängen (vgl. z.B. MANTAU, 1987).

⁴) Die österreichische Datenlage erlaubt eine getrennte Darstellung des Schadholzes nach Ursachen (Sturm & Schnee einerseits, Borkenkäfer andererseits). In zeitlicher Hinsicht erfolgt der Sturm- und Schneeholzanfall schockartig, die Auf- und Abbewegungen des Käferholzanfalles sind moderater. Obwohl nicht statistisch getestet, kann weiters festgestellt werden, dass massive und kurzfristige Rohholzpreisveränderungen (nach unten) nur bei massivem Anfall von Sturm- und Schneeholz, nicht aber bei Ansteigen des Käferholzes erfolgen (vgl. z.B.: KREHAN et al., 2005).

⁵) In Österreich hat sich in den letzten Jahrzehnten die Durchforstungsmenge vervielfacht, während das Industrieholzangebot (Faser- und Schleifholz) mehr oder weniger stagniert. Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass ein zunehmender Teil des Durchforstungsholzes als schwaches Sägerundholz verkauft wird (vgl. z.B. ALLINGER-CSOLLIICH et al., 2000). In Zukunft ist auch eine Verlagerung in den Bereich der energetischen Nutzung zu erwarten.

⁶) Die Nutzholzimporte beinhalten auch jene Mengen, die infolge ausländischer Schadereignisse zusätzlich auf den österreichischen Markt drängen, wie dies etwa 1991 und 1999/2000 der Fall war.

⁷) Getestet wurde zusätzlich auch der verzögerte Einfluss von Import- und Schadholzmengen auf die Holzpreise (lags). In keinem Fall konnte eine statistische Verbesserung der Schätzungen erreicht werden.

⁸) Bei allen statistischen Tests wird die Signifikanz von Zusammenhängen bzw. geschätzten Parametern wie folgt ausgedrückt: * bei Irrtumswahrscheinlichkeit 10%, ** bei 5%, und *** bei 1%.

⁹) Korrelation der unabhängigen Variablen, bei Zeitreihendaten meist aufgrund gleichlaufender oder gegenläufiger Trends.

¹⁰) Da bei dieser Schätzgleichung nur eine erklärende Variable auftritt (der Nadel schnittholzpreis), entfällt das Problem der Multikollinearität. Die Schätzung erfolgt daher hier mit Absolutwerten.

$$pr_t = \alpha + \beta ps_t + u_t \quad (3)$$

Dabei bedeutet pr_t den Nadelägerundholzpreis und ps_t den Nadelschnittholzpreis; u_t ist wieder die Zufallsvariable, α und β sind die zu schätzenden Parameter. Die Elastizität des Sägerundholzpreises gegenüber dem Schnittholzpreis ($e_{pr/ps}$) über dem Mittelwert berechnet sich wie folgt:

$$e_{pr/ps} = \beta (ps^* / pr^*) \quad (4)$$

pr^* und ps^* sind die Mittelwerte für beide Variablen im Beobachtungszeitraum (für die abhängige Variable pr^* wird der geschätzte Mittelwert eingesetzt). Bei dieser Methode wird nun nicht eine Elastizität über dem Mittelwert berechnet, sondern eine Zeitreihe von Elastizitäten, indem die Mittelwerte durch die einzelnen Beobachtungspaare ersetzt werden:

$$e_{pr(t)/ps(t)} = \beta (ps_t / pr_t) \quad (5)$$

Durch graphische Analyse dieser Zeitreihe können nun auffällige Elastizitätssprünge über der Zeit und somit Strukturveränderungen aufgedeckt werden.

Kumulierte quadrierte rekursive Restgrößen

BAUDIN and WESTLUND (1985) untersuchten die Störgrößen (Restgrößen) von Schätzungen zur Aufdeckung von Strukturbrüchen. In Abwandlung und Vereinfachung der Methode CUSUMQ(r) (CUmulated SUM of sQuared (r)ecursive residuals) wird für die folgenden Überlegungen wieder von Schätzgleichung (3) ausgegangen. Danach ergibt sich eine „einfache“ Restgröße (u_t) zum jeweiligen Zeitpunkt als Differenz des beobachteten (pr_t) und des geschätzten Nadelägerundholzpreises ($\alpha + \beta ps_t$):

$$u_t = (pr_t - [\alpha + \beta ps_t]) \quad (6)$$

Diese „einfachen“ Restgrößen haben den Nachteil, dass sie von allen Beobachtungen beeinflusst werden, was die Aufdeckung von Instabilitäten erschwert (TÖRNKVIST, 1988). Es finden daher „rekursive“ Restgrößen (ur_t) Anwendung, die wie folgt berechnet werden:

$$ur_t = (pr_t - [\alpha'_{t-1} + \beta'_{t-1} ps_t]) \quad (7)$$

α'_{t-1} und β'_{t-1} sind dabei die OLS-Schätzer für α und β beruhend auf den ersten $t-1$ Beobachtungen. In anderen Worten repräsentiert die rekursive Restgröße die Differenz (den Fehler) zwischen dem tatsächlich beobachtbaren Nadelägerundholzpreis (pr_t) zum Zeitpunkt (t) und einem Prognosewert für den Nadelägerundholzpreis, welcher auf den geschätzten strukturellen Parametern der Beobachtungen bis $t-1$ beruht. Die rekursiven Störgrößen ur_t werden quadriert, über der Zeit kumuliert und graphisch dargestellt. Sprünge deuten auf Strukturbrüche hin.

T-Test bei paarweisen Stichproben

Mit einem T-Test bei gepaarten Stichproben werden die Mittelwerte zweier metrisch-skaliert Variablen verglichen, die zu einer Gruppe gehören (vgl. z.B. RODEGHIER, 1997). Bei Zeitreihendaten bedeutet dies, dass es sich um je zwei Beobachtungen handeln muss, die (als Paar) jeweils zum selben Zeitpunkt erfolgen, also z.B. um den Sägerundholzpreis und den Schnittholzpreis. Für jeden Zeitpunkt wird die Differenz zwischen den Werten der beiden Variablen berechnet und geprüft, ob der Durchschnitt von einem Referenzwert (z.B. 0) signifikant abweicht.

Konkret werden die Preisindices für Nadelschnitt- und Nadelägerundholz (1965=100) aus verschiedenen Zeitperioden einem paarweisen T-Test unterzogen. Die Teilung des gesamten Beobachtungszeitraums in unterschiedliche Zeitperioden erfolgt aufgrund der graphischen Analysen. Ist die Differenz der Mittelwerte im Beobachtungszeitraum nicht signifikant von Null verschieden (Nullhypothese wird nicht zurückgewiesen), dann sind die Indices

der beiden Preisniveaus nicht unterschiedlich, weicht die Differenz signifikant von Null ab (Nullhypothese wird zurückgewiesen), dann sind die Indices der Preisniveaus verschieden.

3. DATENGRUNDLAGEN

Obwohl österreichische Preisdaten für Rohholz und Schnittholz auch in unterjährigen Abständen publiziert werden bzw. errechnet werden können, sind die hier verwendeten Daten ausschließlich Jahresdaten, da die Schadholzmengen¹¹ im Rahmen der österreichischen Holzeinschlagsmeldung (HEM) ausschließlich jährlich veröffentlicht werden. In der HEM werden Schadholzmengen u.a. nach Eigentumsarten unterschieden (erst seit 1974 nach den bis heute gültigen Abgrenzungen; BMLF/BMLFUW, 1966-2005).

Rohholzpreise werden von der STATISTIK AUSTRIA (früher OeSTAT) im Rahmen der Agrarpreisstatistik monatlich veröffentlicht (OeSTAT/STATISTIK AUSTRIA, 1966–2005). Verwendet werden die Preise für Fichte/Tanne 3a B (durchschnittliches Sägerundholz), für Fichte/Tanne 1a B (Sägeschwachholz) und der Fichte/Tanne Faser-/Schleifholz-Mischpreis (Industrieholz).

Qualitätsklassenbezogene Preise für Nadelschnittholz (Sortimentspreise) stehen für den Beobachtungszeitraum nicht konsistent zur Verfügung. Da Österreich mehr als die Hälfte seiner Nadel-schnittholzproduktion ausführt, wird der vom Wirtschaftsforschungsinstitut (WIFO-Datenbank, 2005) publizierte Nadelschnitthollexportpreis verwendet. Genau genommen handelt es sich dabei nicht um einen Preis, sondern um einen Durchschnittswert.

Bezüglich Zellstoff- und Holzstoffpreisen („pulp“) wird auf die elektronische Datenbank FAOSTAT (2005) zurückgegriffen. Da Österreich ein Netto-Importeur von Frischfasern ist, wird ein Importdurchschnittspreis berechnet.

Alle Preisdaten entsprechen Marktpreisen (keine Inflationsbereinigung). Für die statistische Analyse werden nicht Absolutwerte (öS bzw. € pro fm, m³ oder t), sondern Indices (1965=100) oder relative Differenzen (%-Veränderungen gegenüber dem Vorjahr) verwendet.

Die Daten der Nutzholzimportmengen stammen von der Datenbank FAOSTAT (2005) sowie vom KOOPERATIONSABKOMMEN FORST-PLATTE-PAPIER (FPP, 2005).

Den statistischen Analysen liegen z.T. verschiedene Zeiträume zugrunde (aufgrund unterschiedlicher [elektronischer] Datenverfügbarkeit). Sofern nur Rohholz- und Schnittholzpreisdaten miteinander in Beziehung gesetzt werden, beziehen sich die Analysen auf den Zeitraum 1965–2004. Schätzungen unter Einbeziehung der Schadholz- und anderer Einschlagsdaten umfassen die Zeitspanne von 1970(74)–2004. Bei Verwendung des Zellstoffimportpreises als erklärende Variable geht die Zeitreihe nur bis 2003.

4. ERGEBNISSE

4.1 Größenordnungen und Trends des Schadholzanfalles

Im Durchschnitt der letzten dreieinhalb Jahrzehnte fielen in Österreich jährlich ca. 3,6 Mio. Efm Schadholz an (Minimum 1973: 1,0 Mio.; Maximum 1990: 8,3 Mio.). Insgesamt gelingt es meist nicht, die Schadholzmengen durch Rücknahme des freiwilligen Einschlags im Jahresablauf völlig zu kompensieren, obwohl der resultierende Mehreinschlag meist geringer ausfällt als die Höhe des Schadholzanfalls selbst (Abb. 2).

Trendanschätzungen des Schadholzanfalls mittels Zeitregression für den Zeitraum 1974–2004 ergeben bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit nur für die Eigentums-kategorie Kleinwald < 200 ha einen

¹¹⁾ Bei den laut HEM ausgewiesenen Schadholzmengen handelt es sich um aufgearbeitetes Holz, unabhängig vom Verwendungszweck.

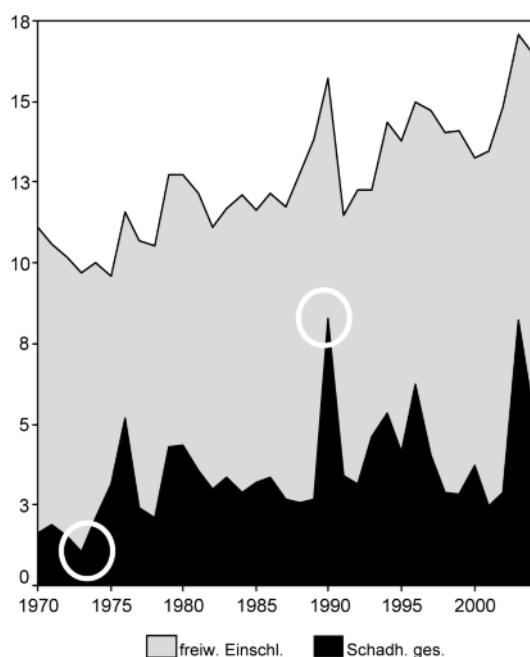


Abb. 2

Schadholz und „freiwilliger“ Einschlag in Mio. Efm o.R.
(kumuliert; BMLF/BMLFUW, 1966–2005; e.B.).

Damage caused harvests and “voluntary” harvests in mill. cum u.b.
(cumulated).

statistisch gesicherten Trend. Bei 10% Irrtumswahrscheinlichkeit ist der Trend auch für die Summe aller Eigentumskategorien gesichert. Das gesamte Schadholzaufkommen in Österreich erhöht sich jährlich durchschnittlich um rd. 56.000 Efm. Weder für die einzelnen Eigentumskategorien noch für deren Summe ergeben sich allerdings gesicherte Trends für die Anteile des Schadholzes am Gesamteinschlag. Dies bedeutet, dass der Schadholzanteil im Zeitablauf nicht signifikant gestiegen ist.

4.2 Kurzfristiger Einfluss des Schadholzanfalles auf die Rohholzpreise

Tab. 1 zeigt die Ergebnisse des ökonometrisch geschätzten Nadelssägerundholzpreismodells. Um die Zeitstabilität der Schätzungen zu erfassen, wurden zusätzlich zur Schätzung für den gesamten Zeitraum (1970–2004) zwei weitere Schätzungen für die Perioden 1970–1989 und 1990–2004 (Teilung des gesamten Zeit-

raumes aufgrund des Schadereignisses im Jahr 1990¹²⁾ durchgeführt. Die hoch gesicherte Haupteinflussgröße für den Sägerundholzpreis ist der Nadelsschnittholzexportpreis mit einer Elastizität um +1 (fällt/steigt der Schnittholzpreis z.B. um 1%, fällt/steigt der Sägerundholzpreis ebenfalls um 1%). Dieser Einfluss ist im Zeitablauf sehr stabil. Der Zusammenhang zwischen dem Nadelsschnittholz- und dem Nadelssägerundholzpreis ist sehr eng, da die Rundholzkosten an den Erzeugungskosten von Nadelsschnittholz einen Anteil von 50% bis 80% ausmachen (siehe z.B. EDER, 2000; KAINZ, 2004; MAIER, 1995). Abgesehen von Dimensions- und Qualitätsunterschieden haben die Weiterverarbeiter (Sägen) keine Wahlmöglichkeit bezüglich eines alternativen Rohstoffeinsatzes, so wie es bei Industrieholz in der Papier- und Plattenindustrie der Fall ist.

Der Einfluss der Nutzholzimportmengen auf den Sägerundholzpreis ist nur für die Periode 1970–1989 statistisch gesichert, jedenfalls aber sehr gering. Der Schadholzanfall beeinflusst den Sägerundholzpreis zwar größtenteils statistisch gesichert, sein Einfluss ist ebenfalls gering. Er hat im Zeitablauf aber etwas zugenommen. Die Erklärungskraft der Schätzungen ist trotz Verwendung von Daten auf Basis relativer Differenzen beachtlich hoch (R^2 zwischen 0,77 und 0,96), was hauptsächlich auf den Einfluss des Schnittholzpreises zurückzuführen ist. Im Zeitablauf hat die Erklärungskraft etwas abgenommen¹³⁾.

Die Schätzergebnisse des Nadelindustrieholzpreismodells (Tab. 2) unterscheiden sich in mehrfacher Hinsicht von jenen des Nadelssägerundholzpreismodells. Bei der Zellstoff- und auch bei der Plattenerzeugung haben die Weiterverarbeiter die Wahlmöglichkeit zwischen Industrieholz aus dem Wald (rund) und Sägenebenprodukten. Darüber hinaus machen die Holzkosten anteilig bei weiten nicht dieselbe Höhe aus wie in der Sägeindustrie. Daraus ergibt sich einerseits eine insgesamt geringere Erklärungskraft der geschätzten Gleichungen für den Nadelindustrieholzpreis (siehe R^2 in Tab. 2), andererseits im Vergleich zum Nadelssägerundholzpreis niedrigere (und nur z.T. gesicherte) Elastizitäten des Industrieholzpreises gegenüber dem Zellstoffimportpreis. Die Schätzergebnisse zeigen auch indirekt die Verlagerung des Nadelsschwachholzeinsatzes vom Industrieholz (für die Papier- und Plattenindustrie) hin zum schwachen Sägerundholz. Während in der Schätzperiode

¹²⁾ Zur Begründung des Trennzeitpunktes 1990 siehe 4.3.

¹³⁾ Ein möglicher Grund für die schwächere Erklärungskraft der Schätzung für die Periode 1990–2004 könnte auch in der Datenqualität liegen. Der hier verwendete Schnittholzpreis (eigentlich Durchschnittswert) basiert auf Außenhandelsdaten, die seit dem Beitritt Österreichs zur EU anders erfasst werden (Bruch in der Methodik der Datenerfassung).

Tab. 1

Geschätzte Elastizitäten des Nadelssägerundholzpreises gegenüber Schnittholzpreis, Nutzholzimportmenge und Schadholzmenge (BMLF/ BMLFUW, 1966–2005; FAOSTAT, 2005; FPP, 2005; OeSTAT/STATISTIK AUSTRIA, 1966–2005; WIFO-Datenbank, 2005; e.B.).

Estimated elasticities of the coniferous sawlog price in relation to sawnwood price, industrial roundwood imports and damage caused harvests.

Abhängige/ erklärte Variable Sägerundholzpreis (Fi/Ta, 3a B)	Unabhängige/ erklärende Variable	1970-2004	1970-1989	1990-2004
	Schnittholzpreis (β)	0,95***	0,98***	0,99***
	Schadholzmenge (δ)	-0,06***	-0,003	-0,09***
	Nutzholzimport (ε)	-0,04	-0,09**	0,0001
	R^2	0,86	0,96	0,77
	DW	2,28	2,15	1,96

Anm: Für die Schätzungen wurden alle Daten in relative Veränderungen (%) gegenüber dem Vorjahr umgerechnet. Deshalb ergeben die geschätzten Parameter direkt Elastizitäten.

Tab. 2

Geschätzte Elastizitäten des Nadelindustrieholzpreises gegenüber Zellstoffpreis, Sägerundholzpreis, Nutzholzimportmenge und Schadholzmenge (BMLF/BMLFUW, 1966–2005; FAOSTAT, 2005; FPP, 2005; OeSTAT/STATISTIK AUSTRIA, 1966–2005; WIFO-Datenbank, 2005; e.B.).

Estimated elasticities of the coniferous pulpwood price in relation to pulp price, coniferous sawlog price, industrial roundwood imports and damage caused harvests.

Abhängige/ erklärte Variable	Unabhängige/ erklärende Variable	1970–2003	1970–1989	1990–2003
Faser-/ Schleifholz Mischpreis (Fi/Ta)	Zellstoffimportpreis (β_1)	0,14**	0,25**	-0,02
	Sägerundholzpreis schwach (Fi/Ta 1a) (β_2)	0,22	-0,10	0,41*
	Schadholzmenge (δ)	0,03	0,05	0,001
	Nutzholzimport (ε)	-0,02	0,09	-0,05
	R^2	0,31	0,70	0,29
	DW	1,90	2,12	1,61

Anm: Für die Schätzungen wurden alle Daten in relative Veränderungen (%) gegenüber dem Vorjahr umgerechnet. Deshalb ergeben die geschätzten Parameter direkt Elastizitäten.

1970–1989 noch der Zellstoffimportpreis einen (bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit gesicherten) wesentlichen Einfluss auf den Industrieholzpreis ausübt, verschwindet dieser Einfluss in der Schätzperiode 1990–2003 vollkommen und wird (wenn auch nur mit 10% Irrtumswahrscheinlichkeit gesichert) vom Preis des schwachen Nadelsägerundholzes (Fi/Ta 1a) abgelöst. In keiner Schätzperiode hat die Höhe des Schadholzanfalls einen gesicherten Einfluss auf den Industrieholzpreis.

4.3 Langfristiger Einfluss des Schadholzanfalls auf den Nadelsägerundholzpreis

Die Schwankungen des jährlichen Schadholzanfalls haben nur einen geringen Einfluss auf den Nadelsägerundholzpreis (Tab. 1) und gar keinen auf den Nadelindustrieholzpreis (Tab. 2). Deshalb konzentrieren sich die folgenden Ausführungen ausschließlich auf Sägerundholz. Abb. 3 lässt vermuten, dass das Schadereignis von 1990 einen längerfristigen Einfluss auf die Relation zwischen Nadelsägerundholz- und Nadelschnittholzpreis haben könnte. Ab

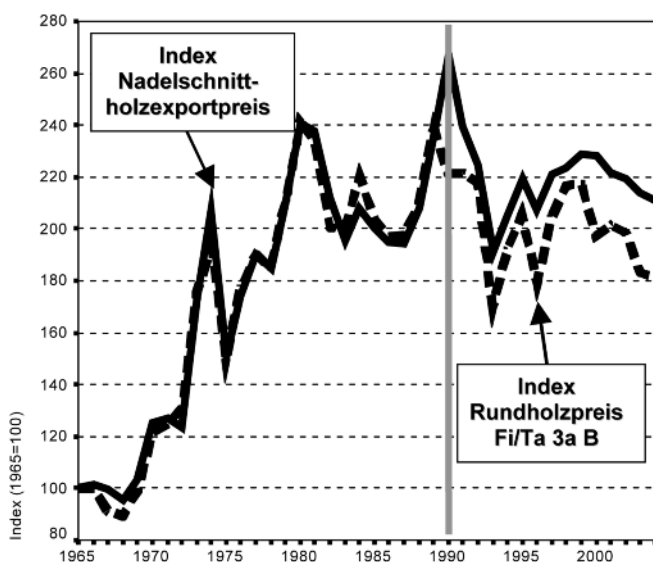


Abb. 3

Entwicklung der Indices des Nadelsägerundholzpreises (Fi/Ta 3a B) und des Nadelschnittholzexportpreises (OeSTAT/STATISTIK AUSTRIA, 1966–2005; WIFO-Datenbank, 2005; e.B.).

Indices of coniferous sawlog price (spruce/fir 3a B) and coniferous sawnwood export price over time.

1990 hat sich das Sägerundholzpreisniveau gegenüber dem Schnittholzpreisniveau nach unten verschoben.

Die einfache Regressionsschätzung mit dem Nadelsägerundholzpreisindex (abhängige Variable) und dem Nadelschnittholzexportpreisindex (unabhängige Variable) ergibt eine hohe Erklärungskraft (Tab. 3) und bestätigt den schon oben nachgewiesenen hohen Einfluss des Schnittholzpreises auf den Sägerundholzpreis.

Die Zeitreihe der Elastizitäten des Nadelsägerundholzpreises gegenüber dem Nadelschnittholzpreis (Abb. 4) ist ein weiterer Hinweis auf die Bedeutung des Schadereignisses von 1990 für das Holzpreisniveau. Zwischen 1989 und 1990 springt die Elastizität von 0,88 auf 1,07 und bleibt danach insgesamt auf einem signifikant höheren Niveau als zuvor (T-Test).

Auch die Berechnung und graphische Darstellung der kumulierten, quadrierten, rekursiven Restgrößen zeigt einen deutlichen Strukturbruch im Jahre 1990 (Abb. 5). Im Jahre 1990 wird die bis dahin mäßig steigende Kurve abrupt nach oben verschoben.

Beide graphischen Verfahren zur Feststellung von Strukturbrüchen deuten also darauf hin, dass das Schadereignis 1990 eine markante Rolle im Beobachtungszeitraum spielt. Für die T-Tests der Preisindices bei paarweisen Stichproben wurde daher der gesamte Beobachtungszeitraum in zwei Zeitabschnitte zerlegt (1965–1989 und 1990–2004).

Der T-Test bestätigt statistisch die bisherigen Erkenntnisse (Tab. 4). In der Periode 1965–1989 unterscheiden sich die Mittelwerte der beiden Preisindices nicht signifikant. Die Nullhypothese kann nicht zurückgewiesen werden. Der Mittelwertunterschied in der

Tab. 3

Ergebnisse der Regressionsschätzung: Nadelsägerundholzpreis in Abhängigkeit vom Nadelschnittholzexportpreis 1965–2004 (OeSTAT/STATISTIK AUSTRIA, 1966–2005; WIFO-Datenbank, 2005; e.B.).

Regression results: coniferous sawlog price (dependent variable) – sawnwood export price (independent variable) 1965–2004.

Abhängige/ erklärte Variable	Unabhängige/ erklärende Variable	Parameter
Sägerundholzpreis (Fi/Ta, 3a B)	Konstante (α)	12,68
	Schnittholzpreis (β)	0,89***
	R^2	0,93
	DW	1,01

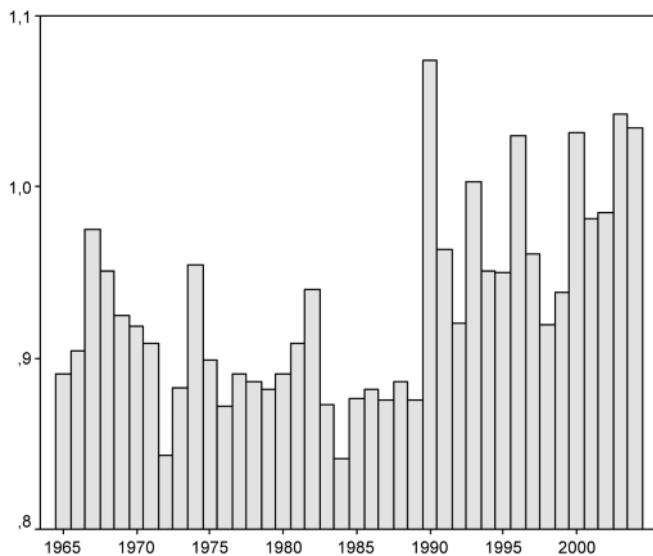


Abb. 4

Entwicklung der Elastizitäten des Nadelägerundholzpreises (Fi/Ta 3a B) gegenüber dem Nadel-schnittholzexportpreis (OeSTAT/STATISTIK AUSTRIA, 1966–2005; WIFO-Datenbank, 2005, e.B.).

Time series of the elasticities of the coniferous sawlog price (spruce/fir 3a B) in relation to the coniferous sawnwood export price.

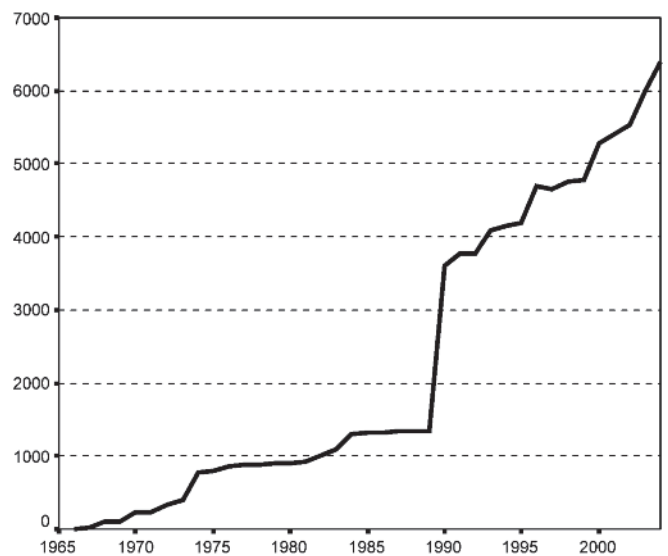


Abb. 5

Entwicklung der kumulierten, quadrierten, rekursiven Restgrößen aus der Regressionsschätzung Nadelägerundholzpreis (Fi/Ta 3a B) in Abhängigkeit vom Nadel-schnittholzexportpreis (OeSTAT/STATISTIK AUSTRIA, 1966–2005; WIFO-Datenbank, 2005, e.B.)

Time series of the cumulated, squared, recursive residues from the regression of coniferous sawlog price (spruce/fir 3a B; dependent variable) and coniferous sawnwood export price (independent variable).

Periode 1990–2004 hingegen beträgt knapp 21 Indexpunkte und ist statistisch hoch signifikant. Die Nullhypothese wird daher zurückgewiesen. Das Nadelägerundholzpreisniveau hat sich in dieser Periode gegenüber dem Nadel-schnittholzpreisniveau signifikant um ca. 10% nach unten verschoben.

5. DISKUSSION

Im Durchschnitt der letzten Jahrzehnte beträgt in Österreich der Anteil des Schadholzes am Gesamteinschlag rund ein Viertel, ist also generell hoch. Deshalb haben die „normalen“ jährlichen Schwankungen des Schadholzanfalles nur wenig Einfluss auf den Nadelägerundholzpreis (Elastizität maximal $-0,09$) und keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf den Nadelindustrieholzpreis. BERGEN et al. (2002) kommen für Rohholz insgesamt zu einem ähnlichen Schluss (Elastizität von $-0,025$). Diese Ergebnisse sollten aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass einzelne, besonders große Schadereignisse eine längerfristige Niveaushiftung der Nadelägerundholzpreise im Vergleich zu den Schnittholzpreisen nach unten bedingen können. So hat sich der Index des Nadelägerundholzpreises (Fichte/Tanne 3a B) gegenüber dem Nadel-schnittholzpreisindex (beide: 1965=100) in der Untersuchungsperiode 1990–2004 (also nach dem Schadereignis im Jahr 1990) gegenüber

der Vorperiode signifikant um 21 Indexpunkte oder rund 10% nach unten verschoben.

Ergebnisse von Berechnungen mit einem Simulationsmodell der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft (in ALLINGER-CSOLICH et al., 2000) zeigen ebenfalls die über das eigentliche Schadholz-jahr hinausgehenden Auswirkungen von großen Schadereignissen auf. Von den betroffenen Branchen sind diese für die Forstwirtschaft am deutlichsten negativ, da in den Jahren danach sowohl die Angebotsmengen als auch die Holzpreise sinken.

Noch nicht geklärt werden konnte hier die Frage, ob der Orkan „Lothar“ im Jahr 1999 zu einer weiteren Absenkung des Nadelägerundholzpreisniveaus im Vergleich zum Nadel-schnittholzpreis nach unten geführt hat. Bei Betrachtung von Abb. 3 deutet zwar einiges darauf hin, die Zeitreihe ist aber noch viel zu kurz, um daraus statistisch gesicherte Schlüsse ziehen zu können. Diese Untersuchung muss einem späteren Zeitpunkt vorbehalten bleiben.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Untersuchung erfasst kurzfristige und längerfristige Einflüsse von Schadholzmengen auf Rohholzpreise. Da

Tab. 4

Mittelwertvergleiche (paarweiser T-Test) der Indices von Nadelägerundholz- und Nadel-schnittholzexportpreis für zwei verschiedene Zeitperioden (OeSTAT/STATISTIK AUSTRIA, 1966–2005; WIFO-Datenbank, 2005, e.B.).

Comparison of means (pairwise t-test) of sawlog and sawnwood export price indices for two different time periods.

Produkt/Index	1965-1989			1990-2004		
	Mittelwerte (n=25)	Differenz Mittelwerte	Signifikanz (v. 0 versch.)	Mittelwerte (n=15)	Differenz Mittelwerte	Signifikanz (v. 0 versch.)
Fi/Ta 3a B Preis Index 1965=100	171,185	-0,426	0,709	200,526	-20,921***	0,000
Nadel-schnittholzexportpreis Index 1965=100	171,612			221,448		

Schadholz in Österreich zu mehr als 90% aus Nadelholz besteht, umfasst die quantitativ-statistische Analyse Nadelägerundholz (Stammholz) und Nadelindustrieholz. Zur Untersuchung und statistischen Prüfung von Zusammenhängen wird die Regressionsanalyse in Verbindung mit einem T-Test bei gepaarten Stichproben verwendet.

Die „normalen“ jährlichen Schwankungen des Schadholzanfalles haben nur einen geringen Einfluss auf den Nadelägerundholzpreis (Elastizität maximal $-0,09$) und keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf den Nadelindustrieholzpreis. Dies sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass besonders große Schadereignisse eine längerfristige Niveauverschiebung der Nadelägerundholzpreise im Vergleich zu den Schnittholzpreisen nach unten bedingen können. So hat sich der Index des Nadelägerundholzpreises (Fichte/Tanne 3a B) gegenüber dem Nadel schnittholzexportpreisindex nach dem Schadereignis 1990 signifikant um rund 10% nach unten verschoben.

7. Summary

Title of the paper: *Impacts of Damage Caused Timber Harvests on Roundwood Prices. A Quantitative-Statistical Analysis with the Example of Austria.*

This study analyses short-term and long-term impacts of damage caused harvests on roundwood prices. In Austria, more than 90% of these harvests consist of coniferous wood. Therefore the statistical analysis focuses on coniferous logs and coniferous pulpwood. The tests are done applying regression analysis in combination with a pairwise t-test.

“Ordinary” annual changes of damage caused harvests have only little impact on log prices (elasticity $-0,09$) and no impact on pulpwood prices. However, large shocks caused by massive windbreaks can shift the level of log prices down as compared to the level of sawnwood prices in the long run. After the large windbreak of 1990 the coniferous log price index decreased significantly to a level of 10% below the coniferous sawnwood export price index. From 1965-1989 both indices remained on the same level.

8. Résumé

Titre de l'article: *Influences des volumes de bois endommagés sur les prix des bois bruts. Analyse quantitative et statistique en prenant l'exemple de l'Autriche.*

La présente recherche concerne les influences à court et long termes des volumes de bois endommagés sur les prix des bois bruts. Comme en Autriche ces bois dépréciés sont constitués pour plus de 90% par des résineux l'analyse quantitative et statistique porte sur les bois de sciage (bois du fût) et les bois d'industrie de conifères. Pour la recherche et le contrôle statistique on a utilisé l'analyse par régression, en liaison avec un test T sur des couples d'échantillons. Les fluctuations annuelles «normales» des attaques provoquant la dépréciation du bois n'ont qu'une faible influence sur le prix des bois ronds de sciage résineux (élasticité maximale $-0,09$) et aucune influence statistiquement prouvée n'a pu être détectée pour le prix des bois d'industrie résineux. Cela ne doit pas cependant induire en erreur on laissant croire que seule l'apparition de dommages particulièrement importants est susceptible d'entraîner sur le long terme un glissement vers le bas du niveau des prix des bois ronds destinés au sciage en comparaison des prix des sciages, s'agissant toujours de résineux. Ainsi, après les dommages intervenus en 1990, l'indice du prix des bois ronds résineux destinés au sciages (épicéa/sapin 3a B) a chuté, significativement, de 10% environ par rapport à l'indice du prix à l'exportation des sciages résineux.

J. M.

9. Literatur

- ALLINGER-CSOLICH, W., J. HACKL, F. HECKL, E. HOCHBICHLER, P. SCHWARZBAUER und B. SCHWARZL (2000): Papierrecycling – Wald. Papierrecycling – Forstwirtschaft – Wald: Darstellung möglicher Zusammenhänge. Umweltbundesamt, Monographien Band 131, Wien.
- BAUDIN, A. and A. WESTLUND (1985): Structural Instability Analysis: The Case of Newsprint consumption in the United States. *Forest Science*, 31. (4), 990–994.
- BERGEN, V., W. LÖWENSTEIN und R. OLSCHESKI (2002): Forstökonomie. Volkswirtschaftliche Grundlagen. Verlag Franz Vahlen, München.
- BERGEN, V., M. MOOG, C.-M. KIRSCHNER und F. SCHMID (1988): Analyse des Nadelstammholzmarktes in der Bundesrepublik Deutschland und dessen Beeinflussung durch die Waldschäden. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 92. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M.
- BMLF/BMLFUW (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT/ BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT) (1966–2005): Holzeinschlagsmeldung [HEM] (1965–2004). Eigenverlag, Wien.
- EDER, A. (2000): Holzströme in der österreichischen Volkswirtschaft. Untersuchung der Verflechtung der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft an hand von Input-Output-Tabellen. Schriftenreihe des Instituts für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- FAOSTAT (2005): Forestry Data. Roundwood, Sawnwood, Wood-Based Panels. Internet. <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=forestry>, Rom.
- FPP (KOOPERATIONSABKOMMEN FORST-PLATTE-PAPIER) (2005): Außenhandelsstatistik. Internet. <http://www.fpp.at/>, Wien.
- HEIL, J. (1991): Einführung in die Ökonometrie, Oldenburg Verlag, München-Wien.
- HÖLSCHER, M. (2004): Interregionale Preiszusammenhänge auf den deutschen Rohholzmärkten – Eine ökonometrische Analyse. Dissertation an der Universität Hamburg, Hamburg.
- KAINZ, D. (2004): Creating Value. Globale Schnittholzmärkte. Unveröffentlichter Vortrag (Powerpoint Präsentation) vor dem Verband der Holzwirte Österreichs am 24.11., Wien.
- KREHAN, H., G. STEYRER, B. PERNY und P. PREIER (2005): Borkenkäfer-Monitoring und Borkenkäfer-Kalamität 2004, Forstschutz Aktuell Nr. 33, Online: <http://bfw.ac.at/400/2168.html>, Wien.
- LÜCKGE, F.-J.: Modelle des Angebotsverhaltens deutscher Forstbetriebe – Stand und Perspektiven der Forschung. AFJZ, 171 Jg., 1, 15–19.
- MAIER, G. (1995): Analyse der Beschaffung von Rundholz in der Sägeindustrie Österreichs. Boku Wien Dissertationen 42, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien.
- MAYER, P. (1979): Empirische Untersuchungen über den schweizerischen Holzmarkt. Dissertation, Zürich.
- MANTAU, U. (1987): Simulation erhöhter Einschlagsmengen infolge neuartiger Waldschäden und ihre ökonomischen Folgen für den Nadel schnittholzmarkt. Forschungsvorhaben „Folgen der neuartigen Waldschäden für die Holzmärkte der Bundesrepublik Deutschland“. Ergebnisbericht 3, Institut für Forstpolitik und Raumordnung, Arbeitsbereich Holzmarktlehre an der Universität Freiburg i.Br.
- MANTEL, K. (1973): Holzmarktlehre. Ein Lehr- und Handbuch der Holzmarktökonomie und Holzwirtschaftspolitik. Verlag J. Neumann – Neudamm, Melsungen.
- MICHEL, L. und U. STEINMEYER: Zum Angebotsverhalten der Niedersächsischen Landesforstverwaltung auf dem Nadelstammholzmarkt von 1976 bis 1989. *Forst und Holz* 47, 748–751.
- MOOG, M. (1992): Zum Angebotsverhalten von Forstbetrieben. Eine ökonomische Studie. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 105. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M.
- MOOG, M. und P. SCHWARZBAUER (1992): Das Angebotsverhalten der österreichischen Forstwirtschaft. Ökonometrische Schätzungen von Angebotsfunktionen. Schriftenreihe des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik, Band 14, Eigenverlag, Wien.
- OBERSTEINER, M. (1998): The Pan Siberian Forest Industry Model (PSFIM): A theoretical concept for forest industry analysis. IIASA Interim Report IR-98-033, Laxenburg.
- OeSTAT/STATISTIK AUSTRIA (1996–2005): Agrarpreisstatistik. Land- und Forstwirtschaftliche Erzeugerpreise (1965–2004). Schnellbericht(e), Wien.
- RODEGHIER, M. (1997): Marktforschung mit SPSS. Analyse, Datenerhebung und Auswertung. Thomson Publishing, Bonn [u.a.].
- SCHWARZBAUER, P. (1997): Austria. In: SOLBERG, B. and MOISEYEV, A. (ed.): Demand and Supply Analyses of Roundwood and Forest Products Markets in Europe – Overview of Present Studies. EFI Proceedings No. 17, 7–44, Joensuu.

SCHWARZBAUER, P. (1998): Structural change in roundwood and forest products markets: definitions, factors and methods. In: SOLBERG, B. and MOISEYEV, A. (ed.): Analyzing Structural Changes in Roundwood and Forest Products Markets in Europe. Empirical Studies and Research Priorities. EFI Proceedings No. 26, 7–36, Joensuu.

STEINMEYER, U. (1992): Der deutsche Nadelstammholzmarkt. Eine aktualisierte Modellschätzung und Untersuchungen zu einem besitzarten spezifischen Angebotsverhalten von Forstbetrieben. Forstarchiv 63, 106–111.

THOROE, C., V. SASSE, H. ENGLERT und ELSASSER, P. (1998): Zum potentiellen Aufkommen und Angebot von Rohholz. Teil 1: Inverses Angebotsverhalten auf deutschen Märkten nicht bestätigt. Holz-Zentralblatt Nr. 37, 577 + 584.

TÖRNKVIST, B. (1988): Quantifying Structural Change – a Model Based Approach. Dissertation. Statistical Research Report. University of Umeå, Umeå, 1988

WIFO-Datenbank (2005): Nadelstammholzexportsteuern. Internet. <http://www.wifo.ac.at/cgi-bin/wzrp/kat/disreihe.cgi?GEN+PLXNSN%22M+1M1960+12M1996+++++16622+0+1+++++1+++++>, Wien.

Z-Baum orientierte Auslesedurchforstung in Buche [*Fagus sylvatica* L.]: Auswirkungen auf Qualität, Sortenstruktur und Wertleistung

(Mit 8 Abbildungen und 6 Tabellen)

Von S. HEIN^{1)*}, E. LENK¹⁾, J. KLÄDTKE²⁾, U. KOHNLE¹⁾

(Angenommen Juni 2006)

SCHLAGWORTER – KEY WORDS

Z-Baum; Auslesedurchforstung; Buche; Holzqualität; Sortierung; Wertleistung.

Crop tree; selective thinning; European beech; wood quality; timber assortment; value production.

1. EINLEITUNG

Die Wertleistung von Waldbeständen bildet die wirtschaftliche Basis von Forstbetrieben. Sie ergibt sich aus der Bewertung der natürlichen Produktionsleistung (Menge, Qualität, Dimension) mit Aufwands- und Ertragsgrößen (z.B. Aufwand für Bestandesbehandlung und Holzernte, Rundholzpreise). Neben der Leistungsfähigkeit des Standorts und der Baumartenwahl ist dabei die Behandlungsstrategie von großer Bedeutung für eine zielgerichtete Beeinflussung des Wachstums: sie bestimmt die Entwicklung des Rundholzes nach Qualität und Sortengliederung und hat zugleich starken Einfluss auf die Produktionsrisiken.

Während früher bei der Entwicklung von Behandlungsstrategien vorwiegend bestandesbezogene Überlegungen im Vordergrund standen, beschreiben zeitgemäße Durchforstungsstrategien die zielgerichtete Entwicklung einzelner Bäume. Beispielsweise wird mit früh einsetzenden, Z-Baum orientierten Durchforstungskonzepten das Wachstum ausgewählter Einzelbäume gelenkt. Durch die Entnahme von Bedrängern soll deren potenzieller Zuwachs auf dauerhafte ausgewählte Z-Bäume konzentriert werden (vgl. GRABNER, 1840; FISCHBACH, 1885; PHILLIP, 1924; ABETZ, 1970; ABETZ, 1975; HERBSTTRITT *et al.*, 2006).

Im Gegensatz zu den umfangreichen Experimenten zur Wachstumssteuerung von Z-Bäumen bei Nadelbäumen, insbesondere der Fichte, (z.B. ABETZ, 1969; ABETZ, 1977; JOHANN, 1983; HERBSTTRITT *et al.*, 2006) wurden nur wenige vergleichbare Versuche für die Buche angelegt (z.B. BRYNDUM, 1980; PARDÉ und TISSERAND, 1981; BRYNDUM, 1987). Anfangs der 1970er Jahre installierte

ALTHERR in Südwestdeutschland jedoch eine umfangreiche Versuchsserie. Als Ziel wurde die Verbesserung der Wertleistung durch eine Erhöhung des Anteils der Stammholzklassen L4-6 formuliert. Mit einer Lichtwuchsdurchforstung sollte das Durchmesserwachstum der Z-Bäume beschleunigt und auch einer Entwertung durch Rotkern entgegen gewirkt werden (ALTHERR, 1971; ALTHERR, 1981). Durch ihre Einmaligkeit und lange Beobachtungsdauer dienten diese Versuchsanlagen wiederholt als Wachstumsreferenz in der Diskussion um quantifizierte Produktionsziele und praxisverständliche Durchforstungsanweisungen (WILHELM *et al.*, 1999a,b,c; KLÄDTKE, 2002). Mit einigen Modifikationen bilden die wachstumskundlichen Grundlagen der von ALTHERR konzipierten Durchforstungsversuche auch die Richtschnur für die im öffentlichen Wald in Baden-Württemberg gültigen waldbaulichen Prinzipien zur Behandlung von Buchenwäldern (BW-LFV, 1999; VON TEUFFEL, 2002).

Eine auf die Analyse der Durchmesserentwicklung ausgerichtete erste Zwischenbilanz dieser Versuche wies bereits darauf hin, dass mit einer Z-Baum orientierten Auslesedurchforstung das Durchmesserwachstum von Buchen gegenüber den früher üblichen schwächeren Hoch- bzw. Niederdurchforstungen verbessert werden kann (KLÄDTKE, 1997). Die zusätzliche Analyse großkroniger, weitständig erwachsener Buchen aus dem französischen und südwestdeutschen Raum konnte Zusammenhänge zwischen Alter, Durchmesser und Rotkernbildung aufzeigen (KLÄDTKE, 2002). Auf der Grundlage dieser Ergebnisse ist davon auszugehen, dass die 60–80 dicksten Bäume je ha bei rechtzeitig einsetzender Lichtwuchsdurchforstung Stärken von 60 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) innerhalb von etwa 90 Jahren erreichen können. Auch schwächere Buchen sind offenbar in der Lage, diese Stärke in weniger als 120 Jahren zu erzielen. Einen wesentlichen Aspekt bei der Festlegung von Produktionszielen bildet dabei die Beobachtung, dass erst bei darüber hinausgehendem Alter das Entwertungsrisiko durch Rotkernbildung stärker ansteigt.

2. PROBLEMSTELLUNG

Auf der von ALTHERR eingerichteten Versuchsreihe zur Lichtwuchsdurchforstung haben nach 35-jähriger Durchforstungsphase die ersten Z-Bäume einen BHD von annähernd 60 cm und damit das ursprünglich vorgesehene Produktionsziel erreicht. Mit Beginn

¹⁾ Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Waldwachstum, Postfach 708, D-79100 Freiburg, Deutschland.

²⁾ Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universität Freiburg, D-79085 Freiburg, Deutschland.

*) Kontakt: Dr. S. HEIN; Email: sebastian.hein@forst.bwl.de

der Hauptnutzung treten die Versuche nun ein in eine neue Entwicklungsphase mit aufkommender Verjüngung und rascher Veränderung der Bestandesstruktur. Aus diesem Grund erscheint eine Bilanzierung der Ergebnisse nach 35-jähriger Versuchsdauer angebracht.

Bei Laubbäumen wirken sich die erreichte Schaftdimension und Schaftqualität entscheidend auf den Produktionserfolg aus. Allerdings liegen zum Qualitätsaspekt für Buchen-Versuchsflächen bislang keine detaillierten Untersuchungen vor, die eine quantifizierte Kontrolle des Handlungserfolges erlauben. Für Laubbaumbestände erarbeiteten zwar BRABÄNDER (1957), SPEIDEL (1955) und ARNSWALDT (1950) frühzeitig einfache Methoden zur Wertkontrolle, in denen allerdings nur eine an der Rundholzsortierung angelehnte Ansprache nach verkaufsfählichen Güteklassen erfolgt.

Eine neuere Methode der Güteansprache am stehenden Stamm wurde für eine regionale Unterstichprobe der Bundeswaldinventur von WILLMAN *et al.* (2001) erarbeitet und angewandt (LEENEN und SCHMIDT, 2005). Gegenüber früheren Vorgehensweisen werden hier zahlreiche qualitätsbezogene und baumartenspezifische Einzelkriterien geprüft, bevor eine Zuordnung zu einer von sechs Gütekategorien erfolgt (MAHLER *et al.*, 2001). Vergleichbare Taxierungsmethoden (z.B. STEPIEN *et al.*, 1998) zeigen bislang trotz großer Reststreuung die grundsätzliche Möglichkeit, eine Güteansprache am stehenden Stamm als Indikator für die Schnittholzqualität zu nutzen.

Die Wertleistung der Buche wurde für verschiedene Formen der Wachstumssteuerung wiederholt untersucht: bisher beschränkten sich diese jedoch mangels geeigneter Referenzflächen auf modellhafte Berechnungen (z.B. RIPKEN und SPELLMANN, 1979; BRANDL, 1988; BRANDL, 1989; TARP *et al.*, 2000; MORSING, 2001) oder auf Erhebungen höherer Skalenebene wie Betriebs- oder Regionalanalysen (z.B. HOLTEN-ANDERSEN, 1987; NORD-LARSEN *et al.*, 2003). Durch die von ALTHERR angelegte Versuchsreihe mit experimenteller Versuchsanordnung und langfristiger Beobachtung des ausscheidenden und verbleibenden Bestandes bietet sich bei klar quantifizierter Behandlung die einzigartige Möglichkeit, die bestandesindividuelle Wertleistung anhand des realen Wachstums zu beurteilen.

In der vorliegenden Arbeit sollen deshalb drei bislang offene Themenbereiche bearbeitet werden. Aus den Ergebnissen werden

Folgerungen für die Verbesserung der Wachstumssteuerung von Buchen abgeleitet. Entsprechend der Konzeption der Versuchsanlage liegt der Schwerpunkt auf der Durchforstungsphase. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Bereiche:

A) *Qualität*: Welche qualitätsbezogenen Unterschiede ergeben sich zwischen den Behandlungsvarianten der ALTHERR'schen Versuchsanlage?

B) *Sortenleistung*: Wie wirken sich die Behandlungsvarianten auf die Sortengliederung des Durchforstungsanfalls und des am Ende der Durchforstungsphase verbleibenden Bestandes aus?

C) *Wertleistung*: Welche Auswirkungen haben die behandlungsspezifischen Entwicklungen von Qualität und Sortenertrag auf die Wertleistung, insbesondere vor dem Hintergrund der unterschiedlichen zeitlichen Horizonte, zu denen die Erträge und Aufwendungen anfallen?

3. MATERIAL UND METHODIK

3.1 Waldwachstumskundliche Versuchsflächen

In den Jahren 1969–1971 richtete ALTHERR in Baden-Württemberg insgesamt 10 Buchen-Versuchsflächen in den Wuchsgebieten „Neckarland“ und „Schwäbische Alb“ ein (vgl. *Tab. 1*). Nach den Bonitierungstabellen für die Forsteinrichtung in Baden-Württemberg (BÖSCH, 2002) liegt der dG_{100} auf diesen Flächen zwischen 8–10 $Vfm_{100}m.R.$. Der hektarbezogene jährliche Volumenzuwachs lag in der letzten 5-jährigen Aufnahmeperiode 1999–2004 zwischen 10,8–19,0 $Vfm_{100}m.R.$ (Mittel: 13,6 $Vfm_{100}m.R.$) und damit auf einem im Vergleich zu den durchschnittlichen aktuellen Zuwachsverhältnissen in Baden-Württemberg hohen Niveau (vgl. VON TEUFFEL *et al.*, 2002). Die gesamte Versuchsreihe umfasst eine Fläche von 7,91 ha. Die Größe der einzelnen Versuchsfelder liegt zwischen 0,14–0,50 ha (Mittel: 0,38 ha). Nach der Erstaufnahme wurden je Versuchsfeld sieben Wiederholungsaufnahmen durchgeführt. Die Auswirkungen der Behandlungen auf Bestandeskenngrößen sind deutlich (*Tab. 2*, vgl. KLÄDTKE, 2002).

Die Versuchsflächen umfassen die Durchforstungsvarianten „Z-Baum orientierte Lichtwuchsdurchforstung nach ALTHERR“ und „optimale Grundflächenhaltung nach ASSMANN“. Nur in zwei Fällen ist eine zusätzliche Behandlung „Lichtwuchsbetrieb nach FREIST“ vorhanden. Die Auswahl der Bestände erfolgte damals im

Tab. 1
Standorte auf den ALTHERR'schen Versuchsfeldern.
Site characteristics of the “ALTHERR”-experimental plots.

Versuchsfeld	Höhe NN	Geologie	Standortseinheit	Bodentyp
Bu 223/ 1+2	340	Oberer Muschelkalk	m.tr. tongründiger Schichtlehm	zweischichtige Parabraunerde
Bu 224/ 1	340	Oberer Muschelkalk	fr. Feinlehm	Braunerde
Bu 224/ 2			m. fr. Kalkverwitterungslehm	
Bu 225/ 1	310	Oberer Muschelkalk	m. fr. Fein-/Schichtlehm	Parabraunerde, teils zweischichtig
Bu 225/ 2			m. fr. Fein-/Decklehm	
Bu 226/ 1-3	610	Weißer Jura	m. fr. Schlufflehm	Braunerde
Bu 227/ 1+2	650	Weißer Jura	m. fr. Kalkverwitterungslehm	Terra fusca
Bu 228/ 1-3	660	Weißer Jura	m. fr. Kalkverwitterungslehm	Terra fusca
Bu 229/ 1+2	665	Weißer Jura	m. fr. Kalkverwitterungslehm, teils Schicht- bis Feinlehm	Terra fusca, Pseudogley-Parabraunerde
Bu 230/ 1	610	Weißer Jura	Schicht-/Schlufflehm, teils m. fr. Kalkverwitterungslehm	Braunerde
Bu 230/ 2			Schicht-/Schlufflehm, teils Feinlehm	
Bu 231/ 1	580	Weißer Jura	m. fr. bis fr. Kalkverwitterungslehm, teils Mergeltone / Schlufflehmauflage	Terra fusca bis Terra fusca-Braunerde Rendsina-Pelosol bis Braunerde-Pelosol
Bu 231/ 2			m. fr. Mergelton, teils Kalkverwitterungslehm	
Bu 232	310	Lettenkeuper	gr.fr. Decklehm, schwach wechselfeucht	pseudovergleyte Parabraunerde

Tab. 2

Wachstumskundliche Kennwerte der ALTHERR'schen Versuchsfelder,
L = Variante ALTHERR, S = Variante ASSMANN, F = Variante FREIST, BB = bleibender Bestand.

Growth and yield characteristics of the "ALTHERR" experimental plots,
L = experiment ALTHERR, S = experiment ASSMANN, F = experiment FREIST, BB = remaining stand.

Versuchsfeld (plot)	Beob- achtungs- zeitraum (period)		Alter (age)		Baumzahl BB (N/ha)		d ₁₀₀ BB		h ₁₀₀ BB		Volumen BB Vfm _D .m.R. (volume o.b.)		iV Vfm _D .m.R. (volume o.b.)		GWL (total cum. volume production)
L=ALTHERR S=ASSMANN	F=FREIST	Beginn / Ende	Beginn / Ende	Beginn / Ende	Beginn / Ende	Beginn / Ende	Beginn / Ende	Beginn / Ende	Beginn / Ende	Beginn / Ende	min / max	Ende			
Bu 223/1-L	1970	2004	54	89	2423	883	23,9	45,7	21,8	31,0	216,3	347,5	10,8	16,2	779
Bu 223/2-S	1970	2004	54	89	2270	533	24,0	43,4	21,4	32,0	219,4	501,4	13,8	17,7	839
Bu 224/ 1-L	1969	2004	63	98	2196	593	24,0	47,0	21,5	31,2	227,0	361,2	12,1	15,6	776
Bu 224/ 2-S	1969	2004	58	93	2504	660	22,3	40,4	19,6	29,9	195,5	432,4	10,8	16,3	725
Bu 225/ 1-L	1971	2004	74	107	733	288	34,0	50,3	28,2	34,5	297,3	402,5	12,6	17,5	1074
Bu 225/ 2-S	1971	2004	74	107	920	256	35,1	49,8	27,2	34,8	361,7	510,1	12,2	18,3	1070
Bu 226/ 1-L	1971	2004	78	111	920	418	29,1	48,0	24,7	32,8	224,9	440,5	12,3	15,7	919
Bu 226/ 2-S	1971	2004	78	111	934	410	30,8	45,2	24,3	33,6	277,4	522,8	12,1	15,3	933
Bu 226/ 3-F	1971	2004	78	111	826	286	29,1	46,9	24,3	33,5	264,1	427,0	12,6	17,2	943
Bu 227/ 1-S	1971	2004	69	102	1485	494	28,6	46,2	25,4	35,1	339,6	543,4	15,1	18,6	1032
Bu 227/ 2-L	1971	2004	69	102	2012	742	25,0	48,9	23,9	33,0	218,4	395,9	13,7	16,4	929
Bu 228/ 1-L	1970	2004	62	96	2230	702	23,7	44,8	23,1	32,0	224,9	366,0	12,8	15,2	861
Bu 228/ 2-F	1970	2004	62	96	1990	597	24,2	45,0	24,2	33,3	244,3	401,0	13,4	16,2	916
Bu 228/ 3-S	1970	2004	62	96	1623	545	24,8	42,9	23,8	34,8	276,3	521,3	15,3	19,0	988
Bu 229/ 1-S	1970	2004	70	104	1303	403	28,7	46,1	25,7	34,9	344,5	558,1	14,2	16,1	983
Bu 229/ 2-L	1970	2004	70	104	1055	370	29,9	48,5	26,8	33,3	299,5	419,3	12,1	14,9	974
Bu 230/ 1-L	1971	2004	88	121	700	370	29,5	46,5	25,6	34,3	239,7	455,7	12,1	13,8	944
Bu 230/ 2-S	1971	2004	88	121	868	366	29,2	43,5	25,0	34,8	303,9	526,3	12,3	14,7	934
Bu 231/ 1-S	1971	2004	78	111	1260	550	27,6	41,9	24,0	32,4	273,5	498,8	11,7	14,3	887
Bu 231/ 2-L	1971	2004	78	111	1085	460	26,7	44,1	24,3	31,6	195,2	303,7	10,8	12,8	854
Bu 232-L	1971	2004	78	111	757	340	31,2	50,7	25,0	33,0	257,8	439,2	12,2	16,1	954

Bestandesalter zwischen 54–88 Jahren, bei einer durchschnittlichen Ansatzhöhe des ersten grünen Primärastes von ca. 10 m.

Das Behandlungsprogramm nach ALTHERR sieht vor, nach der Auswahl und Festlegung der Z-Bäume deren Wachstum durch gezielte Entnahme von Bedrängern aus dem Füllbestand (Bestand ohne Z-Bäume) zu fördern. Die Stärke der Durchforstungseingriffe wird dabei durch die Grundflächenhaltung charakterisiert: nach einem bonitätsgestaffelten Anstieg wird die Bestandesgrundfläche mit den ersten Durchforstungseingriffen auf ca. 20 m² nach Durchforstung (*n.Df.*) abgesenkt und über einen Zeitraum von 10–20 Jahren auf diesem Niveau gehalten. Danach sollen schwächer geführte Eingriffe und ein Wiederanstieg der Bestandesgrundfläche flächenbezogene Volumenzuwachsvverluste vermeiden. Die Durchforstungen erfolgen grundsätzlich Z-Baum orientiert. Es werden bedrängende Füllbestandsbäume zugunsten von 110 je ha dauerhaft ausgewählten Z-Bäumen entnommen (ALTHERR, 1971; ALTHERR, 1981).

Der von FREIST konzipierte Lichtwuchsbetrieb beruht ebenfalls auf einer Förderung festgelegter Z-Bäume im Rahmen von Hochdurchforstungen. Im Unterschied zu ALTHERR sieht das Behandlungsprogramm vor, die Bestandesgrundfläche *n.Df.* ab dem Erreichen einer astfreien Schaftlänge von 10 m dauerhaft auf einem Niveau von ca. 23 m² zu halten. Eine bis zum Erreichen des Zieldurchmessers andauernde Umlichtung der Kronen der Z-Bäume soll ein fortwährende Förderung des Durchmesserwachstums gewährleisten (FREIST, 1962).

Als Referenz dient in allen Versuchsanlagen die ASSMANN-Variante mit einer für maximale Volumenleistung ausgelegten optimalen Grundflächenhaltung (ASSMANN, 1961). Programmgemäß

erfolgen hier lediglich schwache, niederdurchforstungsartige Eingriffe. Für Vergleichszwecke sind bei der ASSMANN-Variante zu Versuchsbeginn analog den Z-Bäumen der ALTHERR- bzw. FREIST-Variante sog. Z-Vergleichsbäume vorhanden. Die Auswahl dieser Z-Vergleichsbäume dient jedoch ausschließlich dem Vergleich mit den homologen Z-Baum-Kollektiven der ALTHERR- bzw. FREIST-Felder. Im Gegensatz zu den Z-Bäumen der beiden anderen Varianten wird die Entwicklung der Z-Vergleichsbäume der ASSMANN-Variante lediglich beobachtet. Die Z-Vergleichsbäume erfahren keine gezielte waldbauliche Förderung.

Buchen, die weder dem Kollektiv der Z-Bäume (ALTHERR, FREIST) bzw. der Z-Vergleichsbäume (ASSMANN) angehören, werden im Folgenden als Füllbestandsbäume bezeichnet.

3.2 Messung und statistische Analyse

3.2.1 Kronenansatz, astfreie Schaftlänge und relative Kronenlänge

Zu Versuchsbeginn wurde als qualitätsbezogene Erhebung die Ansatzhöhe des ersten lebenden Primärastes (Kronenansatz) gemessen. Anlässlich der letzten turnusmäßigen Aufnahme (2004) wurden die Ansatzhöhen des untersten toten bzw. lebenden Primärastes erneut vermessen. Die Ansatzhöhe des untersten toten Primärastes dient zur Herleitung der astfreien Schaftlänge. Liegt unterhalb des untersten lebenden kein toter Primärast mehr vor, gilt die Ansatzhöhe des untersten lebenden Primärastes als astfreie Schaftlänge. Die relative Kronenlänge der Bäume ergibt sich aus Baumhöhe und Ansatzhöhe des untersten lebenden Primärastes. Für die Ansatzhöhe des untersten lebenden (toten) Primärastes liegen aus der Ersterhebung durch ALTHERR 648 (0) Messungen und aus der zweiten Erhebung 604 (604) Messungen vor. Für 213

Tab. 3

**Kenngrößen der Buchen mit Güteansprache am stehenden Stamm
nach der Bundeswaldinventur 2 (Aufnahme 2004).**

**Tree sample description for the standing tree quality classes (assessment 2004)
according to the second German national forest inventory.**

Variante experiment	N	Kollektiv	N	BHD (\bar{x})	(s_x^2)
ALTHERR	522	F-Baum	167	38,0	6,39
		Z/ V-Baum	355	47,7	6,08
FREIST	166	F-Baum	77	38,6	4,83
		Z/ V-Baum	89	45,2	5,27
ASSMANN	687	F-Baum	393	37,7	5,74
		Z/ V-Baum	294	42,6	5,92

Z-Bäume bzw. Z-Vergleichsbäume stehen Wiederholungsmessungen zur Verfügung.

Die Behandlungsunterschiede wurden unter Verwendung von gemischten hierarchischen Modellen analysiert. Dabei wurde der Fehlerterm in zufällige Effekte der Versuchsfläche, des Versuchsfeldes und des Baumes aufgeteilt. Es wurden multiple Mittelwertvergleiche mit Bonferroni-Korrektur für die Behandlungseffekte durchgeführt. Da die Messungen einen geringen zeitlich unterschiedlichen Effekt aufweisen (33–35 Jahre Beobachtungsdauer) wurde dem Effekt der Wiederholungsmessung eine zeitlich von der Versuchsdauer abhängige Kovarianzstruktur zugeordnet (nur Modell 3, vgl. Tab. 5; SAS 9.1 2004). Zur Parameterschätzung wurde die restricted maximum likelihood-Methode (REML) der SAS-Prozedur PROC MIXED (SAS 9.1 2004) verwendet.

3.2.2 Güteansprache am stehenden Stamm

Die Erhebungen zur Gütebeurteilung erfolgten anlässlich der letzten Messkampagne im Winterhalbjahr 2004/05 an allen Buchen der Versuchsanlage mit einem BHD über 30 cm. Die Ansprache richtete sich nach der Güteansprache am stehenden Stamm der zweiten Bundeswaldinventur (BWI 2; MAHLER et al., 2001). Um die Zielsetzung der Versuchsanlage mit angestrebten astfreien Schaftlängen von 10 m abzubilden, erfolgte die Güteansprache bis auf diese Höhe, während sich die Ansprache bei der BWI 2 auf 5 m Höhe beschränkte. Auf den Versuchsflächen wurden so insgesamt 1.375 Buchen (738 Z-Bäume bzw. Z-Vergleichsbäume und 637 Füllbestandsbäume) beurteilt (Tab. 3).

Die Güteansprache am stehenden Stamm beschränkt sich auf äußerlich erkennbare Merkmale der Rundholzqualität und bildet damit einen Potenzialansatz für die modellhafte Darstellung der Holzqualität. Bei der Einordnung nach Gütemerkmalen werden die Häufigkeit des Auftretens und Größe der Astnarben, weitere Rindenmerkmale, Krümmung, Wasserreiser und sonstige Schäden angesprochen. Äußerlich am stehenden Baum nicht beurteilbare Qualitätsmerkmale im Stamminnen können bei diesem Ansatz nicht berücksichtigt werden. Die Güteansprache gliedert sich in 6 Klassen (1–3 = überdurchschnittlich: ‚sehr gut‘, ‚gut‘, ‚besserer Durchschnitt‘; 4–6 = unterdurchschnittlich: ‚schlechterer Durchschnitt‘, ‚schlecht‘, ‚zu schlecht‘). Die Beurteilung erfolgte nach einem detaillierten qualitativen, in Teilen aber auch quantitativen Schlüssel in ordinaler Skalierung (WILLMAN et al., 2001).

Effekte auf die Ausprägung der Güteklasse wurden anhand von Baumeigenschaften oder der Durchforstungsvariante mittels generalisierter gemischter Modelle analysiert (SCHABENBERGER und PIERCE, 2002). Die Modelle zerlegen den Fehlerterm in die zufälligen Effekte der Hierarchieebenen Versuchsfläche und Versuchsfeld. Die Verwendung dieser Modelle erlaubt die Schätzung ordinaler Zielvariablen. Da die Ausprägung der Güteansprache kategorial gereiht ist, wurde ein kumulatives logistisches Modell berechnet.

Zur Parameterschätzung wurde die residual pseudo likelihood Methode der SAS-Prozedur PROC GLIMMIX (SAS 9.1 2004; SAS 2005) verwendet. Die Berechnung des Anteils aufgeklärter Varianz wurde nach

$$r^2 = \frac{\sigma_{\text{linp}}^2}{\sigma_{\text{linp}}^2 + \sigma_{\text{fl}}^2 + \sigma_{\text{fl-fd}}^2 + \sigma_{\text{fl-fd-b}}^2} \quad (\text{Gleichung 1})$$

berechnet. Dabei stellen σ_{linp}^2 die Varianz des linearen Prediktors, σ_{fl}^2 und $\sigma_{\text{fl-fd}}^2$ die Varianz auf den einzelnen Ebenen dar. Als Residualstreuung $\sigma_{\text{fl-fd-b}}^2$ wurde $\pi^2/3$ angenommen (SNIJDERS und BOSKER, 1999).

3.2.3 Sorten- und Wertleistung

Zur Berechnung der Sorten- und Wertleistung wurde das Softwareprogramm HOLZERNT (Version 6.2, Nov. 2004) verwendet (SCHÖPFER et al., 1996). Die Berechnung erfolgte unter vereinfachenden Annahmen im Anhalt an die aktuellen Aushaltungsgepflogenheiten in Baden-Württemberg:

Es wurden zwei Stammholz- und ein Industrieholzsortiment ausgehalten. Entsprechend den Ergebnissen zur Astreinigung (vgl. Kapitel 4.1) wurde eine relative Schaftholzlänge von 44% unterstellt. Außerdem wurde angenommen, dass aus der Krone lediglich 60% des dort vorhandenen Derbholzes genutzt wird. Beim Stammholz wurden für die Verteilung der Güteklassen-Anteile folgende Annahmen getroffen:

– Aufnahmen vor 2004: Für diese Aufnahmezeitpunkte lagen keine Güteansprachen vor. Für die Wertberechnung vor 2004 wurde daher pauschal ein Stammzahlanteil mit B-Stammholz von 60% (bleibender Bestand) bzw. 40% (ausscheidender Bestand) unterstellt.

– Aufnahme 2004: Auf der Basis der im Jahr 2004 vorgenommenen Güteansprache am stehenden Bestand wurden folgende Qualitätsverteilungen angenommen: für 70% (ALTHERR), 60% (FREIST) bzw. 50% (ASSMANN) der Stammzahl des verbleibenden Bestandes (BHD > 30 cm) wurde unterstellt, dass die unteren 4 m Schaftlänge Stammholz der Güte B aufwiesen. Das restliche Stammstück dieser Bäume sowie das Stammholz der übrigen Bäume wurden dagegen vollständig in Güte C sortiert. Im ausscheidenden Bestand wurde der Stammzahlanteil mit B-Stammteilen (4°m Länge) auf 45, 45 bzw. 30% festgelegt.

Für die Aushaltung von B/C-Klammerstämmen wurden ein Mittendurchmesser von mindestens 30 cm und ein Mindestzopf von 21 cm festgelegt. Als Mindestlänge für das B- bzw. C-Stück galten einheitlich 3 m. Für vollständig in Güte C sortierte Stammteile lagen die Dimensionsanforderungen mit 4 m Mindestlänge, 35 cm Minstdurchmesser und 21 cm Mindestzopf etwas höher.

Industrieholz in langer Form wurde ab einer Mindestlänge von 3 m und einem Mindestzopf von 10 cm ausgehalten. Neben dem

Tab. 4

Holzpreise zur Berechnung der Bruttoerlöse der erzielten Sortimente.
Round wood prices for the calculation of net revenues.

Sortiment	ØPreis (€/m³)	L1a	L1b1	L1b2	L2a	L2b	L3a	L3b	L4	L5	L6
Bu Stammholz B	-	-	39,82	39,82	47,47	47,47	76,37	76,37	109,85	132,32	140,32
Bu Stammholz C	-	-	-	-	28,08	28,08	33,54	33,54	40,04	44,59	45,42
IL-N	22,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Industrieholz aus dem Kronenbereich fielen auch solche Bäume vollständig ins Industrieholz, deren BHD unter 30 cm lag (keine Güteansprache) bzw. deren BHD zwar größer als 30 cm war, die jedoch noch nicht die Mindestanforderungen für die Aushaltung von Stammholz erfüllten.

Nicht verwertbares Derbholz ergab sich zum einen aus den Aufarbeitungsgrenzen für Industrieholz, zum anderen aus der Annahme, dass lediglich 60% des Derbholzes aus dem Kronenbereich aufgearbeitet werden sollte.

Die Aufarbeitung erfolgte motormanuell in Eigenregie entsprechend EST-Vorgaben (Lohnkosten 13,67 €/h, 140% Lohnnebenkosten, Zeitgrad 157% sowie 10% A-Zuschläge; MS-Entschädigung 2,84 €/h). Für die Teilarbeit Rücken im Unternehmereinsatz wurden durchschnittliche Kosten von 8,0 €/Efm₀R. angesetzt.

In Tab. 4 sind die der Wertberechnung zugrunde liegenden durchschnittlichen Nettoholzpreise getrennt nach Stärkeklassen und Qualitäten aufgeführt. Sie errechnen sich aus den durchschnittlichen Buchen-Verkaufserlösen des Staatswaldes Baden-Württemberg im Forstwirtschaftsjahr 2004 (BW-LFV, 2004).

Bei der Bewertung der Wertleistung der drei Behandlungsvarianten wurde die mit erntekostenfreien Erlösen bewertete Sortenleistung aller Durchforstungen sowie des nach der letzten Durchforstung verbliebenen Bestandes zugrunde gelegt. Um die unterschiedlichen Zeitpunkte der Geldflüsse zu berücksichtigen, wurden die erntekostenfreien Erlöse mit kalkulatorischen Zinssätzen von 0,5 bis 10,0% auf den Versuchsbeginn diskontiert.

4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

4.1 Kronenansatz, astfreie Schaftlänge, relative Kronenlänge

Zur Analyse des Kronenansatzes, der astfreien Schaftlänge und relativen Kronenlänge wurden die 213 Z-Bäume bzw. Z-Vergleichsbäume mit Wiederholungsmessungen vom Beginn der Versuchsanlage und zur letzten Aufnahme 2004 verwendet. Das Modell zum Test von Behandlungseffekten war

$$y_{fl-fd-b} = \alpha_0 * variante_{df} + v_{fl-fd-b} + \alpha_{fl} + \alpha_{fl-fd} + \alpha_{fl-fd-b} \quad (\text{Gleichung 2})$$

mit y als abhängiger (metrisch skaliert) Variable, $variante_{df}$ als Effekt der Durchforstungsvariante, $v_{fl-fd-b}$ als Effekt der Wiederholungsmessung sowie α_{fl} , α_{fl-fd} und $\alpha_{fl-fd-b}$ als zufälliger Effekt für die Versuchsfläche fl , das Versuchsfeld fd , und den Baum b . Es wurde eine identity-link Funktion und eine Normalverteilung der Zielvariablen verwendet und normal verteilte zufällige Effekte angenommen (z.B. $\alpha_{fl-fd} \sim iid(0, \sigma^2_{\alpha_{fl-fd}})$). Drei Modelltypen wurden berechnet: Modell 1 vergleicht Kronenansatzhöhe und relative Kronenlänge zwischen den Varianten zu Versuchsbeginn. Modell 2 vergleicht die Messgrößen zwischen den Varianten zum letzten Aufnahmezeitpunkt und Modell 3 untersucht die Veränderung nach 35-jähriger Versuchsdauer.

Zu Versuchsbeginn lagen die mittleren Höhen des Kronenansatzes auf den Versuchsfeldern der Behandlungsvarianten ALTHERR, FREIST und ASSMANN bei 10,5 m, 10,6 m und 9,8 m (Tab.

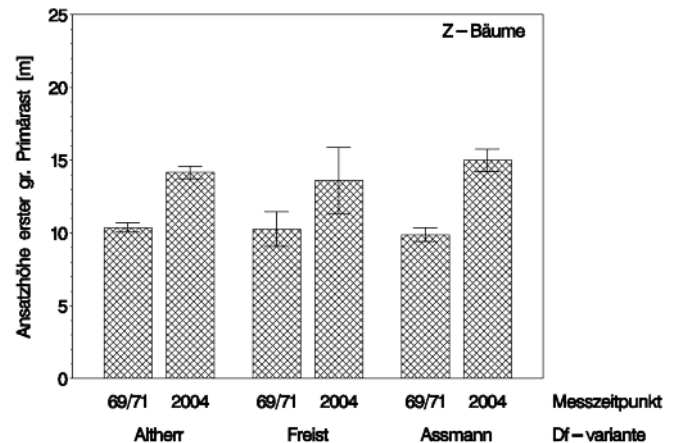


Abb. 1

Ansatzhöhe des ersten grünen Primärazes für Z-Bäume, bzw. Z-Vergleichsbäume gruppiert nach Durchforstungsvarianten (nur Bäume mit Wiederholungsmessung).

Insertion height of the first green primary branch for the crop trees and equivalent trees grouped by thinning experiment (only trees with repeated measures).

5, Modell 1; Abb. 1). Zu diesem Zeitpunkt bestanden zwischen den Varianten ALTHERR und FREIST nur geringfügige Unterschiede. Lediglich zwischen den Z-Bäumen/Z-Vergleichsbäumen der Varianten ALTHERR und ASSMANN war der Unterschied von 0,7 m signifikant. Die Reststreuung des Kronenansatzes auf Ebene der Versuchsfläche war signifikant und kann auf Altersunterschiede hinweisen. Es war keine signifikante Streuung auf Ebene des Versuchsfeldes nachzuweisen. Der Vergleich der relativen Kronenlängen erlaubt es, bonitätsbedingte Effekte auszuschließen. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Durchforstungsvarianten festgestellt werden. Die mittlere relative Kronenlänge der Durchforstungsvarianten lag zwischen 58,4–56,2%. Es war lediglich eine signifikante Reststreuung auf Bauebene nachzuweisen. Zu Versuchsbeginn wiesen die einzelnen Felder der Versuchsanlage eine Altersspanne von 54–88 Jahren auf (vgl. Tab. 2). Damit hatten die Bestände unterschiedlich lange Zeiträume des Dichtstandes und der Astreinigung durchlaufen. Der zusätzliche Einfluss des Alters auf die Höhe des Kronenansatzes war signifikant: im Mittel lag der Kronenansatz der Z- bzw. Z-Vergleichsbäume auf der ältesten Versuchsfläche zu Beginn des Experiments um 2,0 m über dem der jüngsten Versuchsfläche.

Zur letzten Aufnahme im Jahr 2004 lagen die mittleren Kronenansatzhöhen der Z- bzw. Z-Vergleichsbäume auf den ALTHERR-, FREIST- und ASSMANN-Feldern bei 14,4, 13,5 und 15,0 m (Tab. 5, Modell 2; Abb. 1). Die Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten waren nicht signifikant. Die Streuung des Kronenansatzes der Z-Bäume wies starke einzelbaumweise Effekte auf, die nicht mit dendrometrischen Kenngrößen des Einzelbaums erklärbar waren. Denkbar erscheinen als Ursachen hierfür heterogene Freistellungsgrade in der Kronenumgebung der Einzelbäume, klein-

Tab. 5

Ergebnisse der gemischten Modelle zum Durchforstungseinfluss auf die Astreinigung (nur Z-Bäume mit Wiederholungsmessungen, N = 213). Gleiche Buchstaben a, b kennzeichnen nicht signifikante Unterschiede zwischen den Varianten ($\alpha = ,05$), L = Variante ALTHERR, S = Variante ASSMANN, F = Variante FREIST.

Mixed model results on the treatment effects on natural pruning (only trees with repeated measures, N = 213). Treatment means marked with the same letter are not significantly different ($\alpha = ,05$), L = experiment ALTHERR, S = experiment ASSMANN, F = experiment FREIST.

Zeitpunkt	Messgröße	Variante	a_0	(S_x)	t-Wert	p > t	$\nu_{sp(gau)}$ η_{f-d-b} (se)	α_{η} (se)	$\alpha_{\eta-fd}$ (se)	$\alpha_{\eta-fd-b}$ (se)
Mod. 1: Zeitpunkt (1969-71)	Kronenansatz [m]	ALTHERR	10,5 ^a	,32	33,1	<,001	-	,810(,438)	-	2,583(,258)
		FREIST	10,6 ^{ab}	,61	17,4	<,001				
		ASSMANN	9,8 ^b	,35	27,9	<,001				
	rel. Kronenlänge [%]	ALTHERR	56,2 ^a	,61	91,9	<,001				
		FREIST	58,3 ^a	2,17	26,8	<,001				
		ASSMANN	58,4 ^a	,91	64,3	<,001				
Modell 2: Aufnahmezeitpunkt (2004)	Kronenansatz [m]	ALTHERR	14,4 ^a	,45	31,9	<,001	-	1,542(,888)	-	6,492(,648)
		FREIST	13,5 ^a	,93	14,5	<,001				
		ASSMANN	15,0 ^a	,51	29,3	<,001				
	Astfreie Schaftl. [m]	ALTHERR	40,0 ^{ab}	,64	62,7	<,001				
		FREIST	34,8 ^a	2,27	15,3	<,001				
		ASSMANN	41,4 ^b	,95	43,6	<,001				
Modell 3: 1969-71 bis 2004	Kronenansatz [m]	ALTHERR	56,0 ^a	,71	78,6	<,001	-	-	-	70,641(6,894)
		FREIST	59,4 ^a	2,53	23,5	<,001				
		ASSMANN	54,9 ^a	1,06	51,9	<,001				
		L*69-71	10,6 ^a	,36	29,0	<,001				
		L*2004	14,4 ^b	,36	39,4	<,001				
		F*69-71	-,2 ^a	,73	-0,2	,810				
	rel. Kronenlänge [%]	F*2004	,6 ^b	,73	-0,9	,393				
		S*69-71	-,7 ^a	,34	-2,1	,034				
	rel. Kronenlänge [%]	S*2004	,6 ^b	,34	1,8	,075				
		1969-71	57,0 ^a	,53	105,8	<,001				
		2004	55,9 ^a	,53	103,7	<,001				

standörtliche oder genetische Unterschiede. Der Mittelwert der astfreien Schaftlänge zwischen den Bäumen der Varianten FREIST und ASSMANN ist signifikant unterschiedlich. Dabei muss jedoch der geringe Datenumfang der Variante FREIST berücksichtigt werden. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den relativen Kronenlängen der Behandlungsvarianten. Im Gesamtmittel lag die relative Kronenlänge bei 56%. Bei der letzten Messung endete die astfreie Schaftlänge 1,2–1,8 m unterhalb der Höhe des Kronenansatzes.

Der Vergleich der Kronenansatzmessungen zum Zeitpunkt der ersten und der letzten Messung zeigte signifikante Unterschiede (Tab. 5, Modell 3). Im Durchschnitt sind die Kronenansätze der Z-Bäume auf den ALTHERR-Feldern von 10,6 auf 14,4 m angestiegen. Die Z-Vergleichsbäume der ASSMANN-Felder starteten mit 0,7 m signifikant niedrigeren Kronenansätzen und wiesen zum letzten Aufnahmezeitpunkt 2004 etwas höher ansitzende Kronen auf (Tab. 5: 0,6 m). Über die 35-jährige Laufzeit des Experiments haben sich die Z-Bäume der ALTHERR- bzw. die Z-Vergleichsbäume der ASSMANN-Felder bezüglich der Messgrößen Kronenansatzhöhe leicht unterschiedlich, hinsichtlich der relativen Kronenlänge jedoch nicht signifikant unterschiedlich entwickelt.

Da die Durchforstungen der Varianten ALTHERR und FREIST gezielt die ausgewählten Z-Bäume begünstigten, wären durchforstungsbedingte Effekte insbesondere bei diesem Baumkollektiv zu erwarten. Um zwischen den Versuchsanlagen vergleichbare Baumkollektive zu erhalten, wurden daher die Bäume der ALTHERR-Felder beginnend mit dem dicksten Baum in absteigender Rangfolge gereiht (Abb. 2). Zwischen den 1–50, 51–100, 101–150 dicksten Buchen je Hektar fand sich kein augenfälliger Trend der Kronenansatzhöhe und astfreien Schaftlänge. Erst bei sehr geringen BHD-Rängen unter 150, die im Wesentlichen von Bäumen des Unterstandes belegt werden, traten im Vergleich zu dickeren Buchen niedrigere Kronenansatzhöhen bzw. kürzere astfreie

Schaftlängen auf. Die Art der Behandlung scheint sich demnach zwar deutlich auf die Durchmesserentwicklung auszuwirken (KLÄDTKE, 2002), beeinflusst jedoch nur in geringerem Maße die Höhe des Kronenansatzes bzw. die Länge des astfreien Schaftes oder die relative Kronenlänge.

Die Untersuchungen zum Durchmesserwachstum von KLÄDTKE (2002) zeigten zudem, dass mit der Z-Baum orientierten Lichtwuchsdurchforstung nach ALTHERR auch das Kollektiv der 60–80

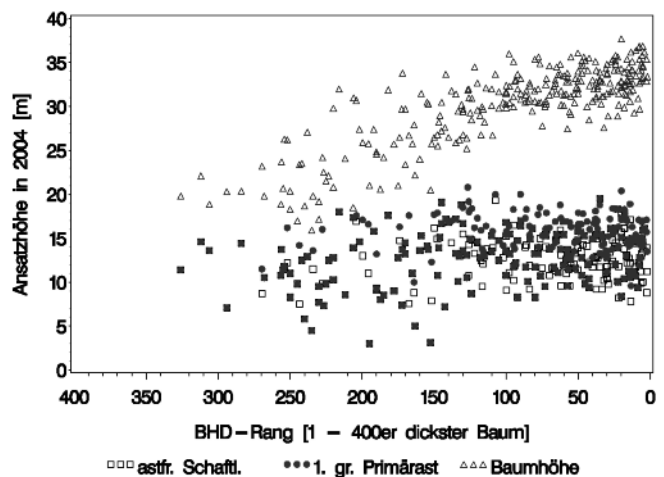


Abb. 2

Astfreie Schaftlänge, Ansatzhöhe des ersten grünen Primäraastes und Baumhöhe über dem 1–400 dicksten Baum je ha der Durchforstungsvariante ALTHERR.

Clear bole length, insertion height of the first green primary branch and tree height over the 1st to 400th thickest tree per hectare for the thinning regime according to ALTHERR.

stärksten Bäume je ha einen BHD von 60 cm in weniger als 120 Jahren erreichen kann. Allerdings machen die hier dargestellten Befunde deutlich, dass unter den Vorgaben der Lichtwuchsdurchforstung nach ALTHERR bei diesem Kollektiv nicht verhindert werden kann, dass sich der Kronenansatz nach oben verlagert (vgl. Abb. 2). Diese Höherverlagerung kann möglicherweise als Hinweis darauf gewertet werden, dass die Z-Bäume unter den Rahmenbedingungen des ALTHERR'schen Produktionsmodells konkurrenzbedingt nicht ihr volles Durchmesser-Zuwachspotenzial realisieren können, wie dies bei anderen Buchen-Produktionsmodellen durch Verhinderung der Höhenverlagerung des Kronenansatzes angestrebt werden soll (vgl. WILHELM *et al.*, 1999c; BASTIEN und WILHELM, 2000; BASTIEN *et al.*, 2005). Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des ursprünglich von ALTHERR formulierten Konzeptes in Richtung auf eine weitere Optimierung wurden bereits von VON TEUFFEL (2002) vorgestellt.

Ein Erklärungsansatz für die hohe Variabilität der Ansatzhöhe des untersten grünen Primärastes sind die beträchtlichen Abstände zwischen dem untersten und den nach oben folgenden lebenden Primärästen bereits zu Versuchsbeginn. Auch Untersuchungen von NINGRE und GARNIER (2005) an 30–40-jährigen Buchen aus unterschiedlich dichten Beständen zeigen zwischen dem ersten, zweiten und den folgenden lebenden Primärästen Abstände bis zu 4,5 m. Daraus lässt sich ableiten, dass ein sprungartiges Höherrücken des Kronenansatzes längerfristig nur dann wirksam verzögert werden kann, wenn eine relativ geringe Anzahl von Buchen konsequent und kontinuierlich von Konkurrenz freigehalten wird. Dies lässt sich vermutlich am leichtesten mit Z-Baum orientierten Auslesedurchforstungen bewerkstelligen. Die im Rahmen einer Gesamtbetrachtung dabei zu berücksichtigenden Aspekte wie flächenbezogene Erträge, einzelbaumbezogene Durchmesserzuwächse, Produktionszeitverkürzung sowie die Verminderung des Rotkernrisikos und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Anzahl der Z-Bäume wurden bereits von KLÄDTKE (2002) ausführlich diskutiert.

4.2 Güteansprache nach BWI 2

Bei der Güteansprache zeigten sich deutliche Einflüsse des BHD sowie der Zugehörigkeit zum Kollektiv der Z-Bäume bzw. Füllbestandsbäume: Das Kollektiv der Z-Bäume (ALTHERR, FREIST) bzw. der Z-Vergleichsbäume (ASSMANN) wies gegenüber den Füllbestandsbäumen der jeweiligen Variante deutlich höhere Anteile an Bäumen mit überdurchschnittlicher Schaftqualität auf (Abb. 3-A). Während beispielsweise für die Variante ALTHERR nur 14% der Füllbestandsbuchen überdurchschnittliche Qualität aufwiesen, erreichten im Kollektiv der Z-Bäume 60% der Buchen überdurchschnittliche Qualitäten. Eine vergleichbare Abstufung trat auch bei den beiden anderen Behandlungsvarianten auf, war dort jedoch weniger stark ausgeprägt.

Die im Unterschied zu den Füllbestandsbäumen höheren Anteile qualitativ hochwertiger Z-Bäume bzw. Z-Vergleichsbäume erklären sich zum einen aus der an Qualitätsmerkmalen orientierten Auswahl dieser Z-Bäume und zum anderen aus der überdurchschnittlichen BHD-Entwicklung dieser Bäume (vgl. Tab. 2, KLÄDTKE, 2002). Tendenziell nahmen die Anteile von Buchen überdurchschnittlicher Qualitätsklassen mit zunehmendem BHD zu (Abb. 3-B); Dieser Trend zeigte sich für die Z-Bäume bzw. Z-Vergleichsbäume aller drei Behandlungsvarianten. Während beispielsweise in der Variante ALTHERR die Z-Bäume der BHD-Klasse 35 cm einen Anteil von 56% der Güteklassen ≤ 3 aufwiesen, lag dieser Anteil bei den BHD-Klassen 45 und 55 cm bei 59–63%. Die derzeit noch geringe Besetzung der höchsten BHD-Klasse in der gesamten Versuchsreihe (ALTHERR: 10 Buchen; FREIST und ASSMANN jeweils 1 Buche) schränkt allerdings die Aussagekraft für diese BHD-Klasse noch ein.

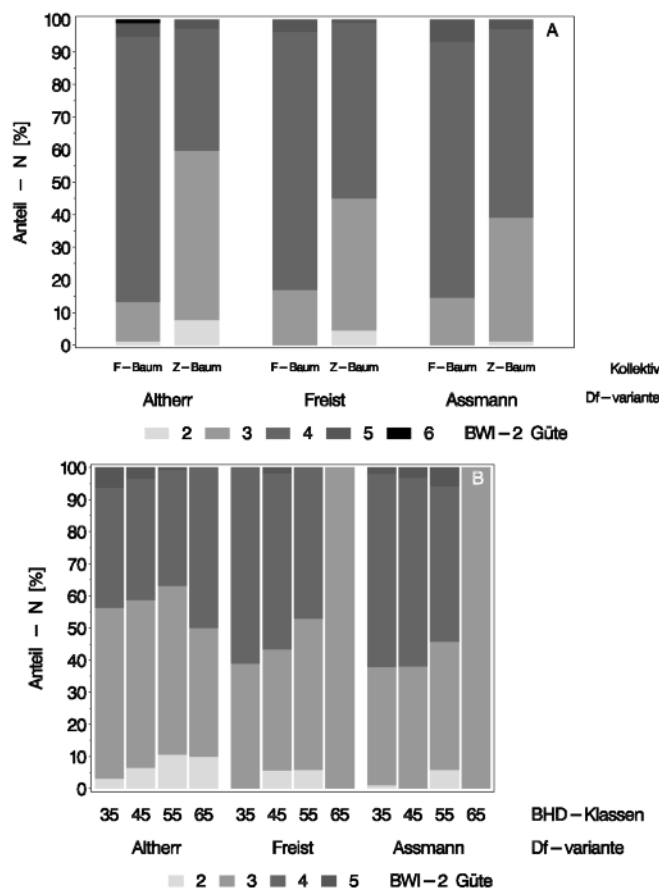


Abb. 3

Anteile der BWI 2-Güteklassen nach (A) Durchforstungsvarianten und Kollektiv „Z- bzw. Z-Vergleichsbäume“, „Füllbestand“ sowie (B) Durchforstungsvarianten und Durchmesserklassen für das Kollektiv „Z- bzw. Z-Vergleichsbäume“ (Ansprache 2004).

Proportions of standing tree quality classes (according to the second national German forest inventory) grouped by thinning regimes (ALTHERR, FREIST, ASSMANN) and (A) DBH, as well as (B) crop trees (= Z-Baum) and non crop trees (F-Baum), and quality estimation of 2004.

Für die mit steigendem BHD zunehmenden Anteile höherwertiger Qualitätsklassen könnten folgende Faktoren ursächlich sein: mit zunehmendem Schaftdurchmesser ändert sich die Form und Sichtbarkeit der Astnarben (MAYER-WEGELIN, 1929; ERTELD und ACHTERBERG, 1954; TRENDLENBURG und MAYER-WEGELIN, 1955) und Schaftkrümmungen werden durch adaptives Wachstum ausgeglichen, um Spannungen auf der Oberfläche des Schaftes zu verringern (MATTHECK und KÜBLER, 1997; MATTHECK, 1997). Beide qualitätsrelevanten Merkmale sind Bestandteil der Güteansprache am stehenden Stamm.

Der Einfluss des BHD bzw. der Zugehörigkeit zu einem bestimmten Kollektiv wurde in einem kumulativen logistischen, gemischten Modell dargestellt:

$$\ln \left[\frac{\text{pr}(y_{fl-fd-b} \leq GK)}{\text{pr}(y_{fl-fd-b} > GK)} \right] = \frac{b_0 + b_1 \cdot \text{BHD}_{fl-fd-b} + b_2 \cdot \text{KOLL}_{fl-fd-b}}{\beta_{fl-fd} + \beta_{fl-fd-b}} \quad (\text{Gleichung 3}).$$

Dabei stellte y die abhängige (ordinal skalierte) Variable für die Versuchsfläche fl , das Versuchsfeld fd und den Baum b dar, BHD den Brusthöhendurchmesser und Koll die Ausprägungen des Kollektivs (Z-Baum bzw. Z-Vergleichsbaum = 0, Füllbestandsbaum = 1), β_{fl-fd} und $\beta_{fl-fd-b}$ die zufälligen Effekte. Es wurde eine

Tab. 6

**Parameterschätzer des kumulativen logistischen, gemischten Modells zur Güteansprache
am stehenden Stamm nach der Bundeswaldinventur 2.**

**Parameter estimates of the cumulative, logistical mixed model for standing tree
quality classes according to the second German national forest inventory.**

Effekte	Parameterschätzer	(S_x^2)	t-Wert	p > t
Feste Effekte				
Interzept Güte 2, b_0	-5,2096	,5425	-9,60	<,0001
Interzept Güte 3, b_0	-1,8709	,5094	-3,67	,0015
Interzept Güte 4, b_0	2,5619	,5181	4,94	<,0001
Interzept Güte 5, b_0	6,0193	,8675	6,94	<,0001
BHD, b_1	,0413	,0105	3,92	<,0001
Kollektiv: F-Baum, b_2	-1,2634	,1496	-8,45	<,0001
Zufällige Effekte				
Versuchsfeld(Ort): β_{f-id}	,5147	,1974	-	-

kumulative logit-link Funktion und eine multinominale Verteilung der Zielvariablen verwendet sowie normal verteilte zufällige Effekte angenommen (z.B. $\beta_{f-id} \sim iid(0, \sigma^2_{\beta f-id})$).

Der BHD zeigte dabei einen signifikanten, positiven Einfluss auf die Veränderung der Güteklassenanteile. Zudem ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem Kollektiv der Z-Bäume bzw. Z-Vergleichsbäume und dem der Füllbestandsbäume (Tab. 6). Nur auf der Ebene der Versuchsfelder trat ein signifikanter zufälliger Effekt auf. Es war kein signifikanter Alterseffekt nachzuweisen. Der Anteil der durch das Modell richtig klassifizierten Bäume lag bei 69% (Güteklasse 2: 0%, 3: 41%, 4: 89%, 5: 0%). Die geringe Trefferquote für die beste und schlechteste Güteklasse spiegelt deren geringe Repräsentanz im Datenmaterial wider. Der Anteil der durch das Modell aufgeklärten Varianz beträgt 15%. Der hohe Anteil unaufgeklärter Varianz ist mutmaßlich auf die große Klassenbreite sowie auf den hohen Integrationsgrad verschiedener Qualitätsmerkmale zurückzuführen, die nicht allein aus dendrometrischen Baumattributen zu erklären sind.

Die simulierten Anteile überdurchschnittlicher Qualitätsklassen lagen für das Kollektiv der Z-Bäume oder Z-Vergleichsbäume (Abb. 4-A) höher als für das Kollektiv der Füllbestandsbäume (Abb. 4-B). Bei den Füllbestandsbäumen lag die Wahrscheinlichkeit, bei einem BHD von 50 cm eine Güte von ≤ 2 (≤ 3) vorzufinden, bei 1% (26%). Im Gegensatz dazu war sie bei den Z- bzw. Z-Vergleichsbäumen mit 4% (55%) erheblich größer. Steigende Anteile besserer Güteklassen bildeten somit auch in der Simulation nicht lediglich einen Effekt des BHD ab, sondern berücksichtigten zudem die gezielt an Qualitätskriterien erfolgte Z-Baumauswahl. Da die Datengrundlage keine Bäume der Güteklasse 1 enthielt, tendierte die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Ereignisses gegen 0. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Bäumen der Güteklasse 6 lag bei < 0,1%.

Obwohl bei der Kategorienbildung der Qualitätsstufen Merkmale der Holzqualität im Innern des Holzkörpers unberücksichtigt bleiben mussten, lassen sich folgende grundsätzliche Folgerungen zur qualitativen Entwicklung ableiten: die frühe Auswahl qualitativ höherwertiger Bäume spiegelt sich auch noch nach 35 Jahren Versuchsdauer wider und resultierte in erhöhten Anteilen besserer Güteklassen. Zusätzlich weisen die Befunde darauf hin, dass sich im Zusammenhang mit der zielgerichteten und konsequenten Förderung des Dickenwachstums der Z-Bäume gleichzeitig auch die Anteile höherwertiger Güteklassen erhöhen. Diese werden in Folge des verstärkten Dickenwachstums zudem in kürzerer Zeit nutzbar. In Ergänzung der Befunde von LEENEN und SCHMIDT (2005) zur Güteansprache am stehenden Stamm im Rahmen der BWI 2 in Baden-Württemberg wird damit die Bedeutung einer Auswahl für das Erreichen hoher Schaftqualitäten herausgestellt.

4.3 Durchforstungsanfall und Sortierung

Die drei Behandlungsvarianten zeigten deutliche Unterschiede hinsichtlich der Durchforstungs- und Sortierungsergebnisse. Vom Beginn bis zum Ende der Messungen lag der mittlere BHD des ausscheidenden Bestandes auf den ASSMANN-Feldern um 2,9–5,1 cm unter dem der ALTHERR-Felder (Abb. 5-A). Die auf den beiden

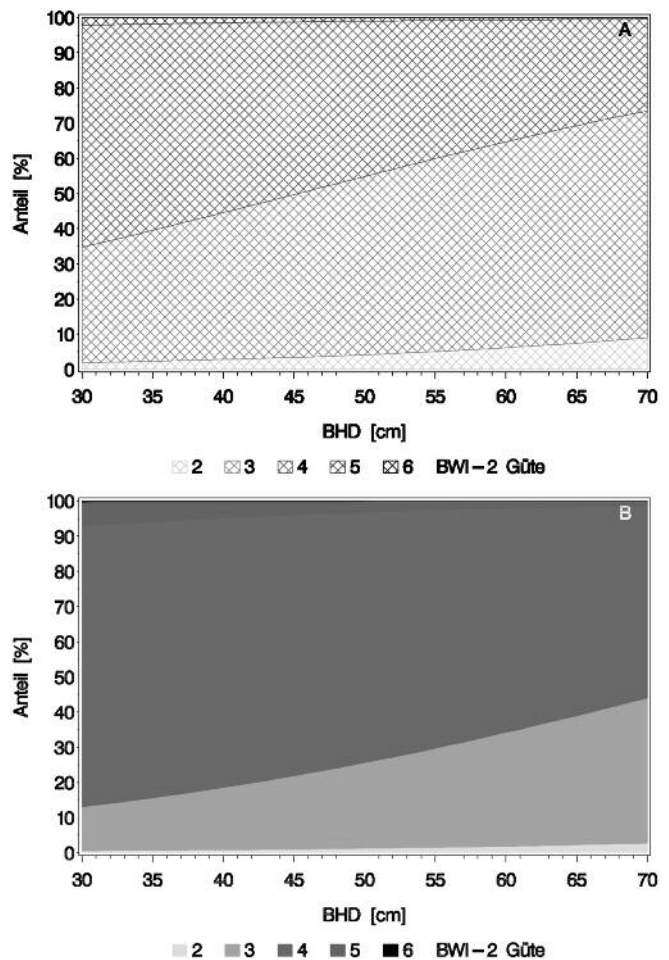


Abb. 4

Simulierte Anteile der BWI 2-Güteklassen für (A) das Kollektiv der Füllbestandsbäume sowie (B) das Z-Baum-Kollektiv, bzw. Z-Vergleichsbäume.

Simulated proportions of the standing tree quality classes (according to the second German national forest inventory) for (A) non-crop trees as well as (B) the crop trees.

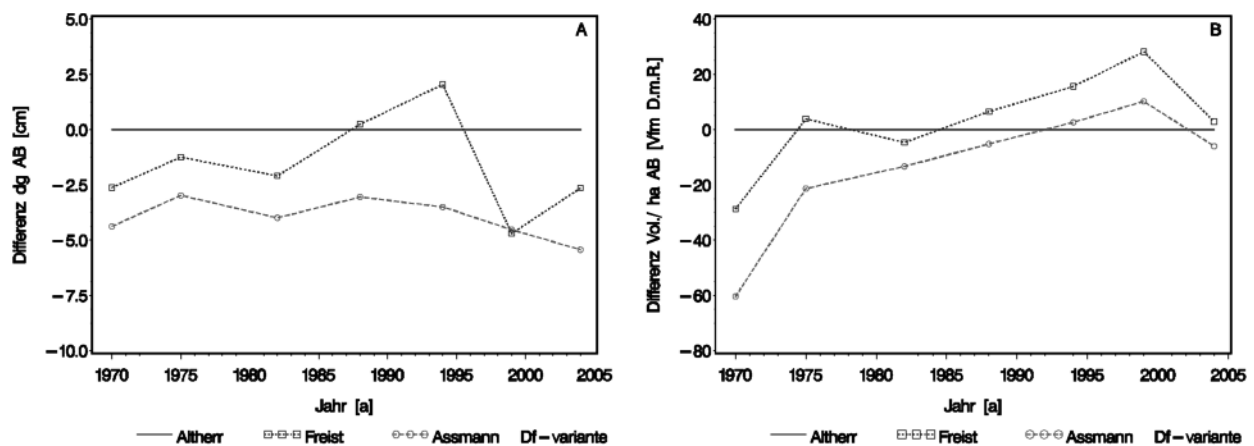


Abb. 5

(A) Differenz des Grundflächenmittelstamms (dg; ausscheidender Bestand „AB“) der ASSMANN-Felder und des dg (AB) der ALTHERR- und FREIST-Felder sowie (B) Differenz des Volumens (AB) der ASSMANN-Felder und FREIST- bzw. ALTHERR-Felder.

(A) Difference between the quadratic mean breast height diameter (dg; removed trees „AB“) of the ASSMANN-thinned plots and the dg (removed trees) of the ALTHERR-thinned plots.

(B) Difference of the total volume of removed trees from the ASSMANN-, FREIST-, and ALTHERR-thinned plots.

FREIST-Feldern entnommenen Buchen wiesen eine etwas geringere Durchmesserdiffenz auf. Die bei den ALTHERR-Varianten programmgemäße Konzentration der Entnahmen auf die stärksten Z-Baum-Bedränger führten damit zu höheren Durchmessern des ausscheidenden Bestandes als die niederdurchforstungsartigen Eingriffe auf den ASSMANN-Feldern.

Die Z-Baum orientierte Durchforstung der ALTHERR-Felder spiegelte sich auch im hektarbezogenen Volumenanstieg wider (Abb. 5-B). Zu Versuchsbeginn lagen die Eingriffsstärken in den ALTHERR-Feldern deutlich höher als diejenigen in den ASSMANN-Feldern. Diese vergleichsweise höheren Durchforstungsvolumina traten so lange auf, bis der programmgemäße Anstieg der Grundfläche der ALTHERR-Variante keine stärkeren Eingriffe mehr zuließ. Im weiteren Verlauf des Versuchs kehrte sich dann jedoch dieses Verhältnis um. Mit der letzten Aufnahme wurde das ALTHERR-Modell auf den meisten Versuchsflächen verlassen. Der Übergang zur Zielstärkennutzung wird künftig wieder zu höheren Eingriffsstärken führen.

Das bis zum Jahr 2004 angefallene Durchforstungsvolumen bestand aufgrund der frühen Durchforstungsphase vorwiegend aus Industrieholz (78%) und geringeren Mengen schwächer dimensionierter Stammhölzer (Abb. 6-A). Rund 10% des Aushiebs entfielen auf nicht verwertetes Derbholz. Stärkeres Stammholz ab Stärkeklasse L3 hatte bei allen Varianten einen relativ geringen Anteil am Durchforstungsvolumen. Allerdings lag der durchschnittliche Anteil des Stammholzes in den auslesedurchforsteten ALTHERR- und FREIST-Feldern mit 14 bzw. 12% des gesamten Durchforstungsvolumen erkennbar über dem Anteil in den ASSMANN-Feldern (8%).

Weitere Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten wurden in der Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Sortenanteile deutlich (Abb. 6-B). In den ersten Jahren nach Versuchsbeginn fiel unabhängig von der Behandlung zunächst grundsätzlich kein Stammholz an. Erst später konnten geringe Stammholzanteile von 2–6% der Durchforstungsmasse erzielt werden. Dabei zeigte sich ein zunehmender Anteil des Stammholzes am Einschlag ent-

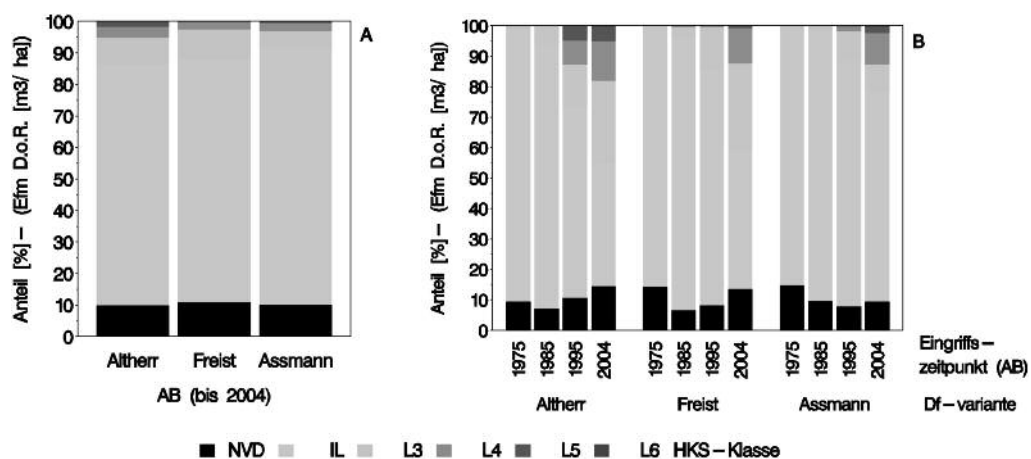


Abb. 6

(A) Mittelwert der relativen Sortenanteile des ausscheidenden Bestandes („AB“) für die Felder der ALTHERR, FREIST und ASSMANN-Variante; (B) relative Sortenanteile (AB) über der Zeitachse für die Felder der ALTHERR-, FREIST- und ASSMANN-Variante.

Mean of the plot-wise shares of timber assortments of removed trees („AB“) from the ASSMANN-, FREIST- and ALTHERR-thinned plots (A); shares of timber assortments from the ASSMANN-plots, FREIST-plots and ALTHERR-thinned plots over time (B).

lang einer Reihung von ASSMANN über FREIST zu den ALTHERR-Feldern. Größere Stammholz mengen ab Stärkeklasse L3 (44%) fielen erst in der zweiten Hälfte des Durchforstungsexperimentes an und zwar ausschließlich auf ALTHERR-Feldern. Hochdurchforstungsartige Eingriffe wie bei der ALTHERR- oder FREIST-Variante versprechen somit deutlich günstigere Sortenstrukturen beim ausscheidenden Bestand. Verstärkt wurde dieser positive Effekt bei der FREIST- bzw. ALTHERR-Variante zudem durch die insgesamt deutlich höheren Durchforstungsvolumina, die darüber hinaus bereits erheblich früher realisiert wurden als bei der ASSMANN Variante.

Die Durchforstungen wirkten sich auch erkennbar auf die Sortenstruktur des bleibenden Bestandes aus (Abb. 7). Zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme lag der Industrieholzanteil auf den ALTHERR- und FREIST-Felder im Mittel bei 30% des Vorrats während die Felder der ASSMANN-Variante durchschnittlich um 10% höhere Anteile aufwiesen. Auch der Anteil des stärkeren Stammholzes der Stärkeklassen >L3 unterschied sich beträchtlich zwischen den Varianten. Damit zeichneten sich sowohl der Durchforstungsanfall als auch der verbleibende Bestand der Durchforstungsvarianten ALTHERR und FREIST durch eine günstigere Sortenstruktur aus. Umgekehrt lag allerdings der Vorrat des bleibenden Bestandes 2004 auf den niederdurchforsteten ASSMANN-Feldern mit durchschnittlich 515 Vfm_D.m.R./ha deutlich höher als bei FREIST (415 Vfm_D.m.R./ha) oder ALTHERR (395 Vfm_D.m.R./ha).

4.4 Wertleistung

Obwohl bei der Versuchsanlage die Lichtwuchsdurchforstung nach ALTHERR bewusst den am jeweiligen Versuchsort wuchsschwächsten Feldern zugeordnet worden war (vgl. Tab. 2), übertraf die Wertleistung der Bestände dieser Variante innerhalb der 35-jährigen Dauer des Versuchs deutlich die Wertleistung der entsprechend der optimalen Grundflächenhaltung nach ASSMANN niederdurchforstungsartig behandelten Bestände: der nicht diskontierte durchschnittliche Hektarreintrag der ALTHERR-Variante lag um ca. 1.000 € über dem der ASSMANN-Variante; der Reinertrag der FREIST-Variante lag etwa dazwischen (Abb. 8-A).

Der zum derzeitigen Zeitpunkt höhere Reinertrag der auslese-durchforsteten Felder (ALTHERR, FREIST), beruhte dabei im Wesent-

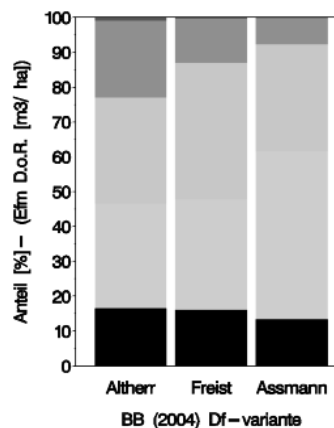


Abb. 7

Mittelwert der relativen Sortenanteile (bleibender Bestand „BB“) für die Felder der ALTHERR-, FREIST- und ASSMANN-Variante zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme 2004.

Mean relative shares of timber assortments (remaining trees „BB“) from the plots under thinning regimes according to ASSMANN, FREIST, or ALTHERR at the last measurement in 2004.

lichen auf den Wertunterschieden der erzielten Durchforstungsanfälle (Abb. 8-A): bei der Lichtwuchsdurchforstung nach ALTHERR fielen die größten Durchforstungsmengen an. Sie lieferten zudem höhere Anteile stärker dimensionierter und damit preislich höher bewerteter Sorten (vgl. Abb. 6-A, 6-B). Im Gegensatz zum Durchforstungsanfall sind die Wertunterschiede der 2004 verbliebenen Bestände zwischen den drei Behandlungen weniger deutlich ausgeprägt (Abb. 8-A).

Der Wertleistungsvergleich auf der Basis des Reinertrags lässt dabei unberücksichtigt, dass sich die erntekostenfreien Durchforstungserlöse zwischen den drei Behandlungsvarianten nicht nur hinsichtlich ihrer Höhe sondern auch im Zeitpunkt ihres Einganges unterscheiden. Diesem Mangel lässt sich durch die Berechnung des Kapitalwertes begegnen, indem die erntekostenfreien Erlöse durch Diskontierung entsprechend dem Zeitpunkt ihres Einganges gewichtet werden (RALSTON *et al.*, 2004). Dabei nimmt die

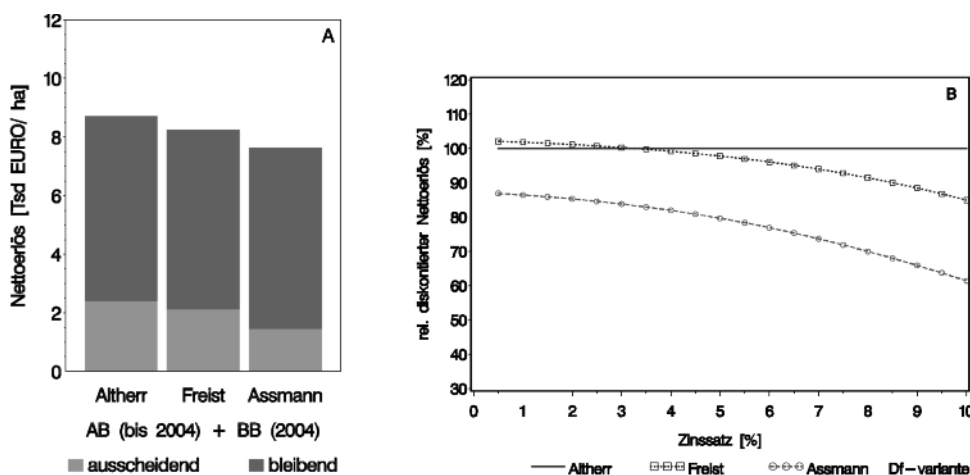


Abb. 8

(A) Mittlerer Nettoerlös (ausscheidender und bleibender Bestand „AB + BB“) für die Felder der ALTHERR, FREIST und ASSMANN-Variante; (B) mittlerer auf Versuchsbeginn (1970) diskontierter Nettoerlös (AB + BB) der Variante ASSMANN und FREIST bezogen auf die ALTHERR-Variante (= 100%).

Mean net present value of removed and remaining trees („AB + BB“) for the plots of the experiments thinned according to ALTHERR, FREIST, or ASSMANN (A); mean net present value, discounted to the start of the experiment (removed and remaining trees) of the thinning experiment ASSMANN/FREIST in relation to the values of the ALTHERR-thinned plots (= 100%) (B).

Gewichtung späterer Geldflüsse mit steigendem Diskontierungszinssatz ab. Auf der Basis der diskontierten Reinerträge zeigt sich die günstige Wirkung der insbesondere bei der ALTHERR-Variante früher eingehenden höheren erntekostenfreien Erlöse aus den Durchforstungen: für die 35-jährige Dauer des Versuchs nahm die Ertragsüberlegenheit der ALTHERR-Variante mit steigendem Diskontierungszinssatz kontinuierlich zu (Abb. 8-B). Auch bei den Untersuchungen von BRYNDUM (1987) stieg die Verzinsung der Kapitalanlage mit zunehmender Durchforstungsstärke an.

Wesentlich ist dabei, dass die durchforstungsbedingte Wertüberlegenheit der ALTHERR-Variante keinesfalls zulasten der künftigen Werterwartung realisiert wurde. Vielmehr scheint das Gegenteil zuzutreffen. Im Gegensatz zum Durchforstungsanfall waren die Wertunterschiede des nach der letzten Durchforstung verbleibenden Bestandes zwischen den drei Behandlungsvarianten bislang noch nicht sehr deutlich ausgeprägt. Bei Einbeziehung der zeitlichen Entwicklung der Sortenstruktur dieser Bestände wird jedoch deutlich, dass auch hier in Kürze mit deutlicheren Vorteilen zugunsten der Lichtwuchsdurchforstung zu rechnen ist: Der bleibende Bestand der ALTHERR-Variante zeichnete sich bei der letzten Aufnahme durch auffällig hohe Anteile qualitativ hochwertiger (Abb. 3) und starker Buchen (Abb. 7) aus. Dies lässt wesentlich früher und auch in größerer Menge erntereife Rundholzsortimente (\geq L4) höherer Qualitäten als bei den beiden anderen Behandlungsvarianten erwarten.

Der positive Effekt dieses prognostizierten frühzeitigeren Anfalls erntereifer Sortimente wird durch das möglichen Entwertungsrisiko durch Rotkern weiter verstärkt: das Ausmaß sortierrelevanter Verkernung kann die bei Buchenhieben erzielbaren durchschnittlichen erntekostenfreien Erlöse erheblich reduzieren (KOHLE, 2003). Das Risiko der Rotkernbildung nimmt dabei mit dem Alter stark zu (KNOKE und SCHULZ-WENDEROTH, 2001; KNOKE, 2003). Trotz starker einzelbaum- bzw. bestandesindividueller Streuung (z.B. MAHLER und HÖWECHE, 1991; HÖWECHE, 1998; KOHLE, 2003) kann davon ausgegangen werden, dass ab einem Alter von ca. 120 Jahren im Regelfall mit deutlich zunehmenden Mengenanteilen mit sortierungsrelevantem Rotkern zu rechnen ist (KLÄDTKE, 2002). Vor diesem Hintergrund ist daher zu erwarten, dass die bereits nach 35 Jahren festzustellende höhere Wertleistung der ALTHERR'schen Lichtwuchsdurchforstung gegenüber Durchforstungsvarianten mit geringerem Durchmesserwachstum und damit verlängerten Produktionszeiten noch weiter zunehmen wird.

5. FOLGERUNGEN

Die Analyse der Ergebnisse der Buchen-Versuchsserie zu Durchforstungsstrategien nach ALTHERR (Lichtwuchsdurchforstung), FREIST (Lichtwuchsbetrieb) und ASSMANN (optimale Grundfläche) gibt Hinweise hinsichtlich Qualität, Sortenstruktur und Wertleistung von Buchenbeständen und erlaubt Folgerungen für eine Optimierung der Wachstumssteuerung während der Durchforstungsphase:

Insgesamt bestätigt wird Vorteilhaftigkeit Z-Baum orientierter Auslesedurchforstungen hinsichtlich Sortenstruktur und Wertleistung gegenüber niederdurchforstungsartigen Eingriffen. Bezüglich der Astreinigung kann jedoch weder die ALTHERR'sche Lichtwuchsdurchforstung noch der Lichtwuchsbetrieb nach FREIST verhindern, dass sich der Kronenansatz infolge Aststerbens an der Kronenbasis in größere Schafthöhen verlagert. Wie schon frühere Auswertungen zum Durchmesserwachstum (KLÄDTKE, 2002) weist auch diese Untersuchung darauf hin, dass die ursprünglich von ALTHERR vorgeschlagene Anzahl von 110 Z-Bäumen/ha zu hoch liegt. Es erscheint daher sinnvoll, die Anzahl der Z-Bäume auf ca. 60–80 Buchen/ha zu verringern (vgl. VON TEUFFEL, 2002), und in Abweichung von der ursprünglich von ALTHERR formulierten Pro-

duktionsprogramm auch in höherem Alter die Förderung der Kronenentwicklung der Z-Bäume fortzusetzen und auf einen stärkeren Wiederanstieg der Bestandesgrundfläche nach Abschluss der Lichtungsphase zu verzichten. Allerdings ist davon auszugehen, dass unabhängig von der Durchforstungsstrategie beim Übergang von der Dickungs- in die Durchforstungsphase die Primäräste an der Kronenbasis konkurrenzbedingt lückig mit relativ großen Abständen voneinander am Stamm ansitzen. Ein Absterben einzelner Äste während der Durchforstungsphase führt daher leicht zu einem sprunghaften Höherrücken des Kronenansatzes, ohne dass damit zwangsläufig eine proportionale Reduktion photosynthetisch aktiver Blattmasse verbunden sein muss.

Die im Anhalt an die Kriterien der BWI 2 durchgeführte Güteansprache am stehenden Bestand spiegelt die bei der Versuchsanlage qualitätsorientierte Z-Baum-Auswahl sowie das größere Durchmesserwachstum der herrschenden Bäume wider. Die Stehendansprache zeigt eine klar unterschiedliche Qualitätszusammensetzung der Kollektive Z-Bäume bzw. Füllbestandsbäume. Qualitätsansprachen am stehenden Bestand können sich demnach auch als Prüfkriterium für den Erfolg des waldbaulichen Handelns eignen.

Die untersuchten Durchforstungsstrategien wirken sich auf den Sortenertrag und die Wertleistung der Buchenbestände aus. Ganz offensichtlich führen frühzeitige, Z-Baum orientierte Auslesedurchforstungen zu klaren Vorteilen bei der Sortimentsstruktur. Das hohe Wertleistungspotential der Versuchflächen mit Auslesedurchforstung zeigt dabei deutlich, dass entscheidungsrelevante Szenarien für wertoptimierte Buchen-Behandlungsstrategien voraussetzen, dass die zugrundeliegenden Wachstumsmodelle auch die Wachstumsgänge nach Auslesedurchforstungen wirklichkeitsgetreu abbilden.

6. DANKSAGUNG

Die Autoren danken PAUL EISENMANN und KLAUS FREYLER für die umfangreichen Außenaufnahmen und Messungen im Labor.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Anhand langfristiger waldwachstumskundlicher Versuchsflächen wurden die Auswirkungen verschiedener Durchforstungsstrategien auf das Wachstum der Buche (*Fagus sylvatica* L.) untersucht. Dabei wurden die Z-Baum orientierte Auslesedurchforstung nach ALTHERR, hochdurchforstungsartige Eingriffe nach FREIST und die optimale Grundflächenhaltung nach ASSMANN hinsichtlich ihrer Folgen für die Astreinigung, die Schaftgüte am stehenden Stamm, die erzielte Sortenstruktur im ausscheidenden und bleibenden Bestand sowie die Wertleistung analysiert. Nach 35 Jahren Versuchsdauer hatte sich der Kronenansatz der Z-Bäume und des Vergleichskollektivs unabhängig von der angewandten Durchforstungsstrategie von 10,6 m auf 14,4 m Höhe am Schaft verlagert. Bei einer Wachstumssteuerung gemäß der ursprünglichen ALTHERR'schen Vorgehensweise konnte selbst für die 50 dicksten Buchen je ha kein „Anhalten“ der Kronenansatzhöhe nachgewiesen werden. Die Z-Bäume der ALTHERR- und FREIST-Variante, bzw. die entsprechenden Z-Vergleichsbäume der ASSMANN-Variante zeigten gegenüber den Füllbestandsbäumen deutlich höhere Anteile überdurchschnittlicher Schaftqualität. Dies spiegelt sowohl die Qualitätsanforderungen bei der Z-Baum Auswahl als auch die höheren Schaftdurchmesser der herrschenden Z-Bäume wider. Die ALTHERR- und FREIST-Variante wiesen eine günstigere Sortimentsstruktur im ausscheidenden und verbleibenden Bestand auf. Hier wurde ein größerer Anteil stärkerer Rundholzsortimente erzielt. Die Wertleistung der nach dem Z-Baum-Konzept bewirtschafteten Versuchsfelder lag sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung des zeitlichen Anfalls der erzielten Sortimente über derjenigen einer niederdurchforstungsartigen Behandlung.

8. Summary

Title of the paper: *Effect of crop tree selective thinning on beech (Fagus sylvatica L.) on wood quality, timber assortment and value production.*

Long-term growth and yield plots from south western Germany were used to analyse the effects of various thinning regimes on growth of European beech (*Fagus sylvatica* L.). The treatments available were “*Lichtwuchsdurchforstung*” (crop-tree selection) as defined by ALTHERR or “*Lichtungsbetrieb*” (high thinning) according to FREIST both targeted for production of large-sized saw timber, as well as ASSMANN’s “*optimale Grundflächenhaltung*” (low thinning with optimal stand basal area regime) for maximum volume production. Using the data gathered in the experiments, we analysed the following aspects: a) natural pruning, b) stem quality (assessed according to the second German national forest inventory; “*BWI 2*”), c) timber assortment of removed and remaining trees, and d) net present value of timber production. Firstly, after 35 years of the experiment the crop trees displayed a uniform rise of the crown base from 10.6 m–14.4 m of the trunk height independently from the type of thinning. Even for the 50 thickest beech trees per hectare, there was no stopping of the rise of the crown base. Secondly, the selected future crop trees of the thinning regimes according to ALTHERR- and FREIST- as well as their homologues from the ASSMANN-thinning regime, have higher shares of high quality timber as compared to the trees not selected as future crop trees. This reflects the higher quality requirements of crop-tree selection as well as the higher stem diameters of the dominant trees. Thirdly, stands managed according to the ALTHERR- or FREIST-thinning regime yield generally higher shares of large-dimension timber. And this holds true for the trees removed during thinning as well as for the residual trees. Finally, within the 35 years of the experiment, net present value of timber production on plots where crop-tree selection thinning has been applied was higher in comparison to plots under ASSMANN’s optimal stand basal area regime.

9. Résumé

Titre de l’article: *Effet des éclaircies par arbre objectif sur la qualité du bois, la structure du bois rond et la production en valeur du hêtre (Fagus sylvatica L.).*

L’étude conduite dans des placettes permanentes en Bade-Wurtemberg (Allemagne) se réfère à l’effet des éclaircies sur la croissance des peuplements purs de Hêtre (*Fagus sylvatica* L.). Les critères suivants: élagage naturel, qualité du fût, structure du bois rond dans le peuplement récolté et restant et enfin production en valeur, ont permis l’analyse de trois types d’éclaircie: l’éclaircie basée sur les arbres d’avenir selon le concept de ALTHERR («*Lichtwuchsdurchforstung*»), l’éclaircie menée par le haut d’après FREIST («*Lichtungsbetrieb*») est une éclaircie par le bas définie par la surface terrière optimale de ASSMANN («*optimale Grundflächenhaltung*»). Pendant les 35 ans du suivi de l’essai, le point d’insertion sur le tronc de la première branche verte a augmenté indépendamment du type d’éclaircie de 10,6 m à 14,4 m. Sur les placettes traitées suivant le concept de ALTHERR, aucun arrêt de la remonté du houppier, même pour les 50 plus gros arbres par hectare, n’a pu être constaté. Par rapport au reste du peuplement, les arbres d’avenir des placettes éclaircies selon ALTHERR ou FREIST ou les arbres comparables de l’éclaircie ASSMANN montrent une proportion plus grande d’arbres de qualité supérieure à la moyenne. Ce phénomène reflète l’importance des critères qualitatifs lors de la désignation des arbres d’avenir mais également leur accroissement en diamètre supérieur. Les bois récoltés et le peuplement restant dans les placettes éclaircies selon ALTHERR et FREIST présentent une part plus importante de gros bois. La production en valeur des placettes éclaircies suivant le concept d’arbres d’avenir est supérieure

à celles traitées selon l’éclaircie en surface terrière optimale de ASSMANN et cela, que l’on considère ou non la dépendance du temps des récoltes.

10. Literatur

- ABETZ, P. (1977): Der europäische Standraumversuch in Fichte (*Picea abies* Karst.). Mitt. der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, **80**, 80.
- ABETZ, P. (1969): The European Stem Number Experiment in Norway Spruce – Thinning and Mechanization. In: Proceedings, IUFRO Conference, Royals College of Forestry, Stockholm, 201–206.
- ABETZ, P. (1970): Biologische Produktionsmodelle als Entscheidungshilfen im Waldbau. Forstarchiv **41**, 5–9.
- ABETZ, P. (1975): Eine Entscheidungshilfe für die Durchforstung in Fichtenbeständen. AFZ-Der Wald **30**, 666–667.
- ALTHERR, E. (1971): Wege der Buchenstarkholzproduktion. Festschrift zur 15. Hauptversammlung des Baden-Württembergischen Forstvereins und 100-Jahr Feier der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Freiburg am 8.6.1971, 123–127.
- ALTHERR, E. (1981): Erfahrungen bei der Anwendung quantifizierter Durchforstungshilfen in Buchenbeständen. AFZ-Der Wald **36**, 552–554.
- ARNSWALDT, v. H. J. (1950): Wertkontrolle in Laubholzrevieren. Forstarchiv **21**, 130–135.
- ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, München, Bonn, Wien.
- BASTIEN, Y., S. HEIN und A. CHAVANE (2005): Sylviculture du hêtre: Contraintes, Enjeux, Orientations de Gestion. Rev. For. Fr. **LVII**, 111–122. (Original in Französisch).
- BASTIEN, Y. und G. J. WILHELM (2000): Une sylviculture d’arbres pour produire des gros bois de qualité. Rev. For. Fr. **LII**/2000, 407–424. (Original in Französisch).
- BÖSCH, B. (2002): Neue Bonitierungs- und Zuwachshilfen. In: Freiburger Forstliche Forschung – Wissenstransfer in Praxis und Gesellschaft, FVA-Forschungstage (05.–06. Juli. 2001), Berichte **18**, 266–276.
- BRABÄNDER, H. D. (1957): Gesetzmäßigkeiten im Volumenaufbau und Wertaufbau des Schaftes als Grundlage zur Qualitätskontrolle von Laubholzbeständen. Dissertation, Universität Freiburg.
- BRANDL, H. (1988): Entwicklungen der Ertragslage der vier Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche im Staatsforstbetrieb von Baden-Württemberg und ihr Einfluß auf die waldbauliche Planung. Allg. Forst- u. Jgd.-Ztg. **159**, 164–170.
- BRANDL, H. (1989): Ergänzende Untersuchungen zur Ertragslage der Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche in Baden-Württemberg. Allg. Forst- u. Jgd.-Ztg. **160**, 91–97.
- BRYNDUM, H. (1980): Bogehugtforsoget i Totterup Skov. Saertryk af det forstlige Forsogsvaesen i Danmark **38**, 1–76. (Original in Dänisch).
- BRYNDUM, H. (1987): Buchendurchforstungsversuche in Dänemark. Allg. Forst- u. Jgd.-Ztg. **158**, 115–121.
- BW-LFV (1999): Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen. Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (Ed.), **54**, Stuttgart.
- BW-LFV (2004): Jahresbilanzen 1984 bis 2004. Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (Ed.), Stuttgart.
- ERTELD, W. und W. ACHTERBERG (1954): Narbenbildung, Qualitätsdiagnose und Ausformung bei der Rotbuche. Archiv f. Forstw. **3**, 577–619.
- FISCHBACH, v. C. (1885): Die wirtschaftlichen Leistungen des Voll- und Abtriebsbestandes sowie der verschiedenen Stammklassen. Cbl. f. ges. Forstw., 293–306.
- FREIST, H. (1962): Untersuchungen über den Lichtungszuwachs der Rotbuche und seine Ausnutzung im Forstbetrieb. Forstwissenschaftliche Forschungen, Beiheft zum Forstwiss. Cbl. Nr. 17.
- GRABNER, L. (1840): Forstwirtschaftslehre. 2. Auflage, Band 1 + 2, Braumüller, Wien.
- HOLTEN-ANDERSEN, P. (1987): Economic Evaluation of Cyclic Regimes in Beech (*Fagus sylvatica* L.). Scand. J. For. Res. **2**, 215–225.
- HÖWECHE, B. (1998): Untersuchungen zum Farbkeim der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Baden-Württemberg. Schweiz. Z. Forstw. **149**, 971–990.
- JOHANN, K. (1983): Ein ertragskundliches Prognosemodell für die Auswirkung der Auslesedurchforstung in Fichtenbeständen. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, 219–235.
- HERBSTRIIT, S., U. KOHNLE, P. ABETZ und G. KENK (Hrsg.) (2006): The European stem number experiment in Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Bd. 66, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg, 132 S.
- KLÄDTKE, J. (1997): Buchen-Lichtwuchsdurchforstung nach ALTHERR. AFZ-Der Wald **52**, 1019–1023.
- KLÄDTKE, J. (2002): Wachstum großkroniger Buchen und waldbauliche Konsequenzen. Forstarchiv **73**, 211–217.

- KNOKE, TH. (2003): Predicting red heartwood formation in beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Ecol. Modell.* **169**, 295–312.
- KNOKE, TH. und S. SCHULZ-WENDEROTH (2001): Ein Ansatz zur Beschreibung von Wahrscheinlichkeit und Ausmaß der Farbverkernung bei Buche (*Fagus sylvatica* L.). *Forstwiss. Cbl.* **120**, 154–172.
- KOHNLE, U. (2003): Sortierungsrelevante Kernmerkmale bei Buche: Auswirkungen auf Sortenverteilung und Ertrag. *AFZ-Der Wald* **58**, 210–213.
- LEENEN, M. und M. SCHMIDT (2005): Güteansprache am stehenden Stamm. *FoHo*. **60**, 416–420.
- MAHLER, G. und B. HÖWECKE (1991): Verkernungserscheinungen bei Buche in Baden-Württemberg in Abhängigkeit von Alter, Standort und Durchmesser. Schweiz. Z. Forstw. **142**, 375–390.
- MAHLER, G., U. WILLMANN und M. WURSTER (2001): Aufnahmeanweisung zur Güteansprache am stehenden Stamm – Bundeswaldinventur II in Baden-Württemberg. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung.
- MATTHECK, C. (1997): Design in der Natur. Rombach, Freiburg.
- MATTHECK, C. und H. KÜBLER (1997): Wood – The Internal Optimization of Trees. Springer, Berlin.
- MAYER-WEGELIN, H. (1929): Ästigkeit und Aushaltung des Buchenholzes. *Forstarchiv* **5**, 413–418.
- MORSING, M. (2001): Simulation selection system management of European beech (*Fagus sylvatica* L.). PhD, Royal Veterinary and Agricultural University, Unit of Forestry Copenhagen, 176.
- NINGRE, F. und B. GARNIER: Les essais de Lyons-La-Forêt 2005. INRA-Nancy. Documentation des placettes 26p. Nancy. (Original in Französisch).
- NORD-LARSEN, TH., A. BECHSGAARD, M. HOLM und P. HOLTEN-ANDERSEN (2003): Economic Analysis of Near-Natural Beech Stand Management in Northern Germany. *For. Ecol. Manage.* **184**, 149–165.
- PARDE, J. und A. TISSERAND (1981): De 1882 à 1976/1980, les placettes d'expérience de sylviculture du hêtre en forêt domaniale de Haye. *Rev. For. Fr.* **XXXIII**, n° spécial, 41–64. (Original in Französisch).
- PHILIPP, K. (1924): Hilfstabellen für die Forsttaxatoren. Forstabteilung des Badischen Finanzministeriums (Ed.), Badenia A.G für Verlag und Druckerei, Karlsruhe.
- RALSTON, R., J. BUONGIORNO und J. S. FRIED (2004): Potential Yield, Return, and Tree Diversity of Managed, Uneven-Aged Douglas-Fir Stands. *Silva Fennica* **38**, 55–70.
- RIPKEN, H. und H. SPELLMANN (1979): Modell-Berechnungen der Reinerträge der wichtigsten Baumarten sowie der gesamten Holzproduktion in den Niedersächsischen Landesforsten. *Aus dem Walde* **30**, 346–486.
- SAS (2005): The GLIMMIX Procedure. SAS Publishing, Cary.
- SAS9.1 (2004): SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Publishing, Cary.
- SCHABENBERGER, O. und J. PIERCE (2002): Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences. CRC Press, Boca Raton, London.
- SCHÖPFER, W., W. AVE MARK und D. STÖHR (1996): Sorten-, Erlös- und Kostenkalkulation in der Holzernte eine PC-gestützte Entscheidungshilfe für den Forstbetrieb. *FoHo*. **51**, 457–461.
- SNIJEDERS, T. A. B. und R. J. BOSKER (1999): Multilevel Analysis. SAGE Publications Ltd, London.
- SPEIDEL, G. (1955): Die Wertklasse als Gütemaßstab in der Forsteinrichtung. *Forstarchiv* **26**, 217–224.
- STIEPIEN, E., C. GADOLA, O. LENZ, E. SCHÄR und P. SCHMID-HAAS (1998): Die Taxierung der Holzqualität am stehenden Baum. *Berichte der Landesanstalt für Wald, Schnee und Landschaft*, 344.
- TARP, P., F. HELLES, P. HOLTEN-ANDERSEN, J. B. LARSEN und N. STRANGE (2000): Modelling Near-Natural Silvicultural Regimes for Beech-an Economic Sensitivity Analysis. *For. Ecol. Manage.* **130**, 187–198.
- TRENDELENBURG, R. und H. MAYER-WEGELIN (1955): Holz als Rohstoff. Carl Hanser Verlag, München.
- VON TEUFFEL, K. F. (2002): Aspekte zur Behandlung der Buche. *AFZ/ Der Wald* **16**, 851–853.
- VON TEUFFEL, K. F., M. JOOS, M. KREBS, CH. HARTEBRODT, J. HRADETZKY, B. BÖSCH und G. KÄNDLER (2002): Sortenanfall unterliegt deutlichen Veränderungen – Zuwachsverhältnisse und Nutzungspotenziale im Staatswald Baden-Württemberg – Ergebnisse eines Inventurvergleichs. *Holz-Zentralblatt*, 831.
- WILHELM, G. J., H. A. LETTER und W. EDER (1999a): Die Phase der Qualifizierung. *AFZ-Der Wald* **5**, 234–236.
- WILHELM, G. J., H. A. LETTER und W. EDER (1999b): Die Phase der Reife. *AFZ-Der Wald* **5**, 239–240.
- WILHELM, G. J., H. A. LETTER und W. EDER (1999c): Die Phase der Dimensionierung. *AFZ-Der Wald* **5**, 236–238.
- WILLMANN, U., G. MAHLER und M. WURSTER (2001): Güteansprache am stehenden Stamm im Rahmen der Bundeswaldinventur II. *AFZ-Der Wald* **19**, 1024–1026.

Neuerscheinung:

Waldbauliche Behandlung der Auenwälder am Oberrhein unter besonderer Berücksichtigung der Stieleiche (*Quercus robur* L.)

**Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen
und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 140**

Von CHRISTIAN KÜHNE, NORBERT BARTSCH und ERNST RÖHRIG

ISBN 3-7939-5140-5. Kartoniert € 18,00
138 Seiten mit 15 Abbildungen und 43 Tabellen

Der vorliegende Band stellt die Ergebnisse umfangreicher Versuche zur Verjüngung der Stieleiche in den Auenwäldern am Oberrhein vor. Daraus werden Empfehlungen für die künftige waldbauliche Behandlung dieser Standorte abgeleitet. Berücksichtigt werden hierbei auch die aktuellen Diskussionen und Planungen zum Hochwasserschutz.

Auenwälder sind in ihrer Artenzusammensetzung, Struktur und Dynamik abhängig von Dauer, Häufigkeit, Stärke und zeitlichem Auftreten von Hoch- und Niedrigwasser. Sie haben für den Landschaftshaushalt eine nicht zu ersetzende Bedeutung. Wegen des Nährstoff- und Humusreichtums bieten die Auenwälder vielen Baumarten die Möglichkeit zu hoher Produktion auch von wertvollen Holzsortimenten. Ihre Biodiversität ist so hoch wie in keinem anderen mitteleuropäischen Waldtyp. Durch vielfache wasserbauliche Eingriffe zum Ausbau des Rheins wurde die ehemalige Aue in ihrem Landschaftsgefüge fast völlig umgewandelt und die Wälder stark zurückgedrängt. Die Stieleiche war neben den Ulmenarten die dominierende Baumart der Auenwälder. Ihr Vorkommen in den Beständen ist im vergangenen Jahrhundert stark zurückgegangen. Waldbauliche Anstrengungen ihren Anteil wieder zu erhöhen, waren wenig erfolgreich.

Um den Gründen hierfür nachzugehen, wurde im Jahr 1997 durch das Institut für Waldbau der Universität Göttingen und die Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz ein Forschungsvorhaben zur natürlichen und künstlichen Verjüngung der Stiel-

eiche in den Pfälzer Rheinauen begonnen. Ziel des Forschungsprojektes war es, in Zusammenarbeit mit der forstlichen Praxis waldbauliche Verfahren zu entwickeln, mit denen sich der Stieleichenanteil unter den gegenwärtigen Standorts- und Bestockungsverhältnissen der Rheinauenwälder erhöhen, zumindest aber erhalten lässt. Die Kulturversuche in der Überflutungsauere ergaben, dass sich die Stieleiche durch Naturverjüngung und Saat nicht verjüngen lässt. Die Stieleiche kann nur durch sehr sorgfältige Pflanzung von Großpflanzen eingebracht werden. Auch hierbei können je nach Hochwassersituation im Pflanzjahr hohe Ausfälle auftreten. Unter den derzeitigen Standortsverhältnissen lassen sich auch andere Baumarten nur unzureichend verjüngen oder weisen nach Hochwasser Schäden auf.

Daraus ergibt sich die Folgerung, die Standorte der Überflutungsauere forstlich extensiv zu bewirtschaften und die Stieleiche nur sehr begrenzt als Mischbaumart einzubringen. In den pfälzischen Rheinauen ist die Anlage von Hochwasser-Rückhalteräumen (Polder) im Planungs- oder Baustadium. Eine regelmäßige „Ökologische Flutung“ der beabsichtigten Retentionsräume wird zweifellos zu einer Veränderung der Hochwassersituation führen. Die in diesem Band vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass eine Verkürzung der Hochwasserdauer in der Vegetationszeit und eine Verminderung der Überflutungshöhe die Verjüngungs- und Aufwuchsbedingungen für die typischen Laubbaumarten des Hartholzauenwaldes verbessern könnten.

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG · FRANKFURT AM MAIN

Neuerscheinung:

Der Naturwald Bruchberg im Nationalpark Harz – Vegetation, Waldstruktur und Arthropodenfauna

**Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen
und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 141**

Von MARTIN WECKESSER, JÖRG E. U. SCHMIDT, PETER MEYER,
WILHELM UNKRIG und ANNE WEVELL VON KRÜGER

ISBN 3-7939-5141-3. Kartoniert € 18,00
132 Seiten mit 41 Abbildungen und 23 Tabellen

„Aus Urwäldern lernen“ – dieser Gedanke ist bereits frühzeitig von mitteleuropäischen Forstleuten und Vegetationskundlern formuliert worden. In Deutschland kommen vom Menschen weitgehend unberührte Wälder allerdings nur in verschwindend geringen Flächenanteilen vor. Um dieses Manko auszugleichen, wurde in den letzten 35 Jahren ein Netz von unbewirtschafteten Waldschutzgebieten aufgebaut, zu denen auch die so genannten Naturwälder gehören. In diesen Totalreservaten finden keinerlei Eingriffe durch die Forstwirtschaft mehr statt. Für Forstwissenschaft und Biologie bilden solche Gebiete einzigartige „Forschungslaboratorien“, in denen die ungestörte Entwicklung von Wäldern samt ihrer Tier- und Pflanzengemeinschaften studiert werden kann.

Der Naturwald Bruchberg liegt inmitten der natürlichen Fichtenzone des Harzes und zeichnet sich durch ein vielfältiges Mosaik aus Wäldern und baumarmen Mooren aus. Bereits seit 1970 wird das Reservat nicht mehr bewirtschaftet und eignet sich daher gut zur Untersuchung der natürlichen Dynamik von Fichtenwäldern. Dies gilt insbesondere für die Auswirkungen großflächigen Borkenkäferbefalls auf die Struktur und Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften.

Durch die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt wird seit nunmehr 30 Jahren die Waldstruktur im Gebiet dokumentiert. Es erfolgte eine flächendeckende waldkundliche Erfassung im Rahmen einer Stichprobeninventur, und parallel wurden faunistische sowie floristische und vegetationskundliche Forschungsarbeiten durchgeführt. Auf Grundlage dieser Datenbasis wird das Beziehungsgefüge zwischen Waldstruktur, vorhandenen Lebensgemeinschaften und standörtlichen Verhältnissen untersucht, und aus der Synthese werden Schlussfolgerungen für Waldbau und Waldnaturschutz in Fichtenwäldern gezogen.

Die Arbeit „Der Naturwald Bruchberg im Nationalpark Harz“ stellt erstmals die wichtigsten Forschungsergebnisse über ein solches Waldreservat in den Harz-Hochlagen monografisch zusammen und soll einen Ausgangs- und Bezugspunkt für weitere langfristig angelegte Forschungen bilden. Im Mittelpunkt stehen dabei die Veränderungen des Waldökosystems nach dem großflächigen Absterben ganzer Bestände. Das Buch wendet sich an alle Forstwissenschaftler, Naturschützer und Biologen, die an den Tier- und Pflanzengemeinschaften und der natürlichen Dynamik naturnaher Fichtenwälder interessiert sind.

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG · FRANKFURT AM MAIN