R h e i n l a n d - P f a l z

Ministerium für Umwelt und Forsten

Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz

Schloß

D-67705 Trippstadt

Telefon: 06306-911-0
Telefax: 06306-2821

Nr. 33/95

Eberhard Eisenbarth

Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche (Fagus sylvatica L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer

ISSN 0931 - 9662

ISSN 0931-9662 Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 33/95

Herausgeber : Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz

Verantwortlich : Der Leiter der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz

Dokumentation : Mitt. FVA, Trippstadt
Nr. 33/95, 211 S.

Zu beziehen über die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Schloß, D-67705 Trippstadt

Vorwort

Das Ziel der Lebendlagerung von Buche als biologisch vertretbares, insbesonders aber als holzmarktpolitisches Mittel zur Bewältigung der Folgen sekulärer Sturmkatastrophen, wurde früh als solches von außergewöhnlich komplexer Natur erkannt. Einflüsse vielfältigster Art wie Witterungsbedingungen, Intensität des Boden-Wurzelstock-Kontaktes, der Beschattung, saisonaler Einflüsse wie der Vegetationszeit oder auch des Standortes üben unterschiedlichen Einfluß aus. Da praktische Erfahrungen erfolgversprechend lauteten, sollte die Sturmkalamität 1990 genutzt werden, ein verläßliches Urteil zu erarbeiten, verbunden mit dem Wunsch, verfahrenstechnisch brauchbare Lösungen zu entwickeln, zielgerichtet auf eine Strategie der Aufarbeitung, Verwertung und Verwendung der vom Markt kurzfristig offensichtlich nicht voll aufzunehmenden Holzmengen.

Diese anspruchsvolle Zielformulierung verlangte - zusätzlich erschwert durch die den Holztechnologen vertraute weite Streuung technologischer Eigenschaften schon des gesunden Holzes - eine sorgfältige versuchsmethodische Vorgehensweise. Zwar wurden die Versuchsbäume zwangsläufig ungeplant zu Fall gebracht, alle nachfolgenden Schritte, wie Auswahl der Versuchsbestände und Bäume, Definition und Wahl der Lagerart (auf der Freifläche bzw. im Bestandesschatten), wurden in Form eines experimentellen Feldversuchs geplant. Auf der Grundlage definierter Bedingungen sollten in Großzahluntersuchungen verläßliche Ergebnisse hergeleitet werden. Insbesondere der holztechnologische Teil, d.h. die Prüfung relevanter, den Holzwert bestimmender Eigenschaften, erforderten einen hohen Aufwand. Nur anhand über die üblichen Kriterienkataloge hinausgehender Spezifizierung der Meßdaten konnten entsprechende Aussagen formuliert werden.

Dank vorzüglicher Zusammenarbeit mit einer Vielzahl qualifizierter Organisationen und Einzelpersonen war es möglich, dieser Zielvorstellung zu entsprechen. Untersucht wurde an 6860 Probehölzern die Entwicklung der Schnittholzeigenschaften, eingeschnitten aus 1153 Stammschnitten unterschiedlicher Lagerart. Die Untersuchung erfolgt sowohl hinsichtlich grundlegender technologischer Merkmale, als auch mit Hilfe einer allerdings verfeinerten gebrauchsorientierten Sortierung.

Die Ergebnisse lassen erfreulicherweise das Konzept einer Strategie zu. Da die Lebendlagerung unter bestimmten Bedingungen mit erheblichen Risiken verbunden ist, bedarf die praktische Umsetzung entsprechender Sorgfalt. Zusammenfassend hat sich weitgehend gefahrlos für die Dauer einer Vegetationsperiode und einer nachfolgenden Winterruhe die Lagerart Einzelwürfe unter Schirm erwiesen. Flächenwürfe (freiliegende Kahlflächen) sollten spätestens im Herbst/Winter nach der ersten Vegetationsperiode aufgearbeitet und eingeschnitten sein. Für konventionelle Lagerung der Abschnitte am Rand der Waldstraße gilt nach wie vor die Anweisung, sofort einzuschneiden. Ergänzend hierzu wird in diesem Fall auf bestimmte Möglichkeiten der Wasserlagerung hingewiesen.

Alle am Projekt Beteiligten verdienen besonderen Dank für die Bereitschaft und die vorbehaltlose, aktive Mitarbeit. Dies gilt vor allem für das Forstamt Irrwald und für die Sägewerke WICK JOSEF GmbH und Co. KG und TOMBERS HARTHOLZ KG. Dankbar hervorzuheben ist auch die wissenschaftliche Unterstützung durch die Universität Kaiserslautern, wo mehrere begleitende Arbeiten über mykologische Aspekte entstanden.

(Prof. Dr. Rolf Grammel)
Direktor
Institut für Forstbenutzung
und Forstliche Arbeitswissenschaft
Freiburg

(Prof. Dr. Axel Roeder)
Direktor
Forstliche Versuchsanstalt
Rheinland-Pfalz
Trippstadt

Die vorliegende Arbeit wurde von der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br. als Dissertation angenommen.

Danksagung

Anlaß der vorliegenden Arbeit waren die verheerendsten Sturmwürfe in der Geschichte mitteleuropäischer Forstwirtschaft, die in der Zeit vom 25. Januar bis zum 1. März 1990 in Deutschland einen Sturmholzanfall von 75,4 Millionen Festmetern forderten. Infolge dieser Situation entstand in Zusammenarbeit zwischen der FORSTLICHEN VERSUCHSANSTALT RHEINLAND-PFALZ und dem INSTITUT FÜR FORSTBENUTZUNG UND FORSTLICHE ARBEITSWISSENSCHAFT der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg das Forschungsprojekt *Lebendlagerung von Sturmholz*, dessen Schwerpunkt auf der Untersuchung der Buche lag und sich darüberhinaus aber auch mit dieser Form der Lagerung bei den Baumarten Fichte, Kiefer und Eiche befaßte.

Herrn Professor Dr. Rolf Grammel möchte ich meinen herzlichen Dank aussprechen für die Übernahme der wissenschaftlichen Betreuung der Arbeit und die sehr zielorientierten, konzeptionellen Hinweise bei der Formulierung des Forschungsansatzes und zu zentralen methodischen Fragen. Herrn Professor Dr. Siegfried Fink danke ich für die freundliche Übernahme des Korreferates. Herrn Ministerialrat Professor Dr. Karl Keilen gilt ein besonderer Dank für die Anregung zu dieser Arbeit, die vielen fruchtbaren Diskussionen während der Versuchsplanung und -durchführung und die konstruktive Kritik im Laufe der Auswertung. Herrn Dr. Udo Hans Sauter möchte ich danken für seine Anregungen zur Methodik und für die Beratung bei der Abfassung des Manuskripts. Frau Diplom-Biologin Michaela Schwarz danke ich für die Bestimmung der Pilzarten. An der Durchführung der Feldaufnahmen war eine große Zahl von Studenten beteiligt, von denen stellvertretend für alle aufgrund ihres besonderen Engagements den Herren Klaus Blumenstock und Michael Kothe ein herzlicher Dank gebührt. Bei der Bearbeitung des umfangreichen Datenmaterials, insbesondere bei der Erstellung von Programmen zur Auswertung der Daten war Herr Holger Zwar eine wichtige Stütze; die statistische Datenbearbeitung erfolgte mit Hilfe von Frau Martina Wickert und Herrn Jochen Hurlebaus, ihnen allen möchte ich ganz besonders danken. Allen Mitarbeitern des Forstamtes Irrwald und der Firmen WICK JOSEF GMBH und CO KG und TOMBERS HARTHOLZ KG, die die Versuchseinschnitte ermöglichten, sei für ihre tatkräftige und vorbildliche Unterstützung Dank ausgesprochen. Herrn Professor Dr. Axel Roeder, der mir als Leiter der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz die Durchführung dieser Arbeit ermöglichte und den Mitarbeitern der Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstnutzung, Frau Silvia Schwarz, Frau Claudia Lemmen und Herrn Michael Jochum bin ich zu Dank verpflichtet.

Abschließend möchte ich meiner lieben Familie für ihr großes Verständnis danken, das sie mir während der Durchführung der langwierigen Feldaufnahmen, im Laufe der von Höhen und Tiefen begleiteten Auswertung und in der Schlußphase der Manuskriptabfassung entgegenbrachte.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG

1.1 Einführung in die Thematik

Anfang des Jahres 1990 traten in Mitteleuropa die größten Sturmwürfe seit Beginn einer geregelten Forstwirtschaft auf. Vom 25. Januar bis 1. März fielen in fünf aufeinander folgenden Stürmen in West- und Mitteleuropa rund 100 Millionen Festmeter Sturmholz an (HUSS, 1991). Insbesondere die beiden letzten Sturmtiefs „Vivian" (26./27.02.90), mit Spitzengeschwindigkeiten bis zu 265 km/h und „Wiebke" (28.02/01.03.90), richteten katastrophale Schäden an (DEUTSCHER WETTERDIENST, 1990).

Die Sturmholzmenge in der Bundesrepublik Deutschland betrug 75,4 Millionen Festmeter (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 1992). Die Schadensschwerpunkte lagen in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland. In Rheinland-Pfalz betrug die Schadholzmenge 14,3 Millionen Festmeter, die Buche war mit rund 1,3 Millionen Festmetern an der Schadholzmenge beteiligt.

Durch Sturmwurfkatastrophen in solchen Größenordnungen kommt es zu einem Überangebot an Rohholz. Aufgrund unzureichender Absatzmöglichkeiten wird Sturmholz vor der Verwertung gelagert, wobei die Lagerung entweder vor oder nach der Aufarbeitung erfolgen kann. Neben einer Entlastung des Marktes ist die Erhaltung der Ausgangsqualität des Holzes wesentliches Ziel der Holzlagerung.

Fällt das Sturmereignis ins Winterhalbjahr, erfolgt die Aufarbeitung des Schadholzes in der Regel unmittelbar nach dem Sturmereignis mit dem Ziel, die Aufarbeitung während der laufenden Einschlagsperiode - bei entsprechender Reduzierung des geplanten Normaleinschlags - vor Beginn der Vegetationszeit abzuschließen.

Ist das sturmbedingte Arbeitsvolumen mit den zur Verfügung stehenden Arbeitskapazitäten nicht im Winterhalbjahr zu bewältigen, oder ist ein zügiger Materialfluß aufgrund einer angespannten Marktlage nicht zu verwirklichen, muß eine mehr oder weniger lange Lagerungszeit in die Vegetationsperiode hinein in Kauf genommen werden.

Die Aufarbeitung von Sturmholz in der Vegetationszeit, in Verbindung mit einer mehr oder weniger langen Lagerung im Haufenpolter an der Waldstraße, birgt jedoch die Gefahren erheblicher Qualitätseinbußen durch Schadorganismen (GÄUMANN, 1930, 1936, 1938; KNUCHEL, 1930, 1935; BRUNN, 1932; MAYER-WEGELIN, 1934; KOLLMANN, 1950; ZYCHA 1950; v. PECHMANN, 1951; BOSSHARD, 1955, 1984; VITÉ, 1955; KUNZ, 1961; SCHWERDTFEGER, 1962, 1963; KNIGGE und SCHULZ, 1966; LIESE und AMMER, 1968; SCHINDLER, 1973; v. AUFSEß, 1974; BAUCH, 1986).

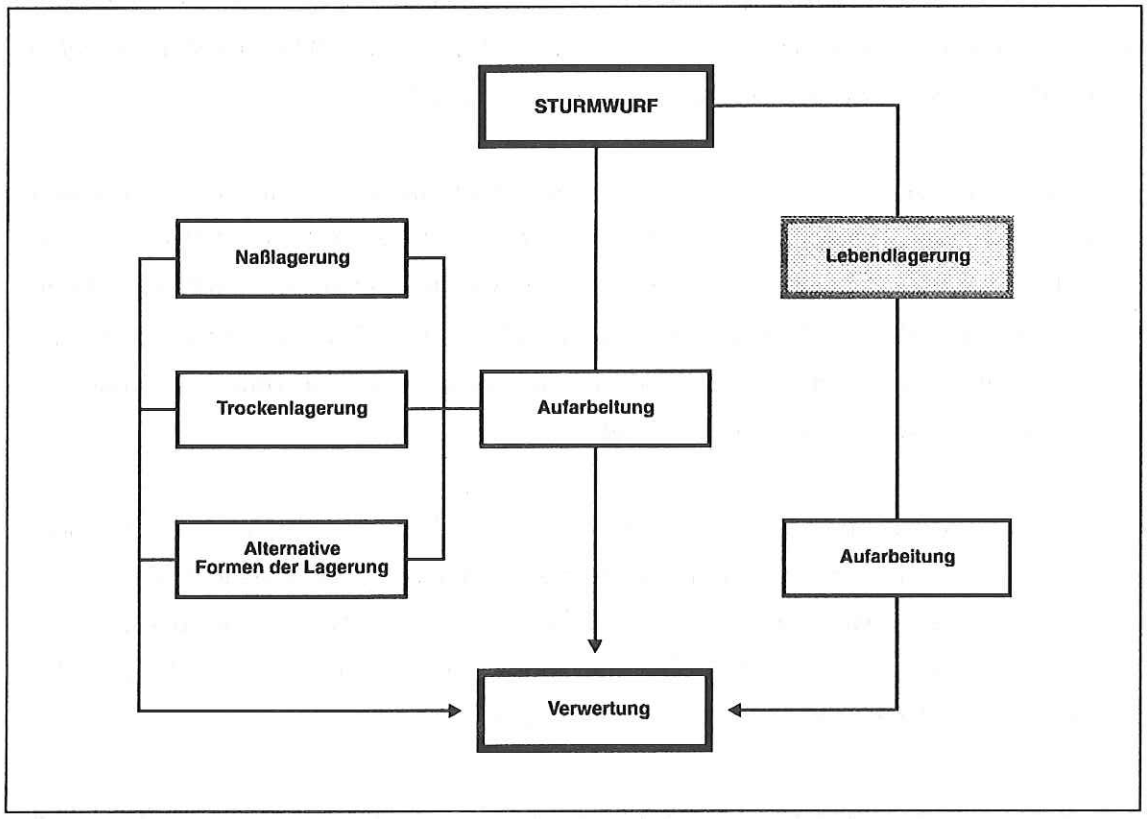


Abbildung 1.1.1: Einbindung und Stellung der Lebendlagerung in den Ablauf der Holznutzung nach Sturmwurf und Möglichkeiten der Holzlagerung

Eine Alternative zur sofortigen Aufarbeitung und anschließenden Lagerung stellt die Lebendlagerung bis zur Aufarbeitung und anschließenden Verwertung dar.

Unter **Lebendlagerung** wird hier verstanden:

> **Lagerung von Sturmholz vor der Aufarbeitung durch Belassen der vollständigen Bäume am mit dem Erdreich verbundenen Wurzelstock in der durch den Sturmwurf natürlich entstandenen Lage.**

Ein Überblick über die vorliegenden Veröffentlichungen zeigt, daß im Gegensatz zur Naßlagerung zu Beginn der Untersuchung im Jahr 1990 vergleichsweise wenige Untersuchungen zur Lebendlagerung vorliegen.

Der 1968 von STAUDENMANN geprägte und nach den Sturmwürfen von 1990 häufig verwandte Begriff der „Lebendkonservierung" (STAUDENMANN, 1968, S. 221; DELORME und WUJCIAK, 1973, S. 46; LIESE, 1973, S. 150; V. AUFSEß, 1974, S. 371; SCHNELL, 1986, S. 10; DELORME und RIPKEN, 1987, S. 3; LIESE und PEEK, 1987, S. 910; HÖWECKE und MAHLER, 1990 a, S. 1; BAUER, 1991 b, S 1496; GLÖCKLER und GROß, 1991, S. 1; SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA, 1991, S. 51; APEL et al. 1992; S. 1091; GROß et al., 1992, S. 1; OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE 1992, S. 227; SCHULZ und SCHUMACHER, 1993, S.1) findet in älteren Veröffentlichungen seine Entsprechung in den Umschreibungen „Überhalten der Sturmhölzer" und „Die natürliche Lagerung des Sturmholzes" (VITÉ, 1955, S. 1333 und S. 1334), „Liegenlassen des Stammes mit Wurzel und Krone" (SCHWAIGER, 1959, S. 190), „Hinauszögerung der Verwertung" (KUNZ, 1961, S. 10), „Langliegenlassen" (SCHWERDTFEGER, 1963, S. 495) oder „Verzögerung der Aufarbeitung" (KUNER, 1967, S. 438), wird bei MOLTESEN (1969, S. 232) als „ ... storage of windthrown beech, with roots at points of falling ... " oder als „Storage of trees with roots and crowns untouched at points of falling ... ", (MOLTESEN, 1971, S. 17) bezeichnet sowie von LIESE (1973, S. 150) als „ ... das Liegenlassen der geworfenen Stämme mit Wurzelteller und Krone ... " beschrieben.

Der oben gegebenen Definition folgend wird in der vorliegenden Arbeit nicht von Lebendkonservierung gesprochen, denn „konservieren" [lat. conservare = bewahren, erhalten; „1. durch spezielle Behandlung haltbar machen, 2. durch besondere Behandlung, Pflege erhalten" (DROSDOWSKI, 1983, S.719)] ist mit aktivem Handeln verbunden. Demgegenüber geht die hier beschriebene Lagerung des Sturmholzes vor der Aufarbeitung davon aus, daß das Holz, so wie es vom Sturm geworfen wurde, am Wurzelstock liegen gelassen und die Aufarbeitung auf einen späteren Zeitpunkt verschoben wird. Dieser passiven Verhaltensweise des Liegenlassens wird der Begriff der „Lagerung" eher gerecht, somit trifft auch sprachlich der Begriff „Lebendlagerung" den Sachverhalt besser als der Ausdruck „Lebendkonservierung". Im folgenden wird daher die beschriebene Lagerungsform als Lebendlagerung bezeichnet.

1.2 Gegenwärtiger Kenntnisstand

GÜMOES (1894) berichtet in einem kurzen Erfahrungsbericht von der Lebendlagerung sturmgeworfener Buchen aus dem Jahr 1894 in Dänemark. Buchen aus einem Sturm im Februar wurden Ende des gleichen Jahres aufgearbeitet, die wurzelverbundenen Stämme hatten normalen Laubaustrieb und Laubfall, waren aber mittlerweile trocken, innen dunkel verfärbt und für Schnittware nicht mehr zu gebrauchen (GÜMOES, 1894, S. 228).

MÜNCH (1908) gibt in seiner Arbeit über die Blaufäule des Nadelholzes Hinweise zur Lebendlagerung bei Kiefern. Er stellt dar, daß, wenn die Stämme unaufgearbeitet liegenbleiben, das Holz lange seinen ursprünglichen Wassergehalt behalte und der Blaufäule und anderen Zersetzungserscheinungen Widerstand leiste. Der Autor fährt fort, daß wegen der Borkenkäfergefahr diese Methode aber nur für kürzere Dauer anwendbar sei, und führt weiter aus, daß mit dieser Vorgehensweise trotzdem etwas zu erreichen sei. Er berichtet hierzu von einer mündlichen Mitteilung des Forstmeisters FOETSCH aus Neulauterburg zu dessen Erfahrungen aus dem elsässischen Forstamt Scheibenhardt: „Bei einem größeren Windwurf im Forstamt Scheibenhard am 1. Juli 1896 wurden die Hölzer, die sofort aufgearbeitet und auch zu Schwellen verarbeitet wurden, im Innern blau. Deswegen wurde bei dem starken Sturmanfall vom 1. Juli 1905 mit der Aufarbeitung erst im Laufe des Monats Oktober begonnen, was zur Konservierung der Hölzer von Vorteil war“ (MÜNCH, 1908, S. 46).

BOYCE (1929) beschreibt die Entwicklung von Sturmholz nach einem Sturm am 29. Januar 1921 auf der Olympic Halbinsel im nordamerikanischen Bundesstaat Washington. Die Arbeit verdient eine etwas breitere Darstellung, denn es handelt sich bei dieser Untersuchung um die erste wissenschaftliche Bearbeitung, die sich mit der Lebendlagerung befaßt und der Sturmwurf wird als bis dahin beispiellos in der Welt dargestellt.

Dem Sturm vom 29. Januar 1921 waren in den Monaten Dezember und Januar, selbst für dieses niederschlagsreiche Gebiet, weit überdurchschnittliche Niederschläge vorangegangen (Dezember 30 %, Januar 50 % über dem langjährigen Mittel) und hatten den Boden aufgeweicht, „ ... so ... that a windfall without a known parallel in the world resulted.“ (BOYCE, 1929, S.1).
Der Sturm mit Spitzengeschwindigkeiten von 225 km/h hinterließ ein zerstörtes Gebiet von rund 97 Kilometern Länge und 20 Kilometern Breite. Die tatsächliche Schadholzmenge ist nicht bekannt, da das Gebiet nie vollständig bereist wurde, unterschiedliche Schätzungen gingen von 0,6 bis 1,6 billion cubic feet (17 bis 45

Millionen Festmeter) aus, wobei der Autor die untere Schätzgröße für die wahrscheinlichere hält. Der Zustand des Holzes wird als entsetzlich beschrieben, riesige Bäume mit Brusthöhendurchmessern von bis zu 1,8 Metern waren entwurzelt, Wurzelstöcke von 4,5 bis über 12 Metern ragten in die Luft.
Von dem Sturmwurf waren sowohl überalterte Primärwälder wie auch junge Sekundärwälder betroffen. Dichte Mischbestände aus Westlicher Hemlockstanne (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.), Purpur-Tanne (*Abies amabilis* Dougl. ex Forb.) und Sitka-Fichte (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) waren am stärksten betroffen und über weite Gebiete vollständig umgeworfen. Küsten-Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) war nicht in diesem starken Maß betroffen, zum einen, weil diese Baumart östlicher, am Randgebiet des Sturmwurfs vorkommt, zum anderen weil sie tiefer wurzelt und in lichteren Beständen stockt, als die eingangs beschriebenen. Bei der Douglasie herrschten größere Nesterwürfe vor. Ähnlich widerstandsfähig wie die Douglasie verhielten sich mit ihren lichteren Kronen, kürzeren Stämmen und tieferen Wurzeln Bestände der Riesen-Thuja (*Thuja plicata* D. Don.).

Nach dem Sturm stellte sich in Verbindung mit einer möglichen Aufarbeitung die Frage, wie schnell die Zersetzung des liegenden Holzes voranschritt. Von Fällarbeiten im Westen Washingtons, bei denen gelegentlich auf Windwürfe gestoßen wurde, war bekannt, daß *Tsuga heterophylla, Abies amabilis*, und *Picea sitchensis* ziemlich schnell an Wert verlieren; zwei bis fünf Jahre werden für diese Baumarten geschätzt, bis sie unverwertbar werden. *Thuja plicata* hingegen blieb unbeschränkt dauerhaft, mit Ausnahme des Splintholzes, welches rasch zersetzt wurde. Für Douglasie war die Dauerhaftigkeit des Holzes bekannt: Bäume, die 25 bis 30 Jahre lagen, enthielten beträchtliche verwertbare Volumenanteile.
Die enormen Sturmholzmengen und die Zeitdauer an Jahren, bevor diese durch die Aufarbeitung erreicht werden konnten und um auch Erfahrungen für künftige Windwürfe in der gleichen Region zu sammeln, ließen es sinnvoll erscheinen, die Wertentwicklung des Sturmholzes zu untersuchen.

Zur Interpretation und Bewertung der Untersuchung von BOYCE erscheint es wichtig darauf hinzuweisen, daß zu diesem Zeitpunkt, Anfang der zwanziger Jahre, weder Motorsägen noch leistungsfähige Holzrückeaggregate oder Walderschließungen nach heutigen Vorstellungen existierten.

Im Nordwesten der Olympic Halbinsel, in der Umgebung von Forks, das im Zentrum des Sturmwurfgebietes liegt und in bezug auf die klimatischen und waldbaulichen Gegebenheiten charakteristisch für die Region ist, wurde die Untersuchung angelegt.

Beginnend mit dem auf den Sturm folgenden Sommer wurden jährlich - mit Ausnahme des Jahres 1925 - Ende August bis Anfang September Zustandserfassungen und im Jahr 1926 abschließende, umfangreiche Messungen durchgeführt. Während der allgemeinen Untersuchungen von 1921 bis 1924 konnten für *Abies amabilis* und *Thuja plicata* wegen Unzugänglichkeit der Stämme dieser Arten keine Daten erhoben werden. Dies wurde aber akzeptiert, denn die Haltbarkeit von *Thuja* war bekannt und es erschien ziemlich sicher, daß *Abies amabilis* mit *Tsuga heterophylla* vergleichbar sein würde.
In den ersten vier Jahren erstreckten sich die Untersuchungen in erster Linie auf den Befall durch Borkenkäfer, auf Verblauung und Pilzinfektionen (hier: beginnende oder vorhandene Holzzersetzung bzw. Fäule, einhergehend mit Minderung der Festigkeitseigenschaften; bei BOYCE als „decay" bezeichnet).

Bei den Aufnahmen im Jahr 1921 wurden bei Douglasie, bis auf geringe Bläue an einigen wenigen Bäumen verursacht durch Befall mit Borkenkäfern (hier: pilzzüchtende, holzbrütende Borkenkäfer, bei BOYCE als „ambrosia beetles" bezeichnet), keinerlei Schäden festgestellt.
Das Splintholz von *Tsuga heterophylla* war gelegentlich leicht verblaut, aber in den wenigen von Borkenkäfern befallenen Bäumen waren die Verfärbung intensiv. *Picea sitchensis* lag hinsichtlich Verfärbung und Borkenkäferbefall zwischen den beiden vorgenannten Baumarten.

Bei der Aufnahme im Jahr 1922 hatte sich die Douglasie geringfügig verschlechtert, was insbesondere durch auf das Splintholz begrenzten Befall durch holzbrütende Borkenkäfer verursacht wurde. An den Stellen, an denen die Rinde durch den Sturz beschädigt war, konnte leichte, oberflächliche Fäulnis und Befall durch Prachtkäfer (*Buprestidae*) festgestellt werden. Bei *Tsuga heterophylla* wurde ein Baum mit beginnender Fäule auf der Stammoberseite durch *Fomes pinicola* (Fr.) Cke. vorgefunden. Das Splintholz einiger Bäume mit schwerem Borkenkäferbefall war stark verblaut. Dennoch waren aber praktisch alle Bäume frei von Fäule, obwohl die meisten etwas verblaut waren. *Picea sitchensis* war geringer und weniger tief verblaut als *Tsuga heterophylla*. Der Schaden am Holz war gering, abgesehen von Brüchen durch Sturz.

Mitte August 1923 erfolgte die dritte, etwas umfangreicher angelegte Aufnahme. Hierzu wurden Stämme zur Begutachtung aufgehauen. Von 60 Douglasien mit Brusthöhendurchmessern zwischen 1,2 bis 2 Metern waren alle gesund bis auf eine. Bei diesem Baum mit einem Brusthöhendurchmesser von 1,55 Metern war das Splintholz im Bereich des oberen Viertels des Stammumfanges auf einer Stammlänge von 27 Metern bis zu 4,3 Zentimeter tief zersetzt bzw. in Fäule übergegangen. BOYCE weist darauf hin, daß dies

nur einen sehr geringfügigen Einfluß auf den Verkaufswert habe, da die betroffene Partie beim Einschnitt im Sägewerk durch den Schwartenanschnitt entfallen würde. Der Zahl nach war das Splintholz von 15 % aller Douglasien von Borkenkäfern befallen. Bläue kam nur im von Borkenkäfern befallenen Splintholz vor, wo sie sich auf die Nähe der Bohrlöcher beschränkte.
Von den 40 untersuchten *Tsuga heterophylla* waren 90 % durch Borkenkäfer befallen und durch das gesamte Splintholz hindurch verblaut. Frühe Stadien der Holzzersetzung auf der Stammoberseite zeigten 50 % der Bäume. Diese Schäden, die nicht tiefer als 3,8 Zentimeter reichten, werden auf das Volumen bezogen nur als geringfügige Holzentwertung eingeschätzt, da die faulen Bereiche beim Einschnitt überwiegend als Schwarte anfallen würden.
In einem allgemein ähnlichen Zustand wie die vorgenannte Baumart befand sich *Picea sitchensis.* Von dieser Baumart wurden 30 Bäume untersucht, wovon aber nur 60 % von Borkenkäfern befallen waren, während 25 % oberflächliche Zersetzungen an der Oberseite der Stämme zeigten. Das Splintholz jedes Baumes der drei untersuchten Arten war sehr feucht und Rißbildung war nicht erkennbar. Die dicke Borke der großen Bäume bot einen ausgezeichneten Schutz gegen die Sonne während der kurzen Trockenzeit im Sommer.

In diesem Jahr wurde zusätzlich ein Sekundärbestand von *Tsuga heterophylla* untersucht, der vollständig vom Wind geworfen war. Die Brusthöhendurchmesser der Bäume lagen zwischen 33 und 76, im Mittel bei 53 Zentimetern. Sie hatten die Rinde verloren und waren stark gerissen, vor allem die kleineren Bäume. Das Holz war sehr hart und würde sich schwer sägen lassen. Ausgehend von Untersuchungen an Sägeabschnitten wurde der Schaden in diesem Bestand auf mindestens 25 bis 50 % des Volumens geschätzt. Der Schaden war überwiegend durch Rißbildung verursacht, es wurde davon ausgegangen, daß der Bestand in zwei bis drei Jahren aufgrund von Fäulnis wertlos sein würde. Die schnellere Zersetzung wird durch die dünnere Rinde der schwächeren Bäume dieses Sekundärbestandes erklärt. Diese trocknet aus und blättert vergleichsweise schnell ab, das Holz ist der Rißbildung und raschem Befall durch holzzerstörende Pilze ausgesetzt, die in der Nachbarschaft der Risse günstige Luft- und Feuchtigkeitsbedingungen vorfinden.

Im Jahr 1924 wurden die Untersuchungen am 7. und 8. August durchgeführt und es wurde offensichtlich, daß - wie BOYCE es formuliert - die Holzzersetzungen ernsthafte Ausmaße anzunehmen begannen. Das Splintholz von *Tsuga heterophylla, Picea sitchensis* und *Pseudotsuga menziesii* war allgemein infiziert. Die Holzzersetzung, die sich auf das Splintholz beschränkte, war an den Seiten und auf der Oberseite der Stämme

am stärksten ausgeprägt, wohingegen an der Unterseite, wo das Holz seinen hohen Feuchtigkeitsgehalt länger bewahrte, wenig oder keine Zersetzung feststellbar war. Frei von Zersetzungserscheinungen waren teilweise auch die Stämme, die auf dem Erdboden auflagen.

Im Jahre 1926 fand die abschließende, umfassende Untersuchung statt. Diese ursprünglich für 1925 geplante Aufnahme wurde in den Monaten Juni bis September durchgeführt, der sechsten Vegetationsperiode nach dem Sturmwurf. Insgesamt wurden auf 12 Versuchsflächen 569 Bäume (7300 Festmeter) der Arten *Tsuga heterophylla* (n=173, 905 fm), *Abies amabilis* (n=100, 760 fm), *Picea sitchensis* (n=135, 2515 fm), *Pseudotsuga menziesii* (n=112, 2605 fm) und *Thuja plicata* (n=49, 515 fm) aufgenommen.
Beginnend an der angenommenen Stockhöhe bei Fällung wurden die Stämme bis zu einem Durchmesser von 20 Zentimetern ohne Rinde, in definierten Längen so tief eingehackt, bis gesundes Holz erreicht wurde. Die Abstände der Beprobung entsprachen in ihrer Länge üblichen Sägeabschnitten, wobei der erste und zweite Abschnitt stets eine Fixlänge von 5 Metern hatten. An jedem Abschnitt wurden der Mittendurchmesser ohne Rinde, die durchschnittliche Rindenstärke, das Splintholz und das zersetzte Holz bestimmt. Darüberhinaus wurden die Pilze und die Art der Holzzersetzung erfaßt.
Zur Berechnung der sturmwurfbedingten Verluste und Schäden wurden zwei verschiedene Einheiten benutzt. Die Berechnung des gesamten Baumvolumens vom Stammfuß bis zur Spitze erfolgte in cubic-foot, für die verkaufsfähige Stammlänge zwischen Stock und einem Zopfdurchmesser von 20 Zentimetern ohne Rinde wurde der in der Holzindustrie handelsübliche board-foot zugrunde gelegt, welcher als Größenordnung des verwertbaren Holzes angesehen werden kann.
Die sturmbedingten Verluste wurden in drei Bereiche eingeteilt. Als fixe Verlustgrößen galten Bruch durch das Umstürzen sowie das Stammstück zwischen theoretischer Stockhöhe bei Fällung des stehenden Stammes und der Stelle, an der unter den Bedingungen des Windwurfs erst der Trennschnitt erfolgen konnte. Als dritter Schadenstyp wurde die Holzzersetzung durch Pilze angenommen. Diese von außen in das Splintholz eindringende Holzzersetzung ließ sich einfach trennen von primärer, nicht durch Sturmwurf bedingte Holzzersetzung, welche praktisch auf das zentrale Kernholz begrenzt blieb. Methodisch wurde so verfahren, daß nach Abzug von Bruchschäden und Stammfußverlusten die von der Holzzersetzung betroffenen Stammpartien vom verbleibenden, handelsfähigen Volumen berechnet wurden.

Abschließend werden die Ergebnisse der Hauptuntersuchung von 1926 nach sechs Vegetationsperioden Lebendlagerung für die untersuchten Baumarten zusammengefaßt wiedergegeben.

Bei *Thuja plicata* (durchschnittlicher Brusthöhendurchmesser: 98 Zentimeter, durchschnittliche Länge: 37,5 Meter, n = 49) betrug der Gesamtverlust gerundet 27 % des verwertbaren Volumens, wobei sich die Holzzersetzung auf den Splintbereich beschränkte. Von den untersuchten 49 Bäumen waren 11 Bäume noch am Leben. Drei von diesen Bäumen mit Brusthöhendurchmessern zwischen 80 und 90 Zentimetern wurden genauer untersucht. Zwei von ihnen zeigten keinerlei Schäden, einer zeigte leichte Schäden durch Holzzersetzung und Bruch. Im Bereich der Jahrringe, die diese noch lebenden Bäume seit dem Sturm angelegt hatten, wurde auf der Stammunterseite Reaktionsholz festgestellt.

Wie bei der vorgenannten Baumart beschränkte sich auch bei *Pseudotsuga menziesii* (durchschnittlicher Brusthöhendurchmesser: 118 Zentimeter, durchschnittliche Länge: 63,5 Meter, n = 112) der Verlust durch Zersetzung und Fäule auf den Splintholzbereich. Der Gesamtverlust des verwertbaren Volumens wird mit rund 35 % angegeben. Bei einigen Bäumen wurde eine rosa Verfärbung des ansonsten gesunden Splintholzes beobachtet, hierbei handelte es sich um rotbraune Auswaschungen aus der sehr feuchten inneren Rinde in das ebenso feuchte Splintholz.

In den unteren Durchmesserbereichen (28 bis 45 Zentimeter Brusthöhendurchmesser) von *Picea sitchensis* (durchschnittlicher Brusthöhendurchmesser: 103 Zentimeter, durchschnittliche Länge: 54 Meter, n = 135) war aufgrund der starken Holzzersetzung kaum noch verkaufsfähiges Holz vorzufinden. Der Gesamtverlust betrug rund 46 % vom verwertbaren Volumen. Die Zersetzung reichte auch bei den stärkeren Durchmesserklassen deutlich ins Kernholz hinein. Bei Bäumen mit Rissen war das Holz ausnahmslos bis zur Tiefe der Risse zersetzt.

Bei *Abies amabilis* (durchschnittlicher Brusthöhendurchmesser: 74 Zentimeter, durchschnittliche Länge: 42,2 Meter, n = 100) betrug allein der Verlust durch Holzzersetzung und Fäule rund 63 % des verwertbaren Volumens, der Gesamtschaden wird mit 74 % angegeben, das Kernholz war durch die Holzzersetzung in weiten Teilen betroffen.

Die mit Abstand am stärksten entwertete Baumart *Tsuga heterophylla* (durchschnittlicher Brusthöhendurchmesser: 58 Zentimeter, durchschnittliche Länge: 44,7

Meter, n = 173) konnte praktisch nicht mehr vermarktet werden. Allein durch pilzliche Zersetzung waren 78 % entwertet, der Gesamtverlust belief sich auf 91 % des verwertbaren Volumens.

Von den drei Schadensmerkmalen Bruch, Holzernteverluste und Holzzersetzung, führte die Holzzersetzung durch Pilzbefall mit Abstand zu den gravierendsten Schäden. Bei allen untersuchten fünf Baumarten war ein enger Zusammenhang zwischen Holzzerstörung und Stammdimension feststellbar, indem mit steigendem Durchmesser der Anteil an zersetztem Holz abnahm.
Darüberhinaus wird ein Zusammenhang zwischen dem Fortschritt der Holzzersetzung und dem Anteil des Splintholzes festgestellt. Am schnellsten schreiten die Holzzersetzungen bei *Tsuga heterophylla* und *Picea sitchensis* fort, *Pseudotsuga menziesii* wird wesentlich langsamer zersetzt. Für *Thuja plicata* wird ausgeführt, daß sie noch langsamer zerstört werde als *Pseudotsuga menziesii*, *Abies amabilis* wird in der Geschwindigkeit der Holzzersetzung mit *Tsuga heterophylla* gleichgesetzt.
Der Holzfeuchtigkeit wird eine hohe Bedeutung für die Widerstandskraft der Bäume gegen Pilzbefall eingeräumt. Bäume, die unmittelbar auf dem Erdboden auflagen, waren gesünder als darüberliegende, deren Holz trockener war.
Die Untersuchung geht im weiteren noch auf Unterschiede bei den Sturmwurfschäden auf verschiedenen Versuchsflächen ein und beschäftigt sich noch eingehend mit den vorgefundenen holzzerstörenden Pilzen im Untersuchungsgebiet. Insgesamt wurden an den untersuchten Hölzern 16 Arten vorgefunden.

Abschließend stellt BOYCE fest, daß in den ersten drei Jahren nach dem Sturmwurf Schäden hauptsächlich durch holzbrütende Borkenkäfer und Bläue verursacht wurden. Holzzersetzung wurde erst ab dem vierten Jahr von Bedeutung, so daß im Sommer 1926 das Splintholz aller Baumarten zerstört sowie beträchtliche Mengen des Kernholzes von *Picea sitchensis*, *Abies amabilis* und *Tsuga heterophylla* verfault waren. Hohe Feuchtegehalte verlangsamten den Fortschritt der Holzzersetzung. Vom Standpunkt der Forstnutzung aus wurden *Tsuga heterophylla* und *Abies amabilis* als vollständig entwertet eingestuft. Das gleiche gilt für *Picea sitchensis* mit Ausnahme der sehr großen Bäume. *Pseudotsuga menziesii* und *Thuja plicata* hingegen würden ihren Verkaufswert lange behalten.

Das bemerkenswerte an dieser empirischen Untersuchung ist, daß sie schon sehr früh und aus heutiger Sicht unter sehr schwierigen Bedingungen durchgeführt wurde. Dies gilt besonders für die manuelle Holzernte- und Bringungstechnik und für die Walderschließung.

Die Untersuchung enthält wertvolle Hinweise zur Lebendlagerung, insbesondere zur Bedeutung der Holzfeuchte für die Wertentwicklung. Aus diesem Grunde erscheint eine detailliertere Darstellung sinnvoll, weshalb dieser Arbeit etwas mehr Raum gewidmet wird. Die für die Douglasie herausgestellte hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Schadorganismen in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet und ihre anscheinend gute Eignung zur Lebendlagerung erscheint auf mitteleuropäische Verhältnisse übertragbar.

LASSEN (1955) berichtet in einem Erfahrungsbericht von einem Buchen-Flächenwurf nach Sturm vom 16. Mai 1953 im Staatsforstdistrikt Stenderup in Dänemark. Die Aufarbeitung der Buchen fand vom 20. Mai bis zum 28. Juli des gleichen Jahres statt. Aufgrund der zügigen Aufarbeitung wurden keinerlei Lagerschäden festgestellt.

VITÉ (1955) stellt in seiner Studie zur Behandlung des Sturmholzes die Lebendlagerung in der eingangs beschriebenen Form dar. Die Untersuchung in den Revieren um Hannoversch-Münden bezieht sich auf die Stürme des Winters 1954/1955 und beschränkt sich auf Sturmwürfe in Fichtenbeständen.
Durch „das Überhalten der Sturmhölzer" in der „natürlichen Lagerung" (VITÉ, 1955, S. 1336), womit das Belassen der durch den Sturm geworfenen Stämme in ihrer natürlich entstandenen Lage verstanden wird, konnte die Disposition für Insektenbefall vermindert werden. Unter bestimmten Voraussetzungen wird in Fichtenbeständen die Lebendlagerung zum besseren Auffangen der eingetretenen Schäden und zur Vermeidung von Folgeschäden bis zum folgenden Herbst über eine Vegetationsperiode empfohlen.

SCHWAIGER (1959) berichtet in seiner Veröffentlichung über Erfahrungen bei der Aufarbeitung, Sortierung und dem Verkauf von Windwurfholz über die praktische Vorgehensweise und den hierbei gewonnenen Erkenntnissen nach dem Sturm vom 16. Juli 1958 im Raum Ingolstadt/Aichach. Zur Lebendlagerung stellt er für die Kiefer fest, daß sich in der Praxis tatsächlich herausgestellt habe, „daß mit Wurzel und Krone liegengebliebenes Holz, das erst im November aufgearbeitet wurde, sich besser gehalten hat, als solche Stämme, die gleich im Sommer aufgearbeitet wurden" und empfiehlt für diese Baumart: „Wo Holz geworfen und mit Wurzel und Krone liegengeblieben ist, soll es in diesem Zustand möglichst bis zum Eintritt der kälteren Jahreszeit belassen werden, ... " (SCHWAIGER, 1959, S. 190).
Auch für die Buche stellt SCHWAIGER (1959, S. 190) fest: „ ... das Holz konserviert sich am besten, wenn es mit Wurzel und Krone möglichst lange liegen bleibt." Er weist auf die große Bedeutung einer ausreichenden Holzfeuchte der vom Sturm geworfenen und liegengelassenen Buchen hin: „Durch nur geringen Feuchtigkeitsverlust bleibt es gegen

die verschiedenartigen Schadensmomente am besten geschützt. Auch das Einlaufen des Buchenholzes, mit anderen Worten die auftretende Verfärbung an den Schnittflächen, ist eine Frage des Luftsauerstoffes, der aber nur in ausreichender Menge für den Pilz vorhanden ist, wenn das Holz entsprechend ausgetrocknet ist." (SCHWAIGER, 1959, S. 190) Im weiteren stellt er hierzu für die mit Wurzel und Krone liegengebliebene Buche gegenüber der im Winter eingeschlagenen nicht sehr bedeutende Unterschiede im Feuchtigkeitsgehalt fest.
Zur Holzqualität der lebend gelagerten Buchen schreibt er: „Aus den vorgenannten Erwägungen heraus wurde mit der Aufarbeitung der Windwurfbuchen bis Anfang Dezember zugewartet. Die Schnittflächen boten sich absolut blank dar." (SCHWAIGER, 1959, S. 190-191).

BERNHART (1961) stellt die Ergebnisse seiner Untersuchungen an lebend gelagerten Kiefern nach dem Sturmwurf vom 16. Juli 1958 im nördlichen Oberbayern im Forstamt Geisenfeld vor. Es geht aus dem Text nicht eindeutig hervor, ob es sich bei den untersuchten Kiefern um lebend gelagerte Kiefern handelt, wenn er auf Seite 226 schreibt, „Geworfen am Boden liegendes Stammholz, mit Krone und herausgehobenem Wurzelstock verbunden, blieb bis Anfang Oktober auf ganzer Länge vollkommen blank." Daß die Lebendlagerung im eingangs erwähnten Sinne gemeint ist, wird aber deutlich, indem er acht Zeilen weiter unten schreibt, „Die unaufgearbeiteten Stämme trockneten während des Beobachtungszeitraumes kaum aus, obwohl nurmehr ein kleiner Teil der Wurzeln mit dem Boden verbunden war."
Bläue trat bei den lebend gelagerten Kiefern erstmals Anfang Oktober in Form von hand- bis tellergroßen Flecken vorzugsweise auf der Unterseite der liegenden Stämme auf. Mitte November wurden 81 Bäume nach 3,5 Monaten Lebendlagerung untersucht, die Anfang bis Mitte November aufgearbeitet wurden. Rund zwei Drittel der Stämme wiesen Verblauung am Stammfuß auf, die Zopfenden waren frei von Bläue. Die Verblauung erstreckte sich auf insgesamt ein Fünftel des Splintquerschnittes auf eine Länge von rund 0,5 Metern.

KUNZ (1961) beschäftigt sich in seiner Arbeit „Über die Verwertung von Holz aus sommerlichem Sturmschaden" mit der Frage, „welcher Zeitpunkt der günstigste für die Aufarbeitung von Holz aus sommerlichen Sturmschäden ist, vor allem ob solches Holz so schnell wie möglich aufgearbeitet werden muß, oder ob die Möglichkeit zur Hinauszögerung der Verwertung besteht." (KUNZ, 1961, S. 10). Die wissenschaftliche Abhandlung, die sich in wesentlichen Teilen mit der Buche beschäftigt, fußt auf Untersuchungen der Sturmschäden aus dem Sturm vom 1. August 1958 im Raum Wächtersbach.

In zwei verschiedenen Revieren wurden insgesamt 16 Windwurfbuchen bis zu 22 Monaten lebend gelagert. Dieses Gesamtkollektiv enthielt eine Variante, wo bei zwei Bäumen die Krone auf 50 % der blattbesetzten Zweigmenge verkleinert wurde, eine weitere Variation erfolgte dadurch, daß Ende Februar 1960 fünf Versuchsbäume durch Reisigsammler entastet wurden. Im Sommer 1959 verdorrten von Juni bis September drei Bäume.

Nach 15 Monaten wurden drei Bäume im November 1959 aufgearbeitet (darunter zwei der drei abgestorbenen), sechs Bäume wurden im Dezember 1959 aufgearbeitet (darunter ein abgestorbener und die beiden kronengekürzten), die Aufarbeitung der fünf Versuchsbäume, die Ende Februar 1960 durch Reisigsammler entastet wurden, erfolgte im März 1960 nach 19 Monaten Lebendlagerung. Zwei Bäume wurden zur weiteren Beobachtung 22 Monate bis Ende Mai 1960 lebend gelagert. Von den bis März 1960 insgesamt 11 mit lebender Krone aufgearbeiteten Bäumen hatten 10 Bäume das „... saftfrische Aussehen wintergefällten Buchenholzes ohne irgendwelche Verfärbungen und ohne tierische oder pflanzliche Schädigung." (KUNZ, 1961, S. 60) KUNZ fährt fort: „Die Qualität des Holzes kann als der normalen Winterfällung absolut gleichwertig bezeichnet werden.". In der Zusammenfassung der Ergebnisse führt er unter Punkt 12. aus: „Die ... bis zu 22 Monaten noch biologisch aktiv gebliebenen Windwurfbuchen hatten bis dahin keine Schäden am Holz genommen." (KUNZ, 1961, S. 78).

In seinen Untersuchungen folgert KUNZ, daß bei Windwurf je nach der Holzart ein mehr oder minder langes Hinauszögern der Aufarbeitung möglich sei und führt darüber hinaus aus: „Einzel- und Nesterwürfe, sowie Flächenwürfe in wenig besonnten Lagen, besonders an Nordhängen, können bis zum zweiten Winter nach dem Sturmjahr ohne nennenswerte Qualitätsminderung im Wald verbleiben." (KUNZ, 1961, S. 81). Abschließend stellt er fest: „Für Windwurf aller Baumarten gilt also die Feststellung, daß der beste Schutz des Holzes im Wald darauf beruht, daß man die Bäume am Stock beläßt. Soweit die schließliche Aufarbeitung in der warmen Jahreszeit vorgenommen werden muß, so sollte sie möglichst kurz vor der Verwertung des Holzes durchgeführt werden." (KUNZ, 1961, S. 82).

Leider enthält die Arbeit von KUNZ für die Lebendlagerung der Buche keine näheren Ausführungen über die Versuchsanstellung und präzise Beschreibungen der Bedingungen der Lebendlagerung. So wird an keiner Stelle der Arbeit exakt formuliert, ob es sich bei den lebend gelagerten Buchen beispielsweise um Einzelwürfe unter Schirm, in Teilbeschattung oder um Flächenwürfe in Kahllage handelte. Die Untersuchung läßt zudem keinen systematischen Ansatz erkennen. Die untersuchten Varianten sind teilweise zufällig entstanden (Entastung durch Reisigsammler); die Stichprobenumfänge zu den einzelnen Aufarbeitungszeitpunkten sind sehr gering. Es erscheint deshalb fraglich, ob die Ergebnisse der Untersuchung auf der Grundlage des mehrfach variierten und zu

verschiedenen Zeitpunkten aufgearbeiteten Gesamtkollektivs von nur 16 Buchen verallgemeinert werden können.

SCHWERDTFEGER (1962) empfiehlt nach den Stürmen vom 12. bis 17. Februar des Jahres 1962, die mit einem Sturmholzanfall von 1,5 Millionen Festmetern ihren Schwerpunkt in Niedersachsen hatten, Forstschutzmaßnahmen für Fichte, Kiefer und Buche. Die Lebendlagerung wird in dieser Veröffentlichung insofern berührt, als SCHWERDTFEGER zur Kiefer ausführt, daß falls sich die Aufarbeitung bis in die warme Jahreszeit hineinzieht, dies einer Sommerfällung gleichkommt, vor allem bei solchen Stämmen, deren Wurzeln noch zu größerem Anteil im Erdreich stecken. Er stellt in diesem Zusammenhang fest, daß geworfene Kiefern, deren Wurzeln zum größeren Teil noch gut mit der Erde verbunden sind, Wasser ständig aus dem Boden nachschaffen können, der Wassergehalt des Splints bis in den Sommer und Herbst hinein normal bleibt, und eine Infektion durch Bläuepilze nicht stattfinden kann.
Dem Verblauen der Kiefer setzt er in der warmen Jahreszeit bei der Buche das Verstocken gleich. Infektion und Entwicklung des Pilzes sind an einen herabgesetzten Wassergehalt des Holzes gebunden; die Voraussetzungen können für jeden Stamm je nach Wasserversorgung durch noch vorhandenes Wurzelwerk, örtliche Lage und Wetter andere sein. Er empfiehlt deshalb bei größerem Anfall an Buchensturmholz, daß bei Aufarbeitung bis in den Sommer hinein, das wertvollste Holz zuerst aufzuarbeiten sei.

SCHWERDTFEGER (1963) greift ausgehend von den Stürmen vom 12. bis 17. Februar 1962 mit seiner Untersuchung über das Verstocken sturmgeworfener Buchen die in Nordrhein-Westfalen (nördlicher Harz, Harzvorland und im Raum Braunschweig) durchgeführt wurde, den Untersuchungsansatz von KUNZ auf. In sechs Buchenbeständen untersucht er neben anderen Varianten die Lebendlagerung, die als „Langliegenlassen" bezeichnet wird, an insgesamt 69 „Wurfbuchen in Gemengelage", von denen 35 zwischen Ende Oktober und Ende November 1962 aufgearbeitet wurden. (SCHWERDTFEGER, 1963, S. 495). Beim Trennen vom Wurzelstock und Abzopfen waren 91 % der Buchen weiß und einwandfrei. Von drei Buchen, die Verfärbungen und Verstockungserscheinungen aufwiesen, war eine ohne Boden-Wurzelkontakt, eine in der Stammlängsachse aufgerissen, eine wies Verfärbungen an einer Astbruchstelle auf. Als bemerkenswert wird die Übereinstimmung mit den Ergebnissen von KUNZ festgestellt, obwohl beide Schadensereignisse und die Witterung während des Untersuchungszeitraumes durchaus Unterschiede aufwiesen.
Der Autor kommt zu der Schlußfolgerung, daß sich das Langliegenlassen als das beste Verfahren erwiesen habe, sturmgeworfene Buche über eine Vegetationsperiode ohne nennenswerte Qualitätsverluste durch Verstocken zu erhalten.

SCHÖNHERR und WELLENSTEIN (1967) empfehlen nach den Stürmen vom 21. bis 28. Februar und 13. März 1967, zuerst die vielen zerstreuten Einzel- und Nesterwürfe aufzuräumen und Flächenwürfe notfalls den Sommer über liegen zu lassen. Es sei nicht damit zu rechnen, daß die durch den Wurzelteller noch mit dem Erdreich verbundenen Bäume in den nächsten Wochen schon fängisch wären.
Sie stützen sich in ihren Ausführungen, die sich auf Nadel- und Laubholz beziehen, auf Erfahrungen aus dem Bodenseeraum und aus Oberschwaben, wonach die im März 1966 geworfenen Sturmhölzer unter dem Einfluß des feucht-kühlen Sommers das ganze Jahr über weitgehend befallsfrei blieben.

KUNER (1967) faßt für den Forstbezirk Radolfzell die Erfahrungen mit der Aufarbeitung der Sturmwurfschäden nach den Stürmen vom Dezember 1965 und März 1966 zusammen und empfiehlt Vorgehensweisen zur Bewältigung der Sturmschäden nach den Stürmen vom Februar und März 1967. Detailliert geht KUNER auf die durch die Stürme am stärksten betroffenen Nadelholzarten ein und stellt fest, daß sämtliche Nadelhölzer bei der Aufarbeitung, die bewußt bis in den Herbst 1966 hinausgezögert wurde, im Dezember 1966 und März 1967 noch saftfrisch, unverfärbt und leicht entrindbar waren, keinerlei Verfärbungen aufwiesen oder sonstige Qualitätseinbußen erlitten, sofern der Stamm nicht vom erdreichen Wurzelstock getrennt war. Er schreibt der Verzögerung der Sturmholzaufbereitung große betriebswirtschaftliche Vorteile zu. Aufgrund der positiven Erfahrungen mit der verzögerten Aufarbeitung empfiehlt er für die Behandlung der Sturmschäden nach den Stürmen im Februar und März 1967 einen Maßnahmenkatalog, der unter Punkt 4 auch eine Aussage zur Buche enthält „ ... Buchen, die bis zum Frühjahr 1967 nicht mehr verkauft werden können, bleiben bis in den nächsten Winter liegen" (KUNER, 1967, S. 442).

STAUDENMANN (1968) berichtet über Erfahrungen mit der verzögerten Aufarbeitung der Sturmschäden vom Frühjahr 1967 in der Schweiz und stellt bei der Buche sehr gute „Konservierungsergebnisse" bis Oktober 1967 fest. „Buchen ... wiesen, sofern nicht größere Kronenteile abgebrochen waren, keine Verfärbungen auf." (STAUDENMANN, 1968, S. 221).

MOLTESEN (1969) faßt die dänischen Erfahrungen mit der Holzlagerung nach dem Windwurf vom Februar und Oktober 1967 zusammen und empfiehlt die Verlängerung der Einschlagssaison als den besten Weg, Lagerschäden zu vermeiden. Hiernach brachten die Versuche mit der Lebendlagerung der Buche („ ... storage of windthrown beech, with roots at points of falling ... "; MOLTESEN, 1969, S. 232) gute Ergebnisse. Eine Ausnahme stellten lehmige Böden mit hohem Grundwasserspiegel dar. Hier wurden schwere

Einbußen während des Sommers 1967 durch blaue Verfärbungen festgestellt, die von der Aufnahme von Eisenionen aus sauerstoffarmem Grundwasser durch abgebrochene Wurzeln herrührten. Während des Sommers 1968 wurde praktisch kein derart verfärbtes Holz aus den Sturmwürfen vom Oktober 1967 festgestellt, was vielleicht auf den Umstand zurückzuführen sei, daß die Niederschläge 1968 geringer waren als 1967. Die meisten Bäume aus dem Windwurf vom Oktober 1967, die lebend gelagert wurden, waren noch im Juni 1969 in einem guten Zustand, vorausgesetzt sie hatten keine Fallschäden und die Rinde keinen Sonnenbrand.

MOLTESEN (1971) befaßt sich in seiner Untersuchung „Water storage of beech roundwood" mit den Sturmwürfen vom 23. Februar 1967 und 17. Oktober 1967. Er untersuchte in Dänemark die Eignung verschiedener Lagerungstechniken sowie die Holzqualitätsentwertung in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer. Die Lebendlagerung mit anschließender Lagerung unter Beregnung wird ausgehend von dem Sturmwurf im Oktober 1967 an 15 Bäumen untersucht, die in drei Versuchskollektive mit jeweils fünf Stämmen eingeteilt wurden. Die drei Varianten unterschieden sich durch unterschiedliche Aufarbeitungszeitpunkte nach dem Sturmwurf und verschieden lange Zwischenlagerung vor Beginn der Beregnung. Das erste Kollektiv wurde 15 Monate nach Sturmwurf im Januar 1969 aufgearbeitet und sechs Monate am selben Ort liegen gelassen. Nach dieser Zwischenlagerung wurden die Stämme Ende Juni 1969 unter Beregnung gelagert. Das zweite Kollektiv wurde Ende Mai 1969 abgestockt, 19 Monate nach dem Sturmwurf, mit der gesamten Krone liegen gelassen, nach drei Wochen aufgearbeitet und vier Tage später unter Beregnung gelagert. Das dritte Versuchskollektiv wurde rund 20 Monate nach dem Sturmwurf am 24. Juni 1969 aufgearbeitet und unter Beregnung eingelagert. Die Beregnung aller Versuchsvarianten wurde im Mai 1970 beendet und die Stämme im Sägewerk eingeschnitten [bei dem Datum des Sturmwurfs vom 17. Oktober 1968 auf Seite 15 handelt es sich offensichtlich um einen Druckfehler, dies geht aus Seite 1 und Seite 17 sowie anderen Veröffentlichungen des Autors hervor (MOLTESEN 1969, S. 232; MOLTESEN und DALGAS, 1973, S. 31 und 36); auf diesen Sachverhalt muß insofern hingewiesen werden, da bei einer Dauer der Lebendlagerung mit einem Unterschied von einem Jahr die Ergebnisse anders zu interpretieren sind]. Die fünf Stämme, die am längsten lebend gelagert und unmittelbar nach der Aufarbeitung eingelagert wurden, zeigten von allen Versuchsvarianten die geringsten Verfärbungen nach Ausprägung und Vorkommen.

In den Schlußfolgerungen wird herausgestellt, daß die Lebendlagerung („Storage of trees with roots and crowns untouched at points of falling ... ", MOLTESEN, 1971, S. 17) der Naßlagerung vorzuziehen sei. Voraussetzung sei allerdings, daß die lebend gelagerten Bäume nicht so stark beschädigt sind, daß sie ihre Blätter verlieren und kein eisenhaltiges

Wasser durch gebrochene Wurzeln aufnehmen, wodurch blaue Flecke entstehen könnten. MOLTESEN weist darauf hin, daß bis ins Frühjahr 1970 hinein lebend gelagerte Buchen aus dem Windwurf vom Oktober 1967 ohne jeden Lagerschaden waren, wenn sie die beiden vorgenannten Bedingungen erfüllten.
Ebenso wie in der Arbeit von KUNZ wird über die Lagerungsbedingungen der lebend gelagerten Buchen nichts ausgesagt, der Stichprobenumfang ist ebenfalls sehr gering. Demzufolge erscheint eine Übertragung oder Generalisierung der Ergebnisse fraglich.

VENN und SPILLING (1972) berichten über Kiefer nach einem Sturmwurf Ende September 1969 in Süd-Norwegen. Die Autoren untersuchten 302 Windwurfkiefern im Frühjahr, Sommer und Herbst 1970. Zusätzlich zu der bei jeder Aufnahme stattfindenden Beurteilung der Benadelung, der Rinde und des Insektenbefalls, wurde bei der Herbstaufnahme die Verfärbung im Stammholz begutachtet.
Die Bäume hatten bereits im Frühjahr viele Nadeln verloren, die Rinde war aber noch in einem guten Zustand. Während des ziemlich warmen und trockenen Frühsommers wurde die Rinde der meisten Bäume durch Insekten, insbesondere *Blastophagus piniperda L.* befallen. Bei erfolgreichem Befall starb die Rinde ab. Während des Sommers wurde ein schnelles Absterben von Rinde und Nadeln beobachtet. Die im Spätherbst vorgefundenen Verfärbungen fanden sich meistens unter toter Rinde. Einige Insekten übertrugen Bläuepilze, die sich im Holz entwickelten.
Es zeigte sich ein enger Zusammenhang zwischen verschiedenen Schadsymptomen, so etwa zwischen abnehmender Benadelung und absterbender Rinde und je mehr Rinde abgestorben war, desto mehr Verfärbungen kamen vor. Als die beiden entscheidenden Variablen für die Widerstandsfähigkeit gegen Schadorganismen stellten sich ein guter Boden-Wurzelkontakt, sowie ein hohes Kronenprozent heraus. Weiterhin wurde festgestellt, daß Bäume auf trockenen Böden, aus ziemlich offenen Beständen und mittleren Standortsverhältnissen besser überlebten, als Bäume auf nassen Böden, in dichten Beständen und auf guten Standorten. Die Bäume, deren Rinde auf nassem Boden auflag, starben rasch ab, in dichten Beständen wurden mehr Bäume durch Insekten befallen als in offeneren Beständen.
Die Autoren schlußfolgern, daß die Kondition der Bäume zum Zeitpunkt des Sturmwurfs ausschlaggebend ist für das Überleben bis zum Frühling. Das weitere Überleben über den Sommer bis zum Herbst hingegen hing ab von den Möglichkeiten Lebensaktivitäten fortzusetzen. Wichtig hierfür waren die Fähigkeit, den Transport zwischen Wurzeln und Kronen aufrecht zu erhalten, das Kronenprozent, und in welchem Maß die Krone der Sonneneinstrahlung ausgesetzt war.

MOLTESEN und DALGAS (1973) befassen sich in ihrer Untersuchung nach den Sturmwürfen vom Februar und Oktober 1967 mit der Lebendlagerung von Buchensturmholz bei Flächenwürfen und Einzelwürfen.

An 208 Bäumen eines ca. 7 Hektar großen Flächenwurfs vom Februar 1967 wurden 10 Varianten der Lagerung am Wurzelstock untersucht. Die Varianten enthielten unter anderem kronengekappte Bäume, Abdeckungen mit Plastikfolien, Schutzanstriche und Kalktünchungen sowie Kombinationen dieser Maßnahmen. Die unbehandelte Variante, die aus 56 Bäumen bestand, entsprach der Lebendlagerung, wie sie eingangs beschrieben wurde. Die Bäume hatten ein Alter von 150 Jahren, eine durchschnittliche Höhe von 33 Metern und einen mittleren Brusthöhendurchmesser von 65 Zentimetern. Der lehmige Boden zeichnete sich durch einen hohen Grundwasserstand aus.

Im November 1967, nach einer Vegetationsperiode, wurden 188 Bäume von der Wurzel getrennt und in Sägeabschnitte eingeteilt, die restlichen 20 Bäume wurden im Oktober 1968 eingeschnitten. In der Ergebnisdarstellung wird unterschieden zwischen kronengekappten und nicht kronengekappten Bäumen. Nach einer Vegetationsperiode zeigten alle Buchen Lagerschäden, dem Volumen nach war der Schaden jedoch gering: bei den nicht kronengekappten Bäumen lag der Schadholzanteil durch Einlauf und Verstocken bei rund 10 %, bei den kronengekappten etwa 5 %. Nach zwei Vegetationsperioden waren bei den ersteren rund 21 % des Volumens durch Lagerschäden entwertet, bei den kronengekappten rund 24 %. In blaufleckigem Holz wurden deutlich erhöhte Eisengehalte festgestellt, die mit 0,047 bis 0,515 mg Eisen pro Gramm Trockensubstanz sich deutlich vom Normaleisengehalt von 0,003 bis 0,019 mg unterschieden.

Folgende Tendenzen wurden durch die Untersuchung festgestellt: die Braunverfärbungen durch Einlauf und Verstocken nahmen zu bei starken Kronenbrüchen, geringem Wasserspiegel in den Wurzellöchern und einer ausgeprägten Exposition von Stamm und Wurzelteller. Blaufleckigkeit nahm zu bei großen, unbeschädigten Kronen, geringer Exposition von Stamm und Wurzelteller und erheblichem Zurückrutschen des Wurzeltellers. Die verschiedenen Varianten (Tünchung, Schutzanstriche, Abdecken mit Plastikfolie) brachten keinerlei positiven Ergebnisse. Stammholz, dessen Hirnflächen beschichtet wurden, waren wesentlich stärker geschädigt, als wurzelgelagerte Bäume.

Die Einzelwürfe aus dem Oktobersturm wurden an einem 80 Jahre alten Buchenbestand auf welliger Oberfläche mit einem schweren Lehmboden mit einem hohen Grundwasserstand untersucht. Lebend gelagerte Bäume zeigten nach drei Jahren keine wesentlichen Schäden. Die Holzfeuchtigkeit der windgeworfenen Bäume war fast die gleiche, wie bei stehenden Bäumen, wohingegen ihr Durchmesserzuwachs deutlich geringer war.

Einzelwurf wurde in einem weiteren, ziemlich offenen, 78 Jahre alten Bestand auf einem tiefgründigen, sandigen Lehmboden untersucht. Nur zwei von 17 lebend gelagerten Stämmen waren nach einer Lagerzeit von Oktober 1967 bis April 1969 frei von Lagerschäden. Obwohl die Stämme nur geringfügig geschädigt waren, hatten sie einen sehr niedrigen Feuchtigkeitsgehalt. Die vier am stärksten ausgetrockneten Stammabschnitte waren bis zu 85 % des Volumens braun verfärbt.
Blaufleckigkeit wurde auf lehmigen und feuchten Böden nach dem Februarsturm häufig festgestellt, wohingegen auf den gleichen Standorten nach dem Oktoberwindwurf diese Verfärbungen kaum beobachtet wurden. Es wird vermutet, daß die abgerissenen Wurzeln aus dem Oktobersturm Zeit genug hatten Wundgewebe zu bilden, bevor der Saftstrom im nächsten Frühjahr begann und somit keine Mikroorganismen und Eisenionen über die Wurzeln eindringen konnten.
Die Autoren stellen abschließend fest, daß der Erfolg der Lebendlagerung in erster Linie abhängt von den Bruchschäden durch den Sturz, der Möglichkeit der Wasseraufnahme durch den Wurzelteller und der Exposition des Baumes in Sonne und Wind. Auf Flächenwürfen wird die Lebendlagerung für nicht länger als eine Vegetationsperiode empfohlen, Einzelwürfe können unter günstigen Verhältnissen bis zu drei Jahren ohne größere Schäden gelagert werden.

FELUMB et al. (1973) untersuchten die auch von MOLTESEN und DALGAS (1973) bei lebend gelagertem Buchensturmholz beschriebene Blaufleckigkeit an Buchen aus dem Windwurf 1967, welche nach der Aufarbeitung 1968 bis 1971 teichgelagert wurden. Sie konnten einen Zusammenhang der blauen Verfärbungen mit dem hohen Eisengehalt des Wassers feststellen und belegten durch Laborversuche, daß die Blaufärbung durch Interaktionen zwischen Lignin abbauenden Bakterienstämmen und Eisenionen hervorgerufen wurde. Die Autoren halten es für möglich, daß die Blaufleckigkeit bei lebend gelagerten Buchen auf lehmigen Böden mit hohem Grundwasserstand auf die gleiche Weise hervorgerufen worden sein könnte.

DELORME und WUJCIAK (1973) fassen in ihrer Veröffentlichung „Erfahrungen mit der 'Lebendkonservierung' von Sturmholz" vorliegende Erfahrungen auf diesem Gebiet zusammen. Für die Buche stellen die Autoren fest, daß die Lebendlagerung sich als die beste der untersuchten Möglichkeiten erwiesen habe, Buchen ohne größere Qualitätsverluste über eine Vegetationsperiode bis hin zu zwei Vegetationsperioden zu erhalten, solange noch eine Wurzelverbindung zum Boden besteht.

LIESE (1973) nimmt den Sturm vom 13. November 1972 zum Anlaß, die verschiedenen Möglichkeiten zur Qualitätserhaltung von Sturmholz bei längerer Lagerung zu diskutieren. Nach LIESE (1973, S. 150) kann „als eine Art zeitlich begrenzter Naßlagerung ... in gewisser Weise bereits das Liegenlassen der geworfenen Stämme mit Wurzelteller und Krone angesehen werden." Er verweist auf die von MAYER-WEGELIN veranlaßte Untersuchung zur Lebendlagerung von Buchen durch KUNZ (1961) und die Arbeit von MOLTESEN und DALGAS (1973), nach der Buchen bei genügender Wurzelverbindung mit dem Boden über ein Jahr ohne Qualitätseinbußen unaufgearbeitet liegenbleiben könnten.
Zur Kiefer und Fichte führt LIESE aus, daß das Liegenlassen geworfener Stämme mit Krone die billigste kurzfristige Schutzmaßnahme sei, um die kritische Zeit bis zur Aufarbeitung und Abfuhr zu überwinden. Er weist mit dem Hinweis auf die Veröffentlichung von DELORME und WUJCIAK (1973) aber darauf hin, daß die Gefahr eines Pilz- und Insektenbefalls größer zu sein scheint als bei der Buche.

SCHINDLER (1973) betrachtet die Sturmschäden aus dem Sturmwurf vom 13. November 1973 unter dem Gesichtspunkt des Forstschutzes. Zur Buche bemerkt er, daß während der warmen Jahreszeit vor allem Wertverluste durch Verstocken drohen und gibt den „... wichtige(n) Hinweis, geworfene Buchen, welche bis zum Sommer 1973 nicht verkauft und abgefahren werden können, unaufgearbeitet liegen zu lassen" (SCHINDLER 1973, S. 62). Im weiteren führt er an, „... daß die über den Wurzelteller mit der Erde verbundenen Buchen mindestens im ersten Sommer, oft aber sogar im zweiten wieder ergrünten und gesund und frisch blieben" und verweist in diesem Zusammenhang auf die Untersuchungen SCHWERDTFEGERs (1963), dessen Untersuchung sich aber nur auf die Lebendlagerung über die Dauer einer Vegetationsperiode erstreckt.

V. AUFSEß (1974) diskutiert verschiedene Verfahren zum Schutz des Rundholzes gegen Lagerschäden, ohne Bezug auf ein bestimmtes Sturmereignis zu nehmen. Sie geht hierbei kurz auf die Lebendlagerung ein, als einer „... Maßnahme zu Erhaltung der hohen Holzfeuchtigkeit ... ". Voraussetzung für „... das Liegenlassen geworfener Stämme in Rinde und Krone ... ist jedoch, daß der Baum über einen Teil seiner Wurzeln noch Kontakt zum Boden hat und somit Wasser aufzunehmen vermag. Auf diese Weise können Buchen etwa ein Jahr, Kiefern und Fichten während einer Vegetationsperiode ohne größere Schäden unaufgearbeitet auf der Windwurffläche liegenbleiben" (V. AUFSEß, 1974, S. 371). Die Autorin bezieht sich hierbei auf die Untersuchungen von KUNZ (1961), BERNHART (1961), MOLTESEN und DALGAS (1973) und die Veröffentlichung von DELORME und WUJCIAK (1973).

SCHNELL (1986) stellt in einer Literaturübersicht zur Erhaltung der Qualität großer Rundholzmengen durch sachgerechte Lagerung unter Punkt 3.21 in einem halbseitigen Kapitel die Lebendlagerung im Bestande vor. Er bezieht sich aber lediglich auf Sekundärliteratur wie beispielsweise den Artikel von DELORME und WUJCIAK (1973). Er empfiehlt die Lebendlagerung für Buche bis zur Dauer von zwei Vegetationsperioden, „... während für Fichte und Föhre wegen der Gefahr der Pilzinfektionen und des Anflugs von Insekten grundsätzlich auf diese Methode zu verzichten ist". Hierzu zitiert der Autor beispielsweise die Veröffentlichung von LIESE und AMMER (1968), die keinerlei Aussagen zur Lebendlagerung enthält (SCHNELL, 1986, S. 10). Zur Lebendlagerung rechnet er als weitere Möglichkeit auch, „... die Bäume nach dem Fällen mit vollständiger Krone im Bestand liegen zu lassen", eine Form der Waldlagerung, die von SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA (1991) als physiologische Trocknung durch Kronentranspiration nach Trennung vom Stock beschrieben wird.

LIESE und PEEK (1987) berichten über ihre Erfahrungen zur Lagerung und Vermarktung von Holz im Katastrophenfall. Unter dem Oberbegriff Kurzzeitlagerung wird in dieser Veröffentlichung die Lebendlagerung gestreift. Sie wird als eine Möglichkeit aufgezeigt, die es erlaubt, daß angeschobene Bäume „... ein bis zwei Jahre durch ungemindert hohen Wassergehalt 'lebend' konserviert und verspätet aufgearbeitet werden können ... wenn die Baumwurzeln noch zum Teil Bodenverbindung haben und die Krone nicht stark beschädigt ist" (LIESE und PEEK, 1987, S. 910). Die Autoren weisen beim Nadelholz auf die Insektengefahr hin.

DELORME und RIPKEN (1987) geben in dem von ihnen verfaßten Merkblatt des Auswertungs- und Informationsdienstes für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Hinweise zur Konservierung von Nadelstammholz. Hier wird die Lebendlagerung für die Zeitdauer bis zu einem Jahr als kostenlose Maßnahme empfohlen, wenn es sich um angeschobene und geworfene Bäume mit nur geringen Bruchanteilen handelt, wenn ein Teil der Wurzeln Verbindung zum Boden hat und wenn die Borkenkäfergefahr im ersten Jahr nicht zu groß erscheint; ferner, wenn der Sturmholzanfall so groß ist, daß die Aufarbeitung nicht vor Beginn der Vegetationszeit beendet werden kann, oder wenn mangels Absatzmöglichkeiten für das aufgearbeitete Holz Lagerrisiken zu erwarten sind.

Auf die nach Beginn der Untersuchung im Laufe des Jahres 1990 und später in verschiedenen Instituten und Landesforstverwaltungen erschienen Merkblätter wird hier nicht näher eingegangen, da sie sich in der Regel auf nicht näher beschriebene Erfahrungen beziehen und sich auf allgemeine, teilweise sehr pauschal gehaltene Empfehlungen beschränken, gelegentlich wird in ihnen die vorstehend besprochene Literatur aufgeführt, oder auf diese Bezug genommen.

HÖWECKE und MAHLER (1990 a) führten anhand von drei Stammscheiben und vier Brettern eine orientierende Untersuchung zur Holzqualität lebend konservierter Buchen durch. Fleckige Verfärbungen entstanden durch Oxydation von Gerbstoffen in Parenchymzellen und durch bläulich-schwärzliche Stoffwechselprodukte von Ascomyceten, die über Pilzabimpfungen nachgewiesen werden konnten. Holzfeuchteunterschiede der Brettproben wurden durch Thyllenbildung verursacht. Hieraus folgte eine geringere Wasseraufnahme bei Dämpfung, wodurch es zu Verfärbungen komme.

BAUER (1991 b) zieht eine Zwischenbilanz aus der Sicht einer Forstdirektion und faßt die Erfahrungen mit der Lebendlagerung zusammen. Mit der Lebendlagerung wurde neben der Reduzierung des Angebotsdrucks am Markt die Auslastung der vorhandenen Arbeitskapazitäten über das Sturmjahr hinaus verfolgt. Zur Qualitätserhaltung bei den einzelnen Baumarten stellt BAUER fest: „... Das hauptsächlich betroffene Sortiment Fi-/Ta-Stammholz hat vor allem in Schattlagen sowie in Einzel- und Nesterwürfen das witterungsmäßig ungünstige Jahr 1990 gut überstanden. Bei der Buche sind die gemachten Erfahrungen unterschiedlich, bei Kiefer und Lärche zumeist schlecht, bei der Eiche uneingeschränkt positiv." (BAUER, 1991 b, S 1496).

GLÖCKLER und GROß (1991) untersuchten die Holzfeuchte lebend gelagerter Fichten in Baden-Württemberg. Ziel der Untersuchung war es in erster Linie, repräsentative Meßwerte zu erhalten, um Empfehlungen für die Aufarbeitungsstrategie nach dem Windwurf 1990 geben zu können. Auf 56 % der untersuchten 97 Flächen wurde zwischen September und November 1990 sowie im Februar 1991 noch eine Holzfeuchte von 120 % oder mehr festgestellt; diese Hölzer wurden demnach noch als naßlagertauglich eingestuft. Die Holzfeuchte war im November, in der Ebene und in beschatteten Lagen höher als im September, am Hang und in besonnten Lagen.

SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA (1991) beschäftigten sich nach dem Sturmwurf 1990 in ihrer Untersuchung „Physiologische Trocknung und Lebendkonservierung von sturmgeworfenen Buchen" neben der physiologischen Trocknung auch mit der

Lebendlagerung von Buchen im Forstamt Nidda am Vogelsberg. Neben der physiologischen Trocknung durch Kronentranspiration nach Trennung vom Stock wurde die Lebendlagerung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Beschirmungsverhältnisse an einem Kollektiv von insgesamt fünf Buchen ein halbes Jahr nach Sturmwurf anhand von Holzfeuchtebestimmungen an Stammscheiben und der Holzqualitätsansprache mittels ausgesuchter Holzgüteparameter (Rißbildung und Verfärbungen) an Stammquerschnittsflächen untersucht.
Als wesentliches Ergebnis wird für die Lebendlagerung festgestellt, daß von Sonnenbrand ausgehende Randverfärbungen sich nur bis zu einer Tiefe von 4 Zentimeter in den Stamm hinein erstreckten und weitergehende Sekundärschäden durch Schadorganismen nicht festgestellt wurden. Abschließend wird festgehalten, daß aufgrund der positiven Ergebnisse bei der Lebendlagerung dieser bei Einzelwürfen, die länger als nur wenige Monate gelagert werden sollen, im Vergleich zur physiologischen Trocknung der Vorzug zu geben sei.

APEL et al. (1992) berichten über ihre Erfahrungen zur Lebendlagerung von Buche nach den Sturmwürfen von 1990 aus dem Forstamt Weilburg. Nach einer Vegetationsperiode wurden durchweg gute Ergebnisse für die Lebendlagerung verzeichnet. Im Herbst wurden für lebend gelagertes Buchensturmholz die gleichen Preise erzielt wie im Frühjahr 1990. Für die zweite Vegetationsperiode stellen die Autoren fest, daß nur die Einzel-, Nester- und Kleinflächenwürfe mit guter Beschattung von sichtbaren Lagerschäden verschont blieben. Nach den Erhebungen im Forstamt Weilburg waren bei der Buche 22 % der Sturmholzmasse für die Lebendlagerung mit sicherer Qualitätserhaltung über zwei Vegetationsperioden geeignet. In ihren Folgerungen führen die Autoren demnach aus, daß die Lebendlagerung, abhängig von der Flächenauswahl, Wurzelkontakt und Kronenbeschädigungen, eine geeignete Möglichkeit zur Qualitätserhaltung von Buchenstammholz über einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren sei.

GROß et al. (1992) untersuchten Holzqualität und Forstschutzproblematik bei der Lebendlagerung von Fichte und Tanne in Baden-Württemberg nach dem Sturmwurf 1990. Die Untersuchung wird ergänzt durch Praxisbeobachtungen aus 15 Forstämtern. Für das erste Jahr der Lebendlagerung wird überwiegend von geringen Beeinträchtigungen der Holzqualität berichtet. Qualitätsverluste traten insbesondere an den Stammenden und an rindenfreien Stellen auf. Die Insektenpopulationen wuchsen in diesem Zeitraum unabhängig vom Sturmwurftyp (Nesterwurf, Flächenwurf) an. Zu Beginn der zweiten Vegetationszeit wurde Stehendbefall beobachtet.

In der zweiten Vegetationsperiode nach dem Sturm kam es zu einer deutlichen Minderung der Holzqualität durch holzentwertende Pilze und Insekten. Die Tanne bereitet zwar aus der Sicht des Forstschutzes weniger Probleme als die Fichte, da sie aber meistens in Mischung mit der Fichte vorkommt, wird die Dauer der Lebendlagerung durch die Forstschutzsituation bei der Fichte bestimmt.
Nach Sturmwürfen im späten Winter oder frühen Frühjahr wird von den Autoren die Lebendlagerung nur bis zu Beginn der nächsten Vegetationszeit empfohlen, ansonsten ist mit Forstschutzproblemen und größeren Beeinträchtigungen der Holzqualität zu rechnen.

OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE (1992) publizieren ausgehend von der vorstehend erwähnten Untersuchung eine weitere Veröffentlichung zur Lebendlagerung der Buche im gleichen Untersuchungsgebiet (Forstamt Nidda). Hier wurden insgesamt 20 sturmgeworfene Buchen in zwei Lagerungsvarianten als Einzelwürfe unter Schirm sowie als Flächenwürfe bis Anfang November 1991 untersucht. Die Teilkollektive des Flächenwurfs, die jeweils fünf Probebäume umfaßten, wurden im Mai und Oktober 1990 untersucht, die aus zweimal drei und einmal vier Versuchsbäumen bestehenden Teilkollektive der Schirmvariante wurden 1991 im April, Juli und Anfang November untersucht. Die Untersuchungsmethodik ist die gleiche wie die bereits für 1990 beschriebene und beschränkt sich im wesentlichen auf die Erhebung der Holzfeuchte und ausgewählter Holzgüteparameter an jeweils einer Stammscheibe an Stammfuß und Zopf pro Versuchsbaum. Die Untersuchung der Einzel- und Nesterwürfe anhand der an drei Terminen aufgearbeiteten 10 Versuchsbäume stellt eine Erweiterung des Untersuchungsansatzes und die Ergänzung der bereits in der Veröffentlichung von 1992 vorgestellten Ergebnisse dar. Als zentrales Ergebnis wird herausgestellt, daß unter bestimmten Voraussetzungen (u.a. gute Wasserversorgung, ausreichender Boden-Wurzelkontakt, nur geringfügige Beschädigung von Stamm und Krone) Einzelwürfe unter Schirm bis zu zwei Jahren, Flächenwürfe aufgrund stärkerer Holzqualitätseinbußen, insbesondere durch Pilzbefall, maximal ein Jahr lebend gelagert werden können.
Wie bereits zu oben zitierten Untersuchungen ausgeführt, ist auch in den Untersuchungen von OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE der Stichprobenumfang je Aufnahmetermin und Variante mit drei bis fünf Individuen gering, eine Vergleichbarkeit der beiden Varianten der Lebendlagerung zum gleichen Untersuchungszeitpunkt ist nicht gegeben. Daher schränken die Autoren ihre Resultate insoweit ein, daß die Ergebnisse „... keine gesicherten, allgemein gültigen Aussagen zulassen" (SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA, 1991, S. 55) und „... wenig Anspruch auf Verallgemeinerung begründen können" (OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE, 1992, S. 230).

SCHULZ und SCHUMACHER (1993) kommen in ihrem Abschlußbericht über die Untersuchungen zur Lebendlagerung windgeworfener Fichte weitgehend zu den gleichen Folgerungen wie GROß et al. (1992). Die Lebendlagerung wird für Fichte nicht empfohlen, wenn zum Zeitpunkt des Windwurfs ein erhöhter Befallsdruck von Borkenkäfern zu erwarten ist. In einer derartigen Situation könnten geworfene Fichten aber als Fangbäume eingesetzt werden, wenn ihre rechtzeitige Aufarbeitung sichergestellt ist. Der Erfolg der Lebendlagerung ist ferner vom Sturmwurftyp abhängig, sie ist geeignet für Einzel und Nesterwürfe, ggf. für Flächenwürfe an Nordhängen. Intensive Besonnung führt zu Entwertungen durch Sonnenbrand, Insekten- und Pilzbefall. Die Autoren empfehlen die Lebendlagerung von Fichtensturmholz aus dem Spätwinter für höchstens ein Jahr.

Zusammenfassend kann zur Lebendlagerung auf der Grundlage der besprochenen Erfahrungsberichte und Sekundärliteratur (MÜNCH, 1908; SCHWAIGER, 1959; SCHWERDTFEGER, 1962; KUNER, 1967; SCHÖNHERR und WELLENSTEIN, 1967; STAUDENMANN, 1968; DELORME und WUJCIAK, 1973; LIESE, 1973; SCHINDLER, 1973; v. AUFSEß, 1974; SCHNELL, 1986; LIESE und PEEK, 1987; DELORME und RIPKEN, 1987; BAUER, 1991 b; APEL et al., 1992) und den wenigen wissenschaftlichen Untersuchungen (BOYCE, 1929; VITÉ, 1955; BERNHART, 1961; KUNZ, 1961; SCHWERDTFEGER, 1963; MOLTESEN, 1969 und 1971; VENN und SPILLING 1972; MOLTESEN und DALGAS 1973), die bis zum Beginn der vorliegenden Untersuchung im März 1990 vorlagen, festgestellt werden, daß die Lebendlagerung für die erste Vegetations- bzw. Lagerungsperiode bis zu etwa einem Jahr durchweg gute Ergebnisse erwarten läßt, was bei der Baumart Buche besonders für Buchensturmholz, lebendgelagert unter Schirm oder in Beschattung gilt. Dennoch können die Aussagen der einzelnen Untersuchungen nicht bedenkenlos generalisiert werden, da neben teilweise sehr geringen Stichprobenumfängen oft der systematische Ansatz fehlt, bei der Überprüfung der zeitlichen Entwicklung und den unterschiedlichen Ausprägungsformen der Holzentwertung in Abhängigkeit von der Sturmwurfform. Eine vergleichende Betrachtung ist somit nur begrenzt möglich.

1.3 Zielsetzung der Untersuchung

Im Mittelpunkt des Forschungsvorhabens steht die Beantwortung der Frage, ob durch die Lebendlagerung die Eignung von Buchenstammholz für die Erzeugung hochwertiger Schnittware erhalten werden kann.

Die nur allgemein formulierte Zielsetzung muß zur effizienten Umsetzung in einen konkreten Forschungsansatz präzisiert werden:

1. Wie entwickeln sich die technologischen Eigenschaften des gelagerten Holzes und insbesondere die Schnittholzeigenschaften in Abhängigkeit von:

   a) der Dauer der Lebendlagerung,

   b) der Form des Sturmwurfs?

2. Welche Ausbeuten an qualitativ hochwertiger Schnittware können bei Lebendlagerung von Buchensturmholz erwartet werden im Vergleich zur konventionellen Trockenlagerung im Haufenpolter an der Waldstraße?

Unter verschiedenen Formen des Sturmwurfs werden in diesem Zusammenhang Flächenwürfe ohne Beschattung und Einzelwürfe unter Schirm unter geschlossenem Kronendach verstanden.

Die Untersuchung der Entwicklung der Schnittholzqualität in Abhängigkeit von Lagerungsdauer und Sturmwurfform, stellt die *Hauptfragestellung* der Untersuchung dar. Sie soll in erster Linie über Versuchseinschnitte erhoben werden. Die Qualitätsveränderung der Schnittware bildet den Schwerpunkt der Untersuchung.

Um Hinweise auf Qualitätsveränderungen während der Lagerung zu erhalten, sind begleitende Untersuchungen notwendig, die darüberhinaus der Beantwortung von *Nebenfragestellungen* dienen sollen. Hierbei spielen Holzfeuchte- und Rohdichtemessungen eine besondere Rolle, da von ihrer Entwicklung während der Lagerungsdauer Rückschlüsse auf die Veränderungen der Holzqualität zu erwarten sind.

2. VERSUCHSPLANUNG UND UNTERSUCHUNGSMATERIAL

2.1 Versuchsplanung

Um die Hauptfrage der Untersuchung nach der Entwicklung der Schnittholzqualität in Abhängigkeit von Lagerungsdauer und Sturmwurftyp zu beantworten, wurden im halbjährlichen Abstand drei Versuchseinschnitte im Sägewerk geplant. Die Einschnittermine wurden in das Winterhalbjahr gelegt, um einen jahreszeitlich bedingten negativen Einfluß auf die erzielbaren Schnittholzqualitäten auszuschließen oder möglichst gering zu halten. Zudem erscheint es für die Aufarbeitungsstrategie nach Windwürfen von besonderem Interesse, ob Buchensturmholz über eine oder mehrere vollständige Vegetationsperioden ohne größere Entwertung lebend gelagert werden kann.

Die Lagerung zwischen Aufarbeitung und Verwertung birgt Risiken erheblicher Qualitätseinbußen. Diese können bei Aufarbeitung in der Vegetationszeit mit anschließender Zwischenlagerung des Rundholzes besonders hoch ausfallen (s. Kapitel 1.2). Entwertungen resultieren insbesondere aus Verfärbungen durch Einlauf oder Ersticken und Verstocken (syn. Verstockung). Insektenbefall und Verstocken einhergehend mit Befall durch holzzerstörende Pilze und daraus folgend Festigkeitsverluste führen zu weiteren Wertverlusten (BRUNN, 1932; KNUCHEL, 1935; GÄUMANN, 1936 und 1938; ZYCHA, 1948; KOLLMANN, 1950 und 1951; MAYER-WEGELIN, 1950; V. PECHMANN, 1951; KÖNIG, 1957 a und b; HOLZ, 1959; SCHWERDTFEGER, 1962; KNIGGE und SCHULZ, 1966; BAVENDAMM, 1974; BUTIN, 1983; BOSSHARDT, 1984; ROTTMANN, 1986; BAUCH, 1986).

Ausgehend von diesen Erkenntnissen sollten nach der ersten Vegetationsperiode in einer Voruntersuchung Erfahrungen und Grundlagen für die Durchführung der Hauptuntersuchung nach der zweiten Vegetationsperiode seit dem Sturmwurf gewonnen werden.
Im Rahmen der *Voruntersuchung* wurde ein halbes Jahr nach dem Sturmereignis im Oktober 1990 ein erster Versuchseinschnitt im Sägewerk vorgesehen. Um die weitere Entwicklung der Schnittholzqualität im Winterhalbjahr beurteilen zu können, wurde ein zweiter orientierender Versuchseinschnitt vor Beginn der nächsten Vegetationsperiode im März 1991 in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Im November 1991 sollte in der *Hauptuntersuchung* die Schnittholzqualität nach der zweiten Vegetationsperiode nach dem Sturmereignis untersucht werden. Sie sollte zeigen, welche Qualitätsausbeuten nach zwei Vegetationsperioden bei lebend gelagertem Buchensturmholz erwartet werden können.

Die stufige Vorgehensweise mit Schwerpunkt auf der Untersuchung nach zwei Vegetationsperioden berücksichtigt die bereits vorliegenden Untersuchungsergebnisse und Erfahrungen, die nach der ersten Vegetationsperiode nach Wintersturmwurf bei lebend gelagerten Buchen keine gravierenden Qualitätsverluste feststellen konnten (SCHWAIGER, 1959; KUNZ, 1961; SCHWERDTFEGER, 1963; STAUDENMANN, 1968; DELORME und WUJCIAK 1973).
Zur Holzqualität von Buchen, die über einen Zeitraum von zwei Vegetationsperioden lebend gelagert wurden, gibt es Hinweise auf eine gute Qualitätserhaltung bei KUNZ (1961), MOLTESEN (1969 und 1971) und DELORME und WUJCIAK (1973).

Die Untersuchung der Schnittware im Sägewerk ist ein grundlegender Ansatz zur Beurteilung der Holzqualität. Bei den bis zum Beginn des Projektes vorliegenden Untersuchungen zur Lebendlagerung der Buche erfolgte die Beurteilung der Holzqualität anhand morphologischer Merkmale wie Stamm- und Astbrüche, Rindenzustand, Befall durch Schadorganismen und über die Feststellung von Verfärbungen und Verstockungserscheinungen anhand von Querschnittsflächen am Baum bzw. Rundholz (KUNZ, 1961; SCHWERDTFEGER, 1963; SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA, 1991; OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE 1992).

Aufgrund der longitudinalen Ausprägungsform der das Stammholz maßgeblich entwertenden Verfärbungen durch Einlauf und Verstocken erscheint aber nur eine Untersuchung der Holzgüte über die Stammlängsachse anhand der Schnittware zielführend, um eine umfassende Antwort auf die Hauptfrage der Untersuchung zu erhalten. Die Untersuchung der Schnittware stellt demnach den methodischen Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung dar (SCHULZ, 1961 und 1993; HECKEL, 1977).

In Nebenuntersuchungen sollten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ob Zusammenhänge zwischen der Schnittholzqualität und Beurteilungskriterien zur Entwicklung des physiologischen und technologischen Holzzustandes bestehen.
Diese Nebenuntersuchungen bestanden im einzelnen aus der Beurteilung der Splintholzfeuchte und Rohdichte anhand von Splintholzproben, aus der Bestimmung des Radialzuwachses mittels Stammscheibenanalysen, aus der Untersuchung kleinstandörtlicher Lagerungsunterschiede (Boden-Wurzelkontakt, Kronenverletzungen) und aus der Bestimmung der vorgefundenen Pilzarten anhand der Fruchtkörper.

2.2 Versuchsvarianten

Als Grundlage aller Lebensvorgänge ist Wasser für Gefäßpflanzen unentbehrlich. So sind Aufnahme und Transport von Nährstoffen, Photosynthese, Atmung und Transpiration an die Verfügbarkeit von Wasser gebunden (STRASBURGER, 1983). Für eine erfolgreiche Lebendlagerung erschien eine ausreichende Wasserversorgung als Grundvoraussetzung für ein möglichst langes Überleben der vom Sturm geworfenen Bäume von besonderer Bedeutung.

Mit Hilfe von zwei verschiedenen Standorten, die sich in der Exposition und vor allem im Wasserangebot unterscheiden sollten (s. Tabelle 2.3.1), war zu prüfen, ob sich beim Schnittholz lebend gelagerter Sturmwurfbuchen für Standorte unterschiedlichen Wasserangebots voneinander abweichende Qualitätsausbeuten nachweisen lassen.

Ein Vergleich von Sturmwurfbuchen, die als Flächenwurf (Buchen ohne Beschattung auf der Freifläche) und als Einzelwurf (Buchen unter Kronenschirm im geschlossenen Bestand, Bestockungsgrad 0,7) lebend gelagert wurden, sollte Hinweise darauf geben, ob verschiedenartige Sturmwurftypen einen Einfluß auf die Ergebnisse der Lebendlagerung haben (Sturmwurftypologie nach SCHWERDTFEGER, 1981, S. 54).

Um die Untersuchungsergebnisse der Lebendlagerung mit Holzqualitäten vergleichen zu können, wie sie in den untersuchten Beständen unter normalen Einschlagsbedingungen bei optimaler Bereitstellung erwartet werden können, wurden Vergleichsstandards benötigt. Für diesen Vergleichsstandard, einer zu erwartenden maximalen Ausbeute guter Holzqualitäten, wurden zu jedem Versuchseinschnitt aus den gleichen Beständen in denen die Einzelwürfe lagen, stehende Bäume waldfrisch eingeschlagen.

Einen weiteren Vergleichsstandard sollte Holz aus Haufenpoltern darstellen, die nach dem Sturm für jeden geplanten Versuchseinschnitt am Rand der Waldstraße im Bestandesschatten angelegt wurden. Diese Versuchsanstellung sollte im halbjährlichen Turnus einen Vergleich zu der Qualitätsausbeute ermöglichen, wie sie erzielt wird bei zügiger Aufarbeitung nach Sturmwurf und anschließender Lagerung an der Waldstraße bis zur Verwertung. Diese Vergleichsvariante repräsentiert den Fall der zügigen Aufarbeitung nach Sturmwurf bei fehlenden Absatzmöglichkeiten und stellt aufgrund der nach der Literatur (s.o.) zu erwartenden Lagerschäden einen Vergleichsstandard maximaler Holzentwertung im Untersuchungszeitraum dar.

Einen Überblick über die Varianten der Untersuchung gibt Abbildung 2.2.1.

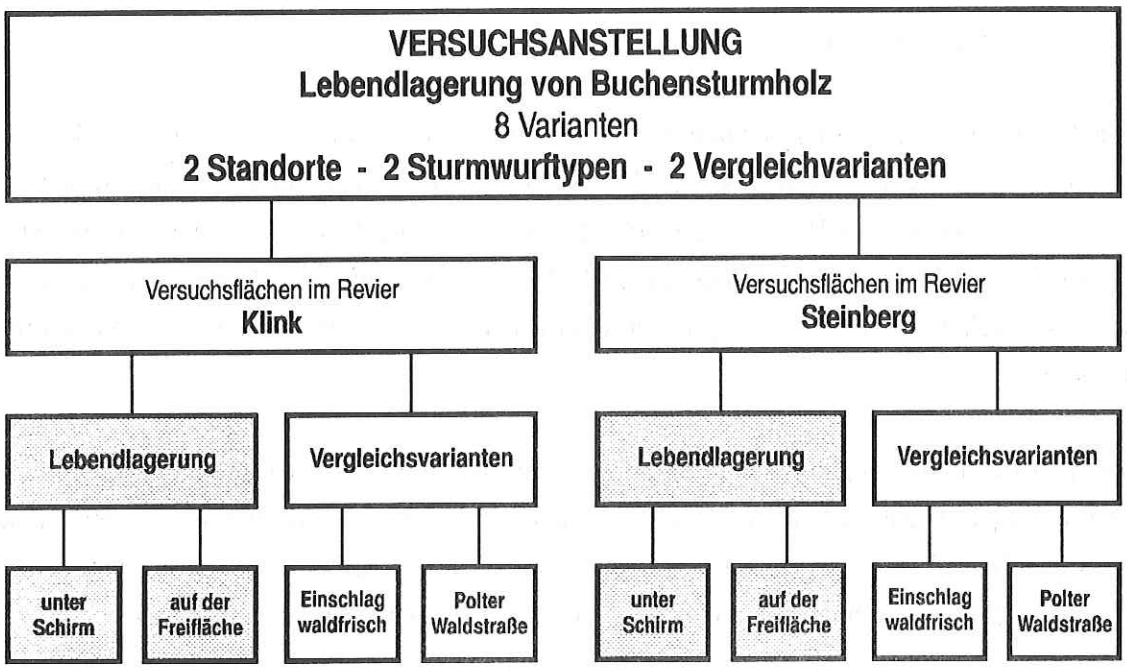


Abbildung 2.2.1: Übersicht der Untersuchungsvarianten

Zur übersichtlicheren Gestaltung von Tabellen und Grafiken werden in der vorliegenden Arbeit folgende Abkürzungen für die Bezeichnung der verschiedenen Versuchsvarianten gebraucht (Tabelle 2.2.1).

Untersuchungsvarianten				
Versuchsflächen	Lebendlagerung		Vergleichsvarianten	
	im Bestand unter Schirm E (Einzelwurf)	auf der Freifläche ohne Beschattung F (Flächenwurf)	Haufenpolter am Waldstraßenrand P (Polter)	waldfrischer Einschlag B (Bestand)
Revier Klink K	K E	K F	K P	K B
Revier Steinberg S	S E	S F	S P	S B
	Lagervarianten			

Tabelle 2.2.1: Abkürzungen der Varianten in Text, Grafiken und Tabellen

2.3 Versuchsflächen

Die Versuchsflächen liegen im rheinland-pfälzischen Forstamt Irrwald in den Revieren Steinberg und Klink auf dem Höhenzug des Schwarzwälder Hochwaldes im südwestlichen Hunsrück in einer Höhenlage zwischen 520 und 680 Meter über NN.

Die Versuchsbestände nach den Forsteinrichtungsdaten der Inventur vom 01.10.1992 sind in Tabelle 2.3.1 beschrieben.

Übersicht der Standorts- und Bestandesverhältnisse

Forstamt:	Irrwald
Wuchsgebiet:	Hunsrück (07.06) [1])
Wuchsbezirk:	Hoch- und Idarwald (07.06.03)
Geologie:	Unterdevonische Ton- und Bänderschiefer mit Quarziten in Wechselfolge, tertiäre Restdecken, diluviale Decklehme (kalkfreie Lößlehme) mit Bimsschleier
pot. nat. Vegetation:	Hainsimsen-Buchenwald

Revier Waldort	Bestand 1990	Höhenlage Exposition	Standortstyp Bodenart	Niederschlag Wasserhaushalt
Klink Abteilung 181	Buche mittlerer Leistung 141 Jahre; 39,1 ha Ertragsklasse 2.5 Bestockungsgrad 0,7	submontane Stufe 520 - 530 m 6 - 7 ° C [2]) Nord schwach geneigter (5°) Unterhang	tiefgründige, schwach mesotrophe Braunerde aus diluvialem Lehm mit Steinen aus Quarzit über Solifluktionsgemisch aus diluvialem Lehm/Quarzit/Tonschiefer-Hangschutt sandig-schluffiger Lehm bis sandig-schluffiger-toniger Lehm	1100 mm/a [2]) sehr frisch [3]) **nWS** **132 mm** [4])
Steinberg Abteilungen 137 a[2] 139	Buche geringer Leistung 137 Jahre; 4,1 ha 122 Jahre; 15,3 ha Ertragsklasse 3.0 Bestockungsgrad 0,8	montane Stufe 660 - 680 m 6 - 7 ° C Südost schwach geneigter (9°) Oberhang (Kammlage)	stark steinige, mittelgründige, oligotrophe Braunerde aus Quarzitverwitterung und geringeren Anteilen diluvialen Lehms über leicht verwittertem Quarzit-Hangschutt sandiger Lehm bis sandig-schluffiger Lehm	1100 mm/a frisch bis ziemlich frisch **nWS** **63 mm**

[1]) Wuchsgebietsbezeichnung („ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG" IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG, 1985)
[2]) Mittlere Jahres-Niederschlagssummen und -Temperaturen 1891 - 1930 (DEUTSCHER WETTERDIENST, 1957)
[3]) Wasserhaushaltsstufe („ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG" IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG, 1980)
[4]) nutzbare Wasserspeicherkapazität („ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG" IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG, 1980)

Tabelle 2.3.1: Beschreibung der Versuchsflächen und Versuchsbestände

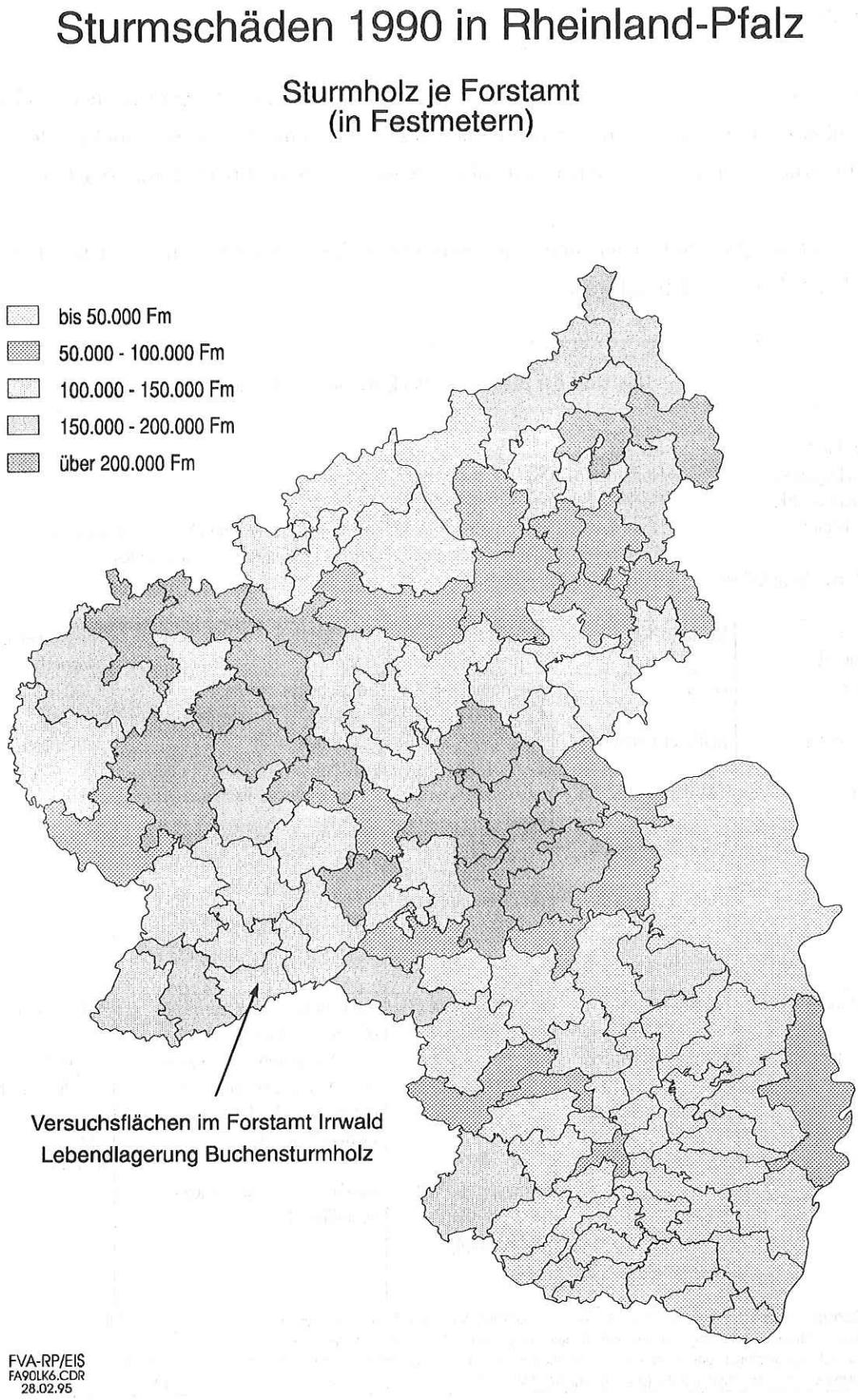


Abbildung 2.3.1: Lage der Versuchsflächen in Rheinland-Pfalz

2.4 Versuchskollektive

Die Versuchskollektive sollten sowohl die standörtlichen, wie auch die lagerungstechnischen Gegebenheiten zutreffend repräsentieren. Die Auswahl der Versuchsbäume erfolgte zufällig mit der Einschränkung der nachfolgend dargestellten Restriktionen und Rahmenbedingungen.

Eine dieser Rahmenbedingungen war die Erreichbarkeit der Stämme vor und während der Aufarbeitung zur meßtechnischen Aufnahme und Durchführung begleitender Untersuchungen.
Diese Restriktion stellte eine entscheidende Erschwernis dar, da Untersuchungen und letztlich die Aufarbeitung selbst an den im Windwurfverhau liegenden Versuchsstämmen technisch schwierig und aus Gründen der Arbeitssicherheit zum Teil unmöglich war. Ferner war es nicht zu vertreten, daß größere Holzmengen bei der gegebenen Holzmarktlage unter erschwerenden Versuchsbedingungen bei stagnierendem Absatz kostenwirksam aufgearbeitet wurden.

Eine weitere Restriktion war der notwendige räumliche Abstand der drei Einschnittkollektive voneinander, denn durch Aufarbeitung und Holzrücken durften die für die späteren Einschnittermine vorgesehenen Versuchsbäume nicht beeinträchtigt, insbesondere nicht in ihrer Lage verändert werden, da die ursprüngliche Lage, wie sie durch den Sturmwurf entstanden war, einen wesentlichen Teil der Versuchsanstellung darstellte. Aus dieser Notwendigkeit heraus ergaben sich für die Freiflächenvariante erhebliche Flächengrößen, da eine Beschirmung durch stehengebliebene Bäume oder Beschattung durch den angrenzenden Bestand oder Baumgruppen ebenfalls ausgeschlossen werden mußte.

Aufgrund der dargestellten Beschränkungen kamen nur wenige Flächen in Betracht, welche die gestellten Anforderungen erfüllten. Darüberhinaus sollten die Standorte auf der Ebene des Wuchsbezirks in größerer Fläche vertreten sein und nicht zuletzt schien eine Auswahl der verschiedenen Varianten in räumlicher Nähe aus organisatorischen Gründen wünschenswert.

Diese Forderungen wurden im Forstamt Irrwald erfüllt, da hier die Vorgaben der Flächengrößen, Standortvarianten und räumlichen Zusammenhänge vorgefunden wurden.

Zeitpunkte der Versuchseinschnitte, Stammzahlen, Volumina und Schnittholz der Versuchskollektive										
Einschnitt	Anzahl Menge	Varianten								Summe
		Versuchsfläche Klink				Versuchsfläche Steinberg				
		B	E	F	P	B	E	F	P	
Oktober 1990	Stämme	5	12	20	10	5	20	20	14	106
	Blöcke	14	21	68	30	15	69	74	30	321
	Festmeter	7	8	41	11	5	17	27	9	125
	Schnittholz	90	107	432	148	92	364	431	106	1770
März 1991	Stämme	9	19	20	14	9	14	17	20	122
	Blöcke	35	57	58	39	31	20	34	75	349
	Festmeter	11	27	33	16	10	6	15	22	139
	Schnittholz	171	286	347	234	137	94	198	384	1851
Dezember 1991	Stämme	10	20	20	20	10	20	20	20	140
	Blöcke	35	69	68	87	28	62	62	72	483
	Festmeter	17	38	40	35	8	21	26	21	206
	Schnittholz	238	544	563	520	162	393	429	390	3239
1990-91	Stämme	24	51	60	44	24	54	57	54	368
	Blöcke	84	147	194	156	74	151	170	177	1153
	Festmeter	36	73	114	61	23	44	68	52	471
	Schnittholz	499	937	1342	902	391	851	1058	880	6860
Summe	Stämme	179				189				
	Blöcke	581				572				
	Festmeter	284				187				
	Schnittholz	3680				3180				
	Stämme	368								
	Blöcke	1153								
	Festmeter	471								
	Schnittholz	6860								
Abkürzungen: B: waldfrischer Einschlag aus stehendem Bestand, E: Einzelwurf unter Schirm, F: Flächenwurf ohne Beschattung, P: Haufenpolter an der Waldstraße										

Tabelle 2.4.1: Übersicht der Versuchskollektive und Einschnittermine der im Sägewerk eingeschnittenen Versuchsbäume (Stämme: Stammholzabschnitte der Versuchsbäume zwischen Stammfuß und Kronenansatz, Blöcke: aus den Stammholzabschnitten im Sägewerk eingeschnittene Sägeabschnitte, Festmeter: Volumen der Sägeabschnitte ohne Rinde, Schnittholz: Anzahl der aus den Versuchsbäumen eingeschnittenen Bohlen und Bretter)

Die Versuchskollektive (s. Tabelle 2.4.1) umfaßten bei den verschiedenen Lagerungsvarianten jeweils 20 Stammholzabschnitte (Stammteil zwischen Stammfuß und Kronenansatz). Für die Vergleichsvariante waldfrisch eingeschlagener Buchen aus stehendem Bestand wurden beim ersten Versuchseinschnitt im Oktober 1990 fünf, aus Gründen einer gesicherteren Datenbasis bei den Einschnitterminen im März und Dezember 1991 jeweils zehn Bäume vorgesehen. Qualitative Aussagen sind bereits bei Kollektiven von 10 Bäumen möglich, bei technischen Prüfungen hingegen sind größere Stichprobenumfänge notwendig, um statistisch abgesicherte Aussagen zu erhalten (HAPLA, 1990). Ausgehend von den Ergebnissen der Voruntersuchung wurde

darüberhinaus die Möglichkeit einer Erhöhung des Stichprobenumfangs für die Hauptuntersuchung in Betracht gezogen (HAPLA, 1993).

Da der Untersuchungszeitraum sich über zwei Vegetationsperioden erstrecken sollte, wurden bei der Auswahl der Versuchsstämme nur Bäume mit ausreichendem Wurzelkontakt und weitgehend intakten Kronen berücksichtigt.
Es wurde davon ausgegangen, daß bei ungenügendem Wurzelkontakt die Wasserversorgung der Bäume unterbrochen wird. Bei starken Kronenverletzungen und dadurch eingeschränkter Transpirationsleistung wurde von einer Beeinträchtigung der Vitalität der Bäume im Laufe des Untersuchungszeitraums ausgegangen. Faktoren, wie fehlende Wasserversorgung und erheblich eingeschränkte Vitalität, von denen offenkundig angenommen werden kann, daß sie die Versuchsanstellung beeinträchtigen könnten, sollten von vornherein ausgeschlossen werden (STRASBURGER, 1983; KOLTZENBURG und KNIGGE, 1987; BUCHER und KUČERA, 1991). Da die mögliche Lagerungsdauer lebend gelagerter Buchen zentraler Untersuchungsgegenstand des Forschungsprojektes ist, erschienen deshalb Bäume ungeeignet, welche die genannten Voraussetzungen nicht erfüllten, da bei diesen mit einem vorzeitigen Absterben gerechnet werden mußte.

Aufgrund der bei der Versuchsflächenauswahl angetroffenen Verhältnisse können Bestände, in denen die beschriebenen Eignungsvoraussetzungen vorgefunden wurden, als repräsentativ für Sturmwürfe von Buchenalthölzern angenommen werden. Vollständig abgebrochene Kronen und aus dem Boden gehebelte Wurzelballen sind bei Sturmwürfen von Buchenaltholzbeständen untypisch.
Die Lage von Flächenwürfen aus Buchenaltbeständen läßt sich aus deren Bestandesstruktur erklären. Aufgrund der relativ geringen Stammzahlen in diesen Beständen kommt es im Vergleich zu stammzahlreicheren Nadelholzbeständen zu einem mehr oder weniger durch andere Individuen nicht behinderten Umstürzen der Sturmwurfbäume in überwiegend eindimensionaler Ausrichtung. Die Buchen haben im unteren Bereich größtenteils Kontakt mit dem Erdboden und liegen erst im oberen Stamm- und Kronenbereich auf anderen Bäumen oder Wurzelstöcken auf. Eine weitgehende Bodenlage der Sturmwurfbuchen trifft auch durchweg für Einzelwürfe zu.

Ausgehend von den in Kapitel 1.2 dargestellten Untersuchungen und Erfahrungen und aufgrund der auf den Versuchsflächen vorgefundenen Verhältnisse wurde der Wurzelkontakt für die Eignung eines Baumes als Versuchsstamm als ausreichend angesehen, wenn das verbliebene Wurzelvolumen, welches den Baum noch mit dem Boden verband, über die Größe von sichtbarem Wurzelballen und Bodenloch anteilmäßig

noch auf mindestens 10 % geschätzt wurde. Von den untersuchten Buchen hatten 75 % einen Boden-Wurzelkontakt von 20 bis 25 % des geschätzten Wurzelballenvolumens.

Die Kronen der Versuchsbäume wurden als noch intakt beurteilt, wenn das ursprüngliche Kronenvolumen weitgehend erhalten war, wenn keine Kronentotalbrüche oder schwere Brüche von Kronenverzweigungen erster Ordnung oder wenn von Kronenverzweigungen erster oder zweiter Ordnung nicht mehrere leichte Brüche vorlagen.

Die ausgewählten Versuchsbäume stellten die den Bestand repräsentierende Verteilung der Stärkeklassen nach Mittenstärke im Versuchskollektiv sicher. Diese setzten sich im Revier Klink aus Stämmen der Stärkeklassen 3b-5 (mittlerer Mittendurchmesser 43 Zentimeter), im Revier Steinberg aus den Stärkeklassen 2b-4 (mittlerer Mittendurchmesser 35 Zentimeter) zusammen.

Zum Einschnitt gelangte jeweils das Stammstück zwischen Stammfuß und Kronenansatz. Als Kronenansatz wurde in Anhalt an den EST (Erweiterter-Sorten-Tarif vom 03.05.1979) der Beginn der Krone dort festgesetzt, wo mehrere starke Äste - jedoch nicht Wasserreiser, Klebäste und Steiläste - abzweigen. Bei Zwieseln erfolgte die Stammholzaushaltung nicht bis zum Kronenansatz nach EST, sondern der Trennschnitt erfolgt unterhalb der Zwieselbildung, um die Variation beim Schnittholz klein zu halten, die durch die Zwieselbildung eventuell zu erwarten wäre.
Zur Beurteilung der Rundholzqualitäten der Versuchskollektive wurde das Rundholz nach der HKS-Rohholz (Handelsklassensortierung, Anlage zu § 1 der Verordnung über gesetzliche Handelsklassen für Rohholz vom 31. Juli 1969) sortiert.

Die Versuchsbäume wurden eingehend in ihrer Lage beschrieben, Verletzungen und Boden-Wurzelkontakt wurden aufgenommen sowie Längen und Durchmesser ermittelt. Bemerkungen zum Forstschutz über Insekten- oder Pilzbefall ergänzten die Beschreibung der Versuchsbäume.

Von den Versuchsbäumen wurden folgende Längen erhoben: die Länge des Baumes vom Stammfuß bis zur Kronenspitze, die Stammlänge vom Stammfuß bis zum Kronenansatz, die Kronenlänge vom Kronenansatz bis zur Kronenspitze; außerdem wurde das Kronenprozent berechnet. Die Durchmesser wurden 1 Meter vom Stammfuß, an der Baummitte und am Kronenansatz gemessen. Für die Bestimmung des Radialzuwachses wurde 1 Meter vom Stammfuß eine Stammscheibe entnommen.

Die Ausrichtung der Stämme wurde mit dem Kompaß bestimmt. Die Lage des Stammes wurde in Meterabständen verbal beschrieben, wobei der Abstand des Stammes vom Boden in Drittel-Meterstufen angegeben wurde. Stammverletzungen wurden beschrieben und ihre Position vom Stammfuß aus in Metern notiert.
Bei der Krone wurde das Kronenvolumen in drei Stufen ausgewiesen (gering, mittel, groß), Blattfarbe und Blattmenge wurden vermerkt, wobei die Blattmenge nach sechs Stufen ausgewiesen wurde (keine, sehr wenig, wenig, mittel, viele, sehr viele), Blüte und Fruktifikation wurden vermerkt, Verletzungen und die Lage der Krone wurden analog der Vorgehensweise beim Stamm aufgenommen und verbal beschrieben.

Beschirmung wurde angenommen, wenn die Entfernung von einem Versuchsbaum bis zum nächsten überschirmenden Baum kürzer war, als die Baumlänge des Schirms. Beschattung war gegeben, wenn der beschattende Baum weiter entfernt war, als die Baumlänge des beschattenden Baumes. Sie wurde von ihrer Richtung her vermerkt. Bei der Versuchsvariante der in Form von Einzelwürfen lebend gelagerten Buchen unter Schirm wurde über die deskriptive Aufnahme hinaus für jeden der beiden Versuchsbestände auf der Grundlage von 60 Aufnahmepunkten (am Stammfuß der 20 Versuchsbäume, bei drei Versuchseinschnitten) ein mittlerer Bestockungsgrad ermittelt. Aufgrund eines mittleren Bestockungsgrades von 0,7 in beiden Beständen kann der Bestandesschirm als weitgehend geschlossen bezeichnet werden.

2.5 Besiedlung durch Pilze

Vor dem Versuchseinschnitt im November 1991 wurden an den lebend gelagerten Versuchsbäumen und an den im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitten die vorgefundenen Pilzarten anhand der Fruchtkörper bestimmt. Hieraus wurden Erkenntnisse zu Besiedlungshäufigkeit und Befallsausdehnung einzelner Pilzarten erwartet. Darüberhinaus erschien es möglich, vom Auftreten bestimmter Pilze auf die Entwertung der Schnittholzqualität rückzuschließen. Insgesamt wurden bei allen Lagervarianten 16 Pilzarten vorgefunden (s. Tabelle 2.5.1).

An lebend gelagerten Buchen wurden insgesamt 12 Pilzarten vorgefunden, von denen 10 Arten und eine Gattung (*Stereum*) sicher bestimmt wurden. Bei der nicht sicher bestimmbaren Art könnte es sich um *Corticium laeve* Pers. [syn. *Cylindrobasidium evolvens* (Fr. : Fr.) Jülich] handeln, nach JAHN (1990, S. 90) einer der häufigsten Rindenpilze, der überall auf totem Laubholz vorkommt. Die Mehrzahl der vorgefundenen Pilze sind holzzerstörende Basidiomyceten und zählen zu den Weißfäuleerregern.
Besonders ausgeprägt befallen waren die Rundholzabschnitte im Haufenpolter an der Waldstraße, danach folgten die lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche, am geringsten befallen waren die Einzelwürfe unter Schirm (s. Tabelle 2.5.1).

Die Artenvielfalt ist mit fünf Arten auf der Freifläche im Revier Klink geringer, als auf der Versuchsfläche im Revier Steinberg mit 10 Arten. Bei den Buchen unter Schirm verhält es sich umgekehrt, aber die Unterschiede sind nicht so ausgeprägt. Hier wurden sechs Arten auf der Versuchsfläche Steinberg gefunden im Vergleich zu acht Arten auf der Versuchsfläche Klink.
Was die Zahl der befallenen Bäume betrifft, können keine deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Versuchsflächen festgestellt werden. Ausgenommen *Schizophyllum commune* Fr. : Fr., hier ist der Befall bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche etwa drei bis vier mal so häufig wie unter Schirm. Nach der Befallsfläche sind die Unterschiede noch drastischer ausgeprägt. Die Standorte unterscheiden sich hingegen weniger auffällig voneinander.
Der Ausprägungsgrad des Befalls, aufgenommen als befallene Fläche in Quadratdezimetern, ergibt über alle Arten keine eindeutigen Unterschiede zwischen den beiden Standortvarianten (s. Befallsflächensummen in Tabelle 2.5.1 und Abbildung 2.5.1). Bei den Varianten der Lebendlagerung ist im Revier Klink die Befallsfläche der Buchen auf der Freifläche etwa doppelt so groß wie bei den Buchen unter Schirm. Auf der Versuchsfläche Steinberg indes lassen sich keine eindeutigen Unterschiede aufzeigen.

Das Stammholz in den Haufenpoltern an der Waldstraße ist im Revier Klink sowohl nach der Anzahl, wie auch nach dem Schadensausmaß in Quadratdezimetern stärker befallen als im Revier Steinberg. Mit 11 Arten kommen auf der Versuchsfläche Klink mehr als doppelt so viele Arten vor wie auf der Versuchsfläche Steinberg.

Pilzbefall an lebend gelagerten Buchen und an Stammholz im Haufenpolter an der Waldstraße

	Art		Revier Klink			Revier Steinberg		
			E n=20	F n=20	P n=20	E n=20	F n=20	P n=20
1	*Schizophyllum commune* Fr. : Fr.	n	6	19	1	3	14	0
	Basidiomycet	dm²	67	411	8	9	160	0
2	*Corticium laeve* Pers.	n	8	2	18	14	11	16
	Basidiomycet	dm²	89	50	307	170	96	151
3	*Trametes hirsuta* (Wulfen : Fr.) Pilát	n	0	12	0	0	4	0
	Basidiomycet	dm²	0	164	0	0	17	0
4	*Chondrostereum purpureum* (Pers. : Fr.) Fr.	n	6	0	3	1	5	9
	Basidiomycet	dm²	33	0	5	2	20	21
5	*Stereum hirsutum* (Willd. : Fr.) S. F. Gray	n	0	0	12	0	0	5
	Basidiomycet	dm²	0	0	60	0	0	13
6	*Dacrymyces stillatus* Nees : Fr.	n	1	0	0	0	3	0
	Basidiomycet	dm²	10	0	0	0	11	0
7	*Stereum sp.*	n	0	0	0	0	2	0
	Basidiomycet	dm²	0	0	0	0	16	0
8	*Calocera viscosa* (Pers. : Fr.) Fr.	n	3	0	0	0	0	0
	Basidiomycet	dm²	33	0	0	0	0	0
9	*Coniophora puteana* (Schum. : Fr.) Karsten	n	0	0	2	0	0	0
	Basidiomycet	dm²	0	0	15	0	0	0
10	*Hypoxylon fragiforme* (Pers. : Fr.) Kickx	n	5	0	20	6	4	19
	Ascomycet	dm²	41	0	559	155	38	343
11	*Bispora monilioides* Corda	n	0	0	20	0	0	0
	Deuteromycet	dm²	0	0	548	0	0	0
12	*Ascocoryne sarcoides* (Jacq. : Fr.) Groves & Wilson	n	1	2	7	8	1	0
	Ascomycet	dm²	1	12	26	123	12	0
13	*Neobulgaria pura* (Fr. : Fr.) Petrak	n	0	0	8	0	1	7
	Ascomycet	dm²	0	0	56	0	20	48
14	*Bulgaria inquinans* Pers. : Fr.	n	1	2	1	0	2	0
	Ascomycet	dm²	15	6	5	0	27	0
15	*Nectria cinnabarina* (Tode : Fr.) Fr.	n	0	0	0	1	0	0
	Ascomycet	dm²	0	0	0	7	0	0
16	n.n.	n	0	0	6	0	0	0
	n.n.	dm²	0	0	103	0	0	0
Summenhäufigkeiten (alle Arten)		n	31	37	98	33	47	56
Befallsflächensummen		dm²	289	643	1692	466	417	576
Anzahl der Bäume mit Pilzbefall		n	16	19	20	17	18	20
Anteil an der Versuchsvariante		%	80	95	100	85	90	100

Abkürzungen: E (Einzelwurf unter Schirm), F (Flächenwurf ohne Beschattung), P (Haufenpolter an der Waldstraße), n (Anzahl der befallenen Bäume), dm²(Ausdehnung des Pilzbefalls an den befallenen Bäumen)

Tabelle 2.5.1: Häufigkeit und Befallsflächen bei lebend gelagerten Buchen und bei Stammholzabschnitten im Haufenpolter an der Waldstraße vorgefundenen Pilzarten (nach SCHWARZ, 1992)

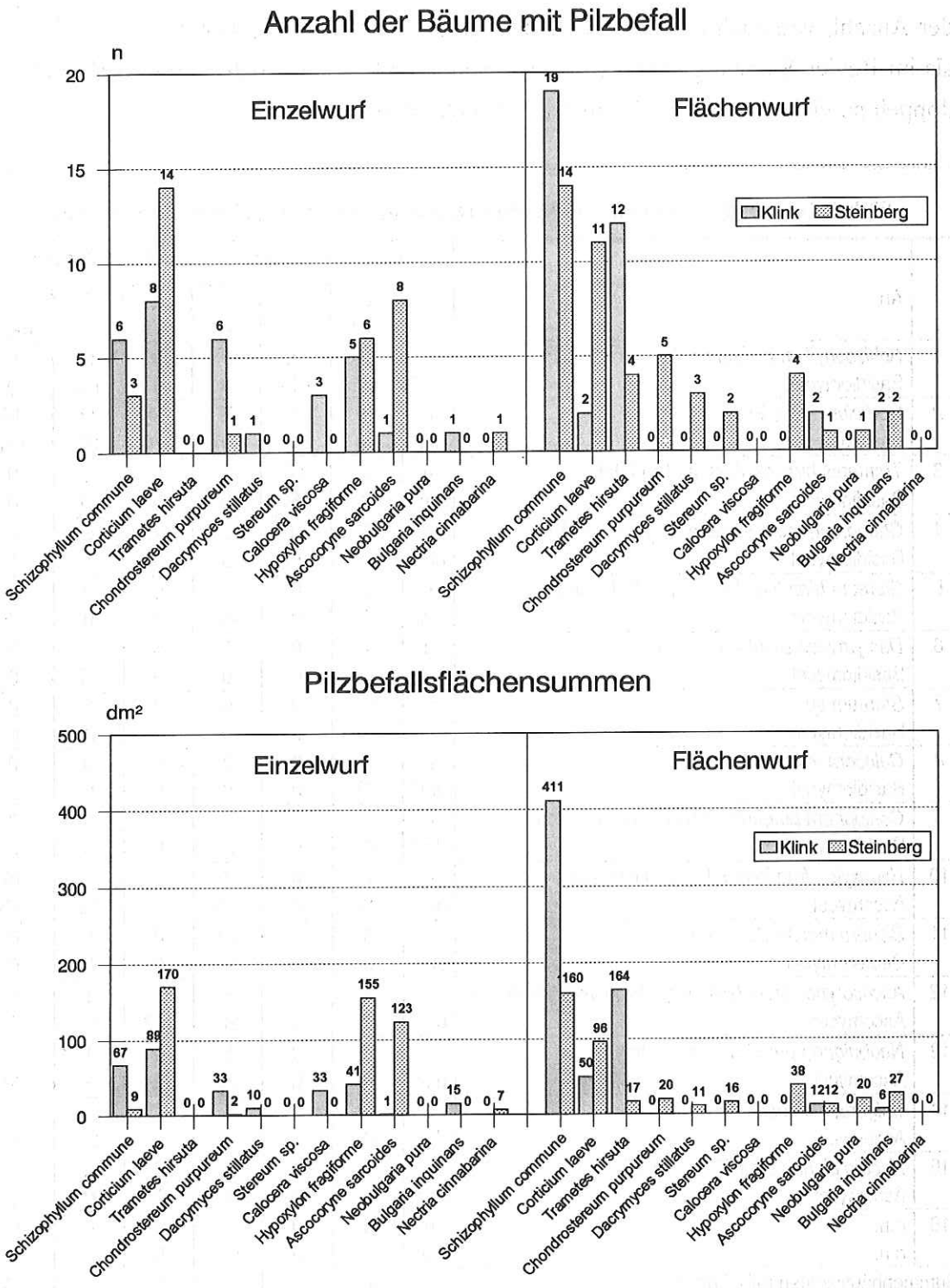


Abbildung 2.5.1: Pilzbefall lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche und unter Schirm; Anzahl befallener Bäume und Befallsflächensummen aller befallenen Bäume nach Varianten und Pilzarten (nach SCHWARZ, 1992)

2.6 Witterungsverlauf im Untersuchungszeitraum

Die Darstellung des Witterungsverlaufs im Untersuchungszeitraum fußt auf den monatlichen Witterungsberichten des Deutschen Wetterdienstes (1979-1992).

Zur Charakterisierung der großräumlichen Witterungsverhältnisse im mehrjährigen Vergleich sind die relativen Abweichungen der monatlichen Niederschlagssummen und Temperaturmittelwerte im Beobachtungszeitraum vom langjährigen Mittel in Abbildungen 2.6.1 dargestellt.

Grundlage der Darstellung sind für den Niederschlag die monatlichen Flächenmittelwerte für Rheinland-Pfalz und das Saarland, für die Temperatur die Monatsmittel der rheinland-pfälzischen Wetterstationen Bad Marienberg, Nürburg, Deuselbach und Weinbiet.

Aufgrund des langjährig vorliegenden Datenmaterials sind anhand der langjährigen Mittelwerte Vergleiche des Untersuchungszeitraumes mit zurückliegenden Zeiträumen möglich. Die Berechnung der Abweichungen vom langjährigen Mittel der Niederschlagshöhe und der Temperatur erfolgte für die Jahre 1979 bis 1985 auf der Grundlage der Daten von 1931 bis 1960, ab dem Jahr 1986 mit den Daten von 1951 bis 1980 (SCHRÖCK, 1994). In den Abbildungen 2.6.1 sind für die Vegetationszeit (1. April bis 30. September) die Abweichungen vom langjährigen Mittel für den Zeitraum 1979 bis 1993 dargestellt. (Abbildungen 2.6.1 bis 2.6.2 nach SCHRÖCK, 1994)

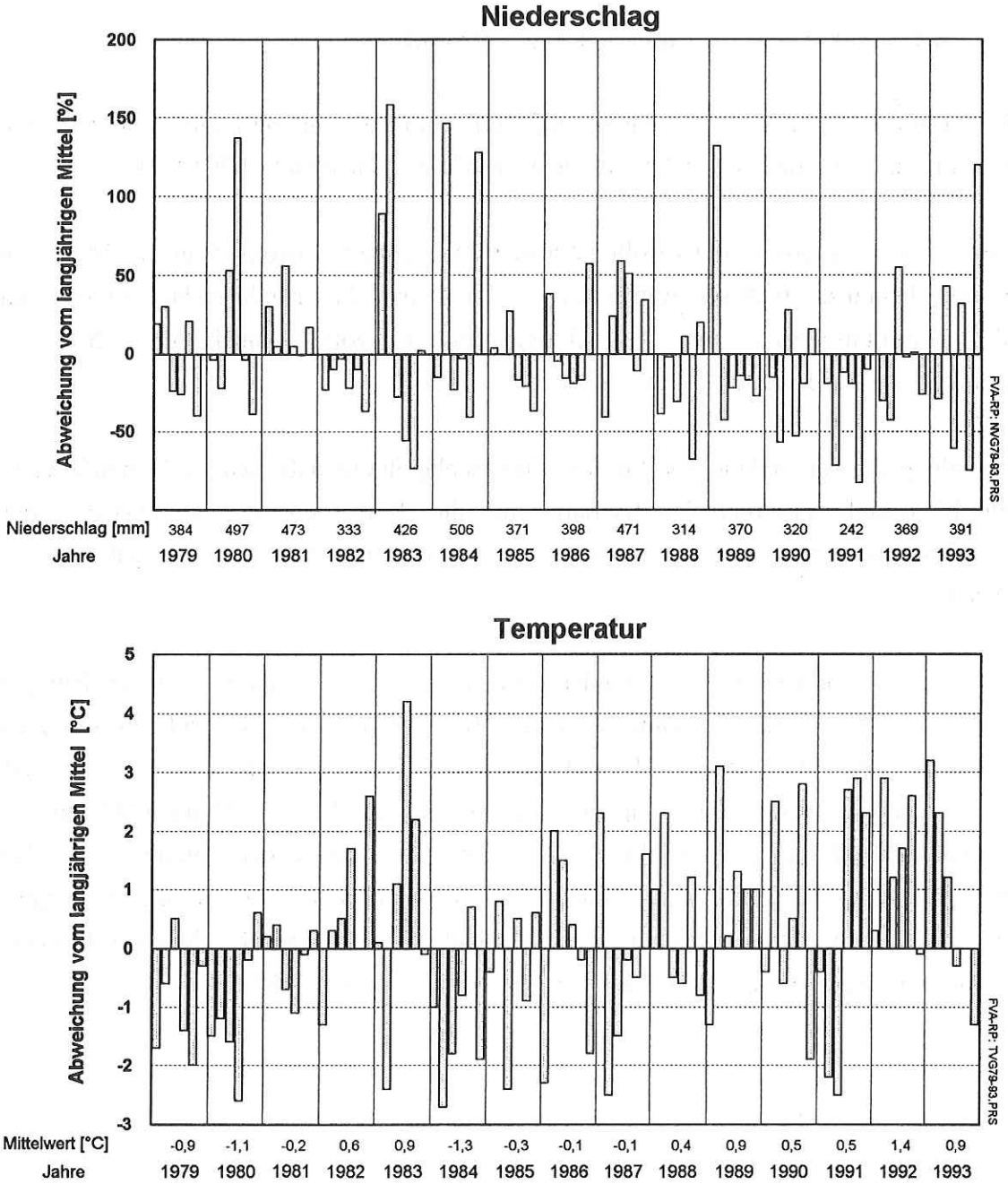


Abbildung 2.6.1: Relative Abweichungen der monatlichen Niederschläge und Temperaturmittel vom langjährigen Mittelwert zwischen dem 1. April und dem 30. September, zusätzlich ist der Niederschlag und die mittlere Temperaturabweichung im jeweiligen Zeitraum angegeben (Grundlage: rheinland-pfälzische Wetterstationen Bad Marienberg, Nürburg, Deuselbach, Weinbiet; Darstellung nach SCHRÖCK, 1994, leicht verändert)

In der ersten Vegetationsperiode der Lebendlagerung kann die großräumige Witterung während der Vegetationszeit als warm und trocken bezeichnet werden, die zweite Vegetationsperiode hingegen war im Vergleich mit den langjährigen Mittelwerten ein ausgesprochenes Trockenjahr.

Die Witterungsverhältnisse während des Untersuchungszeitraums der Lebendlagerung werden aus Abbildung 2.6.2 ersichtlich.

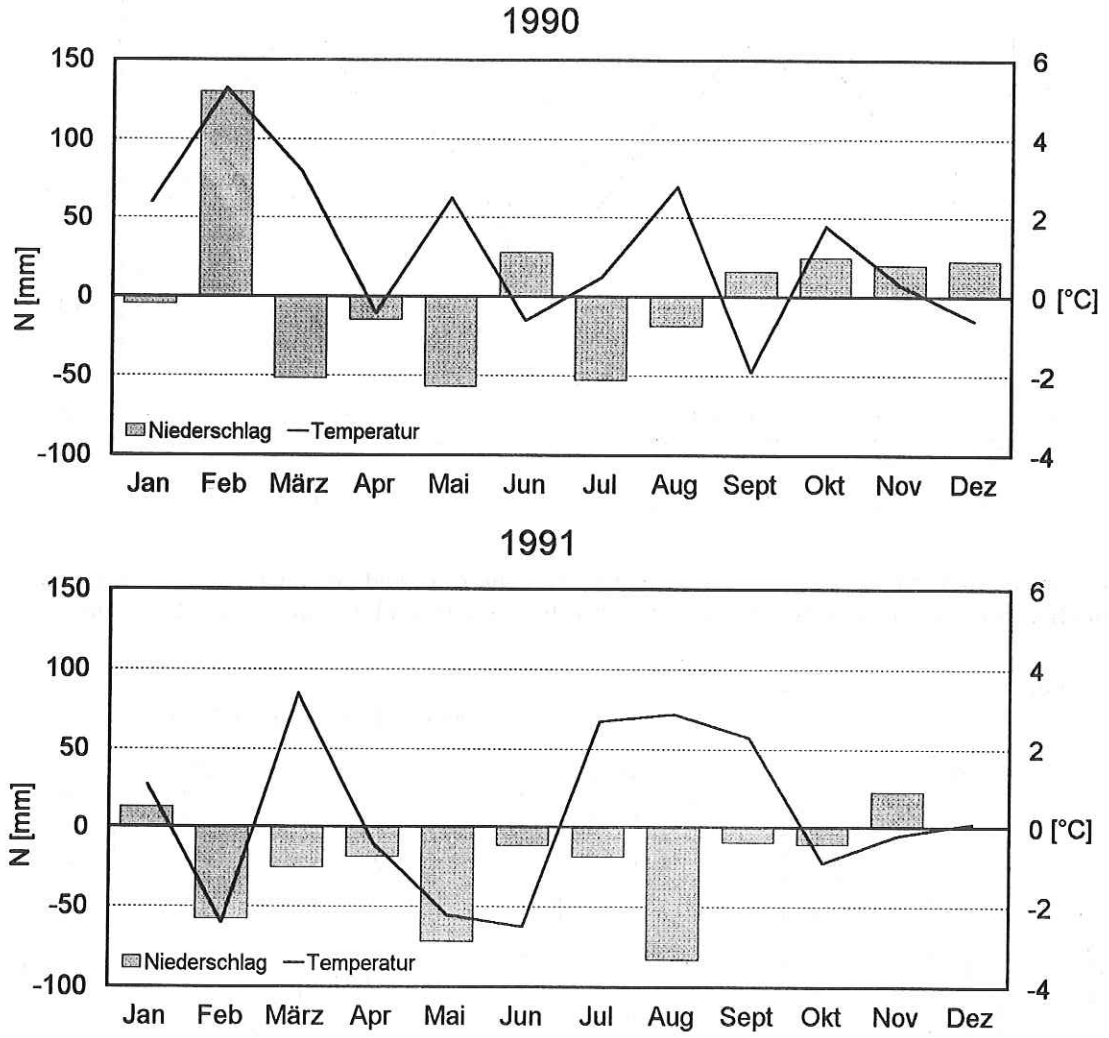


Abbildung 2.6.2: Relative Abweichungen der monatlichen Niederschläge und Temperaturmittelwerte vom langjährigen Mittelwert im Jahresverlauf 1990 und 1991 (Zeitraum der Lebendlagerung: März 1990 bis November 1991)

Die Verhältnisse im Bereich des Forstamtes Irrwald werden für den Versuchszeitraum anhand der Abbildungen 2.6.3 und 2.6.4 deutlich, sie wurden durch die forstmeteorologische Meßstation 208-A-701 der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Forstamt Irrwald, Revier Steinberg, Abt. 120 a[1] erhoben.

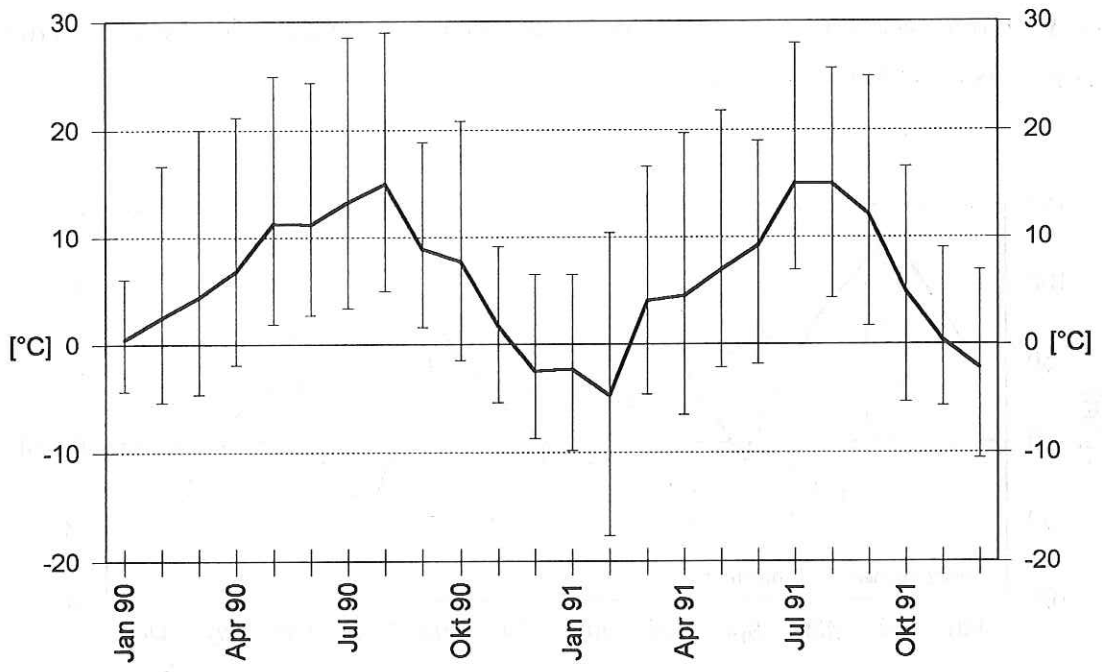


Abbildung 2.6.3: Monatliche Temperaturmittelwerte, -maxima und -minima im Untersuchungszeitraum (Forstmeteorologische Meßstation 208-A-701, Forstamt Irrwald, Forstrevier Steinberg, Abt. 120a[1])

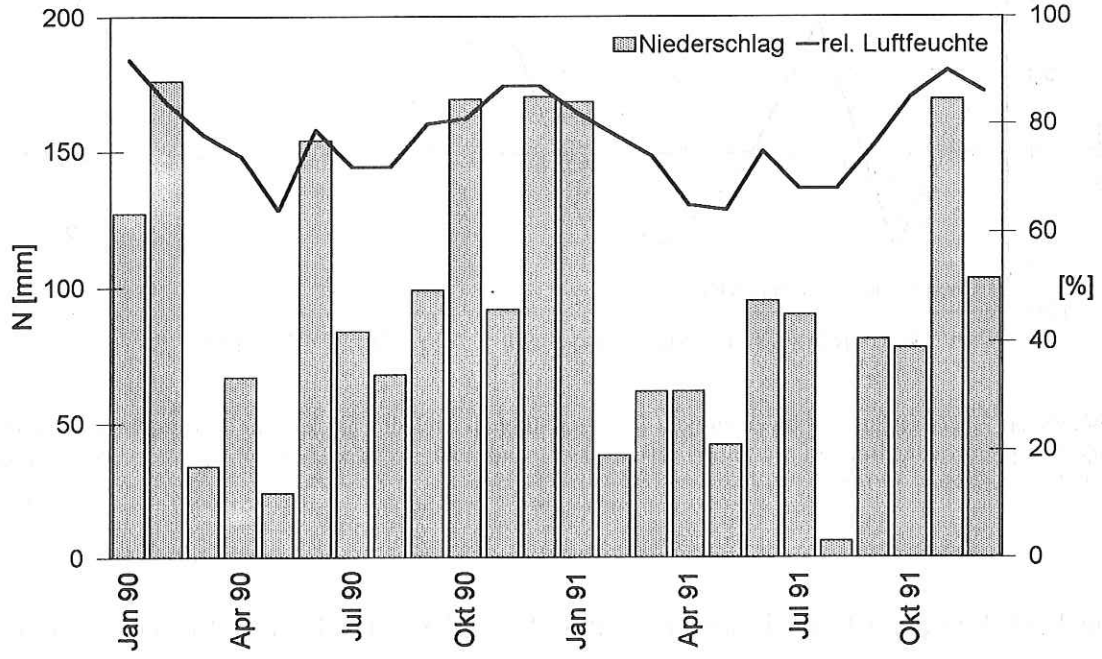


Abbildung 2.6.4: Monatliche Niederschläge und mittlere relative Luftfeuchten im Untersuchungszeitraum (Forstmeteorologische Meßstation 208-A-701, Forstamt Irrwald, Forstrevier Steinberg, Abt.120a[1])

3. METHODISCHE VORGEHENSWEISE

Die Schnittholzqualität als zentraler Untersuchungsgegenstand wird von verschiedenen Faktoren und Parametern beeinflußt. Diese unterliegen mittelbaren und unmittelbaren gegenseitigen Abhängigkeiten, Bedingungen und Wechselbeziehungen (Abbildung 3.1).

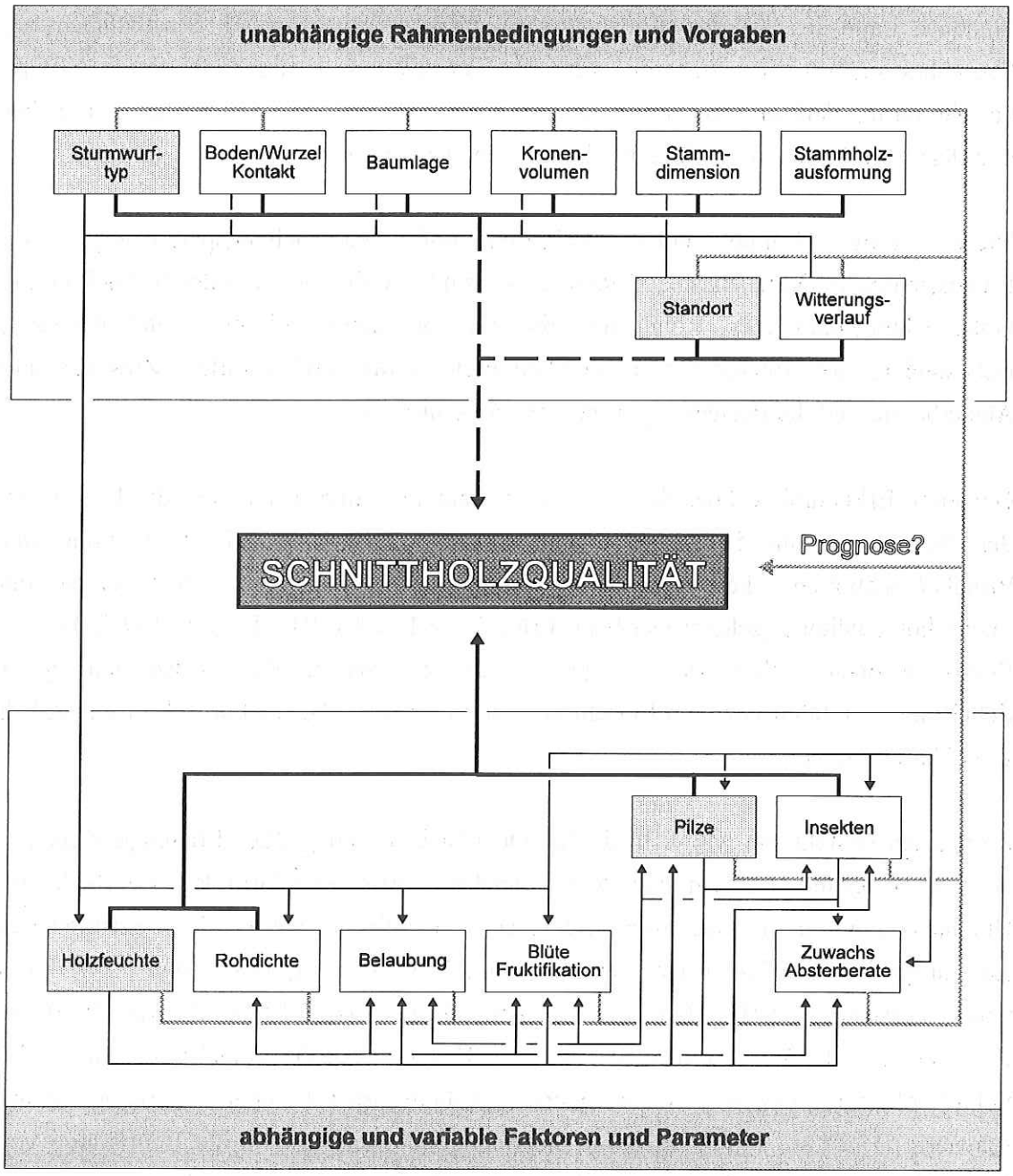


Abbildung 3.1: Zusammenhang und Einfluß verschiedener Faktoren und Parameter auf die Schnittholzqualität (mittelbare Auswirkungen: hervorgehobene, unterbrochene Pfeillinie)

Die Einflußfaktoren auf die Schnittholzqualität, die im Versuch erfaßt und zum Teil gezielt variiert wurden, lassen sich nach ihren Eigenschaften in zwei Gruppen unterteilen.

Die eine Gruppe enthält Parameter mit konstanten Eigenschaften, welche die Ausgangssituation bei Versuchsbeginn beschreiben und die im Verlauf der Untersuchung als unveränderlich angenommen werden können. Hierunter gehören Sturmwurftyp, Standort, Lage des Baumes, Boden-Wurzelkontakt, Kronenzustand, Stammdimension, Stammholzausformung, Witterungsverlauf. Eine weitere Eigenschaft dieser Gruppe besteht darin, daß sie Auswirkungen auf die zweite Faktorengruppe hat und daher mittelbare Einflüsse auf die Schnittholzeigenschaften zu vermuten sind.

Diese zweite Gruppe enthält Faktoren und Untersuchungsparameter, deren Eigenschaften im Versuchsablauf veränderlich sind. Hierhin gehören der technologische Untersuchungsparameter Rohdichte, die Gruppe physiologischer Vitalitätsweiser, insbesondere die Holzfeuchte sowie Phänologie, Blüte, Fruktifikation, Zuwachs und Absterberate und die Besiedlung durch Schadorganismen.

Genauere Erkenntnisse über die Schnittholzqualitäten können nur über die Bewertung der Schnittware im Sägewerk erlangt werden, denn über die Beurteilung der Rundholzqualitäten können keine treffsicheren Aussagen zur erwarteten Schnittholzqualität abgeleitet werden (SCHULZ, 1961 und 1993; HECKEL, 1977). Für die Praxis erscheint aber die Prognose der zu erwartenden Ausbeuten guter Schnittholzqualitäten vor dem Einschnitt wünschenswert. Hier bieten sich grundsätzlich zwei Verfahren an.

Zum einen besteht die Möglichkeit der Qualitätsbeurteilung über Stammquerschnittsflächen. Aufgrund der typischen longitudinalen Ausprägungsform lagerungsbedingter Qualitätsveränderungen, die insbesondere als zungenförmig ausgebildete Verfärbungen axial ausgerichtet auftreten (MAYER-WEGELIN, 1932 a, 1934, 1950; MAYER-WEGELIN und HERRMANN, 1934; GÄUMANN, 1936; KOLLMANN, 1950; ZYCHA 1950; v. PECHMANN, 1951 BOSSHARD, 1955; KUNZ, 1961), erscheint eine der Schnittholzbeurteilung vergleichbar genaue Qualitätsansprache über Stammquerschnitte schwierig (HECKEL, 1977). Eine für die Schnittware aussagekräftige Beurteilung von Lagerschäden über die Stammlängsachse hinweg durch zerstörende Probengewinnung ist vor der Schnittholzerzeugung aber aus praktischen Erwägungen heraus in der Regel nicht durchführbar.

Als zweite Möglichkeit war zu prüfen, ob anhand bestimmter Parameter indirekt auf die zu erwartenden Schnittholzqualitäten eines Stammes geschlossen werden kann. Begleitende Untersuchungen sollten daher klären, ob über die Entwicklung charakteristischer Parameter wie Splintholzfeuchte und Rohdichte Rückschlüsse auf die Schnittholzqualität gezogen werden können.

Es wird demnach unterschieden zwischen methodischen Ansätzen, die sich auf eine unmittelbare Beurteilung der Holzqualität stützen und solchen, die mittelbare Rückschlüsse auf Qualitätsveränderungen zulassen.

Zur weiteren Unterscheidung in der methodischen Vorgehensweise werden die Parameter in holztechnologische und biologische oder pflanzenphysiologische Variablen untergliedert.

3.1 Holztechnologische Parameter

3.11 Schnittholzqualität

Der methodische Schwerpunkt des Projektes lag in der Untersuchung der Schnittholzqualität von Blockware lebend gelagerter Buchen über zwei Vegetationsperioden nach DIN-Norm 68369 (ROTBUCHE-BLOCKWARE: GÜTEBEDINGUNGEN). Über diese Norm sollte eine Standardisierung der vergleichenden Qualitätsbeurteilung erreicht werden.

Blockware ist in DIN-Norm 68369 auf Seite 2 unter Ziffer 1 folgendermaßen definiert: „Blockware sind aus einem Stammabschnitt in Längsrichtung gesägte Bohlen und Bretter mit Baumkante, die nach dem Einschnitt zusammenbleiben bzw. wieder zusammengelegt werden können." In DIN-Norm 68371 (MESSEN VON LAUBSCHNITTHOLZ) steht zur Blockware auf Seite 1: „Blockware sind zu Brettern und Bohlen aufgetrennte Stammteile, die blockweise in Stapel gesetzt und zumeist auch blockweise, d.h. als ganz (zusammenbleibende) Blöcke gehandelt werden."

Desweiteren wird der Begriff *Blockware* in den TEGERNSEER GEBRÄUCHEN (1985) als Güteklassenbezeichnung für Schnittware bei Fichte und Tanne verwendet, die aus gesunden, äußerlich ast- und beulenfreien Stämmen mit einem inneren Ausfall, der den Zifferngüteklassen 1 bis 2 entspricht, erzeugt wird.

Der Begriff *Blockware* wird zudem im allgemeinen Sprachgebrauch forstlicher und holzverarbeitender Betriebe als pauschaler Güteklassenbegriff für hochwertige Schnittware aus Laub- und Nadelholz verwendet.

Wenn nicht gesondert auf die Bezeichnung als Güteklassenbegriff hingewiesen wird, wird der Begriff *Blockware* hier im Sinne der DIN-Norm 68369 gebraucht.

3.111 Gewinnung des Probenmaterials

Die Versuchseinschnitte wurden in Kooperation mit 2 Sägewerken durchgeführt. Die Versuchseinschnitte im Oktober 1990 und März 1991 erfolgten im Sägewerk der Firma WICK JOSEF GMBH & CO KG in Longuich, der Versuchseinschnitt im Dezember 1991 erfolgte im Sägewerk der Firma TOMBERS HARTHOLZ KG in Mehren (s. Anhang, Projektchronologie).

Nach der Aufarbeitung wurde das Stammholz aus Lebendlagerung und der Vergleichsvariante frisch eingeschlagener Buchen aus stehendem Bestand binnen weniger Tage ins Sägewerk transportiert und ohne weitere Zwischenlagerung im Werk eingeschnitten. Die nach dem Sturmwurf angelegte Vergleichsvariante mit im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitten wurde zu den Versuchseinschnitten zeitgleich angeliefert. Die Ausformung der Sägeabschnitte oder Blöcke wurde nach den Erfordernissen der im Sägewerk eingeschnittenen Sorten (s.u.) wertoptimiert durchgeführt.

Für die Versuchseinschnitte war der Einschnitt des Rundholzes zu Blockware an der Blockbandsäge vorgesehen. Aufgrund der betrieblichen Rahmenbedingungen in den beiden Sägewerken konnte das durch die Versuchsanstellung vorgegebene Einschnittvolumen nur innerhalb des betriebsüblichen Produktionsprozesses erfolgen. Ein Einschnittprogramm mit Sortenvorgabe war nicht erforderlich, da die Qualitätsansprache der Blockware nach DIN-Norm 68369 innerhalb des Betriebsablaufes unmittelbar an der Blockbandsäge (Versuchseinschnitt im 24. - 31.10.90 und 12. - 20.03.91) oder nach Lufttrocknung (Versuchseinschnitt im 03. - 17.12.91, Schnittholzsortierung von 27.02. - 26.05.1992) durchgeführt werden konnte.

Die Einbindung der Versuchseinschnitte in die betrieblichen Produktionsprogramme brachte allerdings im Verlaufe der Untersuchung einige Einschränkungen mit sich. Bei den Versuchseinschnitten der Voruntersuchung im Oktober 1990 und im März 1991

konnte das geplante Einschnittvolumen nicht bei allen Varianten realisiert werden, da aufgrund betrieblicher Restriktionen Sortenumstellungen während des laufenden Versuchseinschnitts unumgänglich waren. Bei der Auswertung wurde daher aus Gründen der Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit des Datenmaterials nur die bis zur Umstellung der Produktion angefallene Blockware berücksichtigt. Aus diesem Grund sind die Stichprobenumfänge bei den verschiedenen Versuchsvarianten der Voruntersuchung unterschiedlich.

Beim Einschnitt der Blockware fielen jeweils Bohlen (Mindestdicke 40 mm nach DIN-Norm 68252 Teil 1: BEGRIFFE FÜR SCHNITTHOLZ, FORM UND MAßE, Seite 1) und Bretter (Dicke zwischen 8 und 39 mm nach DIN-Norm 68252, Seite 1) an.

Die Bohlen (Hauptware) mit einer überwiegenden Nenndicke (DIN 68372: NENNDICKEN VON UNGEHOBELTEM LAUBSCHNITTHOLZ) von 45 Millimetern (bessere Qualitäten) und 60 Millimetern (schlechtere Qualitäten) und die Bretter (Seitenware) mit einer Nenndicke von vorwiegend 30 Millimetern wurden nach den Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 sortiert. Die Seitenware hatte beim dritten Versuchseinschnitt, bei dem die Versuchskollektive vollständig eingeschnitten wurden, einen Anteil an der gesamten Schnittware von 20 % nach der Anzahl und rund 10 % nach dem Volumen, durchschnittlich fielen ein bis zwei, gelegentlich drei Bretter je Block an (s. Abbildung 3.111.1).

Schwarten (beim Einschneiden von Rundholz beidseitig anfallende Stücke) fielen nur als Rundschwarten (Schwarten mit nur einer Schnittfläche) an und wurden nicht erfaßt, da dies im Hinblick auf die Fragestellung nicht von ausschlaggebender Bedeutung erscheint und da ihr Anteil am Schnittwarevolumen beim Einschnitt von Starkholz an der Blockbandsäge erfahrungsgemäß sehr gering ist (BOSSHARD, 1984; GRAMMEL, 1989; LOHMANN, 1991).

Die Erfassung der Gütemerkmale der Blockware aller Versuchseinschnitte und die Vermessung der Blockware im dritten Versuchseinschnitt erfolgte blockliegend. Nach DIN-Norm 68371 bedeutet blockliegend, „ ... daß bei Stamm- oder Blockware die einzelnen Bretter oder Bohlen nur auf ihrer Oberseite (nach Lage im richtig gestapelten Block) gemessen werden. Die obere Hälfte des Blocks wird also schmalseitig und die untere breitseitig gemessen."

Nach dieser Norm ist die blockliegende Vermessung, auch als vermittelte Vermessung bezeichnet, jedoch nur bei unbesäumtem Schnittholz von 40 Millimetern Dicke und mehr (Bohlen) vorgesehen. In den Erläuterungen heißt es hierzu, daß im Sinne einer korrekten

Vermessung die blockliegende Vermessung auch bei geringer dimensioniertem Holz vorzuziehen wäre. Da Maßvergütungen gleich welcher Art hier nicht zu berücksichtigen seien, gelte es, nach DIN-Norm den korrekten Inhalt festzustellen, ähnlich der Massenermittlung durch Wasserverdrängung. Es sei deshalb an sich nicht zu empfehlen, Holz bis 40 Millimeter schmalseitig und nur darüber blockliegend bzw. vermittelt zu vermessen, zumal auch vom Rundholz her keine Unterschiede gemacht werden könnten. Da die blockliegende Vermessung bei Schnittholz unter 40 Millimeter Dicke genauere Ergebnisse liefert, wurde dieses Meßverfahren auch bei der schwächer dimensionierten Schnittware angewandt.

Um Rückschlüsse auf mögliche Auswirkungen kleinräumlicher Lagerungsbedingungen des Einzelstamms auf die Schnittholzqualität verfolgen zu können, ist es erforderlich, die Schnittware ihrer Lage im Stamm zuzuordnen. Mit dem in Abbildung 3.111.1 dargestellten Verfahren konnte eine lückenlose Zuordnung jeder einzelnen Bohle gewährleistet werden.

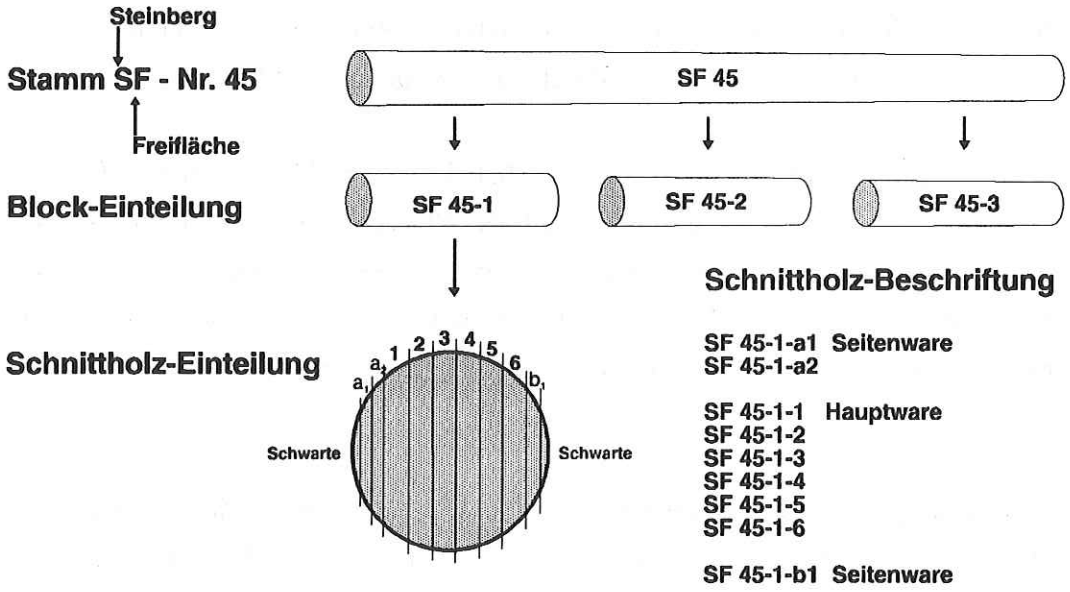


Abbildung 3.111.1: Stamm- und Schnittholznumerierung des Untersuchungsmaterials

3.112 Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369

Qualitätserfassung

Um die Schnittholzqualität zu erfassen, wurde nach den Aufnahmeanweisungen zu den einzelnen Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 (ROTBUCHE-BLOCKWARE: GÜTEBEDINGUNGEN), in Verbindung mit DIN-Norm 68252 Teil 1 (BEGRIFFE FÜR SCHNITTHOLZ: FORM UND MAßE), DIN-NORM 68256 (GÜTEMERKMALE VON SCHNITTHOLZ: BEGRIFFE), DIN-Norm 68367 (BESTIMMUNG DER GÜTEMERKMALE VON LAUBSCHNITTHOLZ), Vornorm DIN-NORM 68371 (MESSEN VON LAUBSCHNITTHOLZ) und DIN-Norm 68372 (NENNDICKEN VON UNGEHOBELTEM LAUBSCHNITTHOLZ) verfahren.

Veränderungen der Holzqualität, die durch Lagerung zu erwarten sind (im weiteren als *Lagerschäden* bezeichnet), treten überwiegend als farbliche Veränderungen auf (s. Kapitel 2.1). Nach der DIN-Norm 68256 (GÜTEMERKMALE VON SCHNITTHOLZ) sind diese klassifiziert als Fehler bzw. Verfärbungen durch Pilzbefall, wovon nach DIN-Norm 68369 (ROTBUCHE-BLOCKWARE) *Einlauf* (Ziffer 2.8.4) und *Verstockung* (Ziffer 2.9.2.2) von besonderer Bedeutung sind. Weitere Entwertungen des Schnittholzes, die während der Lagerung entstehen können, werden in dieser Norm durch die Gütemerkmale *Kernfäule* (Ziffer 2.9.2.1) und *Insektenfraß* (Ziffer 2.10) erfaßt.
Da für die Rißbildung, die durch Sonnenbrand verursacht wird, in der DIN-Norm 68369 keine spezielle Gütemerkmalklassifizierung vorgesehen ist, wurde zur Erfassung dieses Lagerschadens das Gütemerkmal *Oberflächenrisse* (DIN 68369, Ziffer 2.4.4, DIN 68256, Ziffer 2.2.3) mit dem Verweis auf Sonnenbrand angewandt.

Zwischen den Gütemerkmalen *Einlauf* und Verstockung (syn. Verstocken) besteht ein Zusammenhang. *Einlauf* ist eine graue bis bräunliche Verfärbung des Holzes ohne Verminderung der Holzfestigkeit und ist Vorläufer des Verstockens (DIN 68256, S. 7 und 18). *Verstockung* ist eine bräunliche und weiß marmorierte bis weißstreifige Verfärbung, die sich unter Beteiligung holzzerstörender Pilze aus dem Einlauf entwickelt und durch eine verminderte Holzfestigkeit gekennzeichnet ist (DIN 68256, S. 7 und 18).

Das pflanzenphysiologische Phänomen, das durch den Begriff Einlauf beschrieben wird, wurde grundlegend durch ZYCHA (1948) untersucht. Die als Einlauf bezeichnete Verfärbung resultiert aus der Oxydation von Zellinhaltsstoffen absterbender Parenchymzellen bei Sauerstoffzutritt. Hiermit einhergehend kommt es ausgehend von den Parenchymzellen zu einer Verthyllung der Gefäße (ZYCHA, 1948, S. 82, 84 und 102).

Voraussetzung für diesen Prozeß ist das langsame Absterben der Parenchymzellen (ZYCHA, 1948, S. 84 und 103; KOLLMANN, 1950, S. 125), da bei raschem Absterben der Zellen die Zeit für die Thyllenbildung und Oxydation nicht ausreicht. Zycha bezeichnet die beschriebene braungraue Verfärbung als „Ersticken" oder „Verstocken" (ZYCHA, 1948, S. 102 und 103).

BAUCH (1986, S.2217) führt hierzu aus, daß insbesondere Streß auf Zellorganellen, z.B. auf die Mitochondrien, bei diesen physiologischen Reaktionen eine wesentliche Rolle spielt. Der Autor bezeichnet die Reaktionen, die zur Bildung von Thyllen und akzessorischen Bestandteilen führen, als „Ersticken" (BAUCH, 1986, S. 2218). Zu den Verfärbungen durch „Einlauf" schreibt der Verfasser, daß die von frischen Schnittflächen ausgehenden Verfärbungen nicht hinreichend mit dem Begriff einer oxydativen Verfärbung durch Lufteinbruch in Faserrichtung zu erklären seien, sondern daß hierbei auch enzymgesteuerte Reaktionen akzessorischer Verbindungen beteiligt sind. BAUCH unterscheidet zwischen physiologischen und biochemischen Reaktionen.

Zur Terminologie der Gütemerkmale *Einlauf* und *Verstocken* nach DIN-Norm 68256 muß festgestellt werden, daß im Laufe der Zeit unterschiedliche Begriffe hierfür verwendet wurden.

BRUNN (1932) legt ausgehend von einer Umfrage in 24 Rotbuchenholz verarbeitenden Betrieben dar, daß die Anschauungen bei der Begriffsbestimmung „Buchenstockfäule" weit auseinandergehen. „Als Stockfäule wird bezeichnet: 1. Jede von den Hirnflächen ausgehende Verfärbung. 2. Diejenige graue bezw. bunte Verfärbung, die das Holz nicht mehr ganz fest erscheinen läßt und beim Dämpfen nicht verschwindet. 3. Das Auftreten von gelbweißen Flecken und Streifen" (BRUNN, 1932, S. 448).

Der Begriff „Buchenstockfäule" findet sich bei MAYER-WEGELIN neben den Bezeichnungen „Verstocken" und „Buchenstocken" (1932 a, S. 661, 662 und 664), und „Verstockung" und „Stockfäule" (1932, b, S. 664 und 665), der Autor gebraucht 1934 darüberhinaus den Begriff „Einstocken" (1934, S. 213).

ZYCHA verwendet 1948 neben den Begriffen „Verstocken" und „Buchenstocken" den Ausdruck „Ersticken" (s.o.). Im gleichen Zusammenhang weist ZYCHA auf eine Erscheinung bei der Eiche hin, die er mit „Vergrauen" bezeichnet, die offenbar eine ähnliche Ursache wie das Verstocken bei der Buche habe (ZYCHA, 1948, S. 103).

Eine ausführliche Definition des Begriffs Verstocken findet sich mit Bezug auf MAYER-WEGELIN bei KOLLMANN (1950, S. 125): „Unter Verstocken des Buchenholzes versteht man eine in geschlagenem Holz von den Hirnflächen oder von Rindenverletzungen ausgehende dunkle Verfärbung, die sich zungenförmig in den Stamm vorschiebt. Die Veränderungen erfolgen dabei in zwei Stufen: 1. Beim 'Einlaufen' verfärbt sich das ursprünglich helle Buchenholz rötlich, rotgrau oder bräunlich. ... 2. Die eigentliche 'Stockfäule' äußert sich meist ... in Form weißgelber Flecken und Streifen in den bis dahin dunklen Verfärbungszonen."

MAYER-WEGELIN (1950) stellt fest, daß bei dem Übergang von der einfachen Rot- oder Braunfärbung zur buntfleckigen Weißfäule die Festigkeit sprungweise absinkt und daß es wichtig sei, die reine Verfärbung von der Weißfäule zu unterscheiden. Er schlägt deshalb vor, daß in Zukunft nicht mehr beide Erscheinungen unter dem gleichen Ausdruck „Verstocken" zusammengefaßt werden, „ ... sondern daß zwei verschiedene Ausdrücke für die beiden verschiedenen Formen des Einstockens gewählt werden." (MAYER-WEGELIN, 1950, S. 582). Der Vorschlag MAYER-WEGELINs hat sich in der forstbetrieblichen Praxis und in der Buchenholz verarbeitenden Industrie durchgesetzt; die Definitionen der Gütemerkmale *Einlauf* und *Verstocken* nach DIN-Norm 68256 stimmen im wesentlichen mit seinen Ausführungen überein.
MAYER-WEGELIN führt grundlegend aus: „Es dürfte zweckmäßig sein, mit dem alten Ausdruck 'Verstocken' nur die in bunten Flecken und Streifen sichtbar werdende Wirkung holzzerstörender Pilze zu bezeichnen. Für diese Holzveränderung paßt dann auch die Ausdrucksweise 'Stockfäule' oder 'Stockfleckigwerden', da alle diese Ausdrücke die Pilzzersetzung kennzeichnen. Das Verstocken in diesem Sinne ist stets mit einer bedenklichen Festigkeitsminderung verbunden. - Für die einfache Verfärbung, also die zunächst und wohl größtenteils durch die Lebenstätigkeit der Holzzellen selbst hervorgerufene Veränderung, mag der oft gebrauchte Ausdruck das 'Ersticken' oder, vom Eingrauen des Eichenholzes übernommen, das 'Einlaufen' gewählt werden. Dieses Ersticken ist wenig gefährlich, denn es schwächt die Festigkeitseigenschaften des Holzes nur um ein geringes Maß und ist für die Buchenholzverarbeitung vorwiegend ein Farbfehler." (MAYER-WEGELIN, 1950, S. 582)

ZYCHA (1950) hingegen plädiert dafür, den Begriff „Verstocken", der bisher summarisch für Verfärbungen und Weißfäule gebraucht worden sei, künftig ausschließlich als Bezeichnung für die reinen Verfärbungen des Buchenholzes ohne Beteiligung von Pilzen zu verwenden (ZYCHA, 1950, S. 1391). ZYCHA führt an gleicher Stelle zum Verstocken weiter aus: „Das echte Verstocken, welches im allgemeinen mit einer Füllzellbildung in den Gefäßen parallel geht, bedeutet daher auch nur eine Beeinträchtigung des Farbbildes

und der Tränkbarkeit, nicht aber der Festigkeit des Holzes ... ". Seine Ausführungen stehen somit im genauen Gegensatz zu denen MAYER-WEGELINs (s.o.).

H. VON PECHMANN (1951, S. 676) faßt die verschiedenen Begriffe zusammen und versucht Klarheit in die Begriffsvielfalt zu bringen. Er führt hierzu folgendes aus: „Man spricht vom sogen. 'Verstocken' oder 'Ersticken' des Holzes; auch die Bezeichnungen 'Buchenstocken' und 'Buchenstockfäule' werden gebraucht. Da es sich bei den am Buchenholz eintretenden Veränderungen um verschiedenartige Vorgänge handelt, für welche die angeführten Bezeichnungen oft wahllos gebraucht werden, ist eine ziemliche Begriffsverwirrung entstanden". Weiter unten geht der Verfasser auf den Einlauf ein und stellt fest, daß dieser sich nur durch eine geringere Intensität der Farbänderung von der Rotkernbildung unterscheide, da es sich nach ZYCHA (1948) um eine lokale Verkernungserscheinung handele. H. VON PECHMANN folgt in der Terminologie dem Vorschlag MAYER-WEGELINs (1950) und bezeichnet „... Holz, das lediglich den geschilderten dunklen Einlauf ohne Anzeichen von Pilzzerstörung zeigt, als 'erstickt', und nur das durch Pilzeinwirkung verfärbte, also bereits in Fäulnis übergehende, als 'verstockt'".

BOSSHARD (1955, S. 407) greift die Diskussion 1955 erneut auf und führt zur Verfärbung des Buchenrundholzes aus, daß es „erstickt" oder „verstockt". Seine Ausführungen zu dem Phänomen sind inhaltlich weitgehend identisch mit der Beschreibung ZYCHAs 1948. Zum Begriff „Ersticken" führt der Autor aus, daß diese Bezeichnung völlig falsch und irreführend sei, da es sich bei der Erscheinung nicht um ein Aufhören der Lebensfunktionen infolge Sauerstoffmangels handele, und somit der Ausdruck „Vergrauung" die treffendere Bezeichnung wäre. Er bemerkt hierzu, daß der lokale Vorgang der Vergrauung von Pilzinfektionen völlig unabhängig sei (BOSSHARD, 1955, S. 408).

Zusammenfassend wird festgestellt, daß ungeachtet der kontrovers geführten Diskussion zur Terminologie der beschriebenen physiologischen und biochemischen Entstehungsmechanismen von Einlauf und Verstockung, in der vorliegenden Untersuchung die Begriffe Einlauf und Verstocken verwendet werden, wie sie von MAYER-WEGELIN 1950 definiert wurden und in der DIN-Norm 68256 wiedergegeben sind.

Im Rahmen der Voruntersuchung war für die beiden ersten Versuchseinschnitte im Oktober 1990 und März 1991 nur die Aufnahme derjenigen Gütemerkmale nach DIN-Norm 68369 vorgesehen, die durch die Lagerung verändert werden können. Die Erfassung der tatsächlichen Schnittholzqualitäten, bei Beurteilung der Schnittware nach sämtlichen Gütemerkmalen der Norm, erschien für die Untersuchung der

Güteentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit nicht erforderlich, da Äste, Krümmungen, Drehwuchs, etc. unveränderliche Gütemerkmale sind.

Nach den Güteklassenerfordernissen der DIN-Norm 68369 werden die einzelnen Gütemerkmale durch die Feststellung des Vorhandenseins oder nicht Vorhandenseins eines Merkmals oder durch Schätzung bzw. Vermessen (DIN 68367) der Merkmalausprägungen des jeweiligen Gütemerkmals erfaßt.

Voruntersuchung

Beim ersten Versuchseinschnitt wurden die Lagerschäden entsprechend den Gütemerkmalerfordernissen der DIN-Norm 68369 bestimmt, wobei insbesondere die Längenausdehnung der Lagerschäden den Genauigkeitsanforderungen der Norm entsprechend erfaßt wurde. Beim zweiten Versuchseinschnitt wurden, über die Erfordernisse der DIN-Norm 68369 hinausgehend, die vorgefundenen Lagerschäden in ihren maximalen Längen- und Breitenausdehnungen gemessen, um die beobachterabhängige Schätzung der Merkmalausprägungen zu überprüfen.

Da bei der Voruntersuchung eine Sortierung nach Lufttrocknung aus versuchsökonomischen und betrieblichen Gründen nicht möglich war, wurde die Qualitätsbeurteilung während des Einschnitts unmittelbar an der Blockbandsäge durchgeführt. Rotkern und Sonnenbrand wurden für die Interpretation der Ergebnisse vermerkt.

Hauptuntersuchung

Auf der Basis der Erfahrungen aus der Voruntersuchung, wurde in der Hauptuntersuchung das Schnittholz des gesamten dritten Versuchseinschnitts vom November/Dezember*) 1991 einer vollständigen Sortierung nach DIN-Norm 68369 unterzogen. Durch die Sortierung der Schnittware unter Berücksichtigung aller Gütemerkmale der DIN-Norm 68369 wurden die tatsächlich vorliegenden Qualitäten des Untersuchungsmaterials bestimmt.

Die Erfassung sämtlicher Gütemerkmale nach DIN-Norm 68369 ermöglichte darüberhinaus eine differenzierte Beurteilung der Schnittware nach verschiedenen

*) Die bei der Bezeichnung des dritten Versuchseinschnitts unterschiedlich angewandten Monatsnamen richten sich nach der im jeweiligen Monat durchgeführten Untersuchung (s. Anhang 8.2)

Bewertungsansätzen, die weiter unten näher ausgeführt werden. Ziel dieser Verfahrensweise war es, den Einfluß der Lagerung auf die Schnittholzqualität unabhängig von der nicht lagerungsabhängigen Ausgangsqualität zu ermitteln.

Die Beurteilung der Ausgangsqualität ermöglicht Aussagen zur Vergleichbarkeit der Versuchskollektive. Auf der Grundlage der ausschließlichen Beurteilung der Schnittware nach Lagerschäden kann die Hauptuntersuchung in eine Zeitreihe mit den beiden Versuchseinschnitten der Voruntersuchung gestellt werden.

Die in der DIN-Norm 68369 festgelegte Vorgehensweise zur Qualitätserfassung wurde erweitert, um ein möglichst umfassendes Bild der vorgefundenen Schnittholzqualitäten zu erhalten. So wurden, über die Erfordernisse nach DIN-Norm 68369 hinausgehend, die Gütemerkmalausprägungen der Gütemerkmale *Einlauf*, *Verstocken* und *Kernfäule* vermessen.

Die Erfassung radial gerichteter Rißbildungen, die am Rundholz peripher durch Sonnenbrand und der damit verbundenen Austrocknung des Splintholzes entstehen können, ist in der DIN-Norm 68369 nicht vorgesehen. Diese bei der Schnittware von der Waldkante ausgehenden Risse sind aber als Lagerschaden einzustufen, der bei lebend gelagerten Buchen auf exponierter Freifläche auftritt. Das als Vergleichsvariante dienende Stammholz in Haufenpoltern an der Waldstraße zeigte eine vergleichbare Rißbildung, die ebenfalls durch Trockenheit verursacht sein kann. Diese „Trockenrisse" wurden deshalb über die DIN-Norm 68369 hinausgehend aufgenommen, indem die radiale Tiefe der erkennbaren Risse an beiden Enden der Schnittware gemessen wurde.
Im dritten Versuchseinschnitt wurden die Dimensionen der einzelnen Bohlen und Bretter vermessen. Die Dicke wurde 20 Zentimeter von beiden Enden sowie bei ein und zwei Dritteln der Länge gemessen und daraus das arithmetische Mittel gebildet. Durch die Messung der absoluten Längen und maximalen Breiten der Lagerschäden sollte die Berechnung einer maximalen volumenbezogenen Entwertung der Schnittware durch Lagerschäden ermöglicht werden.

Das in der Untersuchung beim dritten Versuchseinschnitt im Dezember 1991 angewandte Aufnahmeverfahren der Gütemerkmale nach DIN-Norm 68369, die durch die Lagerung verändert werden können, ist in Tabelle 3.112.1 dargestellt.

Gütemerkmale nach DIN-Norm 68369 (ROTBUCHE-BLOCKWARE), bei denen durch die Lagerung Veränderungen zu erwarten sind Güteklassenvoraussetzungen und erweitertes Aufnahmeverfahren		
Gütemerkmal	**Erfordernisse nach DIN 68369**	**Erfassung zusätzlich zur DIN 68369**
Einlauf	Güteklasse 1: bis 10 % der Blocklänge Güteklasse 2: bis 20 % der Blocklänge	Vermessung von Länge, maximaler und durchschnittlicher Breite
Verstockung	Güteklasse 1: unzulässig Güteklasse 2: bis 10 % der Blocklänge	Vermessung von Länge, maximaler und durchschnittlicher Breite
Kernfäule	Güteklasse 1: bis 10 % der Brettbreite Güteklasse 2: bis 20 % der Brettbreite	Vermessung von Länge, maximaler und durchschnittlicher Breite
Insektenfraß	Vorkommen: ja/nein Güteklassen 1 und 2 unzulässig	

Tabelle 3.112.1: Güteklassenanforderungen für die Güteklassen 1 und 2 der Gütemerkmale nach DIN-Norm 68369 (ROTBUCHE-BLOCKWARE), die durch die Lagerung verändert werden können und erweitertes Aufnahmeverfahren beim dritten Versuchseinschnitt im Dezember 1991

Die durchschnittliche Breite der untersuchten Merkmale wurde anhand von Meßprofilen quer zur Längsrichtung der Bohlen und Bretter im Abstand von 0,5 Metern als arithmetischer Mittelwert erhoben. Durchschnittlich wurden sieben Meßprofile an der Schnittware angelegt. Da die Bretter des Versuchseinschnitts vom Dezember 1991 bei der Ende Februar 1992 beginnenden Schnittholzsortierung oberflächlich bereits abgetrocknet waren, war die exakte Beurteilung farblicher Veränderungen, insbesondere der Gütemerkmale *Einlauf* und *Verstocken*, sowie die Abgrenzung vom Rotkern erschwert. Aus diesem Grunde wurden auf den Bohlen zur besseren Beurteilung und Abgrenzung der Farbe mit einem scharfen, forstüblichen Reißhaken Schnitte an den Meßprofilen angebracht. Wurde hierdurch keine hinreichend genaue Farbansprache ermöglicht, wurden die entsprechenden Aufnahmeprofile gehobelt.

Zur Überprüfung der Genauigkeit dieses Aufnahmeverfahrens wurden bei 56 Bohlen und Brettern von lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche die Meßprofilabstände von 0,5 auf 0,25 Meter verringert. Der Zeitaufwand zur Aufnahme einer Bohle wurde hierdurch annähernd verdoppelt. Wurden bei einem Aufnahmeabstand von 0,5 Metern je nach Ausprägungsgrad der Lagerschäden durchschnittlich zwischen 8 bis 12 Bohlen und Bretter in einer Stunde aufgenommen, konnten bei einem Abstand der Meßprofile von 0,25 Metern nur vier bis sechs Bretter in der Stunde beurteilt werden. Die Auswertung auf der Basis der kürzeren Meßprofilabstände führte zu exakt der gleichen Güteklasseneinstufung der Schnittware wie bei den Meßprofilabständen von 0,5 Metern, so daß ein Abstand der Meßprofile von 0,5 Metern beibehalten wurde.

Bewertungsansätze

Der methodische Ansatz zur Beurteilung der Schnittholzqualität auf der Grundlage der DIN-Norm 68369 gliedert sich in drei Teilbereiche (Abbildung 3.112.1).

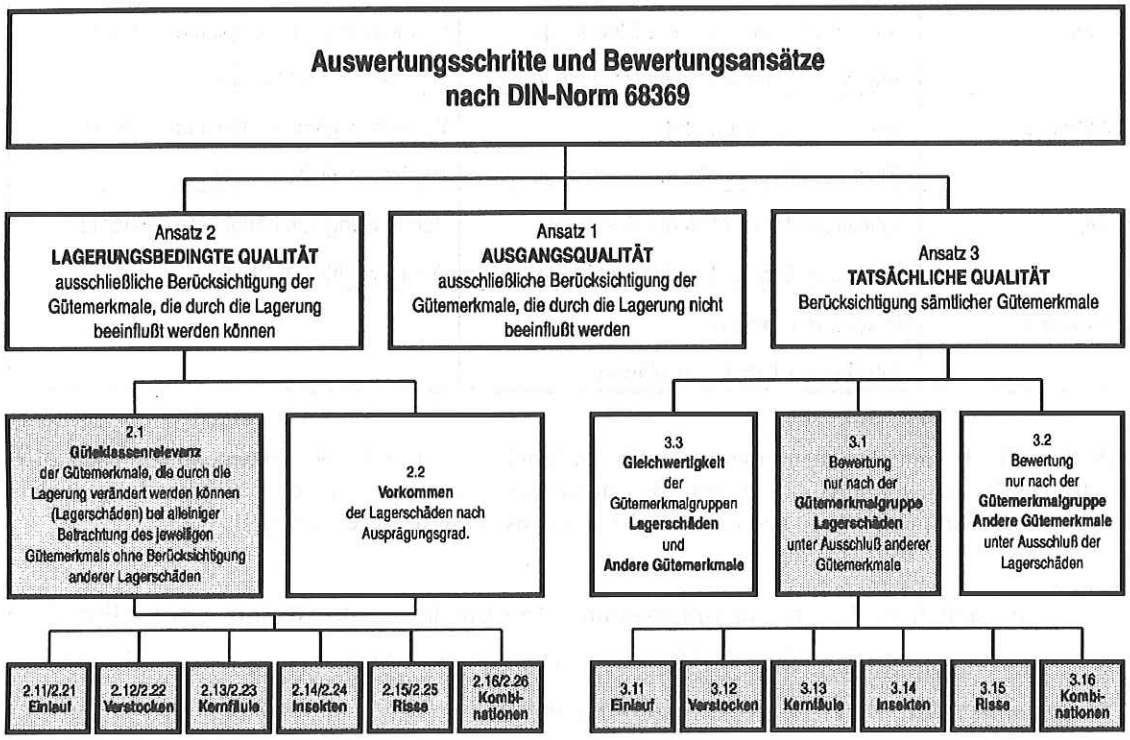


Abbildung 3.112.1: Auswertungsschritte und Bewertungsansätze zur Beurteilung der Schnittware

Um die lagerungsbedingten Veränderungen der Schnittholzqualität darstellen zu können, wurden die Gütemerkmale der DIN-Norm 68369 in zwei Gruppen eingeteilt.

Die eine Gruppe enthält die Gütemerkmale, bei denen durch die Rundholzlagerung (Lebendlagerung und Haufenpolter) im Wald Veränderungen zu erwarten sind. Es sind dies die Gütemerkmale *Einlauf*, *Kernfäule*, *Verstocken* und *Insektenfraß*. In diese Gruppe wurden zusätzlich *Risse* durch Sonnenbrand aufgenommen (Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden*).

In der zweiten Gütemerkmalgruppe sind die Gütemerkmale der DIN-Norm 68369 zusammengefaßt, die durch die Rundholzlagerung nicht verändert werden können. Dies sind unter anderem Äste, Rindeneinschlüsse, Faserneigung, Rotkern usw. (Gütemerkmalgruppe *Andere Gütemerkmale*).

Die in Abbildung 3.112.1 dargestellten Bewertungsansätze werden im folgenden näher beschrieben:

Ansatz 1: ***Ausgangsqualität*** **(AQ)**

Qualitätsausbeute bei Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 unter ausschließlicher Berücksichtigung derjenigen Gütemerkmale, die durch die Rundholzlagerung nicht beeinflußt werden.

Die Beurteilung der Schnittware ohne Berücksichtigung der Gütemerkmale, die durch die Lagerung beeinflußt werden können (Abbildung 3.112.1, Ansatz 1) zeigt die Ausgangsqualität oder die zu erwartende Schnittholzqualität ohne Lagerungseinfluß, wie sie auch unter normalen Einschlagsbedingungen und sich zügig anschließendem Einschnitt im Sägewerk erwartet werden kann. Durch diesen Schritt kann die Vergleichbarkeit der Versuchskollektive überprüft werden, zugleich liefert er die Grundlage für Wertverlustberechnungen.

Ansatz 2: ***Lagerungsbedingte Qualität*** **(LQ)**

Qualitätsausbeute bei Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 unter ausschließlicher Berücksichtigung derjenigen Gütemerkmale, die durch die Rundholzlagerung verändert werden können.

Die Bewertung des Schnittholzes ausschließlich nach den Gütemerkmalen, die durch die Rundholzlagerung im Wald verändert werden können, ermöglicht die Beurteilung der allein durch die Rundholzlagerung entstandenen Veränderungen der Schnittholzqualität (Abbildung 3.112.1, Ansatz 2). Andere Gütemerkmale, die durch die Lagerung nicht verändert werden können, bleiben bei diesem Bewertungsansatz unberücksichtigt, sie können demnach vorhanden sein oder auch nicht. Durch diesen Schritt kann eine Sortierung des Untersuchungsmaterials unabhängig von den Ausgangsqualitäten durchgeführt werden. Die Ergebnisse zeigen die ausschließliche Entwertung durch die Lagerung auf und sind, unabhängig von der vorliegenden Untersuchung, auf vergleichbare Verhältnisse grundsätzlich übertragbar.

Ansatz 3: ***Tatsächliche Qualität*** **(TQ)**

Qualitätsausbeute bei Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 unter Berücksichtigung sämtlicher Gütemerkmale

Die Schnittholzsortierung unter Berücksichtigung sämtlicher Gütemerkmale nach DIN-Norm 68369 (Abbildung 3.112.1, Ansatz 3) zeigt die tatsächlichen Schnittholzqualitätsausbeuten des vorliegenden Untersuchungsmaterials. Die dargestellte Differenzierung dieses Bewertungsansatzes nach Gütemerkmalgruppen ermöglicht die eindeutige Zuordnung der untersuchten Schnittware zu den einzelnen Güteklassen ausschließlich

aufgrund der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* unter Ausschluß anderer Gütemerkmale und umgekehrt. Durch diesen Schritt, der die beiden Ansätze 1 und 2 verbindet, kann die Entwertung im Vergleich zur Ausgangsqualität ermittelt werden.

In Kapitel 4 werden die vorgestellten Bewertungsansätze anhand der Ergebnisse vertieft. Hierbei wird detailliert auf die einzelnen Gütemerkmale der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* eingegangen und differenziert zwischen dem Vorkommen der einzelnen Gütemerkmale der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* und der Bedeutung des Vorkommens für die Güteklasseneinstufung der Schnittware.

Erfolgt die *Zuordnung* der Schnittware zu einer Güteklasse *aufgrund* der Ausprägungsform *eines bestimmten Merkmals* oder einer Summe von Merkmalen (Gütemerkmalgruppe), wird in der weiteren Darstellung *dieses Merkmal* als *güteklassenrelevant* bezeichnet (Güteklassenrelevanz des Merkmals).

Auf der Grundlage der durchgängigen Anwendung der DIN-Norm 68369 bezüglich der Gütemerkmale, bei denen durch die Lagerung Veränderungen zu erwarten sind, ist bei allen Versuchseinschnitten eine Vergleichbarkeit des Untersuchungsmaterials über den gesamten Untersuchungszeitraum gewährleistet. Demgegenüber lassen gemeingebräuchliche Bezeichnungen der eingeschnittenen Sorten (Blockware, Schneideholz, Zuschnitt, Gestellware, Palette etc.) keine vergleichbaren Aussagen über die Qualitäten der untersuchten Schnittware zu.

3.113 Wertziffer des Schnittholzes

Für die Auswertung mit Hilfe der statistischen Analyse, und um Beziehungen zwischen der Schnittholzqualität und einzelnen Parametern zu untersuchen, die nur für den ganzen Baum und nicht für Bretter meßbar sind, mußten die Einzeldaten der Versuchsbäume zusammengefaßt werden.

Hierzu wurden Wertziffern als arithmetischer Mittelwert der Güteklassen aller mit dem Volumen gewichteten Bohlen und Bretter eines Rundholzabschnittes berechnet. Die Berechnung ist durchführbar für Schnittware aus Blöcken, Stammabschnitten (Erdstammstücke, Zopfstücke) und ganzen Versuchsbäumen. Grundlage der Berechnung ist die Güteklasse (Güteklassen 1, 2, 3 nach DIN-Norm 68369 und OGK: ohne Güteklasse, d.h. schlechter als Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369) und das Volumen der einzelnen Bohlen und Bretter in Kubikmetern.

$$WZ = \frac{GK_1 \times Vol_1 + GK_2 \times Vol_2 + GK_3 \times Vol_3 + GK_{OGK} \times Vol_{OGK}}{Vol_1 + Vol_2 + Vol_3 + Vol_{OGK}}$$

WZ :	*Wertziffer*
$Vol_{1,2,3,OGK}$:	*Volumen [cbm] von Bohle/Brett* $_{1,2,3,\ OGK}$
$GK_{1,2,3,OGK}$:	*Güteklasse von Bohle/Brett* $_{1,2,3,\ OGK}$

Ausgehend von den in Kapitel 3.112 vorgestellten Bewertungsansätzen werden die folgenden Wertziffern (WZ) berechnet:

WZ-AQ: Sortierung der Schnittware nur nach den Gütemerkmalen, die durch die Lagerung nicht verändert werden können (AQ: *Ausgangsqualität*)

WZ-LQ: Sortierung der Schnittware nur nach den Gütemerkmalen, bei denen durch die Lagerung Veränderungen zu erwarten sind (LQ: *Lagerungsbedingte Qualität*)

WZ-TQ: Sortierung nach sämtlichen Gütemerkmalen (TQ: *Tatsächliche Qualität*)

WZ-GL: Sortierung nach sämtlichen Gütemerkmalen; die Zuordnung der Schnittware zu einer Güteklasse erfolgt ausschließlich aufgrund von Gütemerkmalen, die durch die Lagerung verändert worden sind (GL: Güteklassenrelevanz der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden*)

WZ-GA: Sortierung nach sämtlichen Gütemerkmalen; die Zuordnung der Schnittware zu einer Güteklasse erfolgt ausschließlich aufgrund von Gütemerkmalen, die durch die Lagerung nicht verändert werden können (GA: Güteklassenrelevanz der Gütemerkmalgruppe *Andere Gütemerkmale*)

WZ-GL und WZ-GA schließen sich gegenseitig aus. Sie stellen eine Aufgliederung der nach Bewertungsansatz 3 (*Tatsächliche Qualität*) sortierten Schnittware dar und ergeben in der Summe 100 % des untersuchten Schnittholzes.

3.114 Farbaufnahme des Schnittholzes

Die Farbe der Schnittware spielt für den erzielbaren Erlös eine entscheidende Rolle, da Verfärbungen nach dem Holzeinschlag zu den schwerwiegenden Qualitätsminderungen gerechnet werden. (BRUNN, 1932; MAYER-WEGELIN, 1934; v. PECHMANN, 1951; BAUCH, 1986). Ziel der in der Untersuchung durchgeführten Farbaufnahmen war es, reproduzierbare Farbwerte zu erlangen, welche die vorgefundenen Farben der betreffenden Gütemerkmale beschreibend charakterisieren sollten.

Farbe wird beobachterabhängig subjektiv wahrgenommen und läßt sich physikalisch, objektiv reproduzierbar, nur mit vergleichsweise hohem technischen Aufwand erfassen (BARONIUS et al., 1991 und 1993). Als den Versuch einer einfach durchführbaren Objektivierung der Farbbeurteilung ist die in der vorliegenden Untersuchung gewählte Methode der Farbaufnahme mit Hilfe der MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (MACBETH DIVISION OF KOLLMORGEN INSTRUMENTS CORPORATION, 1988) zu sehen.

Mit den MUNSELL-Farbkarten wurde die Farbe der beiden bedeutendsten Lagerschäden Einlauf und Verstockung während der Sortierung der Schnittware des dritten Versuchseinschnitts vom Dezember 1991 beim Einlauf in 384 Fällen an 348 Bohlen und Brettern und bei der Verstockung in 238 Fällen an 208 Bohlen und Brettern aufgenommen. Um die Farbansprache zu erleichtern wurde an den Meßprofilen zur Gütemerkmalerfassung die Oberfläche des Schnittholzes in 10 bis 30 Zentimeter breiten Streifen quer zur Brettlängsachse glatt gehobelt. Anhand der Lochkarten der MUNSELL SOIL COLOR CHARTS, die auf die Oberfläche der Schnittware gelegt wurden, konnte die Farbe zugeordnet werden.

Diese vergleichsweise einfache Methode war im Rahmen der Qualitätsansprache der Schnittware ohne größeren technischen Aufwand durchführbar, aufwendige elektronische Farbmeßsysteme standen darüberhinaus nicht zur Verfügung und hätten den Rahmen des Untersuchungsansatzes überschritten.

3.12 Schnittholzfeuchte

An der Blockware des dritten Versuchseinschnitts vom Dezember 1991 wurde während der Schnittholzsortierung von Ende Februar bis Ende Mai 1992 zur ergänzenden Beschreibung des Untersuchungsmaterials die Schnittholzfeuchte erfaßt.

Die Messung der Schnittholzfeuchte erfolgte nach dem Widerstandsprinzip (Messung des Ohmschen Widerstandes mit niedriger Meß-Gleichspannung) über zwei Ramm-Elektroden, die senkrecht zur Faser bis zur Mitte der Bohlendicke in den Holzkörper eingeschlagen wurden. Aufgrund der relativen Ungenauigkeit dieses Meßverfahrens oberhalb des Fasersättigungsbereichs wurden Wiederholungsmessungen an jeder gemessenen Bohle durchgeführt (DU et al. 1991 a und b). Für Buchenholz mit einer höheren Holzfeuchte als 12 % empfehlen DU et al. (1991 a) 5 bis 15 Messungen, um die Holzfeuchte mit einer Genauigkeit von ±1 % zu bestimmen.

Die Meßwiederholungen wurden bei 25, 50 und 75 % der Bohlenlänge anhand von drei Messungen quer zur Brettlängsachse bei 25, 50 und 75 % der Brettbreite durchgeführt. Aus den neun Einzelwerten wurde für die einzelnen Bohlen und Bretter der arithmetische Mittelwert gebildet.

Da der Messung der Schnittholzfeuchte in der vorliegenden Untersuchung nur ein orientierender Charakter zugeschrieben wird, wurde die aus diesen Wiederholungen erzielbare Genauigkeit als ausreichend erachtet. Insgesamt wurden 4023 Einzelmessungen an 447 Brettern und Bohlen durchgeführt.

Die Durchführung der Messungen erfolgte mit dem Gerät MAXILIGNO (Herstellerangaben: Meßbereich 1-99,8 % Holzfeuchte, Holzfeuchtemessung mit Mikroprozessor, Temperaturkompensation 0-75 ° C, Mittelwertberechnung) der Firma LIGNOMAT GmbH in Remseck bei Ludwigsburg.

3.13 Splintholzrohdichte

Die Rohdichte des Holzes ist eine für die Holzeigenschaften häufig charakteristische Größe. Daher war es von Interesse, ob der Vergleich lebend gelagerter Buchen mit dem stehenden Bestand lagerungsbedingte Veränderungen der Rohdichte aufzeigen würde. Weiterhin sollte die Frage beantwortet werden, ob durch die Bestimmung der Rohdichte Rückschlüsse auf die zu erwartenden Schnittholzqualitäten gezogen werden können.

Die Rohdichte wurde als Darr-Rohdichte an den bei den Splintholzfeuchtemessungen (s. Kapitel 3.21) gewonnenen Bohrkernen (LEWARK, 1987) ermittelt. Die Ausführungen zur Probenentnahme und Vergleichbarkeit des Probenmaterials gelten für die Rohdichte entsprechend. Die Durchführung der Rohdichtebestimmung erfolgte nach dem hydrostatischen oder Auftriebsverfahren (HOLZ und PLICKAT, 1961; VON WEDEL, 1962; OLESEN 1971 zitiert nach BRAUN 1983; BIENENTREU, 1993) und DIN-Norm 52182 (BESTIMMUNG DER ROHDICHTE). Insgesamt wurden an den Stämmen der Versuchseinschnitte 2839 Rohdichtebestimmungen durchgeführt.

3.2 Holzbiologische Parameter

3.21 Splintholzfeuchte

Die Splintholzfeuchte ist ein holzphysiologischer Parameter, der zur Beurteilung der Vitalität lebend gelagerter Bäume geeignet erscheint (KOLTZENBURG und KNIGGE, 1987; MEHRINGER, 1989; BUCHER und KUČERA; 1991).
Die Untersuchung der Splintholzfeuchte sollte einen zu erwartenden Zusammenhang zwischen Holzfeuchte und Holzqualität lebend gelagerter Buchen (SCHWAIGER 1959, KUNZ, 1961; MOLTESEN und DALGAS, 1973) überprüfen. Gleichzeitig können unterschiedliche Verläufe in der Entwicklung der Holzfeuchte lebend gelagerter Buche bei unterschiedlichen Sturmwurftypen, die zeitliche Entwicklung der Holzfeuchte und ein etwaiger Holzfeuchtegradient im Stamm lebend gelagerter Buchen festgestellt werden.

Da bei der Buche, als zerstreutporiger Baumart, der Wassertransport überwiegend im Splint erfolgt (KNUCHEL, 1935; BOSSHARD, 1982; KOLTZENBURG und KNIGGE, 1987; MEHRINGER, 1989; GLAVAC et al., 1990; BUCHER und KUČERA; 1991), erscheinen Holzfeuchteuntersuchungen aus diesem Stammbereich zur Beurteilung der physiologischen Verhältnisse aussagekräftig. Zum Wassertransport zerstreutporiger Baumarten führt LADEFOGED (1952, zitiert nach BOSSHARD 1984, Band 2, S. 141) aus, daß das gesamte Wasser in den 20 äußersten Jahrringen geleitet wird, wobei auf den äußersten Ring zunächst dem Kambium etwa 10 % entfallen. KOLTZENBURG und KNIGGE halten für eine Beurteilung der Vitalität eines Baumes besonders die Wasserleitung im äußeren Splint für aussagekräftig und ermitteln die Holzfeuchte aus Proben, die die letzten 20 Jahrringe umfaßten. MEHRINGER (1989) stellt bei den von ihm untersuchten Buchen mit Werten zwischen 85 und 100 % die maximale Holzfeuchte im äußeren Splintholzbereich fest.

Eine zerstörungsfreie Prüfung oberhalb des Fasersättigungsbereichs, der bei der Buche als zerstreutporiger Laubholzart bei 32-35 % liegt (TRENDELENBURG, 1955), ist nach dem elektrischen Widerstandsprinzip mit hinreichender Genauigkeit nicht möglich (s. Kapitel 3.12).

Als schnelles und für das Rundholz unter holztechnologischem Aspekt weitgehend zerstörungsfreies Verfahren der Probengewinnung erscheinen Bohrkerne aus dem Außensplint geeignet, mit vertretbarem Aufwand einen relativ großen Stichprobenumfang zu gewinnen.

Die Proben wurden mittels Bohrmaschine (BLACK & DECKER, Typ P 88-02, Leistungsaufnahme 300 Watt, kabelloses 24 Volt Werkzeug-System) und einem vierschneidigen Scheibenschneider nach DIN-Norm 7489 (syn. Scheibenbohrer, Fräsbohrer, Zapfenschneider) mit einem Außendurchmesser von 18 und einem Innendurchmesser von 8 Millimetern ausgeformt, wie sie üblicherweise in der Holzbearbeitung zum Anfräsen von Zapfen an Holzteilen verwendet werden. Die Bohrkerngewinnung erfolgte weitgehend stauchfrei, da es sich nicht um eine Verdrängungsbohrung wie beim Zuwachsbohrer, sondern um eine schneidende Probengewinnung handelt. Hierbei wird das den Probekörper umgebende Holz durch die vier Frässchneiden konzentrisch 5 Millimeter breit abgespant. Durch eine von der Bohrerspitze (Umfangschneide oder Kernschneide) ausgehenden konischen Erweiterung des Bohrer-Innenlumens wird eine Quetschung des Probekörpers vermieden. Durch die spanende Probengewinnung und die konische Erweiterung des Bohrerlumens kann eine Erwärmung des Probekörpers weitgehend verhindert werden.

Pilotstudien zur beschriebenen Methode zeigten, daß radiale Bohrungen, von 3 Zentimetern Tiefe und tiefer, sich auch bei gut geschärften Bohrern und bei maximaler Energieversorgung der Bohrmaschine wegen des hierzu notwendigen erheblichen Kraftaufwands für Probennehmer und Bohrmaschine sehr schwierig sind. Ein weiteres Problem, das bei diesen Bohrtiefen auftrat, war die Erhitzung des Bohrers durch Reibungsenergie bedingt durch die lange Dauer des Bohrvorgangs. Hierdurch erfolgte eine Erwärmung des Probekörpers, wodurch Feuchteverluste infolge Verdunstung angenommen werden mußten. Bei einer Bohrtiefe von 2 Zentimetern ohne Rinde und Bast ließen sich die Bohrungen zügig und ohne Erwärmung des Bohrers durchführen. Der Kraftaufwand für Probennehmer und Maschine war bei dieser Bohrtiefe über längere Zeit hinweg durchführbar.

Ausgehend von diesen Pilotstudien konnte bei einer angenommenen durchschnittlichen Jahrringbreite von 1,5 Millimetern im für den Versuchseinschnitt vorgesehenen Stammbereich davon ausgegangen werden, daß radial orientierte Bohrkerne von 20 Millimetern Länge nur den Splint erfaßten und im Bereich der wasserführenden 20 äußersten Jahrringe lagen. Diese angenommene Jahrringbreite wurde im Laufe der Untersuchungen anhand von Jahrringzählungen an 1611 Bohrkernen von 2 Zentimetern Länge überprüft. Die Bohrkerne der Versuchsfläche Klink (788 Bohrkerne) hatten durchschnittlich 11,2 Jahrringe mit einer durchschnittlichen Jahrringbreite von 1,8 Millimetern, die von der Versuchsfläche Steinberg (823 Bohrkerne) durchschnittlich 12,7 Jahrringe mit einer durchschnittlichen Jahrringbreite von 1,6 Millimetern.

Die radiale Bohrtiefe von 2 Zentimetern wurde gewährleistet durch die Einstellung des Tiefenbegrenzers an der Bohrmaschine unter Einbeziehung der vorgefundenen Rindenstärke, die jeweils durch Probebohrungen ermittelt wurde. Eine wichtige Voraussetzung für die Probenentnahme war, daß Rinde und Holzkörper an der Entnahmestelle fest miteinander verbunden waren. Da Aussagen über die physiologische Splintholzfeuchte getroffen werden sollten, sollte hierdurch vermieden werden, daß keine von außen angetrockneten oder von Außenfeuchte beeinflußten Stammpartien beprobt wurden.

Um bei der Lebendlagerung auf den Flächenwürfen die Entnahme an Stammstellen mit Sonnenbrand zu vermeiden, erfolgten durch die Sturmwurfrichtung bedingt, die Bohrungen im Bereich zwischen 270 und 320 Grad (gemessen vom Scheitelpunkt der Stammquerschnitte in Kronenrichtung) an der Schattenseite der Versuchsbäume. Auf den Flächenwürfen war an den Versuchsbäumen darüberhinaus auch aus arbeitstechnischen Gründen (Erreichbarkeit von der Seite) eine Probenentnahme nur an der beschriebenen Stelle möglich. Durch den Sturm waren die lebend gelagerten Buchen überwiegend in Ostrichtung geworfen worden. Die Stammoberseite der liegenden Buchen entspricht der Westseite, der beschriebene Winkel des Bereichs der Probenentnahmestelle demnach der West- bis Nord-Nord-Westseite (270 - 320° Nord) des stehenden Baumes. Bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm und der Vergleichsvariante, den frisch eingeschlagenen Buchen aus stehendem Bestand, wurden die Proben aus Gründen der Vergleichbarkeit aus dem gleichen Stammbereich entnommen.

Bei der Vorgehensweise war zu berücksichtigen, daß durch die Entnahme der Proben Reaktionsholz erfaßt werden konnte, das bei Laubhölzern als Zugholz an der adaxialen Seite der Belastung (hier Windbelastung) gebildet wird und das bei der Rotbuche einen höheren Faseranteil und dafür weniger Gefäße enthält (CHOW, 1947 zit. n. BOSSHARD, 1984, Band 2, S.115). Dadurch kann möglicherweise eine systematische Beeinflussung der Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden. Da die Proben bei allen Versuchskollektiven aus dem gleichen Stammbereich entnommen wurden, dürfte sich die beschriebene Verfahrensweise bei der Probenentnahme nicht störend auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Untersuchungsvarianten auswirken.

Die im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitte wurden vor dem Abtransport ins Sägewerk während des Verladevorgangs auf der Oberseite ihrer Lage im Polter beprobt. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, daß bei dieser Versuchsvariante die oben beschriebene lagebezogene Zuordnung der Probenentnahmestelle nicht erfolgen konnte, und daß deshalb von einer zufälligen Probenentnahme ausgegangen werden muß.

In der Voruntersuchung (Versuchseinschnitte im Oktober 1990 und März 1991) wurden bei allen Varianten beginnend bei 1 Meter vom Stammfuß (bei den Stammholzabschnitten im Haufenpolter an der Waldstraße 1 Meter vom dickörtigen Stammende) im Abstand von 4 Metern, bis in die Krone hinein und bis zu einem Stamm- bzw. Astdurchmesser von 10 Zentimetern, Splintholzproben entnommen. In der Hauptuntersuchung (Versuchseinschnitt im November 1991) wurde zur Erhöhung des Stichprobenumfangs der Abstand der Probenentnahme auf 2 Meter verringert.

Die Probennahme an den Versuchsbäumen erfolgte unmittelbar vor oder während der Aufarbeitung zu den Versuchseinschnitten. Eine Probenentnahme zur Feststellung der Holzfeuchte unmittelbar nach dem Sturmwurf an Bäumen, die für Versuchseinschnitte vorgesehen waren, wurde aufgrund methodischer Erwägungen nicht durchgeführt. Es sollte das Risiko vermieden werden, durch eine Bohrkernentnahme an den für die Schnittholzuntersuchung vorgesehenen Buchen das Eindringen von holzzerstörenden Schadorganismen zu verursachen oder zu fördern, was eine Beeinträchtigung der Versuchsanstellung zur Folge gehabt hätte.

Als Bezugspunkt zur Beurteilung der Splintholzfeuchteentwicklung lebend gelagerter Buchen und der Stammholzabschnitte im Haufenpolter an der Waldstraße wurde der stehende Bestand herangezogen. Im stehenden Bestand spiegeln sich jahreszeitliche Veränderungen (HARTIG, 1882; KNUCHEL, 1935; BRAUN, 1982) in der Splintholzfeuchte wider und er erscheint somit geeignet, bei lebend gelagerten Buchen Überlagerungen der durch die Versuchsanstellung bedingten Entwicklung der Holzfeuchte und der jahreszeitlichen Variabilität dieses Parameters weitgehend auszuschließen.

Die Proben wurden an den für die Versuchseinschnitte frisch gefällten Bäumen in der gleichen Weise und an den gleichen Stammstellen entnommen wie bei den lebend gelagerten Buchen (Markierung des Probenentnahmebereichs vor der Fällung und ggf. Lagekorrektur mittels Rückemaschine). Nach Ablösen von Rinde und Kambium wurden die Proben in Schnappdeckelgläschen luftdicht verschlossen und die Splintholzfeuchte nach DIN-Norm 52183 (BESTIMMUNG DES FEUCHTIGKEITSGEHALTES) mit Bezug auf das absolute Trockengewicht (Darrgewicht) bestimmt (KOLLMANN, 1950, S. 362; KNIGGE und SCHULZ 1966, S. 122). Insgesamt wurden an den Versuchsbäumen und -stämmen der Versuchseinschnitte 2959 Splintholzfeuchtemessungen durchgeführt.

Da die Probekörper für die Rohdichteuntersuchung mit denen der Splintholzfeuchteuntersuchung identisch sind, gelten die Ausführungen zur Probenentnahme entsprechend für die Untersuchung der Rohdichte (s. Kapitel 3.13).

3.22 Radialzuwachs

Das Wachstum lebend gelagerter Buchen schlägt sich in den Jahrringen nieder, die nach dem Sturmwurf gebildet wurden. Bei der Hauptuntersuchung im November 1991 wurde deshalb von allen Versuchsbäumen aus Lebendlagerung sowie von den als Vergleichsstandard dienenden frisch eingeschlagenen Buchen aus stehendem Bestand eine 3 bis 5 Zentimeter dicke Stammscheibe in 1 Meter Höhe vom Stammfuß entnommen, um den Radialzuwachs zu ermitteln.

Der Radialzuwachs lebend gelagerter Buchen während der Dauer der Lebendlagerung kann mit frisch gefällten Buchen aus dem gleichen Bestand verglichen werden. Darüberhinaus besteht die Möglichkeit eines Vergleichs mit dem durchschnittlichen Radialzuwachs aus der Zeit vor dem Sturmwurf, der am Probenmaterial desselben Baums ermittelt werden kann.

Der absolute Radialzuwachs erlaubt Aussagen darüber, ob und in welchem Maße lebend gelagerte Buchen noch gewachsen sind. Um Erkenntnisse über den Zuwachsrückgang zu erhalten, ist der absolute Radialzuwachs ungeeignet, da er keine Aussage zum potentiell möglichen Wachstum erlaubt und auch keine Aussage über jahresbedingte Abweichungen des Wachstums vom langjährigen Mittel des Wachstumsgangs gestattet.

Zur Beurteilung des Zuwachsrückgangs ist der relative Radialzuwachs besser geeignet. Der relative Radialzuwachs zum stehenden Bestand hat den Vorteil, daß Abweichungen aufgrund der Wachstumsbedingungen des jeweiligen Jahres vom mittleren Wachstumsgang auch den stehenden Bestand betreffen und somit berücksichtigt werden, was beim Vergleich des Radialzuwachses relativ zum durchschnittlichen Radialzuwachs des gleichen Stammes vor dem Sturmwurf nicht erfolgt.

Die Messung des Radialzuwachses erfolgte mit einem Jahrringmeßgerät (Digitalpositiometer) nach JOHANN mit einer Meßgenauigkeit von 0,01 Millimeter an vier Meßradien, die nach der Beschreibung von NAGEL und ATHARI (1982) angelegt wurden.

3.3 Erfassung und statistische Auswertung des Datenmaterials

Die Daten wurden vorwiegend manuell erfaßt, in Computer übertragen und anschließend in das Dateiformat des Datenbankprogramms DBASE IV Version 1.5 transformiert und abgelegt. Die Datenerfassung der Schnittholzsortierung des dritten Versuchseinschnitts vom Dezember 1991 wurde unmittelbar im Sägewerk mit einem Schnittholzsortierprogramm nach DIN-Norm 68369 durchgeführt, das eigens für diese Aufnahme in der Programmiersprache *C* geschriebenen wurde. Die Daten wurden zur weiteren Auswertung ebenfalls ins DBASE-Format überführt.

Die Bearbeitung des Datenmaterials erfolgte auf Personal Computern mit den Softwareprogrammen DBASE IV Version 1.5 und 2.0, EXCEL Version 4.0 und 5.0, COREL DRAW Version 3.0 und 4.0, HARVARD GRAPHICS FOR WINDOWS Version 2.0 und WORD FOR WINDOWS Version 2.0 und 6.0. Zur statistischen Auswertung wurden die Programme STATGRAPHICS Version 5 und SPSS-PC 3.1 herangezogen.

Bei der statistischen Behandlung des Datenmaterials wird üblicherweise unterschieden zwischen beschreibender (deskriptiver) Statistik, welche der Charakterisierung des Datenmaterials dient und schließender (induktiver) Statistik, welche zu Auswertungen herangezogen wird.

Für alle Variablen des Untersuchungsmaterials wurden folgende Kennwerte der beschreibenden Statistik ermittelt:

- arithmetischer Mittelwert der Stichproben ($\bar{x}$)
- Standardabweichung (s)
- Variationskoeffizient in Prozent (VK %)
- Extremwerte (min, max)
- Stichprobenumfang (N)

In der schließenden Statistik ist bei der Auswahl der verschiedenen Testverfahren zu beachten, daß die gewählten Verfahren dem vorhandenen Datenmaterial angepaßt sind. Die Zulässigkeit statistischer Tests richtet sich insbesondere danach, ob die empirische Verteilung der Normalverteilung entspricht, und welche Klassifikationen der Variablen vorliegen, ob das Meßniveau nominal-, ordinal-, intervall- oder verhältnisskaliert ist, und ob stetige oder diskrete Werte vorliegen. Merkmale auf dem Nominalniveau sind stets, auf dem Ordinalniveau in der Regel diskret, Merkmale auf dem Intervall- und Verhältnisniveau weisen stetige Merkmale auf.

Der statistischen Datenbearbeitung liegen folgende Auswertungsschritte zugrunde:

- deskriptive Statistik der untersuchten Parameter
- Prüfung der Verteilungsanpassung
- Vergleich von Verteilungen
- Korrelationsanalyse relevanter Variablen
- univariate Regressionsanalysen (eingeschränkte Aussage)

Die verwendeten statistischen Testverfahren sind eingehend in der Standardliteratur zur Statistik beschrieben (BORTZ, 1993; HARTUNG, 1985; SACHS, 1992).

Die Prüfung auf Normalverteilung mit dem χ^2-Anpassungstest ergab, daß die untersuchten Größen Irregularitäten in der Verteilung aufweisen und deshalb nicht von normalverteilten Werten ausgegangen werden konnte. Bei nicht normalverteilten Stichproben werden verteilungsunabhängige oder nichtparametrische Testverfahren angewandt.

Für Vergleiche zwischen zwei unabhängigen Stichproben stetiger Variablen wurde der MANN-WHITNEY-U-Test verwendet. Bei diesem Test werden die Daten der Größe nach sortiert und Rangsummen vergeben. Der U-Test nach MANN-WHITNEY kann auch bei verschieden großen Stichproben angewendet werden. Die Teststärke dieses Tests beträgt ca. 95 % der Teststärke des t-Tests für normalverteilte Stichproben (SACHS, 1992, S. 381). Verteilungsunterschiede diskreter Werte wurden mit Hilfe von Kontingenztafeln durchgeführt, Zusammenhänge anschließend mit dem χ^2-Test untersucht.

Zur statistischen Absicherung gegebener Zusammenhänge zwischen verschiedenen, nicht normalverteilten Variablen wurde der SPEARMAN'sche Rangkorrelationskoeffizient ermittelt (Signifikanzniveau 5 %). Bei signifikantem Ergebnis wurde zur Veranschaulichung des stochastischen Zusammenhangs eine Regressionsgerade berechnet.

Als Signifikanzniveau wurde das 5 %-Niveau ($\alpha \leq 0{,}05$) gewählt.

4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

4.1 Schnittholz

4.11 Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369

Im Mittelpunkt des Projektes stand die Schnittholzuntersuchung der lebend gelagerten Buchen zwei Vegetationsperioden nach dem Sturmwurf vom 1. März 1990. Das Untersuchungsmaterial wurde im November 1991 aufgearbeitet, im Dezember 1991 im Sägewerk zu Blockware eingeschnitten und das Schnittholz von Anfang März bis Ende Mai 1992 anhand der DIN-Norm 68369 (ROTBUCHE-BLOCKWARE) sortiert. Mit Hilfe dieser Norm sollten die Qualitätsbeurteilung standardisiert und die Ergebnisse vergleichbar gemacht werden.

Die nachfolgende Ergebnisdarstellung gliedert sich in drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt werden in drei Schritten (Kapitel 4.111 bis 4.113) die Ergebnisse der Schnittholzsortierung nach unterschiedlichen Bewertungsansätzen (s. Kapitel 3.112) vorgestellt und diskutiert. Hierauf aufbauend wird der auf die Lebendlagerung zurückzuführende Wertverlust bei der Schnittware dargestellt (Kapitel 4.114). In einem dritten Abschnitt (Kapitel 4.115) erfolgt eine differenzierte Darstellung und Diskussion der durch die Lagerung veränderten Eigenschaften und Gütemerkmale des Schnittholzes nach DIN-Norm 68369.

Zu Beginn des ersten Abschnitts steht die Beschreibung der Schnittholzqualität ohne Lagerungseinfluß (Ansatz 1: *Ausgangsqualität*, s. Kapitel 3.112). Die Beschreibung der Ergebnisse nach der Sortierung ohne Berücksichtigung der Gütemerkmale, die durch die Lagerung beeinflußt werden können, zeigt die Ausgangsqualität oder die zu erwartenden Schnittholzqualitäten ohne Beeinträchtigung durch Lagerschäden. Diese Qualitäten können unter normalen Einschlagsbedingungen bei sich zügig anschließendem Einschnitt im Sägewerk erwartet werden.
Es folgen die Ergebnisse der Schnittholzsortierung bei ausschließlicher Bewertung der Schnittware nach Gütemerkmalen, die durch die Lagerung verändert werden können (Ansatz 2: *Lagerungsbedingte Qualität*, s. Kapitel 3.112). Dieser Ansatz ermöglicht die Beurteilung der durch die Rundholzlagerung in Form der Lebendlagerung und Lagerung im Haufenpolter an der Waldstraße entstandenen Veränderungen der Schnittholzqualität. Andere Gütemerkmale, die durch die Lagerung nicht verändert werden können, bleiben bei diesem Bewertungsansatz unberücksichtigt.

Abschließend wird ausgehend von der tatsächlich vorliegenden Schnittholzqualität des Untersuchungsmaterials, ermittelt durch die Sortierung nach DIN-Norm 68369 unter Berücksichtigung sämtlicher Gütemerkmale dieser Norm (Ansatz 3: *Tatsächliche Qualität*, s. Kapitel 3.112), eine differenzierende Bewertung durchgeführt (s. Abbildung 3.112.1, Ansatz 3.1 bis 3.3). Die dargestellte Differenzierung dieses Bewertungsansatzes nach zwei Gütemerkmalgruppen (s. Kapitel 3.112) ermöglicht die eindeutige Zuordnung der untersuchten Schnittware zu den einzelnen Güteklassen ausschließlich aufgrund der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* unter Ausschluß anderer Gütemerkmale und umgekehrt.

Ausgehend von den Ergebnissen auf der Grundlage der verschiedenen Bewertungsansätze wird im zweiten Abschnitt der Ergebnisdarstellung in Kapitel 4.114 der Wertverlust ermittelt, der durch die Lebendlagerung entstanden ist.

Im dritten Abschnitt folgt in Kapitel 4.115, in Erweiterung der summarischen Darstellung der Lagerschäden im ersten Abschnitt, eine eingehende Betrachtung und Diskussion der einzelnen Gütemerkmale der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden*. Hierbei wird differenziert zwischen Vorkommen und Ausprägung der Gütemerkmale dieser Gütemerkmalgruppe und der Bedeutung der Vorkommen für die Güteklasseneinstufung der Schnittware (Güteklassenrelevanz).

In der Ergebnisdarstellung werden Haupt- und Seitenware zusammengefaßt. Deren Anteile sind in Kapitel 3.111 dargestellt. Aufgrund des geringen Anteils der Seitenware von 10 % am gesamten Schnittholzvolumen wird wegen der Unerheblichkeit der Seitenware für die Beantwortung der Fragestellung in der Regel nicht weiter zwischen Haupt- und Nebenerzeugnis differenziert.
Ebenso sind aus Gründen der Übersichtlichkeit und Klarheit der vergleichenden Darstellung bei verschiedenen Ergebnisabbildungen die Güteklassenanteile der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 zusammengefaßt. Dieser Zusammenfassung entspricht die in der Praxis der holzverarbeitenden Betriebe häufig anzutreffende Bezeichnung des Mischsortiments Block- und Schneideware, womit üblicherweise höherwertige Buchenblockware bezeichnet wird. Für eine Zusammenfassung der beiden Güteklassen spricht weiterhin, daß aufgrund der Merkmalausprägung der Lagerschäden und den Güteklassengrenzwerten der Güteklassen 1 und 2 überwiegend eine Einstufung der betreffenden Schnittware in die Güteklasse 3 oder schlechter erfolgte. Die Verhältnisse zwischen den Güteklassenanteilen der Güteklassen 1 und 2 unterschieden sich zwischen den Varianten nur geringfügig. Auf diesen Zusammenhang wird in Kapitel 4.113 bei der Darstellung der Ergebnisse nach Gütemerkmalgruppen näher eingegangen.

4.111 Ausgangsqualität

Qualitätsausbeute bei Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 unter ausschließlicher Berücksichtigung derjenigen Gütemerkmale, die durch die Rundholzlagerung nicht beeinflußt werden, Lagerschäden bleiben unberücksichtigt.

Die Beurteilung des Untersuchungsmaterials nach dieser Vorgehensweise soll die Frage beantworten, ob die Ausgangsqualitäten vor Beginn der Lebendlagerung vergleichbar sind. Dieser Bewertungsansatz zeigt demnach die Güteklassenanteile auf, wie sie bei ausschließlicher Bewertung der Schnittware nach den Gütemerkmalen erzielt werden, die nicht durch die Rundholzlagerung im Wald verändert werden können. Man erhält folglich ein Bild der Wertstrukturen, wie sie unter normalen Einschlagsbedingungen auf diesen Standorten zu erwarten sind.

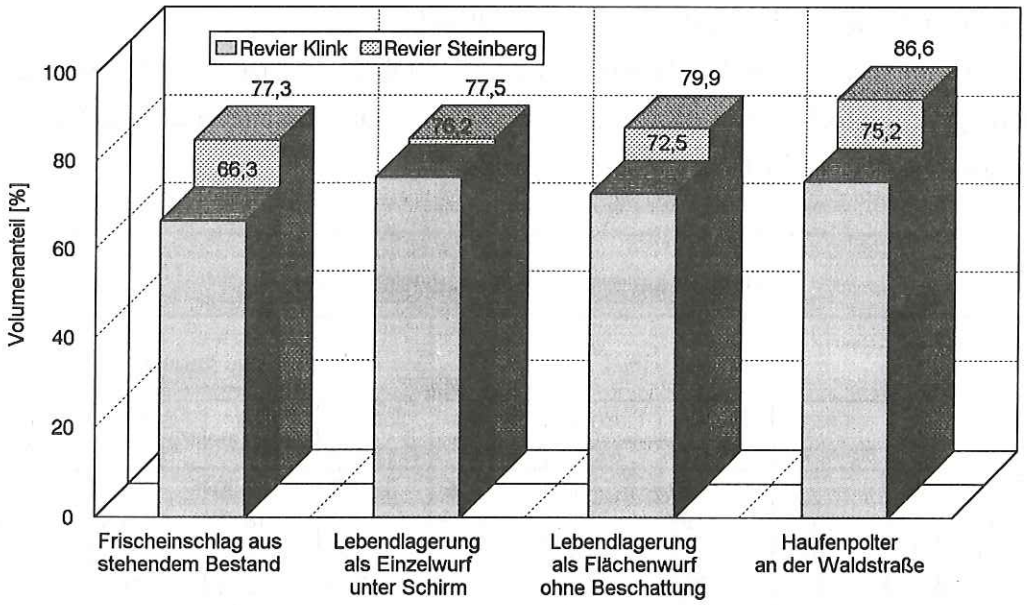


Abbildung 4.111.1: Anteile der Güteklassen 1 und 2 (DIN 68369) an der gesamten Schnittware im Dezember 1991 nach 2 Vegetationszeiten Lagerung für die verschiedenen Versuchsvarianten bei Bewertung der Schnittware nur nach den Gütemerkmalen, die durch die Lagerung nicht verändert werden (Bewertungsansatz 1: *Ausgangsqualität*)

In Abbildung 4.111.1 sind für die verschiedenen Versuchsvarianten die erzielten Volumenanteile der Schnittware in den Güteklassen 1 und 2 dargestellt. Auf den Versuchsflächen beider Reviere sind die Anteile der Güteklassen 1 und 2 annähernd gleich. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten sind geringfügig. Zwischen den lebend gelagerten Buchen unter Schirm lassen sich statistisch keine Unterschiede feststellen. Bei den Flächenwürfen beider Standorte läßt sich der Unterschied von 7,4 % des Schnittholzvolumens statistisch absichern, ebenso sind die

Unterschiede bei den Vergleichsvarianten statistisch gesichert (s. Kapitel 4.3). Die Schnittware waldfrisch eingeschlagener Buchen aus stehendem Bestand und von dem Stammholz aus den Haufenpoltern an der Waldstraße unterscheiden sich vom Mittelwert aller Varianten von 76,4 % bei den frisch eingeschlagenen Buchen der Versuchsfläche Klink mit -10,1 % und dem Haufenpolter an der Waldstraße mit +10,2 % des Volumens der Schnittware.

Aufgrund der geringen, in einem natürlichen Bereich liegenden Streuung kann grundsätzlich von einer Vergleichbarkeit der vorliegenden Ausgangsqualität ausgegangen werden, wobei darauf hinzuweisen ist, daß die zu erwartenden lagerungsbedingten Veränderungen der Schnittholzqualität durch die gegebenen geringfügigen Differenzen der Ausgangsqualität nicht beeinflußt werden. Die entsprechende Darstellung ergibt für die Stückzahl der Bohlen kein grundsätzlich anderes Bild.

Das für den Versuchseinschnitt vorgesehene Rundholz der Lagervarianten wurde zwei Vegetationsperioden nach dem Sturmwurf im November 1991 nach der Handelsklassensortierung für Rohholz (HKS) sortiert. Die Güteklassenzusammensetzung der Versuchskollektive ist in Tabelle 4.111.1 dargestellt.

Rundholzgüteklassenanteile November 1991								
	Revier Klink				Revier Steinberg			
	Frisch-einschlag	Einzel-wurf	Flächen-wurf	Haufen-polter	Frisch-einschlag	Einzel-wurf	Flächen-wurf	Haufen-polter
Stammabschnitte	10	20	20	20	10	20	20	20
Fm o.R.	15,33	31,92	36,11	30,33	7,35	18,72	23,08	18,84
B Fm o.R.	10,54	8,54	4,12	0	5,29	4,62	2,56	0
%	**68,8**	**26,8**	**11,4**	**0**	**72,0**	**24,7**	**11,1**	**0**
C Fm o.R.	4,79	23,38	31,99	0	2,06	14,1	20,52	0
%	**31,2**	**73,2**	**88,6**	**0**	**28,0**	**75,3**	**88,9**	**0**
D Fm o.R.	0	0	0	30,33	0	0	0	18,84
%	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**	**100**

Tabelle 4.111.1: Rundholzgüteklassenanteile nach der Handelsklassensortierung für Rohholz (HKS) bei waldfrischem Einschlag, Lebendlagerung und Lagerung im Haufenpolter an der Waldstraße nach zwei Vegetationsperioden im November 1991

Zwischen den verschiedenen Versuchsvarianten werden zum Teil erhebliche Unterschiede deutlich. Ein Einfluß dieser Güteklassenzusammensetzung nach der HKS auf die dargestellte Zusammensetzung der Schnittholzausgangsqualität nach DIN-Norm 68369 ist beim Vergleich mit Abbildung 4.111.1 hingegen nicht erkennbar. Der große Unterschied in der Güteklassenzusammensetzung zwischen den lebend gelagerten Buchen und

den Buchen aus stehendem Bestand rührt daher, daß bei den Varianten der Lebendlagerung die Entwertung durch Lagerschäden überwiegend zu einer Einstufung des Untersuchungsmaterials in die Güteklasse C führte.

Die Sortierung nach HKS erlaubt keine Schlußfolgerungen auf die durch Lagerschäden unbeeinflußte Ausgangsqualität des Untersuchungsmaterials. Da bei der Rundholzsortierung die Gütemerkmale, die durch die Lagerung beeinflußt werden, nicht getrennt von anderen Gütemerkmalen erfaßt wurden, stellt sie nur die tatsächliche Güteklassenzusammensetzung dar.

Die Kollektive der lebend gelagerten Buchen unter Schirm enthielten auf beiden Versuchsflächen einen geringfügig höheren Anteil an der Güteklasse B als die auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen. Auf diese Tendenz, die sich bei der Schnittware deutlicher abzeichnete, wird unten bei der Diskussion der Ergebnisse der Schnittholzsortierung im Zusammenhang mit der Beurteilung der Lagerschäden nochmals eingegangen.

Die Stammholzabschnitte aus den Haufenpoltern an der Waldstraße wurden im November 1991 zur Ermittlung der zu diesem Zeitpunkt tatsächlich vorliegenden Rundholzqualität nach HKS sortiert. Aufgrund der äußerlich erkennbaren Entwertungen durch Verstockung wurden die Stämme ausschließlich in Güteklasse D eingestuft.

Volumenunterschiede in den Tabellen (z.B. Kapitel 2.4, Tabelle 2.4.1) rühren daher, daß die Rundholzvermessung der Sägeabschnitte im Sägewerk durch die sektionsweise Vermessung genauere Ergebnisse liefert und folglich andere Rundholzvolumina berechnet werden als beim Waldmaß, das zum einen durch die forstübliche Vermessung (Abrundung bei der Durchmesserermittlung und Rindenabzug) gekennzeichnet ist, zum anderen bei der Volumenberechnung des Stammholzes von einer Walzenform ausgeht.

Das im Sägewerk im Rahmen der Hauptuntersuchung im November 1991 an 483 Rundholzabschnitten aus 140 Buchenstämmen über forstübliche Vermessung ermittelte Rundholzvolumen von 206,23 Festmetern liegt 13,5 % über dem Waldmaß von 181,68 Festmetern. Das Volumen der Schnittware von 173,06 Kubikmetern beträgt 84 % des im Sägewerk ermittelten Rundholzvolumens und 95 % des auf der Waldvermessung basierenden Volumens. Eine Schnittholzausbeute von 95 %, bezogen auf das dem Verkaufswert entsprechende Waldmaß, liegt deutlich über einem beim Einschnitt an der Blockbandsäge üblichen Ausbeutesatz von knapp 80 % bei mit dem Untersuchungsmaterial vergleichbaren Rundholzabmessungen (LOHMANN, 1991, S. 94).

4.112 Lagerungsbedingte Qualität

Qualitätsausbeute bei Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 unter ausschließlicher Berücksichtigung derjenigen Gütemerkmale, die durch die Rundholzlagerung verändert werden können, andere Gütemerkmale bleiben unberücksichtigt.

Dieser Ansatz zeigt die Schnittholzqualitätsausbeuten, wie sie bei vorhandenen Lagerschäden zu erwarten sind. Die in Kapitel 3.112 als Lagerschäden aufgeführten Gütemerkmale der DIN-Norm 68369 treten erwartungsgemäß nur bei lebend gelagerten Buchen und bei dem im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholz in Erscheinung.

Beim waldfrischen Einschlag aus stehendem Bestand ist das Auftreten dieser Gütemerkmale nicht zu erwarten. Dennoch wurde beim dritten Versuchseinschnitt im Dezember 1991 das Gütemerkmal *Einlauf* im Revier Klink bei waldfrischem Einschlag aus stehendem Bestand vorgefunden. Es handelte sich hier um Verfärbungen, die von eingeschlossenen Faulästen und Splitterverletzungen ausgingen. Bei 15 Brettern und Bohlen von waldfrisch eingeschlagenen Buchen wurde derart verursachter Einlauf festgestellt, ohne daß es sich hier tatsächlich um einen Lagerschaden handelte. Dies entspricht einem Volumenanteil von 3 % der untersuchten Schnittware dieser Vergleichsvariante.

Aufgrund dieser Feststellung muß davon ausgegangen werden, daß auch bei lebend gelagerten Buchen und bei dem im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholz das Gütemerkmal *Einlauf* oder ein anderes Gütemerkmal der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* vorkommen kann, ohne daß das Auftreten dieses Merkmals durch die Rundholzlagerung verursacht worden ist. Es ist weiterhin davon auszugehen, daß der Ausprägungsgrad eines solchen Vorkommens durch die Rundholzlagerung verändert werden kann.

Wurde ein Gütemerkmal der Merkmalgruppe *Lagerschäden* vorgefunden, das offensichtlich nicht durch die Rundholzlagerung verursacht war, sondern beispielsweise durch Fauläste, Splitter oder alte Rückeverletzungen, wurde dies dahingehend berücksichtigt, daß diese Bretter und Bohlen nicht unter der Kategorie *Lagerschäden* erfaßt wurden. Dies traf für die Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* mit insgesamt 49 Brettern und Bohlen bei 1,8 % aller untersuchten Bohlen und Bretter bzw. 1,5 % des untersuchten Schnittholzvolumens vergleichsweise selten zu.

Im Hinblick auf die Fragestellung, welchen Einfluß die Form der Lagerung auf die Schnittholzqualität hat, kann aufgrund der Geringfügigkeit dieser Vorkommen davon ausgegangen werden, daß durch das Auftreten von Gütemerkmalen der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden*, die nicht durch die Rundholzlagerung verursacht wurden, kein wesentlicher Einfluß auf die Untersuchungsergebnisse zu erwarten ist, sie bleiben deshalb in der weiteren Ergebnisdarstellung unberücksichtigt.

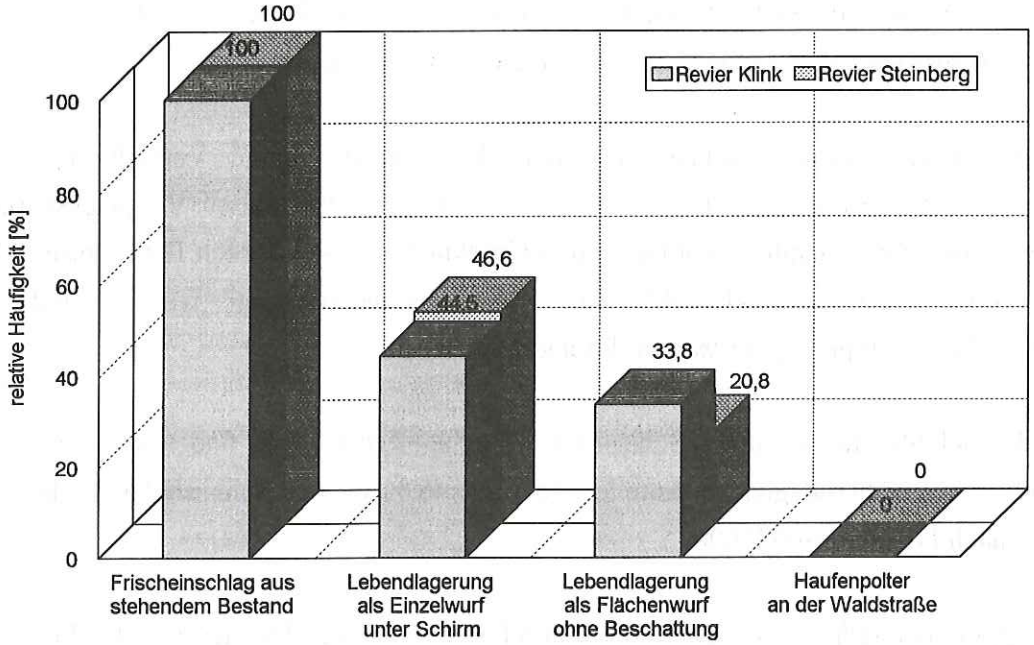


Abbildung 4.112.1: Anteile der Güteklassen 1 und 2 (DIN 68369) an der gesamten Schnittware im Dezember 1991 nach zwei Vegetationszeiten Lagerung für die verschiedenen Versuchsvarianten bei Bewertung der Schnittware nur nach Gütemerkmalen, die durch Lagerung verändert werden können (Bewertungsansatz 2: *Lagerungsbedingte Qualität*)

Die Darstellung der Ergebnisse bei Bewertung der Schnittware nur nach den Gütemerkmalen, die durch die Rundholzlagerung verändert werden können, ist aus Abbildung 4.112.1 ersichtlich. Hierbei enthält die jeweilige Güteklasse alle diejenigen Bohlen und Bretter, die in dieser Güteklasse dieses Merkmal entsprechend den Güteklassenerfordernissen für dieses Merkmal aufweisen. Andere Gütemerkmale, die durch die Rundholzlagerung nicht beeinflußt werden, wie beispielsweise Äste, Krümmungen, Faserneigung usw., bleiben bei diesem Ansatz unberücksichtigt. Würden diese Gütemerkmale in die Bewertung miteinbezogen, könnten sie zu der gleichen oder einer schlechteren Güteklasseneinstufung führen.

Es werden bei diesem Ansatz folglich alle Gütemerkmale gleichgesetzt, die durch die Lagerung nicht verändert werden können. Es wird mit anderen Worten eine optimale, bei allen Versuchsvarianten gleich gute theoretische Ausgangsqualität angenommen.

Aufgrund dieser isolierten Betrachtungsweise der Lagerschäden werden die maximalen Qualitätsveränderungen durch die Lagerung herausgestellt. Es wird somit der reine Einfluß der Lagerung ersichtlich, der sich nur durch die unterschiedliche Versuchsanstellung der lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche und der Stammholzabschnitte in den Haufenpoltern an der Waldstraße erklärt, ohne daß die Güteklassenzusammensetzung aufgrund der Bewertung anderer Gütemerkmale durch diese beeinträchtigt würde (theoretische oder fiktive Sortierung). Die aufgezeigten Wertstrukturen und Qualitätserwartungen der Schnittware lassen sich demzufolge für vergleichbare Verhältnisse verallgemeinern und sind übertragbar.

Da bei waldfrischem Einschlag aus stehendem Bestand keine Veränderungen der Gütemerkmale durch Lagerung auftreten können, wird bei dieser Vergleichsvariante zwangsläufig die gesamte Schnittware den Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 zugeordnet, vorausgesetzt, daß die Güteklassensortierung nur anhand der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* durchgeführt wird.

Bei der Schnittware der unter Schirm lebend gelagerten Buchen finden sich auf beiden Standorten annähernd gleiche Anteile von rund 45 % in den Schnittholzgüteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369.

Demgegenüber fällt das Ergebnis bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche ungünstiger aus, wobei der Standort mit der geringeren Wasserhaushaltsstufe im Revier Steinberg 13 % unter den vergleichbaren Güteklassenanteilen dieser Versuchsvariante auf dem Standort mit dem besseren Wasserangebot im Revier Klink liegt.
Bei dem Stammholz aus Haufenpoltern an der Waldstraße konnte aufgrund des Ausprägungsgrades der betreffenden Gütemerkmale keine Schnittware den Güteklassen 1 und 2 zugeordnet werden.

Aus den Ergebnissen ist zu folgern, daß die Lebendlagerung von Sturmwurfbuchen auf der Freifläche ohne Beschattung über zwei Vegetationsperioden hinweg erhebliche Risiken beinhaltet, da hier die lebend gelagerten Buchen aufgrund einer zu langen Dauer der Lebendlagerung bereits zu einem großen Teil entwertet waren. Dieses Ergebnis wird bei der Betrachtung der Wertentwicklung im Untersuchungszeitraum unter Bezugnahme auf vorliegende Untersuchungen und Erfahrungen weitergehend diskutiert (s. Kapitel 4.14).

4.113 Tatsächliche Qualität

Qualitätsausbeute bei Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 unter Berücksichtigung sämtlicher Gütemerkmale.

Die Sortierung der untersuchten Schnittware nach sämtlichen Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 zeigt die real vorliegenden Qualitätsausbeuten aus den Versuchsvarianten zwei Vegetationsperioden nach dem Sturmwurf im November 1991.

Nach der Darstellung der Güteklassenanteile der verschiedenen Versuchsvarianten (Abbildungen 4.113.1 und 4.113.2) folgt eine differenzierende Darstellung der Ergebnisse nach einer sich gegenseitig ausschließenden Bewertung der Schnittware auf der Grundlage der in Kapitel 3.112 beschriebenen Gütemerkmalgruppen der DIN-Norm 68369 (s. Abbildung 3.112.1, Ansatz 3.1, 3.2, 3.3).

Der bisherigen Darstellungsweise folgend, ergeben sich in den einzelnen Versuchsvarianten die in Abbildung 4.113.1 dargestellten Anteile der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369.

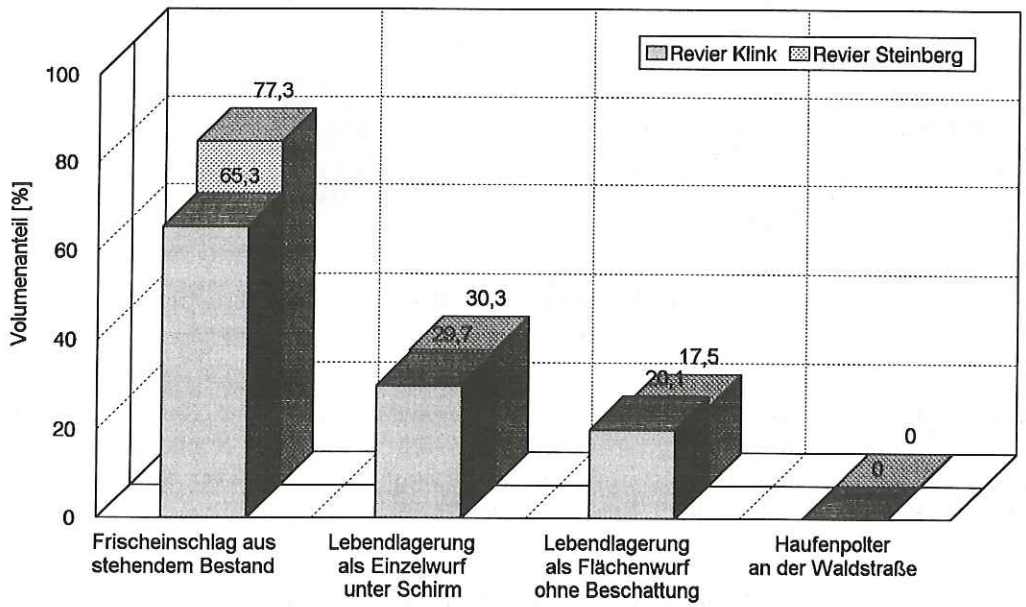


Abbildung 4.113.1: Anteile der Güteklassen 1 und 2 (DIN 68369) an der gesamten Schnittware im Dezember 1991 nach zwei Vegetationszeiten Lagerung für die verschiedenen Versuchsvarianten bei Bewertung der Schnittware nach sämtlichen Gütemerkmalen (Bewertungsansatz 3: *Tatsächliche Qualität*)

Die Anteile der einzelnen Güteklassen bei Sortierung unter Berücksichtigung aller Gütemerkmale der DIN-Norm 68369 sind für beide Reviere nach den verschiedenen Versuchsvarianten in Abbildung 4.113.2 abgebildet. Die Schnittware, die aufgrund ihrer Gütemerkmalausprägung nicht mehr durch die DIN-Norm 68369 erfaßt wurde, ist ohne Güteklassenausscheidung (OGK) aufgeführt.

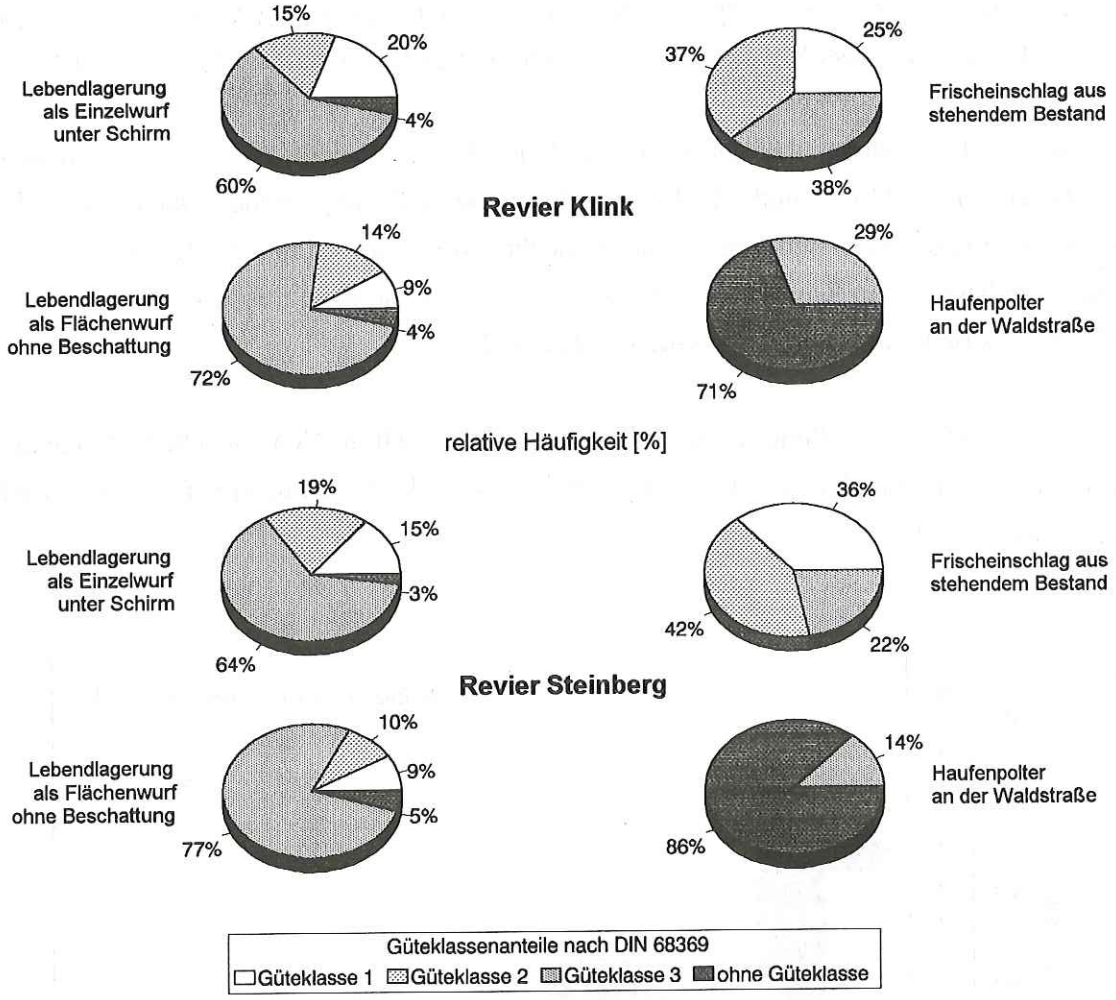


Abbildung 4.113.2: Güteklassenanteile der 3239 untersuchten Bohlen und Bretter dargestellt als relative Häufigkeiten in Prozent für die verschiedenen Versuchsvarianten im Dezember 1991 nach zwei Vegetationsperioden Lagerung bei Bewertung der Schnittware nach sämtlichen Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 (Bewertungsansatz 3: *Tatsächliche Qualität*)

Bei der Schnittware der lebend gelagerten Buchen sind die Anteile der Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369 auf beiden Standortvarianten annähernd gleich hoch. Ebenso verhält es sich bei den höherwertigen Sorten der Güteklassen 1 und 2.

Bei dem Schnittholz aus der Vergleichsvariante frisch eingeschlagener Buchen aus stehendem Bestand ist der Anteil der Güteklasse 3 auf dem Standort mit dem niedrigeren Wasserangebot im Revier Steinberg geringer als auf dem Standort mit dem besseren Wasserangebot im Revier Klink.

Umgekehrt verhält es sich bei der Schnittware aus den Haufenpoltern an der Waldstraße, wo das Sortierergebnis im Revier Klink günstiger ausfällt. Auffällig ist bei dieser Versuchsvariante der sehr hohe Anteil der Bretter und Bohlen, die aufgrund gravierender Entwertungen durch Lagerschäden nicht mehr durch die Sortiervorschrift erfaßt werden.

Die Ergebnisse der Schnittholzsortierung bei Berücksichtigung sämtlicher Gütemerkmale der DIN-Norm 68369, wie sie in Abbildung 4.113.2 dargestellt sind, spiegeln sich nur teilweise in der Güteklassenzusammensetzung nach HKS wider, worauf bereits eingegangen wurde (s. Tabelle 4.111.1). Ebenso wie beim hier dargestellten Bewertungsansatz erfolgt die Güteklasseneinstufung nach HKS aufgrund einer Vielzahl von Gütemerkmalen, wobei die Gütemerkmale, die sich durch die Lagerung verändern können, nur einen Teil der gesamten Bewertung ausmachen.

Vergleicht man in den einzelnen Varianten die Volumenanteile der Rundholzgüteklassen B nach HKS mit denen der Schnittholzgüteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 (s. Tabelle 4.113.1), so ergeben sich bei der Rundholzsortierung deutlich schlechtere Ausbeuten an der besseren Güteklasse (B) als bei der Schnittholzsortierung. Mit einem Rundholzgüteklassenanteil B im Revier Klink von 26,8 % bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm (Revier Steinberg 24,7 %) und 11,4 % bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche (Revier Steinberg 11,1 %) liegen durchweg schlechtere Wertrelationen vor als bei den entsprechenden Anteilen der Schnittware, was in besonderem Maße für die Flächenwürfe zutrifft.

Bei frisch gefällten Buchen aus stehendem Bestand fallen beim Vergleich der Rundholzsortierung nach HKS mit den Ergebnissen der Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 die Unterschiede geringer aus oder bewegen sich im Rahmen einer natürlichen Streuung. Bei Sortierung nach HKS steht im Revier Klink ein Volumenanteil der Rundholzgüteklasse B von 68,8 % einem Volumenanteil der Schnittholzgüteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 von 65,3 % gegenüber (s. Abbildung 4.113.1). Im Revier Steinberg betragen die entsprechenden Anteile 72,0 % nach HKS, bzw. 77,3 % nach DIN-Norm 68369.

Der Vergleich der Sortierergebnisse frisch eingeschlagener Buchen aus stehendem Bestand mit denen von lebend gelagerten Buchen zeigt, daß die Bewertung des Rundholzes nach HKS bei den Varianten der Lebendlagerung aufgrund des äußeren Erscheinungsbildes zu einer Überbewertung der Gütemerkmale führt, die durch die Lagerung verändert werden. Diese Überbewertung fällt bei den Freiflächenvarianten nochmals stärker ins Gewicht, was aus Tabelle 4.113.1 erkennbar wird.

Gegenüberstellung der Volumentanteile der Rundholzgüteklassen B und der Schnittholzgüteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369						
Güteklassenanteile in Vol.%	Lebendlagerung				Frischeinschlag	
	Revier Klink		Revier Steinberg		Revier Klink	Revier Steinberg
	Schirm	Freifläche	Schirm	Freifläche		
Schnittholzgüteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369	29,7	20,1	30,3	17,5	65,3	77,3
Rundholzgüteklasse B nach HKS	26,8	11,4	24,7	11,1	68,8	72,0
Ausbeute-Verhältnis HKS zu DIN-Norm 68369 [%]	90,2	56,7	81,5	63,4	105	93,1

Tabelle 4.113.1: Volumenanteile [%] in den Rundholzgüteklassen B nach HKS und Schnittholzgüteklassen 1 und 2 (DIN 68369) am Rund- und Schnittholzvolumen der Varianten und Verhältnis der Rundholzgüteklassenanteile zu den Schnittholzgüteklassenanteilen in Prozent (letzte Zeile)

Die ungünstige Einstufung des Stammholzes der lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche nach HKS wird durch die Schnittholzsortierung nicht bestätigt. Dies wird besonders deutlich, wenn man die Ausbeuterelationen näher betrachtet, indem man die Schnittholzanteile in den Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 am gesamten Schnittholzvolumen für jede Variante mit 100 % ansetzt und die Anteile der Rundholzgüteklasse B nach HKS am gesamten Rundholzvolumen der Varianten zu den Schnittholzanteilen in den Güteklassen 1 und 2 in Beziehung setzt (s. Tabelle 4.113.1, letzte Zeile).

Die Rund- und Schnittholzgüteklassenanteile sind bei den frisch eingeschlagenen Buchen aus stehendem Bestand nahezu deckungsgleich. Die Ausbeute-Verhältnisse der Rundholzgüteklassenanteile B nach HKS zu den Schnittholzgüteklassenanteilen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 liegen entsprechend um 100 %.

Bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm werden ebenfalls sehr ähnliche Ausbeute-Verhältnisse für Rund- und Schnittholz der Güteklassen B nach HKS bzw. 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 festgestellt, die zwischen rund 80 und 90 % liegen.

Im Gegensatz hierzu ergeben sich für die lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche gemessen an der Schnittholzausbeute der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 deutlich geringere Volumenanteile von Rundholz der Güteklasse B, was sich in den niedrigen Prozentwerten von 56,7 bzw. 63,4 % für die Ausbeute-Verhältnisse ausdrückt (s. Tabelle 4.113.1).

Daß der Schnittholzausbeute vergleichbare Ausbeuten an höherwertigen Güteklassen beim Rundholz erzielbar sind, zeigen nicht nur die Relationen der Vergleichsvarianten aus stehendem Bestand frisch eingeschlagener Buchen, sondern auch die lebend gelagerten Buchen unter Schirm.

Die Ergebnisse der Rundholz- und Schnittholzsortierung zeigen, daß die Ausbeute an Schnittware der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 bei lebend gelagerten Buchen über der Ausbeute der vergleichbaren Rundholzgüteklasse B nach HKS liegt.

Hiermit wird klar herausgestellt, daß die der Rundholzsortierung nach HKS zugrunde liegenden Kriterien das Rundholz schlechter bewerten, als es durch die Kriterien der Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 mit stärkerem Verwendungsbezug der Fall ist. Diese Feststellung gilt insbesondere für lebend gelagerte Buchen auf der Freifläche.

Zur Beurteilung von Lagerschäden am Rundholz schreibt HECKEL (1977, S. 1174): „Dabei hat es sich als recht schwierig erwiesen, das Ausmaß der Fäule im Inneren, insbesondere ihre Erstreckung in der Stammlängsachse, einigermaßen sicher abzuschätzen."

SCHULZ (1961) hat in seiner grundlegenden Arbeit über die Zusammenhänge zwischen Baumgestalt und Güte des Schnittholzes bei Buche auf der Grundlage von 4167 Bohlen aus 392 Sägeabschnitten klar herausgestellt, daß von der äußerlich erkennbaren Rundholzqualität nicht auf die erzielbare Schnittholzqualität geschlossen werden kann. Die Untersuchungen des Autors gehen von normalen Verhältnissen aus, d. h., Lagerschäden, die aus einer speziellen Versuchsanstellung resultieren, sind nicht Gegenstand seiner Untersuchung.

Für die Gruppe der in der vorliegenden Untersuchung als *Lagerschäden* bezeichneten Gütemerkmale der Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 werden die Ergebnisse von SCHULZ bestätigt. Die hier dargestellten Ergebnisse können somit als Beitrag gesehen werden, der hinsichtlich der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* eine Lücke schließt.

Ergebnisse nach Gütemerkmalgruppen

Die Gütemerkmale der DIN-Norm 68369 wurden im Hinblick auf die Fragestellung, welche Veränderungen der Schnittholzqualität durch die Lebendlagerung verursacht werden, in zwei Gruppen eingeteilt (s. Kapitel 3.112). Die eine Gruppe enthält die Gütemerkmale, die als *Lagerschäden* bezeichnet werden. Die andere Gruppe beinhaltet die restlichen Gütemerkmale der DIN-Norm 68369, die durch die Rundholzlagerung nicht verändert werden können (*Andere Gütemerkmale*), worunter unter anderem Äste, Krümmungen, Faserneigung usw. zu verstehen sind.

Um den Einfluß der Lebendlagerung auf die Schnittholzqualität und die Güteklassenrelevanz der Lagerschäden des vorliegenden Untersuchungsmaterials herauszuarbeiten, wurde bei der Sortierung nach sämtlichen Gütemerkmalen der Bewertungsansatz 3 (*Tatsächliche Qualität*) weiter differenziert (s. Abbildung 3.112.1, Ansatz 3.1, 3.2, 3.3).

Über die Kombinationsmöglichkeiten der ausgewiesenen Gütemerkmalgruppen kann der Einfluß der Rundholzlagerung auf die Schnittholzqualität herausgearbeitet werden. Fällt beispielsweise eine Bohle aufgrund der vorgefundenen Merkmalausprägungen innerhalb der Gruppe *Lagerschäden* in die Güteklasse 3, aber aufgrund der vorgefundenen Merkmalausprägungen in der Gruppe *Andere Gütemerkmale* in eine bessere Güteklasse, sind folglich ein oder mehrere Gütemerkmale innerhalb der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* für die Güteklasseneinstufung dieser Bohle ausschlaggebend, d.h. ausschließlich aufgrund eines oder mehrerer Lagerschäden ist diese Bohle der Güteklasse 3 zugeordnet worden.

Führen die Gütemerkmale in beiden Gütemerkmalgruppen zur gleichen Bewertung der Schnittware, ist die Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* nicht für die Güteklasseneinstufung maßgeblich, da die betreffende Schnittware bereits allein aufgrund der Merkmalausprägung eines oder mehrerer Gütemerkmale der Gütemerkmalgruppe *Andere Gütemerkmale* in diese Güteklasse eingestuft wird. Aus diesem Grund sind die Ansätze 3.2 und 3.3 (s. Abbildung 3.112.1) in Abbildung 4.113.4 zusammengefaßt dargestellt.

In Tabelle 4.113.2 sind die möglichen Kombinationen der Gütemerkmalgruppen aufgeführt, die diesem Bewertungsansatz zugrunde liegen. Durch die Kombinationen ist die Zuordnung der Schnittware zu den einzelnen Güteklassen 1 bis 3 und zu der durch die DIN-Norm 68369 nicht mehr erfaßten Sondersorte „Ohne Güteklasse" aufgrund der ausschließlichen Güteklassenrelevanz einer der beiden ausgewiesenen Gütemerkmalgruppen

möglich. Jede Gütemerkmalgruppenkombination enthält zumindest einmal die betreffende Güteklassenziffer.

Kombinationen der Gütemerkmalgruppen Lagerschäden und Andere Gütemerkmale nach DIN-Norm 68369			
Güteklasse 1	Güteklasse 2	Güteklasse 3	Ohne Güteklasse
L1 A1	L1 A2	L1 A3	L1 A0
	L2 A2	L2 A3	L2 A0
	L2 A1	L3 A3	L3 A0
		L3 A1	L0 A0
		L3 A2	L0 A1
			L0 A2
			L0 A3
Abkürzungen: L (Lagerschäden), A (Andere Gütemerkmale), 1, 2, 3 (Güteklassen nach DIN-Norm 68369) 0 (ohne Güteklasse)			

Tabelle 4.113.2: Kombinationsmöglichkeiten der ausgewiesenen Gütemerkmalgruppen *Lagerschäden* und *Andere Gütemerkmale* nach DIN-Norm 68369, jede Kombination enthält zumindest einmal die betreffende Güteklasseneinstufung

Auf der Grundlage dieser Einteilung können in einem weiteren Schritt die Gütemerkmalgruppen nach ihrem güteklassenbestimmenden Gruppenmerkmal (*Lagerschäden*, *Andere Gütemerkmale* und *Gleichwertigkeit*) für die einzelnen Güteklassen zusammengefaßt werden (s. Tabelle 4.113.3).

Gruppierung der Gütemerkmalgruppen nach DIN-Norm 68369 nach güteklassenbestimmender Gütemerkmalgruppe											
Gütemerkmalgruppe Lagerschäden Ansatz 3.1				Gütemerkmalgruppe Andere Gütemerkmale Ansatz 3.2				Gütemerkmalgruppen-Gleichwertigkeit Ansatz 3.3			
GK 1	GK 2	GK 3	OGK	GK 1	GK 2	GK 3	OGK	GK 1	GK 2	GK 3	OGK
-	L2 A1	L3 A1	L0 A1	-	L1 A2	L1 A3	L1 A0	L1 A1	L2 A2	L3 A3	L0 A0
-	-	L3 A2	L0 A2	-	-	L2 A3	L2 A0	-	-	-	-
-	-	-	L0 A3	-	-	-	L3 A0	-	-	-	-
Abkürzungen: L (Lagerschäden), A (Andere Gütemerkmale), GK 1, 2, 3 (Güteklassen nach DIN-Norm 68369); OGK; 0 (ohne Güteklasse)											

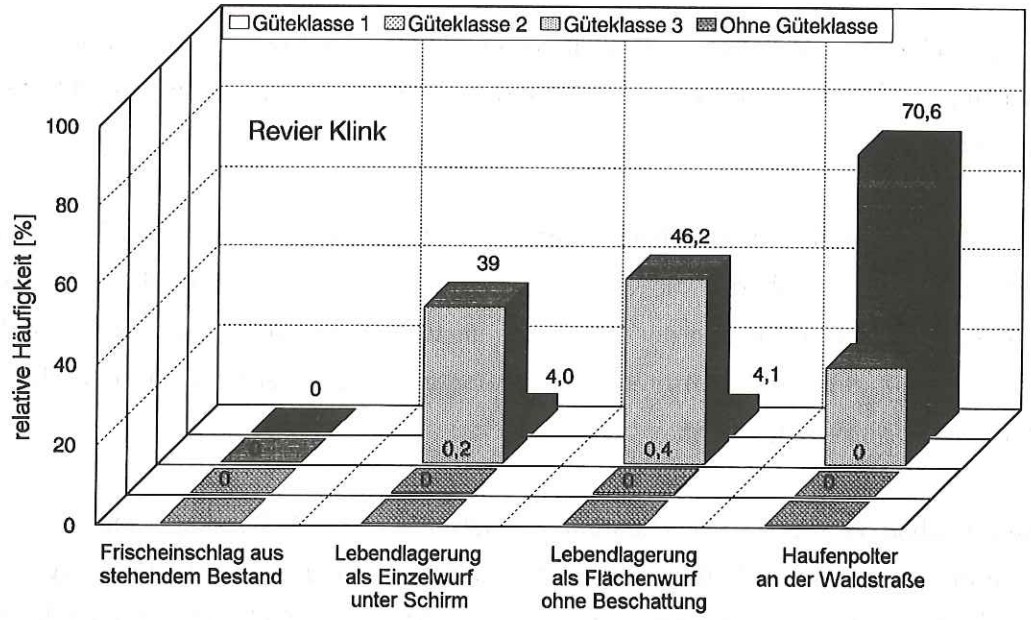
Tabelle 4.113.3: Übersicht der möglichen Kombinationen der Gütemerkmalgruppen *Lagerschäden* und *Andere Gütemerkmale* nach ihrer Güteklassenrelevanz für die verschiedenen Güteklassen nach DIN-Norm 68369 bei unterschiedlichen Bewertungsansätzen (s. Abbildung 3.112.1)

Der beschriebene summarische Bewertungsansatz zur Beurteilung der Lagerschäden enthält die gesamte Schnittware, die ausschließlich aufgrund eines oder mehrerer der Gütemerkmale dieser Gütemerkmalgruppe einer bestimmten Güteklasse zugeordnet werden. Andere, durch die Rundholzlagerung nicht beeinflußbare Gütemerkmale würden zur gleichen oder zu einer besseren Güteklasseneinstufung der entsprechenden Schnittware führen.

Da die Schnittware aber mehrere Gütemerkmale der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* aufweisen kann, welche die Güteklasseneinstufung der Schnittware verursachen, muß nochmals unterschieden werden zwischen gemeinsamen Vorkommen und Einzelvorkommen dieser Gütemerkmale. Erst hierdurch ist eine exakte Darstellung und Bewertung der Lagerschäden bis hin zum einzelnen für die Güteklasseneinstufung der Schnittware ausschlaggebenden Gütemerkmal möglich.

Auf der Grundlage der Schnittholzbewertung nach sämtlichen Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 (Bewertungsansatz 3, *Tatsächliche Qualität*) wird auf die Güteklassenrelevanz der einzelnen Gütemerkmale der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* im Abschnitt 4.115 näher eingegangen.

In den Abbildungen 4.113.3 und 4.113.4 wird die Aufgliederung der Schnittware des Versuchseinschnitts im Dezember 1991 nach den für die jeweilige Güteklasseneinstufung maßgeblichen Gütemerkmalgruppenkombinationen entsprechend den in Tabelle 4.113.3 aufgeführten Zusammenfassungen der Gütemerkmalgruppen dargestellt (Werte s. Tabelle 4.113.4). Die Summe der Schnittholzanteile aus beiden Abbildungen ergeben für jede Variante 100 % der Schnittware.



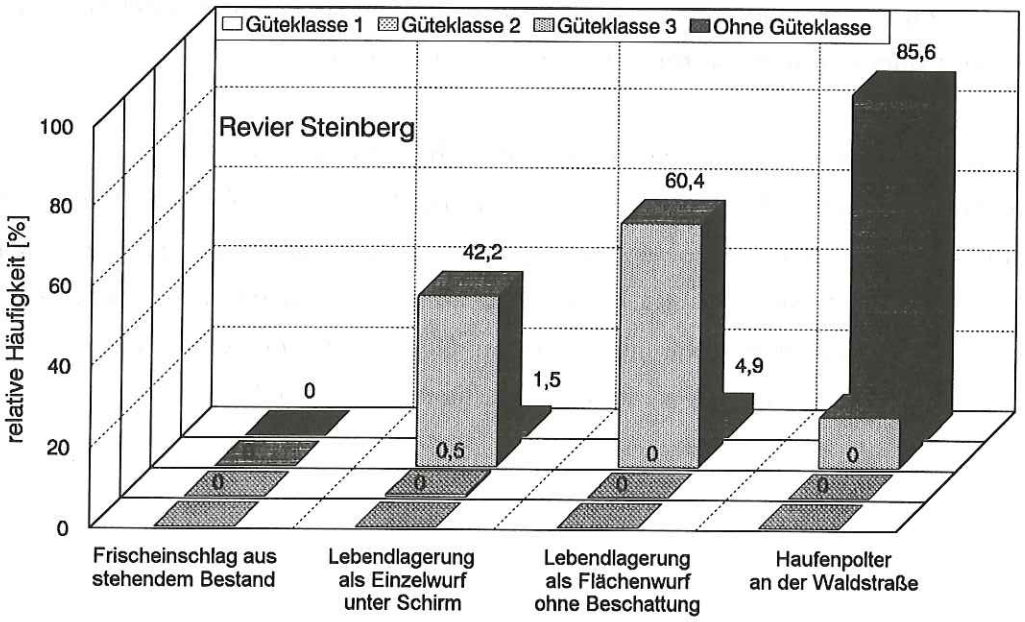


Abbildung 4.113.3: Schnittholzanteile in den einzelnen Güteklassen, die ausschließlich aufgrund von Lagerschäden in diese Güteklassen eingestuft werden, bezogen auf das gesamte Schnittholz in den verschiedenen Versuchsvarianten im November 1991 bei Bewertung der Schnittware nach sämtlichen Gütemerkmalen (DIN 68369); (Bewertungsansatz 3.1, s. Abbildung 3.112.1; Werte s. Tabelle 4.113.4)

In Abbildung 4.113.3. fällt in der Vergleichsvariante frisch gefällter Buchen aus stehendem Bestand zwangsläufig keine Schnittware an, die aufgrund eines Lagerschadens einer Güteklasse zugewiesen worden wäre.

Bei der Schnittware der lebend gelagerten Buchen zeigt der unbedeutende Anteil von Bohlen und Brettern in Güteklasse 1 und 2 deutlich, daß eine Entwertung durch Lagerschäden überwiegend zu einer Einstufung in Güteklasse 3 führt. Die Ausprägungsformen

der Lagerschäden sind teilweise so weit fortgeschritten, daß bereits ein geringer Anteil zwischen rund 2 und 5 % durch die Güteklassensortierung nach DIN-Norm 68369 nicht mehr erfaßt wird.

Die Bewertung der Schnittware lebend gelagerter Buchen unter Schirm erzielt auf beiden Standortvarianten annähernd die gleichen Resultate. Die Sortierung der Schnittware lebend gelagerter Buchen von der Freifläche im Revier Steinberg dagegen erbringt ein um rund 14 % schlechteres Ergebnis als bei der Standortvariante mit dem höheren Wasserangebot im Revier Klink.

Hervorzuheben ist bei dieser Darstellung, daß trotz der Lebendlagerung über zwei Vegetationsperioden und der damit verbundenen negativen Veränderungen der Schnittholzqualität nur zwischen rund 43 und 65 % der Schnittware ausschließlich aufgrund von Lagerschäden der geringerwertigen Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369 zugeordnet oder durch die Norm nicht mehr erfaßt werden.

Bei den im Haufenpolter an der Waldstraße über den gleichen Zeitraum gelagerten Stammholzabschnitten ist hingegen zwischen rund 71 und 86 % der untersuchten Schnittware dermaßen durch Verstockung und Einlauf entwertet, daß sie durch die DIN-Norm 68369 nicht mehr erfaßt wird. Die weitgehende Entwertung der Schnittware dieser Vergleichsvariante steht in deutlichem Gegensatz zum Schnittholz der lebend gelagerten Buchen, die nur bis zu etwa 5 % völlig entwertet sind.

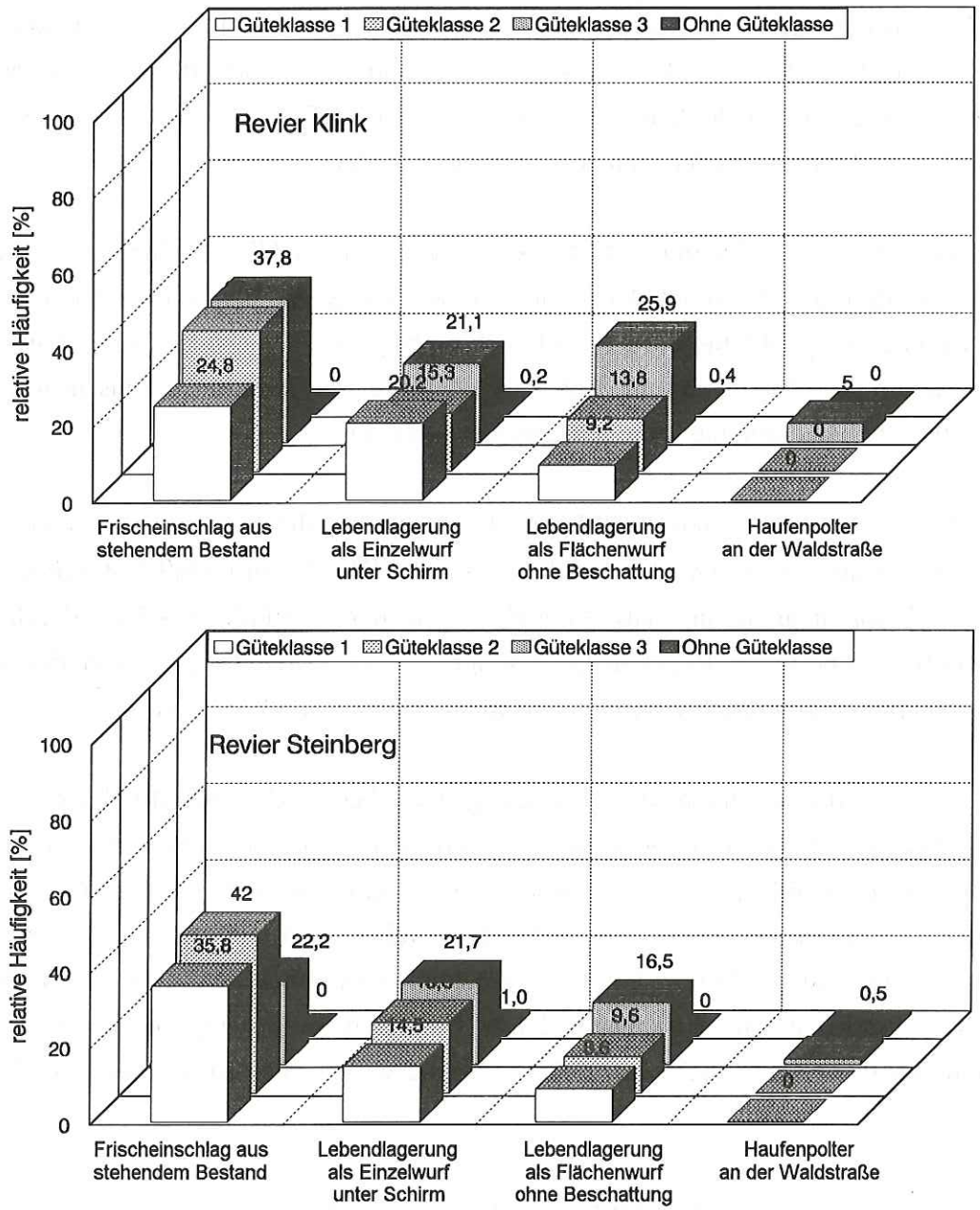


Abbildung 4.113.4: Schnittholzanteile in den einzelnen Güteklassen, die ausschließlich aufgrund von Gütemerkmalen, die nicht durch die Lagerung verändert werden, diesen Güteklassen zugeordnet sind (unter Einschluß der Schnittholzanteile mit für die Güteklassenzuordnung gleichwertigen Gütemerkmalgruppen) bezogen auf das gesamte Schnittholz in den verschiedenen Versuchsvarianten im November 1991 bei Bewertung der Schnittware nach sämtlichen Gütemerkmalen (DIN 68369); (Bewertungsansatz 3.2 und 3.3, s. Abbildung 3.112.1; Werte s. Tabelle 4.113.4)

Abbildung 4.113.4 enthält zusammengefaßt die Darstellung der Gütemerkmalgruppenkombinationen nach dem Bewertungsansatz *Andere Gütemerkmale* und diejenigen Kombinationen der zwei Gütemerkmalgruppen, bei denen jede der beiden Gütemerkmalgruppen unabhängig voneinander zu der gleichen Bewertung der Schnittware führen würde.

Die Güteklassenanteile, die bei der Beurteilung der Schnittware im einzelnen nach den drei in Tabelle 4.113.3 und Abbildung 3.112.1 ausgewiesenen Bewertungsansätzen erzielt werden, sind für die lebend gelagerten Buchen in Tabelle 4.113.1 grau unterlegt dargestellt und ergeben in der Summe 100 % der Schnittware einer Variante.

Die Darstellung in Abbildung 4.113.4 zeigt, welche tatsächlichen Qualitätsausbeuten ohne den Einfluß der Rundholzlagerung in den einzelnen Versuchsvarianten erzielt werden und entspricht beim waldfrischen Einschlag aus stehendem Bestand für alle Güteklassen der Darstellung in Abbildung 4.113.2, da beim Frischeinschlag keine Qualitätseinbußen durch die Rundholzlagerung vorliegen.

Bei den Versuchsvarianten der Lebendlagerung ist diese Übereinstimmung der Abbildungen nur für die Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 feststellbar. Der Grund hierfür liegt darin, daß Veränderungen der Schnittholzqualität durch die Rundholzlagerung in der Regel zu Einstufungen in Güteklasse 3 führen oder durch die Güteklassensortierung nach DIN-Norm 68369 nicht mehr erfaßt werden.

Bei den Versuchsvarianten der Lebendlagerung liegen die Schnittholzanteile der Güteklasse 3 nach diesem Bewertungsansatz für beide Standorte zwischen rund 17 und 26 %, was dazu führt, daß diese Schnittware unabhängig von Lagerschäden dieser Güteklasse zugeordnet wird. Dies trifft demzufolge auch bei güteklassenrelevanter Merkmalausprägung in beiden Gütemerkmalgruppen zu, mit anderen Worten, auch bei einem vorhandenen Lagerschaden wird eine bestimmte Bohle aufgrund eines anderen Gütemerkmals, welches nicht durch die Lagerung veränderlich ist, in diese Güteklasse eingestuft.

Die zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse, dargestellt in den Abbildungen 4.113.3 und 4.113.4 am Beispiel der unter Schirm lebend gelagerten Buchen der Versuchsfläche im Revier Steinberg, ergibt für die Verteilung der Schnittware auf die einzelnen Schnittholzgüteklassen nach DIN-Norm 68369 folgendes Bild:

Allein aufgrund der Merkmalausprägungen der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* entfallen rund 1 % der gesamten Schnittware dieser Variante in Güteklasse 2 und 42 % in Güteklasse 3. Nicht mehr von der Norm erfaßt werden 2 % der Schnittware (s. Abbildungen 4.113.3).

Diesem durch Lagerschäden entwerteten Anteil der Schnittware von rund 45 % steht ein Anteil von 55 % gegenüber, der ausschließlich aufgrund anderer Gütemerkmale, die

durch die Rundholzlagerung nicht verändert werden können, einer Güteklasse zugeordnet wird. Hiervon entfallen 15 % auf die Güteklasse 1, 19 % auf die Güteklasse 2 und 22 % auf die Güteklasse 3. Nicht mehr durch die DIN-Norm 68369 erfaßt sind 1 % der Schnittware (s. Abbildung 4.113.4).

In den Ergebnisdarstellungen sind für die einzelnen Güteklassen überwiegend die relativen Häufigkeiten der Bohlen und Brettern wiedergegeben, weiterhin sind die Bohlen der Haupt- und die Bretter der Seitenware zusammengefaßt dargestellt.

Zwischen der Darstellungsweise der relativen Häufigkeiten und der der Volumenanteile treten in den Relationen der Güteklassen zueinander keine großen Unterschiede auf, die Differenzen betragen nur bis rund 4 Prozentpunkte. Für die Darstellung der Ergebnisse als relative Häufigkeiten spricht, daß die Norm ROTBUCHE-BLOCKWARE als Blocksortierung sich auf den gesamten Block bezieht, wobei die einzelne Bohle anhand der verschiedenen Gütemerkmale nach den Erfordernissen der einzelnen Güteklassen differenziert beurteilt werden.

Die Güteklasseneinstufung erfolgt demgegenüber laut Präambel zur DIN-Norm 68369 aber für den ganzen Block in seiner Gesamtheit, wobei der von der differenzierten Beurteilung der Schnittware ausgehenden Güteklasseneinstufung des ganzen Blocks ein subjektiver Spielraum eingeräumt wird.

So werden die „Gütebedingungen für Blockware ... nicht so streng gefaßt ... wie solche, die für einzelne Bretter oder Holzteile gelten." Im zweiten Absatz der Präambel wird darauf verwiesen, daß beim mehrmaligen Auftreten des gleichen Gütemerkmals dann jeweils die mittlere Erscheinungsform zu werten sei. Weiterhin heißt es, daß „..in Holz der Güteklasse I jedes Merkmal bedeutsamer ist als in Holz der Güteklasse II und III.", ohne daß ein Maßstab für diese Gewichtung angegeben wird (DIN 68369 ROTBUCHE-BLOCKWARE, S.1).

Gegen eine Zusammenfassung der Bohlen zu Blöcken sprechen im Zusammenhang mit der vorliegenden Auswertung mehrere Gründe. Die subjektive Gewichtung des Gesamturteils sowie die in der DIN-Norm geforderte Bewertung der mittleren Erscheinungsform, ohne daß hierfür ein nachvollziehbar quantifizierbarer Bewertungsmaßstab angegeben würde, müssen als zu unpräsizise und einer wissenschaftlichen Kriterien nicht genügenden Vorgehensweise abgelehnt werden.

Um dieses Problem zu vermeiden, wurden die Merkmalausprägungen der einzelnen Gütemerkmale daher an jedem einzelnen Stück der Schnittware erfaßt (s. Kapitel 3.112), so daß folglich die güteklassenbestimmenden Merkmalausprägungen bei jedem einzelnen Brett bzw. Bohle entsprechend den Güteklassenerfordernissen voll zum Tragen kommen.

Es wurde demnach ein wesentlich strengerer Maßstab an die Sortierung angelegt, als dies bei einer Blocksortierung gemäß den Ausführungen in der Präambel in DIN-Norm 68369 der Fall wäre. Ein Informationsverlust zur differenzierten Beurteilung der Schnittware wurde somit vermieden.

Die gewählte Methode entspricht auch der Verfahrensweise, wie sie im EG Normentwurf prEN 975-1 (Laubschnittholz, Klassifizierung nach dem Aussehen, Teil 1 Eiche und Buche, Deutsche Fassung prEN 975-1, 1992) des CEN/TC 175 „Rund- und Schnittholz" Arbeitsgruppe 2 „Schnittholz" vorgesehen ist.
In diesem Entwurf wird der verbreiteten Praxisanwendung der DIN-Norm 68369 folgend Rechnung getragen, indem die in der vorliegenden Untersuchung gewählte Vorgehensweise der Bewertung der einzelnen Schnittware neben der Blocksortierung ebenfalls zulässig ist. Es heißt unter Ziffer 3.1.2 „Bestimmung der Qualität von Blockware und unbesäumten Einzelbrettern eines Blocks" unter dem Unterpunkt „Blockware", daß der gesamte Block als Einheit zu bewerten sei. Unter dem Unterpunkt „Unbesäumte Einzelbretter" wird ausgeführt „Jedes unbesäumte Brett wird separat bewertet". Darüberhinaus sieht der Entwurf, über die Bestimmungen der DIN-Norm 68369 hinausgehend, die Qualitätsbewertung von Losen unbesäumten Schnittholzes vor. Hierbei müssen die Holzstücke den Anforderungen der jeweiligen Qualitätsklasse entsprechen (CEN/TC 175, prEN 975-1, 1992, S. 3).

In der betrieblichen Praxis der Laubholzsägewerke wird die Schnittware der Rotbuche vorwiegend verwendungsorientiert in Schnittholzpaketen nach Sorten mit Bezeichnungen wie „Block- und Schneideware", „Gestellholz", „Palettenholz" usw. in den Handel gebracht. Grundlage der Sortierung ist die einzelne, unbesäumte Bohle und als Verkaufseinheit dient der Kubikmeter. Für die Sortierung der Schnittware werden die Güteklassenerfordernisse der Gütemerkmale der DIN-Norm 68369 zur Beurteilung der Bohlen und Bretter herangezogen, die dann in verwendungsorientierte Schnittholzsorten eingestuft und in den entsprechenden Schnittholzpaketen abgelegt werden. Haupt- und Seitenware werden in der Regel aufgrund unterschiedlicher Bohlen- bzw. Brettdicken nicht zusammengefaßt, obwohl in der Präambel zur DIN-Norm 68369 in Satz 1 darauf hingewiesen wird, daß bei Blockware jeweils der ganze Block zu beurteilen sei, wozu

auch die Seitenware gehört. Dort heißt es „Alle in dieser Norm angegebenen Merkmale beziehen sich mithin auf den ganzen Block“ (DIN 68369, 1976, S. 1).

Bedingt durch veränderte Fertigungsprozesse und gestiegenes Anspruchsverhalten insbesondere an homogene Farben, zeichnet sich derzeit im Nachfrageverhalten der weiterverarbeitenden Holzindustrie eine große Sortendiversifikation ab, die durch die klassische Sorte Blockware in Form blockliegend gestapelter Bohlen aufgrund zu großer Qualitätsstreuung innerhalb des Blocks nicht mehr gedeckt wird. Dieser Entwicklung tragen Laubholzsägewerke schon seit langem Rechnung, indem überwiegend, wie vorstehend dargestellt, nicht blockweise nach DIN-Norm 68369 sortiert wird. Der spezialisierten Nachfrage wird durch verwendungsorientierte Sortenbildung, oft mit spezifischem Firmenzuschnitt, der weniger spezialisierten Nachfrage in Schnittholzlosen gleicher Dimension und möglichst homogener Schnittholzqualität entsprochen.

Die auf europäischer Ebene abgestimmte Neufassung der DIN-Norm 68369 (CEN/TC 175 prEN 975-1, 1992) berücksichtigt diesen Sachverhalt insofern, daß hier die Sortenbildung von Schnittholzlosen gleicher Qualitäten vorgesehen ist (s.o.).

Die Untersuchung hat aufgezeigt, daß die DIN-Norm 68369 in der derzeit gültigen Form kein operationales Instrument zur objektiven Sortierung tatsächlicher, marktrelevanter Schnittholzqualitäten darstellt.

Tabelle 4.113.4 enthält für die lebend gelagerten Buchen zusammengefaßt die Ergebnisse der Schnittholzsortierung des Versuchseinschnitts im Dezember 1991 nach zwei Vegetationsperioden, wie sie aufgrund der dargestellten summarischen Bewertungsansätze (s. Abbildung 3.112.1) erzielt werden und in den Abbildungen 4.111.1 bis 4.113.4 dargestellt sind.

Güteklassenanteile bei unterschiedlichen Bewertungsansätzen nach DIN-Norm 68369								
relative Häufigkeit [%]	Revier Klink							
	Einzelwurf unter Schirm				Flächenwurf ohne Beschattung			
	GK 1	GK 2	GK 3	OGK	GK 1	GK 2	GK 3	OGK
Ansatz 1: *Ausgangsqualität*	41,5	36,4	21,9	0,2	35,4	38,9	25,6	0,2
Ansatz 2: *Lag.bedingte Qualität*	43,9	0,6	51,5	4,0	32,3	1,4	62,2	4,1
Ansatz 3: *Tatsächliche Qualität*	20,2	15,4	60,1	4,2	9,2	14,2	72,1	4,4
Ansatz 3.1: L	0,0	0,2	39,0	4,0	0,0	0,4	46,2	4,1
Ansatz 3.2: A	0,0	14,9	8,8	0,2	0,0	13,5	10,1	0,4
Ansatz 3.3: G	20,2 *)	0,4	12,3	0,0	9,2 *)	0,3	15,8	0,0
relative Häufigkeit [%]	Revier Steinberg							
	Einzelwurf unter Schirm				Flächenwurf ohne Beschattung			
	GK 1	GK 2	GK 3	OGK	GK 1	GK 2	GK 3	OGK
Ansatz 1: *Ausgangsqualität*	36,1	42,0	21,1	0,8	46,6	35,7	17,7	0,0
Ansatz 2: *Lag.bedingte Qualität*	44,8	1,8	51,7	1,8	20,1	0,7	74,4	4,9
Ansatz 3: *Tatsächliche Qualität*	14,5	19,1	63,9	2,5	8,6	9,6	76,9	4,9
Ansatz 3.1: L	0,0	0,5	42,2	1,5	0,0	0,0	60,4	4,9
Ansatz 3.2: A	0,0	17,3	13,0	0,8	0,0	9,1	2,5	0,0
Ansatz 3.3: G	14,5 *)	1,3	8,7	0,2	8,6 *)	0,5	14,0	0,0

Abkürzungen: L (Lagerschäden), A (Andere Gütemerkmale) G (Gleichwertigkeit von L und A),
GK 1, 2, 3 (Güteklassen nach DIN-Norm 68369), OGK; 0 (ohne Güteklasse)
*) Zuordnung erfolgt nach Ansatz 3.3, da Güteklassenerfordernisse nur in beiden Gütemerkmalgruppen erfüllt werden können, s. Tab. 4.113.3

Tabelle 4.113.4: Güteklassenanteile (DIN 68369) an der gesamten Schnittware lebend gelagerter Buchen unter Schirm und auf der Freifläche nach zwei Vegetationsperioden im Dezember 1991 bei unterschiedlichen Bewertungsansätzen (s. Abbildung 3.112.1 und Abbildungen 4.111.1 bis 4.113.4)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß der Einfluß der Rundholzlagerung auf die Güteklassenzusammensetzung bei einer pauschalen Bewertung der Schnittholzqualität nur eingeschränkt beurteilt werden kann.

Die bisherige Darstellung zeigt,

- daß die Darstellung der zu erwartenden Schnittholzqualitäten ohne Einfluß der Rundholzlagerung die Vergleichbarkeit der Ausgangsqualitäten der Versuchsvarianten zuläßt (*Ausgangsqualität*),

- daß demgegenüber gestellt, die Schnittholzbewertung bei ausschließlicher Berücksichtigung der Gütemerkmale, bei denen mit Veränderungen durch die Lagerung zu rechnen ist (*Lagerschäden*), die zu erwartenden Qualitätsveränderungen aufzeigt, wie sie nach Sturmwürfen eintreten können (*Lagerungsbedingte Qualität*),

- daß die Beurteilung der Schnittware nach sämtlichen Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 die tatsächlich vorliegenden Qualitäten und die konkrete Schnittholzausbeute des Untersuchungsmaterials aufzeigt, wobei eine Zuordnung nach der Güteklassenrelevanz der ausgewiesenen Gütemerkmalgruppen möglich ist (*Tatsächliche Qualität*).

Die wichtigsten Ergebnisse nach den verschiedenen Bewertungsansätzen werden im folgenden abschließend zusammengefaßt:

Ansatz 1: Ausgangsqualität

Der Bewertungsansatz 1 befaßt sich mit der Qualitätszusammensetzung der Schnittware unter ausschließlicher Betrachtung der Gütemerkmalgruppe, die alle diejenigen Gütemerkmale umfaßt, die durch die Rundholzlagerung nicht beeinflußt werden können und im Kapitel 3.112 als Gütemerkmalgruppe *Andere Gütemerkmale* bezeichnet wird (Abbildung 4.111.1).

Aus Abbildung 4.111.1 ist erkennbar, daß der Volumenanteil der Schnittware in den Güteklassen 1 und 2 bei den frisch eingeschlagenen Buchen aus stehendem Bestand im Revier Steinberg rund 77 % der Schnittware dieser Variante beträgt. Dies entspricht der Summe der entsprechenden Volumenanteile in Abbildung 4.113.1 und der relativen Häufigkeit dieser Güteklassenanteile von 78 % in Abbildung 4.113.2.

Diese Entsprechungen können bei den anderen Versuchsvarianten dieser Standortvariante natürlich nicht vorgefunden werden, weil hier der Einfluß der Rundholzlagerung und die damit verbundene Qualitätsveränderung der Schnittware eine Abwertung in geringere Güteklassen bewirkt, was bei frisch eingeschlagenen Buchen aus stehendem Bestand nicht der Fall sein kann. Der Anteil der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 liegt für alle Varianten im Mittel bei rund 76 % und weicht zwischen den Varianten nur gerinfügig (±10 %) ab.

Das wesentliche Resultat dieses Auswertungsschritts ist die Herausarbeitung der Homogenität und folglich die Vergleichbarkeit der Versuchskollektive, wie sie unter normalen Einschlagsbedingungen ohne Veränderung der Holzqualität durch die Rundholzlagerung in ihrer Güteklassenzusammensetzung erwartet werden kann.

Ansatz 2: Lagerungsbedingte Qualität

Dem Bewertungsansatz 2 folgend (Abbildung 4.112.1) weisen rund 45 % der Schnittware der unter Schirm lebend gelagerten Buchen im Revier Klink Lagerschäden auf, die nach den Grenzwerten der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 zulässig sind. Die gleiche Schnittware wird aber aufgrund anderer Gütemerkmale, die durch die Rundholzlagerung nicht verändert werden können, teilweise schlechter bewertet als sie aufgrund der alleinigen Bewertung nach der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden* bewertet würde. Dies wird aus der Darstellung in Abbildung 4.113.2 ersichtlich. Bei der Bewertung der Schnittware nach sämtlichen Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 entfallen nur noch rund 35 % der untersuchten Schnittware dieser Variante auf die Güteklassen 1 und 2.

Bis zu dem in Abbildung 4.112.1 dargestellten Auswertungsschritt erhält man also nur ein Bild des Vorkommens und Auftretens von Lagerschäden, wie sie in den einzelnen Güteklassen aufgrund ihres Ausprägungsgrades toleriert werden.

Als zentrales Ergebnis der Untersuchung gibt dieser Ansatz Aufschluß über das theoretische Maß der Entwertung. Ohne Lagerschäden würde nach diesem Bewertungsansatz der Anteil der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 bei allen Versuchskollektiven 100 % der Schnittware betragen. Hieraus folgt, daß durch Differenzbildung der lagerungsbedingte Wertverlust berechnet werden kann.

Legt man die relative Häufigkeit der Güteklassenanteile 1 und 2 der Berechnung zugrunde (s. Abbildung 4.112.1), beträgt nach dieser Vorgehensweise der Wertverlust bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm rund 55 % der Schnittware und zwischen 66 % (Klink) und 80 % (Steinberg) bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche. Berechnet man die Differenzen auf der Grundlage des Schnittholzvolumens, ergeben sich die folgenden Wertverluste: Lebendlagerung unter Schirm im Mittel beider Standorte rund 60 %; Lebendlagerung auf der Freifläche 70 % (Klink) und 80 % (Steinberg). Auf verschiedene Ansätze zur Wertverlustberechnung wird weiter unten nochmals eingegangen.

Die von der Ausgangsqualität unabhängigen Wertstrukturen, wie sie nach diesem theoretischen Bewertungsansatz erzielt werden, können verallgemeinert werden und sind bei vergleichbaren Verhältnissen übertragbar.

Ansatz 3: Tatsächliche Qualität

Der Bewertungsansatz 3 spiegelt die realen Schnittholzausbeuten der untersuchten Buchen wider (s. Abbildungen 4.113.1 und 4.113.2) und ermöglicht darüberhinaus die Aufgliederung der Güteklassenzusammensetzung der Schnittware nach den beiden in Kapitel 3.112 ausgewiesenen Gütemerkmalgruppen *Lagerschäden* und *Andere Gütemerkmale*. Hierdurch ist eine eindeutige Zuordnung der Schnittware nur aufgrund der güteklassenbestimmenden Gütemerkmalgruppe möglich.

Es wurde ausgeführt, daß die Entwertung der Schnittholzqualität bei lebend gelagerten Buchen durch Lagerschäden sich vor allem in einer Zuordnung der Schnittware zur Güteklasse 3 niederschlägt. Nach zwei Vegetationsperioden erreichen bei der Lebendlagerung zwischen rund 40 (Einzelwurf unter Schirm, Revier Klink) und 60 % (Flächenwurf, Revier Steinberg) der Schnittware Güteklasse 3. Eine weitergehende Entwertung der Schnittware ist in Ansätzen bereits an den Schnittholzanteilen zwischen rund 2 und 5 % erkennbar, die durch die DIN-Norm 68369 nicht mehr erfaßt werden (Abbildung 4.113.3).

Der komplementäre Ansatz, die Sortierung nach den Gütemerkmalen, die durch die Lagerung nicht verändert werden, zeigt andererseits, daß bei lebend gelagerten Buchen zwischen rund 17 und 26 % der Schnittware aufgrund von Gütemerkmalen, die durch die Rundholzlagerung nicht beeinträchtigt werden können, in Güteklasse 3 eingestuft werden (Abbildung 4.113.4).

4.114 Wertverlust

Der Wertverlust läßt sich mit Hilfe der in Kapitel 3.112 und 4.112 bis 4.113 dargestellten Bewertungsansätze ermitteln. Ausgehend von dem in Kapitel 4.113 dargestellten Ergebnis, daß Lagerschäden aufgrund ihrer Ausprägungsform in der Regel zu einer Einstufung der Schnittware in die geringwertige Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369 führen oder durch die Norm nicht mehr erfaßt werden, dient als Ausgangspunkt der Wertverlustermittlung der Anteil der Schnittware, der infolge Lagerschäden der Güteklasse 3 zugeordnet oder nicht mehr durch die DIN-Norm 68369 erfaßt wird. Die Wertverlustberechnung basiert auf den relativen Volumenanteilen des Schnittholzes.

In der folgenden Darstellung wird für die Schnittware der lebend gelagerten Buchen der Wertverlust auf zwei verschiedene Arten unter Berücksichtigung der real vorliegenden Schnittholzqualität ermittelt, wie sie aus der Sortierung des Schnittholzes nach sämtlichen Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 resultiert. Darüberhinaus kann die Entwertung auch ohne Berücksichtigung der tatsächlich vorliegenden Schnittholzqualität theoretisch hergeleitet werden, wie am Ende des Kapitels 4.113 dargestellt wurde.

Volumenanteile der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 an der Schnittware lebend gelagerter Buchen bei unterschiedlichen Bewertungsansätzen

		Revier Klink		Revier Steinberg	
		Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung	Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung
Ausgangsqualität	Vol.%	76,2	72,5	77,5	79,9
Tatsächliche Qualität	Vol.%	29,7	20,1	30,3	17,5
Tatsächliche Qualität zu *Ausgangsqualität*	[%]	39	28	39	22

Tabelle 4.114.1: Anteile der Güteklassen 1 und 2 (DIN 68369) an der gesamten Schnittware lebend gelagerter Buchen unter Schirm und auf der Freifläche nach zwei Vegetationsperioden im Dezember 1991 bei unterschiedlichen Bewertungsansätzen (s. Abbildung 3.112.1) und tatsächliche Ausbeute an Güteklassen 1 und 2 (*Tatsächliche Qualität*) im Verhältnis zur potentiell möglichen Ausbeute (*Ausgangsqualität*)

In Tabelle 4.114.1 sind die bei der Schnittholzsortierung nach DIN-Norm 68369 tatsächlich erzielten Volumenanteile der Güteklassen 1 und 2 dargestellt (*Tatsächliche Qualität*) und die Schnittholzanteile dieser Güteklassen, die anhand des konkreten Untersuchungsmaterials potentiell hätten erzielt werden können, wenn keine Qualitätsveränderungen durch die Lagerung vorgelegen hätten (*Ausgangsqualität*).

Die Ausbeute der Güteklassenanteile 1 und 2 bei vorhandenen Lagerschäden ist dargestellt über das Verhältnis der tatsächlich erzielten Schnittholzanteile dieser

Güteklassen zu den potentiell erzielbaren Schnittholzanteilen dieser Güteklassen (100 %). Die Differenz zur potentiell möglichen oder maximalen Ausbeute von 100 % gibt den durch Lagerschäden verursachten Wertverlust an, der aus Tabelle 4.114.2 für die verschiedenen Varianten der Lebendlagerung ersichtlich ist (Wertverlust Ansatz 3 / Ansatz 1).

Wertverlust des Schnittholzes nach zwei Vegetationsperioden Lebendlagerung im Dezember 1991

Wertverlust in Prozent auf der Grundlage des Schnittholzvolumens	Revier Klink		Revier Steinberg	
	Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung	Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung
Wertverlust Ansatz 3 / Ansatz 1	61	72	61	78
Wertverlust nach Ansatz 3	63	71	56	80
Wertverlust nach Ansatz 2	63	71	57	80

	Alle Einzelwürfe unter Schirm	Alle Flächenwürfe ohne Beschattung	Alle lebend gelagerten Buchen
Wertverlust Ansatz 3 / Ansatz 1	61	75	68
Wertverlust nach Ansatz 3	60	75	68
Wertverlust nach Ansatz 2	61	75	68

Tabelle 4.114.2: Wertverluste bei der Schnittware von lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche nach zwei Vegetationsperioden im Dezember 1991 bei Berechnung nach unterschiedlichen Bewertungsansätzen; Ansatz 1: *Ausgangsqualität* (ohne Lagerschäden), Ansatz 2: *Lagerungsbedingte Qualität*, Ansatz 3: *Tatsächliche Qualität*; (s. Abbildung 3.112.1)

Die zweite Vorgehensweise, den Wertverlust zu berechnen, fußt ausgehend von dem Bewertungsansatz *Tatsächliche Qualität* auf der vollständigen Schnittholzsortierung nach sämtlichen Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 und den differenzierenden Teilansätzen 3.1 bis 3.3 (*Lagerschäden*, *Andere Gütemerkmale* und *Gleichwertigkeit*, s. Kapitel 3.112 und Abbildung 3.112.1). Durch diese Differenzierung wird die Güteklassenrelevanz der Lagerschäden berücksichtigt, d. h., Schnittware, die ausschließlich aufgrund eines lagerungsbedingt nicht veränderlichen Gütemerkmals abgewertet wird, bleibt hierbei unberücksichtigt. Durch Summieren der Schnittholzvolumenanteile, die infolge Lagerschäden schlechter als Güteklasse 1 und 2 bewertet sind, erhält man den Wertverlust, der in Tabelle 4.114.2 dargestellt ist (Wertverlust nach Ansatz 3).

Die Wertverluste verringern sich auf 47 % (Einzelwürfe unter Schirm) und 57 % (Flächenwürfe ohne Beschattung), wenn man die Schnittware unberücksichtigt läßt, die aufgrund gleichwertiger Merkmalausprägung (Teilansatz 3.3: *Gleichwertigkeit*) eines oder mehrerer Gütemerkmale der Gütemerkmalgruppen *Lagerschäden* und *Andere Gütemerkmale* schlechter als Güteklasse 1 und 2 bewertet wird.

Den beiden bisher vorgestellten Verfahren zur Ermittlung des Wertverlustes ist gemeinsam, daß sie von einer vollständigen Sortierung der Schnittware nach DIN-Norm 68369 ausgehen. Der Unterschied zwischen beiden Verfahren beruht darauf, daß im ersten Fall die Berechnung auf einer fiktiven Bewertung (*Ausgangsqualität*) des konkreten Untersuchungsmaterials basiert.

Bei dem abschließend vorgestellten Verfahren errechnet sich der Wertverlust aus dem Anteil der Güteklassen 1 und 2 bei Bewertung der Schnittware nach Bewertungsansatz 2 (*Lagerungsbedingte Qualität*) und Differenzbildung zu einem theoretisch zu erwartenden Anteil der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369, der ohne Lagerschäden mit 100 % angesetzt wird (s. Kapitel 4.113). Der Unterschied zum ersten Verfahren besteht darin, daß hier der Wertverlustberechnung kein konkretes Zahlenmaterial über die Ausgangsqualität zugrunde liegt (s. Tabelle 4.114.1). Der theoretisch ermittelte Wertverlust zeigt die Entwertung unabhängig von der Ausgangsqualität auf und ist somit übertragbar, wenn vergleichbare Verhältnisse zu dieser Untersuchung vorliegen.

Die Wertverluste sind auf der Grundlage verschiedener Bewertungsansätze hergeleitet und stimmen weitgehend überein. Geringfügige Differenzen beruhen einerseits auf Rundungsfehlern, andererseits auf den unterschiedlichen Vorgehensweisen bei der Sortierung nach den einzelnen Bewertungsansätzen.
Da die theoretische Herleitung des Wertverlustes auf der Grundlage der Schnittholzsortierung ausschließlich nach den Gütemerkmalen, die durch die Lagerung veränderlich sind, zu dem gleichen Ergebnis wie die Berechnungen auf der Grundlage der tatsächlich vorliegenden Schnittholzqualität führt, die sich auf eine vollständige Sortierung nach sämtlichen Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369 stützt, genügt für eine zutreffende Beurteilung der lagerungsbedingten Entwertung des Schnittholzes die Erfassung der Gütemerkmale, die durch die Lagerung verändert werden können.

Nach zwei Vegetationsperioden sind lebend gelagerte Buchen bei Einzelwürfen zu rund zwei Drittel, bei Flächenwürfen zu rund drei Viertel entwertet, wenn man die Abstufung der Schnittware aufgrund von Lagerschäden in Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369 oder schlechter als Entwertung definiert.

4.115 Lagerschäden

Die Gütemerkmale nach DIN-Norm 68369, die durch die Lagerung verändert werden können, hier zusammengefaßt als Lagerschäden bezeichnet, werden im nachstehenden Abschnitt für den Versuchseinschnitt nach zwei Vegetationsperioden im Dezember 1991 nach Auftreten und Bedeutung für die Güteklasseneinstufung erörtert.

In der Darstellung wird unterschieden zwischen dem Vorkommen eines Lagerschadens und der Güteklassenrelevanz dieses Vorkommens.

Die Güteklassenrelevanz eines als Lagerschaden klassifizierten Gütemerkmals ergibt sich aus der Zuordnung der Schnittware aufgrund der Merkmalausprägung des betreffenden Gütemerkmals zu einer Güteklasse in Abhängigkeit von den Grenzwerten dieser Güteklasse.

Hierbei wird differenziert zwischen der alleinigen Güteklassenrelevanz eines Lagerschadens und der Güteklassenrelevanz des Lagerschadens in Verbindung mit einem oder mehreren weiteren Lagerschäden gleicher Güteklassenrelevanz. Im Falle gleicher Güteklassenrelevanz mehrerer Lagerschäden führt die Merkmalausprägung von jedem dieser Lagerschäden zu der gleichen Güteklasseneinstufung.

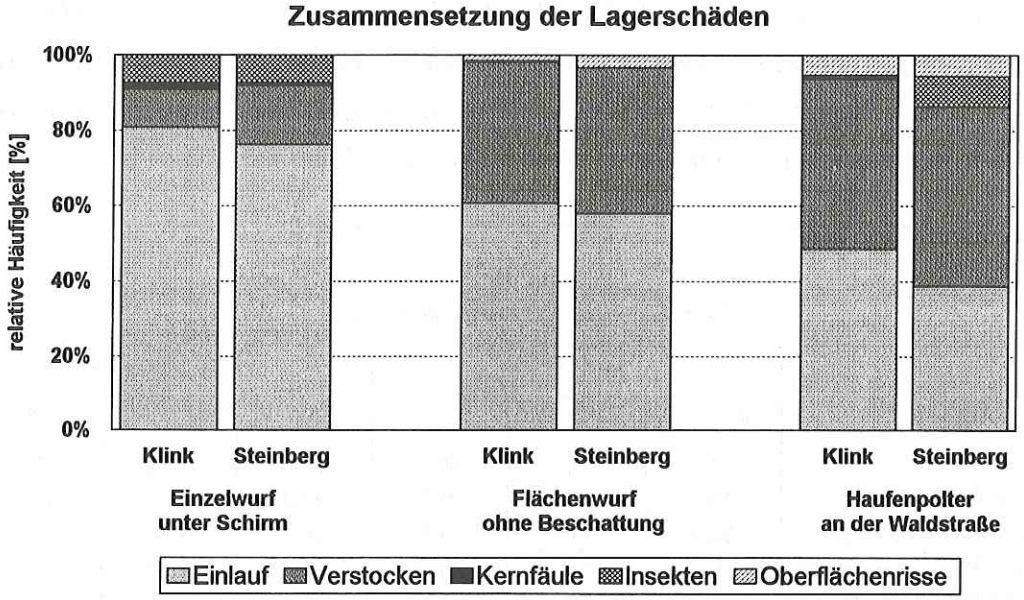


Abbildung 4.115.1: Verteilung der Lagerschäden im November 1991 bei lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche, unter Schirm und bei im Haufenpolter an der Waldstraße gelagertem Stammholz; Dauer der Lagerung von März 1990 bis November 1991

Die Gütemerkmale *Einlauf* und *Verstocken* waren von allen vorkommenden Lagerschäden bei weitem am häufigsten vertreten und vorwiegend verantwortlich für Wertverluste der Schnittware. Entwertungen durch Insektenbefall, Kernfäule und Oberflächenrisse durch Sonnenbrand kamen hingegen nur in sehr geringem Umfang vor (s. Abbildung 4.115.1).

Einlauf

Das Gütemerkmal *Einlauf* ist bei der untersuchten Schnittware am häufigsten zu beobachten. Insgesamt tritt Einlauf durchschnittlich bei 63 % aller Bohlen und Bretter aus Lebendlagerung und bei 85 % der Schnittware der im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammhölzer auf.

Der Anteil der Schnittware von lebend gelagerten Buchen mit Einlauf liegt bei der Freifläche im Mittel rund 12 % über dem der Einzelwürfe unter Schirm. Die Unterschiede zwischen den beiden Standortvarianten sind nur sehr gering ausgeprägt (s. Abbildung 4.115.2).

Die Güteklasseneinstufung in Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369 erfolgt bei Berücksichtigung sämtlicher Gütemerkmale der DIN-Norm 68369 bei lebend gelagerten Buchen allein durch Einlauf bei rund 29 % aller Bohlen und Bretter. Aufgrund des gemeinsamen Auftretens von Einlauf mit anderen Gütemerkmalen, die zur gleichen Einstufung führen, werden rund 16 % aller Bohlen und Bretter der Güteklasse 3 zugeordnet. Insgesamt erfolgt die Zuordnung der Schnittware zu einer Güteklasse durch Einlauf bei durchschnittlich 45 % der Schnittware lebend gelagerter Buchen. Die Einzelwerte der Varianten sind in Tabelle 4.115.1 dargestellt.

Einlauf Vorkommen und Güteklassenrelevanz						
	Revier Klink			Revier Steinberg		
relative Häufigkeit [%]	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter
Vorkommen	57,4	65,7	90,6	55,5	72,5	76,7
Güteklassenrelevanz	39,7	44,8	22,7	42,3	54,7	10,3
alleinige Güteklassenrelevanz	35,3	19,9	11,7	34,9	26,3	2,3
Güteklassenrelevanz in Verbindung mit anderen Lagerschäden gleicher Güteklassenrelevanz	4,4	24,9	11,0	7,4	28,4	8,0

Tabelle 4.115.1: Anteil der Bohlen und Bretter mit Einlauf an der gesamten Schnittware in Prozent, getrennt nach den Lagervarianten Einzelwurf unter Schirm, Flächenwurf ohne Beschattung und Haufenpolter an der Waldstraße für die beiden Standortvarianten Klink und Steinberg

Bei durchschnittlich 18 % der Schnittware aller lebend gelagerten Buchen kommt Einlauf vor, ohne daß diese Schnittware aufgrund dieses Gütemerkmals einer Güteklasse zugeordnet wird, d. h., die Zuordnung dieser Schnittware zu einer Güteklasse erfolgt aufgrund eines oder mehrerer anderer Gütemerkmale nach DIN-Norm 68369.

Die Säulen in Abbildung 4.115.2 repräsentieren den Anteil der Schnittware von der gesamten Schnittware der jeweiligen Versuchsvariante, der Einlauf enthält. Der Anteil der Schnittware einer Versuchsvariante, der infolge Einlauf oder von Einlauf in Verbindung mit einem oder mehreren weiteren, hinsichtlich der Güteklasseneinstufung gleichwertigen Lagerschäden einer Güteklasse zugeordnet wird (Güteklassenrelevanz des Einlaufs), ist als Querbalken innerhalb der Säulen dargestellt.

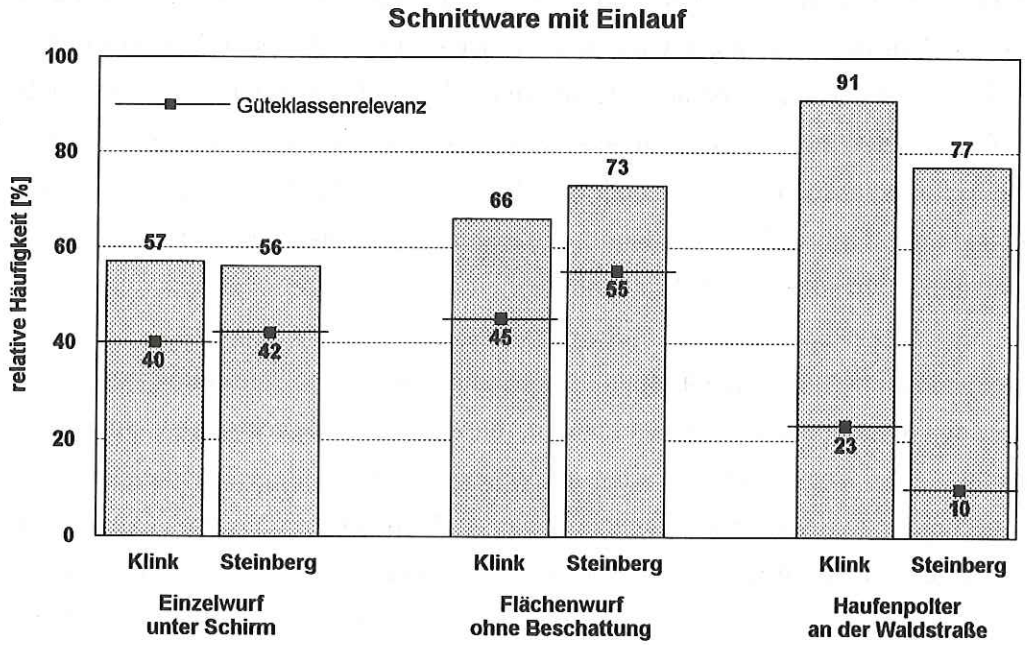


Abbildung 4.115.2: Anteil der Schnittware mit Einlauf an der gesamten Schnittware der einzelnen Versuchsvarianten. Die Anteile der Schnittware einer Variante, die allein aufgrund von Einlauf oder aufgrund von Einlauf in Verbindung mit weiteren Lagerschäden gleichwertiger Güteklassenrelevanz einer Güteklasse zugeordnet werden, sind als Querbalken innerhalb der Säulen dargestellt.

Einzelwurf unter Schirm

Anhand der Querbalken in Abbildung 4.115.1 und aus Tabelle 4.115.1 sind die Anteile der Schnittware unter Schirm lebend gelagerter Buchen ersichtlich, die insgesamt infolge Einlauf einer Güteklasse zugeordnet werden. Bis auf Rundungsdifferenzen und einem bedeutungslosen Anteil von 0,2 % (Klink) und 0,5 % (Steinberg) der Schnittware, der in Güteklasse 2 nach DIN-Norm 68369 eingestuft wird, sind die dargestellten Anteile übereinstimmend mit den Anteilen der Schnittware dieser Varianten in Güteklasse 3, die in Abbildung 4.113.3 dargestellt sind. Hieraus wird erkennbar, daß bei Einzelwurf unter

Schirm die Abwertung der Schnittware durch Lagerschäden nach Güteklasse 3 fast ausschließlich durch Einlauf erfolgt.

Am Beispiel der Schnittware lebend gelagerter Buchen unter Schirm soll die Bedeutung des Gütemerkmals *Einlauf* nachfolgend kurz einer differenzierenden Analyse unterzogen werden. Betrachtet man die alleinige Güteklassenrelevanz des Merkmals *Einlauf* bezogen auf die Güteklassenrelevanz des Merkmals *Einlauf* insgesamt, so erfolgt die Zuordnung der Schnittware zu einer Güteklasse in rund 83 % (Steinberg) und 89 % (Klink) der Fälle ausschließlich durch das Gütemerkmal *Einlauf*.

Der Anteil der Schnittware unter Schirm lebend gelagerter Buchen, der aufgrund der Güteklassenrelevanz von Einlauf und einem oder mehrerer weiterer Lagerschäden gleicher Güteklassenrelevanz der Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369 zugeordnet wird, beträgt 4,4 % auf der Versuchsfläche Klink und 7,4 % auf der Versuchsfläche Steinberg. Dieser Anteil setzt sich zusammen aus den nebeneinander auftretenden güteklassenrelevanten Lagerschäden Einlauf und Verstockung (2,7 % Klink, 3,9 % Steinberg), Einlauf und Insektenbefall (1,3 % Klink, 1 % Steinberg) und Einlauf, Verstockung und Insektenbefall (0,4 % Klink, 2,5 % Steinberg).

Die detaillierte Ergebnisdarstellung und die anteilige Zusammensetzung der Lagerschäden in Abbildung 4.115.1 zeigen, daß bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm nach zwei Vegetationsperioden im Vergleich zum Einlauf andere Lagerschäden nur in geringem Umfang vorkommen. Diese sind im Verhältnis zum Einlauf nur in unbedeutendem Maße güteklassenbestimmend, was an der geringen Güteklassenrelevanz von Einlauf in Verbindung mit weiteren, gleichermaßen güteklassenrelevanten Lagerschäden deutlich wird.

Flächenwurf ohne Beschattung

Der Anteil der Schnittware mit Einlauf von auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen ist höher als bei der Schnittware lebend gelagerter Buchen unter Schirm, (s. Abbildung 4.115.2). Bei der Schnittware auf der Freifläche lebend gelagerter Buchen erfolgt die Güteklasseneinstufung zu durchschnittlich rund 50 % durch Einlauf, wovon 23 % nur durch Einlauf und 27 % durch Einlauf und ein oder mehrere weitere gleichermaßen güteklassenrelevante Lagerschäden einer Güteklasse zugeordnet werden. Die Werte für die einzelnen Varianten sind aus Tabelle 4.115.1 ersichtlich.

Vergleicht man die Anteile der Schnittware mit güteklassenrelevantem Einlauf der beiden Flächenwürfe, dargestellt als Querbalken innerhalb der Säulen in Abbildung 4.115.2 mit den Anteilen der Schnittware in Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369, die durch

Lagerschäden in diese Güteklasse eingestuft sind, in Abbildung 4.113.3, so wird deutlich, daß auch bei den Flächenwürfen die weitaus überwiegende Zuordnung zur Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369 aufgrund des Gütemerkmals *Einlauf* erfolgt. Bei der Variante Flächenwurf der Versuchsfläche Klink kann aus den Darstellungen eine ähnlich gute Übereinstimmung der Güteklassenrelevanz des *Einlaufs* mit der ausschließlich infolge Lagerschäden der Güteklasse 3 zugeordneten Schnittware abgelesen werden, wie bei den entsprechenden Anteilen der Schnittware aus Einzelwürfen unter Schirm.

Aus der vergleichenden Darstellung wird weiterhin erkennbar, daß bei dem Flächenwurf der Versuchsfläche Steinberg rund 5 % der Schnittware aufgrund anderer Lagerschäden in Güteklasse 3 eingestuft werden. Dies wird sichtbar an der Differenz zwischen dem Anteil an der Schnittware von rund 55 %, der insgesamt durch Einlauf einer Güteklasse zugeordnet wird (s. Abbildung 4.115.2 und Tabelle 4.115.1), und dem Anteil der Schnittware von rund 60 %, der bei dieser Variante aufgrund von allen für Güteklasse 3 relevanten Lagerschäden auf diese Güteklasse entfällt (s. Abbildung 4.113.3 und Tabelle 4.113.4).

Dies bedeutet, daß auf der Versuchsfläche Steinberg andere Lagerschäden bereits in einem stärkeren Maße an der Güteklasseneinstufung beteiligt sind als auf der Versuchsfläche Klink. Von den weiteren Lagerschäden ist die Verstockung der Lagerschaden, der neben dem Einlauf einen entscheidenden Einfluß auf die Zuordnung der Schnittware zu den Güteklassen nach DIN-Norm 68369 erlangt. Auf diesen Zusammenhang wird bei der Erörterung des Gütemerkmals *Verstocken* näher eingegangen.

Haufenpolter an der Waldstraße

Bei dem im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholz tritt Einlauf wesentlich häufiger auf als bei lebend gelagerten Buchen; fast die gesamte Schnittware aus diesen Varianten weist das Gütemerkmal *Einlauf* auf. Einlauf ist andererseits bei dem Schnittholz aus dem in Poltern an der Waldstraße gelagerten Stammholz für die Güteklasseneinstufung in deutlich geringerem Umfang ausschlaggebend als bei lebend gelagerten Buchen. Allein aufgrund von Einlauf wird nur ein Anteil an der gesamten Schnittware dieser Varianten von 11,7 % (Klink) und 2,3 % (Steinberg) in eine Güteklasse eingestuft. Mit anderen Gütemerkmalen gemeinsam ist Einlauf bei 11 % der Schnittware auf der Versuchsfläche Klink und bei 8 % auf der Versuchsfläche Steinberg güteklassenbestimmend.

Ein Grund für die geringe Güteklassenrelevanz des Gütemerkmals *Einlauf* ist die im Vergleich zur Lebendlagerung wesentlich weiter fortgeschrittene Zersetzung der Holzsubstanz durch pilzliche Schadorganismen, was an dem hohen Anteil verstockter Schnittware der im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitte in den Abbildungen 4.115.1 und 4.115.3 erkennbar wird.

Die Verstockung stellt eine schwerwiegendere Beeinträchtigung der Schnittholzqualität dar als der Einlauf. Sie hat demnach eine höhere Bedeutung für die Zuordnung der Schnittware zu einer Güteklasse und überlagert demzufolge das Gütemerkmal *Einlauf*. Folglich muß die Güteklasseneinstufung bei der Schnittware aus den Haufenpoltern an der Waldstraße überwiegend durch Verstockung erfolgen. Aus dem aufgezeigten Sachverhalt erklärt sich auch der geringere Anteil von Schnittware mit Einlauf auf der Versuchsfläche Steinberg, wonach hier der Einlauf bereits in Verstockung übergegangen ist.

Das Gütemerkmal *Einlauf* ist in Kapitel 3.112 ausführlich beschrieben. An dieser Stelle werden deshalb im Zusammenhang mit der Feststellung unterschiedlicher Häufigkeiten des Auftretens dieses Gütemerkmals bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm, auf der Freifläche und bei Rundholzabschnitten in Haufenpoltern an der Waldstraße die Entstehungsmechanismen des Einlaufs als Erklärungsansatz dieses Ergebnisses diskutiert.

Einlauf ist eine Oxydationsverfärbung (BAVENDAMM, 1974, S. 108; ZYCHA, 1948, S. 93) des Holzes infolge biochemischer Vorgänge (BAUCH, 1986, S. 2217) ohne Beteiligung von Pilzen (ZYCHA, 1948, S. 100-103; 1950, S. 1391) und ohne Beeinträchtigung der technologischen Festigkeitseigenschaften (BUTIN, 1983, S. 130; DIN 68256, S. 7; MAYER-WEGELIN, 1950, S. 581).

Physiologisch beruht der Einlauf (syn. „Ersticken", „Verstocken" nach ZYCHA, 1948; zur Terminologie der Begriffe s. Kapitel 3.112) auf der Bildung von Gefäßthyllen durch Parenchymzellen in das Lumen benachbarter Gefäße. Gleichzeitig kommt es zu einer braunen Oxydationsverfärbung der Parenchymzellen. Beide Vorgänge laufen weitgehend parallel ab und sind an den Zutritt von Luftsauerstoff gebunden, der mit der Verringerung der Holzfeuchte zunimmt. Als Voraussetzung für diesen Entstehungsprozeß gibt ZYCHA eine kritische Holzfeuchte von 60 % an (ZYCHA, 1948). Eine weitere Voraussetzung für die Entstehung des Einlaufs ist das *langsame* Austrocknen des Holzes, da bei schneller Trocknung Thyllenbildung und Oxydation nicht erfolgen können (ZYCHA 1948, S. 103). Die von ZYCHA dargestellten Ergebnisse und Zusammenhänge werden von VINTILA et al. in ihren Untersuchungen über die

Entwicklung des Verstockungsprozesses bei Buchenscheitholz bestätigt (VINTILA et al., 1962 in LYR und GILLWALD, 1963, S. 37).

Erste Hinweise auf das Auftreten von Verfärbungen im Zusammenhang mit dem langsamen Absterben der Holzzellen finden sich bereits bei GELINSKY (1939) und bei MAYER-WEGELIN (1944; beide zit. n. MAYER-WEGELIN, 1950, S. 581). Die Feststellung, daß Voraussetzung für den Einlauf (syn. „Verstocken" nach KOLLMANN, 1950; zur Terminologie der Begriffe s. Kapitel 3.112) ein langsames Austrocknen des Holzes ist und damit verbunden das allmähliche Absterben der lebenden Holzzellen zu einer Verfärbung führt, findet sich auch bei KOLLMANN (1950, S. 125). Der Autor fährt fort mit dem Hinweis, daß diese Verfärbung nichts mit Fäulnis zu tun hat und nicht eintritt, wenn die Holzfeuchte so hoch bleibt, daß die Zellen nicht absterben, oder wenn die Austrocknung so rasch erfolgt, daß die Zellen plötzlich absterben.

Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung können die dargestellten Erkenntnisse nachvollzogen werden. Die unter Schirm lebend gelagerten Buchen zeichnen sich im Vergleich zu den beiden anderen Lagervarianten Flächenwurf und Haufenpolter nicht nur durch das geringere Vorkommen von Einlauf aus, sondern auch durch eine vergleichsweise hohe Holzfeuchte von im Mittel rund 79 %.

Die Feuchtewerte der auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen hingegen lagen auf der Versuchsfläche Steinberg mit rund 64 % bereits nahe an dem nach ZYCHA (1948) zitierten Grenzwert von 60 %, die Holzfeuchte der im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Rundholzabschnitte mit einem Mittelwert von rund 50 % deutlich darunter. Bei diesen erfolgt ein langsames Absterben der Parenchymzellen in dem Ausmaß, in dem aufgrund fortschreitender Austrocknung des Holzes, von den Querschnittsflächen aus Luftsauerstoff in die Zellumina gelangt und den Entstehungsmechanismus des Einlaufs auslöst. Nach VINTILA et al. beträgt bei einer Feuchte des Buchenholzes von 50 bis 60 % der Luftanteil über 70 % des Porenvolumens (VINTILA 1946/47, zit. n. VINTILA et al., 1962 in LYR und GILLWALD, 1963, S. 37).

Bei in natürlicher Lage belassenen Sturmwurfbuchen ist der Lufteinbruch in das Gefäßsystem im Unterschied zu Rundholzabschnitten erschwert. Sauerstoff kann nur über Wurzel-, Stamm- und Kronenverletzungen in das Stamminnere gelangen. Weiterhin kann dieser nur in dem Maße vordringen, wie der Grad der Wasserfüllung der Gefäße verringert ist oder abnimmt.

Für lebend gelagerte Buchen bedeutet dies, daß aufgrund einer physiologisch noch funktionierenden Wasserversorgung und eingeschränkter Zutrittsmöglichkeiten für Sauerstoff, der Entstehungsprozeß des Einlaufs deutlich verlangsamt ist. Hierbei hängt die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Einlaufs in erster Linie von der durch die Lagerungsbedingungen des Baumes beeinflußten Funktionsfähigkeit des Wasserhaushalts ab, da ein den Einlauf auslösender Sauerstoffeinbruch erst erfolgen kann, wenn der Wassergehalt in den Zellumina entsprechend verringert ist.

Die Lagerungsbedingungen unterscheiden sich bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche von denen unter Schirm. Auf der Freifläche sind lebend gelagerte Buchen aufgrund ihrer Exposition einem höheren Wasserstreß ausgesetzt, die Wasserversorgung ist eingeschränkt, was an den reduzierten Feuchtewerten erkennbar ist (s. Kapitel 4.21). Die im Vergleich zu lebend gelagerten Buchen unter Schirm rascher fortschreitende Austrocknung ermöglicht frühzeitiger die Entstehung von Einlauf. Zusätzlich entstehen auf der Freifläche durch Sonnenbrand oberflächennah partielle Trockenpartien, von denen Einlauf ausgeht. Dieser bleibt aber im ersten Jahr der Lebendlagerung in der Regel auf den äußeren Splint beschränkt. Im Lauf der zweiten Vegetationsperiode dringt der Einlauf radial vor und an der Stammoberfläche entwickelt sich aus dem Einlauf eine periphere Verstockung (s. Abschnitt zur Verstockung).

Hieraus ist zu folgern, daß die Holzfeuchte im Bereich sonnenbrandgeschädigter Holzpartien bereits unter dem oben zitierten Grenzwert von 60 % liegt, wohingegen die in der Untersuchung erhobenen Meßwerte der Splintholzfeuchte methodisch bedingt höher liegen mußten, da sonnenbrandgeschädigte Bereiche von der Probenentnahme ausgeschlossen waren (s. Kapitel 3.21).
Durch den Versuchseinschnitt im Dezember 1991 wurde dieser Zusammenhang bestätigt. Bei Rundholzabschnitten und bei der Schnittware lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche wurden unverfärbte, weiße und zum Teil noch feuchte Partien auf der dem Sonnenbrand gegenüberliegenden Seite vorgefunden. Eine vergleichbare Feststellung findet sich bei BOYCE (1929, S. 5), der auf der Unterseite lebend gelagerter Nadelhölzer, wo das Holz seinen hohen Feuchtigkeitsgehalt länger bewahrte, wenig oder keine Zersetzung feststellen konnte.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich die dargestellten Wirkungsmechanismen in den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung widerspiegeln. Einlauf entwickelt sich umgekehrt proportional zur Holzfeuchte. Hohe physiologische Holzfeuchten verhindern die Entstehung und Entwicklung des Einlaufs, unterhalb eines kritischen Wertes entwickelt sich der Einlauf mit abnehmender Holzfeuchte weiter fort,

um schließlich unter Beteiligung holzzerstörender Pilze in Verstockung überzugehen. Lebend gelagerte Buchen zeigen nach zwei Vegetationsperioden geringeren Einlauf und eine höhere Holzfeuchte als in Haufenpoltern gelagerte Rundholzabschnitte. Bei der Lebendlagerung haben Buchen unter Schirm weniger Einlauf und höhere Holzfeuchten als solche auf der Freifläche.

Einlauf in Buchenschnittholz wird aufgrund der durch dieses Gütemerkmal hervorgerufenen Farbveränderungen negativ bewertet. Eine weitere Beeinträchtigung der Schnittholzqualität stellt die mit der Braunfärbung gleichzeitig einhergehende charkteristische Verthyllung der Gefäßlumina dar (ZYCHA, 1948, S. 102; s. Kapitel 3.112). Diese führt zu einer Einschränkung des Tränkverhaltens und der Imprägnierbarkeit (BAVENDAMM, 1974, S. 77; LOHMANN, 1991, S. 46; ZYCHA, 1948, S. 106). Die Verwendung von Buchenholz im Außenbau und als Bahnschwelle wird hierdurch eingeschränkt. Allerdings wird Buchenholz aufgrund seiner geringen natürlichen Dauerhaftigkeit, seines geringen Stehvermögens und ungünstigen Schwindverhaltens im Außenbau nur in geringem Umfang eingesetzt. Die Verwendung der Holzschwelle ist rückläufig (LEWARK, 1991, S. 28). Die inländische Schwellenproduktion an der gesamten Laub-Schnittholzproduktion verringerte sich von 1986 bis 1990 von 6 auf 3,3 % (ANTHES et al., 1993, S. 72). Über 75 % der Jahresbeschaffung der Deutschen Bundesbahn wird durch Betonschwellen gedeckt (MOMBÄCHER, 1988, Band 2 S. 263). Neben der Substitution der Holzschwelle liegen weitere Gründe für den Nachfragerückgang in einem insgesamt geringeren Schwellenbedarf aufgrund der Verkleinerung des Streckennetzes und der Entsorgungsproblematik von Altschwellen (ANTHES et al., 1993, S. 74 und 78). Darüberhinaus hat die Deutsche Bundesbahn die Nachfrage nach inländischen Holzschwellen von 1986 bis 1990 um die Hälfte verringert (ANTHES et al., 1993, S. 72).

Buchenholz wird in rund 250 bekannten Verwendungsbereichen eingesetzt und gilt als die am vielseitigsten verwendete einheimische Holzart (GROSSER und TEETZ, 1985). Aufgrund seiner guten Festigkeitswerte wird Buchenholz bevorzugt in der Möbelindustrie, insbesondere zur Herstellung stark beanspruchter Gebrauchsmöbel verwendet. Ein weiterer Haupteinsatzbereich ist der Innenausbau, wo Buchenholz hauptsächlich dort verarbeitet wird, wo hohe Härte und Abriebfestigkeit verlangt werden, wie beispielsweise im Treppenbau oder als Holz für Parkett- und Holzpflasterböden. Im Bereich der Holzwerkstoffe nimmt Buchenholz eine zentrale Stellung bei der Herstellung von Schichtholz, Sperrholz- und Schichtholzformteilen ein. Die wenigen genannten Verwendungsmöglichkeiten stehen beispielhaft für eine Vielzahl von Einsatzbereichen, wo die hervorragenden Festigkeitseigenschaften der Buche zur Geltung kommen.

Ausgehend von Untersuchungen zur Festigkeit verfärbten Buchenholzes am Institut für Forstbenutzung in Hannoversch-Münden führt MAYER-WEGELIN aus, daß „ ... die reine Verfärbung in rotbraunen Zungen, keine nennenswerte Beeinträchtigung der Festigkeitseigenschaften im Gefolge hat, und daß die Bearbeitungsmöglichkeit des verstockten Holzes erst dann in Frage gestellt wird, wenn die Holzzerstörung durch weiße Flecken bereits augenfällig wird. Dann leiden vor allem die Zähigkeit und die Biegsamkeit des Holzes; es wird spröde und brüchig." (MAYER-WEGELIN, 1950, S. 581). Nach seinen Ergebnissen kann verfärbtes und noch nicht weißstreifiges Holz (*Verstocken* nach DIN-Norm 68256) wie unverfärbtes verarbeitet werden.

H. VON PECHMANN (1951, S. 677) führt zur Verwertbarkeit verfärbten Buchenholzes aus, daß „ ... der dunkle Einlauf nur in besonderen Fällen (Imprägnierung, Holzbiegerei) eine ernstliche Störung bedeutet, und zudem schon nach dem Dämpfen des Holzes kaum mehr zu erkennen ist."

Die Vielseitigkeit der Verwendbarkeit des Buchenholzes wird durch Einlauf grundsätzlich nur dort eingeschränkt, wo hohe Ansprüche an eine gleichmäßige Oberflächenfarbe gestellt werden, wie etwa im Innenausbau oder in der Fabrikation hochwertiger Möbel.

Dämpfen wirkt egalisierend auf die Farbe des Buchenholzes, unerwünschte Farbveränderungen können hierdurch überdeckt werden (BOSSHARD, 1984, Band 3, S. 159; MAYER-WEGELIN, 1950, S. 581; V. PECHMANN, 1951, S. 678). Möglichkeiten der Verwendung von Buchenholz mit unerwünschten Farbveränderungen bestehen beispielsweise im Bereich der Holzwerkstoffindustrie im Einbau verfärbten Buchenholzes in Mittellagen bei der Plattenherstellung und in der Möbelindustrie in der Verwendung als Gestellware bei der Fertigung von Polstermöbeln.

In der vorstehenden Ergebnisdarstellung wurde aufgezeigt, daß bei Schnittware von lebend gelagerten Buchen unter Schirm das Gütemerkmal *Einlauf* nach Vorkommen und Güteklassenrelevanz nach DIN-Norm 68369 mit Abstand das bedeutendste Gütemerkmal darstellt.
Ausgehend von den diskutierten Eigenschaften von Buchenholz mit Einlauf ist zu folgern, daß Holz von unter Schirm lebend gelagerten Buchen aus Wintersturmwurf nach zwei Vegetationsperioden aufgrund seiner technologischen Festigkeitseigenschaften voll verwendbar ist, solange keine weiteren Lagerschäden auftreten, insbesondere die sich aus Einlauf entwickelnde Verstockung und keine besonderen Ansprüche an eine gleichmäßige Farbe und Forderungen nach Imprägnierbarkeit gestellt werden.

Verstockung

Einzelwurf unter Schirm

Verstockung (syn. Gütemerkmal *Verstocken*, DIN 68256) tritt bei der Schnittware unter Schirm lebend gelagerter Buchen nur in geringem Umfang auf. Nur zwischen rund 4 % und 7 % der Schnittware werden infolge Verstockung in eine Güteklasse eingestuft (s. Abbildung 4.115.3), wobei dies hauptsächlich durch das gemeinsame Vorkommen mit anderen Lagerschäden gleicher güteklassenrelevanter Ausprägung erfolgt (s. Tabelle 4.115.2).

Zu diesem Ergebnis kommt auch BRUNN 1932 in einer Umfrage zur Buchenstockfäule bei der Rotbuchenholz verarbeitenden Industrie. Er stellt fest, daß alle Antworten darin übereinstimmen, „...daß im Schatten des Bestandes lagerndes Holz weniger gefährdet sei, als auf Freiflächen liegendes." Die schnelle Austrocknung des Rundholzes wird als schädlich angesehen (BRUNN, 1932, S. 449).

Verstockung Vorkommen und Güteklassenrelevanz						
	Revier Klink			Revier Steinberg		
relative Häufigkeit [%]	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter
Vorkommen	7,2	40,5	84,4	11,5	48,3	94,4
Güteklassenrelevanz	4,2	30,7	82,1	7,4	38,9	92,0
alleinige Güteklassenrelevanz	0,7	5,7	71,9	0,8	8,4	76,4
Güteklassenrelevanz in Verbindung mit anderen Lagerschäden gleicher Güteklassenrelevanz	3,5	25,0	10,2	6,6	30,5	15,6

Tabelle 4.115.2: Anteil der Bohlen und Bretter mit Verstockung an der gesamten Schnittware in Prozent, getrennt nach den Lagervarianten Einzelwurf unter Schirm, Flächenwurf ohne Beschattung, Haufenpolter an der Waldstraße für die beiden Standortvarianten Klink und Steinberg

Flächenwurf ohne Beschattung

Bei lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche tritt Verstockung wesentlich häufiger als bei Einzelwürfen unter Schirm auf. Bei der Schnittware lebend gelagerter Buchen von der Freifläche ist die Verstockung überwiegend gemeinsam mit weiteren Lagerschäden ausschlaggebend für die Zuordnung zu einer Güteklasse (s. Tabelle 4.115.1). Von diesen weiteren Lagerschäden ist Einlauf in über 90 % der Fälle der weitaus am häufigsten beteiligte Lagerschaden. So werden 23,8 % der Schnittware der auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen der Versuchsfläche Klink durch die für die Güteklasseneinstufung gleichermaßen güteklassenrelevanten Gütemerkmale *Verstocken* und *Einlauf* der Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369 zugeordnet.

Verstockung entwickelt sich unter Beteiligung holzzersetzender Pilze aus dem Einlauf (BAVENDAMM, 1974, S. 77; KOLLMANN, 1950, S. 125; MAYER-WEGELIN, 1950, S. 581); eine entscheidende Voraussetzung für das Verstocken und die Besiedlung durch Pilze ist hierbei ein langsames Austrocknen des Holzes (KOLLMANN, 1950, S. 125).
Bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche lassen sich beide Feststellungen beobachten. Die Verstockung kommt hier in engem räumlichen Zusammenhang mit Einlauf vor, darüberhinaus sind die Splintholzfeuchten der lebend gelagerten Buchen bereits deutlich reduziert, wodurch das Fortschreiten der Verstockung ermöglicht wird.

Für lebend gelagerte Buchen aus Flächenwürfen kann festgestellt werden, daß die Entwertung zunehmend durch *Verstocken* erfolgt, wobei dieses Gütemerkmal überwiegend gemeinsam mit im gleichen Maße für die Abstufung maßgeblichen Gütemerkmal *Einlauf* für die Zuordnung in eine geringerwertige Güteklasse verantwortlich ist.

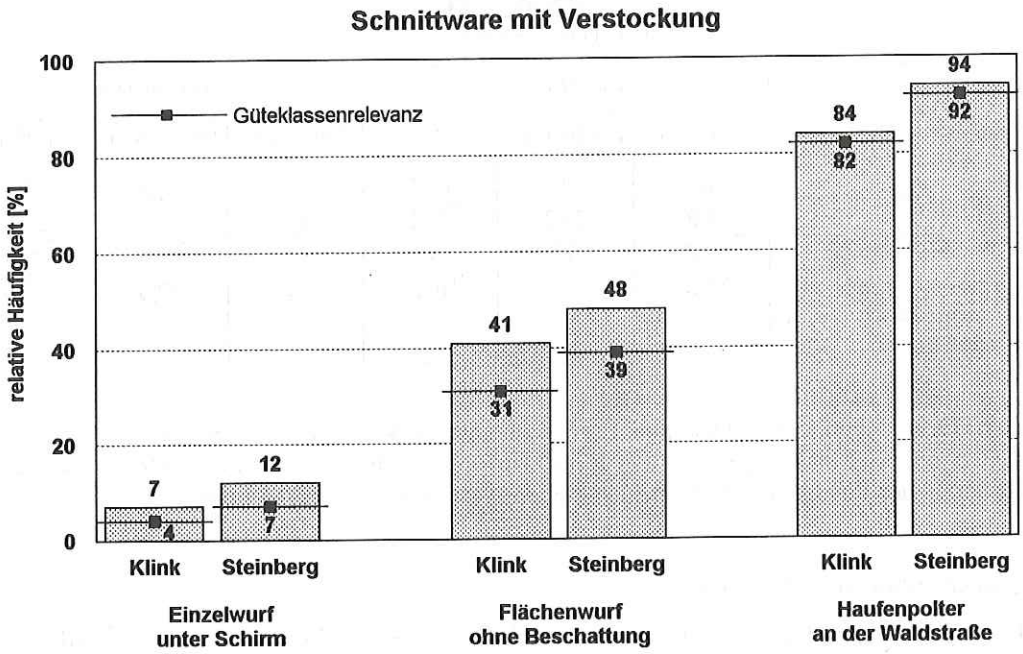


Abbildung 4.115.3: Anteil der Schnittware mit Verstockung an der gesamten Schnittware der einzelnen Versuchsvarianten. Die Anteile der Schnittware einer Variante, die allein aufgrund von Verstockung oder aufgrund von Verstockung in Verbindung mit weiteren Lagerschäden gleichwertiger Güteklassenrelevanz einer Güteklasse zugeordnet werden, sind als Querbalken innerhalb der Säulen dargestellt.

Haufenpolter an der Waldstraße

Bei dem im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholz ist fast die gesamte Schnittware verstockt und die vorgefundene Verstockung anders als bei den bisher betrachteten Varianten mit 98 % nahezu bei der gesamten Schnittware güteklassenbestimmend, die dieses Gütemerkmal enthält. Hierbei ist die Verstockung aufgrund ihrer

Ausprägung überwiegend allein maßgeblich für die Zuordnung der Schnittware zu einer Güteklasse (s. Tabelle 4.115.2), oder die betreffende Schnittware wird aufgrund des Ausprägungsgrades der Verstockung nicht mehr durch die Norm erfaßt (s. Abbildung 4.113.3).

Hieraus wird ersichtlich, daß die Verstockung der Schnittware aus Haufenpoltern an der Waldstraße bereits deutlich weiter fortgeschritten ist als bei der Schnittware lebend gelagerter Buchen. Die Gütemerkmale *Verstocken* und *Einlauf* kommen zwar auch bei der Schnittware des Stammholzes aus den Haufenpoltern gemeinsam vor, was aus der vergleichenden Betrachtung der beiden Abbildungen 4.115.2 und 4.115.3 ersichtlich wird. Anders aber als bei der Schnittware von Buchen aus Flächenwurf spielt der Einlauf hier keine güteklassenbestimmende Rolle. Die Bedeutung des Einlaufs für die Güteklasseneinstufung der Schnittware wird durch das Gütemerkmal *Verstocken* überlagert.

Der geringere Anteil der Schnittware mit Einlauf aus dem Haufenpolter auf der Versuchsfläche Steinberg erklärt sich aus der Entwicklung der Verstockung aus dem Einlauf, hierauf wurde weiter oben bereits eingegangen. Bei 17 % (Differenz zwischen den Schnittwareanteilen mit Einlauf und denen mit Verstockung) der Schnittware dieser Variante war die Verstockung im Laufe der 20 Monate dauernden Lagerungszeit bereits so weit fortgeschritten, daß Einlauf nicht mehr vorgefunden werden konnte.

Vergleicht man die Güteklassenrelevanz der Verstockung mit der des Gütemerkmals *Einlauf*, ist offensichtlich die Güteklassenrelevanz des Merkmals *Verstocken* höher anzusetzen. Diese Beobachtung erklärt sich aus den entsprechenden DIN-Vorschriften. *Verstocken*, ist nach DIN-Norm 68256 eine Verfärbung, an der zusätzlich holzzerstörende Pilze beteiligt sind. Sie wird weiterhin dadurch charakterisiert, daß die Festigkeitseigenschaften des Holzes bereits vermindert sind (DIN 68256, S. 7; KOLLMANN, 1950, S. 134; MAYER-WEGELIN, 1950, S. 581). Die Grenzwerte der DIN-Norm 68369 für Verstocken sind deshalb deutlich enger gefaßt als für Einlauf (s. Kapitel 3.112).

Die Festigkeitsverluste verstockten Buchenholzes sind erheblich. Verringern sich nach KOLLMANN Elastizitätsmodul, Druckfestigkeit und Härte bis zu einem Drittel im Vergleich zu gesundem Holz, so wird schon bei leicht angestocktem Buchenholz eine Abnahme der dynamischen Festigkeit (ermittelt über die Bruchschlagarbeit im Schlagbiegeversuch) um 69 %, bei stark verstocktem Buchenholz von 75 %, im Vergleich zu gesundem Holz festgestellt (KOLLMANN, 1950, S. 134). Die Wertminderung des Buchenholzes durch Verstockung gibt KOLLMANN allgemein mit 30 bis 60 % an (KOLLMANN, 1951, S. 67).

Die Feststellung KOLLMANNs, daß der Grad der Verstockung für die Einbuße an Festigkeit nahezu keine Bedeutung hat (KOLLMANN, 1950, S. 135), ist eine wichtige Erkenntnis für die Interpretation der vorliegenden Ergebnisse, muß aber im Zusammenhang mit den Untersuchungen von MAYER-WEGELIN (1950) diskutiert werden.

MAYER-WEGELIN (1950) kann die Ergebnisse KOLLMANNs (1950) über den starken Rückgang der Bruchschlagarbeit *leicht verstockter* Proben anhand der eigenen Untersuchungen nicht bestätigen. Er führt die unterschiedlichen Resultate KOLLMANNs neben einer differierenden Beurteilung der Verstockung vor allem auf unterschiedliche Rohdichten des Untersuchungsmaterials von KOLLMANN zurück. MAYER-WEGELIN legt dar, daß in der Untersuchung von KOLLMANN die sehr unterschiedlichen Rohdichten des leicht angestockten Holzes (0,621 g/cm³) und des unverstockten Vergleichsmaterials (0,726 g/cm³) einen beträchtlichen Einfluß auf die Ergebnisse haben, und belegt anhand der eigenen Zahlen, daß ein Gradient der Abnahme der Rohdichte, wie er bei den Proben KOLLMANNs vorliegt, bei gesundem Holz eine Abnahme der Bruchschlagarbeit von annähernd 60 % bewirkt. Hierzu stellt MAYER-WEGELIN fest: „Die Verringerung der Bruchschlagarbeit von gesundem zu leicht angestocktem Holz in der von KOLLMANN veröffentlichten Zahlenreihe geht also zum größeren Teil zu Lasten der verschiedenen Rohwichte der untersuchten Probeserien und nur zum kleineren Teil zu Lasten der Verstockung." (MAYER-WEGELIN, 1950, S. 582). Die Untersuchungen MAYER-WEGELINs kommen hinsichtlich *stark verstockter* Proben zu dem gleichen Ergebnis wie KOLLMANN. Für weißfleckig verstockte Proben führt er an, daß hier „ ... die Festigkeit, insbesondere die Schlagbiegearbeit, sprungartig abgesunken war" (MAYER-WEGELIN, 1950, S. 581).

H. VON PECHMANN (1951, S. 685) äußert sich zu den Untersuchungen von KOLLMANN (1950) und MAYER-WEGELIN (1950), und weißt darauf hin, daß der Begriff „verstockt" von beiden Verfassern nicht im gleichen Sinne gebraucht wurde und die ermittelten Festigkeitswerte sich in dem einen Fall (MAYER-WEGELIN) auf nur dunkel verfärbtes Holz ohne Spuren von Weißfäule, in dem anderen Fall (KOLLMANN) auf deutlich weißstreifiges Holz beziehen.

Die hieraus abzuleitende Folgerung, daß das Vorkommen von Verstockung bei lebend gelagerten Buchen die Schnittware dieser Buchen für Verwendungszwecke ausschließt, bei denen Anforderungen an die Festigkeitseigenschaften von Buchenschnittholz gestellt werden, muß dahingehend näher diskutiert werden, daß Verstockung bei lebend gelagerten Buchen, selbst zwei Vegetationsperioden nach Wintersturmwurf, nur bei

Flächenwürfen als häufiger vorkommendes Gütemerkmal auftritt. Hauptgrund hierfür ist die Schädigung oberflächennaher Rundholzpartien durch Sonnenbrand.

Die charakteristische Ausprägungsform von der Waldkante ausgehender Verstockung der Schnittware lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche, die von einer oberflächennahen Verstockung des Rundholzes durch Sonnenbrand herrührt, muß vor dem Hintergrund der Gütemerkmalerfordernisse der DIN-Norm 68369 gesehen werden.

Das Gütemerkmal *Verstocken* ist bei Güteklasse 1 nicht zulässig, bei Güteklasse 2 zulässig bis 10 % der Block- bzw. Bohlenlänge. Anforderungen an die Breitenausdehnung gehen aus der Norm nicht hervor. Eine Bohle mit von der Waldkante ausgehender randnaher Verstockung im Splintbereich, wie sie für durch Sonnenbrand geschädigte Buchen typisch ist, wird bei ansonsten nicht durch Lagerschäden beeinträchtigter Qualität in eine geringere Güteklasse zugeordnet, in der Regel der Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369.

Hierzu ist zu bemerken, daß durch einen entsprechend der Breite der randnahen Verstockung verbreitert geführten Besäumschnitt zum Entfernen der Waldkante, die verstockten Partien entfernt werden können.

Beim Schnittholz lebend gelagerter Buchen aus Flächenwurf betrug die durchschnittliche Breite der Verstockung, die überwiegend als randnahe Verstockung bedingt durch Sonnenbrand vorkam, bei der Hauptware (90 % des eingeschnittenen Volumens) der Versuchsfläche Klink 3,8 Zentimeter (n = 193) und bei der Hauptware der Versuchsfläche Steinberg 5,1 Zentimeter (n = 162); die durchschnittliche Breite der Bohlen betrug 36 Zentimeter (Klink) und 30 Zentimeter (Steinberg).

Aus dem dargestellten Sachverhalt und den aufgezeigten Meßwerten wird deutlich, daß die durch Sonnenbrand verursachte randnahe Verstockung der Schnittware im Bereich der Waldkante faktisch überbewertet wird und durch einen erweiterten Besäumschnitt bei einem vergleichsweise geringen Massenverlust kompensiert werden kann.

Auch BOYCE (1929, S. 4) weist darauf hin, daß durch oberflächennahe Verstockung nur geringe Volumenverluste beim Schnittholz entstehen.

Durch Sonnenbrand hervorgerufene Verfärbungszonen, die KUNZ (1961, S. 66) an lebend gelagerten Buchen vorfand, hatten eine Tiefe von ein Viertel bis ein Drittel

Zentimeter. An der Stammoberfläche dieser Verfärbungszonen war durchweg Befall durch *Schizophyllum commune* Fr. : Fr. feststellbar.

SCHWERDTFEGER (1963, S. 496) stellte an Stammquerschnitten von ihm untersuchter lebend gelagerter Buchen fest, daß die durch Sonnenbrand verursachte Verfärbungszone durchschnittlich ein Zehntel des Stammumfangs erfaßte und sich 1 bis 2, maximal 5 Zentimeter tief in den Stamm ausbreitete.

SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA (1991, S. 55) und OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE (1992, S. 231) konstatieren für Verfärbungen im Zusammenhang mit Sonnenbrand, daß sich dies auf die weitere Verwertung des Holzes nur wenig qualitätsmindernd auswirke, da sie im Zuge der Schälfurniererzeugung beim Rundschälen in die Anschäler und bei der Schnittholzerzeugung in die Schwarten fielen.

Kernfäule

Durch Lagerung bedingte Kernfäule tritt über alle Lagerungsvarianten hinweg nur bei einem Anteil von 0,5 % der Schnittware auf, infolgedessen ist die Güteklassenrelevanz dieses Gütemerkmals mit einem Anteil von 0,07 % an der Schnittware aller Lagervarianten praktisch ohne Bedeutung. Der Grund für das geringe Vorkommen dieses Gütemerkmals liegt darin, daß für die Entwicklung einer Kernfäule der Untersuchungszeitraum über zwei Vegetationsperioden zu kurz bemessen ist.

Insektenbefall

Bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm enthalten 5,3 % der Schnittware beider Versuchsflächen Bohrlöcher von *Trypodendron domesticum* L. (syn. *Xyloterus domesticus* L.) und *Hylecoetus dermestoides* L. Die Vorkommen sind in der Regel relevant für die Güteklasseneinstufung, denn Bohrlöcher von Insekten werden als gravierender Mangel der technologischen Holzeigenschaften angesehen (GRAF, 1993) und führen daher, ähnlich wie bei der Verstockung, in der Regel zu einer Abwertung der Schnittware.

Bohrlöcher der genannten Käfer wurden überwiegend in Verbindung mit starker Verstockung vorgefunden. Der Grund hierfür liegt darin, daß die beiden genannten Arten Buchenholz mit einer bereits weitgehend fortgeschrittenen Verstockung im Übergang zur Weißfäule bevorzugt befallen (SCHÖNHERR et al. 1983, S. 1363).

Dies zeigt sich in den Ergebnissen der Schnittholzuntersuchung der im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitte. Der Anteil an der Schnittware mit Insektenbefall auf der Versuchsfläche im Revier Steinberg beträgt 15,9 %. Die Schnittware dieser Variante zeichnet sich auch durch eine besonders gravierende Verstockung aus (s. Abbildung 4.115.3). Aufgrund des vergleichsweise starken Befalls durch die beiden Käferarten kann hieraus geschlossen werden, daß bei einem Teil der Schnittware aus Haufenpoltern an der Waldstraße die Verstockung sich bereits im Übergang zur Weißfäule befand.

Die Feststellung, daß die lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche im Gegensatz zu denen unter Schirm von den genannten Käfern nicht erfolgreich befallen wurden, kann an der Brutbiologie dieser Spezies liegen. Beide Käferarten gelten als Pilzzüchter, deren Larven sich von Ambrosia-Pilzen ernähren. Bei den *Scolytidae*, zu denen *Trypodendron domesticum* L. gerechnet wird, gehören diese Pilze überwiegend zu den *Moniliales* (*Hyphomycetes*) (SCHWERDTFEGER, 1981, S. 195), bei *Hylecoetus dermestoides* L. handelt es sich um *Endomyces hylecoeti* Neg. (SCHWENKE, 1974, S. 15). Die Entwicklung dieser Pilze ist an einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt des Buchenholzes gebunden, der auf der Freifläche anscheinend bereits unterschritten war, so daß die für eine erfolgreiche Brut notwendige Pilzbesiedlung nicht erfolgen konnte.

Oberflächenrisse

Die bei insgesamt 3,8 % des untersuchten Schnittholzvolumens der Lagervarianten vorgefundenen Oberflächenrisse stellen nur einen geringen Anteil an den gesamten Lagerschäden dar (s. Abbildung 4.115.1). Dieser Anteil muß differenziert werden in das Vorkommen von Oberflächenrissen bei der Schnittware von auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen, die ausschließlich durch Sonnenbrand verursacht wurden und in das Vorkommen von Oberflächenrissen bei der Schnittware aus im Haufenpolter an der Waldstraße gelagertem Stammholz.

Die als Oberflächenrisse vorkommenden Risse sind ihrer Ausprägung nach als *Tiefer Riß* nach DIN-Norm 68256 einzustufen und daher güteklassenrelevant für die Zuordnung der Schnittware zur Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369. Die unterschiedliche Terminologie erklärt sich daraus, daß der *Tiefe Riß*, der nach DIN-Norm 68256 einen seiner Ausprägung nach den Grenzwert des Oberflächenrisses überschreitenden Riß darstellt, in der DIN-Norm 68369 nicht gesondert ausgewiesen ist.

Flächenwurf ohne Beschattung

Durch Sonnenbrand gekennzeichnete Holzpartien kommen bei 24,2 % (Klink) und 31,7 % (Steinberg) der Schnittware von auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen vor. Daß Sonnenbrand aber nur in vergleichsweise wenigen Fällen zu Oberflächenrissen führt, zeigen die Anteile der Schnittware, die durch Sonnenbrand verursachte Oberflächenrisse enthalten. Oberflächenrisse durch Sonnenbrand kommen auf beiden Standortvarianten nur bei 1,8 % (Klink) und 4,4 % (Steinberg) der Schnittware von lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche vor. Eine Einstufung in Güteklasse 3 ausschließlich aufgrund dieses Merkmals erfolgt nur in einem Fall von 992 Bohlen und Brettern. In Verbindung mit den gleichermaßen güteklassenrelevanten Merkmalen *Einlauf* und *Verstocken* erfolgt eine Zuordnung zur Güteklasse 3 bei durchschnittlich 2 % der Schnittware von auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen.

Die Ergebnisse zeigen zum einen, daß nur bis zu rund einem Drittel der Schnittware von auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen durch Sonnenbrand beeinträchtigt ist. Oberflächenrisse, die durch Sonnenbrand hervorgerufen sind, treten nur in geringem Umfang auf, hieraus resultierende Entwertungen können vernachlässigt werden, da sie in der Regel durch die weiter oben bereits dargestellten Verstockungserscheinungen im Zusammenhang mit Sonnenbrand überlagert werden.

Im Zusammenhang mit der vorstehenden Diskussion zur Bedeutung der Oberflächenrisse durch Sonnenbrand sind die weiter oben dargestellten Ausführungen zur oberflächennahen Verstockung des Rundholzes infolge des Wirkungsgefüges Sonnenbrand - (Rindenablösung - Einlauf) - Verstockung zu sehen. Sie bestätigen den marginalen Stellenwert der durch Sonnenbrand verursachten Wertverluste und zeigen anhand des erweitert geführten Besäumschnitts eine Möglichkeit auf, diese zu minimieren.

Die oberflächennahe Ausbreitung und nur geringe Tiefenausdehnung der durch Sonnenbrand hervorgerufenen Veränderungen der Holzqualität wird von mehreren Autoren bestätigt.

KUNZ (1961, S.66) ermittelte an lebend gelagerten Buchen durch Sonnenbrand hervorgerufene Verfärbungszonen von ein Viertel bis ein Drittel Zentimeter Tiefe.

SCHWERDTFEGER (1963, S. 496) stellte bei lebend gelagerten Buchen nur periphere Auswirkungen des Sonnenbrandes auf die Holzqualität fest, die auf ein Zehntel des Stammdurchmessers beschränkt blieben und maximal 5 Zentimeter tief reichten.

Die Feststellung, daß Sonnenbrand sich nur oberflächennah auswirkt, findet sich auch bei MAHLER et al. (1990, S. 5.3), die ausführen, daß der Sonnenbrand erfahrungsgemäß auf den äußeren Splint beschränkt bleibt.

SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA (1991, S. 55) und OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE (1992, S. 231) haben in ihrer Untersuchung über lebend gelagerte Buchen in keinem Fall durch Sonnenbrand verfärbte Holzpartien gefunden, die tiefer gingen als 4 Zentimeter und folgern, daß dies keine erhebliche Qualitätsminderung sei.

Haufenpolter an der Waldstraße

Bei der Schnittware aus Buchenstammholz aus konventionellen Haufenpoltern am Waldstraßenrand treten Oberflächenrisse häufiger auf, als bei der Schnittware aus Flächenwurf. Sonnenbrand als Ursache für Oberflächenrisse ist bei dem im Haufenpolter gelagerten Rundholz auszuschließen.

Der Grund für diese Rißbildung, die bei einem Anteil von 10 % (Klink) und 11,3 % (Steinberg) der Schnittware auftritt, ist vielmehr in der weitgehenden Austrocknung dieser Rundholzabschnitte im Vergleich zu lebend gelagerten Buchen zu sehen. Im November 1991 betrug die Splintholzfeuchte des Stammholzes in Haufenpoltern noch rund 50 % und liegt damit deutlich unter den Werten lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche von im Mittel rund 69 % (s. Kapitel 4.21).

Die Güteklassenrelevanz der Oberflächenrisse ist bei der Schnittware von Stammholz aus Haufenpoltern an der Waldstraße infolge des Ausprägungsgrades oder durch die Überlagerung anderer Gütemerkmale allerdings verschwindend gering und liegt in Verbindung mit dem Vorkommen anderer, gleichermaßen güteklassenrelevanter Lagerschäden bei 1 % der untersuchten Schnittware.

4.12 Schnittholzfeuchte

Nach dem Einschnitt im Dezember 1991 wurde das Schnittholz auf dem Lagerplatz des Sägewerks gestapelt. Die oberste Lage der Stapel wurde abgedeckt. Die Schnittholzaufnahme begann Ende Februar und dauerte, unterbrochen durch die Osterferien im April, bis Ende Mai 1992.

Während des Zeitraums der Schnittholzuntersuchung wurde die Schnittholzfeuchte an 447 Brettern und Bohlen erhoben. Der Mittelwert lag über alle Versuchsvarianten mit 29 % im Bereich der Fasersättigungsfeuchte, die von KNIGGE und SCHULZ (1966) mit 35,6 % angegeben wird. Bei der Schnittware frisch eingeschlagener Buchen aus stehendem Bestand von der Versuchsfläche im Revier Steinberg wurde die höchste durchschnittliche Schnittholzfeuchte mit 37 % festgestellt, gefolgt von der Schnittware lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche des gleichen Standorts mit rund 32 %. Diese Holzfeuchte wurde auch bei der Schnittware der entsprechenden Variante im Revier Klink gemessen. Die Mittelwerte bei den restlichen Varianten unterschieden sich nur geringfügig (s. Tabelle 4.12.1).

Schnittholzfeuchte								
u %	Revier Klink				Revier Steinberg			
	Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter	Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter
$\bar{x}$	**31,8**	**27,8**	**28,9**	**27,8**	**37,0**	**25,6**	**32,1**	**27,7**
s	12,98	9,72	8,71	10,40	17,14	7,75	9,37	11,89
VK (%)	40,9	35,0	30,2	37,5	46,3	30,3	29,2	42,9
min	17,0	16,0	17,0	14,0	18,0	17,0	18,0	9,0
max	62,0	53,0	50,0	66,0	67,0	50,0	54,0	61,0
n	49	56	60	96	27	37	54	67

Tabelle 4.12.1: Schnittholzfeuchte zwei bis vier Monate nach Einschnitt vom Dezember 1991

Die Ursache für die Unterschiede zwischen den Varianten liegt in der unterschiedlich langen Schnittholzlagerung der Varianten zwischen Einschnitt und Schnittholzsortierung.

In der vorliegenden Arbeit hat die Aufnahme der Schnittholzfeuchte den rein deskriptiven Zweck, die zum Zeitpunkt der Schnittholzaufnahme vorgefundene Holzfeuchte zu erfassen.

4.13 Farbaufnahme des Schnittholzes

Die Beurteilung der Farbe mit Hilfe bodenkundlicher Farbtafeln der MUNSELL SOIL COLOR CHARTS bewährte sich in der Untersuchung als geeignetes Instrument zur Charakterisierung der vorgefundenen Farben. Die Farbveränderungen der Schnittware werden durch die breite Palette der für bodenkundliche Feldaufnahmen konzipierten Farbtafeln abgedeckt. Der beobachterabhängige, subjektive Farbeindruck kann durch die Anwendung der Farbtafeln eingegrenzt und objektiviert werden.

Im Laufe der Untersuchung wurden Farbveränderungen an insgesamt 378 Bohlen und Brettern bestimmt, an denen gleichzeitig die Holzfeuchte der Schnittware erfaßt wurde (s. Kapitel 4.12). Die Ergebnisse der Farbaufnahme für Farben, deren relative Häufigkeit über 1 % liegt, sind für die Gütemerkmale *Einlauf* und *Verstocken* in Abbildung 4.13.1 dargestellt.

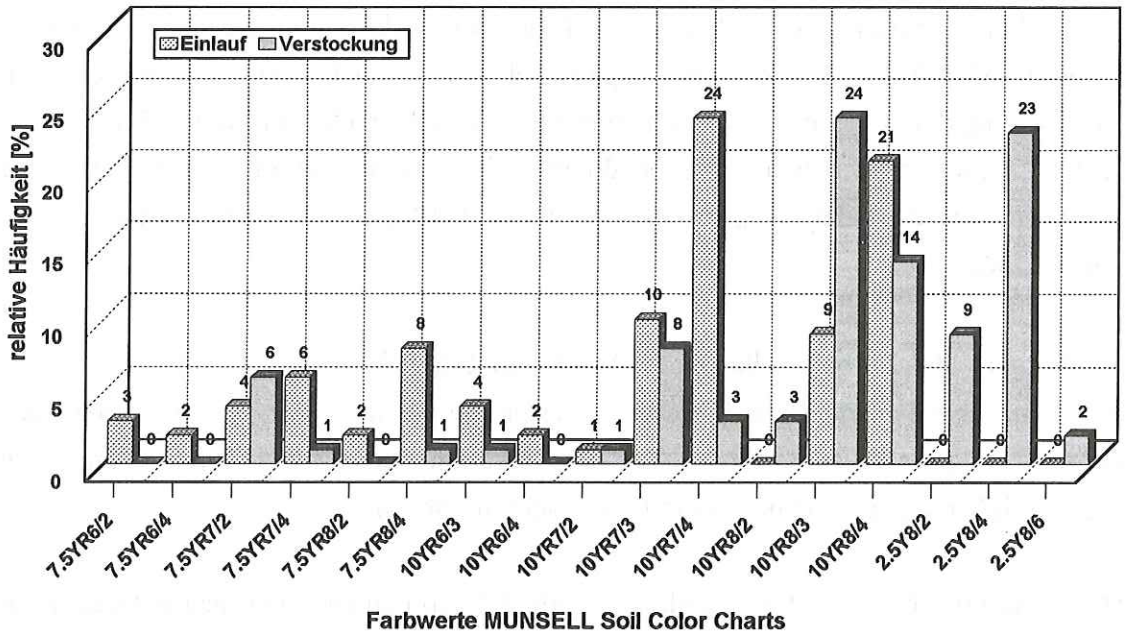


Abbildung 4.13.1: Farben der Schnittware des Versuchseinschnitts Dezember 1991

Beim Gütemerkmal *Einlauf* (384 Aufnahmen an 348 Bohlen und Brettern) können die am häufigsten vorkommenden Farben als ein helles bis sehr helles Ocker mit leichtem Graustich bezeichnet werden. Nach der MUNSELL-Klassifikation wird die am häufigsten vorkommende Farbe bei Einlauf mit 10YR7/4 bezeichnet. Die vorgefundene Farbe 10YR7/4 wird innerhalb des Farbtons (*hue*) 10Y/R näher charakterisiert durch die Helligkeit (*value*, 2-8), die durch die Ziffer 7 als sehr hell ausgewiesen ist und durch die über den Grauanteil differenzierte Intensität (*chroma*, 1-8), die mit der Ziffer 4 in einem mittleren Bereich liegt. Die Farben 10YR7/3, 10YR7/4, 10YR8/3 und 10YR8/4, die am

häufigsten beim Einlauf festgestellt wurden, liegen im obersten Helligkeitsbereich der Farbtafel und werden als Gruppe zusammengefaßt als *very pale brown* bezeichnet.

Beim Gütemerkmal *Verstocken* (238 Aufnahmen an 208 Bohlen und Brettern) gibt es zwei Farbschwerpunkte. Von der Farbtafel 10YR sind die bereits beim Einlauf erwähnten Farben 10YR7/3, 10YR8/3 und 10YR8/4 vertreten. Der zweite für Verstockung sehr charakteristische Farbton wird durch die Tafel 2.5Y repräsentiert. Die beiden am häufigsten vorkommenden Farben 2.5Y8/2 und 2.5Y8/4 liegen im obersten Helligkeitsbereich und zeichnen sich durch mittlere Intensität aus. Nach der MUNSELL-Klassifikation werden sie verbal beschrieben als *white* (2.5Y8/2) und *pale yellow* (2.5Y8/4).

Die Erklärung für die unterschiedlichen Farben bei dem Gütemerkmal *Verstocken* liegen darin begründet, daß Einlauf eine Vorstufe der sich daraus in fließendem Übergang entwickelnden Verstockung darstellt (s. Kapitel 3.112 und 4.115). Bei beginnender Verstockung überwiegen in diesen nur leicht verstockten Partien die graubraunen Farbtöne der Tafel 10YR, wohingegen sich eine bereits weiter fortgeschrittene Verstockung durch den mehr gelben Farbton der Tafel 2.5Y charakterisieren läßt, der die in der Literatur beschriebene typische Weißfleckigkeit repräsentiert (MAYER-WEGELIN, 1950; KOLLMANN, 1950; HOLZ, 1959; VINTILA et al. 1962 in LYR und GILLWALD, 1963; DIN 68256).

Die festgestellten Farben stellen einen Ansatz zur Entwicklung eines Farbschlüssels dar, mit dem anhand eindeutiger Farbwerte, beispielsweise nach der in der vorliegenden Untersuchung angewandten MUNSELL-Klassifikation, Schnittholz-Gütemerkmale, die sich durch Farben auszeichnen, identifiziert werden können.

Die in der DIN-Norm 68256 enthaltenen Farbtafeln zu den Gütemerkmalen *Einlauf* und *Verstocken* lassen einen zu großen subjektiven Interpretationsspielraum, der durch den Gütemerkmalen zugeordnete Farbbereiche in Form konkreter Farbwerte eingeengt werden könnte. Durch die Ermittlung von Farbgrenzwerten für die Gütemerkmale *Einlauf* und *Verstocken* wäre eine nachvollziehbare und relativ exakte Identifikation der Gütemerkmale möglich. Aufgrund der Bedeutung solcher Grenzwerte hinsichtlich verläßlicher Festigkeitseigenschaften des Holzes (s. Kapitel 4.115), wären begleitende mikroskopische Untersuchungen auf holzzerstörende Pilze im Rahmen weiterführender Farbuntersuchungen zwingend notwendig, um zu gesicherten Grenzwerten zu gelangen.

4.14 Wertentwicklung im Untersuchungszeitraum

Im Rahmen der Voruntersuchung wurden zwei Versuchseinschnitte im Oktober 1990 und März 1991 durchgeführt. Neben dem Ziel, Grundlagen für die Hauptuntersuchung nach zwei Vegetationsperioden zu erarbeiten, konnte hierdurch die Wertentwicklung der lebend gelagerten Buchen und der Vergleichsvariante der im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitte verfolgt werden.

Die Sortierung der Schnittware in der Voruntersuchung erfolgte ausschließlich nach den Gütemerkmalen der DIN-Norm 68369, die durch die Lagerung verändert werden können. Andere Gütemerkmale, die durch die Lagerung nicht verändert werden, wie Äste, Drehwuchs, Faserneigung etc. wurden nicht erfaßt. Da zwischen den lebend gelagerten Buchen in den Versuchsrevieren Klink und Steinberg in der Schnittholzausbeute der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 keine standörtlichen Unterschiede festgestellt werden konnten (s. Kapitel 4.3), werden die Ergebnisse für beide Standortvarianten zusammengefaßt dargestellt. (s. Tabelle 4.14.1, Abbildung 4.14.1).

Versuchseinschnitt Oktober 1990

Die vorgefundenen Lagerschäden waren bei den Varianten der Lebendlagerung hauptsächlich Einlauf und in sehr geringem Umfang Verstocken sowie Einlauf und Verstocken bei den Vergleichsvarianten der im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitte. Andere Lagerschäden nach DIN-Norm 68369, wie beispielsweise Insektenbefall durch holzbrütende Käfer oder Kernfäule, kamen nicht vor.

Die Ausbeute an qualitativ hochwertiger Schnittware der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 betrug bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm rund 84 %, bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche rund 62 % der Haupt- und Seitenware. Im Gegensatz hierzu wurden von der Schnittware der im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitte nur noch 23 % der Bohlen und Bretter in die Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 sortiert.

Legt man der Wertverlustermittlung den in Kapitel 4.113 und 4.114 als theoretische Wertverlustberechnung vorgestellten Ansatz zugrunde, ergeben sich nach der ersten Vegetationsperiode nach dem Sturmwurf auf der Basis der relativen Häufigkeiten der Schnittware in den Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 folgende Wertverluste: Einzelwurf unter Schirm 16 %, Flächenwurf ohne Beschattung 38 %, Haufenpolter an der Waldstraße 77 %.

Anteile der Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 an der Schnittware lebend gelagerter Buchen und bei Stammholz aus Haufenpoltern am Waldstraßenrand				
Versuchseinschnitt im Oktober 1990				
	Lebendlagerung insgesamt	Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung	Haufenpolter am Waldstraßenrand
Stammholzabschnitte	72	32	40	24
Sägeabschnitte	232	90	142	60
Festmeter o. R.	93,41	25,27	68,14	20,16
Schnittware (Stückzahl)	1334	471	863	254
Güteklasse 1 (DIN 68369)	898	385	513	54
Anteil an der Schnittware [%]	67,3	81,7	59,4	21,2
Güteklasse 2 (DIN 68369)	29	10	19	4
Anteil an der Schnittware [%]	2,2	2,1	2,2	1,6
Güteklasse 3 (DIN 68369)	407	76	331	196
Anteil an der Schnittware [%]	30,5	16,2	38,4	77,2
Versuchseinschnitt im März 1991				
	Lebendlagerung insgesamt	Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung	Haufenpolter am Waldstraßenrand
Stammholzabschnitte	70	33	37	34
Sägeabschnitte	169	77	92	114
Festmeter o. R.	80,41	32,78	47,62	37,54
Schnittware (Stückzahl)	925	380	545	618
Güteklasse 1 (DIN 68369)	514	240	274	43
Anteil an der Schnittware [%]	55,6	63,2	50,3	7,0
Güteklasse 2 (DIN 68369)	17	5	12	10
Anteil an der Schnittware [%]	1,84	1,3	2,2	1,6
Güteklasse 3 (DIN 68369)	394	135	259	565
Anteil an der Schnittware [%]	42,6	35,5	47,5	91,4
Versuchseinschnitt im Dezember 1991				
	Lebendlagerung insgesamt	Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung	Haufenpolter am Waldstraßenrand
Stammholzabschnitte	80	40	40	40
Sägeabschnitte	261	131	130	159
Festmeter o. R.	125,30	59,10	66,20	55,72
Schnittware (Stückzahl)	1929	937	992	910
Güteklasse 1 (DIN 68369)	683	415	268	0
Anteil an der Schnittware [%]	35,4	44,3	27,0	0
Güteklasse 2 (DIN 68369)	21	10	11	0
Anteil an der Schnittware [%]	1,1	1,1	1,1	0
Güteklasse 3 (DIN 68369)	1152	483	669	208
Anteil an der Schnittware [%]	59,7	51,6	67,4	22,9
ohne Güteklasse (DIN 68369)	73	29	44	702
Anteil an der Schnittware [%]	3,8	3,1	4,4	77,1

Tabelle 4.14.1: Güteklassenanteile (DIN 68369) des Schnittholzes lebend und im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerter Buchen im Oktober 1990, März 1991 und Dezember 1991

Versuchseinschnitt März 1991

Über das Winterhalbjahr verringerte sich die Ausbeute an besseren Schnittholzqualitäten in den Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369. Wie bereits im vorhergehenden Oktober dominierte beim lebend gelagerten Holz der Lagerschaden Einlauf.

Bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm wurden mit rund 65 % etwa 20 %, bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche mit gerundet 53 % ca. 10 % weniger Bohlen und Bretter in die Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 sortiert als im Oktober 1990. Das Stammholz aus den Haufenpoltern an der Waldstraße war nahezu völlig entwertet. Aus den Rundholzabschnitten wurde den Schnittholzgüteklassen 1 und 2 nur noch ein Anteil an der Schnittware von rund 9 % zugeordnet.

Unter Bezug auf eine durch Lagerschäden nicht veränderte Ausgangsqualität ergaben sich nach der vorstehend erwähnten Methode der Wertverlustermittlung nach einer Vegetationsperiode und bis zum Ende des darauf folgenden Winters bei lebend gelagerten Buchen Entwertungen in einer Größenordnung von 35 % (Einzelwurf unter Schirm) bis 47 % (Flächenwurf) des Schnittholzes. Die Schnittware der Stammholzabschnitte, die im Haufenpolter an der Waldstraße gelagert wurden, war zu über 90 % nahezu vollständig entwertet.

Versuchseinschnitt Dezember 1991

Nach zwei Vegetationsperioden zeigte sich eine deutliche Verschlechterung der Schnittholzqualitäten bei sämtlichen Varianten der Rundholzlagerung. Die Ergebnisse dieses Versuchseinschnitts sind in den Kapiteln 4.111 bis 4.115 eingehend beschrieben, so daß im Hinblick auf die Kontinuität in der Darstellung der Wertentwicklung an dieser Stelle nur die Ergebnisse kurz wiederholt werden, die nach dem gleichen Bewertungsansatz *(Lagerungsbedingte Qualität)* erzielt wurden, der der Schnittholzbewertung in der Voruntersuchung zugrunde lag.

Lebend gelagerte Buchen unter Schirm erzielten einen Schnittholzanteil in den Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 von rund 45 %, bei lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche lag der entsprechende Anteil bei rund 28 %. Von der Schnittware des Stammholzes aus den Haufenpoltern an der Waldstraße konnte keine Schnittware mehr in die Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 sortiert werden.

Der Wertverlust lag für lebend gelagerte Buchen unter Schirm bei rund 55 %, bei den auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen bei rund 72 %. Die Schnittware von dem Stammholz der Haufenpolter an der Waldstraße war zu 100 % entwertet.

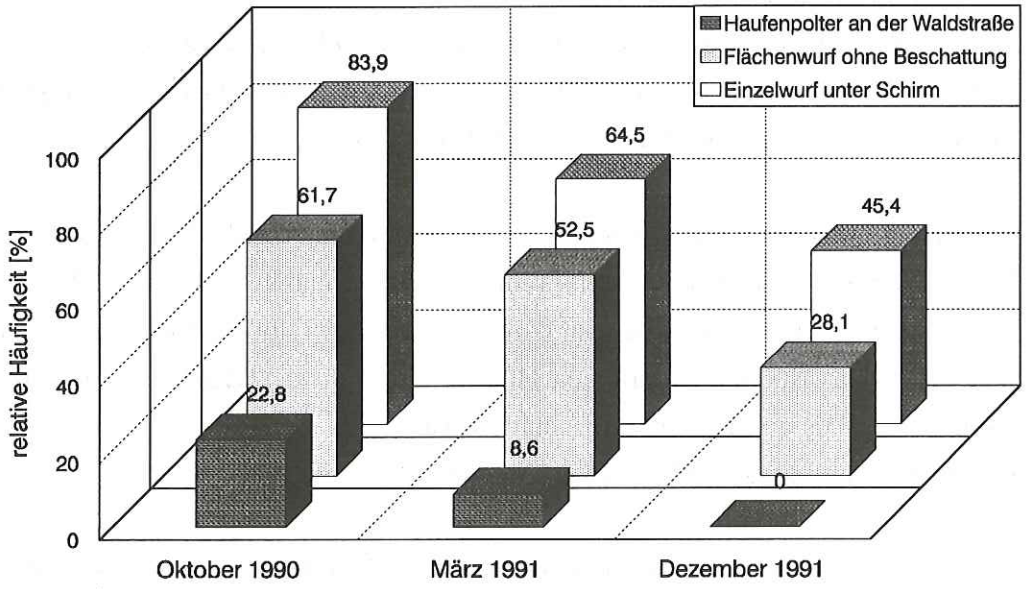


Abbildung 4.14.1: Anteile der Güteklassen 1 und 2 (DIN 68369) an der Gesamtzahl der eingeschnittenen Bretter und Bohlen je Variante; Bewertung der Schnittware ausschließlich nach Lagerschäden, ohne Berücksichtigung anderer Gütemerkmale (Bewertungsansatz 2: *Lagerungsbedingte Qualität*)

Die Bewertung der Schnittware ausschließlich nach Gütemerkmalen, bei denen Veränderungen durch die Lagerung zu erwarten sind, gestattet anhand der drei Versuchseinschnitte, die 8, 12 und 21 Monate nach dem Sturmwurf durchgeführt wurden, eine Betrachtung der Wertentwicklung über zwei Vegetationsperioden vom Sturmwurf am 1. März 1990 bis zum Dezember 1991.

Der Vergleich der Versuchseinschnitte zeigt, daß nach einer Vegetationsperiode die Varianten der Lebendlagerung deutlich bessere Ergebnisse erzielten als die Lagerung im Haufenpolter an der Waldstraße. Hiermit werden die Ergebnisse von SCHWERDTFEGER (1963) bestätigt, der nach einer Vegetationsperiode bei lebend gelagerten Buchen bessere Qualitäten feststellte als bei im Frühjahr aufgearbeiteten Buchen, die bis zum Herbst verstockt waren; zu den gleichen Folgerungen gelangt KUNZ (1961).

Es müssen aber auch bei der Lebendlagerung bereits nach der ersten überstandenen Vegetationsperiode Wertverluste akzeptiert werden, die vor allem bei lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche größere Ausmaße annehmen, wobei der sonnenexponierten Lage eine maßgebliche Rolle zukommt. Über den Winter schreitet bei den auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen die Entwertung deutlich langsamer fort, steigt dann aber in der zweiten Vegetationsperiode erneut deutlich an.

Die Entwicklung des Wertverlustes verläuft bei den unter Schirm lebend gelagerten Buchen langsamer und kontinuierlicher. Aus der Darstellung 4.14.1 sind Wertverlustraten von rund 20 % zwischen den einzelnen Versuchseinschnitten ablesbar. Dies hängt im wesentlichen mit der Schadenssymptomatik des für die Wertverluste dieser Versuchsvariante ausschlaggebenden Lagerschadens Einlauf zusammen.

Der geringe und nur sehr langsam fortschreitende Rückgang der Holzfeuchte (s. Kapitel 4.21) und damit verbunden das langsame Absterben der Parenchymzellen der lebend gelagerten Buchen unter Schirm ist Voraussetzung für die stetig fortschreitende Entwicklung des Einlaufs (ZYCHA, 1948; KOLLMANN, 1950; s. Kapitel 3.112 und 4.115). Da aufgrund der hohen Holzfeuchten der unter Schirm lebend gelagerten Buchen Pilze in geringerem Umfang an der Schadensentwicklung beteiligt sind als auf der Freifläche, sind Entwertungsschübe während der Vegetationszeit durch diese Schadorganismen in Form von Verstockung noch nicht nachweisbar.

Dies zeigt im Gegensatz hierzu die Wertentwicklung während der beiden Vegetationsperioden auf der Freifläche. Die relative Stagnation in der Schadensentwicklung während des Winterhalbjahres ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß die holzabbauenden Aktivitäten pilzlicher Organismen im Winter unter anderem aufgrund niedriger Temperaturen stark reduziert sind (RYPÁČEK, 1966; SCHWERDTFEGER, 1981).

Nach zwei Vegetationsperioden Lebendlagerung ist die Ausbeute an hochwertigem Schnittholz, repräsentiert durch die Güteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369, auch bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm stark reduziert; ferner zeigen die Ergebnisse, daß die Lebendlagerung von Sturmwurfbuchen auf der Freifläche ohne Beschattung über zwei Vegetationsperioden hinweg erhebliche Risiken beinhaltet.

Die dargestellten Ergebnisse nach einer und insbesondere nach zwei Vegetationsperioden stehen somit in teilweisem Widerspruch zu anderen Untersuchungen und Erfahrungsberichten zur Lebendlagerung der Buche.

In verschiedenen Publikationen wird festgestellt, daß bei lebend gelagerten Buchen nach einer Vegetationsperiode bzw. nach einem Jahr nach dem Sturm keine oder nur geringe Schäden festzustellen sind und die Lebendlagerung für diesen Zeitraum empfohlen werden kann (SCHWAIGER, 1959; SCHWERDTFEGER, 1963; KUNER 1967; MOLTESEN und DALGAS, 1973; v. AUFSEß, 1974; SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA, 1991; OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE, 1992).

Abgesehen von MOLTESEN und DALGAS (1973), SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA (1991) und OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE (1992) wird in den zitierten Arbeiten nicht unterschieden, ob es sich bei der Darstellung oder Untersuchung der Lebendlagerung um Einzelwürfe oder Flächenwürfe handelt.

Aufgrund der herausragenden Bedeutung des überschirmenden Kronendachs für die Qualitätserhaltung lebend gelagerter Buchen muß auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse klar herausgestellt werden, daß eine Differenzierung zwischen Einzelwurf unter Schirm und Flächenwurf in Kahllage von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der Lebendlagerung ist, denn zumindest auf der Freifläche muß schon nach einer Vegetationsperiode mit größeren Wertverlusten gerechnet werden. Gleichzeitig muß aber ausgehend von den oben dargestellten Ergebnissen als praktische forstbetriebliche Schlußfolgerung ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die Aufarbeitung von Buchensturmholz vor oder nach Beginn der Vegetationszeit und die anschließende Lagerung der Stammholzabschnitte im Haufenpolter an der Waldstraße keine Alternative darstellt.

Für die unter Schirm lebend gelagerten Buchen hingegen können die Ergebnisse der zitierten Arbeiten weitgehend bestätigt werden, Entwertungen der Schnittware traten nach der ersten Vegetationsperiode bis zur Aufarbeitung im Frühherbst nur in geringem Umfang auf. Die Schäden entwickelten sich aber über den Winter hinweg stetig weiter, wie oben dargestellt wurde.

Ausgehend von der Unterscheidung zwischen Einzelwürfen unter Schirm und Flächenwürfen bei MOLTESEN und DALGAS (1973), OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE (1992) und SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA (1991) bezieht sich die Empfehlung dieser Verfasser zur Lebendlagerung über längstens eine Vegetationsperiode auf *Flächenwürfe*.

Für *Einzelwürfe* unter Schirm empfehlen APEL et al. (1992) sowie OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE (1992) die Lebendlagerung über zwei Vegetationsperioden hinweg bzw. bis zu zwei Jahren. MOLTESEN und DALGAS (1973) halten bei dieser Form des Sturmwurfs eine Lebendlagerung ohne größere Schäden bis zu drei Jahren für möglich. KUNZ (1961) folgert, daß Einzel- und Nesterwürfe sowie Flächenwürfe in wenig besonnten Lagen bis zum zweiten Winter nach Sturmwurf ohne nennenswerte Qualitätsminderung lebend gelagert werden könnten.

Eine Reihe weiterer Autoren halten bei der Buche eine längere Lebendlagerung als über eine Vegetationsperiode und zum Teil bis über zwei Vegetationsperioden hinaus für möglich, ohne hierbei aber eine Differenzierung nach der Form der Lebendlagerung

(Einzelwurf, Flächenwurf) vorzunehmen (MOLTESEN, 1969; MOLTESEN, 1971; DELORME und WUJCIAK, 1973; SCHINDLER, 1973; SCHNELL, 1986; LIESE und PEEK, 1987).

Der entscheidende Unterschied der vorliegenden Untersuchung zu den zitierten Arbeiten liegt in der unterschiedlichen methodischen Vorgehensweise zur Erfassung der Qualitätsveränderungen durch die Lebendlagerung. Ein weiterer Unterschied beruht auf dem systematischen sowie vergleichenden Forschungsansatz und dem großen Umfang der vorliegenden Untersuchung im Vergleich zu bisherigen Untersuchungen (s. Kapitel 1.2).

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung basieren auf der Erfassung der Lagerschäden am *Schnittholz* mit einem *standardisierten Verfahren,* das sich auf konkrete Definitionen und Meßanweisungen bezieht (DIN-Normen). Der methodische Schwerpunkt liegt in der *Schnittholzbewertung* ausgehend von einem genormten Standard.
Die vorstehend aufgeführten und in Kapitel 1.2 zitierten Untersuchungen beschränken sich in der Regel auf die Beurteilung der Lagerschäden an Stammquerschnittsflächen und okulare Qualitätsbeurteilungen an der Stammoberfläche. Auf den schwachen bis fehlenden Zusammenhang zwischen Rundholzqualität und erzielbarer Schnittholzqualität (SCHULZ, 1961 und 1993; HECKEL, 1977; HENLE, 1991) wurde in Kapitel 3.11 und 4.113 bereits hingewiesen.
Durch den in der vorliegenden Untersuchung gewählten Forschungsansatz ergeben sich daher grundlegend andere Ergebnisse, als bei der ausschließlichen Beurteilung der Lagerschäden am Rundholz über kleine Stichproben (KUNZ, 1961; MOLTESEN 1971; SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA 1991; OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE; 1992).

Aus diesem Grunde werden von den vorstehend genannten Autoren zum Teil abweichende Schlußfolgerungen gezogen (s. Kapitel 5). Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Lagerdauer in die zweite auf den Sturm folgende Vegetationsperiode hinein und länger.

Zusammenfassend kann zur Wertentwicklung lebend gelagerter Buchen aus Wintersturmwurf im Untersuchungszeitraum festgestellt werden, daß bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm bis zum Beginn des nachfolgenden Herbstes nur geringe Qualitätseinbußen erkennbar waren, lebend gelagerte Buchen auf der Freifläche zeigten bereits deutliche Entwertungen. Nach zwei Vegetationsperioden wurden bei den Flächenwürfen drastische Qualitätsverluste konstatiert, bei Einzelwürfen unter Schirm waren zu diesem Zeitpunkt bereits erhebliche Wertverluste feststellbar.

4.2 Rundholz

4.21 Splintholzfeuchte

Die Splintholzfeuchte ist von allen untersuchten Parametern derjenige, der hinsichtlich der physiologischen Aktivität lebend gelagerter Buchen die höchste Aussagekraft erwarten läßt (KOLTZENBURG und KNIGGE, 1987; BUCHER und KUČERA, 1991).

Die Ergebnisse der Splintholzfeuchtemessungen, die über insgesamt 2959 Bohrkerne an 418 Buchen zu den drei Einschnitterminen durchgeführt wurden, sind als Mittelwerte der Varianten aus den Mittelwerten der Versuchsbäume und Stammabschnitte in der Tabelle 4.21.1 dargestellt (Holzfeuchte in Prozent bezogen auf das Darrgewicht).

Beim zeitlichen Vergleich der Varianten muß berücksichtigt werden, daß eine Probenentnahme an den für die Versuchseinschnitte vorgesehenen Versuchsbäumen erst unmittelbar zu den Versuchseinschnitten erfolgte (s. Kapitel 3.21). Anstelle der Holzfeuchte lebend gelagerter Buchen unmittelbar nach dem Sturmwurf erscheint der stehende Bestand als Bezugspunkt besser geeignet, Veränderungen in der Holzfeuchte bei lebend gelagerten Buchen aufzuzeigen. Frisch eingeschlagene Buchen aus stehendem Bestand repräsentieren Holzfeuchtewerte unter Normalbedingungen und haben zudem den Vorteil, daß sie jahreszeitliche Veränderungen in der Splintholzfeuchte unbeeinflußt widerspiegeln. Bei isolierter Betrachtung der Splintholzfeuchte lebend gelagerter Buchen ohne Bezug zum stehenden Bestand können Überlagerungen jahreszeitlich bedingter Schwankungen und die durch die Versuchsanstellung bedingten Veränderungen der Holzfeuchte bei den Versuchsbäumen nicht ausgeschlossen werden.

Bei der Buche ist eine ausgeprägte Variabilität der Holzfeuchte während des Jahres bekannt (HARTIG, 1882; KNUCHEL, 1935; BRAUN, 1982; BURMESTER, 1983; KOLTZENBURG und KNIGGE, 1987; GLAVAC et al., 1990; BUCHER und KUČERA, 1991). Der Jahresverlauf der Holzfeuchte bei dieser Baumart ist geprägt durch ein Minimum zum Ende der Vegetationszeit. Ab November steigt die Holzfeuchte wieder an und erreicht ihr Maximum im Jahresverlauf ab März bis April, um nach dem Laubausbruch wieder langsam im Verlauf der Vegetationszeit abzusinken auf ihr Minimum mit dem Blattfall im Oktober.

Mit Ausnahme der Oktoberaufnahme 1990 auf dem Standort mit dem geringeren Wasserangebot im Revier Steinberg sind aufgrund der eigenen Messungen die aus der Literatur bekannten Veränderungen der Holzfeuchte im Jahresverlauf am stehenden

Bestand nachvollziehbar. Nach einem Anstieg der Holzfeuchte ab Oktober 1990 von gerundet 82 % (Klink) bis zum März 1991 auf rund 88 % (Klink) und 90 % (Steinberg) sinkt sie bis zum November 1991 wieder auf rund 84 % (Klink) und 85 % (Steinberg) ab.

Splintholzfeuchte								
u %	Revier Klink				Revier Steinberg			
	stehender Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter Waldstraße	stehender Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter Waldstraße
Oktober 1990								
$\bar{x}$	**81,8**	**83,0**	**68,9**	**62,0**	**92,1**	**72,1**	**74,4**	**46,9**
% *)	100	101	84	76	100	78	81	51
s	6,09	9,26	12,91	11,10	3,32	9,25	10,54	6,90
VK (%)	7,4	11,2	18,7	17,9	3,6	12,8	14,2	14,7
min	75,0	61,1	43,8	44,7	88,7	54,5	43,4	34,8
max	88,1	99,1	87,9	83,1	96,0	83,1	84,8	60,0
n	5	20	20	21	5	20	20	24
März 1991								
$\bar{x}$	**88,2**	**81,2**	**80,4**	**67,6**	**89,6**	**79,6**	**76,8**	**52,2**
% *)	100	92	91	77	100	89	86	58
s	4,94	14,79	11,91	10,37	6,08	15,21	11,62	8,74
VK (%)	5,6	18,2	14,8	15,3	6,8	19,1	15,1	16,7
min	80,6	56,0	56,6	50,9	82,3	52,6	52,4	39,9
max	93,9	104,8	98,3	82,3	99,4	100,5	95,6	75,3
n	10	20	20	14	10	20	20	24
November 1991								
$\bar{x}$	**84,1**	**79,6**	**73,6**	**50,5**	**85,4**	**77,5**	**64,2**	**48,9**
% *)	100	95	88	60	100	91	75	57
s	3,17	14,76	17,80	7,61	7,17	14,57	18,63	7,72
VK (%)	3,8	18,5	24,2	15,1	8,4	18,8	29,0	15,8
min	78,3	55,9	46,4	39,1	75,0	46,6	45,3	36,4
max	89,0	104,8	99,0	64,6	98,4	103,2	114,0	67,0
n	10	20	20	21	10	20	20	24
*) vom stehenden Bestand der jeweiligen Standortvariante								

Tabelle 4.21.1: Mittelwerte der Splintholzfeuchte für die Versuchsvarianten, berechnet aus den Mittelwerten der Versuchsbäume der drei Versuchseinschnitte vom Oktober 1990, März 1991 und November 1991

Das Minimum der Holzfeuchte gegen Ende der Vegetationszeit ist optisch erkennbar in hellen, dem Jahrringverlauf folgenden konzentrischen Ringen bis halbmondförmigen Kreisbögen im Stammzentrum, die auf Querschnittsflächen bei der Aufarbeitung und der Einteilung der Stammabschnitte in Sägeabschnitte im Sägewerk im Oktober 1990

sichtbar wurden. Diese physiologisch normalen Trockenzonen stellen nach GLAVAC et al. (1990, S. 441) Gasembolien dar, wobei die Autoren darauf hinweisen, daß noch nicht geklärt sei, wie die Buche die erfolgreiche „Gasembolie-Reparatur" bewerkstellige. Diese reversiblen Trockenzonen verschwinden wieder infolge der ab Ende Oktober über den Winter langsam ansteigenden Holzfeuchte.

Die Holzfeuchte der Stammholzabschnitte im Haufenpolter an der Waldstraße sind schon nach einem halben Jahr Lagerung deutlich reduziert und stellen sich bis zum Ende der Untersuchung bei ca. 50 % ein. Eine Erhöhung der Holzfeuchtewerte im März 1991 ist auch bei dieser Vergleichsvariante feststellbar, ohne daß jahreszeitlich bedingte Änderungen einer physiologisch intakten Holzfeuchte als Erklärung herangezogen werden können. Da diese Stämme rund ein Jahr vom Stock getrennt und gerade im Außenbereich schon weitgehend verstockt waren, liegt die Vermutung nahe, daß die Meßwerte aufgrund der höheren Niederschläge im Winterhalbjahr durch die Außenfeuchte oder Umgebungsfeuchte der Stämme im Polter beeinflußt worden sind und nicht physiologische Splintholzfeuchten wiedergeben.

Wie bereits an verschiedenen Stellen dargestellt wurde (s. Kapitel 3.112, 4.115), sind am Verstockungsprozeß Pilze beteiligt. Holzzerstörende Pilze gewinnen als heterotrophe Organismen die notwendige Energie nur aus den Atmungsprozessen, als deren Atmungsprodukte Kohlendioxyd und Wasser anfallen (KOLLMANN, 1951, S. 52; RYPÁČEK, 1966, S. 73 ff.). RYPÁČEK (1966, S. 75) führt aus, daß beim Abbau der Zellulosen und Hemizellulosen Pilze in der Lage sind, große Mengen an Wasser als Atmungsprodukt zu produzieren, die den ursprünglichen Feuchtegehalt des Holzes beträchtlich übersteigen können. Dies kann als eine weitere Erklärung für die erhöhten Holzfeuchten im Stammholz dieser Vergleichsvarianten herangezogen werden.

Die Tätigkeit holzzerstörender Pilze bewirkt Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Holzes, die sich ebenfalls in erhöhten Holzfeuchten niederschlägt. Die Wasseraufnahmefähigkeit wird mit zunehmendem Holzabbau allmählich größer (RYPÁČEK, 1966, S.116). Da Verstocken eng mit der Abbautätigkeit holzzerstörender Pilze verbunden ist, steigt bei der Buche im Laufe der Verstockung das Wasseraufnahmevermögen (SOLNCEV, zit. n. RYPÁČEK, 1966, S. 119).

Bei der Interpretation der Holzfeuchtewerte dieser Versuchsvariante vom November 1991 ist davon auszugehen, daß aufgrund der bereits weit fortgeschrittenen Holzzerstörung, der sommerlichen Austrocknung und der zu Beginn des Winterhalbjahres noch relativ geringen Umgebungsfeuchte im äußeren Splintholzbereich

andere Verhältnisse vorlagen. Es kann angenommen werden, daß sich zu diesem Zeitpunkt die beschriebenen Mechanismen und Zersetzungsprozesse ins Stamminnere verlagert hatten, da aufgrund höherer Holzrestfeuchten dort für die Pilze günstigere Lebensbedingungen vorlagen; denn ohne Wasser ruht der Stoffwechsel der Pilze und insgesamt bildet die Holzfeuchtigkeit die wichtigste Einflußgröße für den Holzabbau durch Pilze (SCHMIDT, 1994, S. 42).
Die dargestellten Zusammenhänge wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht weiter untersucht, so daß über die aufgezeigten Erklärungsansätze hinaus an dieser Stelle offene Fragen nicht abschließend beantwortet werden können.

Die zeitliche Entwicklung der Holzfeuchte verläuft bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche unterschiedlich. Die unter Schirm lebend gelagerten Buchen behalten bis zum November 1991 eine sehr hohe Holzfeuchte, die sich über die zwei Vegetationsperioden hinweg nur geringfügig verändert und bis zum November 1991 statistisch nicht vom stehenden Bestand unterscheidet, ausgenommen im Oktober 1990 auf der Versuchsfläche im Revier Steinberg ($\alpha = 0{,}0007$).

Die lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche haben nach einer Vegetationsperiode im Oktober 1990 deutlich verringerte Feuchtewerte im Vergleich zum stehenden Bestand. Die Unterschiede lassen sich statistisch absichern (Klink, $\alpha = 0{,}0272$; Steinberg, $\alpha = 0{,}0008$). Bei der Aufnahme im März 1991 wird bei den lebend gelagerten Buchen wieder eine höhere Holzfeuchte festgestellt: der natürliche Anstieg der Holzfeuchte, die zu diesem Zeitpunkt ihr Maximum erreicht, erfolgt auch bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche. Im Vergleich zum stehenden Bestand kann ein Unterschied nur für die Flächenwürfe im Revier Steinberg ($\alpha = 0{,}0022$) statistisch gesichert werden. Im November 1991 ist die Splintholzfeuchte der lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche wieder abgesunken. Unterschiede zum stehenden Bestand können auf der Versuchsfläche im Revier Steinberg statistisch gesichert werden ($\alpha = 0{,}0026$), nicht hingegen auf der Versuchsfläche im Revier Klink.

Bei Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Holzfeuchte innerhalb der Varianten der Lebendlagerung läßt sich die Verringerung der Holzfeuchte vom März 1991 auf den November 1991 nur bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche im Revier Steinberg statistisch absichern ($\alpha = 0{,}0114$).

Einen Überblick über die Mittelwerte der Splintholzfeuchte der Versuchskollektive für die drei Aufnahmezeitpunkte Oktober 1990, März 1991 und November 1991 gibt Abbildung 4.21.1.

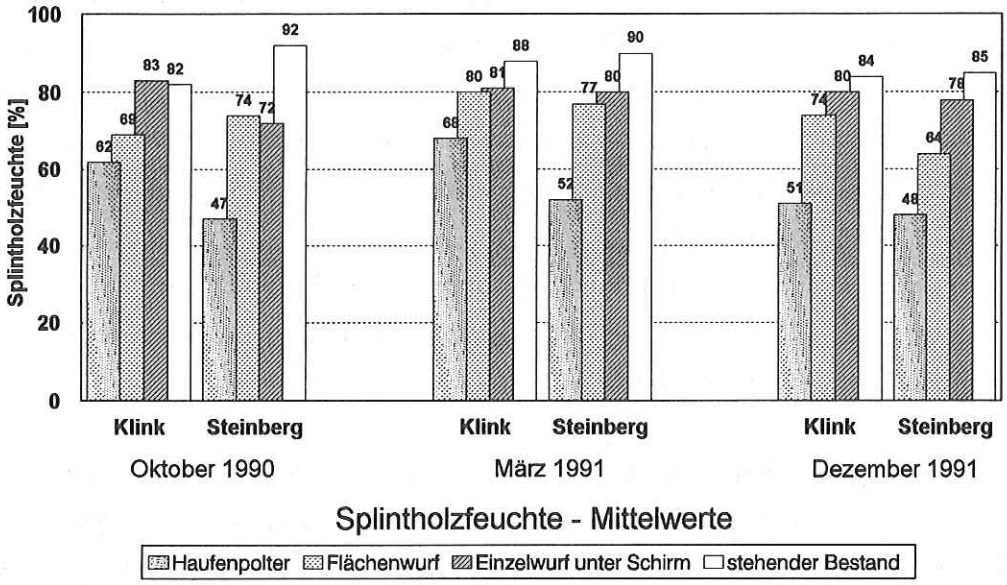


Abbildung 4.21.1: Mittelwerte der Splintholzfeuchte für die Versuchsvarianten, berechnet aus den Mittelwerten der Versuchsbäume der drei Versuchseinschnitte vom Oktober 1990, März 1991 und November 1991

Die im Vergleich zu den lebend gelagerten Buchen unter Schirm niedrigeren Splintholzfeuchten lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche zeigen, daß sich diese Form der Lagerung negativ auf den Wasserhaushalt auswirkt, wenn man davon ausgeht, daß nach LADEFOGED (1952, zit. n. BOSSHARD, 1984, Band 2, S. 141) bei der Buche als zerstreutporiger Baumart die gesamte Wasserleitung in den 20 äußersten Jahrringen erfolgt, bzw. allgemein dem Splint bei der Buche die für die Versorgung des Baumes entscheidende Wasserleitfunktion zukommt (KOLTZENBURG und KNIGGE, 1987; GLAVAC et al., 1990; BUCHER und KUČERA, 1991).

Die Überschirmung durch das Kronendach des verbliebenen Bestandes ist demnach von zentraler Bedeutung für den Wasserhaushalt lebend gelagerter Buchen als entscheidender physiologischer Vitalitätsgröße. Dies wird belegt durch die geringen, nach zwei Vegetationsperioden statistisch nicht nachweisbaren Unterschiede zwischen der Splintholzfeuchte frisch eingeschlagener Buchen aus stehendem Bestand und lebend gelagerter Buchen unter Schirm.

Den unterschiedlichen Wasserhaushaltstufen der Standorte (s. Tabelle 2.3.1), kommt im Vergleich hierzu eine geringere Bedeutung zu. Beim Vergleich der Holzfeuchtewerte der lebend gelagerten und der frisch eingeschlagenen Buchen aus stehendem Bestand konnten im März 1991 und November 1991 keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den Standorten festgestellt werden.

Daß das unterschiedliche Wasserangebot der Versuchsfläche im Revier Klink, deren nutzbare Wasserspeicherkapazität mit 132 Millimetern etwa doppelt so hoch wie die der Versuchsfläche im Revier Steinberg (63 Millimeter) ist, dennoch eine gewisse Bedeutung hat, kann an den Holzfeuchtewerten der lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche abgeleitet werden.

Im März 1991 und nach der zweiten Vegetationsperiode im November 1991 sind beim Vergleich mit dem stehenden Bestand bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche des Reviers Steinberg im Gegensatz zum Revier Klink Unterschiede in der Holzfeuchte nachweisbar. Ebenso kann bei lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche im Revier Steinberg im Gegensatz zum Revier Klink der Rückgang der Holzfeuchte vom März 1991 bis November 1991 statistisch gesichert werden.

Dieses Ergebnis ist so zu interpretieren, daß auf dem Standort mit dem geringeren Wasserangebot die Wasserversorgung für die dort lebend gelagerten Buchen unter den Streßbelastungen der sonnenexponierten Freifläche nicht mehr ausreichte, einen dem stehenden Bestand vergleichbaren Wasserhaushalt aufrechtzuerhalten, wohingegen auf der Standortvariante mit dem besseren Wasserangebot dieses noch genügte, auch unter den extremen Bedingungen der Freiflächenlagerung eine dem stehenden Bestand vergleichbare Wasserversorgung zu gewährleisten.

Im Vergleich zur Bedeutung des vor Sonneneinstrahlung schützenden Schirms des verbliebenen Bestandes ist dieses Ergebnis aber von untergeordneter Bedeutung. Die unmittelbare Sonneneinwirkung in exponierter Lage und die damit verbundene Devitalisierung, die schließlich zum Absterben der Bäume führt, ist unbeachtlich einer höheren Widerstandsfähigkeit lebend gelagerter Buchen gegen Sonnenbrand bei besserer Wasserversorgung, wie sie von SCHWERDTFEFGER (1963) angenommen wird, grundsätzlich unabhängig von der Wasserhaushaltsstufe des Standorts zu sehen. Dies muß aus den erheblichen Qualitätseinbußen (s. Kapitel 4.112 bis 4.115 und 4.14) bei der Schnittware lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche beider Standortvarianten gefolgert werden.

Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse muß berücksichtigt werden, daß die Holzfeuchte bei der Baumart Buche auch unter normalen Bedingungen, d. h. als stehendem Baum, einer großen Streuung unterliegt, was an den Maxima und Minima der Splintholzfeuchtewerte in Tabelle 4.21.1 erkennbar ist. Ebenso weist MEHRINGER (1989) auf eine erhebliche natürliche Schwankungsbreite bei der Holzfeuchte der Rotbuche und der damit verbundenen Problematik bei der Interpretation hin. GLAVAC et al. (1990)

führen an, daß die großen raum-zeitlichen Variabilitäten des freien Wasseranteils im Xylemporenraum erst aufgrund großer Stichprobenzahlen erkennbar werden. LÜTTSCHWAGER und MÖLLER (1993) stellen zur Holzfeuchte der von ihnen untersuchten Buchen fest, daß sich, überlagert von einem saisonalen Trend, in der Holzfeuchte eine beachtliche Variabilität des Bestandes zeigte, die bis zu 13 % betrug.

Die Feststellung, daß lebend gelagerte Buchen in der Lage sind, über längere Zeit eine hohe physiologische Holzfeuchte zu bewahren, findet sich bei mehreren Autoren, die sich mit der Lebendlagerung von Buchensturmholz befaßt haben.

SCHWAIGER (1959, S. 191) schreibt zur Lebendlagerung von Buchen aus Sommersturmwurf vom Juli 1958: „Die mit Wurzel und Krone liegengebliebene Buche weist jedoch gegenüber der im Winter eingeschlagenen nicht sehr bedeutende Unterschiede im Feuchtigkeitsgehalt auf ... ". Bei dieser Feststellung, die sich auf den dem Sturm folgenden Winter bezieht, ist zu berücksichtigen, daß die Lebendlagerung sich nur über einen relativ kurzen Zeitraum erstreckte.

Holzfeuchteuntersuchungen wurden von KUNZ (1961) an sechs lebend gelagerten Buchen nach Sturmwurf vom 1. August 1958 durchgeführt. Grundlage seiner monatlichen Messungen waren Bohrkerne aus 1,3 Metern Höhe. Für die Splintholzfeuchte der von ihm untersuchten lebend gelagerten Buchen findet er die in der Literatur dargestellten jahreszeitlichen Schwankungen bestätigt. Die Maxima der Splintholzfeuchte stellte KUNZ Ende März bis Anfang April fest, Minima von Ende August bis Oktober. Nach Beendigung des Laubabwurfs stieg die Holzfeuchte wieder an. Bis zum September und Oktober 1958, drei Monate nach dem Sturmwurf, konnte KUNZ nur geringe Unterschiede zu zwei gesunden Kontrollbäumen feststellen; die Unterschiede gingen bis Ende März 1959 wieder zurück, und stiegen bis Anfang August 1959 wieder auf durchschnittlich 10 % an. Mitte Januar 1960, rund 15 Monate nach dem Sommersturmwurf, waren wiederum keine Unterschiede zwischen Lebendlagerung und Kontrolle feststellbar. Für die Kernholzfeuchte stellte KUNZ fest, daß sie der gleichen jahreszeitlichen Rhythmik unterliege, die individuelle Verschiedenheit aber größer sei und sich deshalb aus den Ergebnissen der Feuchtemessungen am Kernholz keine endgültigen Schlüsse ziehen ließen.
KUNZ faßt zusammen, daß „... Windwurfbuchen, die noch durch einzelne Wurzeln Kontakt mit dem Boden behalten haben, erhebliche Feuchtigkeitsmengen aufnehmen können. Ihr Wassergehalt sinkt zwar während der Vegetationszeit unter den vergleichbarer, unbeschädigt stehender Buchen ab, gleicht sich diesem aber während der darauf folgenden Winterruhe wieder an." (KUNZ, 1961, S. 51).

Nach MOLTESEN und DALGAS (1973) können als Einzelwurf lebend gelagerte Buchen bis zu drei Jahren Holzfeuchten auf dem Niveau des stehenden Bestandes halten.

SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA (1991) untersuchten im Oktober 1990 fünf seit Februar lebend gelagerte Buchen und vergleichen die Holzfeuchten mit den Werten aus stehenden Beständen für Oktober bei GLAVAC et al. (1990). SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA stellen fest, daß die Holzfeuchtewerte vergleichbar seien und schließen, daß die lebend gelagerten Buchen nach dem Sommer normale Holzfeuchten aufwiesen. Bei GLAVAC et al. (1990, S. 438-439) werden Holzfeuchtewerte für den Herbst (zusammengefaßt für September, Oktober, November) als Darrbezugsfeuchte für zwei verschiedene Standorte und für die Entnahmestellen bei 1,3 Metern Stammhöhe und am Kronenansatz in einem Rahmen zwischen 71,4 und 89,6 % angegeben, die aus Leitsplintholzprobekörpern frisch gefällter Buchen aus stehendem Bestand ermittelt wurden. SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA (1991, S. 55) geben als Mittelwert für die fünf lebend gelagerten Buchen eine Darrbezugsfeuchte von 64,44 % an, die zur Erfassung radialer Feuchtegradienten aus senkrecht aus Stammscheiben ausgeformten Proberiegeln bestimmt wurde.
Unabhängig von dem Vergleich, den SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA ziehen, läßt sich aus den in ihrer Publikation enthaltenen Daten schließen, daß über die erste Vegetationszeit hinweg keine Veränderungen in der Holzfeuchte festzustellen sind. Vergleicht man die bei SACHSSE und OLIVER-VILLANUEVA (1990, S. 52) in Tabelle 1 angegebenen Darrbezugsfeuchte-Mittelwerte der Null-Probe von 57,62 % (Stammfuß) und 69,07 % (Zopf), die am 17.5.90 an fünf vom Sturm geworfenen Buchen bestimmt wurde, mit den entsprechenden Mittelwerten der fünf lebend gelagerten Buchen von 58,88 % (Stammfuß) und 68,41 % (Zopf), so kann gefolgert werden, daß die Holzfeuchte sich über die erste Vegetationsperiode hinweg nicht verändert hat, wenn man die Nullprobe vom 17.5.90 rund 10 Wochen nach dem Sturmwurf als repräsentative Ausgangsholzfeuchte gelten läßt.

OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE beschäftigen sich eingehender mit der Holzfeuchte lebend gelagerter Buchen in ihrer Veröffentlichung 1992. An vier als Einzelwürfe unter Schirm lebend gelagerten Buchen aus den Februarsturmwürfen 1990 wurden am 6. November 1991 Proben für Holzfeuchteuntersuchungen entnommen. Die gemessenen Darrbezugsfeuchten lagen zwischen 47,42 und 99,57 %, die Mittelwerte der vier Buchen am Stammfuß bei 68,43 % am Zopf bzw. Kronenansatz bei 79,86 %. Als wesentliches Ergebnis wird herausgestellt, daß bei Einzel- und Nesterwürfen Holzfeuchte und -qualität über zwei Jahre bewahrt wurden und der Überschirmung eine entscheidende Rolle zukommt.

Beim Vergleich von Holzfeuchtewerten bei der Baumart Buche muß berücksichtigt werden, daß an Stammscheiben erhobene Holzfeuchtewerte ohne Differenzierung zwischen Splintholz- und Kernholzfeuchte wegen der Erfassung des radialen Feuchtegradienten mit Splintholzfeuchtewerten nicht vergleichbar sind, da die Splintholzfeuchte deutlich über der des Kernholzes liegt, was verschiedene Autoren für stehende und lebend gelagerte Buchen nachgewiesen haben (KNUCHEL, 1935; KUNZ, 1961; MOLTESEN und DALGAS, 1973; KOLTZENBURG und KNIGGE, 1987; BUCHER und KUČERA, 1991; MEHRINGER, 1989).

Die axiale Differenzierung der Splintholzfeuchte, erkennbar am Feuchtegradienten zwischen Stammfuß und Kronenansatz, kann durch die äußeren Bedingungen lebend gelagerter Buchen überlagert werden, was im besonderen für exponierte Flächenwürfe gilt. Dies wirkt sich bei der allgemein großen Variabilität der Holzfeuchte bei der Buche zusätzlich erschwerend auf die Ergebnisinterpretation aus. Aus diesem Grunde liegen den Mittelwerten der Versuchsvarianten in Tabelle 4.21.1 die aus durchschnittlich 12 Einzelwerten gebildeten Mittelwerte für ganze Bäume zugrunde (s. Kapitel 3.21).

Die eigenen Untersuchungen zeigen bei Einzelwürfen unter Schirm im November 1991 auf beiden Versuchsflächen gleiche Splintholzfeuchte-Gradienten zwischen Stammfuß und Kronenansatz mit einem um 10 % höheren Wert am Kronenansatz und liegen im Rahmen angegebener Literaturwerte für den stehenden Bestand (KNUCHEL, 1935; KOLTZENBURG und KNIGGE, 1987; LÜTTSCHWAGER und MÖLLER, 1993).

Ausgehend von den dargestellten Ergebnissen, der biologischen Funktion des Splints für die Wasserversorgung bei der Baumart Buche, und unter Berücksichtigung der bekannten radialen und axialen Variabilität der Holzfeuchte, kommt der Splintholzfeuchte eine wesentliche Bedeutung und Weiserfunktion bei der Beurteilung der Vitalität lebend gelagerter Buchen zu und liefert aussagekräftige Informationen zur physiologischen Holzfeuchte. Aus dieser Erkenntnis läßt sich darüberhinaus ein praktischer Nutzen ableiten, da die Beschränkung auf den Splintholzbereich arbeits- und versuchstechnische Vorteile für die Probengewinnung und -bearbeitung bietet.

Übereinstimmend mit der zitierten Literatur zeigen die vorliegenden Ergebnisse, daß lebend gelagerte Buchen in der Lage sind, eine hohe natürliche Holzfeuchte über einen Zeitraum von bis zu zwei Vegetationsperioden aufrechtzuerhalten. Physiologisch normale Schwankungen der Holzfeuchte im Jahresverlauf sind auch bei lebend gelagerten Buchen feststellbar.

4.22 Splintholzrohdichte

Die Splintholzrohdichte wurde als Darrdichte anhand von 2839 Bohrkernen aus dem Splintholz von 408 Buchen zu den drei Versuchseinschnitten im Oktober 1990, März 1991 und November 1991 ermittelt. Die Rohdichte nahm im Laufe des zwei Vegetationsperioden umfassenden Untersuchungszeitraums bis zum November 1991 bei den lebend gelagerten Buchen und bei den im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitten ab.

Beim zeitlichen Vergleich innerhalb der Varianten ist zu berücksichtigen, daß die Bäume bei der Probenentnahme zum ersten Versuchseinschnitt im Oktober 1990 bereits eine Vegetationsperiode lagerten. Da die Ausgangs-Rohdichte nicht unmittelbar nach dem Sturmwurf an den später eingeschnittenen Versuchsbäumen bestimmt wurde (s. Kapitel 3.21 und 3.22), wird die Rohdichte der gelagerten Buchen mit der des stehenden Bestandes verglichen (s. Tabelle 4.21.1).

Bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm veränderte sich die Rohdichte über den gesamten Untersuchungszeitraum nur geringfügig und erreichte im November 1991 auf beiden Versuchsflächen mit 0,65 g/cm³ einen Wert, der 95 bzw. 96 % des stehenden Bestandes entspricht. Die Unterschiede zum stehenden Bestand im November 1991 sind statistisch signifikant (α = 0,0192, Klink; α = 0,0252, Steinberg), ebenso der Unterschied auf der Versuchsfläche im Revier Klink im März 1991 (α = 0,0400).

Im Vergleich zum stehenden Bestand veränderte sich die Rohdichte bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche beider Versuchsflächen bis zum März 1991 nicht. Bis zum November 1991 hingegen sank die Rohdichte auf der Versuchsfläche im Revier Steinberg auf einen Wert von 0,63 g/cm³, was 93 % des stehenden Bestandes entspricht. Auf der entsprechenden Versuchsfläche im Revier Klink war die Rohdichte auf einen Wert von 0,638 g/cm³ gesunken und entspricht 94 % des stehenden Bestandes; die Unterschiede waren statistisch signifikant (α = 0,0035, Klink; α = 0,0013, Steinberg).

Beim zeitlichen Vergleich innerhalb der Varianten der Lebendlagerung von Oktober 1990 bis November 1991 läßt sich nur die Verringerung der Rohdichte für den Flächenwurf der Versuchsfläche Steinberg vom Oktober 1990 zum März 1991 (α = 0,0235) und für den Flächenwurf der Versuchsfläche Klink vom März 1991 zum November 1991 (α = 0,0006) statistisch absichern.

Bei den im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitten läßt sich im Revier Klink im März 1991 eine statistisch gesicherte Abnahme im Vergleich zum stehenden Bestand feststellen ($\alpha = 0{,}0061$); das gleiche gilt auf beiden Versuchsflächen im November 1991 mit Rohdichten von 0,609 g/cm³ im Revier Klink ($\alpha = 0{,}0035$) und 0,597 g/cm³ im Revier Steinberg ($\alpha = 0{,}0013$).

Splintholzrohdichte								
g/cm³	Revier Klink				Revier Steinberg			
	stehender Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter Waldstraße	stehender Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter Waldstraße
Oktober 1990								
$\bar{x}$	**0,689**	**0,662**	**0,682**	**0,642**	**0,668**	**0,667**	**0,678**	**0,635**
% *)	100	96	99	93	100	100	102	95
s	0,045	0,035	0,045	0,038	0,017	0,039	0,042	0,043
VK (%)	6,5	5,3	6,7	5,9	4,5	5,8	6,2	6,8
min	0,643	0,587	0,611	0,575	0,651	0,601	0,602	0,550
max	0,752	0,734	0,779	0,731	0,688	0,740	0,757	0,691
n	5	20	20	19	5	20	20	24
März 1991								
$\bar{x}$	**0,683**	**0,647**	**0,684**	**0,637**	**0,645**	**0,644**	**0,651**	**0,638**
% *)	100	95	100	93	100	100	101	99
s	0,021	0,041	0,037	0,038	0,032	0,033	0,031	0,051
VK (%)	3,1	6,4	5,4	5,9	4,9	5,2	4,7	8,0
min	0,653	0,571	0,618	0,575	0,601	0,596	0,604	0,543
max	0,720	0,720	0,743	0,692	0,690	0,711	0,707	0,745
n	7	20	20	14	6	20	20	24
November 1991								
$\bar{x}$	**0,681**	**0,649**	**0,638**	**0,609**	**0,680**	**0,650**	**0,630**	**0,597**
% *)	100	95	94	89	100	96	93	88
s	0,012	0,040	0,036	0,040	0,026	0,039	0,039	0,033
VK (%)	1,7	6,2	5,6	6,6	3,8	6,1	6,2	5,5
min	0,628	0,580	0,553	0,521	0,653	0,571	0,563	0,522
max	0,716	0,754	0,705	0,676	0,735	0,730	0,697	0,664
n	10	20	20	21	10	20	20	23
*) vom stehenden Bestand der jeweiligen Standortvariante								

Tabelle 4.22.1: Mittelwerte der Splintholzrohdichte für die Versuchsvarianten, berechnet aus den Mittelwerten der Versuchsbäume der drei Versuchseinschnitte vom Oktober 1990, März 1991 und November 1991

Bei der Ergebnisinterpretation zur Rohdichte lebend gelagerter Buchen muß die natürliche Variabilität dieses Parameters berücksichtigt werden, der neben standörtlichen und individuellen Unterschieden bei der gleichen Baumart auch jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt (KOLLMANN, 1951; KNIGGE und SCHULZ, 1966; BURMESTER, 1983). KOLLMANN (1951) gibt für die Rohdichte einen Mittelwert von 0,68 g/cm³ und einen Wertebereich von 0,49 bis 0,88 g/cm³ an, KNIGGE und SCHULZ (1966) einen Mittelwert von 0,66 g/cm³ und Grenzwerte von 0,54 und 0,84 g/cm³. Für verstocktes Buchenholz gibt KOLLMANN (1950, S. 127) eine Rohdichte von 0,613 g/cm³ an.

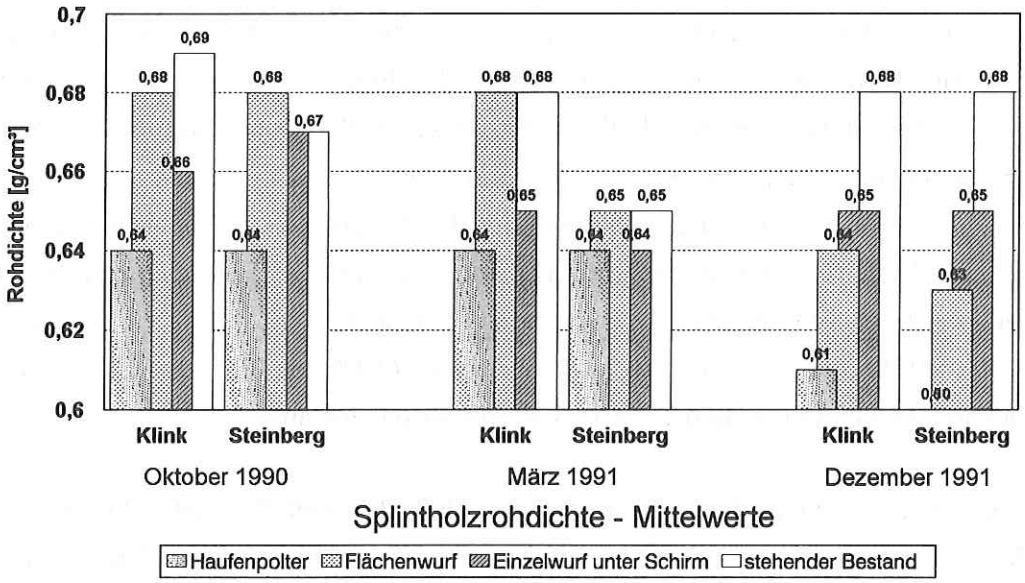


Abbildung 4.22.1: Mittelwerte der Splintholzrohdichte für die Versuchsvarianten, berechnet aus den Mittelwerten der Versuchsbäume der drei Versuchseinschnitte vom Oktober 1990, März 1991 und November 1991

Ein Vergleich der Rohdichtewerte nach zwei Vegetationsperioden von 0,649 g/cm³ und 0,650 g/cm³ der lebend gelagerten Buchen unter Schirm mit den vorstehend zitierten Werten und der in DIN-Norm 4076 angegebenen Rohdichte von 0,66 g/cm³ (DIN 4076, Teil 1, S. 6) zeigt, daß über den Zeitraum der Untersuchung nur geringfügige Veränderungen feststellbar sind und daß die Rohdichte der lebend gelagerten Buchen unter Schirm als normal anzusehen ist. Diese Buchen zeichneten sich durch hohe Splintholzfeuchten und das weitgehende Fehlen von Verstockung aus, so daß ein fortgeschrittener Holzabbau durch holzzerstörende Pilze und ein hierdurch verursachter Rückgang der Rohdichte ausgeschlossen werden kann. Die statistisch nachweisbaren Unterschiede zum stehenden Bestand sind demnach bei den Einzelwürfen unter Schirm auf die natürliche Streuung dieses Parameters zurückzuführen, die auch an den Differenzen der Rohdichtewerte beim stehenden Bestand im Revier Steinberg im Untersuchungszeitraum deutlich wird.

Bei den stark verstockten Stammholzabschnitten aus den Haufenpoltern an der Waldstraße und in einem geringeren Maße auch schon bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche mit oberflächennaher, von Sonnenbrand ausgehender Verstockung im Splintholzbereich, weist die Verringerung der Rohdichte auf einen fortgeschrittenen Holzabbau hin. Der Verstockung kommt demnach eine maßgebliche Bedeutung für die Verringerung der Rohdichte bei diesen Versuchsvarianten zu.

Verstockung ist gekennzeichnet durch den Abbau der Holzsubstanz durch holzzerstörende Pilze und schlägt sich in einer geringeren Rohdichte nieder (KOLLMANN, 1950, S.127). Bei Weißfäulepilzen, wie sie als typische Laubholzbesiedler in der vorliegenden Untersuchung an lebend gelagerten Buchen vorgefunden wurden (s. Kapitel 2.5), kommt es stets zu einer auffälligen Verringerung der Rohdichte, da das Holz mit fortschreitendem Abbau leichter wird und das Volumen geringfügig zunimmt (RYPÁČEK, 1966, S. 115). Die Verringerung der Rohdichte um 10 bis 12 % bei den Stammholzabschnitten aus Haufenpoltern an der Waldstraße im Vergleich zum stehenden Bestand nach zwei Vegetationsperioden im November 1991 entspricht Angaben bei KOLLMANN (1950, S. 128) und MOMBÄCHER et al. (1988, S. 488), die bei verstocktem Buchenholz von einer um rund 10 % reduzierten Rohdichte ausgehen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Splintholzrohdichte gelagerter Buchen über einen Zeitraum von zwei Vegetationsperioden abnahm. Diese Abnahme kann aber bei den lebend gelagerten Buchen nur auf der Freifläche plausibel aufgezeigt werden. Bei Stammholzabschnitten, die im Haufenpolter gelagert wurden, entspricht die vorgefundene Verringerung der Rohdichte den Literaturangaben. Die Untersuchung der Splintholzrohdichte lebend gelagerter Buchen anhand von 2 Zentimeter langen Bohrkernen repräsentiert nur den peripheren Teil des Holzvolumens eines Stammes und kann im Hinblick auf die Gesamtqualitätsbeurteilung lebend gelagerten Buchenholzes nur als zusätzliche Information dienen.

4.23 Radialzuwachs

Der Radialzuwachs lebend gelagerter Buchen ist deutlich verringert im Vergleich zum stehenden Bestand wie auch im Vergleich zu Durchschnittswerten der lebend gelagerten Buchen für Zeiträume vor dem Sturmwurf. Eine Übersicht des absoluten und relativen Radialzuwachses im Jahr 1990 gibt Tabelle 4.23.1.

Radialzuwachs 1990 in mm	Revier Klink			Revier Steinberg		
	Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf	Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf
$\bar{x}$	**2,41**	**0,57**	**0,38**	**2,13**	**0,57**	**0,17**
s	0,63	0,46	0,24	0,72	0,56	0,18
VK (%)	26,2	79,5	62,4	33,8	98,4	107,2
min	1,33	0,07	0,00	0,87	0,00	0,00
max	3,39	1,79	0,84	3,41	2,57	0,60
n	10	20	19	10	19	20
Anteil Radialzuwachs 1990 vom Radialzuwachs 1990 und 1991 [%]	46,1	96,4	98,1	55,9	97,3	98,5
Prozent vom Radialzuwachs des stehenden Bestandes 1990	**100,0**	**23,7**	**15,8**	**100,0**	**26,8**	**8,0**
Prozent vom durchschnittlichen Radialzuwachs 1980 bis 1989	**118,6**	**30,1**	**17,6**	**120,4**	**30,9**	**11,4**

Tabelle 4.23.1: Radialzuwachs lebend gelagerter Buchen unter Schirm (Einzelwurf) und auf der Freifläche (Flächenwurf) und von Buchen aus stehendem Bestand (Bestand) im Jahr 1990 ermittelt über vier Meßradien an Stammscheiben aus 1 Meter Stammhöhe und Anteil des Radialzuwachses im Jahr 1990 am gesamten Radialzuwachs während der Dauer der Lebendlagerung, dem Radialzuwachs lebend gelagerter Buchen relativ zum durchschnittlichen Radialzuwachs 1980 bis 1989 und dem Radialzuwachs lebend gelagerter Buchen relativ zum Radialzuwachs des stehenden Bestandes im Jahr 1990

Während der ersten Vegetationsperiode der Lebendlagerung im Jahr 1990 erreichten die lebend gelagerten Buchen zwischen 8 und 26 % des Radialzuwachses des stehenden Bestandes. Im Jahr 1991 ging der Radialzuwachs bei den lebend gelagerten Buchen mit 1 % gegen Null. Hieraus folgt, daß über 95 % des gesamten Radialzuwachses während der ersten Vegetationszeit der Lebendlagerung erfolgte und die Buchen 1991 in der zweiten Vegetationsperiode bereits so nachhaltig in ihrer Vitalität geschwächt waren, daß sie keinen Zuwachs mehr leisten konnten. Die Ergebnisdarstellung beschränkt sich deshalb auf das Jahr 1990.

Die beiden Varianten der Lebendlagerung unterscheiden sich deutlich voneinander (s. Tabelle 4.23.1). Während 1990 die lebend gelagerten Buchen unter Schirm durchschnittlich noch 25 % des Radialzuwachses des stehenden Bestandes erreichten, erzielten die lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche mit einem Radialzuwachs von durchschnittlich 12 % des stehenden Bestandes nur die Hälfte des Zuwachses der

Einzelwürfe. Dieser Unterschied ist besonders ausgeprägt und statistisch signifikant im Revier Steinberg (α = 0,0019), der Standortvariante mit dem geringeren Wasserangebot, hierauf wird nachfolgend nochmals eingegangen. Die lebend gelagerten Buchen unter Schirm der beiden Versuchsflächen unterscheiden sich nicht in ihren absoluten Werten, aber bezogen auf den Zuwachs des Bestandes läßt sich bei den lebend gelagerten Einzelwürfen im Revier Steinberg mit 26,8 % ein geringfügig höherer Zuwachs feststellen als im Revier Klink mit 23,7 %.

Die vorstehende Darstellung zeigt, daß der Vergleich des Radialzuwachses der lebend gelagerten Buchen mit dem stehenden Bestand eine höhere Aussagekraft hat als ein Vergleich der absoluten Werte beider Standorte miteinander. Ebenso erscheint ein Vergleich des Radialzuwachses lebend gelagerter Buchen mit einem Mittelwert aus den Jahren vor dem Sturmwurf (1980 bis 1989), ermittelt an der gleichen Stammscheibe, ungeeignet, die Zuwachsleistung lebend gelagerter Bäume herauszustellen. Hieraus würden sich versuchstechnische Vorteile hinsichtlich Probenentnahme und -bearbeitung ergeben, aber dieser Vergleich könnte nicht die im Untersuchungszeitraum mögliche Wuchsleistung aufzeigen. Erst durch die Erfassung der Zuwachsleistung des stehenden Bestandes wird das Zuwachspotential im betreffenden Zeitraum sichtbar, das durch den Witterungsverlauf maßgeblich variiert werden kann.

Bei der Lebendlagerung interessiert vor allem der Rückgang der Zuwachsleistung im Vergleich zu normalen Verhältnissen. Über den Zuwachsrückgang lebend gelagerter Buchen kann der absolute Radialzuwachs mangels Bezugspunkt nichts aussagen. Bezieht man den Zuwachs lebend gelagerter Buchen auf einen durchschnittlichen Zuwachs am gleichen Baum, werden Abweichungen vom langjährigen Wachstumsgang, beispielsweise durch Witterungsextreme, nicht sichtbar, weil der Mittelwert des Radialzuwachses aktuellen Witterungseinflüssen gegenüber um so unempfindlicher ist, je größer der Zeitraum ist, den er repräsentiert. Bei dieser Vorgehensweise würde man für den zu untersuchenden Zeitraum nur eine eingeschränkte Information über den Zuwachsrückgang erhalten.

Dieser Zusammenhang wird sichtbar am Radialzuwachs der stehenden Bestände, die 1990 mit 119 % und 120 % deutlich über dem Mittelwert des Zeitraums 1980 bis 1989 liegen. Auch die geringere Differenzierung des Zuwachses relativ zum durchschnittlichen Zuwachs 1980 bis 1989 zwischen den Standorten bei den lebend gelagerten Buchen im Gegensatz zur stärker ausgeprägten Differenzierung des Zuwachses relativ zum stehenden Bestand dieser Varianten, zeigt diesen Zusammenhang auf (s. Tabelle 4.32.1). Dies wird besonders anschaulich bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche.

Bei der Beurteilung der Zuwachsleistung, bezogen auf den durchschnittlichen Radialzuwachs der Jahre 1980 bis 1989, erzielen die lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche im Revier Steinberg (11,4 %) rund 65 % des Radialzuwachses derjenigen im Revier Klink (17,6 %). Bezogen auf den Radialzuwachs relativ zum stehenden Bestand beträgt der Radialzuwachs im Revier Steinberg mit 8 % nur 50 % im Vergleich zum Revier Klink mit rund 16 % (s. Tabelle 4.23.1).

Aufgrund der geringen Differenzierung ist der Unterschied der Zuwachsleistung zwischen den Flächenwürfen beider Standorte bei der Beurteilung anhand des Radialzuwachses relativ zum durchschnittlichen Zuwachs 1980 bis 1989 statistisch nicht nachweisbar. Dieser Nachweis gelingt hingegen beim Radialzuwachs der lebend gelagerten Buchen relativ zum stehenden Bestand. Der Unterschied zwischen den beiden Standorten kann statistisch gesichert werden mit dem höheren Radialzuwachs auf dem Standort mit dem höheren Wasserangebot im Revier Klink ($\alpha = 0{,}0139$).

Beim Vergleich des Radialzuwachses lebend gelagerter Buchen mit dem stehenden Bestand werden die aktuellen Witterungseinflüsse des Jahres 1990 über den stehenden Bestand erfaßt, und somit ihre Auswirkungen auf den Zuwachs bei der Beurteilung des Zuwachsrückgangs lebend gelagerter Buchen berücksichtigt. Überlagerungen von Witterungseinflüssen mit Effekten der Lebendlagerung auf den Zuwachs können hierdurch ausgeschlossen werden.

Aussagen zum Zuwachs bei lebend gelagerten Buchen finden sich bei KUNZ (1961) und MOLTESEN und DALGAS (1973).

KUNZ (1961) führte 1959 in der auf den Sturmwurf vom August 1958 folgenden Vegetationsperiode Zuwachsuntersuchungen an fünf lebend gelagerten Buchen und drei Kontrollbäumen durch. Er stellte bei ausgeprägter Individualverschiedenheit, mit Abweichungen vom Kontrollmittel von 12 bis 89 %, einen durchschnittlichen Dickenzuwachs für die lebend gelagerten Buchen von 40 bis 50 % des Normalen fest.

MOLTESEN und DALGAS (1973) stellten bei lebend gelagerten Buchen in der ersten Vegetationsperiode nach dem Sturmwurf bei fünf untersuchten Einzelwürfen einen Radialzuwachs von 25 %, bei acht untersuchten Flächenwürfen einen Radialzuwachs von ca. 10 % des stehenden Bestandes fest. In den beiden folgenden Vegetationsperioden war nur noch ein minimaler Zuwachs feststellbar.

Die in der vorliegenden Untersuchung festgestellten Zuwachsrelationen lebend gelagerter Buchen unter Schirm und auf der Freifläche zum stehenden Bestand sind nahezu identisch mit den Ergebnissen von MOLTESEN und DALGAS (s. Tabelle 4.32.1).Obwohl der Zuwachs nach der ersten Vegetationsperiode fast völlig zurückging, stellten MOLTESEN und DALGAS bei Einzelwürfen unter Schirm bis zum Ende der Untersuchung, drei Jahre nach dem Sturmwurf, nahezu die gleiche Holzfeuchte wie beim stehenden Bestand fest. Auch dieses Ergebnis kann durch die vorliegende Untersuchung für die lebend gelagerten Buchen unter Schirm bestätigt werden (s. Kapitel 4.21), allerdings nur im zugrunde liegenden Untersuchungszeitraum.

Da keine Unterschiede im Boden-Wurzelkontakt zwischen lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche feststellbar waren, kann bei beiden Formen der Lebendlagerung eine gleiche potentielle Verfügbarkeit des standörtlichen Wasserangebots unterstellt werden. Ausgehend von dieser Feststellung wirkt sich das schützende Kronendach als der entscheidende Faktor für den höheren Zuwachs der lebend gelagerten Buchen unter Schirm aus, wenn bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche auf dem jeweils gleichen Standort von einem gleichen Wasserangebot ausgegangen wird.

Durch den verbliebenen Kronenschirm wird nicht nur die für das Kambium tödliche Sonneneinstrahlung vermieden, vielmehr werden auch Transpirationsverluste durch die Überschirmung im Gegensatz zur Freifläche weitgehend ausgeschaltet. Aufgrund einer hierdurch auf einem höheren Niveau bewahrten physiologischen Holzfeuchte und damit einhergehend einer besseren Versorgung mit Nährstoffen, konnten die unter Schirm lebend gelagerten Buchen besser zuwachsen als auf der Freifläche.

Daß das unterschiedliche standörtliche Wasserangebot eine gewisse Bedeutung haben könnte, wird erkennbar an den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche mit einem um rund 50 % geringeren Radialzuwachs auf dem Standort des geringeren Wasserangebots im Revier Steinberg im Vergleich zum Revier Klink. Die insgesamt geringen Zuwachsleistungen zeigen aber, daß dieser Faktor eine untergeordnete Rolle spielt; er wird insbesondere überlagert durch die negativen Auswirkungen der sonnenexponierten Lage auf der Freifläche (s. hierzu die Ausführungen in Kapitel 4.21).

Zusammenfassend kann zum Radialzuwachs lebend gelagerter Buchen festgestellt werden, daß in der ersten Vegetationsperiode nach dem Sturmwurf bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm ein Zuwachsrückgang von rund 75 %, bei lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche von rund 88 % feststellbar war.

Die Zuwachsleistung lebend gelagerter Buchen kann auf verschiedene Weise beurteilt werden. Anhand des einfach bestimmbaren absoluten Radialzuwachses kann eine Aussage getroffen werden, ob bei lebend gelagerten Buchen noch ein Zuwachs feststellbar ist.

Bezieht man den Radialzuwachs lebend gelagerter Buchen auf einen durchschnittlichen Radialzuwachs vor dem Sturm am gleich Baum, erhält man eine Information über den Zuwachsrückgang, der aber das aktuelle Zuwachspotential des zu untersuchenden Zeitraums nicht erfaßt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, daß der Zuwachsrückgang am gleichen Probenmaterial erfaßt werden kann und kommt insbesondere dann in Frage, wenn keine Vergleichsmöglichkeiten zum stehenden Bestand gegeben sind. Überlagerungen der aktuellen Witterungseinflüsse und der durch die Lebendlagerung bedingten Auswirkungen auf den Zuwachs können hierbei aber nicht ausgeschlossen werden.

Der Vergleich des Radialzuwachses lebend gelagerter Buchen mit dem Radialzuwachs des stehenden Bestandes gibt Auskunft über den Zuwachsrückgang unter Berücksichtigung des aktuellen Zuwachspotentials im Untersuchungszeitraum. Überlagerungen des Einflusses der Lebendlagerung und der Witterung auf den Zuwachs lebend gelagerter Buchen können so weitgehend ausgeschlossen werden.

4.3 Statistische Analyse und Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung auf der Basis absoluter Zahlen sind im wesentlichen bereits im deskriptiven Teil eingehend beschrieben, Wirkungsmechanismen der schnittholzqualitätsbestimmenden Kriterien sind dort klar herausgestellt. Insofern hat die Prüfung auf Zusammenhänge auf der Basis statistischer Methoden nur die Funktion der Bestätigung der vorgefundenen Sachverhalte und somit vorwiegend ergänzenden Charakter.

Die statistische Analyse und Ergebnisinterpretation bezieht sich ausschließlich auf die Beurteilung der Schnittholzqualität des Versuchseinschnitts im Rahmen der Hauptuntersuchung nach zwei Vegetationsperioden im Dezember 1991 im Zusammenhang mit untersuchten Parametern und Einflußfaktoren.

Um Aussagen über ganze Stämme und Stammabschnitte und ihren Zusammenhang mit baum- und stammabschnittsbezogenen Parametern treffen zu können, wurde aus den mit dem Volumen gewichteten Güteklassen der Bretter und Bohlen eines Stammes oder Stammabschnitts eine Wertziffer für weitere Berechnungen und statistische Prüfungen gebildet (s. Kapitel 3.113).

Die drei Bewertungsansätze (s. Kapitel 3.112) *Ausgangsqualität*, *Lagerungsbedingte Qualität* und *Tatsächliche Qualität* werden durch Wertziffern vertreten. In der nachfolgenden stochastischen Ergebnisinterpretation liegt nach der statistischen Prüfung der Schnittholzausgangsqualitäten des Untersuchungsmaterials der Schwerpunkt der Betrachtung auf dem Bewertungsansatz *Lagerungsbedingte Qualität* (Bewertung der Schnittware nur nach den Merkmalen, bei denen Veränderungen durch die Lagerung zu erwarten sind {Lagerschäden}, andere Gütemerkmale bleiben unberücksichtigt).

Um lagebezogene Unterschiede innerhalb eines Stammes festzustellen, wurde das Schnittholz der Versuchsbäume zu drei Stammabschnitten (Erdstück, Mittelstück Zopfstück) zusammengefaßt. Die durchschnittlichen Längen und Mittendurchmesser (o.R.) der Erdstammstücke lagen bei 3,9 Metern und 43 Zentimetern, der Mittelstücke bei 5,1 Metern und 40 Zentimetern und der Zopfstücke bei 3,6 Metern und 37 Zentimetern.

Über die Wertziffern können Zusammenhänge mit Hilfe der Korrelationsrechnung (quantitativer Zusammenhang) und der Regressionsanalyse (stochastischer Zusammenhang) zwischen der Schnittholzqualität und relevanten Variablen hergeleitet

und dargestellt werden. Bei Anwendung der Regressionsanalyse muß darauf hingewiesen werden, daß dieses Verfahren exakt nur für normalverteilte Stichproben zugelassen ist.

Die durchschnittlichen Wertziffern auf der Grundlage der genannten Bewertungsansätze für die Versuchsvarianten sind in Tabelle 4.3.1 dargestellt.

Durchschnittliche Wertziffern für ganze Stämme auf der Grundlage der Schnittholzgüteklassen nach DIN-Norm 68369								
	Revier Klink				Revier Steinberg			
	stehender Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter Waldstraße	stehender Bestand	Einzelwurf	Flächenwurf	Polter Waldstraße
N	10	20	20	20	10	20	20	20
Wertziffer Ausgangsqualität								
$\bar{x}$	**2,07**	**1,86**	**1,98**	**1,9**	**1,92**	**1,89**	**1,8**	**1,58**
min	1,8	1,4	1,6	1,5	1,6	1,5	1,4	1,3
max	2,3	2,2	2,2	2,3	2,2	2,7	2,3	1,9
s	0,17	0,18	0,16	0,23	0,2	0,3	0,27	0,18
VK (%)	8,2	9,7	8,1	12,1	10,4	15,9	15	11,4
Wertziffer Lagerunsbedingte Qualität								
$\bar{x}$	**1,00**	**2,17**	**2,40**	**3,71**	**1,00**	**2,17**	**2,66**	**3,88**
min	1	1	1,6	3,4	1	1	1,4	3,5
max	1	3,5	3,2	4	1	3,1	3,2	4
s	0	0,82	0,51	0,26	0	0,68	0,48	0,14
VK (%)	0	37,8	21,3	7	0	31,3	18	3,6
Wertziffer Tatsächliche Qualität								
$\bar{x}$	**2,07**	**2,52**	**2,75**	**3,71**	**1,92**	**2,59**	**2,79**	**3,88**
min	1,8	1,4	2,3	3,4	1,6	1,8	2	3,5
max	2,3	3,5	3,2	4	2,2	3,1	3,2	4
s	0,17	0,55	0,24	0,26	0,2	0,38	0,31	0,14
VK (%)	8,2	21,8	8,7	7	10,4	14,7	11,1	3,6

Tabelle 4.3.1: Wertziffern für die verschiedenen Untersuchungsvarianten auf der Basis von durchschnittlichen Wertziffern für ganze Stämme (Stammittelwerte berechnet als arithmetischer Mittelwert der Güteklassen aller mit dem Volumen gewichteten Bohlen und Brettern eines Stammes; ein Stamm repräsentiert die gesamte Schnittware eines Versuchsbaums) nach den Bewertungsansätzen *Ausgangsqualität, Lagerungsbedingte Qualität* und *Tatsächliche Qualität* (s. Kapitel 3.112)

Beziehungen wurden untersucht zwischen Schnittholzqualität und folgenden Variablen:

nominal skaliert	ordinal skaliert	intervall skaliert
Standort	Boden-Wurzelkontakt	Splintholzfeuchte
Sturmwurftyp	Kronenverletzungen	Radialzuwachs
		Pilzbesiedlung
		Splintholzrohdichte
		Mittendurchmesser

Bei der Untersuchung der Abhängigkeit der Schnittholzqualität von den verschiedenen Variablen steht die Beantwortung der Frage nach Unterschieden zwischen Standorten und Sturmwurfformen an erster Stelle. Anschließend erfolgt die Prüfung auf Zusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen Schnittholzqualität und den untersuchten Parametern. Bei statistisch gesicherten Unterschieden und Zusammenhängen erfolgt eine Erweiterung der Untersuchung auf Beziehungen der Variablen untereinander.

Die Wahl der statistischen Tests und Prüfmethoden hängt wesentlich von den vorgefundenen Verteilungsformen ab. Aus diesem Grunde war zu Beginn eine Verteilungsanpassung durchzuführen, wozu der χ^2-Anpassungstest verwendet wurde. Bei diesem Test werden die erwarteten Häufigkeiten, die sich beim Vorliegen einer Normalverteilung ergeben den vorgefundenen Häufigkeiten gegenübergestellt. Treten statistisch signifikante Unterschiede auf, müssen Irregularitäten in der empirischen Verteilung angenommen werden.

Die Unterschiede der Verteilungen der untersuchten Variablen von der Normalverteilung waren durchweg signifikant, so daß ausschließlich verteilungsunabhängige Tests verwendet wurden. Durch die Verwendung verteilungsfreier Verfahren wird das Risiko falscher Ergebnisse aufgrund von Verteilungsirregularitäten vermieden.

Unterschiede in den Ausgangsqualitäten wurden mit Hilfe der Wertziffern nach dem Bewertungsansatz *Ausgangsqualität* mittels U-Test nach MANN-WHITNEY überprüft (s. Tabelle 4.3.2). Grundlage für den Test sind alle Stämme eines Versuchskollektivs, die Stämme repräsentieren hierbei das gesamte Schnittholz eines Versuchsbaums.

MANN-WHITNEY U-TEST auf Unterschiede zwischen den Standortvarianten Klink und Steinberg Bewertungsansatz *Ausgangsqualität*	
Testfall	**Versuchsfläche Klink ↔ Versuchsfläche Steinberg**
stehender Bestand	0,1800 Steinberg besser
lebend gelagerte Buchen unter Schirm	0,9780 Klink besser
lebend gelagerte Buchen auf der Freifläche	**0,0130** Steinberg besser
Haufenpolter an der Waldstraße	**0,0001** Steinberg besser

Tabelle 4.3.2: MANN-WHITNEY U-Test auf standörtliche Unterschiede in der Schnittholzqualität nach dem Bewertungsansatz *Ausgangsqualität*; statistisch signifikante Unterschiede auf dem 5 %-Niveau sind grau schattiert, die entsprechenden α-Werte sind fett gedruckt (zusätzlich ist jeweils die bessere Variante angegeben)

Die aus Abbildung 4.111.1 ersichtliche Homogenität der Versuchskollektive der Lebendlagerung wird, ausgenommen bei den lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche, durch die statistische Überprüfung bestätigt. Die Flächenwürfe zeigen einen Unterschied mit einer besseren Schnittholzausgangsqualität auf der Versuchsfläche Steinberg.

Bei den im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitten auf der Versuchsfläche Steinberg wurden beim Schnittholz bessere Ausgangsqualitäten als bei den übrigen Varianten erzielt. Die frisch eingeschlagenen Buchen aus stehendem Bestand der Versuchsfläche Klink erzielen die schlechteste Ausgangsschnittholzqualität. Diese Unterschiede können darin begründet liegen, daß die Stämme für die Anlage der Haufenpolter an der Waldstraße aus der laufenden Aufarbeitung nach dem Sturmwurf zusammengestellt wurden und die Auswahl der Stämme aus Frischeinschlag durch die jeweilige Bestandesstruktur beeinflußt wurde.

Unterschiede in der Ausgangsqualität sind zwar signifikant feststellbar, aber die Abbildung 4.111.1 zeigt, daß diese Unterschiede insgesamt gering und bei den Varianten der Lebendlagerung sehr gering sind.

Desweiteren soll die Frage beantwortet werden, ob es beim Schnittholz von lebend gelagerten Buchen Qualitätsunterschiede in Abhängigkeit von der Form des Sturmwurfs und des Standorts gibt. Diese Frage kann über die Wertziffern nach dem Bewertungsansatz *Lagerungsbedingte Qualität* beantwortet werden.

Der Vergleich der Schnittholzqualitäten lebend gelagerter Buchen unter Schirm und auf der Freifläche zeigt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen beiden Standorten (s. Tabelle 4.3.3).

MANN-WHITNEY U-TEST auf Unterschiede zwischen den Standortvarianten Klink und Steinberg Bewertungsansatz *Lagerungsbedingte Qualität*	
Testfall	**Versuchsfläche Klink ↔ Versuchsfläche Steinberg**
lebend gelagerte Buchen unter Schirm	0,9242 Klink besser
lebend gelagerte Buchen auf der Freifläche	0,1044 Klink besser

Tabelle 4.3.3: MANN-WHITNEY U-Test auf standörtliche Unterschiede in der Schnittholzqualität nach dem Bewertungsansatz *Lagerungsbedingte Qualität* (die bessere Variante ist angegeben)

Zwischen der lagerungsbedingten Schnittholzqualität lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche und unter Schirm ist auf der Versuchsfläche Steinberg ein statistisch gesicherter Unterschied mit besseren Qualitäten bei den Einzelwürfen feststellbar (s. Tabelle 4.3.4). Hierdurch wird der in Kapitel 4.21 und 4.23 dargestellte Zusammenhang bestätigt, daß bei geringem Wasserangebot sich die extremen Bedingungen der sonnenexponierten Freiflächenlagerung neben der negativen Auswirkung auf die Schnittholzqualität (s. Kapitel 4.11) auch ungünstig auf den Wasserhaushalt und den Zuwachs auswirken. Demgegenüber erzielen die lebend gelagerten Buchen unter Schirm auf der Versuchsfläche Steinberg bei gleichem Wasserangebot bessere Schnittholzqualitäten, höhere Splintholzfeuchten und einen höheren Radialzuwachs.

MANN-WHITNEY U-TEST auf Unterschiede zwischen den Varianten der Lagerung Bewertungsansatz *Lagerungsbedingte Qualität*		
Testfall	**Versuchsfläche Klink**	**Versuchsfläche Steinberg**
Lebendlagerung Einzelwurf ↔ Lebendlagerung Flächenwurf	0,3558 Einzelwurf besser	**0,0238** Einzelwurf besser
Lebendlagerung Einzelwurf ↔ Haufenpolter an der Waldstraße	**0,0000** Einzelwurf besser	**0,0000** Einzelwurf besser
Lebendlagerung Flächenwurf ↔ Haufenpolter an der Waldstraße	**0,0000** Flächenwurf besser	**0,0000** Flächenwurf besser

Tabelle 4.3.4: MANN-WHITNEY U-Test auf in der Form der Lagerung bedingte Unterschiede in der Schnittholzqualität nach dem Bewertungsansatz *Lagerungsbedingte Qualität*; statistisch signifikante Unterschiede auf dem 5 %-Niveau sind grau schattiert, die entsprechenden α-Werte sind fett gedruckt (zusätzlich ist jeweils die bessere Variante angegeben)

Die Schnittholzqualität der Stammholzabschnitte im Haufenpolter an der Waldstraße ist signifikant schlechter als alle Varianten der Lebendlagerung (s. Tabelle 4.3.4).

Im nächsten Schritt werden mit Hilfe der Rangkorrelation nach SPEARMAN Zusammenhänge zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und den stetigen Variablen Splintholzfeuchte, Radialzuwachs, Pilzbesiedlung, Rohdichte und Stammittendurchmesser und den diskreten Variablen Boden-Wurzelkontakt und Kronenverletzungen untersucht. Eine Übersicht der untersuchten Zusammenhänge mit den entsprechenden Rangkorrelationskoeffizienten und Signifikanzen (α-Werte) für die intervallskalierten Variablen gibt Tabelle 4.3.5.

Rangkorrelation nach SPEARMAN
Zusammenhang zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und intervallskalierten Variablen

r_s Rangkorrelationskoeffizient α-Wert		Revier Klink		Revier Steinberg	
		Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung	Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung
Splintholzfeuchte	r_s	**-0,4828**	**-0,5250**	**-0,4757**	-0,3223
	α	**0,0353**	**0,0221**	**0,0381**	0,1601
Radialzuwachs	r_s	-0,1991	0,2018	**-0,5880**	-0,3637
	α	0,3855	0,3920	**0,0126**	0,1129
Pilzbesiedlung	r_s	**0,8097**	0,3077	**0,4663**	**0,5182**
	α	**0,0004**	0,1799	**0,0421**	**0,0239**
Splintholzrohdichte	r_s	-0,2510	-0,2895	-0,3574	-0,3149
	α	0,2740	0,2069	0,1192	0,1699
Mittendurchmesser	r_s	0,4196	0,3629	-0,0276	0,1072
	α	0,0674	0,1137	0,9041	0,6403

Tabelle 4.3.5: Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN für Zusammenhänge zwischen Schnittholzqualität bei Beurteilung nach dem Bewertungsansatz *Lagerungsbedingte Qualität* und den intervallskalierten Variablen Splintholzfeuchte, Radialzuwachs, Pilzbesiedlung, Splintholzrohdichte und Mittendurchmesser; statistisch signifikante Unterschiede auf dem 5 %-Niveau sind grau schattiert, die entsprechenden Rangkorrelationskoeffizienten r_s und α-Werte sind fett gedruckt (zusätzlich ist jeweils die bessere Variante angegeben)

Splintholzfeuchte

Die Beziehungen zwischen der Splintholzfeuchte und den verschiedenen Untersuchungsvarianten sind bereits im deskriptiven Ergebnisteil in Kapitel 4.21 dargestellt, so daß sich die folgenden Ausführungen ausschließlich auf die Beziehungen zwischen Splintholzfeuchte, lagerungsbedingter Schnittholzqualität und erklärende Variablen beziehen.

Aus Tabelle 4.3.5 ist zu erkennen, daß die Rangkorrelation nach SPEARMAN zwischen hoher Splintholzfeuchte und einer guten lagerungsbedingten Schnittholzqualität bei fast allen Varianten der Lebendlagerung signifikant ist. Eine Ausnahme stellen die lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche auf der Versuchsfläche Steinberg dar, bei denen die schlechteste Schnittholzqualität erzielt und die geringsten Splintholzfeuchten gemessen wurden. Die Verhältnisse sind hier wahrscheinlich bei beiden Parametern zu homogen, als daß Zusammenhänge erkennbar wären.

Faßt man die lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche im Revier Steinberg zusammen, erhält man einen engeren Zusammenhang ($r_s = -0{,}6202$, $\alpha = 0{,}0001$) zwischen hoher Holzfeuchte und guter lagerungsbedingter Schnittholzqualität. Dies kann durch die größere Spannweite (Range) erklärt werden, die durch die Zusammenfassung beider Varianten vorliegt, bei denen Schnittholzqualität und Holzfeuchte gegensätzlich ausgeprägt sind. Der Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN ($r_s = -0{,}6202$) beschreibt damit einen zuverlässigen Zusammenhang.

Die Zusammenfassung heterogenen Materials birgt stets das Risiko einer Korrelation ohne kausalen Zusammenhang oder Inhomogenitätskorrelation (SACHS, 1992). Diese kann für den dargestellten stochastischen Zusammenhang insofern ausgeschlossen werden, da der Zusammenhang von guter lagerungsbedingter Schnittholzqualität und hoher Splintholzfeuchte auch bei den Teilkollektiven nachweisbar ist (s. Tabelle 4.3.5), mit Ausnahme des Flächenwurfs Steinberg, wo ggf. eine zu geringe Spannweite (Range) der Schnittholzqualitäten vorliegt (SAUTER, 1992). Hierauf weist der niedrigste Variationskoeffizient aller Varianten der Lebendlagerung von 18 % hin (s. Tabelle 4.3.1). Bei der Beziehung Schnittholzqualität und Splintholzfeuchte kann daher von einer kausalen Korrelation ausgegangen werden, wobei die Rangkorrelationskoeffizienten von ca. 0,5 bis auf einen Fall ($r_s = 0{,}3223$) auf einen relativ sicheren Zusammenhang hindeuten.

Die Rangkorrelationskoeffizienten der zusammengefaßten Varianten zeigen durchweg keinen stärkeren Zusammenhang zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und den untersuchten Variablen als bei Betrachtung der einzelnen Varianten. Aus der Aggregation der Einzelvarianten können daher allenfalls Trendaussagen abgeleitet werden und auf eine weitere Darstellung wird aus diesem Grund verzichtet.

Der stochastische Zusammenhang kann mit Anpassung einer Regressionsgeraden dargestellt werden (Abbildung 4.3.1.). Die Regressionsanalyse gilt strenggenommen nur für normalverteilte Stichproben; sie wurde hier dennoch durchgeführt, um den dargestellten

Zusammenhang zwischen Splintholzfeuchte und lagerungsbedingter Schnittholzqualität, repräsentiert durch die Wertziffer, zu verdeutlichen.

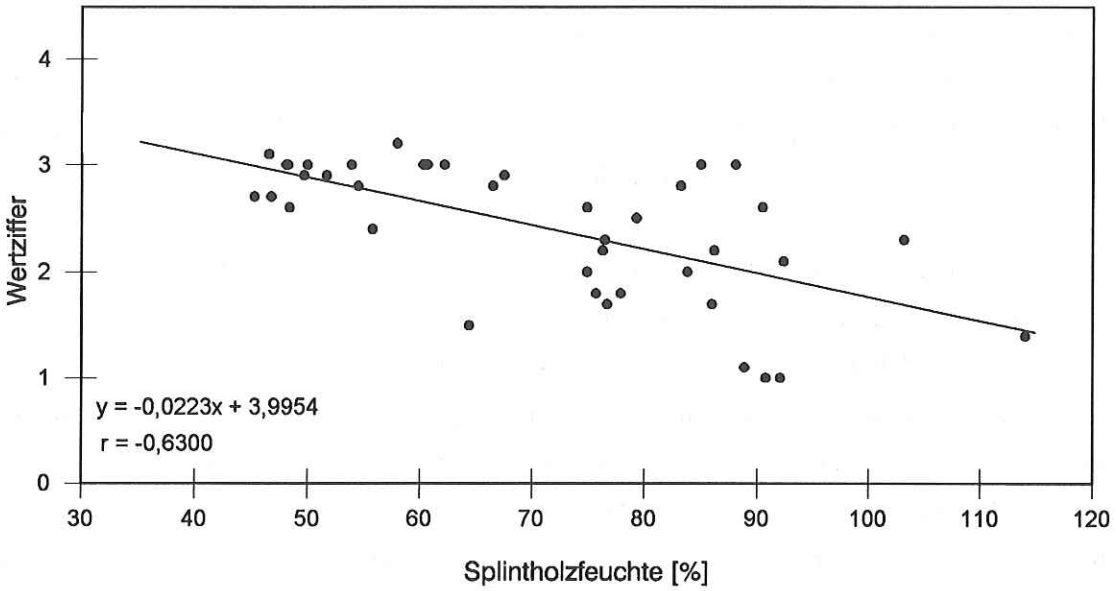


Abbildung 4.3.1: Regression Wertziffer der lagerungsbedingten Schnittholzqualität über Splintholzfeuchte bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche im Revier Steinberg für 40 Einzelstämme (jeder Meßpunkt repräsentiert die durchschnittliche Wertziffer des gesamten Schnittholzes und die durchschnittliche Splintholzfeuchte eines Versuchsbaums)

Aus der Darstellung in Abbildung 4.3.1 wird der über die Rangkorrelation nach SPEARMAN nachgewiesene Zusammenhang zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und Splintholzfeuchte erkennbar. Je höher die Splintholzfeuchte der lebend gelagerten Buchen ist, desto besser ist die Wertziffer, die die lagerungsbedingte Wertzusammensetzung der Schnittware repräsentiert. Im Holzfeuchtebereich unter 60 % ist die Streuung der lagerungsbedingten Schnittholzqualität deutlich eingeschränkt, wohingegen bei einer Splintholzfeuchte über 80 % die Schnittholzqualitäten breiter streuen.

Regressionsvorhersagen (BORTZ, 1993) von der Prädiktorvariablen Splintholzfeuchte auf die Kriteriumsvariable Wertziffer sind aus dem dargestellten Zusammenhang nicht zulässig, denn aufgrund einer nicht vorliegenden Normalverteilung dient die Regressionsanalyse, wie bereits erwähnt, nur der Veranschaulichung. Es können hieraus keine Vorhersagebereiche (prediction intervals) für künftige Beobachtungen oder künftige Mittelwerte angegeben werden.

Die Schlußfolgerung, die hieraus zu ziehen ist, muß deshalb allgemein formuliert werden: Lebend gelagerte Buchen mit geringen Splintholzfeuchten lassen geringerwertige lagerungsbedingte Schnittholzqualitäten erwarten, bei höherer Splintholzfeuchte können

bessere lagerungsbedingte Schnittholzqualitäten erwartet werden, wobei hier mit größeren Streuungen gerechnet werden muß.

Ausgehend von dem für ganze Stämme nachgewiesenen Zusammenhang zwischen einer guten lagerungsbedingten Schnittholzqualität und einer hohen Splintholzfeuchte wird bei der folgenden stammabschnittsweisen Betrachtung von einer unterschiedlichen Qualität dieses Zusammenhangs in der Stammhöhe ausgegangen.

Diese Annahme geht von der bekannten Beobachtung aus, daß bei der Baumart Buche die Holzfeuchte zum Kronenansatz hin zunimmt (HARTIG, 1882; KNUCHEL, 1935; GLAVAC et al., 1990). Besteht in unterschiedlichen Stammhöhen ein unterschiedlich ausgeprägter Zusammenhang zwischen einer guten lagerungsbedingten Schnittholzqualität und einer hohen Splintholzfeuchte, muß dieser Zusammenhang aufgrund der höheren Holzfeuchte am Kronenansatz beim Zopfstück enger sein, was im folgenden beispielhaft an den lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche des Reviers Steinberg dargestellt werden soll.

Die Unterschiede in der Splintholzfeuchte lebend gelagerter Buchen unter Schirm und auf der Freifläche sind im Revier Steinberg für ganze Bäume statistisch signifikant ($\alpha = 0{,}0114$). Dieser Unterschied läßt sich auch für die einzelnen Stammabschnitte Erdstück, Mittelstück und Zopfstück statistisch sichern und kann an den Signifikanzwerten in Tabelle 4.3.6 abgelesen werden.

MANN-WHITNEY U-TEST auf Unterschiede in der Splintholzfeuchte verschiedener Stammabschnitte			
Testfall	Erdstück	Mittelstück	Zopfstück
Einzelwurf ↔ Flächenwurf Revier Steinberg	**0,0294** Einzelwurf besser	**0,0170** Einzelwurf besser	**0,0019** Einzelwurf besser

Tabelle 4.3.6: Unterschiede in der Splintholzfeuchte zwischen einzelnen Stammabschnitten auf der Versuchsfläche Steinberg; statistisch signifikante Unterschiede auf dem 5 %-Niveau sind grau schattiert, die entsprechenden α-Werte sind fett gedruckt (zusätzlich ist jeweils die bessere Variante angegeben)

Der Zusammenhang zwischen einer guten lagerungsbedingten Schnittholzqualität und einer hohen Holzfeuchte wird aus der Betrachtung der Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN ersichtlich (s. Tabelle 4.3.7). Die beiden Varianten der Lebendlagerung im Revier Steinberg, die sich, wie oben dargestellt wurde, sowohl hinsichtlich Schnittholzqualität wie auch Holzfeuchte deutlich unterscheiden, zeigen auch deutliche Unterschiede bei einer Betrachtung des Zusammenhangs bezogen auf die Lage im Stamm.

Bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm, die eine sehr hohe Holzfeuchte und von den lebend gelagerten Buchen die beste Schnittholzqualität aufweisen, ist die Beziehung zwischen Schnittholzqualität und Holzfeuchte beim Zopfstück erwartungsgemäß am stärksten ausgeprägt, was an dem Rangkorrelationskoeffizienten (r_s = -0,6347) deutlich sichtbar wird. Aus den Rangkorrelationskoeffizienten der Einzelwürfe ist weiterhin ersichtlich, daß der Zusammenhang zum Erdstück hin abnimmt.

Rangkorrelation nach SPEARMAN
Zusammenhang zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und Splintholzfeuchte nach Stammabschnitten
Versuchsflächen im Revier Steinberg

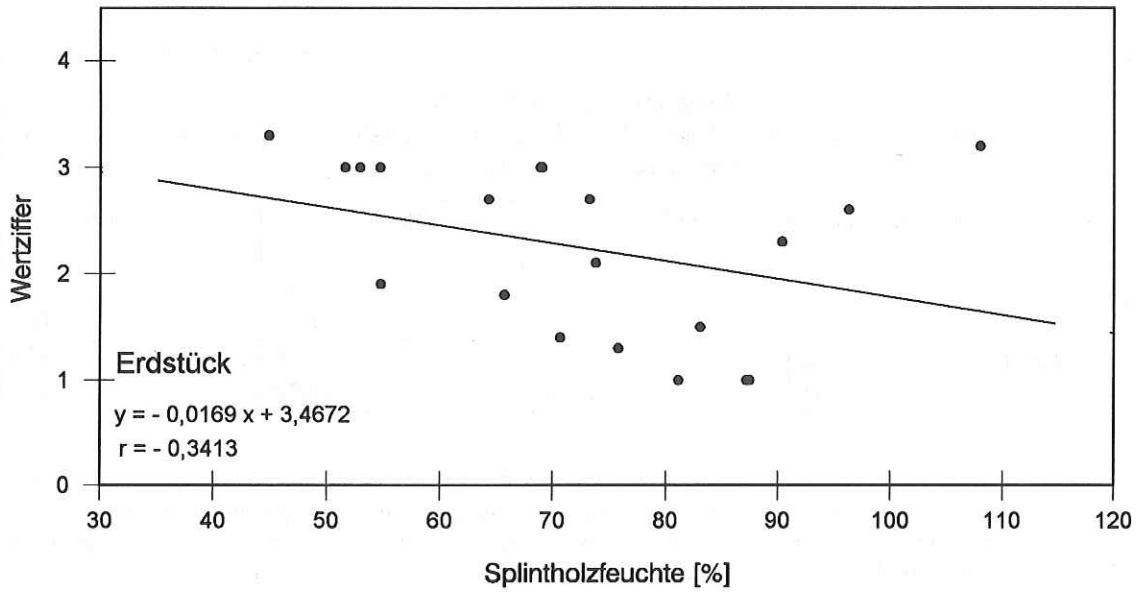
r_s Rangkorrelationskoeffizient α-Wert		Erdstück	Mittelstück	Zopfstück
Einzelwurf	r_s	-0,4623	-0,5381	-0,6347
	α	0,0439	0,0265	0,0057
Flächenwurf	r_s	-0,2488	-0,6441	-0,4680
	α	0,2782	0,0063	0,0414

Tabelle 4.3.7: Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN für den Zusammenhang Splintholzfeuchte und lagerungsbedingte Schnittholzqualität für die Stammabschnitte Erdstück, Mittelstück und Zopfstück auf der Versuchsfläche Steinberg; statistisch signifikante Unterschiede auf dem 5 %-Niveau sind grau schattiert, die entsprechenden α-Werte sind fett gedruckt

Im Gegensatz hierzu ergibt sich bei den Flächenwürfen ein anderes Bild. Für die Erdstammstücke läßt sich kein Zusammenhang zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und Holzfeuchte nachweisen. Der Rangkorrelationskoeffizient für das Zopfstück (r_s = -0,4680) deutet ebenfalls nicht auf einen straffen Zusammenhang hin. Beim Mittelstück hingegen zeigt der vergleichsweise hohe Rangkorrelationskoeffizient (r_s = -0,6441), daß hier ein enger Zusammenhang zwischen Schnittholzfeuchte und lagerungsbedingter Schnittholzqualität vorliegt.

Die Ursache für diese Erscheinung kann in stärkeren Kronenverletzungen des Flächenwurfs begründet sein. Diese könnten dadurch entstanden sein, daß bei den Flächenwürfen die Kronen beim Sturz auf die Wurzelteller benachbarter Sturmwurfbuchen aufschlugen und stärker als bei Einzelwürfen zersplitterten. Der statistische Vergleich der Flächenwürfe mit den Einzelwürfen bestätigt, daß die Flächenwürfe signifikant stärkere Kronenverletzungen aufweisen als die Einzelwürfe (α = 0,0350). Durch die stärkeren Kronenverletzungen besteht eine größere Gefahr durch Entwertungen infolge Einlauf (Sauerstoffzutritt), Holzfeuchteverlusten und Schadorganismen. Darüberhinaus fehlt den Buchen mit stark zerschlagenen Kronen ein großer Teil ihres Assimilationsapparates, was eine verringerte Vitalität dieser Bäume zur Folge hat.

Der engere Zusammenhang zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und Holzfeuchte im mittleren Stammstück bei den Flächenwürfen resultiert demnach aus einer höheren Holzfeuchte und einer besseren Schnittholzqualität, da die über Wurzel- und Kronenverletzungen vordringende Austrocknung im mittleren Stammstück noch keine Entwertung durch Lagerschäden verursacht hat.



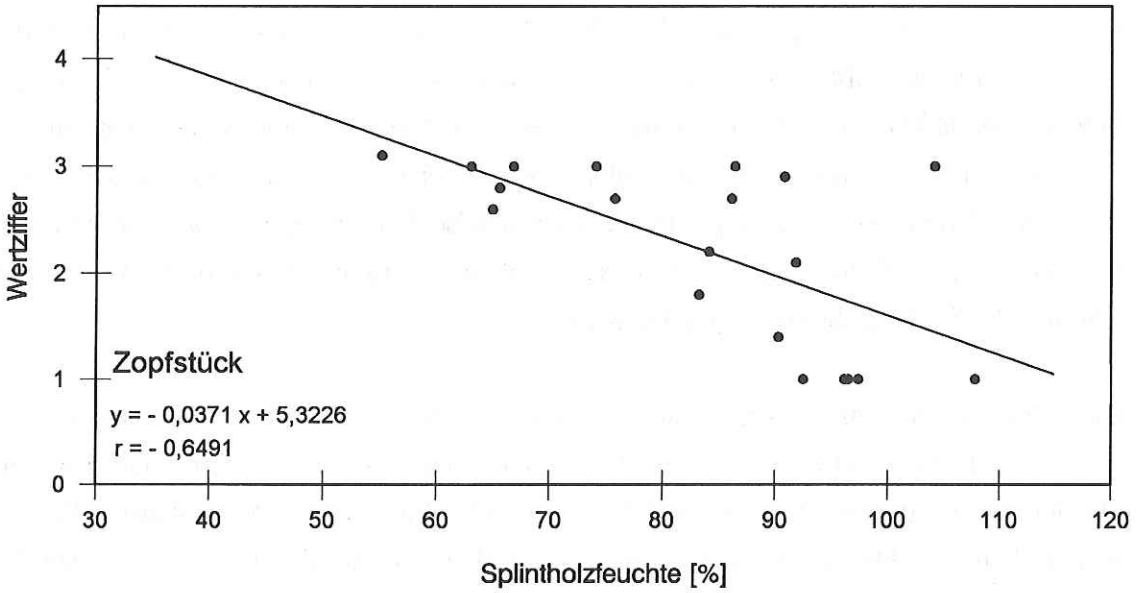


Abbildung 4.3.2: Regression Wertziffer der lagerungsbedingten Schnittholzqualität über Splintholzfeuchte bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm im Revier Steinberg für jeweils 20 *Erdstücke* und *Zopfstücke* (jeder Meßpunkt repräsentiert die durchschnittliche Wertziffer des gesamten Schnittholzes und die durchschnittliche Splintholzfeuchte eines Stammabschnitts)

In den Abbildungen 4.3.2 sind die Regressionsgeraden für die Beziehung Splintholzfeuchte und lagerungsbedingte Schnittholzqualität beispielhaft für die Erd-, und

Zopfstücke der lebend gelagerten Buchen unter Schirm der Versuchsfläche Steinberg dargestellt. Die erwartete und über die Rangkorrelation nach SPEARMAN nachgewiesene unterschiedliche Qualität des Zusammenhangs zwischen einer guten lagerungsbedingten Schnittholzqualität und hoher Splintholzfeuchte in Abhängigkeit von der Lage im Stamm wird durch die dargestellten Regressionsgeraden veranschaulicht. Hinsichtlich der Anwendung der Regressionsanalyse auf das vorliegende Datenmaterial wird auf die Ausführungen weiter oben verwiesen, ergänzend wird darauf hingewiesen, daß die in den Abbildungen dargestellten Korrelationskoeffizienten der Regressionsrechnung sich von den Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN unterscheiden.

Die dargestellten Beziehungen und Zusammenhänge zeigen, daß die Entwertung durch Lagerschäden im oberen Stammbereich aufgrund der dort vorhandenen höheren Holzfeuchte bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm langsamer fortschreitet. Dies bestätigt erneut die Bedeutung der Holzfeuchte für die Erhaltung der Schnittholzqualität. Hierauf wurde bereits im deskriptiven Ergebnisteil im Zusammenhang mit dem positiven Einfluß des schützenden Kronenschirms auf den Erhalt der Holzfeuchte hingewiesen.

Ausgehend von der Annahme, daß bei lebend gelagerten Buchen der reduzierte Boden-Wurzelkontakt und Kronenverletzungen sich auf die Holzfeuchte auswirken können, wurden die Beziehungen zwischen Splintholzfeuchte und den Variablen Boden-Wurzelkontakt und Kronenverletzungen untersucht. Voraussetzung für einen intakten Wasserhaushalt lebend gelagerter Buchen ist ein für die Wasserversorgung funktionsfähiger Boden-Wurzelkontakt. Es erscheint daher naheliegend, daß zwischen dem Boden-Wurzelkontakt und der Holzfeuchte ein Zusammenhang besteht. Da der anhand von fünf Klassen geschätzte Boden-Wurzelkontakt durch diskrete Werte repräsentiert wird, es sich bei der Holzfeuchte hingegen um stetige Werte handelt, wurden Kontingenztafeln verwendet und mit dem χ^2-Test auf statistisch signifikante Zusammenhänge untersucht.

Bei den lebend gelagerten Buchen konnten keine statistischen Zusammenhänge zwischen Boden-Wurzelkontakt und Splintholzfeuchte festgestellt werden. Hierauf wird weiter unten nochmals eingegangen.

Nach dem gleichen Verfahren wurden Zusammenhänge zwischen Splintholzfeuchte und Kronenverletzungen für ganze Stämme und für die Zopfstücke untersucht; hierbei konnten ebenfalls keine statistischen Zusammenhänge festgestellt werden.

Radialzuwachs 1990

Die Veränderung des Radialzuwachses lebend gelagerter Buchen durch die Lebendlagerung ist in Kapitel 4.23 eingehend beschrieben, und statistisch signifikante Unterschiede (MANN-WHITNEY U-Test) werden dort aufgezeigt. Die Darstellung beschränkt sich an dieser Stelle auf die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Radialzuwachs 1990 und lagerungsbedingter Schnittholzqualität und wird abschließend erweitert auf die Beziehung zwischen Radialzuwachs und Splintholzfeuchte.

Für die lebend gelagerten Buchen unter Schirm auf der Standortvariante mit geringerem Wasserangebot im Revier Steinberg läßt sich mit der Rangkorrelation nach SPEARMAN ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer guten lagerungsbedingten Schnittholzqualität und einem hohen Radialzuwachs nachweisen ($r_s = -0{,}5880$; $\alpha = 0{,}0126$). Faßt man analog der Vorgehensweise bei der Betrachtung der Splintholzfeuchte die beiden Varianten der Lebendlagerung im Revier Steinberg zusammen, ist der Zusammenhang geringfügig straffer ausgeprägt ($r_s = -0{,}6222$; $\alpha = 0{,}0001$). Gemäß der vorstehend im Absatz zur Splintholzfeuchte gewählten Darstellungsweise ist der Zusammenhang zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und Radialzuwachs während der Lebendlagerung im Jahr 1990 in Abbildung 4.3.3 veranschaulicht. Zur Anwendung der Regressionsanalyse wird auf vorstehende Ausführungen verwiesen.

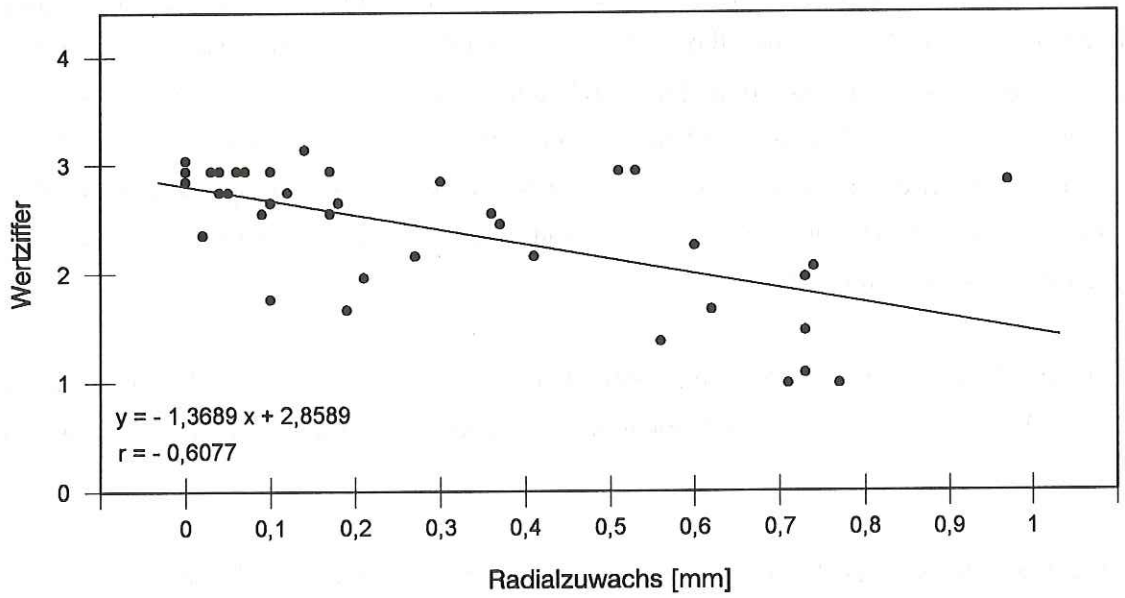


Abbildung 4.3.3: Regression Wertziffer der lagerungsbedingten Schnittholzqualität über Radialzuwachs 1990 bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche im Revier Steinberg für 38 Einzelstämme (unter Ausschluß von zwei Fehlmessungen; jeder Meßpunkt repräsentiert die durchschnittliche Wertziffer des gesamten Schnittholzes und den Radialzuwachs eines Versuchsbaums)

Ein statistischer Zusammenhang zwischen Radialzuwachs und Splintholzfeuchte ist auf der Basis von 20 Versuchsbäumen einer einzelnen Variante nicht nachweisbar. Faßt man einerseits die lebend gelagerten Buchen auf dem Standort mit geringerem Wasserangebot im Revier Steinberg, andererseits die Flächenwürfe beider Standortvarianten zusammen, kann jeweils ein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden. Dieser ist bei den Flächenwürfen ($r_s = 0{,}4175$; $\alpha = 0{,}0101$) jedoch nur schwach ausgeprägt. Für die 40 lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche im Revier Steinberg kann mittels Rangkorrelation nach SPEARMAN ein Zusammenhang nachgewiesen werden ($r_s = 0{,}5175$; $\alpha = 0{,}0014$).

Pilzbesiedlung

Die Untersuchung der Beziehung zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und der von Pilzen besiedelten Flächengröße zeigt einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen einer guten lagerungsbedingten Schnittholzqualität und einer geringen Pilzbefallsfläche bei fast allen Varianten der Lebendlagerung. Die Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN sind in Tabelle 4.3.5 dargestellt.

Dieser Zusammenhang wird besonders deutlich bei den lebend gelagerten Buchen unter Schirm auf der Versuchsfläche im Revier Klink. Hier wurde die geringste Befallsflächensumme (s. Tabelle 2.5.1) und eine vergleichsweise gute lagerungsbedingte Schnittholzqualität festgestellt. Am hohen Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN ($r_s = 0{,}8097$) wird der für die vorliegende Untersuchung sehr enge Zusammenhang sichtbar.

In Abbildung 4.3.4 wird durch die Regressionsgerade der Zusammenhang veranschaulicht. Aus der Darstellung werden anhand des Untersuchungsmaterials insbesondere zwei Sachverhalte deutlich: Versuchsbäume ohne jeglichen äußerlich an Fruchtkörpern erkennbaren Pilzbefall erzielen sehr gute bis gute Schnittholzqualitäten, Bäume mit einer äußerlich erkennbaren Pilzbefallsfläche von über 20 Quadratdezimetern erzielen durchweg geringwertige Schnittholzqualitäten. Bezüglich der Regressionsvorhersagen und der Anwendung der Regressionsanalyse auf das vorliegende Datenmaterial wird auf die Ausführungen beim Abschnitt zur Splintholzfeuchte in diesem Kapitel verwiesen.

Die lebend gelagerten Buchen auf den Versuchsflächen im Revier Steinberg zeigen ebenfalls einen statistisch signifikanten Zusammenhang der untersuchten Variablen, dieser ist dort aber weniger stark ausgeprägt; die Rangkorrelationskoeffizienten liegen in

der gleichen Größenordnung wie bei der Rangkorrelation zwischen Splintholzfeuchte und lagerungsbedingter Schnittholzqualität.

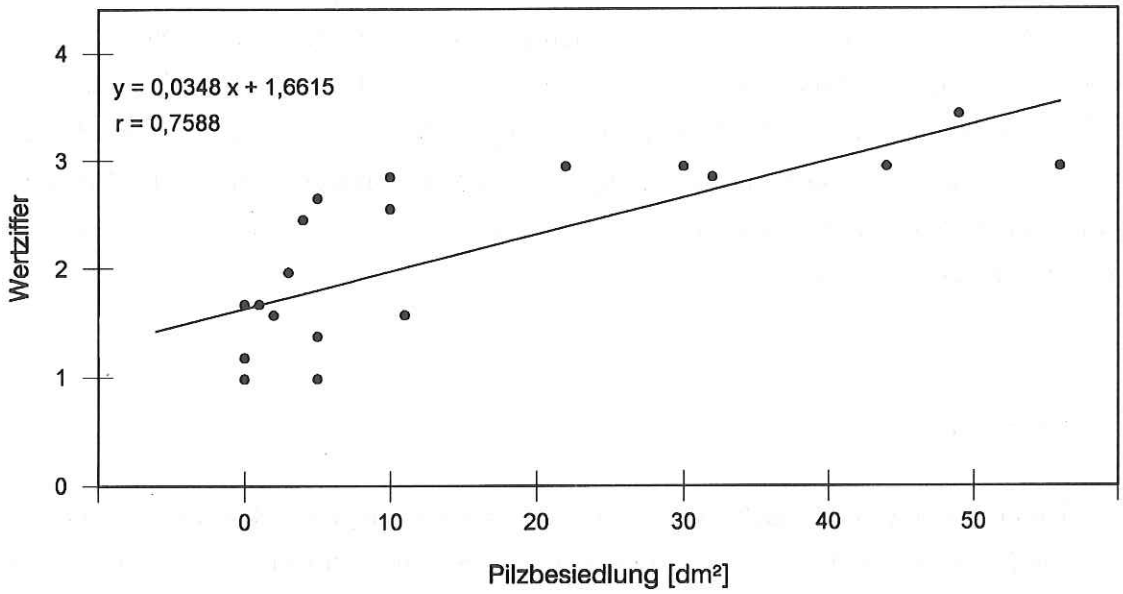


Abbildung 4.3.4: Regression Wertziffer der lagerungsbedingten Schnittholzqualität über Pilzbesiedlung bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm im Revier Klink für jeweils 20 Einzelstämme (jeder Meßpunkt repräsentiert die durchschnittliche Wertziffer des gesamten Schnittholzes und die Pilzbefallsflächensumme eines Stammes)

Die Überprüfung der Beziehung Splintholzfeuchte und Pilzbesiedlung zeigt für diese zwar keine Signifikanz, dennoch muß bei der Interpretation des gefundenen Zusammenhangs zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und Pilzbesiedlung erneut auf die Bedeutung der Holzfeuchte hingewiesen werden.

Als aerobe Organismen benötigen holzzerstörende Pilze Luftsauerstoff für den aeroben Abbau von Holz zu Wasser, Kohlendioxyd und Energie (SCHMIDT, 1994). Voraussetzung für das Wachstum dieser Pilze ist demnach einerseits ein Minimum an Luftvolumen im Holz, andererseits verlangen holzzerstörende Pilze auch ein bestimmtes Wasservolumen im Holz (RYPÁČEK, 1966). So benötigt die bei den lebend gelagerten Buchen insgesamt weitaus am häufigsten vorgefundene und nach ihrer Befallsfläche am stärksten ausgeprägte Pilzart *Schizophyllum commune* Fr. : Fr. beispielsweise ein minimales Luftvolumen von 20 % zum Wachstum (RYPÁČEK, 1966). Bei hohen Holzfeuchten wie sie bei den unter Schirm lebend gelagerten Buchen vorgefunden wurden, war diese Voraussetzung offensichtlich nicht erfüllt, was aus den geringen bis sehr geringen Befallsflächensummen dieser Pilzart bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm deutlich wird (s. Tabelle 2.5.1).

Ausgehend von den aufgezeigten Zusammenhängen kann gefolgert werden, daß aufgrund hoher Holzfeuchten bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm eine Pilzbesiedlung erschwert oder gar verhindert wird bzw. nur in dem Maße fortschreitet, wie Luftsauerstoff in die Holzzellen eindringen kann (vgl. Kapitel 4.14).

Splintholzrohdichte

Zwischen Splintholzrohdichte und der lagerungsbedingten Schnittholzqualität ist kein statistischer Zusammenhang feststellbar. Die Splintholzrohdichte, erhoben über Bohrkerne von 2 Zentimetern Länge und einem Durchmesser von 8 Millimetern, repräsentiert nur einen peripheren und sehr geringen Anteil des Holzvolumens eines Stammes und hat sich für eine Aussage zur erzielbaren lagerungsbedingten Schnittholzqualität lebend gelagerter Buchen als nicht sehr aussagekräftig erwiesen.

Mittendurchmesser

Zwischen Mittendurchmesser und lagerungsbedingter Schnittholzqualität konnte kein statistischer Zusammenhang festgestellt werden. Die von BOYCE (1929) dargestellten Abhängigkeiten zwischen Holzqualität und Durchmesser (s. Kapitel 1.2) konnten nicht bestätigt werden. Die Buche ist mit den von BOYCE untersuchten Nadelholzarten mit vergleichsweise starken Durchmessern nicht vergleichbar.

Boden-Wurzelkontakt

Zwischen den Standorten und Varianten wurden keine statistischen Unterschiede festgestellt. Zwischen der lagerungsbedingten Schnittholzqualität und dem Boden-Wurzelkontakt konnte kein statistischer Zusammenhang nachgewiesen werden. Auf den fehlenden statistischen Zusammenhang zwischen der Splintholzfeuchte und dem Boden-Wurzelkontakt wurde bereits bei der Erörterung der Beziehung zwischen lagerungsbedingter Schnittholzqualität und Splintholzfeuchte hingewiesen.

Holzfeuchteunterschiede zwischen stehendem Bestand und den unter Schirm lebend gelagerten Buchen konnten statistisch nicht nachgewiesen werden. Der überwiegend vorgefundene Boden-Wurzelkontakt von 20 bis 25 % scheint demnach zu genügen, bei

Einzelwürfen unter Schirm eine Splintholzfeuchte vergleichbar mit der des stehenden Bestandes aufrechtzuerhalten.

Der allgemein gehaltene Hinweis der in Kapitel 1.2 zitierten Autoren auf die Notwendigkeit eines ausreichenden, in der Regel von ihnen aber nicht näher untersuchten Wurzelkontakts als Voraussetzung für die Lebendlagerung kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse soweit konkretisiert werden, daß eine geschätzte Boden-Wurzelverbindung von 20 bis 25 % des Volumens des sichtbaren Wurzeltellers genügt, bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm die Wasserversorgung über einen Zeitraum von zwei Vegetationsperioden hinweg aufrechtzuerhalten. Da die physiologische Funktionsfähigkeit des Boden-Wurzelkontaktes für die Versorgung lebend gelagerter Buchen nur schwer zu erfassen und zu beurteilen ist, kann ausgehend von einer quantitativen Erfassung nicht zwangsläufig auf dessen Qualität für die Wasserversorgung der Bäume geschlossen werden.

Die in der vorliegenden Untersuchung dargestellte einfache Schätzung zur Beurteilung des verbliebenen Boden-Wurzelkontakts bei lebend gelagerten Buchen zielte darauf ab, daß die Ergebnisse und Schlußfolgerungen auch in der Praxis umsetzbar und durchführbar sind. Es muß im Rahmen dieser Untersuchung offenbleiben, ob eine genauere und zugleich aufwendigere Aufnahme und Einschätzung des verbliebenen Boden-Wurzelkontakts statistisch gesicherte Zusammenhänge aufgezeigt hätte.

Geht man davon aus, daß der Boden-Wurzelkontakt bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm und auf der Freifläche sich statistisch nicht unterscheidet, ist bei gleichem standörtlichen Wasserangebot aufgrund der aus dem Untersuchungsmaterial gewonnenen Ergebnisse der Schluß zu ziehen, daß die entscheidende Variable für die hohe Holzfeuchte lebend gelagerter Buchen unter Schirm das überschirmende Kronendach des verbliebenen Bestandes ist. Diese Folgerung ist gleichsinnig mit den entsprechenden Folgerungen bei der Darstellung standörtlicher Unterschiede in diesem Kapitel und bei der Erörterung der Splintholzfeuchte und des Radialzuwachses in Kapitel 4.21 und 4.23.

Kronenverletzungen

Die Kronenverletzungen unterschieden sich bei den Flächenwürfen statistisch signifikant von den Einzelwürfen ($\alpha = 0{,}0324$), insofern die Kronen der Flächenwürfe durchweg stärker beschädigt waren. Diese Feststellung wurde bereits im Abschnitt über den Zusammenhang Splintholzfeuchte und lagerungsbedingte Schnittholzqualität bei der

stammabschnittsweisen Betrachtung erörtert. Zwischen den in der vorliegenden Untersuchung nach einer dreistufigen Einteilung ermittelten Kronenverletzungen und der lagerungsbedingten Schnittholzqualität konnte kein statistischer Zusammenhang festgestellt werden.

Von der Mehrzahl der in Kapitel 1.2 zitierten Autoren, die sich zur Lebendlagerung der Buche äußern oder diese untersucht haben, wird eine geringe Kronenverletzung allgemein als Entscheidungsvoraussetzung für diese Form der Holzlagerung angesehen.

Hiervon unterscheidet sich SCHWERDTFEGER (1963), der diesen Faktor untersucht hat. Der Autor stellt fest, daß die von ihm untersuchten Buchen sich maßgeblich durch schwerere Kronenverletzungen von denen von KUNZ (1961) unterschieden. Er betont, daß trotz dieser erheblichen Unterschiede 91 % der von ihm aufgearbeiteten lebend gelagerten Buchen von einer guten Qualität waren. Selbst bei entwipfelten Buchen, die am Wurzelstock belassen wurden, stellt SCHWERDTFEGER übereinstimmend mit KUNZ (1969) fest, daß diese sich durch gute Qualitäten bzw. nur geringe Qualitätseinbußen auszeichneten. SCHWERDTFEGER gibt für entwipfelte Buchen einen Anteil mit zufriedenstellenden Holzqualitäten von 82 % an und fügt hinzu, daß regelmäßig das obere Meterstück minderwertig war.

KUNZ (1961) stellt bei entwipfelten Baumstümpfen zwei Jahre nach Sturmwurf noch Holzfeuchten von 90 bis 95 % fest und führt aus, daß die Holzqualität, ausgenommen bei Sonnenbrand, nicht abgesunken war.

Im Zusammenhang mit diesen Ergebnissen sind auch die Ausführungen von DELORME und WUJCIAK (1973) zu sehen, die sich auf die vorstehenden Autoren beziehen und in einer abschließenden Empfehlung feststellen, daß selbst beträchtliche Kronenverletzungen über zwei Vegetationsperioden nicht zum Absterben der Bäume führten.

Dementgegen stellen OLIVER-VILLANUEVA und SACHSSE (1992) fest, daß die Holzfeuchte um so höher lag, je größer und besser erhalten die Krone und das damit zur Verfügung stehende Assimilationspotential war. Von dieser Feststellung ausgehend werden aber keine Folgerungen hinsichtlich der Holzqualität gezogen bzw. keine Zusammenhänge zwischen Kronenverletzungen und Holzqualität aufgezeigt.

MOLTESEN und DALGAS (1973) beobachteten in ihren Untersuchungen über lebend gelagerte und entwipfelte, am Wurzelstock belassene Buchen, daß die entwipfelten Buchen nach einem Jahr Lagerung nur geringfügig geringere Qualitätseinbußen

verzeichneten als lebend gelagerte Buchen, daß die Schäden aber nach zwei Jahren beträchtlich zunahmen. Bei lebend gelagerten Buchen stellen die Autoren um so stärkere braune Verfärbungen im Holz fest, um so gravierender die Kronenverletzungen waren.

Bei der Komplexität und der Vielzahl von Einflußfaktoren, die auf lebend gelagerte Buchen einwirken (s. Abbildung 3.1), ist es außerordentlich schwierig, eindeutige Zusammenhänge klar herauszustellen. Vor diesem Hintergrund sind auch die sich widersprechenden Angaben in der Literatur zu interpretieren, wie beispielsweise bei der Beurteilung der Holzqualität lebend gelagerter Buchen im Zusammenhang mit Kronenverletzungen, verbliebenem Boden-Wurzelkontakt oder im Hinblick auf die mögliche Dauer der Lebendlagerung.

5. SCHLUßFOLGERUNGEN

Die der vorliegenden experimentellen Untersuchung zugrundeliegende Hypothese lautet: Durch die Lebendlagerung kann die Rundholzqualität von Buchenstammholz für die Erzeugung hochwertiger Schnittware erhalten werden. Der Vergleich der Ergebnisse aus Lebendlagerung auf der Freifläche und solchen aus Einzelwürfen unter Schirm mit den Resultaten aus üblicher Lagerung im Haufenpolter am Waldstraßenrand sollte eine Bewertung der Lebendlagerung zulassen.

Bei der Formulierung des Forschungsansatzes war von vornherein klar, daß die Beziehungen zwischen Rundholzqualität und daraus resultierenden Schnittholzeigenschaften aufgrund großer Streuungen als besonders problematisch anzusehen sind. Hierauf weisen eine Vielzahl früherer Untersuchungen hin (KOLLMANN, 1950; MAYER-WEGELIN, 1950 und 1953; SCHULZ, 1961 und 1993; LÖFFLER, 1968, 1970 und 1972; HECKEL, 1977; HENLE, 1991). Aus diesem Grunde mußte Wert auf eine sorgfältige und repräsentative Auswahl eines entsprechend umfangreichen Stichprobenkollektivs gelegt werden. Aus der Bewertung von 6860 untersuchten Bohlen und Brettern aus 1153 Sägeabschnitten, ausgehalten aus 368 Buchen mit einem Gesamtvolumen von 471 Festmetern, können die nachfolgenden Schlußfolgerungen gezogen werden:

Bei den lebend gelagerten Buchen aus Wintersturmwurf 1990 traten bereits nach der ersten überstandenen Vegetationsperiode Wertverluste auf. Die Wertverluste, hergeleitet über die Abwertung der Schnittware von Güteklasse 2 nach 3 (DIN 68369) oder nicht mehr erfaßbar nach DIN-Norm 68369 aufgrund lagerungsbedingter Einflüsse, erweisen sich in Abhängigkeit von der Form der Lebendlagerung (Einzelwurf unter Schirm oder Flächenwurf ohne Beschattung) als deutlich unterschiedlich ausgeprägt (s. Tabelle 5.1).

Zeitraum der Versuchseinschnitte	Einzelwurf unter Schirm	Flächenwurf ohne Beschattung	Haufenpolter am Waldstraßenrand
Oktober 1990	16 %	38 %	77 %
März 1991	35 %	47 %	91 %
Dezember 1991	55 %	72 %	100 %

Tabelle 5.1: Wertverlust in Prozent infolge Abwertung der Schnittware (DIN 68369) durch Lagerung bezogen auf eine durch Lagerung nicht beeinflußte Ausgangsqualität

Als Schlußfolgerung kann formuliert werden, daß Buchen aus Wintersturmwurf in Form beschatteter Einzelwürfe bis zu einem Jahr, also eine Vegetationsperiode und den folgenden Winter einschließend, unter Hinnahme noch vertretbarer Wertverluste von im Mittel bis zu 35 % lebend gelagert werden können.

Für lebend gelagerte Buchen aus Flächenwürfen ohne Beschattung durch einen verbliebenen Kronenschirm, gilt dies nur mit Einschränkungen, da bereits erhebliche Wertverluste (47 %) zu konstatieren sind.

Von dem auf den Sturmwurf folgenden Herbst bis zum Beginn der nächsten Vegetationszeit treten weitere, nicht vernachlässigbare, negative Veränderungen der Schnittholzqualität auf.

Nach einer nachfolgenden zweiten Vegetationsperiode ist eine wesentliche Verschlechterung der Schnittholzqualität für sämtliche Lagerungsvarianten zu akzeptieren.

Der Vergleich der Schnittware lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche (Flächenwurf) und unter Schirm (Einzelwurf) weist auf weitere mögliche praktische Schlußfolgerungen hin. Lebend gelagerte Buchen unter Schirm haben die günstigeren Lagerungsbedingungen, was in der geringeren Entwertung des Schnittholzes deutlich zum Ausdruck kommt.

Die Veränderungen der Schnittholzqualität verlaufen über den Winter langsamer als während der Vegetationszeit. In der vorliegenden Untersuchung betrug die zusätzliche Entwertung im Winterhalbjahr im Durchschnitt 13 %. Aus dieser Erkenntnis läßt sich für den Forstbetrieb der Hinweis ableiten, daß eine zeitliche Streckung der Arbeit bis zum Beginn der folgenden Vegetationsperiode möglich ist, wobei die Aufarbeitung lebend gelagerter Buchen auf der Freifläche vor denen aus Einzelwürfen unter Schirm erfolgen sollte.

In Haufenpoltern an der Waldstraße gelagerte Buchen erweisen sich bereits nach der ersten Vegetationsperiode weitgehend und nach dem folgenden Winterhalbjahr als nahezu vollständig entwertet. Nach zwei Vegetationsperioden erfüllt ein Großteil der Schnittware aufgrund gravierender Entwertungen durch Lagerschäden nicht mehr die Beurteilungskriterien der DIN-Norm 68369. Der hierbei zugrunde gelegte Zeitrahmen entspricht durchaus der Zeitdauer der Lagerung, wie sie bei eingeschränkten Absatzmöglichkeiten aufgrund angespannter Rohholzmärkte nach Sturmwürfen akzeptiert werden müssen.

Die Ergebnisse erlauben, eine Strategie für Aufarbeitung und Lebendlagerung für die forstliche Praxis zu entwickeln, die sich nach Zeitdauer der möglichen Lagerung, der Jahreszeit und den äußeren Lagerungsbedingungen der lebend zu lagernden Buchen richtet.

Die Lagerschäden wurden nach den Definitionen der DIN-Normen 68256 und 68369 bestimmt. Ursache für Wertverluste sind Verfärbungen durch Einlauf. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Verfärbungen durch Dämpfung nicht auszugleichen sind. Im Verhältnis zur Entwertung durch Einlauf, der lediglich eine farbliche Beeinträchtigung darstellt und nicht mit holztechnologischen Festigkeitsverlusten verbunden ist, haben andere Lagerschäden wie Risse durch Sonnenbrand, Kernfäule oder Insektenfraß aufgrund ihres geringen Vorkommens marginalen Charakter. Der Entwicklungszeitraum von zwei Vegetationsperioden für diese Einflußgrößen, die sich durch negative Veränderungen der technologischen Schnittholzeigenschaften bemerkbar machen, ist zu kurz, um wesentliche Einwirkungen auf die Schnittholzqualität zu erlangen. Dies gilt eingeschränkt auch für die Verstockung lebend gelagerter Buchen, die auf der Freifläche im Laufe der zweiten Vegetationsperiode jedoch deutlich zunimmt. Die Verstockung - in der Entwicklung der Holzzersetzung zwischen Einlauf und Fäule stehend - stellt eine ernstzunehmende Beeinträchtigung der Holzqualität dar, da an ihr, im Gegensatz zum Einlauf, holzzerstörende Pilze beteiligt sind und sich die Festigkeit des Holzes frühzeitig verringert. Die im Haufenpolter am Waldrand gelagerten Buchen erwiesen sich schon nach einer Vegetationsperiode als weitgehend verstockt.

Das Ergebnis der Versuchseinschnitte zeigt, daß die durch Sonnenbrand verursachte Verstockung der Stammoberfläche auf den äußeren Splintholzbereich begrenzt bleibt und die hiervon ausgehende Veränderung der Schnittholzqualität nach einer Vegetationsperiode radiär nur wenige Zentimeter in den Holzkörper hineinreicht. Die als Folge bei der Schnittware als randnahe, von der Waldkante ausgehende Verfärbung und ggf. Verstockung in Erscheinung tretende Qualitätsminderung kann durch Besäumschnitte entfernt werden, wodurch die Einstufung der Schnittware in eine höhere Güteklasse möglich ist.

Die unter Feldbedingungen gewählte experimentelle Vorgehensweise hat sich als beweiskräftig erwiesen. Hierbei muß herausgestellt werden, daß die Bewertung des Rundholzes nach der Handelsklassensortierung für Rohholz (HKS) keine zuverlässigen Aussagen hinsichtlich der zu erwartenden Schnittholzqualität erlaubt. Dies wird durch frühere Untersuchungen bestätigt (SCHULZ, 1961, 1993; LÖFFLER, 1970; GAERTIG, 1991; HENLE, 1991). Zwischen den Güteklassen B und C (HKS) besteht bei den lebend gelagerten Buchen kein Zusammenhang mit der Schnittholzqualität. Für das Rundholz wurden die Lagerschäden eindeutig überbewertet. Diese Feststellung trifft insbesondere für die lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche zu.

Darüberhinaus konnte anhand der vorliegenden Untersuchung festgestellt werden, daß bei dem im Dezember 1991 durchgeführten Einschnitt von 483 Rundholzabschnitten zu Blockware im Scharfschnitt die Schnittholzausbeute 95 % betrug, bezogen auf das Waldmaß, ermittelt über forstübliche Vermessung, die gekennzeichnet ist durch mehrmaliges Abrunden der gemessenen Durchmesser und Rindenabzug. Die Ausbeute liegt damit deutlich über der für diese Einschnittechnik in der betrieblichen Praxis vorgegebenen Ausbeute von rund 80 %.

Die Sortiernorm DIN-Norm 68369 (ROTBUCHEN-BLOCKWARE) erwies sich im vorliegenden Fall einerseits als nicht ausreichend differenziert, andererseits enthält diese zu viele subjektiv beeinflußte Kriterien, um unter Anwendung dieser Norm zu aussagekräftigen Ergebnissen im Hinblick auf die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit zu gelangen. Als besserer Weg erwies es sich, jede einzelne Bohle zu bewerten. Das bedeutet, daß nicht wie in der Norm vorgesehen, der gesamte Block als Einheit bewertet wurde, sondern daß über die Norm hinausgehend, anhand der Güteklassenerfordernisse der zu untersuchenden Gütemerkmale, an jeder einzelnen Bohle eine Bewertung und Güteklasseneinstufung erfolgte, wodurch eine wesentlich genauere Bewertung erreicht wurde. Darüberhinaus wurden die Anforderungen an die Gütemerkmale der DIN-Norm 68369 weitergehend spezifiziert, als es die Norm vorsieht. So wurden Gütemerkmale, die sich als durch die Lagerung beeinflußt erwiesen, vermessen und nicht nur geschätzt; zusätzlich wurde die Farbe der Merkmale erfaßt und die durch Sonnenbrand verursachten Risse aufgenommen.

Die Erfassung der Gütemerkmale *Einlauf* und *Verstocken* (DIN 68369) sieht keine Differenzierung hinsichtlich des Orts und der Breitenausdehnung des Gütemerkmals bei der Schnittware vor, die Merkmalbewertung erfolgt nach relativen Längen. Hierdurch werden, gemessen an der Breite, gering ausgeprägte Gütemerkmale, die sich longitudinal hingegen über die Grenzwerte beispielsweise für das Gütemerkmal *Einlauf* von 10 und 20 % für die Güteklassen 1 und 2 hinaus erstrecken, unangemessen überbewertet. Wie bei der durch Sonnenbrand verursachten oberflächennahen Verfärbung durch Einlauf bereits darauf hingewiesen wurde, können ansonsten fehlerfreie Bohlen nach Entfernung der geringerwertigen Randteile durch einen der Verfärbungszone entsprechend verbreitert geführten Besäumschnitt in eine bessere Güteklasse eingestuft werden.

Für die vergleichende Bewertung und zur Anwendung statistischer Prüfverfahren, wurde eigens hierfür aus den mit dem Volumen gewichteten Brett- und Bohlengüteklassen eine Wertziffer entwickelt, die in der vorliegenden Untersuchung in erster Linie als Hilfsgröße diente. Die lineare Anwendung der Wertziffer verzichtete hierbei auf die Einbeziehung

aktueller Geldwerte und Wertrelationen zwischen den einzelnen Sorten. Das Instrument der vorgestellten Wertziffer würde andererseits durch Einsetzen marktüblicher Preise die Erstellung von Wertbilanzen ermöglichen.

Die Splintholzfeuchte stellte sich als entscheidende Einflußgröße auf die Entwicklung der Schnittholzqualität heraus, wobei dem Kronenschirm des verbliebenen Bestandes eine ausschlaggebende Bedeutung für die Bewahrung einer hohen Holzfeuchte zukommt. Bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm mit Splintholzfeuchten über 80 % wurde bei Bewertung der Schnittware nach Gütemerkmalen, die durch die Lagerung beeinflußt werden, eine durchschnittliche Güteklasse 2 oder besser nach DIN-Norm 68369 erzielt (andere Gütemerkmale, wie Äste usw. blieben hierbei unberücksichtigt und führten im Einzelfall zu einer Abstufung in eine schlechtere Güteklasse).

Sichere Zusammenhänge zwischen der Schnittholzqualität und der Intensität des Boden-Wurzelkontaktes konnten in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Das Maß des quantitativ erfaßbaren Boden-Wurzelkontakts wurde bisher offensichtlich überschätzt. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß ein geschätzter Boden-Wurzelkontakt von 20 bis 25 % des sichtbaren Wurzelballens noch ausreicht, einen intakten physiologischen Wasserhaushalt im Holz aufrechtzuerhalten, was durch die noch sehr hohe Splintholzfeuchte lebend gelagerter Buchen unter Schirm bestätigt wurde, die nach zwei Vegetationsperioden zwischen 90 und 95 % derjenigen Werte des stehenden Bestandes betrug. Darüberhinaus wird diese Feststellung gestützt durch einen Radialzuwachs lebend gelagerter Buchen unter Schirm von durchschnittlich 25 % im Vergleich zum stehenden Bestand. Es erscheint daher außerordentlich schwierig, von einer Quantifizierung der komplexen und nur schwer erfaßbaren Boden-Wurzelverbindung auf deren Qualität für die Wasserversorgung lebend gelagerter Buchen zu schließen.

Im Hinblick auf eine verläßliche Verallgemeinerung der Ergebnisse wird darauf hingewiesen, daß die klimatischen Witterungsbedingungen in den Jahren 1990 und 1991 für die Aufrechterhaltung vitaler Funktionen lebend gelagerter Buchen als ungünstig bewertet werden. In der Vegetationszeit dieser Jahre und insbesondere in den Monaten Juli und August waren die Temperaturen höher als durchschnittlich. Es fielen geringere Niederschläge als im langjährigen Mittel.

Für die Entscheidung, ob Buchen aus Wintersturmwurf sofort aufgearbeitet werden sollen oder ob sie für eine bestimmte Zeitdauer lebend gelagert werden können, werden für den praktischen Forstbetrieb nachfolgende **Entscheidungshilfen** vorgeschlagen:

Orientierende, repräsentative Versuchseinschnitte in Sägewerken (Probelieferungen; Zufallsstichproben von 15 bis 20 Bäumen) nach einer Vegetationsperiode stellen nach den vorliegenden Erfahrungen die geeignetste Möglichkeit dar, Erkenntnisse über die bereits eingetretene Entwertung durch Lagerschäden und die tatsächlich vorhandenen Schnittholzqualitäten zu gewinnen.

Die Holzfeuchte ist über die Gewinnung von Bohrkernen aus dem Außensplint relativ einfach zu erheben und erlaubt näherungsweise Aussagen über die zu erwartende Schnittholzqualität lebend gelagerter Buchen. Probenentnahmen am Stamm, beginnend bei 1 Meter Stockhöhe im Abstand von 2 Metern bis zur Derbholzgrenze, lassen ausreichend genaue Aussagen über die mittlere Splintholzfeuchte eines Baumes erwarten. Voraussetzung für die Probenentnahme ist, daß die Rinde fest mit dem Holz verbunden, und dieses nicht bereits verstockt ist.

Die vorgeschlagenen orientierenden Prüfmöglichkeiten zur Beurteilung der vorliegenden Rund- und der beim Einschnitt zu erwartenden Schnittholzqualität lebend gelagerter Buchen aus Wintersturmwurf erfordern personellen und methodischen Aufwand, der aber in keinem Verhältnis zu den dargestellten Wertverlusten steht, wie sie bei zügiger Aufarbeitung in der laufenden Einschlagsperiode und anschließender Lagerung im Haufenpolter an der Waldstraße in die Vegetationszeit hinein entstehen können. Drastische Qualitätseinbußen, die bereits nach einer Vegetationszeit zu erwarten sind, werden durch die Ergebnisse der im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Buchen überzeugend belegt.

Eine Aufarbeitung innerhalb der laufenden Vegetationsperiode kann nicht empfohlen werden, wenn die Verwertung und Weiterverarbeitung nicht unmittelbar angeschlossen wird. Eine sich an die Aufarbeitung anschließende Lagerung im Haufenpolter an der Waldstraße der in ihrer Vitalität stark beeinträchtigten Stämme sollte unterbleiben, da hierdurch weitere Qualitätseinbußen hingenommen werden müssen.

Der entscheidende Vorteil des Verfahrens der Lebendlagerung liegt in der Einsparung sämtlicher Kosten bis zum Beginn der Aufarbeitung. Hierdurch stehen Arbeitskapazitäten zur Verfügung für die Aufarbeitung der wertvollsten Sorten. Die betriebliche Dispositionsfreiheit bleibt in einem größeren Maß erhalten.

Ausgehend von den vorliegenden Untersuchungsergebnissen und der daraus resultierenden Empfehlung, daß die **Lebendlagerung von Buchensturmholz aus Wintersturmwurf nur bis zu maximal einem Jahr** nach dem Sturmwurf dauern sollte, sind bei unsicheren Absatzmöglichkeiten oder eingeschränkten Arbeitskapazitäten folgende Prioritäten für die **Aufarbeitungsstrategie** zu setzen:

Ist der *Absatz bis zum Beginn der auf den Sturmwurf folgenden Vegetationsperiode* sicher gestellt, ist unverzüglich mit der Aufarbeitung der wertvollen Sorten zu beginnen, danach schließt sich sukzessive die Aufarbeitung der durchschnittlichen Qualitäten an (sehr geringe Wertverluste).

Kann die *rasche Vermarktung des Sturmholzes nicht gesichert* werden, sollte das Sturmholz lebend gelagert werden. Hierbei ist folgendermaßen vorzugehen:

Flächenwürfe ohne verbliebenen Kronenschirm auf der Freifläche

- Selektive Aufarbeitung der wertvollen Sorten auf Festbestellung und Abruf (keinesfalls Lagerung dieser aufgearbeiteten Stammholzabschnitte während der Vegetationszeit)
- ggf. Einschnitt wertvoller Sorten und Lagerung des Schnittholzes in Eigenleistung des Waldbesitzers
- Sukzessive Aufarbeitung der durchschnittlichen Qualitäten nach Absatzlage und Nachfrage
- Lebendlagerung bis zum Beginn des auf den Sturmwurf folgenden Herbstes (Wertverluste bis rund 40 %)

Einzelwürfe unter dem Kronenschirm des verbliebenen Bestandes

- Aufarbeitungsbeginn nach Abschluß der Flächenwurfaufarbeitung ab dem auf den Sturmwurf folgenden Frühherbst bzw. Liegenlassen bis spätestens Winterende, d.h. bis zum Beginn der zweiten auf den Sturmwurf folgenden Vegetationsperiode (Wertverluste bis rund 35 %)

Diese strategische Empfehlung basiert auf der dargestellten Entwertung durch die Lebendlagerung in Abhängikeit von der Dauer der Lagerung und der Form des Sturmwurfs, insbesonders des Überschirmungsgrades und unterstellt eine geschätzte noch vorhandene Verbindung Wurzelstock - Boden von mindestens 20 bis 25 % der Wurzelmasse. Im Vergleich zur konventionellen Aufarbeitung und Lagerung der Stammholzabschnitte in Haufenpoltern am Waldstraßenrand ist bei nicht gesichertem Absatz des Holzes die Lebendlagerung generell vorzuziehen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Sturmwürfe in der Zeit vom 25. Januar bis 1. März 1990 erwiesen sich mit einer Sturmholzmenge von 75,4 Millionen Festmetern für die Forstwirtschaft Mitteleuropas als das bisher größte Schadensereignis seit Beginn einer geregelten Forstwirtschaft. Konventionelle Verfahren zur Sturmholzlagerung reichten nicht aus, die angefallenen Holzmengen zu konservieren, alternative Wege zur qualitätserhaltenden Lagerung von Sturmholz wurden gesucht.

Infolge dieser Situation entschloß sich die FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT RHEINLAND-PFALZ zu dem Forschungsprojekt *Lebendlagerung von Sturmholz*. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nahm die Baumart Buche eine zentrale Stellung ein, da sie sich aufgrund ihrer Anfälligkeit gegenüber Lagerschäden nur begrenzt lagern läßt. Zur Frage der Lebendlagerung sind nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen vorhanden, insbesondere in Bezug auf einen durchgängigen und systematischen Forschungsansatz hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen Sturmwurfform, Lagerart und Wertentwicklung der aus dem Rundholz hergestellten Schnittware.

Unter Lebendlagerung wird die Lagerung von Sturmholz vor der Aufarbeitung durch Belassen der vollständigen Bäume am mit dem Erdreich verbundenen Wurzelstock in der durch den Sturmwurf natürlich entstandenen Lage verstanden.

Hauptziel der Untersuchung war die Beantwortung der Frage, ob und in welchem Ausmaß die Lebendlagerung geeignet ist, die Qualität von Buchenstammholz für die Schnittholzerzeugung zu erhalten. Im einzelnen sollte untersucht werden, wie sich die Schnittholzqualität verändert in Abhängigkeit von der Dauer der Lagerung, Form des Sturmwurfs, Entwicklung der Holzfeuchte, dem Befall durch Schadorganismen und der Rohdichte im Vergleich zur konventionellen Lagerung in Form von Haufenpoltern an der Waldstraße.

Das Versuchskonzept umfaßte acht Varianten. Auf zwei Standortvarianten unterschiedlicher Exposition und Wasserhaushaltsstufe wurden jeweils zwei charakteristische Sturmwurfformen untersucht: unbeschattete Flächenwürfe auf der Freifläche und Einzelwürfe unter Schirm im weitgehend geschlossenen Bestand. Konventionelle Trockenlagerung im Haufenpolter an der Waldstraße einerseits und Buchen aus waldfrischem Einschlag andererseits sollten zusätzlich einen Vergleich zwischen unterschiedlichen Formen der Rundholzlagerung und den auf dem jeweiligen Standort zu erwartenden Schnittholzqualitäten ermöglichen.

Die methodische Vorgehensweise gliederte sich in Vor- und Hauptuntersuchung, wobei die Voruntersuchung die Versuchseinschnitte vom Oktober 1990 und März 1991 beinhaltete, während sich die Hauptversuche mit dem Versuchseinschnitt im November und Dezember 1991 befaßten.

Den Schwerpunkt der Untersuchung stellte die Beurteilung der Schnittholzeigenschaften anhand von Versuchseinschnitten im Sägewerk dar. Im Rahmen der Voruntersuchung wurden im Oktober 1990 und März 1991 die methodischen Grundlagen und Vorgehensweisen für die Hauptuntersuchung nach zwei Vegetationsperioden im November und Dezember 1991 erarbeitet. Insgesamt wurden in drei Versuchseinschnitten 420 Bäume aufgearbeitet, wovon 368 Bäume (470 Festmeter) im Sägewerk zu 1153 Sägeabschnitten und 6860 Bohlen und Brettern eingeschnitten und nach der DIN-Norm 68369 (ROTBUCHE-BLOCKWARE) vermessen und bewertet wurden. An der Schnittware des Versuchseinschnitts vom Dezember 1991 wurde darüberhinaus zwischen Anfang März und Ende Mai 1992 im Rahmen der Schnittholzsortierung eine Farbcharakterisierung mit Hilfe bodenkundlicher Farbtafeln durchgeführt.

Weitere Untersuchungen sollten dazu beitragen, die bei den Versuchseinschnitten vorgefundenen Veränderungen der Schnittholzeigenschaften zu erklären, Rückschlüsse auf die zu erwartenden Schnittholzqualitäten zu ermöglichen und allgemein die Entwicklung der lebend gelagerten Versuchsbäume während der Lagerdauer zu dokumentieren. Eine zentrale Stellung nahm hierbei die Untersuchung der Splintholzfeuchte ein. Desweiteren wurden die Splintholzrohdichte, die Besiedlung durch Schadorganismen und der Radialzuwachs während des Lagerungszeitraums untersucht. Lage und Zustand der Versuchsbäume wurden deskriptiv erfaßt und der gesamte Versuch wurde umfassend dokumentiert.

Für die Auswertung der Schnittware der Hauptuntersuchung wurden auf der Grundlage der DIN-Norm 68369 Bewertungsansätze gebildet, die eine Beurteilung und Sortierung des Untersuchungsmaterials unter verschiedenen Aspekten gestattete.
Auf der Basis dieser Vorgehensweise wurden Aussagen ermöglicht über die Entwicklung der Schnittholzqualität, die geprägt wird durch Lagerschäden und sonstige Gütemerkmale, die nicht durch die Lagerung verändert werden (Äste, Krümmungen, Drehwuchs etc.). Darüberhinaus waren Aussagen möglich über die Ausgangsqualität des Schnittholzes ohne Lagerschäden. Weiterhin konnten aufgrund dieses zusätzlichen methodischen Schrittes Aussagen getroffen werden über die Güteklassenzusammensetzung bei alleiniger Bewertung nach den Lagerschäden, ohne Berücksichtigung solcher Gütemerkmale, die sich durch die Lagerung nicht verändern.

Der zuletzt genannte Bewertungsansatz einer durch andere Gütemerkmale oder Holzeigenschaften ungestörten Betrachtung (theoretische oder fiktive Sortierung des Untersuchungsmaterials) ist übertragbar, da diese Vorgehensweise unabhängig vom konkreten Untersuchungsmaterial und den tatsächlich vorliegenden Schnittholzqualitäten erfolgt. Dieser Bewertungsansatz repräsentiert die Entwicklung der Holzentwertung durch Lagerung unabhängig von der Ausgangsqualität.

Eine Differenzierung der real vorgefundenen Schnittholzqualitäten nach sich gegenseitig ausschließenden, die Güteklasseneinstufung verursachenden Gütemerkmalgruppen, in denen einerseits Lagerschäden andererseits die Gütemerkmale zusammengefaßt sind, die nicht durch die Lagerung beeinflußt werden, ermöglichte die Bestimmung der realen Güteklassenrelevanz von Lagerschäden und anderen Gütemerkmalen.
Eine weitergehende Aufgliederung der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden,* auf der Basis des einzelnen Gütemerkmals (und Gütemerkmalkombination) und des gegenseitigen Ausschlusses der Einzelmerkmale untereinander, ermöglichte Aussagen über die Güteklassenrelevanz einzelner Gütemerkmale innerhalb der Gütemerkmalgruppe *Lagerschäden*. Ausgehend von dieser Differenzierung ist die Zuordnung der Schnittware ausschließlich aufgrund der Ausprägung eines ganz bestimmten Lagerschadens in eine bestimmte Güteklasse möglich.
Die Berechnung einer volumengewichteten Güteklassen-Wertziffer aus den Güteklassen der einzelnen Bretter und Bohlen, auf der Grundlage der verschiedenen Bewertungsansätze, erlaubte eine statistische Bearbeitung des Materials.

Die Ergebnisse der Untersuchung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Schnittholzqualität
Die Vergleichswerte der Versuchseinschnitte zeigen zusammenfassend, daß nach einer Vegetationsperiode lebend gelagerte Buchen deutlich höhere Anteile an hochwertiger Schnittware aufweisen als konventionell im Haufenpolter an der Waldstraße gelagertes Stammholz. Das Schnittholz von Buchen, die unter dem Kronenschirm des verbliebenen Bestandes lebend gelagert wurden, zeigte nach dieser Zeit keine oder nur sehr geringe Lagerschäden und wies nur eine geringfügig schlechtere Qualität auf, als bei Holz aus waldfrischem Einschlag der gleichen Bestände, verbunden mit sofortigem Einschnitt im Sägewerk.

Im Oktober 1990, sieben Monate nach dem Sturmwurf, wurden im ersten Versuchseinschnitt, bei der Bewertung der Schnittware nach Lagerschäden, 84 % der Haupt- und Seitenware lebend gelagerter Buchen unter Schirm (Einzelwurf) in die höherwertigen Schnittholzgüteklassen 1 und 2 nach DIN-Norm 68369 sortiert. Bei der Schnittware von lebend gelagerten Buchen ohne Beschattung auf der Freifläche (Flächenwurf) wurden den entsprechenden Güteklassen hingegen nur noch 62 % der Schnittware zugeordnet. Im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerte Stammholzabschnitte enthielten lediglich noch 23 % der Schnittware in den Güteklassen 1 und 2 (DIN 68369).

Im März 1991, nach 12 Monaten Lagerung, war das in Haufenpoltern an der Waldstraße gelagerte Stammholz weitgehend entwertet, wobei der Anteil der Schnittware an den Güteklassen 1 und 2 (DIN 68369) nach dem gleichen Bewertungsansatz wie beim ersten Versuchseinschnitt nur noch 9 % betrug. Bei lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche wurde zu diesem Zeitpunkt eine Ausbeute an den entsprechenden Güteklassen von 52 % erzielt. Lebend gelagerte Buchen unter Schirm erzielten einen Schnittholzanteil in den Güteklassen 1 und 2 (DIN 68369) von 65 %.

Im Dezember 1991, 21 Monate nach dem Sturmwurf, wurde bei Bewertung der Schnittware nach Lagerschäden bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm ein Schnittholzanteil von 45 % in den Güteklassen 1 und 2 (DIN 68369), bei lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche ein entsprechender Anteil von 28 % erzielt. Aus den in Haufenpoltern an der Waldstraße gelagerten Stammholzabschnitten konnte in diese höherwertigen Güteklassen zu diesem Zeitpunkt keine Schnittware mehr einsortiert werden, selbst der Anteil an der geringwertigen Güteklasse 3 nach DIN-Norm 68369 betrug nur noch 23 %. Die restliche Schnittware war nach zwei Vegetationsperioden so stark entwertet, daß sie durch die DIN-Norm 68369 nicht mehr erfaßt wurde.

Die Resultate der Untersuchung der Schnittware bestätigen erneut die Ergebnisse älterer Arbeiten, daß von der Rundholzqualität, die in der vorliegenden Untersuchung nach HKS bewertet wurde, nicht auf die erzielbare Schnittholzqualität und -ausbeute geschlossen werden kann. Es war nur ein loser Zusammenhang zwischen den Rundholzgüteklassen nach HKS und den späteren Schnittholzgüteklassen (DIN 68369) festzustellen. Dies galt insbesondere für lebend gelagerte Buchen auf der Freifläche, welche bei der Rundholzsortierung überwiegend aufgrund von Sonnenbrand abgewertet wurden, der aber vor allem nach der ersten Vegetationsperiode zumeist nur eine oberflächliche Entwertung darstellte.

2. Splintholzfeuchte

Die Splintholzfeuchte wurde bei den Versuchseinschnitten im Oktober 1990, März 1991 und November 1991 untersucht. Die Splintholzfeuchte lebend gelagerter Buchen veränderte sich über die 21 Monate dauernde Lagerung innerhalb der Varianten nur bis maximal 13 %. Zwischen lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche und unter Schirm waren Differenzen bis zu 14 % feststellbar. Unterschiede zwischen stehendem Bestand und Einzelwurf unter Schirm waren nach 21 Monaten statistisch nicht nachweisbar, die Flächenwürfe lagen hingegen zwischen 15 und 25 % unter der Splintholzfeuchte des stehenden Bestandes. Beim Vergleich von Splintholzfeuchte und lagerungsbedingter Schnittholzqualität im November 1991, zeigte sich ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen hoher Splintholzfeuchte und guter Schnittholzqualität, der bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm am stärksten ausgeprägt war.

3. Splintholzrohdichte

Die Splintholzrohdichte nahm bei den lebend gelagerten Buchen im Laufe des Untersuchungszeitraums über zwei Vegetationsperioden bis zum November 1991 im Vergleich zum stehenden Bestand bis maximal 7 % ab. Ein Zusammenhang zwischen Splintholzrohdichte und Schnittholzqualität konnte nicht festgestellt werden.

4. Radialzuwachs

Lebend gelagerte Buchen unter Schirm wiesen in der ersten Vegetationsperiode noch einen Radialzuwachs von 25 %, solche auf der Freifläche von 12 % im Vergleich zum stehenden Bestand auf. Für das Jahr 1991, in der zweiten Vegetationsperiode der Lebendlagerung, konnte praktisch kein Zuwachs mehr festgestellt werden. Zwischen einem höheren Radialzuwachs und einer besseren lagerungsbedingten Schnittholzqualität ließ sich bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm ein statistischer Zusammenhang feststellen.

5. Schadorganismen

Zur Beschreibung des Untersuchungsmaterials wurden im November 1991 an den 80 für den Versuchseinschnitt vorgesehenen Versuchsbäumen und Stammholzabschnitten die Pilzarten anhand der Fruchtkörper bestimmt. Es wurden 16 Pilzarten vorgefunden. Bei den auf der Freifläche lebend gelagerten Buchen beider Standorte waren an 90 bis 95 %, bei den Einzelwürfen unter Schirm an 80 bis 85 % der Bäume Pilze anhand der Fruchtkörper feststellbar. Die Stammholzabschnitte in den Haufenpoltern an der Waldstraße

waren ausnahmslos durch holzzerstörende Pilze infiziert. Bei lebend gelagerten Buchen war zwischen einer guten lagerungsbedingten Schnittholzqualität und einer geringen äußerlichen Pilzbefallsfläche am Rundholz ein statistischer Zusammenhang feststellbar.

Der Insektenbefall wurde anhand der Versuchseinschnitte im Sägewerk erfaßt. In den beiden ersten Versuchseinschnitten konnte kein Insektenbefall festgestellt werden. Nach zwei Vegetationsperioden wurde im November 1991 beim Einschnitt der lebend gelagerten Buchen unter Schirm geringfügiger Befall durch *Hylecoetus dermestoides L.* und *Trypodendron domesticum L.* (syn. *Xyloterus domesticus L.*) festgestellt. Bei den Haufenpoltern waren bis zur Hälfte der gelagerten Stammholzabschnitte befallen.

6. Boden-Wurzelkontakt

Von den untersuchten Buchen hatten 75 % einen geschätzten Boden-Wurzelkontakt von 20 bis 25 % des sichtbaren Wurzelballenvolumens. Anhand der Untersuchungen der Splintholzfeuchte konnte festgestellt werden, daß dieser Wurzelkontakt bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm ausreichte, über zwei Vegetationsperioden hinweg eine Splintholzfeuchte auf dem Niveau des stehenden Bestandes aufrechtzuerhalten. Zwischen dem relativen Schätzmaß des verbliebenen Boden-Wurzelkontakts der lebend gelagerten Buchen, der Splintholzfeuchte und der lagerungsbedingten Schnittholzqualität konnte kein Zusammenhang festgestellt werden.

Anhand der verdichteten Einzelergebnisse der abgeschlossenen Untersuchung konnte eine Strategie zur Lebendlagerung von Buchensturmholz aus Wintersturmwurf für die forstbetriebliche Praxis entwickelt werden, die in der forstbetrieblichen Praxis Anwendung finden sollte.

Die Lebendlagerung von Buchensturmholz aus Wintersturmwurf kann bei beschatteten Einzelwürfen ohne größere Wertverluste der Schnittware und mit stärkeren Qualitätseinschränkungen auch bei Flächenwürfen als praktikable und kostengünstige Lagerungsform empfohlen werden, allerdings nur für den Zeitraum der auf den Sturmwurf folgenden Vegetationsperiode. Bei Hinauszögerung der Lebendlagerung über das folgende Winterhalbjahr hinaus, muß bei lebend gelagerten Buchen unter Schirm mit größeren Qualitätsminderungen, bei lebend gelagerten Buchen auf der Freifläche mit erheblichen Wertverlusten bei der Schnittware gerechnet werden.

SUMMARY

The windstorms between January 25 and March 1, 1990 resulted in the largest blowdowns in Middle Europe since the beginning of regulated forestry. Since conventional methods were not sufficient to store the amount of downed wood research was initiated to develop alternative storage methods.

The Forest Research Station (FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT RHEINLAND-PFALZ) initiated a research project called *Live Storage of Downed Wood.* European beech was chosen because of its susceptibility to damage during storage. Live storage is the storage of downed trees in the position they fell without separating the trunk from its associated root stock. Few research studies have investigated the possibility of live storage, especially when considering the kind of windthrow, storage methods, and value loss of lumber cut from stored logs.

The main objective of this study was to investigate whether quality of beech lumber can be maintained using live storage. Specific objectives include the relationships between lumber quality and storage length, kind of windthrow (single tree versus areal blowdown), wood moisture content, attack of wood destroying organisms, and wood density. The effects of storage method, live storage vs. conventional storage, on these variables were compared.

The study used a two by two by two factorial design. Within two sites with different exposure and water regimes, two kinds of windthrow patterns were investigated: large scale areal blowdowns without canopy cover and single tree windthrow with a significant overstory remaining standing. Wood from conventional storage at the logging roads and fresh cut beech was used for comparison of wood quality.

The main focus of this study was the evaluation of lumber quality. The methodology of the main study, which took place during November and December 1991, was developed during a preliminary study in October 1990 and March 1991. A total of 420 trees were used in this study. 368 of these were cut into 1153 logs and 6860 boards. The lumber which was cut during December 1991 was evaluated for color using soil color charts.

Further investigations focused on the deterioration of lumber quality during storage. Sapwood moisture content, sapwood density, presence of wood destroying organisms, and radial increment during the storage period were used in the evaluation.

Lumber grading followed the criteria established in DIN 68369. This allowed the separation of factors that are a result of storage from factors that are independent of storage. Thus the impact of storage on wood quality that was due to storage could be identified and quantified into a value index.

Results:

1. Lumber quality

In summary, after a single growing season beech stored using the live storage methods resulted in higher proportions of high quality lumber compared to beech stored conventionally along logging roads. Beech stored live under a canopy showed no loss in wood quality compared to freshly cut beech.

In October 1990 84 % of the lumber cut from beech stored live under a canopy was classified as quality class one and two (based on DIN 68369). Alternatively, the proportion of lumber in quality classes one and two from lumber stored live in open areas and conventionally stored lumber was 62 % and 23 %, respectively. In March 1991 the proportions of lumber in the highest two quality classes dropped to 65 %, 52 %, and 9 % for beech stored under a canopy and in open areas, and conventionally stored beech, respectively. In December 1991 these values dropped to 45 % and 28 % for beech stored live under a canopy and in the open areas, respectively. Conventionally stored beech did not produce any lumber in quality classes one or two. In addition, the proportion of lumber in quality class three was limited to 23 %.

The results of this study confirmed earlier findings that the log quality as determined by the HKS is only loosely correlated with the quality of lumber produced. This discrepancy was especially great for beech stored live in open areas in which the log grades were lower because of the appearance of sunburn. However, the effects of sunburn were limited to surface layers after the first growing season.

2. Sapwood moisture content

The sapwood moisture content was measured in October 1990, March 1991, and November 1991. The decrease in moisture content was limited to 13 %. The sapwood moisture content of beech stored live under a canopy was 14 % higher than the beech stored live in open areas. After 21 months there was no significant difference in moisture content between standing beech and beech that was stored live under a canopy. While the moisture content of beech stored in open areas was 15 to 25 % lower than standing beech. Moisture content of sapwood was significantly positive related to the amount of high quality lumber. The relationship was strongest for beech stored under a canopy.

3. Sapwood Density

Compared to standing beech, sapwood density of live-stored beech was reduced by up to 7 % over two growing seasons. No relationship was found between sapwood density and lumber quality.

4. Radial Increment

During the first growing season radial increment beech stored live under a canopy and in the open area was 25 % and 12 % of the radial growth of standing beech, respectively. No radial increment took place during the second growing season. No significant relationship was found between radial increment and lumber quality.

5. Wood Destroying Organisms

Eighty trees were selected for identification of fungi during November 1991. A total number of 16 species were found. Ninety to 95 % of the beech stored live in open areas and 80 to 85 % of the beech stored live under a canopy were infected with fungi. All trees stored conventionally were infected with wood destroying fungi. The amount of infected areas was significantly related to lumber quality in live stored trees.

Insect attacks were limited to the second growing season. Signs of *Hylecoetus dermestoides L.* and *Trypodendron domesticum L.* (syn. *Xyloterus domesticus L.*) attacks were found on a few of the live stored trees and half of the conventionally stored trees.

6. Soil-Root Contact

Twenty to 25 % of the root volume had soil contact in approximately 75 % of the trees. These roots were sufficient to maintain the sapwood moisture content at levels found in standing trees. The estimated percent root contact was not significantly correlated with sapwood moisture content and lumber quality.

In summary, the results of this study suggested a strategy for live storage of windthrown beech that could be more broadly used. Live storage of wind thrown beech over one growing season can be recommended as a practical and economical alternative to conventional storage, even though storage under a canopy results in lower lumber value and storage in open areas will result in serious quality reductions. However, the extension of the storage period beyond one growing season will increase the quality and value losses significantly.

7. LITERATURVERZEICHNIS

ANONYMUS (1942): Schäden an Buchenholz und ihre Verhütung. Holz-Zentralblatt 68: 681.

ANTHES, H. und BECKER, M. (1994): Absatzsituation und Marktaussichten von schwachem Buchen- und Eichen-Stammholz. Holz-Zentralblatt 120: 1401-1402, 1408.

ANTHES, H.; GIHR, LUCIA und BECKER, M. (1993): Untersuchungen zur Absatzsituation und Marktchancen von schwachem Buchen- und Eichen-Stammholz. Institut für Forstpolitik und Raumordnung -Arbeitsbereich Holzmarktlehre- der Universität Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. V + 118 S.

APEL, K.; KLEINDOPF, B. und ZIPP, L. (1992): Lebendkonservierung von Laubholz. Allgemeine Forst Zeitschrift 47: 1091-1093.

ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG / ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1985): Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke in der Bundesrepublik Deutschland. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag. 170 S.

ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG / ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1980): Forstliche Standortaufnahme. 4. Auflage. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag. 188 S.

ARNOLD, H. U. (1977): Dokumentation der Sturmkatastrophe vom 13. November 1972, Teil 2: Die Aufarbeitung des Sturmholzes. Mitteilungen aus der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, Nr. 27: 24-403.

ARNOLD, M. (1993): Grundlagen und technisch-organisatorische Aspekte der Rundholzlagerung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 144: 843-858.

AUFSEß, HERTHA V. (1974): Erfahrungen über den Schutz des Rundholzes gegen Lagerschäden. Allgemeine Forst Zeitschrift 29: 367-373.

BARONIUS, G.; FIEDLER, H. J. und MONTAG, H. G. (1991): Vergleichende Untersuchungen mit Hilfe von Munsell-Farbtafeln und des CIELAB-Farbsystems zur Winterchlorose von Pinus sylvestris L. im Immissionsgebiet Dübener Heide. Forstwissenschaftliches Centralblatt 110: 263-277.

BARONIUS, G.; FIEDLER, H. J. und MONTAG, H. G. (1993): Zur Messung von Farbveränderungen bei Kiefernnadeln. Forst und Holz 48: 279-282.

BAUCH, J. (1986): Verfärbungen von Rund- und Schnittholz und Möglichkeiten für vorbeugende Schutzmaßnahmen. Holz-Zentralblatt 112: 2217-2218.

BAUER, K. (1991a): Bewältigung der Sturmschäden 1990 (1). Holz-Zentralblatt 117: 1470.

BAUER, K. (1991b): Bewältigung der Sturmschäden 1990 (2). Holz-Zentralblatt 117: 1496.

BAUMGARTNER, A. (1961): Baum und Wald im Windfeld. Allgemeine Forst Zeitschrift 16: 228-229.

BAVENDAMM, W. (1974): Die Holzschäden und ihre Verhütung. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. VIII + 136 S.

BAZZIGHER, G. und SCHMID, P. (1969): Sturmschaden und Fäule. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 120: 521-535.

BECKER, G. und GRAMMEL, R. H. (1985): Die Sortierung von Schnittholz wenig bekannter Baumarten aufgrund der Ergebnisse holztechnologischer Prüfungen. Holz als Roh- und Werkstoff 43: 53-56.

BERNHART, A. (1961): Verblauen von Kiefernstammholz nach einem sommerlichen Sturmschaden und Erfahrungen mit Bläueschutzmitteln. Forstwissenschaftliches Centralblatt 80: 224-236.

BIENENTREU, M. (1993): Untersuchungen der Rohdichte von Buchen (Fagus sylvatica L.) aus Lebendkonservierung. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 83 S.

BOLZ, BARBARA (1991): Erfassung von Sturmwurfflächen im westlichen Hunsrück mit Hilfe von Color-Infrarot-Luftbildern. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. 104 S.

BORTZ, J. (1993): Statistik. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. 753 S.

BOSSHARD, H. H. (1982): Holzkunde: Mikroskopie und Makroskopie des Holzes. Band 1. 2. Auflage. Basel, Boston, Stuttgart: Birkhäuser Verlag. 224 S.

BOSSHARD, H. H. (1984): Holzkunde: Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. Band 2. 2. Auflage. Basel, Boston, Stuttgart: Birkhäuser Verlag. 312 S.

BOSSHARD, H. H. (1984): Holzkunde: Aspekte der Holzbearbeitung und Holzverwertung. Band 3. 2. Auflage. Basel, Boston, Stuttgart: Birkhäuser Verlag. 286 S.

BOSSHARD, W. (1955): Über das „Ersticken" von frischem Buchenholz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 106: 407-408.

BOSSHARD, W. (1967): Erhebungen über die Schäden der Winterstürme 1967. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 118: 806-820.

BOYCE, J. S. (1929): Deterioration of Wind-Thrown Timber on the olympic Peninsula, Wash. Technical Bulletin No. 104. United States Department of Agriculture Washington, D. C. 28 S.

BRÄKER, O. U. (1991): Der Radialzuwachs an unterschiedlich belaubten Buchen in zwei Beständen bei Zürich und Basel. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142: 427-433.

BRAUN, E. (1983): Methodische Untersuchungen zur Raumdichte mit dem Wasserverdrängungsverfahren. Diplomarbeit, Forstliche Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen. 55 S.

BRAUN, E. und LEWARK, S. (1986): Jahrringanalysen an Bohrkernen aus den Berliner Forsten. Holz als Roh- und Werkstoff 44: 326-327.

BRAUN, H. (1982): Lehrbuch der Forstbotanik. Stuttgart, New York: Fischer Verlag. 257 S.

BRAUN, M. und LEWARK, S. (1992): Naßlagerung von Buchenstammholz aus den Sturmwürfen 1990 im Saarland. Holz-Zentralblatt 118: 1739, 1742.

BRAUNS, A. (1976): Taschenbuch der Waldinsekten: Grundriß einer terrestrischen Bestandes- und Standort-Entomologie. 3. Auflage. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 817 S.

BRUNN, G. (1932): Buchenstockfäule: Begriff, Bedeutung und Verlauf. Der Deutsche Forstwirt 14: 448-450.

BUCHER, H. P. und KUČERA, L. J. (1991): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.): Feuchtegehalt und Feuchteverteilung, Vorkommen von Farbkernholz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142: 415-426.

BUCHMÜLLER, K. (1992): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.): Durchlässigkeit. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 143: 343-346.

BUCHMÜLLER, K. und OSUSKÝ, A. (1992): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.): Imprägnierbarkeit. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 143: 377-379.

BUES, C. T. (1987): Erfahrungen mit der Stammholzlagerung im Wasser. Holz-Zentralblatt 113: 581-584, 586.

BUJAKALIC, H. und BERTRAM, V. (1965): Zastita Bukovih Trupaca Primjenom Bioloskog Nacina Susenja (Protection of Beech Logs by Biologic Method of Drying). Beograd, Sumarstvo 18: 405-416.

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1992): Bericht über den gegenwärtigen Stand der Holzverwertung und der Wiederaufforstung nach den Sturmschäden vom Januar bis März 1990 vom 09.12.1992, Aktenzeichen: 613-0030, Bonn. 10 S.

BUNDESVERBAND DEUTSCHER HOLZHANDEL (1985): Tegernseer Gebräuche. Stuttgart, DRW-Verlag. 36 S.

BURMESTER, A. (1983): Veränderung von Holzfeuchtigkeit, Dichte und Schwindung bei Laubhölzern durch jahreszeitlich bedingte Einflüsse. Holz als Roh- und Werkstoff 41: 493-498.

BUTIN, H. (1983): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag. 172 S.

CASPAR, W. (1970): Maximale Windgeschwindigkeiten in der Bundesrepublik Deutschland. Die Bautechnik: 335-340.

CRAMER, A. und MAHLER, G. (1993): EG-Normung von Rundholz (1). Holz-Zentralblatt 119: 825-826.

CRAMER, A. und MAHLER, G. (1993): EG-Normung von Rundholz (2). Holz-Zentralblatt 119: 1118-1120.

CSAPEK, H. G. (1991): Zur Durchforstung von Nothofagussekundärwäldern in Mittelchile. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 75 S.

DELORME, A. und RIPKEN, H. (1987): Die Konservierung von Nadelstammholz. Bonn: Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Nr. 1181. 27 S.

DELORME, A. und WUJCIAK, R. (1973): Erfahrungen mit der "Lebendkonservierung" von Sturmwurfholz. Forstarchiv 44: 46-47.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR HOLZFORSCHUNG (1994): Verhinderung von Wertminderungen an gelagertem Nadelstammholz durch Trockenkonservierung mit Hilfe innovativer Polterungsmethoden. DGfH-Nachrichten, Nr. 59: 2-3.

DEUTSCHER WETTERDIENST (1957): Klima-Atlas von Rheinland-Pfalz: Bad Kissingen. 77 Karten + 37 S.

DEUTSCHER WETTERDIENST (1979 - 1992): Monatlicher Witterungsbericht. Amtsblatt des Deutschen Wetterdienstes.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1988): Normen über Holz. 5. Auflage. Köln, Berlin: Beuth Verlag. 244 S.

DROSDOWSKI, G. [Hrsg.] (1983): Deutsches Universalwörterbuch. Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich. 1504 S.

DU, Q. P.; GEISSEN, A. und NOACK, D. (1991a): Die Genauigkeit der elektrischen Holzfeuchtemessung nach dem Widerstandsprinzip. Holz als Roh- und Werkstoff 49: 1-6.

DU, Q. P.; GEISSEN, A. und NOACK, D. (1991b): Widerstandskennlinien einiger Handelshölzer und ihre Meßbarkeit bei der elektrischen Holzfeuchtemessung. Holz als Roh- und Werkstoff 49: 305-311.

DUJESIEFKEN, D.; PEYLO, A. und LIESE, W. (1991): Einfluß der Verletzungszeit auf die Wundreaktionen verschiedener Laubbäume und der Fichte. Forstwissenschaftliches Centralblatt 110: 371-380.

EICHHORN, J. (1992): Wurzeluntersuchungen an sturmgeworfenen Bäumen in Hessen. Forst und Holz 47: 555-559.

EIDGENÖSSISCHE MATERIALPRÜFUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT (1990): Qualitätserhaltung von Rundholz bei längerer Lagerung. Merkblatt. Dübendorf und St. Gallen. 10 S.

EISENHUT, G. (1991): Wasserversorgung der Pflanzen: Guttation. Allgemeine Forst Zeitschrift 46: 776-781.

FELUMB, G.; GAMMELTOFT, L. und MOLTESEN, P. (1973): Bakteries medivirken til blafarving i stormfældet, vandleagret bog (Blue staining in windthrown beech logs caused by bacterial attack an absorption of iron compounds). Dansk Skovforenings Tidsskrift 58: 91-103.

FINDLAY, W. P. K. UND SAVORY, J. G. (1954): Moderfäule. Die Zersetzung von Holz durch niedere Pilze. Holz als Roh- und Werkstoff 12: 293-296.

FINK, S. (1986): Histochemische Untersuchungen im Bereich von Holz, Rinde und Kambium bei gesunden und geschädigten Waldbäumen. Holz als Roh- und Werkstoff 44: 327.

FINK, S. und BRAUN H. J. (1980): Die Bedeutung anatomischer Veränderungen bei der Buchenrindennekrose. Annales des Sciences forestières 37: 333-343

FRIES, N. (1938): Über die Bedeutung von Wuchsstoffen für das Wachstum verschiedener Pilze. Uppsala: Lundequistska Bokhandeln. 188 S.

GAERTIG, T. P. (1991): Holzqualität und Schnittholzausbeute von Lenga-Naturwäldern in Südchile. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 71 S.

GÄUMANN, E. (1930): Untersuchungen über den Einfluß der Fällungszeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes: Teil II. Beiheft 6 zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins. 155 S.

GÄUMANN, E. (1936): Der Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Buchenholzes. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen 19: 382-456.

GÄUMANN, E. (1938): Der Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichten-, Tannen- und Buchenholzes. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 89: 177-197.

GEIGER, J. S. (1992): Sturmholz versuchsweise ins Bergwerk eingefahren. Allgemeine Forst Zeitschrift 47: 1027.

GLAVAC, V.; KOENIES, H. und EBBEN, U. (1990): Auswirkung sommerlicher Trockenheit auf die Splintholz-Wassergehalte im Stammkörper der Buche (Fagus sylvatica L.). Holz als Roh- und Werkstoff 48: 437-441.

GLÖCKLER H. G. und GROß M. (1991): Untersuchungen zur Holzfeuchte lebendkonservierter Fichten. Versuchsbericht. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, Freiburg. 14 S.

GÖTZE, H. und KRÜGER, B. (1993): Über Verhaltensmuster holzabbauender Pilze im Wirkungsdreieck Holz-Chemikal-Pilz. Holz-Zentralblatt 119: 722, 724.

GÖTZE, H. und KRÜGER, B. (1993): Über Verhaltensmuster holzabbauender Pilze im Wirkungsdreieck Holz-Chemikal-Pilz. Holz-Zentralblatt 119: 1488-1490.

GRAF, E. (1993): Einfluß von Forstinsekten auf die Holzqualität. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 144: 789-802.

GRAMMEL, R. (1988): Holzernte und Holztransport. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey. 242 S.

GRAMMEL, R. (1989): Forstbenutzung. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey. 193 S.

GRAMMEL, R. H.; GROOS, A.; HÖWECKE, B. (1989): Darr-Rohdichte bei Buche in Abhängigkeit von Meereshöhe, Alter und Wuchsleistung. Holz als Roh- und Werkstoff 47: 34.

GRAMMEL, R. und OBERT, M. (1990): Erhöhter Aufwand bei der Bewältigung des Sturmholzes. Holz-Zentralblatt 116: 924.

GRAMMEL, R. (1993): Bedeutung der Holzeigenschaften im Rahmen langfristiger forstlicher Planung. Holz-Zentralblatt 119: 154, 156.

GROß, M.; MAHLER, G. und SEEMANN, D. (1992): Holzqualität und Forstschutz bei der Lebendkonservierung von Fichte und Tanne. Versuchsbericht. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, Freiburg. 25 S.

GROß, M; MAHLER, G. und KLEBES, J. (1993): Erfahrungen mit der Rundholzkonservierung durch Schnittflächenversiegelung und Folienabdeckung. Holz-Zentralblatt 119: 1043-1044.

GROSSER, D. und TEETZ, W. (1985): Einheimische Nutzhölzer. Loseblattsammlung. Düsseldorf: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V. 21 Blatt.

GRUNWALDT, C. und LEWARK, S. (1993): Wasserlagerung von Buchstammholz. Holz-Zentralblatt 119: 1682 , 1684.

GRUNWALDT, C.; SELING, I. und LEWARK, S. (1993): Qualitätserhaltung von teichgelagertem Buchenholz: Untersuchungen an Schnittholz und Schälfurnier. Allgemeine Forst Zeitschrift 48: 881-882.

GÜMOES, H. (1894): Bogevindfaelders Brugbarhed. Tidsskrift for Skovvaesen, Organ for Dansk Skovforening 7: 228-229.

HAHN, K. (1991): Die Kohäsionstheorie des J. Boehm aus heutiger Sicht! Capillarität und Saftsteigen. Allgemeine Forst Zeitschrift 46: 774-776.

HAHN, K. (1993): Ein alternatives Transportmodell zur Kohäsionstheorie: Der Wasserferntransport in Bäumen. Allgemeine Forst Zeitschrift 48: 1143-1150.

HAPLA, F. (1990): Mündliche Mitteilung.

HAPLA, F. (1993): Versuchsplanung in der Holzforschung unter Berücksichtigung der Repräsentativität der Ergebnisse sowie des Arbeitsaufwands. Holz als Roh- und Werkstoff 51: 88-92.

HAPLA, F. und ASZMUTAT, H. (1984): Zur Darrdichtebestimmung von Holzproben mittels des Auftriebsverfahrens. Holz als Roh- und Werkstoff 42: 473.

HARTIG, R. (1882): Vertheilung der organischen Substanz, des Wassers und Luftraumes in den Bäumen, und über die Ursache der Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen. Berlin: Verlag von Julius Springer. 112 S.

HARTUNG, J. (1985): Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 4. Auflage. München: Oldenbourg Verlag. 973 S.

HECKEL, H. (1977): Rundholzfehler und ihre Auswirkung bei der Verarbeitung. Allgemeine Forst Zeitschrift 32: 1172-1177.

HECKEL, H. (1994): Ist die Schnittholzsortierung nach DIN in der Sägeindustrie überhaupt praktikabel? Holz-Zentralblatt 120: 413, 414, 422.

HENLE, H. J. (1991): Sortenstrukturen, Ausbeutewerte und Holzfehler dreier Nothofagusarten aus mittelchilenischen Sekundärwäldern. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 79 S.

HEUSER, V. (1991): Qualitätserhaltung von Rundholz bei längerer Lagerung. Merkblatt der Hessischen Landesforstverwaltung: 29 S.

HOFMANN, W. (1960): Beobachtungen über die Windwurfgefährdung der Rotbuche auf der Fränkischen Platte. Forstwissenschaftliches Centralblatt 79: 202-206.

HOLDENRIEDER, O. (1992): Zur Biologie von holzbewohnenden Pilzen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 143: 739-748.

HOLDENRIEDER, O. (1994): Angriff und Abwehr im Baum: Die Entstehung von Kernfäulen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 145: 887-903.

HOLZ, D. (1959): Rotkern, Ersticken und Verstocken-unerwünschte Verkernungserscheinungen des Buchenfaserholzes. Zellstoff und Papier 8: 422-423.

HOLZ, D. und PLICKAT, H. (1961): Über die Bestimmung der Darrdichte an kleinen Holzproben. Holz als Roh- und Werkstoff 19: 55-60.

HÖSTER, H. R. (1974): Verfärbungen bei Buchenholz nach Wasserlagerung. Holz als Roh- und Werkstoff 32: 270-277.

HÖWECKE B. und MAHLER G. (1990a): Erste orientierende Untersuchungen zur Holzqualität lebend konservierter Buchen. Versuchsbericht. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, Freiburg. 11 S.

HÖWECKE, B. und MAHLER, G. (1990b): Verkernungserscheinungen bei der Buche in Baden-Württemberg in Abhängigkeit von Alter, Standort und Durchmesser. Versuchsbericht. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, Freiburg. 21 S.

HÖWECKE, B. und MAHLER, G. (1991): Untersuchungen zur Farbverkernung bei der Rotbuche (Fagus sylvatica L.) in Baden-Württemberg: Teil I. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 158, Freiburg. 106 S.

HUMMEL, K. (1993): Die europäische Normung der Laubholzsortierung. Holz-Zentralblatt 119: 405, 411-412.

HUSS, J. (1991): Konzeption zur Wiederbewaldung von Sturmschadensflächen. Allgemeine Forst Zeitschrift 46: 25-30.

JÄGER, D. (1969): Möglichkeiten der Rundholzkonservierung (1): Zur Theorie der Rundholzkonservierung. Holz-Zentralblatt 95: 1547-1548.

JÄGER, D. (1969): Möglichkeiten der Rundholzkonservierung (2): Verfahren der Trockenlagerung von Rundholz. Holz-Zentralblatt 95: 1672-1673.

JÄGER, D. (1969): Möglichkeiten der Rundholzkonservierung (3): Verfahren der Naßlagerung von Rundholz. Holz-Zentralblatt 95: 2196, 2198-2199.

JAHN, E. (1932): Buchenstockfäule: Über die Wirkung giftiger Anstrichmittel auf das Buchenholz und auf die Pilze des Buchenstockens. Der Deutsche Forstwirt 14: 664.

JAHN, H. (1990): Pilze an Bäumen. 2. Auflage. Berlin, Hannover: Patzer Verlag. 272 S.

KARIUS, K. (1990): Orkanschäden 1990 - ein Einzelfall? Allgemeine Forst Zeitschrift 45: 765.

KERCK, K. (1972): Chemische Läuterung - Buchenstammholzschädlinge (Modelluntersuchungen an Xyloterus domesticus). Der Forst- und Holzwirt 27: 59-60.

KISSELOFF, P. (1991): Trocknen und Dämpfen von Buchenschnittholz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142: 407-414.

KLEBES, J.; MAHLER, G. und HÖWECKE, B. (1988): Holzkundliche Untersuchungen an Buchen mit neuartigen Waldschäden. Mitteilungen Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 141. 65 S.

KLEIN, E. (1992): Beobachtungen und Überlegungen zur Verkernung der Rotbuche, Fagus silvatica L. Holz-Zentralblatt 118: 96-98.

KNIGGE, W. und SCHULZ, H. (1966): Grundriß der Forstbenutzung. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey. 584 S.

KNUCHEL, H. (1930): Untersuchungen über den Einfluß der Fällzeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes: Teil I. Beiheft 5 zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins. 127 S.

KNUCHEL, H. (1935): Der Einfluß der Fällzeit auf die Eigenschaften des Buchenholzes. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen 19: 137-386.

KNUCHEL, H. (1939): Der Einfluß der Fällzeit auf die Eigenschaften des Buchenholzes (Nachtrag). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 90: 158-169.

KNUCHEL, H. (1940): Holzfehler. 2. Auflage. Zürich, Bern: Lignum, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für das Holz. 144 S.

KOLLMANN, F. (1950): Die Eigenschaften von verstocktem Rotbuchenholz. Forstwissenschaftliches Centralblatt 69: 125-139.

KOLLMANN, F. (1951): Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Auflage. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag: 1050 S.

KOLLMANN, F. (1982): Holz und Feuchtigkeit: Begriffe, Bestimmung, Sorption, Feuchtegleichgewicht. Holz-Zentralblatt 109: 1290-1291.

KOLLMANN, F; KEYLWERTH, R. und KÜBLER, H. (1951): Verfärbungen des Vollholzes und der Furniere bei der künstlichen Holztrocknung. Holz als Roh- und Werkstoff 9: 382-391.

KOLTZENBURG, CHRISTA und KNIGGE, W. (1987): Holzeigenschaften von Buchen aus immissionsgeschädigten Beständen: Zuwachs und physikalische Holzeigenschaften. Holz als Roh- und Werkstoff 45: 81-87.

KÖNIG, E. (1957a): Tierische und pflanzliche Holzschädlinge. Stuttgart: Holz-Zentralblatt Verlags-GmbH. 330 S.

KÖNIG, E. (1957b): Fehler des Holzes. Stuttgart: Holz-Zentralblatt Verlags-GmbH. 256 S.

KÖNIG, E. (1970): Sortierung und Pflege von Rund- und Schnittholz. 3. Auflage. Stuttgart: DRW-Verlag. 304 S.

KOUKAL, M. (1961): Grundprobleme der Erhaltung der Qualität von Buchenholz bei der Lagerung und seine Tränkung bei hohem Feuchtigkeitsgehalt. Holztechnologie 2: 39-44.

KRÄMER, CHRISTINA (1994): Untersuchungen zum Einfluß holzzersetzender Pilze auf Struktur und Eigenschaften des Holzes der Roteiche. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 56 S.

KREMSER, W. (1977): Dokumentation der Sturmkatastrophe vom 13. November 1972. Teil 1: Darstellung des Schadensereignisses. Mitteilungen aus der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, Nr. 27: 7-23.

KUČERA, L. J. (1991): Die Buche und ihr Holz - eine Einführung in die Problematik. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142: 363-373.

KUČERA, L. J. und WALTER, M. (1992): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.): Mikroorganismen im frischen Holz und Lagerfähigkeit. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 143: 347-359.

KUNER, M. (1967): Die Wintersturmschäden der letzten Jahre. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 118: 435-445.

KUNZ, R. G. (1961): Über die Verwertung von Holz aus sommerlichem Sturmschaden. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Nr. 49: 90 S.

LAMPSON, P. (1992): Mündliche Mitteilung.

LAMPSON, P. (1992): Zur Verkernung der Rotbuche. Holz-Zentralblatt 118: 677, 682.

LANDESFORSTVERWALTUNG BADEN WÜRTTEMBERG (1991): Holzkonservierung in Zusammenhang mit den Sturmschäden. Jahresbericht der FVA Baden-Württemberg, Freiburg. 68-75.

LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1974): Forsteinrichtungs-Anweisung für den Staats- und Körperschaftswald in Rheinland-Pfalz (FA 72). 23 S.

LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1979): Tarifvertrag über die Entlohnung von Holzerntearbeiten nach dem Erweiterten Sortentarif (EST) Anlage 3: Aufnahmeanweisung. 17 S.

LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1987): Waldbauliche Richtlinien für die Wälder von Rheinland-Pfalz. 1. Teil, Bereich der Forstdirektion Koblenz und Trier. Mainz: Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz: 369 S.

LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1990): Konservierung und Lagerung von Sturmholz. Merkblatt. Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz. 4 S.

LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1992): Windwurfdokumentation. Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Referat 737. 45 S. + 18 Tab.

LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1993): Die Orkanschäden des Frühjahrs 1990 im Bereich des Regierungsbezirks Koblenz. Bezirksregierung Koblenz-Forstdirektion. 97 S.

LASSEN, E. (1955): Et stormfald i gammel Bogeskov. Dansk Skovforenings Tidsskrift 40: 259-270.

LEHNHAUSEN, H. (1992): Naßlagerung von Buchenstammholz aus den Sturmwürfen 1990 im Saarland. Holz-Zentralblatt 118: 1577-1578.

LEWARK, S. (1985): Korrekturfaktoren für Meßwerte eines Pilodyn-Holzprüfgerätes aus verschiedenen Monaten. Holz als Roh- und Werkstoff 43: 148.

LEWARK, S. (1987): Untersuchungen an Buchenbeständen Nordwestdeutschlands über die Variation der Rohdichte. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Band 88. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag. 118 S.

LEWARK, S. (1991): Die Holzschwelle im Wettbewerb. Forst und Holz 46: 27-30.

LEWARK, S. und GIEFING, D. (1983): Erste Erfahrungen bei der Rohdichtebestimmung mit dem Pilodyn-Holzprüfgerät an Buche und Fichte. Der Forst- und Holzwirt 38: 517-521.

LIESE, J. (1934): Über die Gebrauchsdauer teerölimprägnierter Buchenschwellen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 66: 79-88.

LIESE, W. (1961): Aufwand und Erfolg der Schutzverfahren für lagerndes Buchenholz. Forstarchiv 32: 234-236.

LIESE, W. (1964): Über den Abbau verholzter Zellwände durch Moderfäulepilze. Holz als Roh- und Werkstoff 22: 289-295.

LIESE, W. (1973): Zur Qualitätserhaltung von Sturmholz bei längerer Lagerung. Forstarchiv 44: 149-153.

LIESE, W. und AMMER, U. (1968): Lagerschäden an Rundholz: Biologische Grundlagen und Möglichkeiten der Verhütung. Der Forst- und Holzwirt 23: 265-267.

LIESE, W. und ECKSTEIN, D. (1967): Untersuchungen über das gleichzeitige Wachstum von Moderfäulepilzen in Buchenholz. Material und Organismen 2/3: 215-228.

LIESE, W. und V. PECHMANN, H. (1959): Untersuchungen über den Einfluß von Moderfäulepilzen auf die Holzfestigkeit. Forstwissenschaftliches Centralblatt 78: 271-279.

LIESE, W. und PEEK, R. D. (1987): Erfahrungen bei der Lagerung und Vermarktung von Holz im Katastrophenfall. Allgemeine Forst Zeitschrift 42: 909-912.

LÖFFLER, H. (1968): Einflüsse auf den Wert des Rohholzes. Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Universität Freiburg, Band 9. München, Basel, Wien: Bayerischer Landwirtschaftsverlag. 115 S.

LÖFFLER, H. (1970): Einfluß von Stammeigenschaften und Fertigungsprogramm auf den Wert des Sägereirundholzes. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 121: 738-756.

LÖFFLER, H. (1972): Nutzung und Sortierung von Rohholz. Holz-Zentralblatt 98: 343-344.

LOHMANN, U. (1991): Holz-Handbuch. 4. Auflage. Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag. 312 S.

LOHMANN, U. (1994): Euro-Holznormung - (Vor-) Freude oder Frust? Holz-Zentralblatt 120: 2557-2558.

LORENTZEN, H. (1991): Holzwirtschaft - Deine Normung! Teil 1: Struktur und Arbeit des Normenausschusses Holzwirtschaft und Möbel. Holz-Zentralblatt 117: 539-540, 548.

LORENTZEN, H. (1991): Holzwirtschaft - Deine Normung! Teil 2: Entstehung und Auswirkung von ISO- und CEN-Normen. Holz-Zentralblatt 117: 68-90.

LÖSEKRUG, R. G. (1988): Befall von Buchenalthölzern durch den Laubnutzholzborkenkäfer. Allgemeine Forst Zeitschrift 43: 942-943.

LÜTTSCHWAGER, D. (1991): Methodische Untersuchungen zu Kenngrößen des Wasserhaushalts im Stammholz der Kiefer (Pinus sylvestris L.). Beiträge für die Forstwirtschaft 25: 144-146.

LÜTTSCHWAGER, D. und MÖLLER, J. (1993): Untersuchungen zu Stärkeverteilung und Feuchtegehalt in Buchenholz von Standorten unterschiedlicher Stickstoffimmission. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 27: 126-129.

LYR, H. und GILLWALD, W. (1963): Holzzerstörung durch Pilze. Internationales Symposium Eberswalde. Berlin: Akademie-Verlag. 413 S.

MACBETH DIVISION OF KOLLMORGEN INSTRUMENTS CORPORATION (1988): Munsell Color: Munsell soil color charts. 4 S. + 8 Tafeln.

MAHLER, G. (1992): Konservierung von Holz durch Schutzgas. Allgemeine Forst Zeitschrift 47: 1024-1025.

MAHLER, G. und HÖWECKE, B. (1991): Verkernungserscheinungen bei der Buche in Baden-Württemberg in Abhängigkeit von Alter, Standort und Durchmesser. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142: 375-390.

MAHLER, G.; KLEBES, J. und KESSEL, N. (1986): Beobachtungen über außergewöhnliche Holzverfärbungen bei der Rotbuche. Allgemeine Forst Zeitschrift 41: 328.

MAHLER, G.; KLEBES, J. und SCHRÖTER, J. (1990): Hinweise zur Konservierung der Sturmwurfhölzer. Versuchsbericht. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, Freiburg. 10 S.

MAURER, E. (1982): 25 Jahre Sturm- und Schneeschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1953/54 bis 1977/78). Allgemeine Forst Zeitschrift 37: 395-397.

MAYER, H. (1985): Baumschwingungen und Sturmgefährdung des Waldes. Meteorologisches Institut München, Wissenschaftliche Mitteilung, Nr. 51: XII + 247 S.

MAYER, H. und SCHMIDT, J. (1991): Zur Verwendung von Klimadaten als forstliche Beurteilungsparameter. Forstwissenschaftliches Centralblatt 110: 338-343.

MAYER-WEGELIN, H. (1932a): Buchenstockfäule: Die Verfärbung eingeschlagenen Buchenholzes/Untersuchungsergebnisse. Der Deutsche Forstwirt 14: 661-664.

MAYER-WEGELIN, H. (1932b): Buchenstockfäule: Versuche zur künstlichen Beeinflussung des Buchenstockens. Der Deutsche Forstwirt 14: 664-665.

MAYER-WEGELIN, H. (1934): Zur Praxis der Stockfäulebekämpfung im Hauungsbetrieb. Der Deutsche Forstwirt 16: 213-215.

MAYER-WEGELIN, H. (1950): Vom Einfluß des Verstockens auf die Eigenschaften des Buchenholzes. Holz-Zentralblatt 76: 581-582.

MAYER-WEGELIN, H. (1953): Der Einfluß von Schaftform und Holzfehlern auf den Wert des Buchenstammes. Holz als Roh- und Werkstoff 11: 342-349.

MAYER-WEGELIN, H. und HERRMANN, H. (1934): Die Bekämpfungsmöglichkeit des Buchenstockes. Der Deutsche Forstwirt 16: 1052-1054.

MAYER-WEGELIN, H. und ZYCHA, H. (1944/45): Beobachtungen über Veränderung der Eigenschaften des Buchenholzes durch Einlagern in Wasser. Holz als Roh- und Werkstoff 7: 3-7.

MAYRHOFER, A. (1992): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.): Trocknungsverhalten bei Freiluftlagerung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 143: 361-376.

MEHRINGER, H. (1989): Eigenschaften des Holzes von Kiefern (Pinus sylvestris L.) und Buchen (Fagus sylvatica L.) aus Waldschadensgebieten. Dissertation, Fachbereich Biologie der Universität Hamburg. 213 S.

METZENDORF, E. (1973): Konservierung von Fichten- und Buchen-Rundholz durch Naßlagerung als Katastrophenvorsorge. Allgemeine Forst Zeitschrift 28: 49-52.

MITSCHERLICH, G. (1975): Wald, Wachstum und Umwelt Band 3: Boden, Luft und Produktion. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag. 352 S.

MITSCHERLICH, G. (1978): Wald, Wachstum und Umwelt Band 1: Form und Wachstum von Baum und Bestand. 2. Auflage. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag. 144 S.

MITSCHERLICH, G. (1981): Wald, Wachstum und Umwelt Band 2: Waldklima und Wasserhaushalt. 2. Auflage. Frankfurt am Main: J.D. Sauerländer's Verlag. 402 S.

MOLTESEN, P. (1969): Danish Experiences with Protection of Wood Raw Material. Material und Organismen 4: 231-232.

MOLTESEN, P. (1971): Water storage of beech roundwood. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Nr. 83: 5-33.

MOLTESEN, P. (1977): Dänische Erfahrungen mit der Naßlagerung von Rundholz. Forstarchiv 48: 45-50.

MOLTESEN, P. und DALGAS, K. F. (1973): Rodlagring af Stormfældet Bog. Dansk Skovforenings Tidsskrift 58: 1-37.

MOMBÄCHER, R. [Hrsg.] (1988): Holz-Lexikon: Band 1 und 2. 3. Auflage. Stuttgart: DRW-Verlag. 797 S. + 604 S.

MOOG, C. (1992): Erfahrungen mit der Naßlagerung von hochwertigem Buchenstammholz. Allgemeine Forst Zeitschrift 47: 410-411.

MOOG, C. (1992): Erfahrungen mit der Naßlagerung von hochwertigem Buchenstammholz. Holz-Zentralblatt 118: 402.

MÜNCH, E. (1908): Die Blaufäule des Nadelholzes. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft 6: 32-47.

NAGEL, J. und ATHARI, S. (1982): Stammanalyse und ihre Durchführung. Allgemeine Forst und Jagd-Zeitung 153: 179-182.

NAUMANN, A. (1993): Rotkern bei 19- und 25-jähriger Buche. Holz als Roh- und Werkstoff 51: 422.

OLIVER-VILLANUEVA, J. V. und SACHSSE, H. (1992): Lebendkonservierung von sturmgeworfenen Buchen. Forst und Holz 47: 227-232.

OTTO, H. J. (1994): Nach dem Sturm: Erfahrungen und Folgerungen aus der Sturmkatastrophe 1972 in Niedersachsen. Der Wald Berlin 44: 52-55.

PECHMANN, H. V. (1951): Über den Schutz gefällten Buchenholzes gegen Verfärbung und Pilzangriff. Forstwissenschaftliches Centralblatt 70: 676-691.

PECHMANN, H. V. (1967): Ergebnisse neuerer Untersuchungen über Lagerschäden an Nadelholz. Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, 36. Heft. 211-235 .

PECHMANN, H. V.; V. AUFSESS, HERTHA und BERNHART, A. (1963): Die Holzeigenschaften der Rotbuche im inneren Bayerischen Wald. Forstwissenschaftliches Centralblatt 82: 12-26.

POEPPEL, SUSANNE (1994): Der Windwurf am 12. Februar 1894. Forst und Holz 49: 190.

POPPER, R. und EBERLE GERHILD (1992): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.): Physikalisch-mechanische Eigenschaften. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 143: 333-338.

POPPER, R. und OSUSKÝ, A. (1992): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.): Bewitterungs- und Erd-Eingrabeversuch. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 143: 339-342.

RATHKE, K. H. (1994): Nochmals: Ist die Schnittholzsortierung nach DIN in der Sägeindustrie praktikabel? Holz-Zentralblatt 120: 759.

ROTTMANN, M. (1986): Wind- und Sturmschäden im Wald. Frankfurt am Main: J.D. Sauerländer's Verlag. 128 S.

RYPÁČEK, V. (1966): Biologie holzzerstörender Pilze. Jena: Gustav Fischer Verlag. 211 S.

SACHS, L. (1992): Angewandte Statistik. 7. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag. 846 S.

SACHSSE H. (1967): Über das Wasser/Gas-Verhältnis im Holzporenraum lebender Bäume im Hinblick auf die Kernbildung. Holz als Roh- und Werkstoff 25: 291-303.

SACHSSE, H. (1991): Kerntypen der Rotbuche. Forstarchiv 62: 238-242.

SACHSSE, H. und FERCHLAND, R. (1988): Abnorme Kerne bei Rotbuche (Fagus silvatica L.). Holz als Roh- und Werkstoff 46: 426.

SACHSSE, H. und OLIVER-VILLANUEVA, J. V.(1991): Physiologische Trocknung und Lebendkonservierung von sturmgeworfenen Buchen. Forstarchiv 62: 51-56.

SANDERMANN, W. und LÜTHGENS, M. (1953): Untersuchungen über Verfärbungen von Hölzern. Holz als Roh- und Werkstoff 11: 435-440.

SAUTER, U. H. (1992): Technologische Holzeigenschaften der Douglasie (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) als Ausprägung unterschiedlicher Wachstumsbedingungen. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 221 S.

SCHALES, M. (1992): Totholz: Ein Refugium für seltene Pilzarten. Allgemeine Forst Zeitschrift 47: 1107-1108.

SCHINDLER, U. (1973): Forstschutz-Überlegungen bei der Aufarbeitung des Sturmholzes 1972/74. Allgemeine Forst Zeitschrift 28: 59-66.

SCHMIDT, O. (1994): Holz und Baumpilze. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. 246 S.

SCHMITT, M. (1989): Buchen-Totholz als Lebensraum für xylobionte Käfer. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. 193 S.

SCHNELL, G. R. (1986): Erhaltung der Qualität großer Rundholzmengen durch sachgerechte Lagerung. Literaturstudie. Bericht Nr. 115/13. Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt. 15 S.

SCHÖNHERR, J. und WELLENSTEIN, G. (1967): Sturmschäden des Frühjahrs 1967 und die sich daraus ergebenden Forstschutzmaßnahmen. Der Forst- und Holzwirt 93: 163-165.

SCHÖNHERR, J.; KRAUTWURST, K. und RÖßLER, W. (1983): Schadinsekten in Buchenaltholzbeständen: Ursachen, Erkennung und Vorbeugungsmaßnahmen. Allgemeine Forst Zeitschrift 38: 1361-1364.

SCHRÖCK, H. W. (1994): Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz: Entwicklung und Einflußfaktoren. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 28: 229 S.

SCHULZ, H. (1957): Der Anteil der einzelnen Zellarten an dem Holz der Rotbuche. Holz als Roh- und Werkstoff 15: 113-118.

SCHULZ, H. (1961): Die Beurteilung der Qualitätsentwicklung junger Bäume. Forstarchiv 32: 89-99.

SCHULZ, H. (1961): Über die Zusammenhänge zwischen Baumgestalt und Güte des Schnittholzes bei der Buche. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Band 29. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag. 95 S.

SCHULZ, H. (1993): Die Europäische Normung für Rundholz. Holz-Zentralblatt 119: 645-646, 650.

SCHULZ, H.; SCHUMACHER, P.; EDELBAUER, G. und FALTL, W. (1990): Hinweise zur Lagerung von Sturmholz. Institut für Holzforschung der Universität München. 11 S.

SCHULZ, H. und SCHUMACHER, P. (1993): Lebendkonservierung windgeworfener Fichten: Entwicklung der Holzqualität. Abschlußbericht. Institut für Holzforschung der Universität München. 16 S.

SCHUMACHER, P. und SCHULZ, H. (1991): Zur Methodik der Holzfeuchtebestimmung bei Fichten-Splintholz. Holz als Roh- und Werkstoff 49: 57-63.

SCHUMANN, G. und DIMITRI, L. (1993): Wunden und Wundfäule bei der Buche. Allgemeine Forst Zeitschrift 48: 456, 458, 460.

SCHÜTT, P.; SCHUCK, H. J. und STIMM, B. (1992): Lexikon der Forstbotanik: Morphologie, Pathologie, Ökologie und Systematik wichtiger Baum- und Straucharten. Landsberg, Lech: Ecomed Verlag. 581 S.

SCHWAIGER, H. (1959): Erfahrungen bei der Aufarbeitung, Sortierung und dem Verkauf von Windwurfholz, Allgemeine Forst Zeitschrift 14: 189-192.

SCHWARZ, MICHAELA (1992): Mykologische Untersuchung der Versuchsflächen zur Lebendkonservierung der Buche: Zusammenstellung der vorkommenden Arten. Unveröffentlichtes Manuskript. Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Trippstadt. 12 S.

SCHWARZE, F. W. M. R. (1994): Entwicklung und biomechanische Auswirkungen von holzzersetzenden Pilzen in lebenden Bäumen und in vitro. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 163 S.

SCHWENKE, W. [Hrsg.] (1974): Die Forstschädlinge Europas. 2. Band: Käfer. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey. VIII + 500 S.

SCHWERDTFEGER, F. (1962): Forstschutzmaßnahmen bei der Aufarbeitung des Sturmholzes. Holz-Zentralblatt 88: 571-572.

SCHWERDTFEGER, F. (1963): Untersuchungen über das Verstocken sturmgeworfener Buchen. Holz-Zentralblatt 89: 495-496.

SCHWERDTFEGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten. 4. Auflage. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey. 486 S.

SEELING, UTE (1991): Abnorme Kernbildung bei Rotbuche (Fagus sylvatica L.) und ihr Einfluß auf holzbiologische und holztechnische Kenngrößen. Dissertation, Forstliche Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen. 167 S.

SEELING, UTE und SACHSSE, H. (1992): Abnorme Kernbildung bei Rotbuche und ihr Einfluß auf holzbiologische und holztechnologische Kenngrößen. Forst und Holz 47: 210-217.

SEIFERT, K. (1968): Zur Systematik der Holzfäulen, ihre chemischen und physikalischen Kennzeichen. Holz als Roh- und Werkstoff 26: 208-215

SELING, IRENE und LEWARK, S. (1993): Wasserlagerung von Buchenstammholz. Holz-Zentralblatt 119: 1605, 1610.

SELL, J. (1987): Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten. 2. Auflage. Zürich: Baufachverlag AG. 80 S.

STAUDENMANN, P. (1968): Erfahrungen mit der verzögerten Aufarbeitung der Sturmschäden vom Frühjahr 1967. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 119: 221-222.

STRASBURGER, E. (1983): Lehrbuch der Botanik. Jena: Gustav Fischer Verlag. 1164 S.

TEISSIER D. C.; E.; LE TACON, F.; NEPVEU, G.; PARDÉ, J.; PERRIN. R. und TIMBAL, J. (1981): Le Hêtre. Institut national de la Recherche Agronomique Département des Recherches Forestières. 444 S.

TRENDELENBURG, R. und MAYER-WEGELIN, H. (1955): Das Holz als Rohstoff. 2. Auflage. München: Carl Hanser-Verlag. 541 S.

VENN, K. und SPILLING, P. E. (1972): Skadeutvikling hos furu stormfelt i 1969 pa Sorlandet (Deterioration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. windthrown in 1969 in South Norway). Det Norske Skogforsoksvesen 30: 259-280.

VINTILA, E.; ANDRIANO, D. und BOICIUC, M. (1962): Entwicklung des Verstockungsprozesses beim Buchenscheitholz. Vortrag. Internationales Symposium „Holzzerstörung durch Pilze" Eberswalde. Berlin: Akademie Verlag. 35-40.

VITÉ, J. P. (1955): Die Behandlung des Sturmholzes. Holz-Zentralblatt 81: 1333-1336.

WAGENFÜHR, R. (1989). Anatomie des Holzes. 4. Auflage, Leipzig: Fachbuchverlag. 334 S.

WALTER, M. (1992): Methoden zur Untersuchung des Pilzbefalls im Holz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 143: 749-755.

WALTER, M. (1993): Wassergehalt und Kationenkonzentration im Naßkern der Buche (Fagus sylvatica L.). Forstwissenschaftliches Centralblatt 112: 257-268.

WALTER, M. und KUČERA, L. J. (1991): Vorkommen und Bedeutung verschiedener Kernformen bei der Buche (Fagus sylvatica L.). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142: 391-406.

WALTER, M.; KUČERA, L. J. und BONSEN, K. J. M. (1991): Zur Frage der Nasskernbildung bei der Buche (Fagus sylvatica L.). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142: 435-442.

WEDEL, K. V. (1962): Hydrostatische Verfahren zur Bestimmung der Rohdichte von Holzproben. Holz als Roh- und Werkstoff 20: 360-364.

WESTIN, M. (1992): Standard- oder Zwecksortierung - skandinavisches Modell als Vorbild für die Schnittholzsortierung in Europa? Holz-Zentralblatt 118: 1751-1752.

WILHELM, G. J. (1993): Mechanisierte Gewinnung hochwertiger Bohrkerne am stehenden Stamm. Allgemeine Forst Zeitschrift 48: 113.

WOELFLE, M. (1936): Sturmschäden im Wald: I. Mitteilung. Forstwissenschaftliches Centralblatt 58: 605-617.

WOELFLE, M. (1937a): Sturmschäden im Wald: II. Mitteilung. Forstwissenschaftliches Centralblatt 59: 77-92.

WOELFLE, M. (1937b): Sturmschäden im Wald: III. Mitteilung. Forstwissenschaftliches Centralblatt 59: 565-588.

WOELFLE, M. (1941): Bekämpfung von Sturm-, Wind- und Spätfrostschäden. Forstwissenschaftliches Centralblatt 63: 49-60.

WOELFLE, M. (1942): Windverhältnisse im Walde. Forstwissenschaftliches Centralblatt 64: 170-182.

ZOTH, R. und BLOCK, J. (1992): Untersuchungen an Wurzelballen sturmgeworfener Bäume in Rheinland-Pfalz. Forst und Holz 47: 566-571.

ZYCHA, H. (1948): Über die Kernbildung und verwandte Vorgänge im Holz der Rotbuche. Forstwissenschaftliches Centralblatt 67: 80-109.

ZYCHA, H. (1950): Läßt sich das Verstocken des Buchenholzes völlig verhindern? Holz-Zentralblatt 76: 1391.

ZYCHA, H. (1964): Einwirkung einiger Moderfäule-Pilze auf Buchenholz. Holz als Roh- und Werkstoff 22: 37-42.

Zitierte Normen:

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1969): DIN 7489: Holzbohrer: Scheibenschneider. Köln, Berlin. 1 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1975): DIN 68371: Messen von Laubschnittholz. Köln, Berlin. 1 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1975): DIN 68372: Nenndicken von ungehobeltem Laubschnittholz. Köln, Berlin. 1 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1976): DIN 52182: Prüfung von Holz: Bestimmung der Rohdichte. Köln, Berlin. 2 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1976): DIN 68256: Gütemerkmale von Schnittholz: Begriffe. Köln, Berlin. 22 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1976): DIN 68367: Bestimmung der Gütemerkmale von Laubschnittholz. Köln, Berlin. 3 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1976): DIN 68369: Rotbuche-Blockware: Gütebedingungen. Köln, Berlin. 4 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1977): DIN 52183: Prüfung von Holz: Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes. Köln, Berlin. 2 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1978): DIN 68252: Begriffe für Schnittholz: Form und Maße. Köln, Berlin. 4 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1979): DIN 68364: Kennwerte von Holzarten: Festigkeit, Elastizität, Resistenz. Köln, Berlin. 9 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1981): DIN 68360: Holz für Tischlerarbeiten: Gütebedingungen bei Innenanwendung. Köln, Berlin. 2 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1985): DIN 15147: Flachpaletten aus Holz: Gütebedingungen. Köln, Berlin. 3 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. (1985): DIN 4076, Teil 1: Benennungen und Kurzzeichen auf dem Holzgebiet: Holzarten. Köln, Berlin. 27 S.

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG CEN (1993): pr EN 975-1 Holz; Laubschnittholz; Klassifizierung nach dem Aussehen. Köln, Berlin. 20 S.

Gesetzliche Handelsklassensortierung für Rohholz (HKS) Anlage zu § 1 der HKlVO, (1969), 23 S.

8. ANHANG

8.1 Verzeichnisse

8.11 Abkürzungsverzeichnis

A	*Andere Gütemerkmale*
AQ	*Ausgangsqualität*
B	Bestand, Vergleichsvariante Frischeinschlag aus stehendem Bestand
BHD	Brusthöhendurchmesser
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
E	Einzelwurf, Lebendlagerung unter Schirm
F	Flächenwurf, Lebendlagerung auf der Freifläche ohne Beschattung
Fm, fm	Festmeter
G	*Gleichwertigkeit*
GK	Güteklasse
HKS	Handelsklassensortierung für Rohholz
L	*Lagerschäden*
LQ	*Lagerungsbedingte Qualität*
max	größter Wert
min	kleinster Wert
n	Stichprobenumfang
N, n	Anzahl
NN	Normal Null
OGK	Ohne Güteklasse
o.R.	ohne Rinde
P	Polter, Vergleichsvariante Haufenpolter am Waldstraßenrand
r_s	Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN
s	Standardabweichung
TQ	*Tatsächliche Qualität*
VK	Variationskoeffizient
$\bar{x}$	arithmetisches Mittel

8.12 Abbildungsverzeichnis

8.13 Tabellenverzeichnis

8.2 Projektchronologie

21.03. - 30.03.1990	Auswahl der Versuchsflächen
04.04. - 24.04.1990	Anlage der Vergleichsvariante im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerter Stammholzabschnitte
15.10. - 31.10.1990	**Voruntersuchung**
	106 Buchen, 125 Festmeter, 1770 Bohlen / Bretter
15.10. - 17.10.1990	Waldaufnahme: Stammaufnahme, Probennahme zur Holzfeuchte- und Rohdichtebestimmung, Fotodokumentation; Aufarbeitung
24.10. - 31.10.1990	1. Versuchseinschnitt und Schnittholzsortierung im Sägewerk (Firma WICK in Longuich)
04.03. - 20.03.1991	**Voruntersuchung**
	122 Buchen, 139 Festmeter, 1851 Bohlen / Bretter
04.03. - 11.03.1991	Waldaufnahme: Stammaufnahme, Probennahme zur Holzfeuchte- und Rohdichtebestimmung, Fotodokumentation; Aufarbeitung
12.03. - 20.03.1991	2. Versuchseinschnitt und Schnittholzsortierung im Sägewerk (Firma WICK in Longuich)
16.11. - 17.12.1991	**Hauptuntersuchung**
	140 Buchen, 206 Festmeter, 3239 Bohlen / Bretter
16.11. - 29.11.1991	Waldaufnahme: Stammaufnahme, Probennahme zur Holzfeuchte- und Rohdichtebestimmung, Fotodokumentation; Aufarbeitung
12.11. - 26.11.1991	Forstpathologische Aufnahme (Bestimmung der Pilzfruchtkörper)
03.12. - 17.12.1991	3. Versuchseinschnitt im Sägewerk (Firma TOMBERS in Mehren)
27.02. - 26.05.1992	Schnittholzsortierung im Sägewerk (Firma TOMBERS in Mehren)

VERSUCHSUMFANG: ***368 BUCHEN, 471 FESTMETER, 6860 BOHLEN / BRETTER***

Bisher sind folgende Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz erschienen:

1/1987	Jahresbericht 1984-1986 ISSN 0931 - 9662	
2/1987	BLOCK, STELZER: Radioökologische Untersuchungen in Waldbeständen ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
3/1987	BLOCK, BOCKHOLT, BORCHERT, FINGERHUT, FRAUDE, HEIDINGSFELD: Sondermeßprogramm Wald (SMW) ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
4/1987	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Feldgehölzschadenserhebung (TFGE 1986) ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
5/1988	Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Dienste von Wald und Forstwirtschaft - Reden anläßlich der Übergabe des Schlosses Trippstadt als Dienstsitz am 10.04.1987 ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
6/1988	Jahresbericht 1987 ISSN 0931 - 9662	
7/1988	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Parkgehölzschadenserhebung (TPGE 1987) ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
8/1988	GERECKE: Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz ISSN 0931 - 9662	DM 30,--
9/1989	Jahresbericht 1988 ISSN 0936 - 6067	
10/1989	HEIDINGSFELD: Verfahren zur luftbildgestützten Intensiv-Waldschadenserhebung in Rheinland-Pfalz ISSN 0931 - 9662	DM 25,--
11/1989	BLOCK, DEINET, HEUPEL, ROEDER, WUNN: Empirische, betriebswirtschaftliche und mathematische Untersuchungen zur Wipfelköpfung der Fichte ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
12/1989	Jahresbericht 1989 ISSN 0931 - 9662 ISSN 0936 - 6067	
13/1990	SCHÜLER: Der kombinierte Durchforstungs- und Düngungsversuch Kastellaun - angelegt 1959 - heute noch aktuell? ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
14/1990	BLOCK: Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen Waldgebieten 1984 - 1989 ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
15/1990	Jahresbericht 1990 ISSN 0931 - 9662 ISSN 0936 - 6067	
16/1991	BLOCK, BOCKHOLT, BORCHERT, FINGERHUT, HEIDINGSFELD, SCHRÖCK: Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von Rheinland-Pfalz - Sondermeßprogramm Wald, Ergebnisse 1983 - 1989 ISSN 0931 - 9662	DM 12,--

17/1991	BLOCK, BOPP, GATTI, HEIDINGSFELD, ZOTH: Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
18/1991	SCHÜLER, BUTZ-BRAUN, SCHÖNE: Versuche zum Bodenschutz und zur Düngung von Waldbeständen ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
19/1991	AUTORENKOLLEKTIV Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sturm- und Immissionsschäden im Vorderen Hunsrück - "SIMS" - ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
20/1992	Jahresbericht 1991 ISSN 0931 - 9662 ISSN 0936 - 6067	
21/1992	AUTORENKOLLEKTIV Der vergleichende Kompensationsversuch mit verschiedenen Puffersubstanzen zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Waldökosystemen - Zwischenergebnisse aus den Versuchsjahren 1988 - 1991 - ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
22/1992	Jahresbericht 1992 ISSN 0931 - 9662 ISSN 0936 - 6067	
23/1993	HEIDINGSFELD: Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden ISSN 0931 - 9662	DM 18,--
24/1993	BLOCK: Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngungen ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
25/1994	WIERLING: Zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und den Konsequenzen für die Forstwirtschaft am Beispiel des Pfälzerwaldes	DM 12,--
26/1994	Jahresbericht 1993 ISSN 0931 - 9662 ISSN 0936 - 6067	
27/1994	OESTEN, ROEDER: Zur Wertschätzung der Infrastrukturleistungen des Pfälzerwaldes ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
28/1994	SCHRÖCK: Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren - ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
29/1994	FISCHER: Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz (Pseudotsuga Menziesiii (Mirb.) Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen	DM 12,--
30/1994	SCHÜLER: Ergebnisse forstmeteorologischer Messungen für den Zeitraum 1988 bis 1992 ISSN 0931 - 9662	DM 12,--
31/1995	Jahresbericht 1994 ISSN 0931 - 9662 ISSN 0936 - 6067	
32/1995	AUTORENKOLLEKTIV Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz ISSN 0931 - 9662	DM 12,--

33/1995 EISENBARTH: DM 12,--

Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche (Fagus sylvatica L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer

ISSN 0931 - 9662