Rheinland-Pfalz

Mitteilungen
aus der Forstlichen Versuchsanstalt
Rheinland-Pfalz

Nr. 42/97

M. Bücking, E. Eisenbarth, M. Jochum
unter Mitarbeit von A. Padberg

Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche

Investigations on the live-storage of windthrown timber of the tree species Norway spruce, Scots pine, Douglas-fir and oak

Ministerium für Umwelt und Forsten

R h e i n l a n d – P f a l z

Ministerium für Umwelt und Forsten

Mitteilungen der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz

Schloß

D-67705 Trippstadt

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

Nr. 42/97

M. Bücking, E. Eisenbarth, M. Jochum
unter Mitarbeit von A. Padberg

Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche

Investigations on the live-storage of windthrown timber of the tree species Norway spruce, Scots pine, Douglas-fir and oak

ISSN 0931 - 9622

ISSN 0931-9622 Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 42/97

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.

Herausgeber : Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz

Verantwortlich : Der Leiter der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz

Dokumentation : Mitt. FVA, Trippstadt
Nr. 42/97, 148 S.

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

Vorwort/ *Preface*

Die Holzanfälle der Sturmkatastrophe des Frühjahrs 1990, die jedes bis dahin gekannte Maß überschritten, waren Anlaß, die Möglichkeiten der Lebendlagerung, d.h. das Belassen von nicht aufgearbeitetem Windwurfholz im Wald, zu prüfen. Eine umfassende Auswertung der vorliegenden Literatur, die in dem vorliegenden Band dokumentiert wird, zeigte jedoch sehr bald, daß zu dieser Frage nur wenig empirisch gesichertes und für die Praxis unmittelbar verwendbares Wissen vorlag. Unter der Federführung der Forstlichen Versuchsanstalt wurde daher ein Versuchsprogramm durchgeführt, das die vom Sturmwurf besonders betroffene Baumart Fichte, aber auch die Baumarten Kiefer, Buche und Eiche umfaßte. Lediglich orientierenden Charakter haben die Untersuchungen zur Douglasie.
Wegen des großen Umfangs und der erheblichen fachlichen Breite der Untersuchungen war es erforderlich, von Anfang an verschiedene Forschungseinrichtungen interdisziplinär mit einzubinden. Daher ist die tatkräftige Unterstützung und die vertrauensvolle Zusammenarbeit mit den Fachinstituten der Forstlichen Fakultät in Freiburg und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg dankbar hervorzuheben.

Besonderer Schwerpunkt und vorrangiges Anliegen der Untersuchungen war die Überprüfung der Frage, wie sich die Holzqualität von lebendgelagertem Windwurfholz im Zeitablauf verändert, um darauf aufbauend Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis geben zu können. Dazu waren umfangreiche Versuchseinschnitte in Verwendungsabmessungen erforderlich. Dies war nur möglich durch das verständnisvolle und engagierte Mitwirken einer Reihe von holzbe- und verarbeitenden Betrieben.

Die Ergebnisse der umfangreichen Untersuchungen zur Buche von EISENBARTH wurden bereits als Nr. 33/1995 in dieser Schriftenreihe veröffentlicht. Die Ergebnisse der übrigen Untersuchungen, die kapazitätsbedingt mit geringerer und baumartenspezifisch mit unterschiedlicher Intensität durchgeführt wurden, werden in dem vorliegenden Band zusammengefaßt. Diese zusammenfassende Darstellung aller Untersuchungen in einem Band bietet die wertvolle Möglichkeit, sich in konzentrierter Form über den Stand der Erkenntnisse zur Lebendlagerung zu orientieren. Die Schrift soll darüber hinaus dazu anregen, sich über Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis zu informieren.

Mainz, im November 1997 — Trippstadt, im November 1997

Prof. Dr. Karl Keilen — Prof. Dr. Axel Roeder

Danksagung/ *Acknowledgements*

Die Erarbeitung dieser Veröffentlichung mit den dafür notwendigen Untersuchungen war nur durch die tatkräftige Unterstützung vieler an den Projekten Beteiligter möglich. Für die vielfältige Hilfe und Mitarbeit möchten wir uns bedanken. Dieser Dank gilt in besonderem Maße Herrn Prof. Dr. R. GRAMMEL für seine wissenschaftliche Unterstützung. Darüber hinaus gilt unser Dank zunächst Frau U. AICHELE und den Herren S. MERKEL, A. PADBERG und G. GÖTZ, die im Rahmen von Diplomarbeiten an den Instituten für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft sowie für Forstzoologie der Universität Freiburg i. Br. wesentliche Beiträge zum Gesamtergebnis beisteuerten.

Gedankt sei ferner den Sägeunternehmen, die die Probeeinschnitte der lebendgelagerten Sturmwurfhölzer ermöglichten. Hier sind die Firmen LUDWIG KUNTZ GMBH (Morbach), MOLL SÄGEWERK GMBH (Schwetzingen), das Unternehmen NICKELS KG (Hermeskeil) sowie das Sägewerk PHILIPPI (Hundsbach) und die PFÄLZISCHE PARKETTFABRIK WEIDENTHAL zu nennen.

Ohne die aktive Unterstützung des Vorhabens vor Ort in den Forstämtern, in denen sich die Versuchsflächen zur Lebendlagerung befanden, wäre eine Durchführung der Projekte nicht möglich gewesen. Stellvertretend für alle Mitarbeiter der Forstämter, die in die Projekte eingebunden waren, gilt den Leitern der Forstämter Hermeskeil und Schaidt, den Herren B. MÜHLHAUS und K. BOHLANDER, sowie den Forstamtsleitern der Forstämter Winnweiler und Hochspeyer, den Herren T. VOLL und A. MÜLLER, unser besonderer Dank.

Herrn Dr. B. METZLER von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg i.Br., ist für die mykologischen Untersuchungen bei der Kiefer zu danken.

Für die umfangreichen Meß- und Schreibarbeiten ist den Mitarbeiterinnen der Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstnutzung, Frau LEMMEN und Frau SCHWARZ zu danken. Tatkräftige Unterstützung haben wir von zahlreichen studentischen Hilfskräften erfahren. In diesem Zusammenhang ist nochmals Herr A. PADBERG zu nennen, der eine erste Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zu den Baumarten Fichte und Kiefer gefertigt hat.

Trippstadt, im November 1997

M. Bücking E. Eisenbarth M. Jochum

INHALTSVERZEICHNIS/ *Contents*

	Seite
Zusammenfassung/ Schlüsselwörter	**i**
Summary/ Keywords	**iv**
KAPITEL I/ *Chapter I*	
Lebendlagerung von Fichte und Kiefer – Ein zusammenfassender Literaturüberblick *Live-storage of Norway spruce and Scots pine - A summarizing literature synopsis* *(E. Eisenbarth, A. Padberg)*	**1**
KAPITEL II/ *Chapter II*	
Untersuchungen zur Lebendlagerung von Fichten – und Kiefern-Stammholz *Investigations on the live-storage of Norway spruce timber and Scots pine timber* *(E. Eisenbarth, M. Bücking, M. Jochum unter Mitarbeit von A. Padberg)*	**19**
Abschnitt 1/ *Section 1*	
Fichten – Stammholz **- Versuchsmethodik, Ergebnisse und Diskussion -** *Norway spruce timber* *- Methodology of the experiment, results and discussion -*	**19**
Abschnitt 2/ *Section 2*	
Kiefern – Stammholz **- Versuchsmethodik, Ergebnisse und Diskussion -** *Scots pine timber* *- Methodology of the experiment, results and discussion -*	**59**
Abschnitt 3/ *Section 3*	
Wertung der Ergebnisse, Schlußfolgerungen und Zusammenfassung *Evaluation of the results, conclusions and summary*	**85**

KAPITEL III/ *Chapter III*

Orientierende Untersuchungen zur Schnittholzqualität lebendgelagerten Douglasienholzes 97
Orienting investigations on the quality of live-storaged Douglas-fir timber

(M. Bücking, E. Eisenbarth, M. Jochum)

KAPITEL IV/ *Chapter IV*

Untersuchungen über die Schnittholzqualität lebendgelagerten Eichen-Sturmwurfholzes 113
Investigations on the quality of live-storaged oak saw logs after storm damages

(M. Jochum, M. Bücking, E. Eisenbarth)

GESAMTLITERATURVERZEICHNIS/ *Literature* 141

Schlüsselwörter: Holzfeuchte, Holzlagerung, Holzqualität, Holzverfärbungen, Insektenbefall, Lagerschäden, Lebendlagerung, Parkett, Schnittholz, Sturmwurf

Zusammenfassung

Die Stürme des Frühjahres 1990 bewirkten den größten Windwurf in Mitteleuropa, insbesondere auch in Rheinland-Pfalz, seit Beginn einer geordneten Forstwirtschaft. Herkömmliche Aufarbeitungs- und Lagerungsmethoden reichten zur Bewältigung dieser Katastrophe nicht mehr aus, weshalb die Entwicklung alternativer Holzlagerungsmethoden initiiert wurde.

Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz untersuchte Methoden der Lebendlagerung windgeworfenen Holzes als eine Möglichkeit, Holz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche über einen längeren Zeitraum lagern zu können.

Lebendlagerung ist die Lagerung windgeworfener Bäume in unveränderter Position, ohne die Trennung der Stämme vom Wurzelballen.

Die Ergebnisse der Lebendlagerungsuntersuchungen an Stammholz der drei Nadelbaumarten sowie der Eiche werden in dieser Veröffentlichung vorgestellt.

Kapitel 1 ist ein zusammenfassender Literaturüberblick, der den gegenwärtigen Stand der Kenntnisse bezüglich der Lebendlagerung der genannten Baumarten sowie über damit in Beziehung stehender, holzzerstörender Insekten, Bakterien und Pilze und ihrer Auswirkungen auf die Holzqualität darstellt.

Die Abschnitte 1 und 2 des zweiten Kapitels beschreiben die Versuchsmethodik, die daraus resultierenden Ergebnisse und ihrer Diskussion bezüglich der Lebendlagerung von windgeworfenen Fichten- und Kiefernstammholz. Die Untersuchungen umfaßten 4 Varianten, jeweils getrennt nach einem frischen und einem trockenen Standort. Zwei Formen des Windwurfs wurden untersucht: (1) flächiger Windwurf ohne Überschirmung der geworfenen Bäume und (2) Einzelbaumwürfe in ansonsten stehenden Beständen mit eindeutiger Überschirmung. Konventionell aufgearbeitetes und gelagertes Holz an der

Waldstraße sowie frisch eingeschlagenes Holz aus benachbarten Beständen diente bezüglich der Holzqualitätsentwicklung des lebendgelagerten Holzes als Vergleichsstandards. Das primäre Ziel der Studien war die Untersuchung der Holzqualität am Beispiel von Schnitthölzern (Bretter, Bohlen etc.). 289 Fichtenstämme sowie 256 Kiefernstämme wurden zu Abschnitten und daraus folgend zu Brettern an zwei Einschnittszeitpunkten (Oktober 1990, nach einer Lagerungszeit von 6 Monaten; Oktober 1991, nach einer Lagerungszeit von 18 Monaten) zur Ermittlung der Holzqualität eingeschnitten. Die Feststellung der Holzqualität orientierte sich an den Kriterien der DIN 68365, mittels derer die Einflußfaktoren der Lagerung auf die Holzqualität von jenen Faktoren, die unabhängig von der Lagerung auftraten, getrennt werden konnten. Die Einflüsse der Lebendlagerung auf die Holzqualität konnten festgestellt und quantifiziert werden. Weiterführende Detailuntersuchungen befaßten sich beispielsweise mit der Ermittlung der Spintholzfeuchte im Zeitverlauf der Lagerung und der Ermittlung des Auftretens holzzerstörender Organismen.

Nach einer Lagerungsperiode von 6 Monaten konnten annähernd 100 % des **Fichten**schnittholzes in die beiden höchsten Qualitätsstufen einsortiert werden. 12 Monate später war dies lediglich noch bei 35 bis 65 % des Schnittholzes möglich. Die Splintholzfeuchte sank während der gesamten Lagerungsperiode von 18 Monaten kontinuierlich; auf dem trockenen Standort konnten um 20 % niedrigere Feuchtigkeitswerte als auf dem frischen Standort festgestellt werden. Hauptsächlich auftretende Insektenarten waren: *Ips typographus L., Pityogenes chalcographus L., Trypodendron lineatum Ol.* und Arten von *Tetropium spec.* Die von diesen ausgehenden Schadwirkungen auf die Holzqualität waren unterschiedlich; jedoch lediglich *Tetropium spec.* bewirkte technisch relevante Holzschäden.

Bläue war der wesentlichste Fehler des **Kiefern**schnittholzes. Nach einer Lagerungszeit von 18 Monaten konnte an 94 bis 100 % des lebendgelagerten Kiefernholzes Bläue festgestellt werden. Dies betraf die Lagerungsvarianten auf dem frischen Standort. Nach der ersten Lagerungsperiode von 6 Monaten konnten am Kiefernholz keine holzzerstörenden Insekten gefunden werden. Nach 18 Monaten jedoch zeigten nahezu 50 % der eingeschnittenen Bretter einen Befall durch *Cerambiciden* und 21 bis 27 % der Bretter wiesen Schäden durch *Trypodendron lineatum Ol* auf. Die Verhältnisse der gemessenen Splintfeuchtigkeiten zwischen den beiden Standortsvarianten waren in etwa dieselben wie bei Fichte.

Schlußfolgerungen der Lebendlagerungsuntersuchungen von Fichten- und Kiefernstammholz werden im dritten Abschnitt des zweiten Kapitels präsentiert. Die Ergebnisse erlauben die Annahme, daß die Lebendlagerung von windgeworfenem Holz der genannten Baumarten eine Möglichkeit der Lagerung für die Praxis darstellt. Lebendlagerung über den Zeitraum einer Vegetationsperiode kann eine sinnvolle und ökonomische Alternative zur herkömmlichen Lagerung in Haufenpoltern sein, bei gleichzeitiger Erhaltung der Holzqualität.

Die Ergebnisse einer orientierenden Untersuchung über die Qualität lebendgelagerten Douglasienholzes werden in Kapitel 3 beschrieben. Das untersuchte, schwachdimensionierte Durchforstungsholz, aufgearbeitet von einem Vollernter, lagerte 5 Jahre auf der Bestandesfläche. 2,37 m^3 Douglasienholz wurde zu 212 Brettern eingeschnitten. Davon wiesen lediglich 12 Bretter oder 5,7 % erkennbare Lagerungsschäden auf. Somit scheint auch hier die Schlußfolgerung zulässig, daß im Falle eines Windwurfs Lebendlagerung von Douglasienholz ein gangbarer Weg ist, der die Qualität des Holzes weitgehend erhält.

Abschließend werden die Ergebnisse der Lebendlagerungsuntersuchung von Eichenholz in Kapitel 4 dargestellt. Zwei Lebendlagerungsvarianten analog zum Vorgehen bei Fichte und Kiefer wurden untersucht und mit herkömmlicher Lagerung im Haufenpolter an der Waldstraße sowie frisch eingeschlagenem Eichenholz verglichen. Das Holz wurde zu Rohfriesen eingeschnitten und darauf folgend zu Parkett weiterverarbeitet. An diesen Produktionsstufen bzw. Produkten wurde die Qualität des lebendgelagerten Holzes angesprochen, orientiert an der DIN 68283 (Rohfriesen; 2 Qualitätsklassen) und der DIN 280 (Parkett; 3 Qualitätsklassen). Die Untersuchung umfaßte 2 Lagerungszeiträume, zum einen einen Lagerungszeitraum von einem Jahr und zum zweiten einen Lagerungszeitraum von 5 Jahren. Die Qualitätsergebnisse nach einem Lagerungszeitraum von 5 Jahren zeigten, daß die meisten Parkettstäbe, produziert aus 44 m^3 lebendgelagerten Rundholzes, eine befriedigende Qualität aufwiesen und eine ebensolche Klassifikation zuließen. Die Parkettausbeute aus frisch geschlagenem Eichenholz war nur unwesentlich höher als die Ausbeute des Holzes der Lebendlagerungsvarianten. Die ermittelten Ergebnisse der Untersuchung erlauben die Schlußfolgerung, daß die Lebendlagerung von windgeworfenem Eichenholz eine sinnvolle Methode zur Erhaltung der Holzqualität und somit des Wertes von Eichenstämmen, auch über einen Zeitraum von 5 Jahren, ist.

Keywords: infestations of insects, live-storage, parquet, sawn timber, storage damages, storm-throw, timber discolouration, timber moisture, timber quality, timber storage

Summary

The storms of spring 1990 resulted in the largest windthrow of forest trees in Central Europe, particularly in Rhineland-Palatinate, since the beginning of regulated forestry. As conventional methods did not turn out to be efficient for storing the amount of downed wood, specific research was initiated to develop alternative storage methods.

The Forest Research Institute of Rhineland-Palatinate investigated methods on the live-storage of windthrown timber as one of the possibilities to store wood of the tree species Norway spruce, Scots pine, Douglas-fir and oak.

Live-storage is the storage of downed trees in the position they fell without separating the trunk from its associated stock.

The results of the investigations on live-storage of the three needle tree species and oak are presented in this publication.

Chapter I gives a summarizing literature synopsis which shows the current state of knowledge on live-storage of the four tree species mentioned above, furthermore on wood-destroying insects, wood-attacking bacteria and fungi, and their effects on timber quality.

The sections 1 and 2 of the second Chapter describe the methodology of the experiments, the results obtained and the discussion concerning live-storage of Norway spruce and Scots pine windthrown timber. The investigations included four variants, each on a dry site and a humid site. Two kinds of windthrow patterns were studied:
(1) Large-scale areal storm throw without canopy cover and (2) single tree windthrow with a unequivocal overstory.
Wood from conventional storage at the logging road and freshly cut wood were used for comparison of wood quality.
The main objective of the studies was the evaluation of lumber quality. 289 stems of

Norway spruce and 256 stems of Scots pine were cut into logs and boards during two cutting times (*i.e. October 1990, after a storage time of six months and October 1991, after a storage time of 18 months*) for analyzing the quality. The evaluation of the lumber quality followed the criterions of DIN 68365, which allowed the discrimination of factors that are results of storage and factors that are independent of storage. The impacts of storage on wood quality could be identified and quantified. Furthermore detailed studies investigated the deterioration of lumber quality during storage, for example by measuring the sapwood moisture and presence of wood-destroying organisms.

After a storage period of six months, almost 100% of the Norway spruce lumber could be graded in the two highest quality classes. 12 months later, only 35-65% could be graded in these classes. The sapwood moisture decreased during the whole storage period of 18 months; on the dry site a value was observed that was 20% lower than on the humid site. Three insect species (*Ips typographus L., Pityogenes chalcographus L., Trypodendron lineatum Ol.*) as well as some differing species of *Tetropium* were found that occurred predominantly as pests.

The wood-destroying effects of these insects were different, but only *Tetropium spec.* brought about damages which were technically significant.

Infection by fungi that cause blue-stain was the main fault of the Scots pine lumber quality. After a storage period of 18 months, most of the live-storaged timber (94-100%) was captured on the humid site variants. During the first storage period of 6 months, no wood-destroying insects were found on the live-storaged timber, but after 18 months, at the time of the second cut, almost 50% of the boards of the live-storaged variants were infected by *Cerambicidae* and 21-27 % by *Trypodendron lineatum L.* The relations of the sapwood moisture between the variants of the two sites were the same as the results that were obtained for Norway spruce.

Some conclusions for the live-storage investigation of Norway spruce and Scots pine wood are presented in section three of Chapter II. The results of the study suggest a strategy for live-storage of windthrown wood from Norway spruce and Scots pine, that is useful in practice. Live-storage over one vegetation season can be recommended as a useful and an economical alternative to conventional storage by simultaneously conserving the timber quality.

The results of an orienting investigation on the quality of live-storaged Douglas-fir timber are given in Chapter III. The investigated small-sized timber was stored for five years in the forest, before it was harvested by fully mechanised harvesting system after that period. 2,73 m^3 of the Douglas-fir timber was sawn into 212 boards. Only 12 boards or 5,7% showed damages arising from live-storage. So the conclusions are identical to the statements that are given for Norway spruce and Scots pine in the previous chapter.

Concludingly, the results of the live-storaged oak timber is described in Chapter IV. Two live-storage variants, analogously to the variants of Norway spruce and Scots pine, were compared with convential storage at the logging road and fresh cut of oak timber.
The timber was sawn into raw-freezes of parquet floorings, and therefore the quality of storaged timber was evaluated by classifying the raw-freezes according to the DIN 68283 (2 quality classes) and the parquet according to the DIN 280 (3 quality classes). Two live-storage periods were investigated. A first period for one year, and a second period, for five years. The quality results after a storage-time of five years show that most parquets, produced of 44 m^3 live-storaged roundwood, had a satisfactory quality and classification. The parquet yield of freshly cut oak was only insignificantly higher than yields obtained for the live-storaged variants.
The given results of the investigation allow the conclusion that live-storage is a useful method for the conservation of windthrown oak timber by simultaneously maintaining the timber value.

KAPITEL I/ *Chapter I*

Lebendlagerung von Fichte und Kiefer – Ein zusammenfassender Literaturüberblick

Live-storage of Norway spruce and Scots pine - A summarizing literature synopsis

(E. Eisenbarth, A. Padberg)

INHALTSÜBERSICHT

Seite

1. Einleitung 5

2. Ursachen für Wertverluste von Sturmwurfholz - gegenwärtiger Kenntnisstand 7

2.1 Holzverfärbende und holzzerstörende Bakterien und Pilze 7

2.2 Insekten 10

2.2.1 Disposition des Sturmwurfholzes für Insektenbefall 10

2.2.2 Durch Insekten verursachte Schäden in der Forstwirtschaft 11

2.3 Abiotische Verfärbungen 13

2.4 Zeitpunkt des Holzanfalls 13

2.5 Rißbildungen 13

3. Erfahrungen mit der Lebendlagerung nach der Literatur 14

3.1 Fichte 14

3.2 Kiefer 16

Literaturverzeichnis (siehe Gesamtliteraturverzeichnis)

Abbildungsverzeichnis **17**

1. Einleitung

Die Orkane, die Mitteleuropa im Frühjahr des Jahres 1990 überzogen und allein in Deutschland ca. 72,5 Millionen Festmeter Schadholz anfallen ließen, erforderten außergewöhnliche Anstrengungen zur qualitätserhaltenden Lagerung des Sturmwurfholzes.

Am schwersten vom Sturm getroffen wurden die Nadelbaumarten und hier besonders die Fichte. In Rheinland-Pfalz fielen 14,3 Millionen Festmeter Sturmholz an, wovon der Anteil der Fichte mit rund 11,8 Millionen Festmetern 82 % der Gesamtwindwurfmenge betrug, was dem 8,5fachen des normalen jährlichen Einschlags entspricht.

Die Schadensschwerpunkte lagen in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen und Rheinland-Pfalz. Die Verteilung der Schadholzmengen auf die Forstämter in Rheinland-Pfalz stellt Abbildung 1 auf der folgenden Seite dar.

Unter normalen Verhältnissen ist die Forstwirtschaft in der Lage, sich der wechselnden Nachfrage auf dem Holzmarkt durch Reduzierung oder Erhöhung der Einschlagsmengen anzupassen. In der Vergangenheit führten jedoch Sturmkatastrophen, aber auch Schneebruch und Zwangseinschläge infolge Insektenkalamitäten und nach Waldbränden, wiederholt zu einem Überangebot an Rohholz (ROTTMANN, 1986). Bei regional begrenztem Schadholzanfall kann der Markt vor allem durch Reduktion des laufenden und geplanten Einschlages entlastet werden.

Bei größeren Schadereignissen ist der überwiegende Teil des zusätzlich angefallenen Holzes ohne erhebliche Preiszugeständnisse nur im Laufe mehrerer Jahre absetzbar. Hier kommt einer sachgerechten Lagerung zur Qualitätserhaltung als zusätzlicher Strategie ein hoher Stellenwert zu. Sie dient nicht nur der Stützung des Holzpreises, sondern stellt darüber hinaus kurzfristig die Versorgung der heimischen Holzindustrie sicher.

Die Betrachtung zurückliegender Sturmkatastrophen, insbesondere die von 1972 in Niedersachsen, hat gezeigt, daß bei sachgemäßer Vorgehensweise eine mittel- bis längerfristige Holzlagerung ein erprobtes Instrument zur Qualitätssicherung des Rundholzes darstellt (ARNOLD et al., 1976 und 1977).

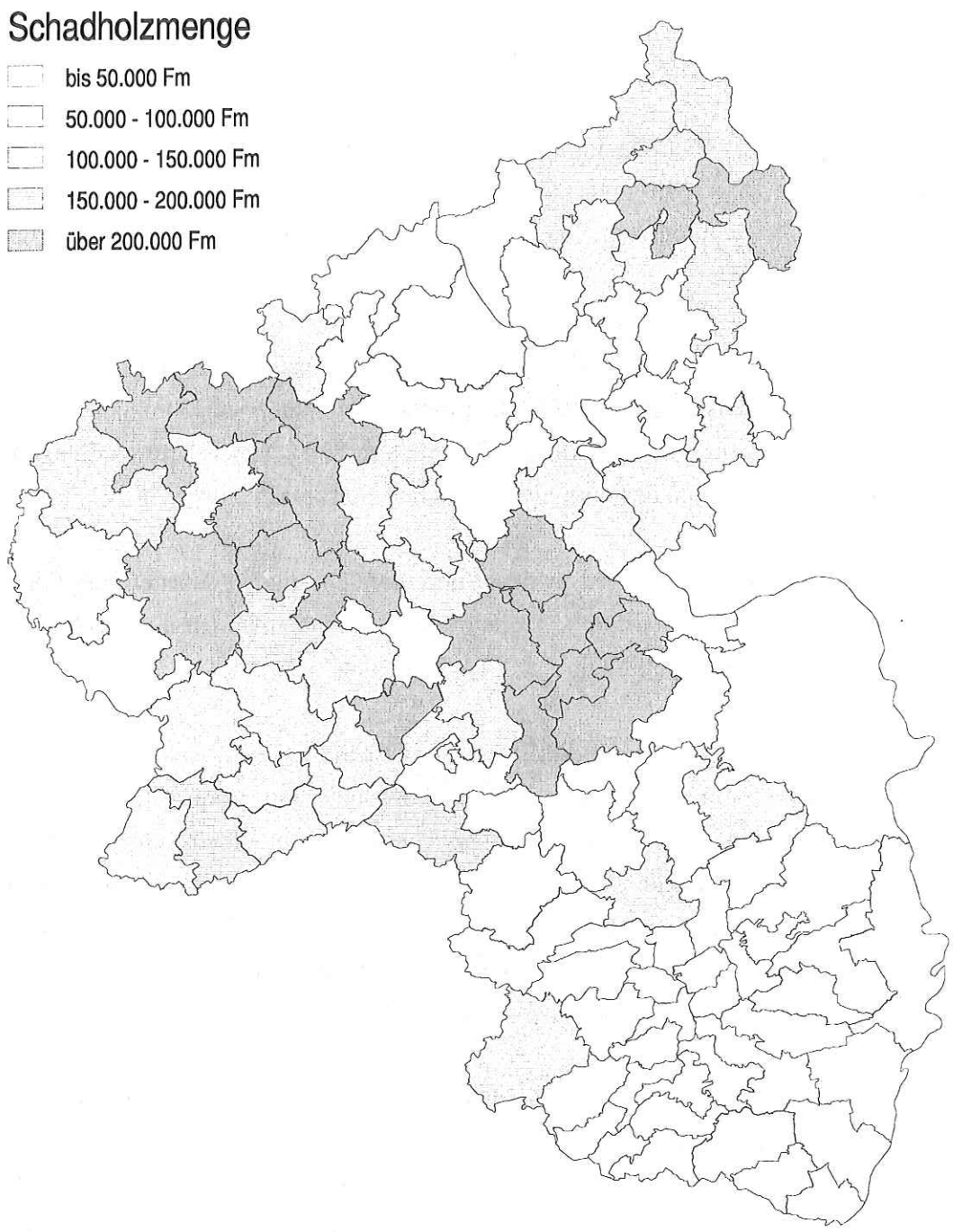


Abb. 1.: Sturmschäden 1990 in Rheinland-Pfalz. Darstellung der Schadholzmengen der Forstämter in Festmetern.

Ziel der üblichen Lagerverfahren für Rundholz ist es, die für einen Befall durch holzzerstörende bzw. -entwertende Pilze und Insekten kritische Holzfeuchte möglichst schnell zu unterschreiten (Trockenlagerung) oder aber so lange wie möglich darüber zu bleiben (Naßlagerung als Beregnung oder Teichlagerung) (PLATZER und V. STACKELBERG, 1972; BUES, 1987; DELORME und RIPKEN, 1987; FRONIUS, 1990;

INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN, 1990; PEEK, 1990 a und b und HEUSER, 1991).

Der Erfolg dieser Verfahren hängt entscheidend von einer möglichst zeitnahen Aufarbeitung des Sturmholzes vor der Einlagerung ab. Bei sehr großem Holzanfall ist eine zügige Einlagerung aber selbst bei Intensivierung des vorhandenen Arbeitskräfte- und Maschinenpotentials nicht immer möglich. Auch müssen Lagerkapazitäten im erforderlichen Ausmaß oftmals erst geschaffen werden.

Erfahrungen aus der forstlichen Praxis zeigen, daß die Wasser- und Nährstoffversorgung von geworfenen Bäumen über den verbliebenen Wurzelkontakt in der Regel ausreicht, um sie eine gewisse Zeit am Leben zu erhalten. Diese bislang vorwiegend in der Praxis gesammelten Erfahrungen sollten im Rahmen der in den folgenden Kapiteln dargestellten Untersuchungen systematisch untersucht und daraus Empfehlungen für die forstliche Praxis abgeleitet werden. Neue Erkenntnisse über die Lagerfähigkeit von sturmgeworfenem, nicht aufgearbeitetem Holz könnten zu weiteren Handlungsstrategien führen und die Aufarbeitung des Sturmwurfholzes entzerren, solange keine größeren Wertverluste zu erwarten sind.

2. Ursachen für Wertverluste von Sturmwurfholz – gegenwärtiger Kenntnisstand

2.1 Holzverfärbende und holzzerstörende Bakterien und Pilze

Bakterien sind vor allem bei wassergelagertem Nadelholz von Bedeutung. Sie besiedeln nach relativ kurzer Zeit den Splint und bauen die Tüpfelmembranen der Tracheiden ab (COURTOIS, 1966; LIESE und KARNOP, 1968; v. AUFSESS und v. PECHMANN, 1970; LIESE und KARSTEDT, 1971; ADOLF et al., 1972; KNIGGE, 1973). Das Holz wird hierdurch poröser. Bei späterer Oberflächenbehandlung nimmt es vielfach mehr Schutz- und Farbstoffe auf als erwünscht (HOF, 1971; WILLEITNER, 1971). Mit längerfristiger Wasserlagerung kann darüber hinaus eine Abnahme der Biegefestigkeit um ca. 20 % verbunden sein (ADOLF et al. 1972, GRAMMEL et al., 1990).

Pilzwachstum ist bei im Wald gelagertem Holz in den ersten Wochen nach der Fällung wegen der hohen Holzfeuchtigkeit und des dadurch bedingten relativen Sauerstoffmangels noch nicht nachzuweisen (v. PECHMANN et al., 1967). Bereits vier bis sechs Wochen später stellen sich mit zunehmendem Sauerstoffgehalt im Leitsystem, bei gleichzeitig abnehmender Holzfeuchte als Erstbesiedler verschiedene Ascomyceten, insbesondere Bläue- und Schimmelpilze ein. Dazu kommen Rotstreifepilze, die im

weiteren Verlauf zunehmend an Bedeutung gewinnen. Braunfäulepilze, z.B. *Lenzites*-Arten, treten erst in einem späteren Abbaustadium auf (v. PECHMANN et al., 1967).

Die durch Bläuepilze hervorgerufenen bläulichen bis grauschwarzen Flecken reichen im Unterschied zur Kiefer bei der Fichte meist nur wenige Zentimeter in den Holzmantel hinein (v. PECHMANN et al., 1964; AMMER, 1966). Ihre häufigsten Vertreter sind *Ceratocystis*-Arten (Ascomyceten), unter denen *Ceratocystis piceae (Münch)* am meisten auftritt (BUTIN, 1983; SAUR et al., 1986). V. PECHMANN et al. konnten 1964 in Süddeutschland mindestens 23 verschiedene Pilzarten als Verursacher von Luftbläue bei Kiefernholz nachweisen. Die Hyphen der meisten Bläuepilze ernähren sich von den Inhaltsstoffen der Markstrahlen und durchdringen nur vereinzelt Tüpfel und Zellwände (LIESE und SCHMID, 1961). Nur einige Arten sind in der Lage, die Festigkeitseigenschaften des Holzes merklich zu verringern (v. PECHMANN et al., 1964). Somit stellt die Bläue im wesentlichen einen Farbfehler dar, der allerdings die Verwendungsmöglichkeit des Holzes einschränkt. Bläue kann bei der Sortierung eine Wertminderung bis zu zwei Güteklassen bewirken.

Die Rotstreifigkeit ist nach v. AUFSESS (1965) der häufigste und wirtschaftlich bedeutendste Farbfehler an lagerndem Fichtenholz. Die rötlich-braune Verfärbung des Holzes wird in der Regel durch mehrere Pilzarten, insbesondere der Gattung *Stereum* (Basidiomyceten), erzeugt (v. AUFSESS, 1965; v. PECHMANN et al., 1967). Die häufigsten Vertreter sind -mit örtlich wechselndem Anteil- *Stereum sanguinolentum (Alb. & Schw. ex Fr.) Fr.* und *Stereum areolatum Fr.* Die einzelnen Pilzarten verursachen Farbveränderungen, die sich nach Farbton, Intensität und Ausdehnung unterscheiden: kräftig braunrote bis violettbraune Farbtöne gehen zumeist auf *Stereum*-Arten zurück. Dabei sind die Verfärbungen keineswegs immer streifig. In berindeten, feuchteren Stammabschnitten können sie sich über größere, zusammenhängende Bereiche erstrecken (KREMPL und HUDECZEK, 1966; v. PECHMANN et al., 1967).

Die wichtigsten und häufigsten Rotstreifepilze gehören zu den langsam wachsenden Weißfäuleerregern, und nicht, wie man aufgrund der dunklen Farbänderung vermuten könnte, zu den Holzzerstörern der Braunfäulegruppe. Trotzdem verursachen sie bei längerem Befall häufig lichtmikroskopisch erkennbare Zellwandauflösungen, die so zu einem teilweise beträchtlichen Masse- und Festigkeitsverlust führen. Daher handelt es sich bei der Rotstreifigkeit nach v. PECHMANN et al. (1967) "nicht allein um eine zwar wertmindernde, insgesamt aber unbedeutende farbliche Veränderung des Holzes .., sondern .. sie (stellt) den Beginn einer wohl langsam fortschreitenden, aber gefährlichen Holzzerstörung (dar)". Innerhalb des Zeitraumes, in dem eingeschlagenes Holz bis zu

seiner Bearbeitung üblicherweise gelagert wird, bleiben die Zerstörungen -abgesehen von der Farbveränderung- aber noch geringfügig.

Das Pilzwachstum ist vor allem von der Temperatur und der Substratfeuchte abhängig (KNOPF, 1962; AMMER, 1963, 1964 a und b; ZYCHA und KNOPF, 1963; KREMPL und HUDECZEK, 1966; v. PECHMANN, 1966, 1967; v. PECHMANN et al., 1967).

Pilze befallen Holz innerhalb eines sehr weiten Temperaturbereiches. Ein sehr langsames Wachstum ist schon bei Temperaturen nahe dem Gefrierpunkt möglich. Optimale Lebensbedingungen bestehen bei 20 bis 30 Grad Celsius.

Entscheidenden Einfluß auf die Pilzentwicklung hat die Holzfeuchte, somit auch die örtlichen klimatischen Verhältnisse, insbesondere das Kleinklima des Lagerungsortes. Dabei zeigen die einzelnen Rotstreifepilze verschiedene Feuchtigkeitsansprüche, bevorzugen aber insgesamt ein recht feuchtes Substrat. Die höchsten Abbauwerte liegen nach Untersuchungen von AMMER (1963) z. B. für *Stereum sanguinolentum (Alb. & Schw. ex Fr.) Fr.* bei einer Holzfeuchtigkeit zwischen 50 bis 120 % atro. Dieser Pilz wurde aber auch schon bei Holzfeuchten von über 160 % gefunden. Das Wachstum anderer Pilzarten, vor allem *Hypholoma fasciculare*, wird durch sehr hohe Feuchtigkeiten bis über 200 % sogar angeregt. Unterhalb des Fasersättigungsbereichs, der einem Wassergehalt von ca. 30 % entspricht, findet kein Pilzwachstum mehr statt, auch schon nahe dieser Wachstumsgrenze ist die Vitalität der Pilze stark eingeschränkt.

Die Feuchtigkeitsspanne der Bläuepilze ist wesentlich größer. Nach SAUR et al. (1986) beginnt "die Verblauungsfähigkeit ... knapp unterhalb des maximalen Wassergehalts und bleibt mit abnehmender Feuchte bis zum Bereich der Fasersättigung erhalten".

Abbildung 2 faßt die zeitliche Abfolge der Infektion und die Feuchteoptima verschiedener Schadorganismen zusammen. Die Feuchtigkeitsspanne, innerhalb derer das Holz bevorzugt von Pilzarten besiedelt wird, deckt sich weitgehend mit den Feuchteoptima der Insekten. Innerhalb der dargestellten Feuchtigkeitsbereiche finden die jeweiligen Erregergruppen optimale Lebensbedingungen. Ein Befall ist aber auch bei höheren Holzfeuchten möglich.

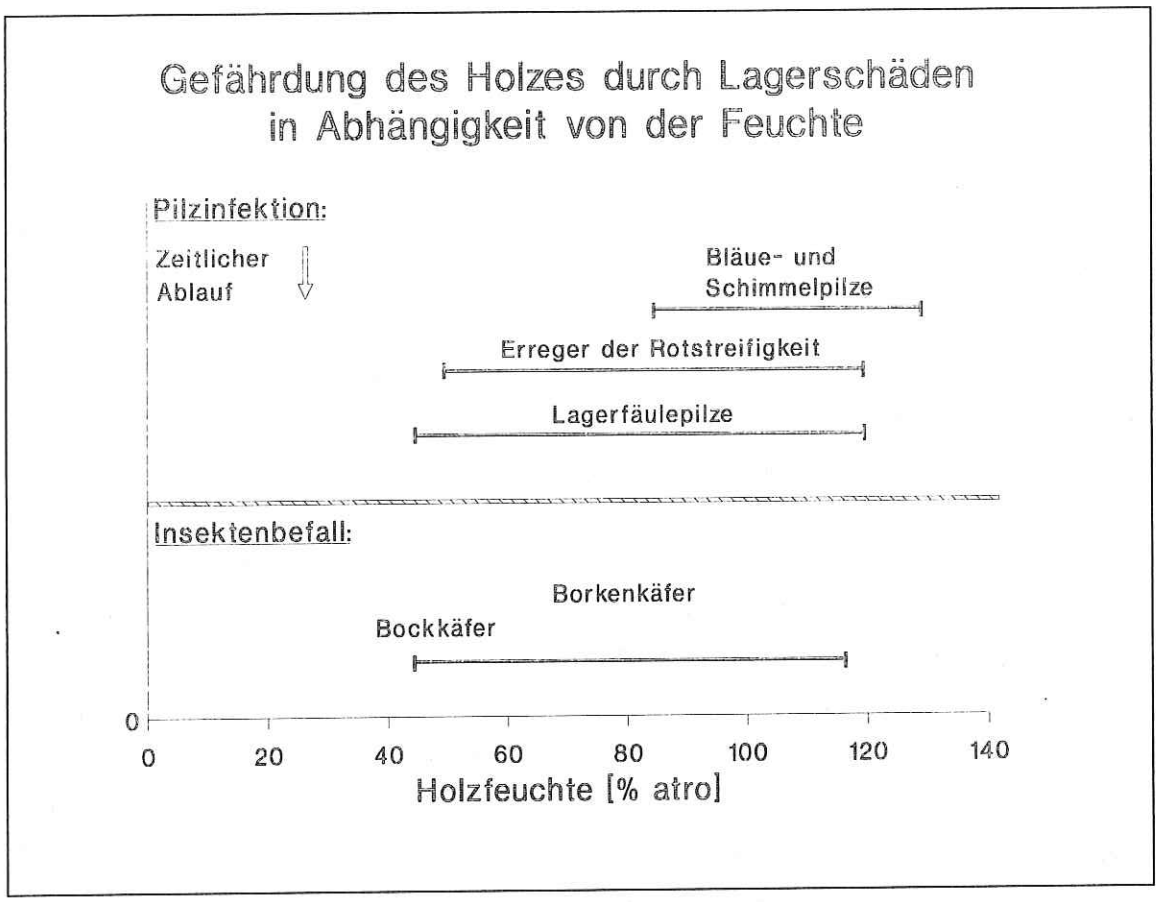


Abb. 2: Gefährdung des Holzes durch Pilz- und Insektenbefall in Abhängigkeit von der Holzfeuchte. (verändert nach HEUSER, 1991).

2.2 Insekten

2.2.1 Disposition des Sturmwurfholzes für Insektenbefall

Ein erfolgreicher Käferbefall vom Sturmwurfholz wird entscheidend beeinflußt durch den Zeitpunkt des Sturmwurfes, die Splintholzfeuchte des Sturmwurfholzes, den Witterungsverlauf, die vorhandene Populationsdichte der Schadinsekten und die Art des Sturmschadens.

Wie bereits RATZEBURG 1839 erwähnte, wird Holz aus Wintereinschlag gegenüber Holz des Frühjahrseinschlages von *Trypodendron lineatum* stärker befallen. Eine entscheidende Rolle scheinen dabei die Austrocknungsgeschwindigkeit sowie die Gleichmäßigkeit der Austrocknung zu spielen. Im Frühjahr eingeschlagene Hölzer trocknen etwa doppelt so schnell aus, wie solche aus Herbst- und Winterfällung (KNUCHEL und GÄUMANN, 1930; KNELL, 1968). Die ungleichmäßige und rasche Austrocknung der Stämme während der Brutentwicklung wirkt sich für die Borkenkäfer nachteilig aus.

Mit schneller Feuchtigkeitsabnahme scheint auch die Äthanolbildung nicht optimal zu verlaufen (KLIMETZEK, 1984).

Bei einer Holzfeuchte über 110 % atro wird die Käfergefahr im allgemeinen als gering eingeschätzt (HEUSER, 1991). Bei reduzierter physiologischer Holzfeuchte (Wassermangel) ist der Harzdruck gering und die Produktion und Verfügbarkeit der Monoterpene herabgesetzt, mit denen Nadelbäume Käfer- und Pilzbefall abwehren (KLIMETZEK und VITÉ, 1989). Nach v. AUFSESS (1974) sollte der für einen Käferbefall kritische, halbfeuchte Zustand des Holzes während der Flugzeit der Käfer möglichst vermieden werden.

Der Witterungsverlauf sowie der Käfergrundbestand sind weitere entscheidende Parameter für die Entwicklung der Käfer. Prinzipiell kann gesagt werden, daß die Entwicklung der Käferpopulation primär vom Witterungsverlauf abhängt (VITÉ, 1955; REINDL, 1991). So blieben beispielsweise durch den feucht-kühlen Sommer die im März 1966 in Oberschwaben geworfenen Sturmhölzer weitgehend befallsfrei (SCHÖNHERR und WELLENSTEIN, 1967).

Für die Befallsdisposition ist auch die Art des Sturmschadens von Bedeutung. Zunächst wird der Sturmbruch, später auch der Sturmwurf fängisch (VITÉ, 1955; SCHÖNHERR und WELLENSTEIN, 1967).

2.2.2 Durch Insekten verursachte Schäden in der Forstwirtschaft

Von allen Insektenordnungen sind die Käfer bezüglich der Zahl forstlich relevanter Arten am wichtigsten. Manche Arten treten als Nützlinge, andere Arten, vor allem nach Massenvermehrungen, als Schädlinge auf. In der vorliegenden Untersuchung traten als forstschädlich besonders Käferarten der Familien der Borkenkäfer (*Scolytidae*), Bockkäfer (*Cerambycidae*), Rüsselkäfer (*Curculionidae*) und Prachtkäfer (*Buprestidae*) hervor. Bei weiterer Austrocknung des Sturmholzes erfordern auch die Holzwespen (*Siricidae*) Beachtung.

Borkenkäfer unterscheidet man nach der Art des Schadens in Rinden- und Holzbrüter. Rindenbrüter befallen ihre Wirtsbäume innerhalb eines sehr weiten Feuchtigkeitsspektrums (Abb. 2). Sie legen ihre Brut zwischen Rinde und Holzkörper an und zerstören durch das Brutsystem und den Larvenfraß die Bastschicht. Der entstehende physiologische Schaden kann bei entsprechend starkem Befall zum Absterben der Bäume führen (SCHWERDTFEGER, 1981; KÖNIG, 1990a).

Schaden entsteht außerdem durch den Regenerations- und Reifefraß der Jungkäfer (Zuwachsverluste). Außerdem sind eine Reihe von Rindenbrütern mit Bläuepilzen vergesellschaftet und können durch das Verschleppen dieser Pilze wirtschaftlichen Schaden hervorrufen (v. PECHMANN, 1966; CHRISTIANSEN und HORNDTVEDT, 1983; KLIMETZEK und VITÉ, 1989).

Holzbrüter richten durch die Anlage des Brutsystems im Splintholz technische Schäden an. Darüber hinaus züchten sie als Nahrungsgrundlage für ihre Brut "Ambrosia-Pilze". Als "Pilzzüchter" benötigen sie zur erfolgreichen Brut bis in den Sommer hinein ähnlich hohe Holzfeuchten wie die *Stereum*-Arten (siehe Abb. 2) (JÄGER, 1969; SCHINDLER, 1973; KLIMETZEK, 1984). Diese "Ambrosia-Pilze" gehören im wesentlichen zur Ordnung der *Moniliales* und zur Gruppe der *Fungi imperfecti*. Sie entziehen dem Holz Nährstoffe und führen zu einer Schwarzfärbung der Fraßgänge.

Bockkäfer benötigen ebenfalls noch feuchtes Fraßmaterial (JÄGER, 1969). Ihre Larvengänge reichen meist mehrere Zentimeter ins Splintholz hinein und führen so zu erheblichem technologischen Schaden. Eine sorgfältige Trennung nach Arten ist notwendig, denn nicht alle Bockkäfer durchsetzen schon nach kurzer Zeit das Holz mit ihren Gängen. Manche nagen nur zur Verpuppung einen Hakengang in den Splint (z.B. *Caenoptera minor L.* = Kleiner Wespenbock) oder leben ausschließlich unter der Rinde (z.B. *Rhagium inquisitor L.* = Grauer Zangenbock) (SCHWERDTFEGER, 1981). Physiologische Schäden entstehen durch Kambial- bzw. durch Nadel-/Zweigfraß. Ein Verschleppen von Bläuepilzen ist ebenfalls möglich.

Rüsselkäfer richten vor allem Schäden durch den Käfer-Schartfraß an Nadeln und den Reifungs- und Ernährungsfraß an Ästen sowie Trieben an (Zuwachsverluste). Durch Bastfraß der Larven und Käfer können auch physiologische Schäden auftreten. Technischer Schaden entsteht bei der Verpuppung im Splint.

Prachtkäfer richten physiologische und technische Schäden an. Von forstlicher Bedeutung ist nur der Larvenfraß zwischen Bast und Splint; in letzterem erfolgt oberflächennah die Verpuppung. Wirtschaftliche Einbußen verursachen die Prachtkäfer durch stärkere Verblauung des befallenen Holzes.
Die Larvenentwicklung der Holzwespen führt ebenfalls zu technischem Schaden. Sie ist an eine niedrigere Holzfeuchte gebunden. Zudem können manche Arten bei der Eiablage den Rotstreifeerreger *Stereum sanguinolentum (Alb. & Schw. ex Fr.) Fr.* übertragen.

2.3 Abiotische Verfärbungen

In Rinde gelagertes Fichten- und auch Kiefernrundholz kann im Mantelbereich bräunliche Verfärbungen aufweisen, die in frühem Stadium einer Rotstreife und bei intensiverer Tönung sogar einer beginnenden Rotfäule ähneln (BAUCH, 1986; PEEK und LIESE, 1987). Die Verfärbungen werden bei der Fichte nach ADLER (1951) durch Inhaltsstoffe der Rinde (Flavotannine) verursacht, die unter Lichteinfluß stark dunkeln. Ihre Ausdehnung hängt bei wassergelagertem Fichtenholz von der Wassertemperatur und der Lagerungsdauer ab (TYDEN, 1956; zit. nach PEEK und LIESE, 1987). Eine Wertminderung tritt vor allem bei Verwendung des gelagerten Holzes für den Holzschliff ein (ADLER, 1951; DIETZ et al., 1976; PUTZ et al., 1986). Für die Schnittholzproduktion ist die braune Tönung des äußeren Splintholzes nicht von Bedeutung, da sie durch Besäumschnitt und Hobeln beseitigt wird.

2.4 Zeitpunkt des Holzanfalls

Der Einfluß des Einschlagszeitpunktes auf die Eigenschaften von Fichtenholz konnte schon 1930 von GÄUMANN und KNUCHEL nachgewiesen werden. Zwar bleiben Veränderungen im Stoffgehalt der Bäume ohne Auswirkungen auf die Holzqualität, die Infektionsbereitschaft des Holzes für einen Pilzangriff ist in den Wintermonaten aber am geringsten. Demgegenüber wird im Frühsommer gefälltes Holz am schnellsten durch Pilze zerstört (v. PECHMANN et al., 1967). Diese finden im eben erst gebildeten Frühholz optimale Entwicklungsbedingungen und können von dort aus auch das ältere Holz besiedeln (JÄGER, 1969). Der etwas höhere Proteingehalt während der Vegetationszeit fördert insbesondere einen Befall durch eiweißkonsumierende Bläuepilze (BOSSHARD, 1984). Darüber hinaus sind die Temperaturen während dieser Zeit besonders günstig. So wurde in Niedersachsen im Herbst nach dem Wintersturm von 1972 an zahlreichen Großpoltern Rotstreifigkeit beobachtet. Dieses Schadbild trat überwiegend an solchem Holz auf, das während der Saftzeit vom Stock getrennt worden war (ARNOLD et al., 1977).

2.5 Rißbildungen

Zu rasche Austrocknung führt bei gelagertem Holz zu Spannungen zwischen dem äußeren, wasserärmeren Mantel und dem inneren, feuchteren Kernbereich. Hierdurch entstehen Holzrisse, die das Holz zum einen unmittelbar entwerten und zum anderen zusätzliche Eingangspforten für Pilzinfektionen bieten.

3. Erfahrungen mit der Lebendlagerung nach der Literatur

Im folgenden wird die beschriebene und zu untersuchende Lagerungsform bei den Baumarten Fichte und Kiefer als Lebendlagerung bezeichnet.
Eine Herleitung und Definition des Begriffes findet sich bei EISENBARTH 1995.

3.1 Fichte

Schon VITÉ (1955) spricht von den Nachteilen einer vollständigen, routinemäßigen Aufarbeitung des Sturmholzes. Er stellt fest, daß im Winter geworfene Fichten normal ausgetrieben haben und noch lange Zeit grün geblieben sind. Nach seinen Untersuchungen weisen in der Vegetationszeit aufgearbeitete Schläge oft mehr bruttaugliches Material auf als liegengebliebene Windwurfflächen. Den Grund sieht er darin, daß die Aufarbeitung des Sturmholzes unter Zeitdruck vorgenommen wurde und es als Folge davon zur mangelhaften Räumung der Schläge komme. Sowohl einzelne Revierlagen, als auch die einzelnen Bäume innerhalb einer Sturmschadensfläche sind unterschiedlich für einen Käferbefall disponiert. Daher schlägt VITÉ außerhalb von Gradationen und bei ausreichender Kontrollmöglichkeit vor, für jedes Revier eine Prioritätenliste zu erstellen. Darin sollen Flächen ausgewiesen werden, die besonders dringlich aufgearbeitet werden müssen oder zunächst liegenbleiben können. Zuerst sollten schwer kontrollierbare Einzelwürfe und sonnenexponierte Flächenwürfe aufgearbeitet werden.

KUNZ (1961) beobachtete, daß in der Vegetationszeit geworfene Fichten aus dem Sturm vom 01.08.58 trotz Wurzelkontakt nach 11 Monaten vollständig abgestorben waren. Etwa 8 bis 9 Monate nach dem Sturmwurf, zu Beginn der Vegetationszeit des Folgejahres, Mitte März bis Mitte April 1959, konnten an den windgeworfenen Fichten Holzfeuchtewerte zwischen 130 und 145 % ermittelt werden. Bis Ende Juni sanken die Werte auf 60 - 70 %. Seiner Empfehlung nach sollte -im Hinblick auf eine mögliche Käfergradation- die Aufarbeitung von Sturmwurfholz aus Sommerstürmen nur dann in den nächsten Winter verlagert werden, wenn der Sturmwurf nach der letzten Flugzeit des Buchdruckers (Anfang August) eingetreten ist.

Im Winter geworfene Fichten zeigten, sofern der Saftstrom nicht unterbrochen war und sie wieder austrieben, nach 10 Monaten keinerlei Insektenbefall (DELORME und WUJCIAK, 1973). Drei Monate später waren aber auch von diesen zwei Drittel abgestorben, nach 17 Monaten alle. DELORME und WUJCIAK (1973) raten daher, die

Aufarbeitung auch bei Fichten aus Wintersturmwurf nicht länger als 10 bis 12 Monate hinauszuschieben.

KUNER (1967 a) berichtet, daß sich sämtliche Nadelhölzer aus den Sturmwürfen vom Frühjahr 1966, die nicht gebrochen waren, noch im März des Folgejahres als saftfrisch, unverfärbt und leicht entrindbar erwiesen. Lediglich schwaches Fichtenholz an Bestandesrändern oder alten Blößen ließ sich in einigen Fällen oberseits weniger gut entrinden. Forstschutzprobleme traten aufgrund des feucht-kühlen Sommers 1966 nicht auf. Diese Erfahrungen werden von STAUDENMANN (1968) bestätigt. Er schreibt in seinem Bericht von örtlich starkem Auftreten des Fichtenbocks, allerdings nur an angetrockneten Stammpartien.

Von der Sturmkatastrophe vom Februar/März 1990 liegen Untersuchungen aus Rheinland-Pfalz (LIESER UND PRÜM, 1990 a+b) und aus Bayern (INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN, 1990; HÜTTE, 1991) vor.

LIESER und PRÜM (1990 a+b) ermittelten die Splintholzfeuchte über die Bestimmung des Frisch- und Trockengewichts von Sägespänen unter Zuhilfenahme der für solche Zwecke von der Firma SARTORIUS, Göttingen entwickelten digitalen Feinwaage, Typ MA 30, an älteren sturmgeworfenen Fichten im Mai/Juni und im Juli nach dem Schadereignis. Die Splintholzfeuchte betrug nach 3 Monaten Lebendlagerung an 16 untersuchten Bäumen mehrheitlich um 120 %. Bereits eineinhalb Monate später zeigten sich deutliche Feuchteunterschiede in Abhängigkeit von Höhenstufe und Beschattung. Im Voll- und Halbschatten lagernde Fichten der montanen und submontanen Stufe wiesen im Splint einen Wassergehalt von 150 bis 180 % auf, in praller Sonne lagernde von 110 bis 150 % atro. In der kollinen Stufe fand sich eine deutliche Depression der Feuchtewerte und ein Feuchtigkeitsgefälle zwischen Krone und Stammfuß. Wie schon VITÉ (1955), KUNZ (1961), LIESE (1973 a+b) und SCHWERDTFEGER (1981) weisen auch LIESER und PRÜM (1990 a+b) auf die große Bedeutung des Wurzelballens hin: "Ein großer Wurzelteller mit viel anhaftendem Erdreich ist im Regelfall immer noch ein Garant für eine erhöhte Holzfeuchte". Die Aussagen von LIESER und PRÜM müssen aber vor dem Hintergrund des sehr geringen Stichprobenumfanges, der sich zudem auf verschiedene Varianten verteilte, gesehen werden. Der Stichprobenumfang der Untersuchung im Mai/Juni betrug 16 Bäume, die sich auf über 5 Varianten mit teilweise nur einem Individuum je Variante verteilt und 10 Bäume im Juli.

HÜTTE (1991) bestimmte wiederholt die Holzfeuchte von je 10 windgeworfenen Fichten auf 3 Versuchsflächen, die über unterschiedliche Restwurzelkontakte zum Erdreich

verfügten. Er fand während der Vegetationsperiode einen Rückgang der mittleren Holzfeuchtigkeiten in allen Splintholzzonen auf allen Versuchsflächen. Auch die mittlere Breite der Splintholzzonen verringerte sich bei allen Bäumen. Am geringsten trockneten die Fichten auf der tiefgründigen und stärker beschatteten Fläche aus. Die Austrocknung ging von der Wurzel zur Krone und vom Stamminneren unregelmäßig zur Peripherie hin. Bei Besonnung verlief sie auch von außen nach innen bzw. von der besonnten Seite zur Schattenseite hin. Im Winter zeigten die Versuchsstämme aller Flächen eine verminderte Fähigkeit zur Wiederauffüllung der Wasservorräte. Der Wurzelballen trägt seinen Beobachtungen zufolge zur Wasserversorgung des Stammes bei. Von größerer Bedeutung sei aber die Beschattung. Die Holzqualität nach einer Vegetationsperiode bezeichnet er als ausgesprochen gut. Nach 10 Monaten Lagerungsdauer waren lediglich 24 % der 119 untersuchten Bäume abgestorben. Pilzinfektionen traten bei einer Unterbrechung des geschlossenen Rindenmantels durch Wunden und Insektenlöcher auf. Ein Befall durch rindenbrütende Borkenkäfer wurde häufiger gefunden. Dagegen kamen holzbrütende Borkenkäfer nicht vor. Bockkäfer wurden nur vereinzelt beobachtet.

Das INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN (1990) beurteilt die Lebendlagerung von Fichte im Vergleich zu anderen Baumarten (Buche, Eiche und auch Kiefer) als riskanter. Bei mechanischen Beschädigungen vom Stamm oder Krone wird davon abgeraten. Die Lebendlagerung sei ohne größere Qualitätsverluste höchstens bis zum nächsten Winter durchführbar.

3.2 Kiefer

Zur Lebendlagerung der Kiefer liegen noch weniger Erkenntnisse als zur Fichte vor. Oftmals wird sie in der bereits zur Fichte erwähnten Literatur am Rande mit behandelt. So berichten BERNHART (1961), KUNZ (1961), KUNER (1967 a) und VENN und SPILLING (1972; zit. nach DELORME und WUJCIAK, 1973) übereinstimmend, daß Sturmwurfkiefern ohne gravierende Schäden bis zum nächsten Winter liegenbleiben können. Eine stärkere Verblauung trat nur ein, wenn es zu größeren mechanischen Beschädigungen an Stamm oder Krone kam, oder wenn Stammteile auf dem Boden auflagen. Bei herabgesetzter Vitalität ist ein Befall von Borkenkäfern (z.B. Waldgärtner) möglich, der zusätzlich zur Verblauung beiträgt. Das INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN (1990) und HEUSER (1991) beziffern die maximale Lagerungsdauer für lebendgelagertes Kiefernholz bis zum Eintreten größerer Schäden mit einem Jahr.

Abbildungsverzeichnis

Nr.	Abbildung	Seite
1	Sturmschäden 1990 in Rheinland-Pfalz. Darstellung der Schadholzmengen der Forstämter in Festmetern.	6
2	Gefährdung des Holzes durch Pilz- und Insektenbefall in Abhängigkeit von der Feuchte. Verändert nach HEUSER (1991).	10

KAPITEL II/ *Chapter II*

Untersuchungen zur Lebendlagerung von Fichten- und Kiefern-Stammholz

Investigations on the live-storage of Norway spruce timber and Scots pine timber

(E. Eisenbarth, M. Bücking, M. Jochum unter Mitarbeit von A. Padberg)

Abschnitt 1/ *Section 1*

Fichten– Stammholz
- Versuchsmethodik, Ergebnisse und Diskussion -

Norway spruce timber
- Methodology of the experiment, results and discussion -

INHALTSÜBERSICHT Seite

1. Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchungen **23**

2. Material und Methoden 24
2.1 Untersuchungsansatz und Versuchsaufbau 24
2.2 Untersuchungsgebiet 26
2.2.1 Versuchsflächen 26
2.3 Untersuchungsmaterial 27
2.4 Methoden 28
2.4.1 Einschnitt 28
1. Einschnitt im Oktober 1990 30
2. Einschnitt im Oktober 1991 31
2.4.2 Splintholzfeuchte 31
2.4.2.1 Grundlagen und Technik der Holzfeuchteermittlung 31
2.4.2.2 Erfassung der Holzfeuchte 33
2.4.3 Insektenbefall 34

3. Ergebnisse und Diskussion 35
3.1 Holzqualität 35
3.1.1 Stirnflächenbewertung der Sägeabschnitte 35
1) Bläue 36
2) Rotstreife 37
3) Risse 38
3.1.2 Schnittholzbewertung 38
3.2 Holzfeuchtemessungen 41
3.2.1 Entwicklung der Holzfeuchte im Zeitverlauf 41
1) Frischeinschlag 41
2) Lebendlagerung 43
3) Haufenpolter an der Waldstraße 44
3.2.2 Witterungseinflüsse 45
3.2.3 Verteilung der Holzfeuchte im Stamm 46
3.2.4 Korrelationen zwischen Baummerkmalen und der Holzfeuchte 48
3.3 Insektenbefall 50

Literaturverzeichnis (siehe Gesamtliteraturverzeichnis)

Tabellenverzeichnis **54**

Abbildungsverzeichnis **55**

Anhang **56**

1. Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchungen

Die vorhandene Literatur zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz zeigt, daß bis 1990 nur wenige Untersuchungen vorliegen, die wissenschaftlich fundierte Hinweise über die Qualitätsentwicklung lebendgelagerter Nadelbäume liefern.

Aufgrund des vergleichsweise geringen Kenntnisstandes zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz erschien es notwendig, unter Berücksichtigung bisheriger Erfahrungen, weitere Erkenntnisse zur Lebendlagerung bei Fichte, insbesondere zur Entwicklung der Schnittholzqualität, zu gewinnen, da eine zügige Aufarbeitung und Vermarktung der Sturmhölzer gerade bei der Baumart Fichte hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Arbeitskapazitäten nicht möglich und auch holzmarktstrategisch nicht sinnvoll war.

Die zentrale Frage, ob durch Lebendlagerung die Eignung von Fichten-Stammholz für die Schnittholzerzeugung erhalten werden kann, läßt sich folgendermaßen präzisieren:

1. Wie entwickeln sich die technologischen Schnittholzeigenschaften in Abhängigkeit von

- ⇨ der Lagerungsdauer
- ⇨ der Form der Lebendlagerung (Flächenwürfe ohne Beschattung, Einzelwürfe unter Schirm)
- ⇨ der Entwicklung der Holzfeuchte
- ⇨ dem Auftreten von Pilzen und Insekten im lebendgelagerten Rundholz?

2. Welche Ausbeuten an qualitativ hochwertiger Schneideware können bei Lebendlagerung von Fichten-Sturmwurfholz im Vergleich zur Trockenlagerung im Haufenpolter an der Waldstraße erwartet werden?

Die Entwicklung der Holzqualität sollte in erster Linie über periodische Versuchseinschnitte erhoben werden. Die Qualitätsveränderungen der Schnittware bildeten hierbei den Schwerpunkt der Erhebungen.

Um Hinweise auf Qualitätsveränderungen während der Lagerung zu erhalten, wurden Vitalitätskontrollen und begleitende Untersuchungen durchgeführt. Hierbei spielten die Holzfeuchtemessungen eine besondere Rolle, da von ihrer Entwicklung während der Lagerungsdauer Rückschlüsse auf die Veränderungen der Schnittholzqualitäten erwartet wurden.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsansatz und Versuchsaufbau

Von besonderer Bedeutung für eine erfolgreiche Lebendlagerung erschien eine ausreichende Wasserversorgung als Grundvoraussetzung für ein möglichst langes Überleben der vom Sturm geworfenen Fichten.

Mit Hilfe von zwei Standorten unterschiedlicher Wasserversorgung (bessere Wasserversorgung: frischer Standort, geringere Wasserversorgung: trockener Standort) sollte geprüft werden, ob sich bei Schnittholz aus lebend gelagerten Sturmwurffichten für Standorte unterschiedlichen Wasserangebots unterschiedliche Qualitätsausbeuten in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer nachweisen lassen.

Ein Vergleich von Bäumen, die auf der Freifläche bzw. unter Schirm im Bestand lebend gelagert wurden, sollte Hinweise auf den Einfluß der schattenspendenden Überschirmung geben.

Die Lebendlagerungsvarianten "Flächenwurf" wiesen weder Überschirmung noch seitliche Beschattung auf, die Lebendlagerungsvarianten "Einzelwurf unter Schirm" lagen in weitgehend geschlossenen Beständen.

Als Vergleichsstandards dienten die Varianten "Frischeinschlag" (waldfrisch eingeschlagene Vergleichsstämme) und "Haufenpolter in Rinde an der Waldstraße", um die Untersuchungsergebnisse der Lebendlagerung mit Holzqualitäten vergleichen zu können, wie sie einerseits unter normalen Einschlagsbedingungen und andererseits bei zügiger Aufarbeitung mit anschließender Lagerung im Wald zu erwarten wären. Die Polter wurden unmittelbar nach dem Sturm auf beiden Standorten für die späteren im halbjährlichen Turnus geplanten Versuchseinschnitte angelegt. Es handelte sich hierbei um konventionelle Haufenpolter, die am Waldweg im Bestandesschatten bereitgestellt wurden. Sie umfaßten jeweils 20 Stämme. Kurz nach deren Anlage, d.h. im März/April 1990, wurden die Polter mit RIPCORD® 40 (0,5 %) behandelt. Dies unterblieb aus Gründen des Umweltschutzes nur bei einem Fichtenpolter des frischen Standortes, das für den ersten Einschnitt vorgesehen war. Die Insektizidbehandlung wurde aufgrund der infolge der Schadholzmengen zu erwartenden steigenden Entwicklung von Schadinsekten, insbesondere Borkenkäfer, und der versuchsbedingten Lagerungsdauer des Holzes durchgeführt, um eine deutliche Entwertung des Holzes im Hinblick auf den Verkauf zu vermeiden.

Der Versuchsaufbau wird aus Abbildung 1 ersichtlich.

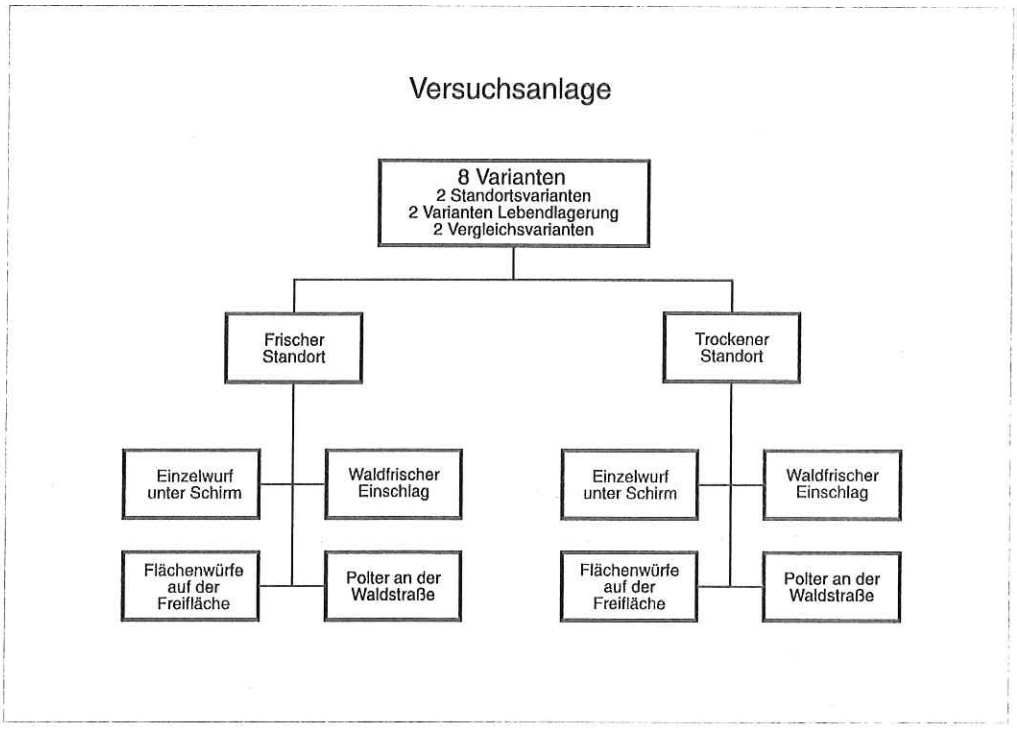


Abb. 1: Übersicht der Versuchsvarianten

Die Untersuchungen hatten eine Laufzeit von 18 Monaten, gerechnet ab den Sturmereignissen im März 1990 und umfaßten demnach zwei Vegetationsperioden. Während dieses Zeitraumes wurde die Holzqualität anhand von je zwei Versuchseinschnitten überprüft. Dazu wurden von jeder Versuchsfläche 10 bis 20 Stämme aufgearbeitet, an der Waldstraße zwischengelagert, und zusammen mit Stämmen der Variante "Haufenpolter" und frisch eingeschlagenen Vergleichsstämmen innerhalb von ein bis zwei Wochen ins Sägewerk abtransportiert. Die genauen Stichprobenumfänge der einzelnen Versuche sind in den nachfolgenden Kapiteln im einzelnen dargestellt und aus Tabelle 3 zu entnehmen.

Als wichtiger Parameter für die Holzqualität gilt die Holzfeuchte. Diese wurde daher sowohl an den Versuchsbäumen zum Zeitpunkt der 2 Versuchseinschnitte im Sägewerk als auch an Dauerbeobachtungsbäumen untersucht, die über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg betrachtet wurden. Während die Holzfeuchte bei den Einschnittkollektiven aller Lagerungsvarianten erhoben wurde (frischer Standort: Flächenwurf und Einzelwurf; trockener Standort: Flächenwurf und Einzelwurf), wurde die langfristige und kontinuierliche Untersuchung der Holzfeuchte im Turnus von 4 bis 6 Wochen mit je 23 lebendgelagerten Bäumen nur auf den Flächenwürfen durchgeführt.

Zum Vergleich dienten je 5 Stämme von einem der Haufenpolter und je 3 Stämme aus Frischeinschlag.
Von großer Bedeutung für die Holzqualität der lebendgelagerten Bäume ist die Forstschutzsituation, d.h. der Befall des gelagerten Holzes durch Schadorganismen, vor allem Insekten. Die Dokumentation der Forstschutzsituation erfolgte anhand der Versuchseinschnitte.

2.2 Untersuchungsgebiet

2.2.1 Versuchsflächen

Die Außenaufnahmen wurden im Forstamt Hermeskeil im Hunsrück (Wuchsgebiet Hoch- und Idarwald) durchgeführt. Informationen zur Lage, Bestockung, Geologie und Böden sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Fichte - Forstamt Hermeskeil/Hunsrück				
	Versuchsfläche			
	trockener Standort		frischer Standort	
Merkmal	Einzelwurf (Schirm)	Flächenwurf	Einzelwurf (Schirm)	Flächenwurf
Geologie	diluvialer Decklehm mit und über Gehängeschutt aus Quarziten, Glimmer-Sandstein oder Schiefern			
Bodentyp	basenarme Podsolbraunerde		basenarme Peudogley-Braunerde	
Trophie	oligotroph		meso-/oligotroph	
Bodenart	sandiger Lehm			
Wasserhaushalt	mäßig frisch, leicht austrocknend		frisch bis sehr frisch	frisch bis feucht
Bestockung	Fichte mittlerer Leistung		Fichte mittlerer bis hoher Leistung	Fichte hoher Leistung mit flächenweise beigemischter Buche
Alter in Jahren	108		① 57 ② 82	102
Ertragsklasse	2,0		1,0	
Wuchsbezirk	07.06.03		(Hoch- und Idarwald)	
Niederschlagsgruppe	4 (> 950 mm J)			
ökolog. Wärmestufe	montan (< 13 ° C tvS)			
Abteilung	40 a[1]		①: 111 a[1] ②: 44 a[3]	99 a[1]
Flurname	Unter dem Hackenschlägelchen		① An der Borderung ② Birkenbruch	Oberes Bombelsbruch
Höhe [m ü. NN]	620-640	580-615	① 580-600 ② 600-655	555-590
Exposition	NW			SO
Neigung [Grad]	6-16/10		4/11	4-6/5
Oberflächenform	langer, schwach konvexer unterer Oberhang		langer schwach konvexer Unterhang	gestreckter konvexer oberer Unterhang

Tab. 1: Übersicht der Fichten-Versuchsflächen

Für die Fichte ließ sich keine zusammenhängende, ausreichend große Einzelwurfvariante unter Schirm auf einem frischen Standort finden. Die Versuchsstämme der beiden Einschnitte entstammten daher zwei verschiedenen Waldorten.
Diese sind in Tabelle 1 mit einer ① für den ersten Einschnitt und einer ② für den zweiten Einschnitt kenntlich gemacht.

2.3 Untersuchungsmaterial

Es wurden nur Bäume ohne erkennbare ältere Stammverletzungen ausgewählt, um Veränderungen der Schnittholzqualität eindeutig auf Einflüsse der Lagerung zurückführen zu können.

Darüberhinaus wurden drei weitere Kriterien berücksichtigt:

- *Sturmschäden*:
Es wurden nur geworfene Bäume ohne Schaftbruch und mit vollständiger oder fast vollständig erhaltener Krone ausgewählt.

- *Wurzelteller*:
Die Untersuchungsbäume mußten noch über Wurzelkontakt zum Boden verfügen. Bäume, deren Wurzelteller beim Fallen versetzt oder ausgehebelt worden war, wurden nicht für die Versuche herangezogen.

- *Stärkeklassifizierung*:
Es wurde versucht, die Untersuchungsbäume der verschiedenen Varianten so auszuwählen, daß eine vergleichbare Dimensionsverteilung zwischen den Varianten vorlag.

Die Dauerbeobachtungsbäume für die laufende Untersuchung der Splintholzfeuchte sollten zudem gut erreichbar und beprobbar sein.

2.4 Methoden

2.4.1 Einschnitt

Insgesamt wurden 289 Fichten eingeschnitten. Die Termine lagen jeweils im Oktober 1990 und 1991.

Über die Stammzahlen in den einzelnen Versuchskollektiven und zu den jeweiligen Einschnittzeitpunkten informiert Tabelle 2. Die untersuchten Stammzahlen stimmten dabei nicht immer mit der Zahl der ursprünglich vorgesehenen Bäume überein. Einige Stämme zerbrachen bei der Aufarbeitung oder beim Transport. Restriktionen in den Betrieben und der Umstand, daß die Versuchseinschnitte in verschiedenen Sägewerken durchgeführt wurden, ließen für die untersuchten Baumarten und die verschiedenen Einschnittzeitpunkte leider kein vergleichbares Einschnittprogramm zu. Mit dem zweiten Einschnitt wurden auch die Dauerbeobachtungsbäume zur Messung der Splintholzfeuchte von der Freifläche eingeschnitten. Daher sind die Stammzahlen bei den Flächenwürfen beider Standorte zum zweiten Einschnittermin höher als bei den anderen Varianten.

Stammzahlen und Zeitpunkte der Versuchseinschnitte									
Termine	Varianten								Σ
	Frischer Standort				Trockener Standort				
	Einschlag (waldfrisch)	Einzelwurf (Schirm)	Flächenwurf	Polter (Waldstraße)	Einschlag (waldfrisch)	Einzelwurf (Schirm)	Flächenwurf	Polter (Waldstraße)	
Fichte									
10/90	-	$n_1 = 20$	$n_1 = 20$	$n_1 = 20$	-	$n_1 = 20$	$n_1 = 20$	$n_1 = 20$	$N_1 = 120$
10/91	$n_2 = 10$	$n_2 = 20$	$n_2 = 41^*$	$n_2 = 20$	$n_2 = 10$	$n_2 = 10$	$n_2 = 40^*$	$n_2 = 20$	$N_2 = 171$
Σ	$n_{1\text{-}2} = 10$	$n_{1\text{-}2} = 40$	$n_{1\text{-}2} = 61$	$n_{1\text{-}2} = 40$	$n_{1\text{-}2} = 10$	$n_{1\text{-}2} = 30$	$n_{1\text{-}2} = 60$	$n_{1\text{-}2} = 40$	$N_{1\text{-}2} = 291$
	$n_{1\text{-}2} = 151$				$n_{1\text{-}2} = 140$				
	$N_{1\text{-}2} = 289$								

Tab. 2: Versuchseinschnitte Fichte: Stammzahlen der einzelnen Versuchsvarianten und Einschnittermine. * Bei dem jeweils zweiten Versuchseinschnitt kamen zu den Versuchsbäumen der Flächenwürfe die Dauerbeobachtungsbäume der Splintholzfeuchteuntersuchung dazu (siehe Kap. 3.4.2).

Die Versuchseinschnitte wurden in zwei verschiedenen Sägewerken durchgeführt. Um trotz der unterschiedlichen Einschnittprogramme vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurde bei beiden Einschnitten die Schnittholzqualität nach den Kriterien der DIN 68365 (Bauholz für Zimmerarbeiten) bestimmt und in Anlehnung daran in 5 Güteklassen eingeteilt. Die Beurteilung beschränkte sich auf die Gütemerkmale der DIN-Vorschrift, die durch die Lagerung verändert werden können: Farbe, Wurm- und Käferfraß, Risse sowie Rot- und Weißfäule.

Nicht erfaßt wurden wuchsbedingte Stammeigenschaften wie Krümmung oder Äste, was im Hinblick auf die Fragestellung der Untersuchung vertretbar war, da ausschließlich lagerungsbedingte Qualitätsveränderungen am Schnittholz erfaßt werden sollten. Das Gütemerkmal "Farbe" wurde über die Klassifizierung nach DIN 68365, die für Fichte nur Farbigkeit vorsieht, hinausgehend jeweils getrennt nach Bläue und Rotstreife an der Schnittware aufgenommen und die aufgetretenen Verfärbungen in Prozent der Schnittwarenoberfläche geschätzt.

Das Güteklassenmerkmal "Wurm- und Käferfraß" wurde gemäß DIN 68365 angewendet. Insektenfraßstellen wurden als "gering" (siehe Tab. 4) bewertet, wenn sie bis zu 5 Flächenprozenten an der Oberfläche auftraten.
"Rot- und Weißfäule", die eine Einstufung in die Güteklassen nach DIN 68365 nicht zuläßt, trat bei der untersuchten Schnittware nicht auf und wurde deshalb in der weiteren Darstellung nicht berücksichtigt.

Die nachfolgende Tabelle 3 zeigt die Klassengrenzen nach DIN 68365 für die untersuchten Gütemerkmale.

	Güteklassen				
	0	I	II	III	IV
Farbe	zulässig: blank, d.h. weder rot noch farbig	zulässig: vereinzelt leichtfarbig	zulässig: leichtfarbig, d.h Oberfläche bis zu 10 % farbig	zulässig: mittelfarbig, d.h Oberfläche bis zu 40 % farbig	zulässig: farbig, d.h. Oberfläche mehr als 40 % farbig
Wurm- und Käferfraß	unzulässig			zulässig: geringe Insektenfraßstellen nur an der Oberfläche	zulässig: Insektenfraßstellen nur an der Oberfläche
Risse	zulässig: vereinzelt kleine, d.h. nicht länger als die Brett- oder Bohlenbreite, nicht durchgehende und nicht schräglaufende			zulässig: mittelgroße, d.h. nicht länger als die 1,5 fache Brett- oder Bohlenbreite	zulässig: große, d.h. auch durchgehende, aber nicht länger als 1/4 der Brett- oder Bohlenlänge
Rot-u. Weißfäule	unzulässig				

Tab. 3: DIN 68365- Ausschnitt aus der dort aufgeführten Tabelle 3 "Ungehobelte besäumte Bretter und Bohlen aus Nadelholz" mit den Gütemerkmalen, die durch Lagerung verändert werden können.

Die Güteklasse für die Schnittware, wie sie aus der Lagerung resultiert, ergibt sich aus der schlechtesten DIN-Güteklasse der Gütemerkmale, die durch die Lagerung verändert werden können.

1. Einschnitt im Oktober 1990

Betriebliche Gründe des Sägewerkes ließen eine Schnittholzbewertung nur an einem Teil des Versuchsholzes zu. Über das im folgenden beschriebende methodische Vorgehen wurde versucht, dennoch zu einer Gesamtaussage zu gelangen.

In einem ersten Schritt wurden nach der Einteilung der Versuchsstämme an der Kappstation alle Querschnitte (Stirnflächen) beurteilt. Gemäß der Auftragsliste des Werkes entstanden aus jedem Stamm 3 bis 5 Blöcke von 3,0 bis 4,5 m Länge. An den insgesamt 505 Abschnitten (625 Stirnflächen, 3 Abschnitte = 4 Stirnflächen, 4. Stirnfläche = Zopf) wurden aufgenommen:

- Art und Ausmaß auftretender Verfärbungen,
- Umfang der jeweiligen Verfärbung in Achtel-Stufen des Gesamtumfanges,
- radiale Eindringtiefe der jeweiligen Verfärbungen und
- Rißbildung.

In einem zweiten Schritt wurden einige ausgewählte Abschnitte der Varianten an der Blockbandsäge zu Schnittholz weiterverarbeitet, um zu überprüfen, inwieweit Rückschlüsse von den Stirnflächen auf die Schnittholzqualität gezogen werden können.

Beim lebendgelagerten Holz konzentrierte sich die Auswahl auf solche Blöcke, die lagerungsbedingte Qualitätseinbußen erwarten ließen und/oder deren Stirnflächen charakteristische Verfärbungen aufwiesen. Von den Vergleichspoltern wurden unter anderem mindestens ein kompletter Stamm mit Bodenkontakt, ein Stamm aus der Poltermitte und ein obenliegender Stamm ausgewählt. Durch die Wahl von Stämmen aus verschiedenen Polterlagen sollte gleichzeitig versucht werden, Rückschlüsse auf den Einfluß kleinklimatischer Bedingungen in den Poltern auf die Entwicklung der Roh- bzw. Schnittholzqualität der gelagerten Stämme zu gewinnen.

Der Anteil der an der Blockbandsäge eingeschnittenen Abschnitte am Gesamtvolumen der jeweiligen Variante betrug 8-28 %. Die Untersuchung umfaßte im Längsschnitt 75 Abschnitte mit einem Gesamtvolumen von 27,9 Kubikmetern. Als Haupterzeugnisse fielen Bretter, Bohlen und Dielen der Dimensionen 36/97, 36/147, 36/222, 40/280 und 45/280 an (alle Angaben in mm, die erste Zahl bezeichnet die Dicke, die zweite die Breite). Bewertet wurde jeweils die zur Markröhre des Abschnittes weisende Seite der Schnitthölzer.

2. Einschnitt im Oktober 1991

Beim zweiten Einschnitt erfolgte zunächst ebenfalls eine Stirnflächenbewertung an 746 Querschnitten nach der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Methodik. Die Länge der Abschnitte betrug zwischen 1,5 und 5 m.

Anschließend wurde das gesamte Versuchsholz am Gatter vorgeschnitten und im weiteren Arbeitsablauf je nach Abschnittsdimension am Gatter bzw. am Profilspaner nachgeschnitten. Aus arbeitstechnischen Gründen im Sägewerk waren nur Untersuchungen beim Einschnitt von Vorrats- und Listenkantholz am Gatter möglich. Aufgrund mengenmäßig zu geringer Einschnittskollektive am Profilspaner bzw. beim Einschnitt von Bohlen und Latten am Gatter erfolgte hier keine Erfassung. Nachfolgende Aussagen beziehen sich daher auf dieses Teilkollektiv mit einem Einschnittsvolumen an Hauptware, d.h. ohne Seitenbretter und Schwarten von 31,5 Kubikmetern (161 Abschnitte) des Versuchsholzes des frischen Standortes und 29,3 Kubikmetern (151 Abschnitte) des Versuchsholzes des trockenen Standortes. Dabei ist zu erläutern, daß 171 Stämme im Sägewerk angeliefert wurden (vergl. Tab. 2). Aus diesen Stämmen wurden 549 Abschnitte (verschiedene Gattersätze für Vorrats- und Listenkantholz (Gattereinschnitt), Bohlen und Latten (Gattereinschnitt) und Latten, Vorrats- und Listenkantholz (Profilspaner)) mit einem Rohholzvolumen von 250,25 m^3 ausgeformt. Daraus konnte aus 471 Abschnitten insgesamt ein Volumen an Hauptware von 101,99 m^3 hergestellt werden. In diesem Schnittholz sind die oben genannten Mengenangaben des betrachteten Teilkollektivs enthalten.

Bei den anfallenden Kanthölzern (maximal 3 Stück pro Abschnitt) wurden alle 4 Kantholzseiten hinsichtlich der Gütemerkmale, die durch Lagerung verändert werden können, getrennt angesprochen. Wie beim ersten Einschnitt wurde also nach der DIN 68365 klassifiziert (siehe Tab. 3).

2.4.2 Splintholzfeuchte

2.4.2.1 Grundlagen und Technik der Holzfeuchteermittlung

Die Splintholzfeuchte wurde auf gravimetrische Weise nach DIN 52183 ermittelt. Die prozentuale Holzfeuchtigkeit stellt das Verhältnis zwischen der Masse des in der Holzprobe enthaltenen Wassers und der Masse der wasserfreien (darrtrockenen) Holzprobe dar und wird nach folgender Formel (1) berechnet.

$$(1)\quad u = \frac{m_u - m_o}{m_o} \times 100 \text{ in } \%$$

u = Holzfeuchtigkeitsgehalt
m_u = Masse der feuchten Holzprobe in g
m_o = Masse der wasserfreien (darrtrockenen) Probe in g

Die Holzproben wurden radial aus dem äußeren Splintbereich entnommen. Verwendet wurde dazu ein vierschneidiger Scheibenbohrer (auch Zapfenfräser genannt) mit einem Innendurchmesser von 8 mm. Diese Methode der Bohrkernentnahme zur Bestimmung der Holzfeuchte wurde vom WILHELM-KLAUDITZ-INSTITUT, FRAUNHOFER ARBEITSGRUPPE FÜR HOLZFORSCHUNG, entwickelt.

Die Länge der Bohrkerne betrug bei den ersten beiden Aufnahmen 30 mm ohne Rinde und Bast. Die Bohrtiefe wurde aus folgenden Gründen ab der dritten Aufnahme auf 20 mm verringert:

Da die Ermittlung der Splintholzfeuchte das Ziel der Untersuchung war, der Splint aber mit zunehmender Höhe am Stamm schmäler wird, die Bohrtiefe hingegen gleich tief -nämlich 3 cm- radial in den Stamm reicht, bestand die Gefahr, den Probenkörper über den Splint hinaus auszuformen.

Hierdurch wären die Meßwerte verfälscht worden, da nicht alle Jahrringe dem zu untersuchenden Splintbereich entstammten, sondern bei gleicher absoluter Bohrtiefe in höheren Stammhöhen auch Leitungsbahnen mit relativ geringerer Holzfeuchte angeschnitten würden. Die Splintholzfeuchten wären aus dem höheren Stammbereich zu niedrig erhoben worden. Durch Verringerung der Einbohrtiefe sollte sichergestellt werden, daß alle Proben dem Splintholz entstammten. Um die vorgegebenen Maße einzuhalten, wurde mit einem Bohrtiefenanschlag gearbeitet.

Gebohrt wurde am liegenden Stamm auf der Stammoberseite im Bereich unverletzter Rinde und abseits von Astnarben. Die Bohrkerne wurden sofort nach der Probenentnahme in ein zuvor gewogenes, numeriertes und luftdichtes Schnappdeckelgläschen gegeben und gewogen.

Bei wiederholten Holzfeuchtemessungen am selben Baum (Dauerbeobachtungsbäume) wurde die nächste Bohrung um mindestens 5 bis 10 cm stammaufwärts parallel zur vorhergehenden Bohrung versetzt.

Um Infektionen durch Rotstreifeerreger oder andere holzzerstörende Pilze zu vermeiden, wurden die Bohrlöcher mit Wachsdispersion (Mobilcer M) ausgegossen und mit geriffelten Holzdübeln aus Buche verschlossen und versiegelt.

2.4.2.2 Erfassung der Holzfeuchte

Während der Versuchsdauer wurden insgesamt 3648 Holzfeuchtemessungen nach der beschriebenen Vorgehensweise durchgeführt (1172 Messungen an eingeschnittenen Versuchsstämmen, 2476 laufende Messungen, d.h. an liegenden, lebendgelagerten Bäumen der Freiflächenvarianten und an frisch eingeschlagenen Vergleichsbäumen des angrenzenden stehenden Bestandes). Die Untersuchung umfaßte 286 Fichten.

Um einen Überblick über die Entwicklung der Holzfeuchte innerhalb der Stammlängsachse zu gewinnen, wurden Teilkollektive mit einer unterschiedlichen Zahl von Holzfeuchtemeßpunkten, die zueinander im Abstand von 2 m in Stammlängsachse angelegt wurden, aufgenommen.

An den Dauerbeobachtungsbäumen wurde die Holzfeuchte im Abstand von 4 bis 6 Wochen ermittelt. Dauerbeobachtungsbäume waren je 23 Bäume von der Freifläche aus Lebendlagerung beider Standorte und je 5 meßtechnisch erreichbare Stämme aus dem Haufenpolter an der Waldstraße.

An 20 lebendgelagerten Bäumen und an den restlichen Stämmen der Polter wurde die Holzfeuchte an je 2 Meßpunkten pro Stamm bestimmt. Die Meßpunkte lagen jeweils 1 m von Stammfuß und Kronenansatz bzw. bei den Polterstämmen 1 m vom oberen und unteren Stammende entfernt. Durch diese Anordnung der Meßstellen sollte die höhere Splintholzfeuchte am Kronenansatz miterfaßt werden. Der Kronenansatz (Ansatz der grünen Krone) wurde nach Punkt 3.4 der Anlage 3 (Aufnahmeanweisung) zum Tarifvertrag über die Entlohnung von Holzerntearbeiten nach dem Erweiterten Sortentarif (EST) in der Fassung vom 03. Mai 1979 bestimmt. Danach beginnt der Grünastbereich dort, "wo mindestens jeweils 2 grüne Äste an 2 aufeinanderfolgenden Quirlen bzw. 3 und mehr grüne Äste je lfd. Meter auftreten ... Der Grünastbereich umfaßt die gesamte grüne Krone bis zur Kronenspitze ...".

Um die jahreszeitlichen Schwankungen der Splintholzfeuchte an lebenden Bäumen zu erfassen, wurden als Vergleichsstandard zu jedem Aufnahmezeitpunkt 3 Bäume der Kraftschen Klassen 1 bis 3 aus dem gleichen Bestand frisch gefällt. An diesen Bäumen und an 3 weiteren Bäumen aus Lebendlagerung auf der Freifläche, die den

Dauerbeobachtungsbäumen angehörten (zu jedem Aufnahmezeitpunkt kontinuierlich die gleichen Bäume, d.h. stets gleiches Teilkollektiv innerhalb der Dauerbeobachtungsbäume), wurden die Splintholzfeuchtemessungen ab einer Höhe von 1 Meter vom Stammfuß aus im 2-m-Abstand gemessen, um die Variation der Holzfeuchte in der Baumlängsachse genauer zu dokumentieren, als dies durch die auch aus arbeitstechnischen Gründen gewählten 2 Meßstellen am Stammfuß und Kronenansatz der übrigen Dauerbeobachtungsbäume möglich erschien.

Die für die Versuchseinschnitte aufgearbeiteten Bäume wurden im Abstand von 4 Metern, beginnend bei 1 m oberhalb des Stammfußes, angebohrt. Eine Ausnahme bildeten die Fichten aus Lebendlagerung des ersten Versuchseinschnitts, deren Holzfeuchte nur an Stammfuß und Kronenansatz erhoben wurde.

2.4.3 Insektenbefall

Untersuchungen zum Insektenbefall fanden während der Aufarbeitung der für den Einschnitt vorgesehenen Bäume im Oktober 1990 und Ende September 1991, somit nach der Flugzeit der Borkenkäfer statt. Beim 1. Einschnitt wurden alle Stämme, beim 2. Einschnitt aus versuchsökonomischen Gründen die Hälfte der Stämme, der jeweiligen Versuchsvariante untersucht.

Zum Zweck der Untersuchung wurden auf der Oberseite jedes Stammes 3 Rindenfenster angelegt, indem auf einer Kontrollfläche von 50 cm Länge und 20 cm Breite (1000 cm^2) in Stammlängsrichtung die Rinde abgelöst wurde. Die Fenster wurden gleichmäßig auf die aufgearbeitete Stammlänge verteilt, der Kronenbereich blieb unberücksichtigt. An den Stammholzoberseiten eines jeden Fensters und den dazugehörenden abgelösten Rindenteilen wurden folgende Parameter erhoben:

- vorhandene Käfer nach Arten,
- Anzahl der vollständigen Brutbilder - Vitalität der Käfer (lebend, tot),
- Entwicklungsstadien (Ei, Larve, Puppe, Imago) oder ausgeflogen.

Die Qualitätseinbußen durch holzbrütende Insekten gingen gemäß DIN 68365 in die Schnittholzbewertung ein (siehe Tab. 3).

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Holzqualität

3.1.1 Stirnflächenbewertung der Sägeabschnitte

Mit der Aufnahme der Stirnflächenverfärbungen anhand der Verfärbungsanteile in Achtel-Stufen des Umfangs und der mittleren radialen Eindringtiefe ließen sich keine straffen Zusammenhänge zwischen den Stirnflächenverfärbungen und dem weiteren Verlauf der Verfärbungen im Abschnittsinnern nachweisen. Die Schlußfolgerung, daß Stirnflächenverfärbungen zwangsläufig mit Verfärbungen des erzeugten Schnittholzes verbunden sind, war somit nicht möglich.

Bei den Lebendlagerungs-Varianten des 1. Versuchseinschnittes waren 77 % aller eingeschnittenen Blöcke, die mindestens an einer Stirnfläche Farbabweichungen aufwiesen (n=22), auch im Inneren verfärbt. An beiden Stirnflächen verfärbte Abschnitte (n=9) waren in jedem Fall innen farbig. Aber auch ein blanker Querschnitt erwies sich nicht als Garant für ein unverfärbtes Stamminneres. Bei 15 % der äußerlich weißen Abschnitte (n=20) konnten Verfärbungen im Schnittholz gefunden werden.

Die eingesägten Abschnitte aus Polterlagerung zeigten, unabhängig vom Aussehen der Stirnflächen und der Verfärbungsart, bis auf wenige Ausnahmen immer Innenverfärbungen.

Die Einschätzung der Schnittholzqualität auf der Grundlage einer Stirnflächenbewertung ist nach der vorliegenden Untersuchung nicht treffsicher aussagekräftig. Gleichlautende Ergebnisse anderer Autoren werden damit bestätigt (Rotstreife: KREMPL und HUDECZEK, 1966; ARNOLD et al., 1976; Bläue: ANDRAE, 1989). Für den Vergleich verschiedener Versuchsvarianten der Lebendlagerung und deren Aufnahmezeitpunkte erschien die Auswertung von Stammquerschnittsflächen hinsichtlich der Erfassung des punktuellen zweidimensionalen Auftretens der laut den methodischen Vorgaben aufzunehmenden Holzfehlertypen Bläue und Rotstreifigkeit dennoch ein gangbarer Weg zu sein, insbesondere da im Rahmen dieser Studie die Beurteilung im Sägewerk betriebsablaufsbedingt nur an einem kleinen, nicht unbedingt repräsentativen Abschnittskollektiv möglich war. Die Ansprache und Beurteilung der Querschnitte gibt somit zusätzlich die Möglichkeit, zumindest orientierend Aussagen zu lagerungsbedingten Farbveränderungen und dem Auftreten von Bläue und Rotstreifigkeit zu treffen. Die Ergebnisse werden daher im Folgenden kurz vorgestellt.

1) Bläue

Im Oktober 1990 zeigten von den insgesamt 425 untersuchten Stammquerschnittsflächen aus Lebendlagerung knapp 9 % sichtbaren Bläuebefall. Der Befallsschwerpunkt lag auf dem trockenen Standort, wobei hier der Einzelwurf unter Schirm stärker befallen war. Die Stirnflächen der Versuchsstämme des frischen Standortes zeigten mit rund 5 % nur minimalen Bläuebefall. Die Bläue stellt sich in der Mehrzahl aller Stammquerschnittsflächen als eine flächige Farbveränderung dar (86 % aller Stirnflächen mit Bläue). Dabei machten die meisten Blaufärbungen ein Achtel des Stammumfanges aus (Ausnahme: Einzelwurf unter Schirm, trockener Standort). Die radiale Eindringtiefe überschritt nur bei 8 % der Stammquerschnitte (bei 36 verblauten) 6 cm. Die Bläue trat meist in Form von Keilen auf, die sich von außen in den Splint erstreckten.

Bei der Versuchsvariante Haufenpolter an der Waldstraße zeigten 21 % (frischer Standort) bzw. 28 % (trockener Standort) der Stirnflächen Verblauungen. Diese waren oftmals nur als kleine, abgerundete Flecke auszumachen.

Im Oktober 1991, 18 Monate nach dem Sturm, wiesen die lebendgelagerten Stämme beider Standorte im Durchschnitt bei 84 % der untersuchten Stirnflächen deutlich mehr durch Bläue hervorgerufene Verfärbungen auf. Die mittlere radiale Eindringtiefe der Verblauung blieb bei 73 % der verblauten Stirnflächen unter 6 cm. Zwischen den Standorten und Versuchsvarianten ließen sich nur geringe Abweichungen feststellen.

Auffällig war, daß die Versuchsvariante "Haufenpolter an der Waldstraße" auf beiden Standorten die niedrigste Zahl an verblauten Stirnflächen zeigte. Die Anteile der verblauten Stirnflächen lagen aber auch hier immerhin auf dem frischen Standort bei rund 70 % aller untersuchten Stammquerschnittsflächen. Der durchschnittliche Verfärbungsanteil der untersuchten Stirnflächen beschränkte sich auf weniger als zwei Achtel des Stammumfanges. Die Versuchsvariante "Haufenpolter an der Waldstraße" zeigte auch die geringste mittlere radiale Eindringtiefe von überwiegend unter 6 cm je Stirnfläche.

Bläue konnte sehr häufig in Verbindung mit Käferbefall an derselben Stelle beobachtet werden. Das traf für rund zwei Drittel der Stirnflächen der Versuchsstämme aus Lebendlagerung auf beiden Standorten zu. Eine Ausnahme bildete das Haufenpolter des frischen Standortes, bei dem Bläue in Verbindung mit Käferbefall nur an 7 % der

untersuchten Stirnflächen auftraten. Insgesamt wurde bei dieser Variante Bläue an 43 % der Stammquerschnitte festgestellt.

2) Rotstreife

Im Oktober 1990 zeigten nach 6 Monaten Lagerungsdauer lediglich 6 von insgesamt 80 Versuchsstämmen aus Lebendlagerung Anzeichen für einen Befall durch Rotstreifepilze. Betroffen waren 5 Fichten aus dem Einzelwurf unter Schirm vom trockenen Standort sowie eine Fichte aus dem Flächenwurf des frischen Standortes. Die Infektion konzentrierte sich überwiegend auf nur einen Querschnitt pro Stamm und erstreckte sich auf wenige, vereinzelte Flecken. Allein an einer der 425 untersuchten Stirnflächen drangen die Verfärbungen tiefer als 6 cm radial in den Splint ein.
Im Gegensatz dazu war bei der Variante "Haufenpolter an der Waldstraße" jeder Stamm an mindestens einem Querschnitt rot verfärbt. Frei von Rotstreife waren auf dem frischen Standort lediglich ein Viertel, auf dem trockenen Standort weniger als ein Zehntel aller untersuchten Stirnflächen.

Die Ausdehnung der Rotstreife umfaßte bei beiden Poltervarianten durchweg einen größeren Teil des Umfanges der untersuchten Stammquerschnitte. Ein Drittel (frischer Standort) bis die Hälfte (trockener Standort) der insgesamt 200 Querschnitte waren nahezu stammumfassend rot. Bei rund einem Zehntel aller Stirnflächen reichte die Rotstreife vom Rand her tiefer als 9 cm in das Holz. Das traf vorwiegend auf Stirnflächen mit rundum verfärbtem Splint zu. Dieses Erscheinungsbild legt nahe, daß sich die Rotstreife erst oberflächennah ausbreitet und in der Folge nur langsam in die Tiefe geht. An der Mehrzahl aller Stirnflächen trat die Rotstreife in Form von größeren abgerundeten Bereichen auf, die fast immer direkt von der Mantelfläche ausgingen. "Typische Rotstreifigkeit" mit keilförmigen oder streifenförmigen Verfärbungen wurde nur an 4 Stammscheiben beobachtet. Dieser Befallstyp findet sich nach v. PECHMANN et al. (1967) vornehmlich an entrindeten Fichten.

Beim 2. Versuchseinschnitt im Oktober 1991 war von allen lebendgelagerten Fichten der Anteil an Stirnflächen mit Rotstreife geringer als der Anteil an Stirnflächen mit Bläue. Am deutlichsten fiel die Differenz zwischen blau und rot verfärbten Stirnflächen bei den Dauerbeobachtungsbäumen zur Untersuchung der Splintholzfeuchte auf der Freifläche des frischen Standortes aus. Rotstreife trat im Vergleich zu Bläue erheblich weniger auf. Vergleicht man die Häufigkeit auftretender Stirnflächenbläue der aus den 10 Dauerbeobachtungsbäumen ausgeformten Abschnitte mit der an den Abschnittsstirnflächen ebenfalls auftretenden Rotstreifigkeit, so konnte festgestellt

werden, daß die Anzahl der bläuebehafteten Stirnflächen zu 40 % unter derjenigen der rotstreifeaufweisenden Stirnflächen lag. Im Gegensatz hierzu steht das Untersuchungskollektiv der Dauerbeobachtungsbäume auf dem trockenen Standort. Hier waren die Anteile der Stirnflächen, die mit Rotstreifepilze und Bläue befallen waren, annähernd gleich. Unterschiede waren ansonsten bei den Standortsvarianten nicht nachweisbar. Im Vergleich zum ersten Einschnitt traten Rotfärbungen mit einer mittleren radialen Eindringtiefe von mehr als 6 cm häufiger auf (an 20 Querschnitten auf dem frischen Standort und 17 Stirnflächen auf dem trockenen Standort).

Wie schon beim 1. Einschnitt wurden auf beiden Standorten bei den Versuchsvarianten "Haufenpolter an der Waldstraße" höhere prozentuale Anteile an rot verfärbten Stirnflächen ermittelt, als bei den lebendgelagerten Bäumen. Im Vergleich zur Bläue war nicht nur die Anzahl rotstreifiger Stirnflächen höher, sondern die Rotstreife erstreckte sich auch über größere Flächenanteile und drang radial tiefer ins Holz ein.

3) Risse

Nach 6 Monaten Lebendlagerung bzw. Polterung traten keine Risse am Versuchsholz auf. Nach 18 Monaten konnten an 25 der 767 angesprochenen Stirnflächen insgesamt 28 Risse festgestellt werden, an 3 Stirnflächen jeweils 2. Die Hälfte der aufgetretenen Risse entfielen auf die Dauerbeobachtungsbäume zur Messung der Splintholzfeuchte von der Freifläche des trockenen Standortes.

Am häufigsten verliefen die Risse ringförmig, d.h. dem Jahrringverlauf folgend. Die Rißlänge variierte von 1 bis 15 cm und lag im Durchschnitt bei 6 cm.

3.1.2 Schnittholzbewertung

Einen Qualitätsvergleich der Haupterzeugnisse aus beiden Versuchseinschnitten ermöglicht Abbildung 2. In der Darstellung sind die Güteklassen 0 und I nach DIN 68365 (Bauholz für Zimmerarbeiten) zusammengefaßt. Die Zahlen unter den Kollektiven geben das eingeschnittene und untersuchte Volumen der jeweiligen Hauptprodukte in Kubikmetern wieder. Beim Einschnitt im Oktober 1990 fielen als Hauptwaren Bretter, Bohlen und Dielen, im Oktober 1991 Kanthölzer an.

Im Oktober 1990 lag der Volumenanteil der hochwertigen Güteklassen 0 und I mit Ausnahme des Haufenpolters vom frischen Standort bei 99 % oder 100 %.

Frei von Qualitätseinbußen (Güteklasse 0) durch Gütemerkmale, die durch die Lagerung verändert werden können (Farbe, Wurm- und Käferfraß, Risse, Rot- und Weißfäule), waren in allen Varianten mehr als 90 % des untersuchten Holzvolumens. Die Qualität der Fichten aus dem Einzelwurf unter Schirm vom frischen Standort entsprach frisch eingeschlagenem Holz. Nicht ganz so günstig ist mit einem Volumenanteil von 90 % das Einschnittergebnis aus Lebendlagerung der Variante Einzelwurf unter Schirm auf dem trockenen Standort. Die Qualität der Hauptware befand sich hier ungefähr auf dem Niveau der "Haufenpolter an der Waldstraße" des gleichen Standortes. Der Grund dafür wird in einem starken Käferbefall auf dieser Versuchsfläche gesehen (s. 3.3 Insektenbefall).

Die Stirnflächenansprache ergab, daß die meisten Verfärbungen auf den Splint beschränkt waren. Deutlichere Unterschiede zwischen den Lagerungsalternativen ergibt daher eine Betrachtung der nicht in der Grafik enthaltenen Nebenerzeugnisse. Hier schneidet die Polterlagerung wesentlich schlechter ab. Auf dem frischen Standort waren nur 13 % der Schwarten und 40 % der überwiegend 23 mm starken Seitenbretter blank, oder anders ausgedrückt, 60 bis 90 % der Seitenware war verfärbt. Bei der Variante Haufenpolter vom trockenen Standort waren nur 3 % der Schwarten und 13 % der Seitenbretter blank.

Beim 2. Einschnitt, im Oktober 1991, zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Standorten und Lagerungsvarianten. Die Schnittholzqualität war im Durchschnitt bei den eingeschnittenen Versuchskollektiven des frischen Standortes besser als bei denen des trockenen Standortes. Das galt für die Hauptware ebenso wie für die Nebenware.

Die Polter lagen mit einem Anteil von rund 65 % des eingeschnittenen und untersuchten Volumens an den Güteklassen 0/I auf ähnlichem Niveau wie der Flächenwurf vom frischen Standort. Die Holzqualität nahm dann in der Reihenfolge Einzelwurf unter Schirm, frischer Standort-, Einzelwurf unter Schirm, trockener Standort und Flächenwurf, trockener Standort ab.

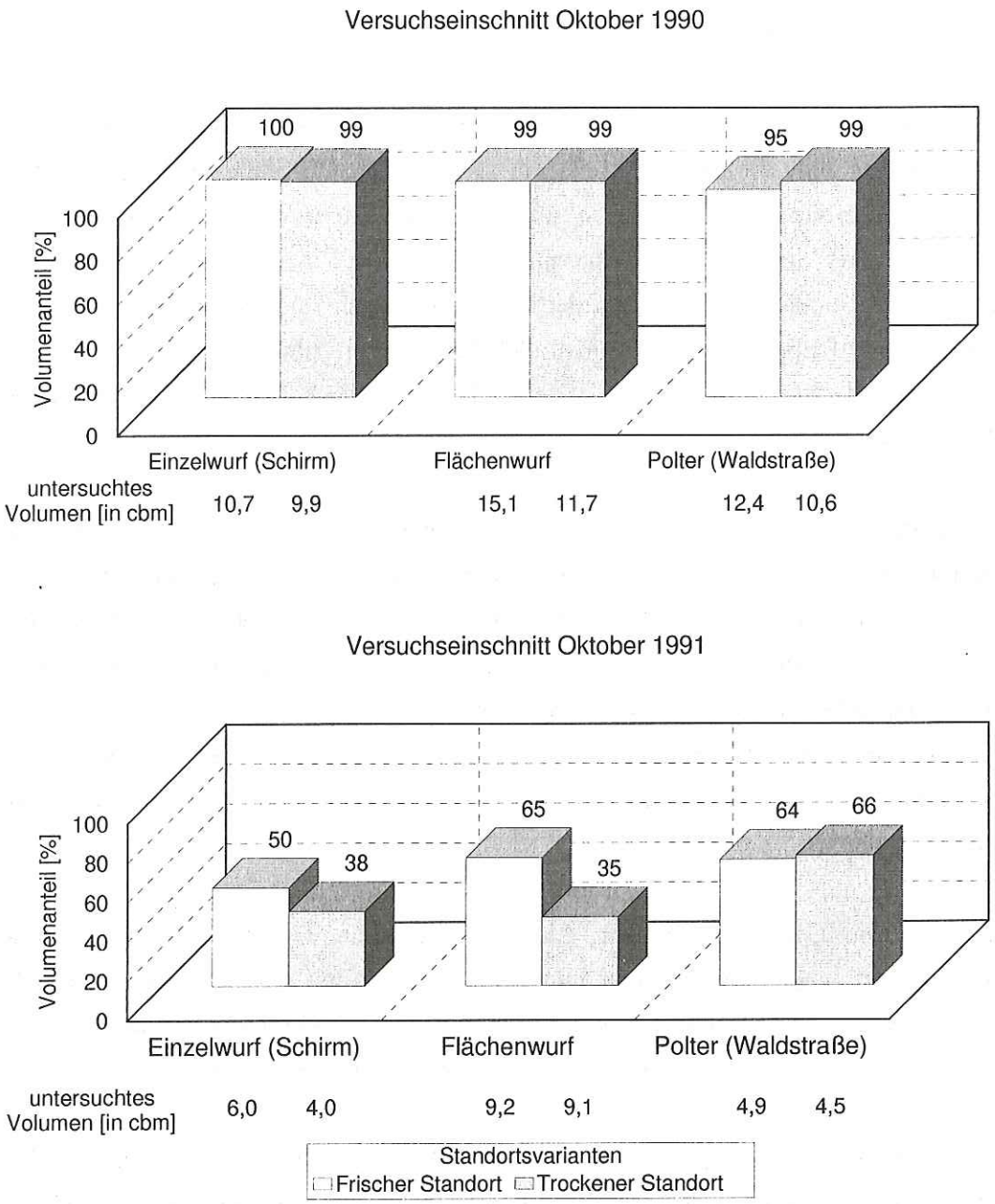


Abb. 2: Schnittholzqualität lebendgelagerter Fichten im Oktober 1990 und 1991. Vergleich des Anteils der Güteklassen 0/I (nach DIN 68365) an Hauptware für die verschiedenen Lagerungs- und Standortsvarianten. Die Sortierung erfolgte nur nach Gütemerkmalen, die durch Lagerung verändert werden können (Farbe, Wurm- und Käferfraß, Risse, Rot- und Weißfäule).

Verfärbungen führten am häufigsten zur Eingruppierung der Kanthölzer in die Güteklassen I und II. Bei der Lebendlagerung handelte es sich überwiegend um Bläue, bei den Poltern um Rotstreifigkeit. Bei der Bewertung dieser Ergebnisse ist zu beachten, daß Bläue die technologischen Holzeigenschaften nicht beeinflußt, die Rotstreife mit zunehmender Entwicklung jedoch zu einer Minderung von Festigkeitswerten führen kann.

Das am häufigsten aufgetretene Gütemerkmal, das zur Sortierung in die Güteklasse III oder IV führte, war bei allen Versuchsvarianten der Käferbefall. Dieser trat in Form von verfärbten Leitergängen des gestreiften Nadelnutzholzbohrers (*Trypodendron lineatum Ol.*) auf.

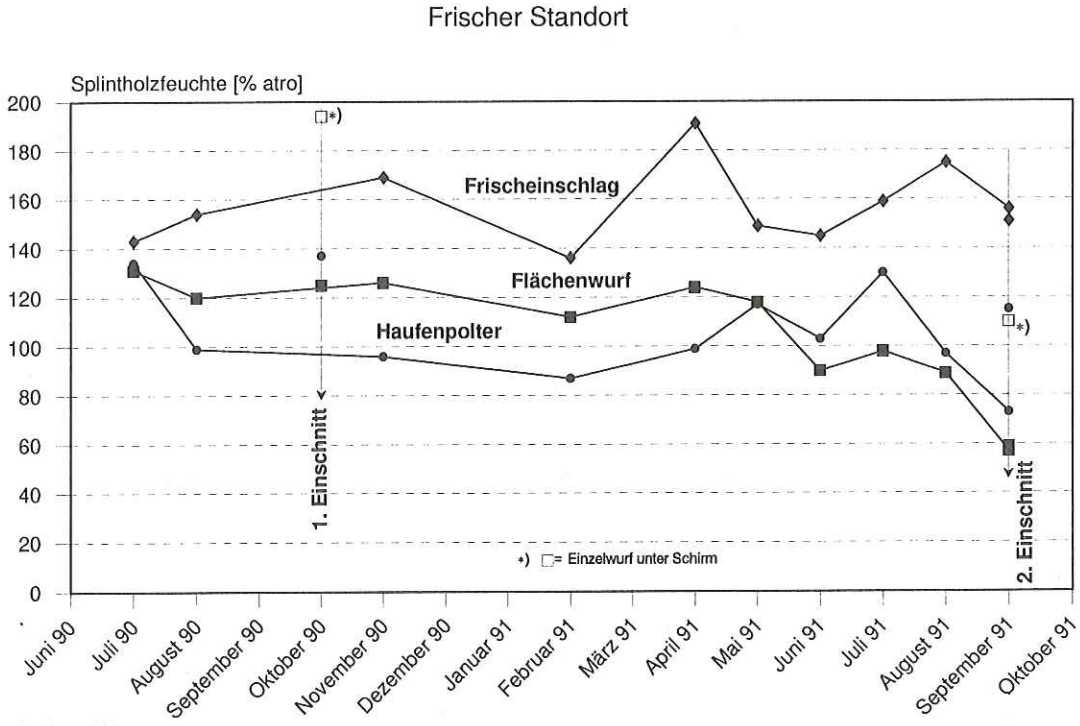
3.2. Holzfeuchtemessungen

3.2.1 Entwicklung der Holzfeuchte im Zeitverlauf

Eine Übersicht über die Mittelwerte der Splintholzfeuchte der untersuchten Fichten im zeitlichen Verlauf gibt Abbildung 3. Die Feuchteentwicklung der Dauerbeobachtungsbäume aus Lebendlagerung auf der Freifläche und der frisch eingeschlagenen Vergleichsbäume ist durch Linien dargestellt. Die Feuchtemittelwerte der Einschnittkollektive sind durch entsprechende Symbole zu den Einschnittzeitpunkten in die Zeitreihe eingefügt. Feuchtewerte vom Einzelwurf unter Schirm liegen jeweils nur von den Versuchseinschnitten vor. Die Tabellen A1 und A2 im Anhang enthalten die Grafikdaten sowie einige statistische Kenngrößen.

1) Frischeinschlag

Nach den übereinstimmenden Aussagen zahlreicher Autoren sinkt die Holzfeuchte im Außensplint lebender Fichten von Beginn der Vegetationszeit an bis zum Spätsommer/Herbst kontinuierlich. Ab dem Spätherbst werden die Wasserreservoire wieder aufgefüllt und erreichen im Winter ein Feuchtemaximum, wenn Assimilation und Transpiration ihre niedrigsten Werte aufweisen (LANGNER, 1932; BURMESTER, 1980). Andere Verfasser berichten von einem Maximum (NYLINDER, 1953) oder gar zwei weiteren Maxima (GÄUMANN, 1930) im Frühjahr.



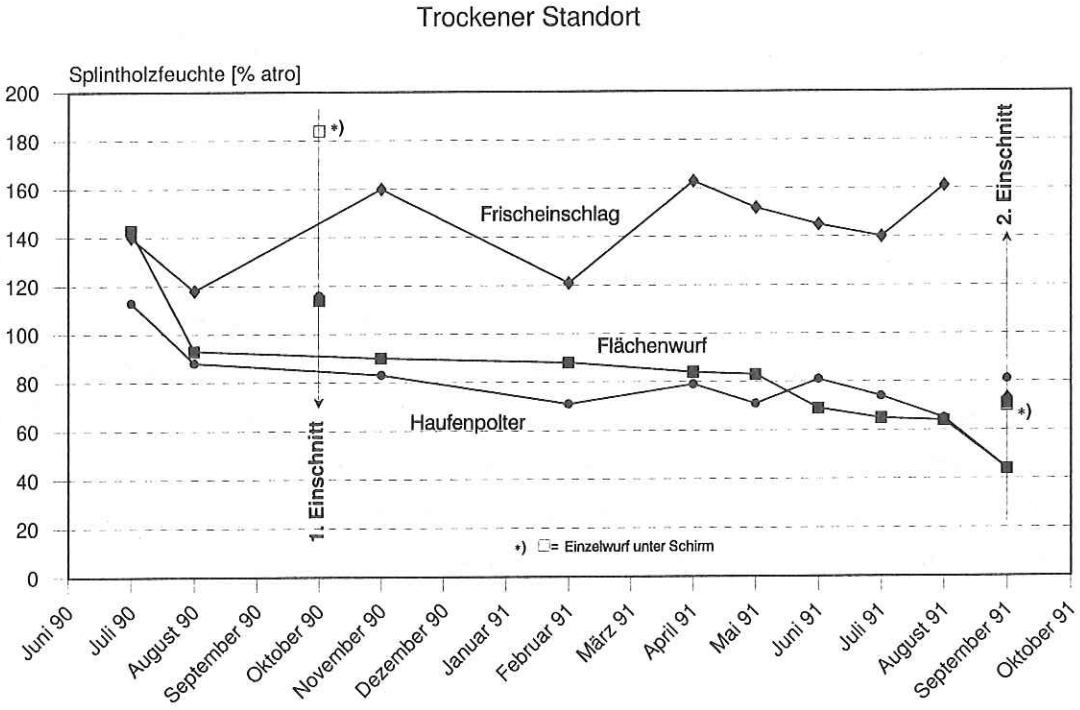


Abb. 3: Entwicklung der Splintholzfeuchte bei Fichte über zwei Vegetationsperioden (1990-1991) auf dem frischen und trockenen Standort. Darstellung der Mittelwerte der Dauerbeobachtungsbäume (Lebendlagerung - Freifläche, Polterlagerung - Waldstraße) und Frischfällung (Vergleichsstandard) sowie der im Sägewerk eingeschnittenen Versuchsstämme (1. und 2. Einschnitt). Die Holzfeuchte der Stämme für den zweiten Einschnitt im Oktober 1991 wurde Mitte September gemessen. Daten und deskriptive Statistik siehe Anhang (Tab. A1 und A2)

Die in der Literatur beschriebene Holzfeuchteentwicklung konnte auf beiden Standorten in ähnlicher Weise beobachtet werden. Das Feuchtemaximum wurde mit 191 % auf dem frischen und 163 % auf dem trockenen Standort im April erreicht. Ab diesem Zeitpunkt sank die Splintholzfeuchte auf Werte um 140 %, und stieg dann ab Juli wieder an.

Im September 1991 liegt für den trockenen Standort aufgrund einer Fehlmessung kein Wert vor.

Die Holzfeuchte der Stämme auf dem frischen Standort lag bei allen Aufnahmen über der des trockenen Standortes und bis auf eine Ausnahme immer über 140 % (Februar 1991 = 136 %). Auf dem trockenen Standort wurde der niedrigste Feuchtewert mit 118 % im August 1990 gemessen.

Die Bäume aus waldfrischem Einschlag zeigten gegenüber den lebendgelagerten Bäumen und den Stämmen der Haufenpolter an der Waldstraße zu allen Aufnahmezeitpunkten höhere Holzfeuchtewerte. Die Streuung der Einzelwerte dieser Bäume war mit Variationskoeffizienten von überwiegend unter 0,2 über alle Aufnahmen hinweg gering im Vergleich zu den Varianten der Lebendlagerung, die bezogen auf die einzelnen Aufnahmezeitpunkte zwischen 0,21 und 0,78 lagen.

2) Lebendlagerung

Die Entwicklung der Holzfeuchte bei den lebendgelagerten Bäumen beider Flächenwürfe war durch einen kontinuierlichen Rückgang gekennzeichnet.

Dieser verlief auf dem trockenen Standort gleichmäßig. Ab August 1990 unterschritten hier die Splintholzfeuchtewerte an den Dauerbeobachtungsbäumen 100 % atro und fielen bis zum Ende der laufenden Messungen im September 1991 auf weniger als ein Drittel des Ausgangswertes zurück (Juni 1990 = 143 %; September 1991 = 44 %). Die Feuchtemittelwerte der Bäume für die Versuchseinschnitte im Sägewerk lagen über denen der Dauerbeobachtungsbäume.

Auf dem frischen Standort fügen sich die Messungen am Einschnittkollektiv des Flächenwurfes gut in den Verlauf der Feuchteentwicklung an den Dauerbeobachtungsbäumen ein. Der Kurvenverlauf ist etwas unruhiger als auf dem trockenen Standort. In abgeschwächtem Maße lassen sich am liegenden Holz ähnliche Feuchtigkeitsschwankungen wie am Frischeinschlag nachvollziehen. So nahm die Holzfeuchte der lebendgelagerten Fichten am Ende der ersten Vegetationsperiode, wie

beim stehenden Bestand, leicht zu. Bis zum November 1990 blieb die Holzfeuchte über 120 % und sank erst ab Juni 1991 unter 100 %. Danach fiel sie allerdings sehr stark ab und lag im September 1991 nur noch wenig über den Werten des trockenen Standortes (Daten zur Streuung der Werte der einzelnen Aufnahmezeitpunkte sind im Anhang, Tabellen A1 und A2 aufgeführt).

Mit dem Feuchterückgang auf beiden Standorten war auch ein starker Anstieg der Streuung bei den einzelnen Meßwerten zu beobachten. Die Variationskoeffizienten stiegen von Anfangswerten um 0,2 bis 0,3 auf Werte von 0,6 bis über 0,7 an. Die Streuung der Einzelwerte bei den Aufnahmezeitpunkten am Ende der Zeitreihe waren auf dem trockenen Standort höher als auf dem frischen. Auf beiden Standorten war eine Spannweite der Meßdaten innerhalb einer Aufnahme von weit mehr als 100 Prozentpunkten die Regel (siehe Anhang Tab. A1 und A2).

Einen größeren Einfluß als der Standort übte das Kleinklima auf die Holzfeuchtigkeit aus. Unter Schirm wurden nicht nur die höchsten Feuchtemittelwerte gemessen, auch deren Streuung war vergleichsweise gering. So betrug der Feuchtemittelwert des Schirmkollektives vom frischen Standort im September 1991, also nach 18 Monaten Lagerungsdauer, noch 110 % bei einem Variationskoeffizienten von 0,43. Beim ersten Einschnitt übertrafen die unter Schirm lebendgelagerten Fichten in der Splintholzfeuchte sogar den Frischeinschlag. Dies ist nach Meinung von VITÉ (1955) darauf zurückzuführen, daß in der höheren Luftfeuchte in Bodennähe die Transpiration heruntergesetzt und die Sonneneinstrahlung auf die Stämme durch die Überschirmung gemildert werde; die Austrocknung gehe so langsamer vor sich.

3) Haufenpolter an der Waldstraße

Die Dauerbeobachtungsstämme aus der Versuchsvariante "Haufenpolter an der Waldstraße" fielen auf beiden Standorten ab der zweiten Messung im August 1990 auf Feuchtewerte von unter 100 %. Die Austrocknung verlief auf dem trockenen Standort weitgehend parallel zu den Fichten aus Lebendlagerung. Auf dem frischen Standort waren die Polterstämme bis zum Mai 1991 um ca. 20 Prozentpunkte trockener als die Dauerbeobachtungsbäume vom Flächenwurf. Ab Mai 1991 zeigten die gepolterten Stämme beider Standorte höhere Feuchtewerte als die Bäume aus Lebendlagerung. Die Variationskoeffizienten der einzelnen Feuchtemessungen lagen ungefähr in der gleichen Größenordnung wie beim lebendgelagerten Holz des Flächenwurfes (siehe Anhang Tabellen A1 und A2).

Der Feuchteunterschied zwischen den Poltern beider Standorte läßt sich durch deren Lage erklären. Die Versuchspolter vom frischen Standort lagerten im Unterschied zu denen des trockenen Standortes in einem Graben und waren stärker überschattet als auf dem trockenen Standort.

Vergleicht man die Feuchtemittelwerte der Einschnittkollektive mit denen der Dauerbeobachtungsbäume, so fällt auf, daß letztere zum Teil deutlich niedriger liegen. Dieser Umstand ist durch die Lage der Dauerbeobachtungsstämme im Polter zu erklären. Aus Gründen der Erreichbarkeit entstammten diese nur der obersten Polterschicht. Bei den Einschnitten hingegen wurden die Splintholzfeuchtewerte aller Polterstämme in die Berechnung des Mittelwertes einbezogen. Ein Feuchtevergleich der verschiedenen Polterschichten beim ersten Einschnitt ergab eine klare, wenn auch nicht immer statistisch absicherbare Abhängigkeit der Holzfeuchte von der Lage des Stammes im Polter. Obenliegende Stämme wiesen die geringste mittlere Holzfeuchte auf, wobei ihre Meßwerte am stärksten um den Mittelwert streuten.

Am Versuchsende im September 1991 unterschied sich die Holzfeuchte der Einschnittstämme aus Polterlagerung kaum von der Holzfeuchte der unter Schirm lebendgelagerten Fichten. Das galt für beide Standorte.

3.2.2 Witterungseinflüsse

LANGNER konnte 1932 an lebenden Fichten witterungsbedingte Schwankungen der Feuchtewerte nachweisen, wobei die Holzfeuchte des Splintes bei nassem, kühlem Wetter steige und bei heißem, trockenem Wetter sinke. V. PECHMANN et al. (1967) stellten fest, daß der Wassergehalt von Rundholz und damit verbunden die Holzfeuchte durch Niederschläge und Bodennässe wieder ansteigen könne. Diese Ergebnisse lassen sich anhand der eigenen Untersuchungen für alle Varianten nachvollziehen.

1990 folgten auf den regenreichen Juni ein trockener, sehr warmer Juli und August. Die Niederschläge erreichten in diesen Monaten nur ca. 60 % der Norm, die Temperatur lag mit bis zu 3 Grad weit über dem langjährigen Mittel. Die relative Luftfeuchte war mit durchschnittlich 65 % entsprechend gering, was vor allem auf dem trockenen Standort und bei den Poltern zu einem vermehrten Wasserentzug führte.

Auf dem frischen Standort wurden die fehlenden Niederschläge durch das standortbedingt höhere Wasserangebot offenbar kompensiert. Die Splintholzfeuchte der lebendgelagerten Fichten verringerte sich gegenüber der Erstaufnahme nur geringfügig.

Die zum Herbst ansteigenden Niederschläge in Verbindung mit sinkenden Temperaturen konnten im Gegensatz zum stehenden Bestand von den lebendgelagerten Bäumen nur auf dem frischen Standort zum Auffüllen ihrer Wasservorräte genutzt werden. Auf dem trockenen Standort und bei den Poltern trat keine Erholung ein. Allerdings dürften die veränderten Witterungsbedingungen zumindest für eine verlangsamte Austrocknung verantwortlich sein. Nach dem drastischen Feuchterückgang von Juni auf Juli/August lagen die letzten beiden Messungen von Oktober und November 1990 auf nahezu gleichem Niveau.

In der zweiten Vegetationsperiode 1991 konnten alle Kollektive als Folge des niederschlagsreichen Monats April das Niederschlagswasser zum Auffüllen ihrer Wasserreservoirs nutzen. Sie zeigten infolgedessen erhöhte Holzfeuchtewerte in der ersten Aprilwoche gegenüber der Aufnahme Ende Februar 1991. Ab der dritten Juniwoche wurden nur noch am Vergleichsstandard "Frischeinschlag" und den Haufenpoltern an der Waldstraße beider Standorte erhöhte Holzfeuchtewerte im Zusammenhang mit der Niederschlagstätigkeit im Juni beobachtet.

Die Zunahme der Holzfeuchtewerte bei den Stämmen der Haufenpolter deutet darauf hin, daß insbesondere die obenliegenden Stämme das Niederschlagswasser über die Stammoberseite oder mögliche Verletzungen aufnahmen.

3.2.3 Verteilung der Holzfeuchte im Stamm

Um ein Längsprofil der Splintholzfeuchte zu erhalten, wurden 3 Bäume aus Lebendlagerung und die 3 zu jedem Aufnahmezeitpunkt frisch eingeschlagenen Bäume an Meßpunkten am Stamm im Abstand von 2 m für jeden Standort untersucht. Die Mittelwerte dieser jeweils 3 Stämme sind in der nachfolgenden Abbildung 4 für den frischen Standort als durchgezogene Linie grafisch dargestellt. Zwischen den Standorten gab es keine wesentlichen Abweichungen. Die obere Grafik bezieht sich auf die erste Feuchtemessung im Juli 1990, die Grafik darunter auf die letzte Feuchtemessung im September 1991. Die Grafikdaten sind in der Tabelle A3 im Anhang enthalten.

Wie aus der Streuung um die Mittelwerte erkennbar ist, variierten die Feuchtewerte auch bei gleichen Entnahmehöhen an verschiedenen Stämmen beträchtlich.

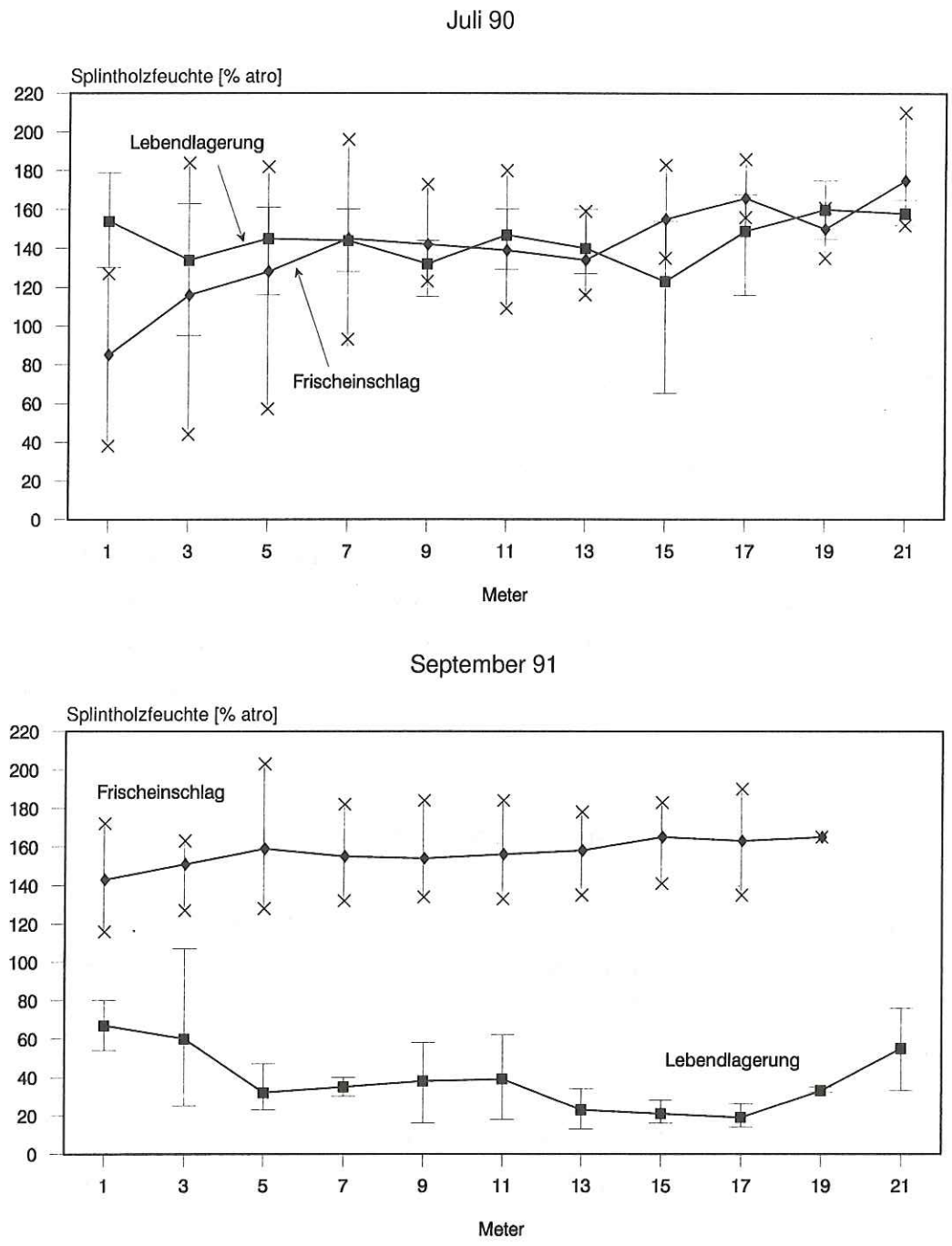


Abb. 4: Verteilung der Splintholzfeuchte in der Stammlängsachse bei frisch eingeschlagenen und lebendgelagerten Fichten aus dem Flächenwurf des frischen Standortes in der ersten und zweiten Vegetationsperiode des Lagerungsversuches. Die Spannweite der niedrigsten und höchsten gemessenen Feuchtewerte um den Mittelwert (durchgezogene Linie) ist für den Frischeinschlag durch Kreuze, für die Lebendlagerung durch Striche symbolisiert. Daten und Stichprobenumfang siehe Tabelle A3 im Anhang.

Die frisch eingeschlagenen Bäume zeigten über die gesamte Versuchsdauer ebenso wie das lebendgelagerte Holz bei den jeweils ersten Aufnahmen eine Feuchteverteilung, wie sie in der Literatur für stehende Fichten überwiegend beschrieben wird (MICHELS, 1943; KNIGGE und SCHULZ, 1966). Der Wassergehalt nahm vom Stammfuß zur Krone im allgemeinen zu.

Das Feuchtigkeitsgefälle wird mit der nach oben abnehmenden Rohdichte begründet (MICHELS, 1943; NYLINDER, 1953; PANSHIN und DE ZEEUW, 1980). Ein eindeutiges Gefälle in der Dichteverteilung im Stammholz von Fichten konnte ELLIOTT (1970) nach der Auswertung einer Vielzahl von Arbeiten allerdings nicht bestätigen.

Die Fichten aus Lebendlagerung zeigten in der zweiten Vegetationsperiode ein sehr uneinheitliches Bild. In der Tendenz nahmen auf beiden Standorten die Holzfeuchtewerte mit der Stammhöhe ab. Die beschriebene Abnahme der Splintholzfeuchte im Kronenbereich ging mit einer vollständigen Entnadelung einher. Es erscheint naheliegend, daß ein Großteil der lebendgelagerten Fichten spätestens ab Juli 1991 nicht mehr in der Lage war, über die Wurzel Wasser bis in die Krone hinein aufzunehmen, da diese zu diesem Zeitpunkt bereits physiologisch abgestorben war. Umgekehrt ausgedrückt, lebten die meisten Fichten nach den Sturmwurf noch 15 Monate. Nach Erfahrungen von DELORME et al. (1973) waren nach 13 Monaten zwei Drittel aller im Winter geworfenen Fichten abgestorben, nach 17 Monaten sämtliche Fichten. KUNZ (1961) berichtet, daß die im August 1958 windgeworfenen Fichten nach 11 Monaten alle abgestorben waren.

3.2.4 Korrelationen zwischen Baummerkmalen und der Holzfeuchte

In der ersten Vegetationsperiode des Lagerungsversuches wurden von PADBERG (1991) verschiedene Charakteristika der geworfenen Fichten auf einen möglichen Zusammenhang mit der Splintholzfeuchte überprüft. Die Untersuchung erstreckte sich nur auf die Dauerbeobachtungsbäume der Flächenwürfe beider Standortsvarianten.

Positive Korrelationen zeigte die Holzfeuchte mit Baummerkmalen, die auf eine hohe soziale Stellung des Individuums im Bestand hindeuten. Als besonders aussagekräftig erwiesen sich in diesem Zusammenhang:

- BHD,
- Baumlänge,
- h/d-Wert,
- Breite und anhaftendes Erdvolumen des Wurzeltellers und
- im Untersuchungsjahr gebildete Trieblängen.

Die Standorte unterschieden sich in der Straffheit der Beziehungen, im Grad der Einflußnahme und im zeitlichen Wirken der einzelnen Faktoren. Größtenteils korrelierten auf dem trockenen Standort diejenigen Parameter stärker mit der Holzfeuchte, die sich direkt auf die Stammdimension bezogen.

Das galt vor allem für den warmen und niederschlagsarmen Monat August. Hierzu zählen neben BHD und Baumlänge vor allem Mittendurchmesser und Zopfdurchmesser des Stammes. Die linearen Korrelationskoeffizienten nahmen dabei überwiegend Werte zwischen 0,5 und 0,6 an. Auf dem frischen Standort ergaben sich höhere Korrelationskoeffizienten mit verschiedenen Wurzelparametern, beispielsweise maximale Breite des Wurzeltellers oder Volumen des anhaftenden Erdballens am Wurzelteller (lineare Korrelationskoeffizienten zwischen 0,45 und 0,79).

Eine Beziehung zwischen der sozialen Stellung und der Holzfeuchte wurde bei lebenden Fichten bereits von anderen Autoren beobachtet. Nach NYLINDER (1953) steigt die Holzfeuchtigkeit mit wachsendem Stammdurchmesser stark an. Dagegen weisen sozial niedriger stehende Fichten, deren engringiges, frühholzarmes Holz eine höhere Dichte besitzt, eine geringere Holzfeuchte auf (BURGER, 1953).

Mit Hilfe von jeweils 3 unabhängigen Variablen konnten für beide Standorte multiple Regressionsgleichungen aufgestellt werden, die über fast alle Aufnahmetermine hinweg mehr als 60 % an der Gesamtstreuung der Holzfeuchte erklärten. Die gewählten Parameter und die Regressionsgleichungen sind der nachfolgenden Tabelle 4 zu entnehmen. Das Erdvolumen des Wurzelballens, welches als eine unabhängige Variable auf dem trockenen Standort ausgewählt wurde, errechnete PADBERG (1991) näherungsweise über die Volumenformel eines Ellipsoides. Alle Regressionen sind signifikant bzw. hoch signifikant.

Die Nadelverfärbung war zur okularen Einschätzung der Splintholzfeuchte am Versuchsholz nur in Verbindung mit den oben genannten Dimensions- und Wurzelparametern brauchbar. Schwach dimensionierte Fichten mit grüner Krone konnten während des Spätsommers im Splint einen vergleichbaren Wassergehalt aufweisen wie überdurchschnittlich starke mit fast entnadelter Krone.

Als ungeeigneter Weiser für die Holzfeuchte erschienen der Blühzustand, der Nadelabfall beim Schütteln sowie Parameter, die sich auf die Lage des Stammes auf der Sturmfläche beziehen (z.B. Länge des Stamm-/ Bodenkontaktes, Wurfrichtung, individuelle Beschattung einzelner Stammteile durch darüberliegende Bäume usw.).

Definition der Splintholzfeuchte (u % atro) durch			
Brusthöhendurchmesser (BHD), Erdvolumen des Wurzelballens (V_{te}) und Seitentrieblänge (L_{Str})		Gesamtlänge (L_{Ges}), Bodenkontaktbreite des Wurzelballens (b_2) und Seitentrieblänge (L_{Str})	
trockener Standort		frischer Standort	
1. Juliwoche 1990			
$u = 18{,}01 + 4 * BHD - 35{,}54 * V_{te} + 6{,}72 * L_{Str}$		$u = -81{,}14 + 6{,}13 * L_{Ges} - 0{,}04 * b_2 + 7{,}31 \cdot L_{Str}$	
$r^2 = 0{,}732$	$p = 0{,}000$	$r^2 = 0{,}617$	$p = 0{,}002$
4. Augustwoche 1990			
$u = -42{,}48 + 3{,}75 * BHD - 19{,}8 * V_{te} + 4{,}7 * L_{Str}$		$u = -33{,}96 + 1{,}38 * L_{Ges} + 0{,}17 * b_2 + 6{,}85 * L_{Str}$	
$r^2 = 0{,}679$	$p = 0{,}000$	$r^2 = 0{,}726$	$p = 0{,}000$
3. Novemberwoche 1990			
$u = -17{,}14 + 2{,}76 * BHD + 0{,}56 * V_{te} - 0{,}58 * L_{Str}$		$u = -87{,}16 + 2{,}33 * L_{Ges} + 0{,}19 * b_2 + 11{,}35 * L_{Str}$	
$r^2 = 0{,}378$	$p = 0{,}002$	$r^2 = 0{,}716$	$p = 0{,}000$

Tab. 4: Lebendlagerung Flächenwurf: Multiple lineare Regressionen zwischen der Splintholzfeuchte und jeweils drei Einflußgrößen in der ersten Vegetationsperiode. Trockener Standort: n = 20; frischer Standort: Juliaufnahmen n = 12, restliche Aufnahmen n = 20 (r^2 = multiples Bestimmtheitsmaß; p = Signifikanzniveau der multiplen Korrelationskoeffizienten).

3.3 Insektenbefall

Von allen Versuchsvarianten blieben nur auf dem frischen Standort die Haufenpolter an der Waldstraße über die gesamte Versuchsdauer frei von einem Befall durch forstlich relevante Insekten. Dieser Umstand ist besonders für das Versuchspolter, das im Oktober 1990 im ersten Versuchseinschnitt eingeschnitten wurde, bemerkenswert, da es aufgrund umweltrechtlicher Belange als einziges keiner Insektizidbehandlung mit RIPCORD® 40 (0,5 %) unterzogen wurde. Der Grund für die Befallsfreiheit der Polter des frischen Standortes dürfte in deren schattiger, relativ feuchter Lage im wegnahen Graben liegen. Der Graben ermöglichte eine besonders kompakte Polterung (s. a. die Feuchtewerte [Haufenpolter an der Waldstraße] in Abb. 2).

Die Polter der entsprechenden Versuchsvariante des trockenen Standortes lagerten auf flachem Grund und hatten damit eine größere Oberfläche. So wies das Polter vom trockenen Standort im Oktober 1990 von allen Versuchsvarianten nicht nur die höchste Anzahl befallener Stämme (75 %, bzw. 15 Stämme), sondern auch die größte Artenvielfalt auftretender Insekten auf. Der gestreifte Nutzholzborkenkäfer (*Trypodendron lineatum Ol.*) wurde im Oktober 1990 ausschließlich bei dieser Versuchsvariante angetroffen (2 Stämme).

Neben 3 Stämmen mit Bockkäfer-Befall zählten faßt alle Insekten zu den rinden- oder wurzelbrütenden Borkenkäfern. Neben forstlich relevanten Rindenbrütern waren aber auch Totholz-Borkenkäfer der Gattungen *Hylurgops*, *Dryocoetes* und *Hylastes* zahlreich vertreten.

Die meisten Insekten hatten zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits ihre Entwicklung abgeschlossen und waren nur noch durch ihre Brutbilder identifizierbar. Die noch in der Rinde vorgefundenen Stadien wiesen eine höhere Mortalität und infolgedessen auch eine geringere Brutdichte auf als bei den lebendgelagerten Stämmen. Dagegen wurden Insekten, die ihre Entwicklung teilweise oder ganz im Holz durchliefen, durch das Insektizid offenbar nicht beeinträchtigt. Alle Bockkäferlarven waren vital, die fertig entwickelten Nutzholzborkenkäfer hatten die Brutröhren schon verlassen. Der Befall konzentrierte sich im allgemeinen auf die feuchteren Stämme aus der unteren und mittleren Polterschicht sowie auf Stämme der schlecht zugänglichen Polterrückseite. Hier trat vor allem *Trypodendron lineatum Ol.* auf.

Auch im September 1991 zeigte das Haufenpolter vom trockenen Standort an 7 Stämmen Befall durch *Trypodendron lineatum Ol.*. Die Befallsintensität lag höher als bei allen anderen Kollektiven.
Der Insektenbefall an den lebendgelagerten Fichten setzte sich am Ende der Vegetationsperiode 1990 überwiegend aus forstlich relevanten Rindenbrütern (Buchdrucker und Kupferstecher) zusammen. Der frische Standort schnitt mit 5 befallenen Stämmen auf der Freifläche (von den 20 untersuchten Bäumen) und nur einem Stamm auf der Schirmfläche wesentlich günstiger als der trockene Standort ab. Die absolut höchste Befallszahl fand sich mit 70 % aller Stämme (n=20) und 45 % aller untersuchten Fenster (n=60) auf der Freifläche des trockenen Standortes. Im Vergleich zur Schirmfläche desselben Standortes, wo nur 30 % der Fichten einen Befall durch Rindenbrüter aufwiesen, war die Brutdichte auf der Freifläche mit durchschnittlich nur zwei Brutbildern pro befallenem Fenster (Größe: 1000 cm^2) gering.

Unter Schirm wiesen die Fenster, an denen Borkenkäferbefall festgestellt wurde, im Durchschnitt fast 4 vollständige Brutbilder auf. Trotz einer hohen Splintholzfeuchte (im Oktober 1990: Stämme mit Käferbefall 177 % atro; Stämme ohne Käferbefall 189 % atro) setzte die Besiedlung durch Rindenbrüter hier schon relativ zeitig ein. Während die Besiedlung des Sturmwurfholzes bei allen anderen Varianten frühestens durch abwandernde Altkäfer (Geschwisterbrut) oder durch fertig entwickelte Käfer der ersten Generation gelang, wurde ein Teil der Einzelwürfe unter Schirm bereits zum Zeitpunkt des Frühjahrsschwärmfluges besiedelt.

Diese Bäume wiesen die höchste Brutdichte auf. Ihre Rinde war im Laufe des Sommers 1990 großflächig abgefallen. Ähnliche Beobachtungen wurden in Niedersachsen gemacht, wo nach dem Wintersturm von 1972 die Altkäfer ihre Brutbäume zunächst ziemlich dicht besetzten (dabei handelte es sich jedoch überwiegend um Windbrüche). Erst später siedelte der Buchdrucker deutlich lockerer, beanspruchte dafür aber ein Vielfaches an Brutfläche (NIEMEYER, 1979).

Entsprechend der frühzeitig ausgebildeten ersten Generation war auch die Entwicklung der zweiten Generation bei der Schirmfläche im Oktober schon weit vorangeschritten. Viele Brutbilder waren bereits teilweise oder völlig verlassen (an 90 % aller Käferbäume löste sich aus diesem Grund die Rinde ab); die Bruten selbst enthielten kaum noch Larven. Der Anteil von Jungkäfern und fertig ausgefärbten Imagines machte mehr als zwei Drittel aus.

Bei den anderen Varianten waren am Ende der Vegetationsperiode höchstens die Hälfte der Brutbilder verlassen. Rindenschäden infolge des Borkenkäferbefalls traten auf. Brutbilder mit lebendigen Stadien enthielten zu mehr als 70 % Larven.

Als einzige technologisch schädliche Art am lebendgelagerten Holz trat der Fichtenbock (*Tetropium spec.*) auf. Mit jeweils nur einem befallenen Stammabschnitt auf beiden Lebendlagerungsvarianten des trockenen Standortes war dessen Vorkommen am lebendgelagerten Holz aber äußerst gering. Im Umkreis aller Versuchsflächen kam es 1990 zu keinem Stehendbefall.

Im Herbst 1991 konnte an allen Stämmen aus Lebendlagerung an mindestens einem Fenster Befall durch Rindenbrüter, hauptsächlich durch Buchdrucker (*Ips typographus L.*) und Kupferstecher (*Pityogenes calcographus L.*), festgestellt werden. Ihr Anteil an allen vorgefunden Arten machte auf beiden Standorten ca. 90 % aus. Alle Rindenbrüter wurden ausschließlich als Imagines gefunden. Eier oder Larven kamen im Unterschied zum Vorjahr nicht vor.

Wie schon im Herbst 1990 lag die Befallszahl beider Arten auf dem trockenen Standort fast doppelt so hoch wie auf der frischen Standortsvariante. Die lebendgelagerten Fichten zeigten im Herbst 1991 allerdings nur eine relativ geringe Befallsintensität. Auf dem trockenen Standort waren die Rindenbrüter von den Einzelwürfen unter Schirm auf den Bestand übergesiedelt und verursachten hier Stehendbefall. Von allen Varianten wurde am stehenden Bestand im Umkreis der Versuchsflächen des trockenen Standortes die höchste Befallsintensität gefunden.

Die fortschreitende Austrocknung machte die lebendgelagerten Stämme als Brutsubstrat untauglich. In der Nähe der Versuchsflächen des frischen Standortes wurde kein Stehendbefall festgestellt.

1991 kamen auch an den lebendgelagerten Fichten holzbrütende Borkenkäfer vor. Das Auftreten von *Trypodendron lineatum Ol.* konzentrierte sich überwiegend auf den trockenen Standort, wo er in relativ hoher Dichte an 12 Stämmen beobachtet wurde. Auf dem frischen Standort wurden an 5 Stämmen lediglich 12 Käfer gezählt.

Umgekehrt verhielt es sich mit dem Fichtenbock (*Tetropium spec.*). Dieser hatte seinen Befallsschwerpunkt auf dem frischen Standort. Larven wurden bei Lebendlagerung an insgesamt 9 Stämmen gefunden. Auf dem trockenen Standort kam er in geringerer Dichte an nur 3 Stämmen vor. Von SCHRÖTER et al. (1992) werden für das Jahr 1991 lebendgelagerte Bäume als Ausgangspunkte für einen Stehendbefall durch Fichtenbock beschrieben. Diese Beobachtung konnte bei vorliegender Untersuchung nicht bestätigt werden. An den frisch eingeschlagenen Bäumen von beiden Standorten wurden keine Fichtenbocklarven beobachtet.

Zwischen der Splintholzfeuchte und dem Borkenkäferbefall ergaben sich keine eindeutigen Zusammenhänge. Auffallend war das große Feuchtigkeitsspektrum der Fichten, die von rindenbrütenden Borkenkäfern besiedelt waren. Das Minimum betrug 22 % Holzfeuchte (Buchdrucker), das Maximum 237 % (Kupferstecher). Die anderen Arten kamen in zu geringer Häufigkeit vor, um aussagekräftige Ergebnisse ableiten zu können. Auch andere Lageparameter, Beschattungsintensitäten bestimmter Stammbereiche etc. ließen keinen klaren Zusammenhang zum Borkenkäferbefall erkennen.

Bei der Verteilung der verschiedenen Arten auf die Stammlängsachse konnten in Übereinstimmung mit Literaturangaben (SCHMIDT-VOGT, 1989) folgende Schwerpunkte des Vorkommens festgestellt werden:

- Fichtenbock ausschließlich im unteren, borkigen Stammteil,
- Buchdrucker und Nadelnutzholzbohrer im unteren und mittleren Stammdrittel und
- Kupferstecher in den höheren, dünnrindigen Stammpartien.

Tabellenverzeichnis

Nr.	Tabelle	Seite
1	Übersicht der Fichten-Versuchsflächen	26
2	Versuchseinschnitte Fichte: Stammzahlen der einzelnen Versuchsvarianten und Einschnittermine.	28
3	DIN 68365- Ausschnitt aus Tabelle 3 "Ungehobelte besäumte Bretter und Bohlen aus Nadelholz" mit den Gütemerkmalen, die durch Lagerung verändert werden können.	29
4	Lebendlagerung Flächenwurf: Multiple lineare Regressionen zwischen der Splintholzfeuchte und jeweils drei Einflußgrößen in der ersten Vegetationsperiode. Trockener Standort: n = 20; frischer Standort: Juliaufnahmen n = 12, restliche Aufnahmen n = 20 (r^2 = multiples Bestimmtheitsmaß; p = Signifikanzniveau der multiplen Korrelationskoeffizienten).	50

Abbildungsverzeichnis

Nr.	Abbildung	Seite
1	Übersicht der Versuchsvarianten	25
2	Schnittholzqualität lebendgelagerter Fichten im Oktober 1990 und 1991. Vergleich des Anteils der Güteklassen 0/I (nach DIN 68365) an Hauptware für die verschiedenen Lagerungs- und Standortsvarianten. Die Sortierung erfolgte nur nach Gütemerkmalen, die durch Lagerung verändert werden können (Farbe, Wurm- und Käferfraß, Risse, Rot- und Weißfäule).	40
3	Entwicklung der Splintholzfeuchte bei Fichte über zwei Vegetationsperioden (1990-1991) auf dem frischen und trockenen Standort. Darstellung der Mittelwerte der Dauerbeobachtungsbäume (Lebendlagerung - Freifläche, Polterlagerung - Waldstraße) und Frischfällung (Vergleichsstandard) sowie der im Sägewerk eingeschnittenen Versuchsstämme (1. und 2. Einschnitt). Die Holzfeuchte der Stämme für den zweiten Einschnitt im Oktober 1991 wurde Mitte September gemessen. Daten und deskriptive Statistik siehe Angang (Tabelle A1 und A2).	42
4	Verteilung der Splintholzfeuchte in der Stammlängsachse bei frisch eingeschlagenen und lebendgelagerten Fichten aus dem Flächenwurf des frischen Standortes in der ersten und zweiten Vegetationsperiode des Lagerungsversuches. Die Spannweite der niedrigsten und höchsten gemessenen Feuchtewerte um den Mittelwert (durchgezogene Linie) ist für den Frischeinschlag durch Kreuze, für die Lebendlagerung durch Striche symbolisiert. Daten und Stichprobenumfang siehe Tabelle A5 im Anhang.	47

Anhang

Fichte												
Frischer Standort												
Aufnahmezeitpunkt												
Kenn-größe	07/ 90	08/ 90	10/90 1. Ein-schnitt	11/90	02/91	04/91	05/91	06/91	07/91	08/91	09/91	09/91 2. Ein-schnitt
Frischeinschlag												
$\bar{x}$	143	154	-	169	136	191	149	145	159	175	156	151
Vk	0,27	0,22	-	0,15	0,15	0,07	0,10	0,08	0,14	0,13	0,14	0,18
x_{min}	38	29	-	69	70	166	127	119	112	101	116	68
x_{max}	210	235	-	209	160	222	179	160	196	208	203	221
n	39	41	-	33	36	33	33	32	30	33	29	67
Lebendlagerung Flächenwurf [*) = Einzelwurf unter Schirm]												
$\bar{x}$	131	120	125 /194*)	126	112	124	118	90	98	89	57	59 / 110*)
Vk	0,23	0,32	0,54 / 0,17*)	0,38	0,42	0,41	0,42	0,47	0,45	0,47	0,58	0,80 / 0,43*)
x_{min}	84	46	31 / 62*)	42	36	37	35	26	32	20	17	12 / 28*)
x_{max}	176	192	226 / 230*)	214	192	230	202	186	196	208	136	195 / 199*)
n	24	40	37 / 28*)	40	40	40	40	40	40	40	40	122 / 123*)
Haufenpolter an der Waldstraße												
$\bar{x}$	134	99	137	96	87	99	117	103	130	97	73	115
Vk	0,40	0,44	0,41	0,48	0,31	0,46	0,44	0,45	0,35	0,55	0,71	0,47
x_{min}	48	35	18	49	32	39	39	37	44	28	25	08
x_{max}	193	165	228	181	108	175	192	166	189	211	170	226
n	10	10	90	10	10	10	10	10	10	10	10	104

Tabelle A1: Entwicklung der Splintholzfeuchte bei Fichte auf dem frischen Standort über zwei Vegetationsperioden. Mittelwerte und deskriptive Statistik der Dauerbeobachtungsbäume (Lebendlagerung - Flächenwurf, Polterlagerung - Waldstraße), der Frischfällung (Vergleichsstandard) und der im Sägewerk eingeschnittenen Versuchsstämme (1. und 2. Einschnitt). Die Feuchtemessungen an den Fichten für den zweiten Versuchseinschnitt im Oktober 1991 fanden Mitte September statt.

($\bar{x}$ = arithmetisches Mittel; Vk = Variationskoeffizient; x_{min} = Minimalwert; x_{max} = Maximalwert; n = Anzahl der Feuchtemessungen).

Fichte												
Trockener Standort												
Aufnahmezeitpunkt												
Kenn-größe	07/ 90	08/ 90	10/90 1. Ein-schnitt	11/90	02/91	04/91	05/91	06/91	07/91	08/91	09/91	09/91 2. Ein-schnitt
Frischeinschlag												
$\bar{x}$	140	118	-	160	121	163	152	145	140	161	81	73
Vk	0,18	0,29	-	0,17	0,18	0,28	0,14	0,09	0,18	0,11	0,45	0,46
x_{min}	77	64	-	71	54	40	93	116	54	122	33	32
x_{max}	178	188	-	204	167	240	191	167	173	192	143	161
n	39	39	-	32	34	28	33	31	34	32	35	79
Lebendlagerung Flächenwurf [*) = Einzelwurf unter Schirm]												
$\bar{x}$	143	93	114 /184*)	90	88	84	83	69	65	64	44	71 / 70*)
Vk	0,21	0,42	0,47 / 0,16*)	0,55	0,54	0,69	0,58	0,70	0,67	0,76	0,78	0,59 / 0,73*)
x_{min}	34	22	30 / 107*)	32	29	29	20	19	21	15	14	14 / 11*)
x_{max}	223	173	224 / 229*)	193	193	217	236	172	171	170	166	178 / 185*)
n	40	40	38 / 36*)	40	40	39	39	40	40	39	40	120 / 58*)
Haufenpolter an der Waldstraße												
$\bar{x}$	113	88	116	83	71	79	71	81	74	65	44	81
Vk	0,42	0,47	0,44	0,39	0,50	0,44	0,64	0,38	0,53	0,54	0,64	0,58
x_{min}	49	36	13	29	34	37	33	44	30	24	23	03
x_{max}	183	182	222	125	151	119	179	132	149	116	117	187
n	10	10	92	10	10	10	10	10	10	10	10	110

Tabelle A2: Entwicklung der Splintholzfeuchte bei Fichte auf dem trockenen Standort über zwei Vegetationsperioden. Mittelwerte und deskriptive Statistik der Dauerbeobachtungsbäume (Lebendlagerung - Flächenwurf, Polterlagerung - Waldstraße), der Frischfällung (Vergleichsstandard) und der im Sägewerk eingeschnittenen Versuchsstämme (1. und 2. Einschnitt). Die Feuchtemessungen an den Fichten für den zweiten Einschnitt im Oktober 1991 fanden Mitte September statt.

($\bar{x}$ = arithmetisches Mittel; Vk = Variationskoeffizient; x_{min} = Minimalwert; x_{max} = Maximalwert; n = Anzahl der Feuchtemessungen).

Fichte												
Frischer Standort												
Juli 1990												
Kenn-größe	Meter											
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
Frischeinschlag												
$\bar{x}$	85	116	128	145	142	139	134	155	166	150	175	150
x_{min}	38	44	57	93	123	109	116	135	156	135	152	139
x_{max}	127	184	182	196	173	180	159	183	186	161	210	162
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Lebendlagerung Flächenwurf												
$\bar{x}$	154	134	145	144	132	147	140	123	149	160	158	-
x_{min}	130	95	116	128	115	129	127	65	116	145	152	-
x_{max}	179	163	161	160	144	160	160	154	168	175	165	-
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	-
September 1991												
Kenn-größe	Meter											
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
Frischeinschlag												
$\bar{x}$	143	151	159	155	154	156	158	165	163	165	-	-
x_{min}	116	127	128	132	134	133	135	141	135	165	-	-
x_{max}	172	163	203	182	184	184	178	183	190	165	-	-
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	-	-
Lebendlagerung Flächenwurf												
$\bar{x}$	67	60	32	35	38	39	23	21	19	33	55	-
x_{min}	54	25	23	30	16	18	13	16	14	32	33	-
x_{max}	80	107	47	40	58	62	34	28	26	35	76	-
n	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	-

Tabelle A3: Verteilung der Splintholzfeuchte bei Fichte auf dem frischem Standort in Stammlängsrichtung. Mittelwerte von je drei Stämmen am Beginn und am Ende der Lebendlagerung.

($\bar{x}$ = arithmetisches Mittel; Vk = Variationskoeffizient; x_{min} = Minimalwert; x_{max} = Maximalwert; n = Anzahl der Feuchtemessungen).

KAPITEL II/ *Chapter II*

Untersuchungen zur Lebendlagerung von Fichten- und Kiefern-Stammholz

Investigations on the live-storage of Norway spruce timber and Scots pine timber

Abschnitt 2/ *Section 2*

Kiefern – Stammholz
- Versuchsmethodik, Ergebnisse und Diskussion -

Scots pine timber
- Methodology of the experiment, results and discussion -

INHALTSÜBERSICHT

Seite

1. Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchungen **63**

2. Material und Methoden **63**
2.1 Untersuchungsansatz und Versuchsaufbau 63
2.2 Untersuchungsgebiet, Versuchsflächen und Untersuchungsmaterial 63
2.3 Methoden 64
2.3.1 Einschnitt 64
2.3.2 Splintholzfeuchte 65
2.3.3 Insektenbefall 66

3. Ergebnisse und Diskussion **67**
3.1 Holzqualität 67
3.1.1 Bläuebefall 67
3.1.2 Holztechnologisch relevante Schäden durch holzbrütende Insekten 69
3.2 Holzfeuchtemessungen 70
3.2.1 Entwicklung der Holzfeuchte im Zeitverlauf 70
1) Frischeinschlag 72
2) Lebendlagerung 72
3) Haufenpolter an der Waldstraße 73
3.2.2 Verteilung der Holzfeuchte im Stamm 74
3.3 Insektenbefall 76
3.3.1 Befallsdichte und Intensität des Befalls in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer 76
3.3.2 Käferarten 77
3.3.3 Einfluß der Holzfeuchte auf den Insektenbefall 78

Literaturverzeichnis (siehe Gesamtliteraturverzeichnis)

Tabellenverzeichnis **79**

Abbildungsverzeichnis **80**

Anhang **81**

1. Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchungen

Die Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchungen zur Lebendlagerung von sturmgeworfenem Kiefern-Stammholz glich derjenigen bei den Untersuchungen des Fichten-Stammholzes.

Die im vorhergehenden Kapitel formulierten Fragestellungen zur Fichte lassen sich vollständig auf die hier dargestellte Thematik übertragen (siehe Seite 23 ff.), wobei die Erhebung des Auftretens von Schadinsekten im lebendgelagerten Stammholz eine stärkere Bedeutung gewann als bei den Untersuchungen an Fichten.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsansatz und Versuchsaufbau

Im Wesentlichen wurde der gleiche Versuchsaufbau wie für die Lebendlagerung des Fichtenholzes gewählt (siehe Seite 24 ff.). Damit sollten eine einheitliche Methodik und die Möglichkeit hoher Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die beiden Hauptnadelbaumarten gewährleistet werden.
Aus diesem Grund war die Versuchsanlage zur Lebenlagerung von Kiefern-Stammholz identisch mit derjenigen der Fichtenuntersuchung (siehe Seite 25). Das galt auch für die teilweise Insektizidbehandlung. An ausgesuchten Bäumen des Kiefern-Sturmwurfholzes wurde zusätzlich eine schwerpunktmäßige Teiluntersuchung zur Forstschutzsituation (Insektenbefall) durchgführt.

2.2 Untersuchungsgebiet, Versuchsflächen und Untersuchungsmaterial

Die Versuchsflächen befanden sich im Bereich des Forstamtes Schaidt im Bienwald (Wuchsgebiet Vorderpfälzische Rheinebene). Detaillierte Angaben zu den Versuchsflächen können der Tabelle 1 entnommen werden.

Auch für die Kiefer galt die Prämisse, nur Bäume ohne erkennbare ältere Stammverletzungen auszuwählen. Damit sollte sichergestellt werden, daß Merkmale der Schnittholzqualität eindeutig auf beeinflussende Parameter der Lagerung zurückzuführen sind. Die Auswahl der Untersuchungsbäume erfolgte nach den auf Seite 27 aufgeführten Kriterien.

Kiefer - Forstamt Schaidt/Bienwald				
	Versuchsfläche			
	trockener Standort		frischer Standort	
Merkmal	Einzelwurf (Schirm)	Flächenwurf	Einzelwurf (Schirm)	Flächenwurf
Geologie	Niederterrasse mit jungpleistozänen, fluviatilen Ablagerungen (Kies und Sand; Bienwaldschotter), zum Teil von endpleistozänen bis holozänen Dünen überlagert			
Bodentyp	podsolige Gley-Braunerde	stark podsolige Braunerde	Naßgley - Gley	Pseudogley - Gley
Trophie	oligotroph		meso-/oligotroph	
Bodenart	Mittel bis Feinsand			
Wasserhaushalt	mäßig frisch	mäßig trocken	frisch	
Bestockung	Kiefer geringer Leistung; vereinzelt Buchen-, gruppen- bis horstweise Fichten-Beimischung	Kiefer geringer Leistung, lückig; gruppenweise Fichten-Beimischung	Kiefer geringer Leistung; vereinzelt mit Fichten-, Buchen- und Stieleichen-Beimischung	
Alter in Jahren	119	129	129	105
Ertragsklasse	1,5	2,5	1,0	1,0
Wuchsbezirk	07.01.02 (Vorderpfälzische Rheinebene)			
Niederschlagsgruppe	2 (675 - 750 mm J)			
ökolog. Wärmestufe	planar (> 16 ° C tvS)			
Abteilung	XXV 9 a^3	XXV 16 b^4	XXI 16 b^3	XXI 16 c^2 + d
Flurname	Dornheck	Haardt	Spießlache planare Höhenstufe	
Höhe [m ü. NN]	143	145	134	136
Exposition	sehr schwach nach NO geneigte Ebene			
Neigung [Grad]	0		0	
Oberflächenform	Ebene			

Tab. 1: Übersicht der Kiefern-Versuchsflächen

2.3 Methoden

2.3.1 Einschnitt

Zum Einschnitt gelangte das Stammholz von 266 Kiefern. Es wurde in den Monaten März und Oktober des Jahres 1991 eingeschnitten. Tabelle 2 verdeutlicht die Umfänge der einzelnen Einschnitte in Abhängigkeit der Variante und des Einschnittszeitpunktes. Zu berücksichtigen ist auch hierbei, ähnlich wie bei den Fichtenuntersuchungen, daß die Zahl der tatsächlich untersuchten Stämme nicht immer mit der ursprünglich vorgesehenden Anzahl übereinstimmte (Stammbrüche; falsche Zuordnung bei Aufarbeitung und Transport). Stets vergleichbare Einschnittsprogramme konnten aus betrieblichen Gründen in den Sägewerken nicht immer eingehalten werden.

Stammzahlen und Zeitpunkte der Versuchseinschnitte									
Termine	Varianten								Σ
	Frischer Standort				Trockener Standort				
	Einschlag (waldfrisch)	Einzelwurf (Schirm)	Flächenwurf	Polter (Waldstraße)	Einschlag (waldfrisch)	Einzelwurf (Schirm)	Flächenwurf	Polter (Waldstraße)	
Kiefer									
03/91	$n_1 = 10$	$n_1 = 20$	$n_1 = 20$	$n_1 = 10$	$n_1 = 10$	$n_1 = 20$	$n_1 = 10$	$n_1 = 10$	$N_1 = 110$
10/91	$n_2 = 10$	$n_2 = 20$	$n_2 = 44^*$	$n_2 = 10$	$n_2 = 10$	$n_2 = 10$	$n_2 = 32^*$	$n_2 = 10$	$N_2 = 146$
Σ	$n_{1\text{-}2} = 20$	$n_{1\text{-}2} = 40$	$n_{1\text{-}2} = 64$	$n_{1\text{-}2} = 20$	$n_{1\text{-}2} = 20$	$n_{1\text{-}2} = 30$	$n_{1\text{-}2} = 42$	$n_{1\text{-}2} = 20$	$N_{1\text{-}2} = 256$
	$n_{1\text{-}2} = 144$				$n_{1\text{-}2} = 112$				
	$N_{1\text{-}2} = 256$								

Tab. 2: Versuchseinschnitte Kiefer: Stammzahlen der einzelnen Versuchsvarianten und Einschnittermine. * Bei dem jeweils zweiten Versuchseinschnitt kamen zu den Versuchsbäumen der Flächenwürfe die Dauerbeobachtungsbäume der Splintholzfeuchteuntersuchung dazu (siehe auch Seite 28).

Die Vorgehensweise für die beiden Einschnitte bei Kiefer glich derjenigen bei Fichte (siehe Seite 30 ff.), wobei die Einschnitte allerdings nur in einem Sägewerk stattfanden. Vom gesamten Versuchsholz wurden ausschließlich die 4 m langen Erdstämme mit dem Gatter zu Bohlen von 24 bis 75 mm Dicke eingeschnitten. Aus arbeitstechnischen Gründen konnte nur die Hauptware angesprochen werden. Erfaßt wurden dabei, analog zum Vorgehen bei der Fichte, Holzfehler, die auf lagerungsbedingte Ursachen zurückzuführen waren, konkret also Fäule, Bläue und Insektenbefall.

Die Verblauung wurde okular in Prozent der Oberfläche systematisch einheitlich jeweils auf einer Schnittholzseite eingeschätzt. Da die DIN 68365 für die Kiefer keine Prozentwerte für die flächenmäßige Ausbreitung von Verfärbungen auf der Schnittholzoberfläche ausweist, dienten die über die DIN-Vorschrift hinausgehenden Klassengrenzen, wie sie für Verfärbungen bei Fichte, Tanne und Douglasie vorgesehen sind, als Orientierungswerte (siehe Tab. 3, Seite 29).

Insektenbefall wurde nur bei "tiefen Fraßgängen" (> 5 mm) dokumentiert (DIN 68256, Gütemerkmale von Schnittholz). Eindeutig von Käferfraß ausgehende Bläue (Insektenbläue) wurde vermerkt.

2.3.2 Splintholzfeuchte

Die Holzfeuchteermittlung des Splintholzes erfolgte nach der gleichen Vorgehensweise wie bei der Fichtenuntersuchung, d.h. als Grundlage für die gravimetrische Untersuchungstechnik diente die DIN 52183 (siehe Seite 31 ff.).
Im Verlauf des gesamten Versuchszeitraumes wurden bei der Kiefer 4242 Holzfeuchtemessungen (1725 Messungen an eingeschnittenen Versuchsstämmen,

2517 laufende Messungen an lebendgelagerten Bäumen der Freiflächenvarianten und an frisch eingeschlagenen Vergleichsbäumen des angrenzenden stehenden Bestandes) durchgeführt.
Die genaue Meßmethodik zur Erfassung der Splintholzfeuchten an den Dauerbeobachtungsbäumen, den Bäumen der jeweiligen Versuchseinschnitte (differenziert nach den Lagerungsvarianten) und den frisch eingeschlagenen Vergleichsbäumen ist ausführlich auf den Seiten 33 und 34 beschrieben worden. Sie gilt analog auch für die Kiefer.

2.3.3 Insektenbefall

Um Erkenntnisse über die Folgen des Insektenbefalls - insbesondere hinsichtlich der Bläueinfektion - zu erhalten, wurden neben den im Sägewerk eingeschnittenen Stämmen weitere Bäume der Versuchsflächen in die Untersuchung mit einbezogen. Mit Ausnahme der Freifläche auf dem frischen Standort erfolgte eine Vollaufnahme aller Versuchsflächen, sofern die Stämme die auf Seite 27 genannten Kriterien der Lebendlagerung erfüllten. Auf dem Flächenwurf des frischen Standortes erfolgte eine systematische Auswahl der Bäume für die Untersuchung des Insektenbefalls in einem quadratischen Raster mit 50 Metern Seitenlänge. Die Außenaufnahmen fanden von März bis Juni 1991 und von Juli bis Oktober 1991 statt, die Versuchseinschnitte im März und Oktober 1991. Der erste Einschnitt erfolgte also fast ein halbes Jahr später als bei der Fichte.

Im ersten Aufnahmezeitraum konnte der Käferbefall zeitlich differenziert erfaßt werden. Durch die Ausprägung und den Zustand der Fraßbilder (Schwarzfärbung und Verpilzung) sowie anhand der vorgefundenen Insektenstadien ließ sich ein Befall vor 1991 von einem frischen Befall ab März 1991 unterscheiden. Der Käferbefall seit März 1990 konnte somit für den gesamten Zeitraum der Lebendlagerung erfaßt werden.

Zur Bestimmung der Käfer diente die für die Fichte vorgestellte Fenster-Methode (siehe Seite 34). Die Fenster wurden hier über den Versuchsansatz bei der Fichte hinausgehend, mit einem Meter vom Stammfuß beginnend, im Abstand von 4 Metern angelegt. Es wurden so insgesamt 3615 Einzelaufnahmen an 744 Stämmen ausgewertet.
Die Rindenentnahmestellen, die durch das Anlegen der Fenster bei der ersten Aufnahme entstanden, wurden mit künstlicher Rinde (lac balsam^{R}) versiegelt, da die gleichen Bäume im zweiten Aufnahmezeitraum nochmals angesprochen werden sollten.
Bei den Außenaufnahmen wurden neben den allgemeinen Befallsparametern (Käferart, chronologischer Befallsverlauf, Befallsdichte, Befallsintensität) auch der Einfluß

standörtlicher Parameter (Standort, Bedeckung, Bodenlage, Randlage) untersucht. Daneben wurde ein möglicher Einfluß der Holzfeuchte auf den Käferbefall überprüft.
An den eingeschnittenen Versuchsstämmen wurden im Sägewerk die technologischen Beeinträchtigungen der Schnittholzqualität, vor allem durch Nutzholzborkenkäfer und Bockkäfer, aufgenommen.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Holzqualität

3.1.1 Bläuebefall

Die Ansprache der Stirnflächenverfärbungen wurde bei der Kiefer, im Unterschied zur Fichte, lediglich stichprobenartig durchgeführt, da sich bei der Fichte zeigte, daß Rückschlüsse auf die Schnittholzqualität nur sehr eingeschränkt möglich waren.
Auch bei der Kiefer bestätigte sich die geringe Aussagekraft von Stirnflächenverfärbungen hinsichtlich der Verfärbungen im Stamminneren. Vorhandene Stirnbläue reichte nur millimeterweit in den Stamm und konnte bei der Brettansprache leicht übersehen und somit aber auch hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Holzqualität vernachlässigt werden.

Die Ergebnisse der Schnittholzuntersuchung für beide Einschnitte sind in Abbildung 1 zusammengefaßt. Dargestellt ist jeweils der prozentuale Volumenanteil der untersuchten Bohlen, die mehr als 40 % verblaute Oberfläche aufwiesen.

Ein Vergleich der Einschnittermine ergab für alle Lebendlagerungs-Varianten innerhalb der zweiten Vegetationsperiode nach dem Sturm eine drastische Qualitätsverschlechterung. Während im März 1991, bis auf eine Ausnahme, nur bis zu 10 % der untersuchten Hauptware stark verblaut war (Ausnahme: Flächenwurf, trockener Standort mit 59 %), stieg deren Anteil innerhalb der nächsten 7 Monate für alle Varianten auf über 90 % des untersuchten Schnittholzvolumens an.
Im März 1991 zeigte sich bei den Versuchsvarianten "Einzelwurf unter Schirm" auf beiden Standorten und dem Flächenwurf des frischen Standortes kein wesentlicher Unterschied. Das gilt allerdings nur in Bezug auf die in der Grafik dargestellten Bohlen mit mehr als 40 % verblauter Brettoberfläche.

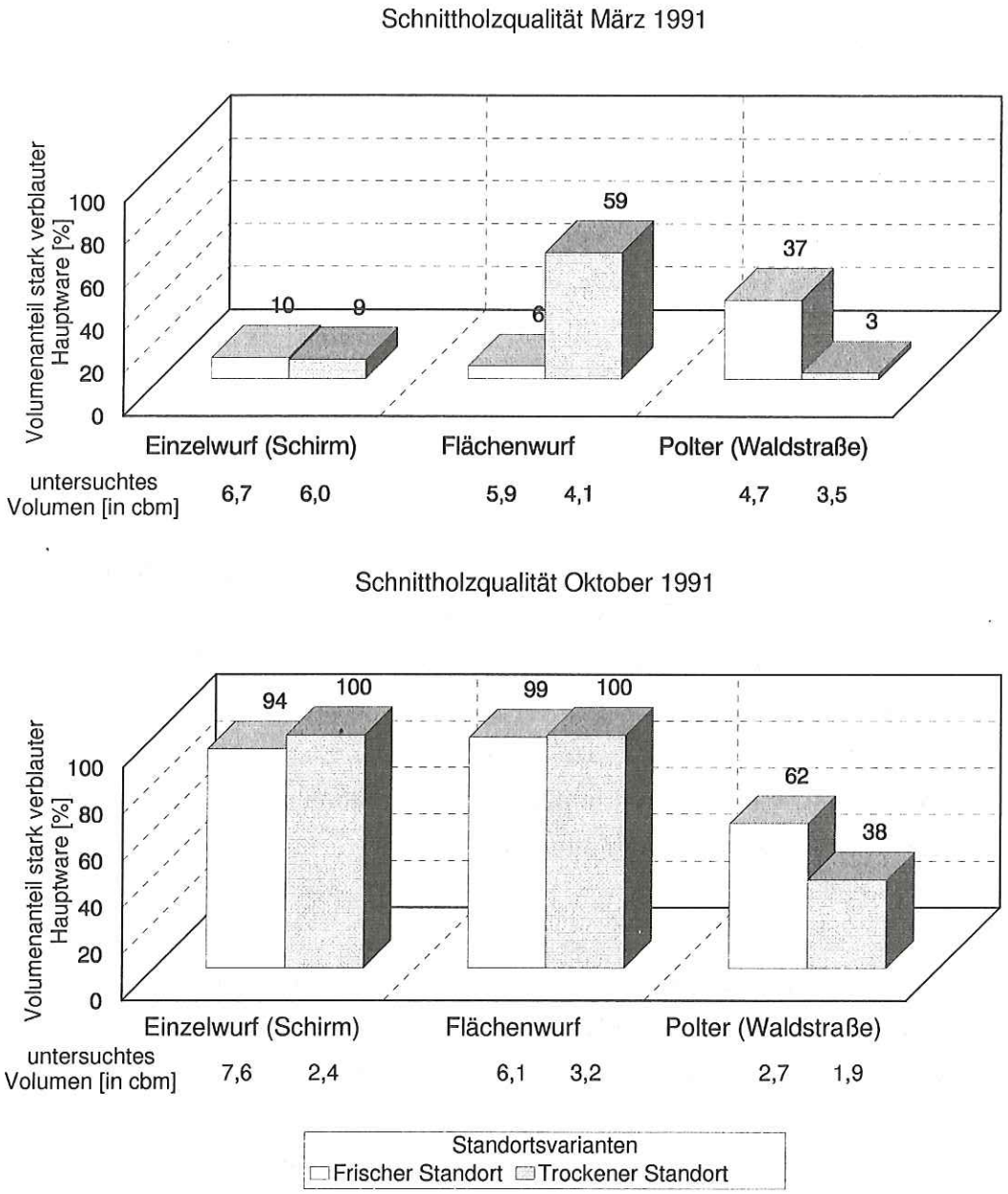


Abb. 1: Schnittholzqualität lebendgelagerter Kiefern im März und Oktober 1991. Vergleich des Anteils an stark verblauter Hauptware (mehr als 40% der Oberfläche) für die verschiedenen Lagerungs- und Standortsvarianten im Anhalt an die DIN 68365.

Betrachtet man dagegen die jeweiligen Anteile an der Hauptware, die frei von Bläue waren, nahm die Holzqualität der untersuchten Varianten in folgender Reihenfolge ab: Einzelwurf unter Schirm auf dem trockenen Standort mit 68 % des Volumens; Flächenwurf des frischen Standortes mit 31 % des Volumens; Einzelwurf unter Schirm des frischen Standortes mit 16 % des Volumens; Flächenwurf auf dem trockenen Standort mit 0 % des Volumens.

Der zweite Einschnitt im Oktober 1991 erbrachte bei keiner Versuchsvariante eine bläuefreie Brettware. Auch leicht verblaute Schnittware, hierunter fallen Bretter und Bohlen deren Oberfläche bis zu 10 % verblaut sein darf, überstieg in keinem Fall 1 % des Volumens.

Gemessen am Grad der Verblauung schnitten die Kiefern aus den Versuchsvarianten "Haufenpolter an der Waldstraße" vergleichsweise günstig ab (siehe Abb. 1). Das gilt insbesondere für den zweiten Einschnitt. Tatsächlich aber war die Holzqualität beider Polter wesentlich schlechter zu bewerten. Dies folgte aus einer mykologischen Untersuchung von Holzproben der Haufenpolter an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg.

An allen 10 untersuchten Stämmen der Polter des frischen Standortes wurde zu beiden Einschnitterminen im März wie auch im Oktober 1991 ein massiver Befall durch holzzerstörende Pilze einer *Peniophora*-Art festgestellt. Auf dem trockenen Standort kam dieser Pilz beim ersten Einschnitt an 3 von 10 untersuchten Polterstämmen, beim zweiten Einschnitt an 8 von 10 Stämmen vor. Die Holzzerstörung durch diesen Pilz war an der orangegelben Verfärbung des Splintholzes zu erkennen. Betroffen waren vorwiegend die Kontaktstellen zu anderen Stämmen, wo sich ein für die Pilzentwicklung günstiges Feuchteregime entwickeln konnte und das Regenwasser langsamer abfloß. Der Pilzbefall kann an diesen Stellen auch durch "stehende Luftschichten" begünstigt worden sein, die für das Pilzwachstum günstige Kleinklima sorgten.
Peniophora-Pilze kamen am lebendgelagerten Holz nur beim zweiten Einschnitt im Oktober 1991 vor. Am häufigsten wurden sie auf dem Flächenwurf des trockenen Standortes mit 21 von insgesamt 32 untersuchten Bäumen (66 %) nachgewiesen. Bei dem Flächenwurf des frischen Standortes kam dieser Pilz an 16 von 44 (36 %) untersuchten Bäumen vor.

3.1.2 Holztechnologisch relevante Schäden durch holzbrütende Insekten

Holztechnologisch relevante Schäden durch Fraßgänge holzbrütender Insekten, die tiefer als 5 mm in das Schnittholz reichten, wurden beim ersten Einschnitt im März 1991 nicht gefunden. Dagegen waren die Kiefern beim zweiten Einschnitt Anfang Oktober 1991 schon weitgehend durch Holzbrüter befallen. Die untersuchten Bohlen aus Lebendlagerung wiesen zu durchschnittlich 70 % Fraßgänge auf, die tiefer als 5 mm in den Stamm hinein reichten (Freiflächen 66 %, Schirmflächen 73 %). Auch die Schnittware der 1990 mit RIPCORD® 40 behandelten Haufenpolter an der Waldstraße

waren zu 17 % befallen. Der Bockkäferbefall der frisch eingeschlagenen Referenzbäume gab mit 4 % einen deutlichen Hinweis auf Stehendbefall.

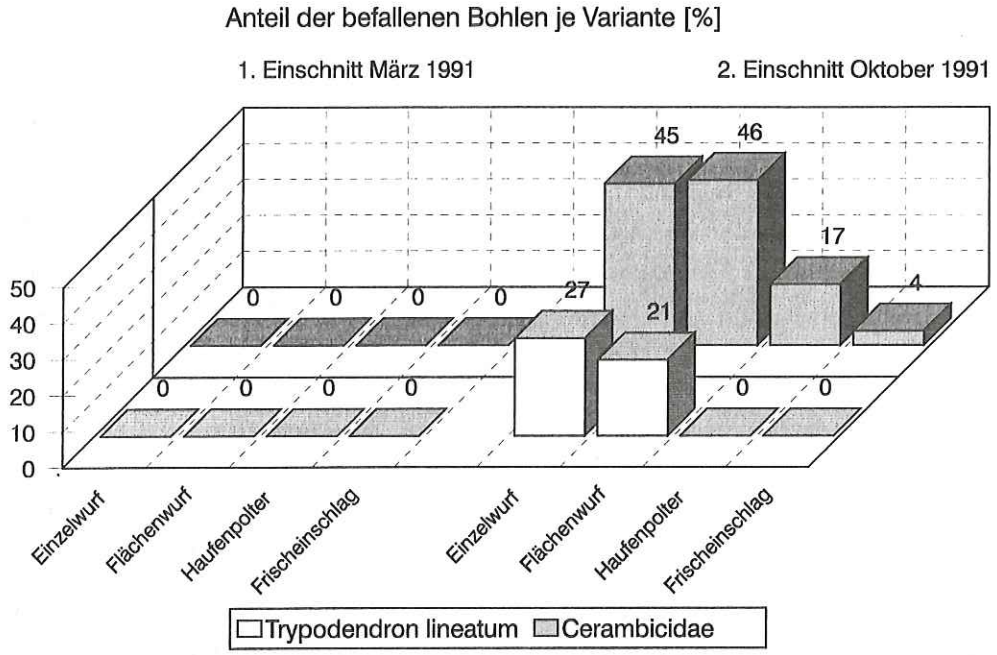


Abb. 2: Schnittholzqualität lebendgelagerter Kiefern sowie der Vergleichsvarianten Haufenpolterung und Frischeinschlag im März und Oktober 1991, frischer und trockener Standort. Technische Schäden an der Hauptware durch Insektenbefall (tiefe Fraßgänge > 5mm nach DIN 68256).

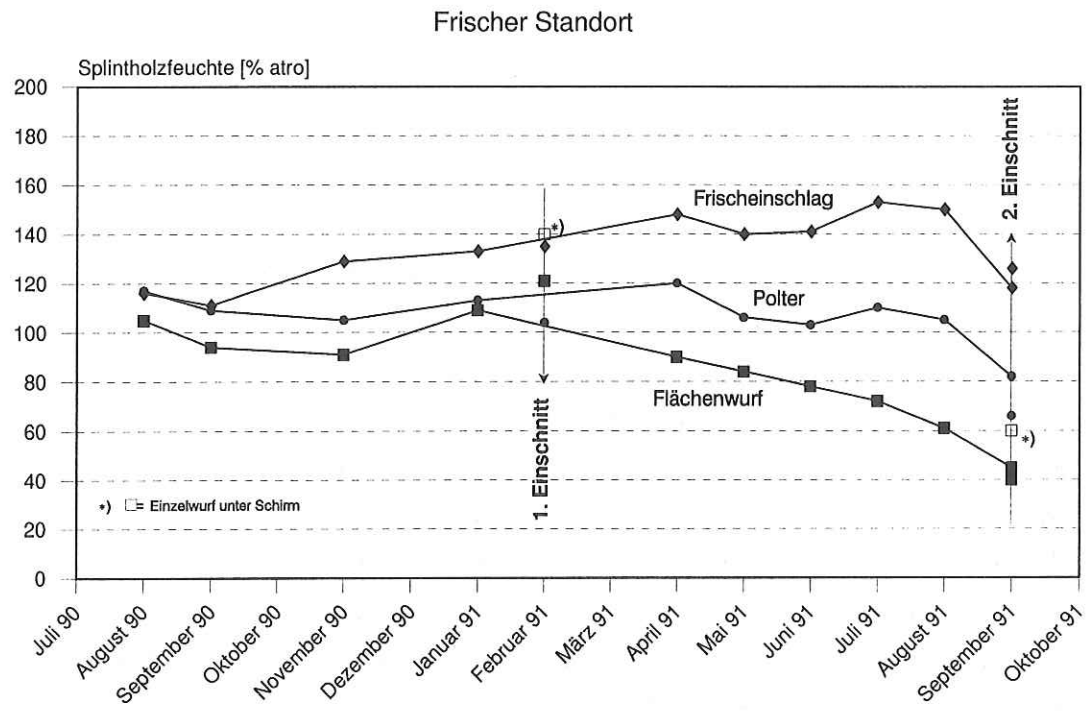
Abbildung 2 verdeutlicht, daß *Cerambiciden* im Schnittholz am häufigsten vorkamen. Sowohl beim Haufenpolter als auch beim Frischeinschlag führten allein diese zur technischen Entwertung des Holzes. Bei den Versuchsvarianten der Lebendlagerung hatten sie einen Befallsanteil an den Bohlen von 45-46 %, gefolgt von den Nutzholzborkenkäfern mit 27 % beim Einzelwurf und 21 % beim Flächenwurf.

Bei den Versuchsvarianten "Einzelwurf unter Schirm" konnten bei jeweils 50 % oder weniger der Versuchsstämme Holzzerstörungen durch Fäule nachgewiesen werden.

3.2 Holzfeuchtemessungen

3.2.1 Entwicklung der Holzfeuchte im Zeitverlauf

Die Splintholzfeuchteentwicklung ist anhand der Mittelwerte für die untersuchten Kiefern beider Standortsvarianten in Abbildung 3 zusammengefaßt. Die Daten und deskriptive Statistik sind den Tabellen A1 und A2 des Anhangs zu entnehmen.



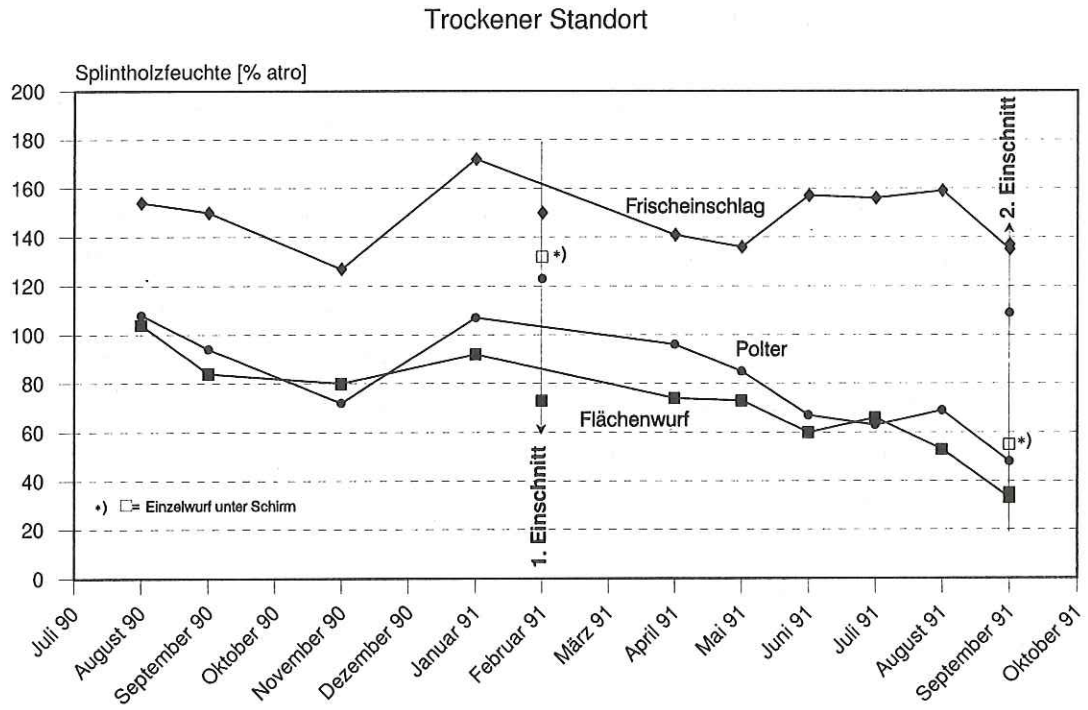


Abb. 3: Entwicklung der Splintholzfeuchte bei Kiefer über zwei Vegetationsperioden (1990-1991) auf dem frischen und trockenen Standort. Darstellung der Mittelwerte der Dauerbeobachtungsbäume (Lebendlagerung - Freifläche, Polterlagerung - Waldstraße) und Frischfällung (Vergleichsstandard) sowie der im Sägewerk eingeschnittenen Versuchsstämme (1. und 2. Einschnitt). Die Holzfeuchtemessungen zum zweiten Einschnitt in der ersten Oktoberwoche 1991 fanden im September 1991 statt. Daten und deskriptive Statistik siehe Anhang, Tabellen A1 und A2.

1) Frischeinschlag

Die Splintholzfeuchte des stehenden Bestandes war im Jahresmittel auf dem trockenen Standort um 15 % höher als auf dem frischen Standort (trockener Standort: Mittelwert 148 % atro; frischer Standort: Mittelwert 133 % atro). Auch die Kurven der einzelnen Meßreihen zeigten einen unterschiedlichen Verlauf. Während die Holzfeuchte auf dem frischen Standort von Juli 1990 bis August 1991 mit relativ geringer Schwankung annähernd kontinuierlich anstieg, streuten die mittleren Feuchtewerte in der zeitlichen Entwicklung auf dem trockenen Standort mit rund 30 % stärker, blieben hingegen aber über den gesamten Untersuchungszeitraum auf einem relativ hohen Niveau. Lediglich in der zweiten Vegetationsperiode wurden auf beiden Standorten vergleichbar hohe Splintholzfeuchten gemessen. Der Minimalwert lag auf dem trockenen Standort im September 1990 bei 111 % atro, auf dem frischen Standort zwei Monate später bei 127 % atro Holzfeuchte. Am Ende der zweiten Vegetationsperiode war bei den Kiefern beider Standorte im September 1991 ein Absinken der Holzfeuchte zu verzeichnen, womit die gleiche Tendenz aus dem Jahr 1990 bestätigt wurde. Die Maximalwerte wurden mit 172 % atro auf dem trockenen Standort im Winter (Januar 1991), auf dem frischen Standort dagegen im Sommer (Juli 1991) mit 153 % atro erreicht.

Die Streuung der Einzelwerte um die in der Grafik (Abb. 3) aufgetragenen Mittelwerte lag mit Variationskoeffizienten von überwiegend unter 0,2 (siehe Anhang Tabellen A1 und A2) auf ähnlichem Niveau wie bei der Fichte. Im Vergleich der beiden untersuchten Nadelbaumarten verlief die Entwicklung der Splintholzfeuchte auf dem trockenen Standort mit ähnlichen Werten wie sie die Fichte aufwies. Dagegen zeigte die Kiefer auf den jeweils frischen Standorten, abweichend von der Splintholzfeuchteentwicklung bei der Fichte, überwiegend niedrigere Holzfeuchtewerte.

Die Holzfeuchte des Frischeinschlages übertraf während aller Aufnahmen die Werte der verschiedenen Lagerungsvarianten.

2) Lebendlagerung

Auf den Flächenwürfen beider Standorte war ein kontinuierlicher Rückgang der Splintholzfeuchte feststellbar, der nur durch einen leichten Anstieg im Winter (Januar 91) unterbrochen wurde.

Die Meßwerte der Splintholzfeuchte auf dem frischen Standort lagen bis zum Mai 1991 um durchschnittlich 10 bis 20 % höher als auf dem trockenen Standort.

Sie fielen erst 13 Monate nach dem Sturmwurf deutlich unter 100 % atro. Bis dahin bewegte sich die durchschnittliche Splintholzfeuchte bei den einzelnen Aufnahmen um 100 %. Auf dem trockenen Standort wurde dieser Wert nur bei der ersten Aufnahme im August 1990 knapp überschritten. Am Ende der Meßreihen lag die Holzfeuchte auf dem trockenen Standort bei rund einem Drittel des Ausgangswertes, auf dem frischen Standort etwas darüber.

Wie schon für die Fichte beschrieben, streuten auch bei der Kiefer die Einzelwerte sehr stark um die in Abbildung 12 dargestellten Mittelwerte (siehe Anhang, Tab. A1 und A2). Die Minimal- und Maximalwerte lagen bei den einzelnen Messungen auch bei der Kiefer in der Regel um mehr als 100 Prozentpunkte auseinander.

Die durchschnittliche Splintholzfeuchte der Einzelwürfe unter Schirm übertraf die untersuchten Bäume der Freiflächenvarianten bei beiden Einschnitterminen um mindestens 20 %. Die größte Differenz zeigte sich hierbei zwischen der Lebendlagerungsvariante "Flächenwurf" und "Einzelwurf unter Schirm" auf dem trockenen Standort zum Zeitpunkt des ersten Einschnittes im März 1991 (Flächenwurf 73 % Holzfeuchte atro; Einzelwurf unter Schirm 132 % Holzfeuchte atro). Die Variationskoeffizienten der Feuchtewerte waren bei den Schirmkollektiven jeweils niedriger als bei den Flächenwürfen (siehe Anhang, Tabellen A1 und A2).

3) Haufenpolter an der Waldstraße

Bei den Haufenpoltern an der Waldstraße war eine fortschreitende Austrocknung nur auf dem trockenen Standort erkennbar. Dort verlief der Rückgang der Splintholzfeuchte dem Flächenwurf vergleichbar, im Unterschied jedoch auf einem um rund 10 % höheren Niveau. Auf dem frischen Standort blieb die durchschnittliche Splintholzfeuchte der Stämme aus den Haufenpoltern mit Ausnahme der letzten Messung im September 1991 ständig über 100 % atro. Die Splintholzfeuchte der lebendgelagerten Kiefern von der Freifläche und beim zweiten Einschnitt auch die von der Schirmfläche wurden damit durch die des Haufenpolters deutlich übertroffen.

Dieses zunächst überraschende Ergebnis läßt sich im Zusammenhang mit den Untersuchungen zum Pilzbefall des Holzes erklären. Nach AMMER (1964 b) wird die Holzfeuchtigkeit durch die Zerstörungstätigkeit der Pilze beeinflußt, da diese beim Holzabbau Wasser freisetzen. Darüber hinaus weist eine Holzoberfläche, die durch die Zerstörungstätigkeit der Pilze perforiert und somit vergrößert ist, eine größere Wasseraufnahmefähigkeit auf.

Die Streuung der einzelnen Meßwerte der Splintholzfeuchte der Versuchsvariante "Haufenpolter an der Waldstraße" war, wie bei den anderen Lagerungsvarianten, mit Variationskoeffizienten zwischen 0,3 und 0,6 hoch (siehe Anhang, Tab. A1 und A2).

3.2.2 Verteilung der Holzfeuchte im Stamm

Die starke Streuung der Einzelwerte der gemessenen Splintholzfeuchte verdeutlicht Abbildung 4 auf der nächsten Seite. In dieser Darstellung ist um die Feuchtemittelwerte der verschiedenen Meßstellen der Streubereich der Minimal- und Maximalwerte aufgetragen. Die Grafikdaten sind im Anhang in der Tabelle A3 aufgeführt.

Der Vergleich der Feuchteverteilung in der Stammlängsachse zwischen der ersten und letzten Feuchtemessung ergab keine wesentlichen Unterschiede zur Fichte. Wie bereits bei den Mittelwerten aller Messungen dargestellt, hatten die Kiefern insgesamt einen geringeren Wassergehalt im Splint als die Fichten. Vom Verlauf her sind die Kurven beider Nadelbaumarten vergleichbar. Beim frisch eingeschlagenen Nadelholz aus dem stehenden Bestand stieg die Holzfeuchte mit der Baumlänge auf beiden untersuchten Standorten an.
Die Splintholzfeuchteverteilung in Stammlängsrichtung der lebendgelagerten Kiefern entsprach zu Beginn der Messungen dem Frischeinschlag aus dem stehenden Bestand. Bei den Messungen im September 1991 war die Splintholzfeuchte auf ganzer Baumlänge stark abgesunken. Die Kurven verliefen gleichmäßiger, die einzelnen Meßwerte streuten nur noch wenig um den Mittelwert.

Bei den Dauerbeobachtungsbäumen aus Lebendlagerung mit je zwei Meßpunkten (Stammfuß und Kronenansatz) zeigte sich bis zum Juni 1991 ein Unterschied zwischen den Holzfeuchtewerten am Stammfuß und denen am Kronenansatz, der sich statistisch hoch signifikant absichern ließ. Die Splintholzfeuchte im Bereich des Kronenansatzes lag auf beiden Standorten durchschnittlich 30 bis 40 % höher als am Stammfuß. Bei den Folgeaufnahmen konnte dieser Unterschied nur noch beim stehenden Bestand beobachtet werden. Die Meßwerte deuteten 14 Monate nach dem Sturmwurf auf einen noch funktionierenden Safttransport bei den lebendgelagerten Kiefern hin.

Im Vergleich dazu kehrte sich das Feuchtigkeitsgefälle bei den lebendgelagerten Fichten in der Stammlängsrichtung nach rund 15 Monaten um (siehe Seite 47 ff.).

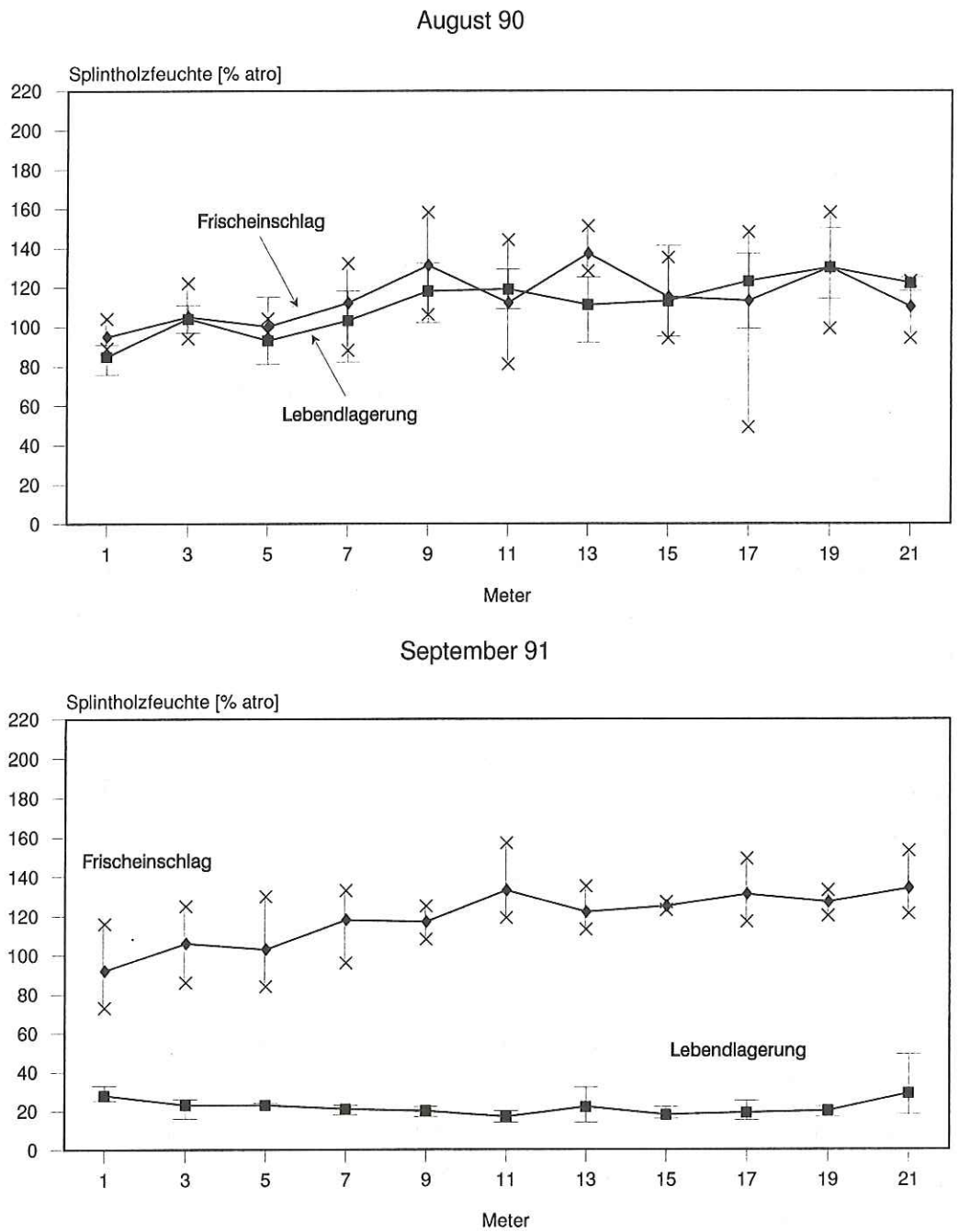


Abb. 4: Verteilung der Splintholzfeuchte in der Stammlängsachse bei frisch eingeschlagenen und lebendgelagerten Kiefern aus dem Flächenwurf des frischen Standortes in der ersten und zweiten Vegetationsperiode des Lagerungsversuches. Die Spannweite der niedrigsten und höchsten gemessenen Feuchtewerte um den Mittelwert (durchgezogene Linie) ist für den Frischeinschlag durch Kreuze, für die Lebendlagerung durch Striche dargestellt. Daten und Stichprobenumfang siehe Anhang, Tabelle A3.

3.3 Insektenbefall

3.3.1 Befallsdichte und Intensität des Befalls in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Die Lagerungsvarianten unterschieden sich in der Befallsdichte durch forstlich relevante Insektenarten deutlich (zu den forstlich relevanten Käfern wurden in dieser Untersuchung Arten der Familien Borkenkäfer (*Scolytidae*), Bockkäfer (*Cerambycidae*), Prachtkäfer (*Buprestidae*), Rüsselkäfer (*Curculionidae*) und Werftkäfer (*Lymexylidae*) gerechnet). Dagegen ergaben sich bezüglich der verschiedenen Varianten der Lebendlagerung (Freifläche und Schirm) und Standorte (trocken und frisch) nur geringe Unterschiede. In der nachfolgenden Tabelle 3 werden daher die Befallsdichten nur nach den. Versuchsvarianten Lebendlagerung, Haufenpolter an der Waldstraße und Frischeinschlag stehender Bäume und dem Aufnahmetermin ohne standörtliche Differenzierung unterteilt.

Insektenbefall der Baumart Kiefer in % der untersuchten Bäume			
	Lebendlagerung	Polter (Waldstraße)	Frischeinschlag
Befall vor März 1991	59	42	0
Befall März - Juni 1991	67	12	10
Befall Juli - Oktober 1991	100	85	5

Tab. 3: Befallsdichte der einzelnen Aufarbeitungsvarianten durch forstlich relevante Käferarten in Abhängigkeit vom Befallstermin (Anteil befallener Stämme in % der jeweiligen Variante).

In der chronologischen Befallsentwicklung ist eine starke Zunahme der Befallsdichte nach der Aufnahme im Frühjahr 1991 zu erkennen. Rund 50 % des Gesamtbefalls aller Lagerungsvarianten ereigneten sich nach der Frühjahrsaufnahme zwischen Juli und Oktober 1991, wobei der Befallsfortschritt bei der Lagerung im Haufenpolter stärker war als bei den Lebendlagerungsvarianten.

Die lebendgelagerten Kiefern waren bis zum Versuchsende alle von Insekten befallen. Die Befallsintensität war bis zum Juni 1991 nicht sehr ausgeprägt. Zunächst waren die Versuchsvarianten Flächenwurf am stärksten betroffen, mit Ende des Septembers 1991 hingegen war bei allen Lebendlagerungsvarianten starker Befall feststellbar.

Auffällig ist der Befall der Haufenpolter vor 1991, obwohl die Polter Mitte Juni mit RIPCORD® 40 behandelt waren. Es handelte sich aber vorwiegend um schwachen Befall. Außerdem wurden tote *Cerambycidae*- und *Curculionidae*-Imagines gefunden. Der Befall könnte sich demnach zwischen Aufarbeitung und Polterbereitstellung und unmittelbar vor dem Ausbringen des Insektizids ereignet haben.

Der Befall durch Insekten stieg dann erst zum Oktober 1991 wieder stark an, als die Wirkung des Insektizides nachgelassen hatte.

Der Stehendbefall, der in der zweiten Vegetationsperiode an den frisch eingeschlagenen Stämmen beobachtet wurde, war nur schwach ausgeprägt.

3.3.2 Käferarten

An den 744 untersuchten Versuchsstämmen der verschiedenen Standorte und Varianten wurden alle unter 3.3.1 genannten Käferfamilien mit mehreren Arten gefunden.

Außergewöhnlich war der starke Befall durch *Phaenops cyanea F.* (Blauer Kiefernprachtkäfer), *Hylurgops palliatus Gyll.* (Gelbbrauner Fichtenbastkäfer), *Orthotomicus Ips laricis F.* (Vielzähniger Kiefernborkenkäfer) und *Gnathotrichus materiarius Fitch.*. Dagegen wurde *Blastophagus minor Htg.* (Kleiner Waldgärtner) und *Ips acuminatus Gyll.* (Sechszähniger Kiefernborkenkäfer) relativ selten gefunden. Die Käferarten *Ips typographus L.* (Buchdrucker), *Pityogenes chalcographus* (Kupferstecher) und *Tetropium castaneum L.* und *fuscum F.* (Fichtenbock) als typische Fichtenschädlinge kamen auch bei der Kiefer vor. Zahlenmäßig blieben sie unbedeutend. Offensichtlich sind diese Arten durch das enorme Überangebot bruttauglichen Materials an Kiefernsturmholz von benachbarten Fichtenbeständen übergewechselt.

Auffällig war auch der verhältnismäßig spät einsetzende Befall durch *Trypodendron lineatum Ol.* (Gestreifter Nutzholzborkenkäfer), erst 12 Monate nach dem Sturmwurf. Die möglichen Gründe für den verzögerten Befall durch Nutzholzborkenkäfer könnten die starken Fröste (bis -20°C) und der starke Schneefall im Februar 1991 gewesen sein.

Bei der letzten Aufnahme zwischen Juli und Oktober 1991 waren die *Cerambyciden* mit einem Anteil von 28 % am häufigsten an den untersuchten Rindenproben vorhanden. Über 90 % des *Cerambyciden*-Befalls entfielen auf *Rhagium inquisitor L.* (Grauer Zangenbock).

3.3.3 Einfluß der Holzfeuchte auf den Insektenbefall

Die Meßwerte der Splintholzfeuchte zeigten, daß sich die Feuchtigkeitsbereiche bezogen auf die einzelnen Käferarten kaum unterschieden.
Das größte Feuchtespektrum zeigte *Blastophagus piniperda L.*. In unmittelbarer Nähe seiner Fraßbilder wurden Holzfeuchten zwischen 8 % und 212 % gemessen. Bei der Fichte wurde bereits auf das breite Feuchtigkeitsspektrum der rindenbrütenden Borkenkäfer hingewiesen (siehe Seite 53 ff.), wobei die große Variabilität der Holzfeuchte im Stamm zu berücksichtigen ist. Selbst im Verlauf eines Fraßbildes schwankte die Splintholzfeuchte zum Teil erheblich.

Statistisch signifikante Unterschiede wurden nur zwischen 4 Käferarten festgestellt, wobei *Ips sexdentatus Boern.* und *Phaenops cyanea F.* offensichtlich sehr trockene Holzbereiche bevorzugen (Holzfeuchte unter 40 % atro), *Hylurgops palliatus Gyll.* und *Blastophagus piniperda L.* dagegen ein feuchteres Umfeld tolerieren (Holzfeuchte unter 60 % atro). Insgesamt lagen die Werte der Splintholzfeuchte, die im Bereich von Fraßbildern gemessen wurden, relativ niedrig.

Tabellenverzeichnis

Nr.	Tabelle	Seite
1	Übersicht der Kiefern-Versuchsflächen	64
2	Versuchseinschnitte Kiefer: Stammzahlen der einzelnen Versuchsvarianten und Einschnittermine. * Bei dem jeweils zweiten Versuchseinschnitt kamen zu den Versuchsbäumen der Flächenwürfe die Dauerbeobachtungsbäume der Splintholzfeuchteuntersuchung dazu (siehe auch Seite 28).	65
3	Befallsdichte der einzelnen Aufarbeitungsvarianten durch forstlich relevante Käferarten in Abhängigkeit vom Befallstermin (Anteil befallener Stämme in % der jeweiligen Variante).	76

Abbildungsverzeichnis

Nr.	Abbildung	Seite
1	Schnittholzqualität lebendgelagerter Kiefern im März und Oktober 1991. Vergleich des Anteils an stark verblauter Hauptware (mehr als 40% der Oberfläche) für die verschiedenen Lagerungs- und Standortsvarianten im Anhalt an die DIN 68365.	68
2	Schnittholzqualität lebendgelagerter Kiefern sowie der Vergleichsvarianten Haufenpolterung und Frischeinschlag im März und Oktober 1991. Technische Schäden an der Hauptware durch Insektenbefall (tiefe Fraßgänge > 5 mm nach DIN 68265).	70
3	Entwicklung der Splintholzfeuchte bei Kiefer über zwei Vegetationsperioden (1990-1991) auf dem frischen und trockenen Standort. Darstellung der Mittelwerte der Dauerbeobachtungsbäume (Lebendlagerung - Freifläche, Polterlagerung - Waldstraße) und Frischfällung (Vergleichsstandard) sowie der im Sägewerk eingeschnittenen Versuchsstämme (1. und 2. Einschnitt). Die Holzfeuchtemessungen zum zweiten Einschnitt in der ersten Oktoberwoche 1991 fanden im September 1991 statt. Daten und deskriptive Statistik siehe Anhang, Tabellen A3 und A4.	71
4	Verteilung der Splintholzfeuchte in der Stammlängsachse bei frisch eingeschlagenen und lebendgelagerten Kiefern aus dem Flächenwurf des frischen Standortes in der ersten und zweiten Vegetationsperiode des Lagerungsversuches. Die Spannweite der niedrigsten und höchsten gemessenen Feuchtewerte um den Mittelwert (durchgezogene Linie) ist für den Frischeinschlag durch Kreuze, für die Lebendlagerung durch Striche dargestellt. Daten und Stichprobenumfang siehe Anhang, Tabelle A6.	75

Anhang

Kiefer												
Frischer Standort												
Aufnahmezeitpunkt												
Kenn-größe	08/90	09/90	11/90	01/91	02/91 1. Ein-schnitt	04/91	05/91	06/91	07/91	08/91	09/91	09/91 2. Ein-schnitt
Frischeinschlag												
$\bar{x}$	116	111	129	133	135	148	140	141	153	150	118	126
Vk	0,21	0,26	0,17	0,14	0,16	0,17	0,21	0,15	0,14	0,12	0,16	0,23
x_{min}	49	58	90	89	90	90	55	102	105	121	73	80
x_{max}	158	155	165	174	179	193	189	198	191	197	157	199
n	37	35	32	32	79	29	31	37	34	29	36	57
Lebendlagerung Flächenwurf [*) = Einzelwurf unter Schirm]												
$\bar{x}$	105	94	91	109	121 / 140*)	90	84	78	72	61	45	40 / 60*)
Vk	0,23	0,50	0,55	0,46	0,36 / 0,27*)	0,57	0,56	0,66	0,62	0,53	0,58	0,91 / 0,60*)
x_{min}	35	29	28	32	32 / 31*)	25	30	22	10	20	18	08 / 07*)
x_{max}	193	215	177	199	197 / 198*)	195	188	182	173	123	116	188 / 160*)
n	38	40	40	39	159 / 144*)	40	40	38	39	39	40	119 / 120*)
Haufenpolter an der Waldstraße												
$\bar{x}$	117	109	105	113	104	120	106	103	110	105	82	66
Vk	0,29	0,37	0,36	0,44	0,39	0,36	0,38	0,55	0,46	0,36	0,46	0,60
x_{min}	59	30	57	18	28	55	46	22	38	57	37	22
x_{max}	164	160	159	168	192	171	169	193	183	171	143	132
n	10	10	10	10	118	10	10	10	10	10	10	22

Tabelle A1: Entwicklung der Splintholzfeuchte bei Kiefer auf dem frischen Standort über zwei Vegetationsperioden. Mittelwerte und deskriptive Statistik der Dauerbeobachtungsbäume (Lebendlagerung - Flächenwurf, Polterlagerung - Waldstraße), der Frischfällung (Vergleichsstandard) und der im Sägewerk eingeschnittenen Versuchsstämme (I. und II. Einschnitt). Die Feuchtemessungen an den Kiefern für den zweiten Einschnitt in der ersten Oktoberwoche 1991 fanden im September 1991 statt.

($\bar{x}$ = arithmetisches Mittel; Vk = Variationskoeffizient; x_{min} = Minimalwert; x_{max} = Maximalwert; n = Anzahl der Feuchtemessungen).

Kiefer												
Trockener Standort												
Aufnahmezeitpunkt												
Kenn-größe	08/90	09/90	11/90	01/91	02/91 1. Ein-schnitt	04/91	05/91	06/91	07/91	08/91	09/91	09/91 2. Ein-schnitt
Frischeinschlag												
$\bar{x}$	154	150	127	172	150	141	136	157	156	159	135	137
Vk	0,21	0,24	0,32	0,16	0,16	0,17	0,19	0,15	0,14	0,20	0,15	0,25
x_{min}	98	85	34	107	68	89	98	108	117	69	91	28
x_{max}	212	215	220	219	199	196	193	193	195	199	174	200
n	34	30	27	30	64	30	28	28	30	22	28	60
Lebendlagerung Flächenwurf [*) = Einzelwurf unter Schirm]												
$\bar{x}$	104	84	80	92	73 / 132*)	74	73	60	66	53	33	35 / 55*)
Vk	0,46	0,60	0,68	0,60	0,61 / 0,35*)	0,69	0,58	0,52	0,60	0,72	0,64	1,04 / 0,77*)
x_{min}	26	28	29	30	27 / 33*)	20	22	20	21	13	12	11 / 17*)
x_{max}	212	184	206	214	200 / 197*)	199	185	151	185	173	118	190 / 169*)
n	40	40	40	39	127 / 137*)	39	40	39	39	40	40	58 / 60*)
Haufenpolter an der Waldstraße												
$\bar{x}$	108	94	72	107	123	96	85	67	63	69	48	109
Vk	0,42	0,46	0,59	0,52	0,37	0,49	0,52	0,54	0,52	0,50	0,46	0,39
x_{min}	33	43	28	40	37	32	31	32	31	31	24	31
x_{max}	191	154	147	185	196	159	164	143	147	140	91	194
n	10	10	10	10	95	10	10	10	10	10	10	17

Tabelle A2: Entwicklung der Splintholzfeuchte bei Kiefer auf dem trockenen Standort über zwei Vegetationsperioden. Mittelwerte und deskriptive Statistik der Dauerbeobachtungsbäume (Lebendlagerung - Flächenwurf, Polterlagerung - Waldstraße), der Frischfällung (Vergleichsstandard) und der im Sägewerk eingeschnittenen Versuchsstämme (1. und 2. Einschnitt). Die Feuchtemessungen an den Kiefern für den zweiten Einschnitt in der ersten Oktoberwoche 1991 fanden im September 1991 statt.

($\bar{x}$ = arithmetisches Mittel; Vk = Variationskoeffizient; x_{min} = Minimalwert; x_{max} = Maximalwert; n = Anzahl der Feuchtemessungen).

Kiefer												
Frischer Standort												
August 1990												
Kenn-	Meter											
größe	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
Frischeinschlag												
$\bar{x}$	95	105	100	112	131	112	137	115	113	130	110	114
x_{min}	89	94	97	88	106	81	128	94	49	99	94	102
x_{max}	104	122	104	132	158	144	151	135	148	158	123	125
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Lebendlagerung Flächenwurf												
$\bar{x}$	85	104	93	103	118	119	111	113	123	130	122	128
x_{min}	76	97	81	82	102	109	92	95	99	114	118	128
x_{max}	91	111	115	118	132	129	125	141	137	150	125	128
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
September 1991												
Kenn-	Meter											
größe	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
Frischeinschlag												
$\bar{x}$	92	106	103	118	117	133	122	125	131	127	134	107
x_{min}	73	86	84	96	108	119	113	123	117	120	121	95
x_{max}	116	125	130	133	125	157	135	127	149	133	153	121
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Lebendlagerung Flächenwurf												
$\bar{x}$	28	23	23	21	20	17	22	18	19	20	29	27
x_{min}	25	16	23	18	17	14	14	16	15	17	18	27
x_{max}	33	26	24	23	22	20	32	22	25	22	49	27
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1

Tabelle A3: Verteilung der Splintholzfeuchte bei Kiefer, auf dem frischen Standort in der Stammlängsrichtung Mittelwerte von je drei Stämmen am Beginn und am Ende der Lebendlagerung

($\bar{x}$ = arithmetisches Mittel; Vk = Variationskoeffizient; x_{min} = Minimalwert; x_{max} = Maximalwert; n = Anzahl der Feuchtemessungen).

KAPITEL II/ *Chapter II*

Untersuchungen zur Lebendlagerung von Fichten- und Kiefern-Stammholz

Investigations on the live-storage of Norway spruce timber and Scots pine timber

Abschnitt 3/ *Section 3*

Wertung der Ergebnisse, Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

Evaluation of the results, conclusions and summary

INHALTSÜBERSICHT

Seite

1. Wertung **89**

1.1 Feuchtemessungen 89

1.2 Wesentliche Faktoren für die Holzqualität bei der Lebendlagerung 89

1.3 Lagerschäden und Schnittholzsortierung 91

2. Schlußfolgerungen **92**

3. Zusammenfassung des Kapitels II **94**

Literaturverzeichnis (siehe Gesamtliteraturverzeichnis)

1. Wertung

1.1. Feuchtemessungen

Bei beiden untersuchten Nadelbaumarten streute die Holzfeuchte selbst auf kleinstem Raum beträchtlich. Diese Feststellung ist aus der Literatur bekannt (KNIGGE und SCHULZ, 1966; JÄGER, 1969). Während die Variationskoeffizienten beim stehenden Bestand aber über beide Vegetationsperioden relativ konstant blieben, stieg die Streuung der Feuchtewerte bei den verschiedenen Lagerungsvarianten stark an.

"Durch das unterschiedliche Drehungsmoment der Faser in verschiedenen Ebenen des Splintes kann jede Wurzel alle oder fast alle Äste [...] mit Wasser versorgen und jeder oder fast jeder Zweig auf alle Wurzelpartien Saugkraft ausüben." (VITÉ, 1958, für Nadelhölzer). Im Rahmen dieser Untersuchung stellt sich die Frage, ob bei der Probenentnahme immer wasserführende Tracheiden angebohrt wurden, die noch in Verbindung mit wasseraufnehmenden Wurzelsträngen standen. Um nach Möglichkeit zu vermeiden, daß beim ersten Aufnahmezeitpunkt wasserführende und zum folgenden Aufnahmezeitpunkt luftgefüllte Tracheiden angebohrt wurden, wurden die Bohrstellen der Meßreihe in der Stammlängsrichtung versetzt angeordnet.

Die darrgewichtsbezogene Splintholzfeuchte hat sich weder für den Käferbefall noch für die allgemeine Schnittholzqualität als verläßlicher Zeiger erwiesen. Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse ließ sich für die Splintholzfeuchte kein Schwellenwert nennen, oberhalb dessen eine absolut risikofreie Lebendlagerung von Nadelholz möglich war. Zwar finden holzzerstörende Pilze und Insekten bei mittleren Holzfeuchtewerten -in der Literatur werden im allgemeinen 30-120 % atro genannt- die besten Lebensbedingungen (siehe Kap. I). Ein erfolgreicher Befall ist aber auch weit oberhalb von 120 % Holzfeuchte möglich.

1.2. Wesentliche Faktoren für die Holzqualität bei der Lebendlagerung

Der beste Schutz des Baumes gegen Pilzbefall ist die intakte Rinde. Durch die hohe Bastfeuchtigkeit wirkt sie nicht nur als Schutz vor Austrocknung, sie schützt das Holz auch durch ihre im Vergleich zum Holz unterschiedliche stoffliche Zusammensetzung (holzzerstörende Pilze benötigen eine andere Enzymstruktur) und durch mykotoxische Schutzstoffe (SCHWERDTFEGER, 1981; ANDRAE, 1989; JAHN, 1990).

Im Gegensatz zu den Stämmen der Haufenpolter an der Waldstraße war die Rinde der lebendgelagerten Bäume weitgehend intakt und zeigte kaum Rindenverletzungen. Diese entstanden zu einem Großteil erst bei der Aufarbeitung und anschließenden Manipulation. Im Hinblick auf eine unversehrte Rinde ist die Lebendlagerung demnach die schonendste Lagerungsart. Zudem waren die Verletzungen am geworfenen Holz mehrheitlich verharzt und dadurch gegen Pilzangriffe geschützt. Die Fähigkeit zur Harzbildung besaßen etliche Fichten noch einige Zeit nach dem Sturm. Dies wurde auch von HÜTTE (1991) beobachtet.

Geht man davon aus, daß die Rinde durch den Sturmwurf nicht zu stark beschädigt wurde bzw. Schadstellen bald verharzt waren, bleiben nur zwei Faktoren, die den Schutz des Holzkörpers während der Lagerung beeinträchtigen: Risse bzw. durch Trocknis abplatzende Rinde oder Insektenbefall. Die erstgenannte Möglichkeit wurde bei den untersuchten Bäumen aus Lebendlagerung erst in der zweiten Vegetationsperiode beobachtet. Sie erlangte also relativ spät und dann fast nur auf den Flächenwürfen Bedeutung.

Dagegen kann ein Insektenbefall bereits in der ersten Vegetationsperiode nach dem Sturm Schäden durch Bohrlöcher verursachen, die den Stamm für Pilze zugänglich machen. Eine technologische Entwertung des Holzes durch tieferreichende Fraßgänge trat erst in der zweiten Vegetationsperiode auf. Am lebendgelagerten Holz wurden in erster Linie Bläuepilze festgestellt, die durch Käfer ins Holz gelangt waren. Das Infektionsrisiko stieg dabei mit der Größe der Rindenverletzung. Zu flächigen Rindenablösungen kam es beim Ausflug der Jungkäfer; während der Brutstadien blieb die Holzentwertung relativ gering.

Bei der Fichte wies in der Vegetationsperiode 1990 die bereits durch die erste Käfergeneration befallene Variante "Einzelwurf unter Schirm" des trockenen Standortes am Jahresende eine schlechtere Holzqualität auf, als die erst durch die zweite Generation befallene Freiflächenvariante desselben Standortes. Dabei besetzten die Käfer auf der Freifläche die doppelte Brutfläche. Bei Nadelhölzern, die schon zum Frühjahrsschwärmflug durch Borkenkäfer besiedelt wurden und deren Rinde während des Sommers durch Spechtarbeit oder nach Ausflug der Brut in größeren Teilen abblätterte, war demnach am Jahresende mit relativ stärkeren Qualitätsminderungen zu rechnen. Solange aber nur rindenbrütende Arten auftraten, beschränkten sich die Blaufärbungen vorwiegend auf oberflächennahe Bereiche, das Hauptprodukt blieb dann in der Regel fehlerfrei.

Tieferreichende Bläue verursachte vor allem der holzbrütende Borkenkäfer *Trypodendron lineatum Ol.* (VITÉ, 1955). Dieser wurde am lebendgelagerten Sturmwurfholz aber erst im zweiten Jahr der Lagerung beobachtet. Daneben traten im Jahr nach dem Sturm weitere holzbrütende Insekten auf, deren Befall eine massive Holzentwertung zur Folge hatte. So führte beim zweiten Fichteneinschnitt vorwiegend das Gütemerkmal Käferbefall zu einer Klassifizierung der Kanthölzer in die schlechteren Güteklassen III und IV der DIN 68365.

Das Kiefernversuchsholz war beim zweiten Einschnitt durch Holzbrüter weitgehend entwertet. Für den Insektenbefall kann festgestellt werden, daß in erster Linie der Befall durch Holzbrüter entscheidend für die Minderung der Schnittholzqualität war und diese somit zum Erfolg oder Mißerfolg der Lebendlagerung wesentlich beitrugen.

1.3 Lagerschäden und Schnittholzsortierung

Das Schnittholz der Versuchsvarianten wurde gemäß des beschriebenen methodischen Vorgehens in Anlehnung an die Bauholzsortierung für (allgemeine) Zimmerarbeiten (DIN 68365) klassifiziert. Diese Norm wurde gewählt, da sie Bewertungsmaßstäbe und eine relativ einfache Kategorisierung für die lagerungsbedingt zu erwartenden Verfärbungen enthält. Eine getrennte Sortierung nach 5 Güteklassen, wie sie die obengenannte DIN vorsieht, entspricht aber nicht unbedingt der Praxis. Bei Industrie und Handel ist seit einiger Zeit ein Trend weg von reinen Zifferngüteklassen zugunsten von Mischsortimenten, wie 0-III, II/IV usw. festzustellen. Schnittware mit geringen Verfärbungen, wie sie insbesondere beim ersten Fichteneinschnitt die Regel darstellten, wären in diesem Fall ohne Wertverlust in das höchste Mischsortiment gefallen. Andererseits wird häufig, insbesondere bei der Kiefer, das Holz nicht nach DIN, sondern verwendungsorientiert verkauft. Den Kunden interessiert dann nur, ob das Holz verblaut oder blank ist, weitere Abstufungen in der Güte erfolgen in diesen Fällen nicht.

So liegt letztendlich die Entscheidung über den Erfolg der Lebendlagerung beim Verbraucher bzw. bei der Verwendung des eingeschnittenen Holzes (Sichtverbau). Das galt bei den hier untersuchten lagerungsbedingten Qualitätseinschränkungen des Schnittholzes nur für die Bläue, die den häufigsten Farbfehler am lebendgelagerten Holz darstellte. Die Bläue wird vielfach nur als Schönheitsfehler betrachtet. Die Festigkeit des Holzes bleibt erhalten (siehe Kap. I).

Bei Normen, die Nadelholz allein nach dessen Tragfähigkeit bewerten (z.B. DIN 4074), ist Bläue in der hochwertigsten Güteklasse (I) zulässig. Nach einer Schutzbehandlung ist sogar Rotstreifigkeit als "nagelfeste braune und rote Streifen" in der Güteklasse I (Bauschnittholz mit besonders hoher Tragfähigkeit) erlaubt. Die rotstreifigen Stellen dürfen dabei aber nicht breiter sein als die für die Güteklasse zulässigen Einzeläste.

2. Schlußfolgerungen

Die Lebendlagerung von Fichten und Kiefern aus Wintersturmwurf kann, wenn nach der Aufarbeitung eine unmittelbare Vermarktung nicht möglich ist oder eine zügige Einlagerung in die Naßlagerung nicht durchführbar erscheint, für das erste Jahr nach dem Schadereignis empfohlen werden. Voraussetzungen für die Lebendlagerung sind ein geringer Anteil an Windbruch und eine normale bis niedrige Borkenkäferpopulation. Die Rinde der geworfenen Stämme sollte keine extremen Verletzungen aufweisen, da diese Infektionspforten für Pilzbefall darstellen. Kleinere sturmbedingte Rindenschäden verharzen und sind daher bedeutungslos. Die Möglichkeiten der Lebendlagerung als Vorstufe für die Naßlagerung muß verhalten beurteilt werden, da Aussagen über die gegebenen Schnittholzqualitäten nur mittels orientierender Versuchseinschnitte erwartet werden können. Da ab der zweiten Borkenkäfergeneration bei lebendgelagertem Sturmwurfholz mit Käferbefall gerechnet werden muß, ist es ratsam, ab Spätsommer bei der Aufarbeitung auf Befallsmerkmale zu achten. Käferbefallenes Holz ist vielfach mit Bläuepilzen infiziert und scheidet für eine kostenintensive Naßlagerung daher aus. Der Lebendlagerung sollte aus Gründen der Risikominimierung die unmittelbare Vermarktung und Verwertung folgen.

Solange nur rindenbrütende Borkenkäfer am Sturmholz auftraten, beschränkte sich die Verblauung meist auf den äußeren Splintbereich. Die Holzqualität der Hauptware wurde kaum beeinträchtigt. Erst holzbrütende Arten, die an den untersuchten Bäumen in der zweiten Vegetationsperiode nach dem Sturm in nennenswertem Umfang festgestellt wurden, verursachten eine massive Holzentwertung. Die Aufarbeitung der lebendgelagerten Nadelhölzer sollte aus Gründen der Holzqualität und des Forstschutzes (Risiko des Stehendbefalls) im Jahr nach dem Sturmereignis abgeschlossen sein.

Die Untersuchung der verschiedenen standörtlichen Parameter ergab keine Bereiche mit besonders konzentriertem Käferbefall. Auch die Splintholzfeuchtigkeit gab keine eindeutigen Hinweise auf Käferbefall und Schnittholzqualität. Sogar Einzelwürfe unter Schirm mit relativ hoher Holzfeuchte zeigten starken Käferbefall und die befallenen Bäume demzufolge Verblauungen.

Die Priorität bei der Aufarbeitung der Flächen sollte sich daher ganz nach den Erfordernissen des Forstschutzes richten. Da die Forstschutzsituation je nach Ausgangsbestand an Schadinsekten, Witterung und auch dem konkreten Waldort unterschiedlich ist, lassen sich keine allgemeingültigen Aufarbeitungsempfehlungen geben.
Die im Vorhergehenden dargestellten Ergebnisse lassen keine eindeutige Aussage zu, inwieweit vorrangig Einzel- und Nesterwürfe oder Flächenwürfe aufzuarbeiten sind. Aus organisatorischen und arbeitstechnischen Gründen und um den Überblick in der sich später eventuell einstellenden Forstschutzsituation zu behalten, ist ein vorrangiges Aufarbeiten der Einzel- und Nesterwürfe sinnvoll. Eine Teilaufarbeitung von Flächenwürfen sollte vermieden werden. Bereits LEKANDER (1955) stellte fest, daß teilweise aufgearbeitete Flächenwürfe stärker befallen werden als unaufgearbeitete. Grundsätzlich sind Sturmbrüche vor Sturmwürfen aufzuarbeiten, starke Stämme vor Massenware, höherwertige Sortimente vor minderwertigerer Ware.

Die Lebendlagerung ist der Lagerung im Haufenpolter in Rinde vorzuziehen. Ein Teil der im Haufenpolter an der Waldstraße gelagerten Stämme bot im Unterschied zum geworfenen Holz schon in der ersten Vegetationsperiode geeignete Lebensbedingungen für holzbrütende Borkenkäfer. Auch eine Insektizidbehandlung war kein Garant für Befallsfreiheit.

Durch die vielen manipulationsbedingten Rindenverletzungen zeigten die Fichtenpolter bereits nach halbjähriger Lagerungsdauer einen starken Befall durch Rotstreifepilze. Bei der Rotstreife handelt es sich im Gegensatz zur Bläue nicht nur um einen Farbfehler. Vielmehr stellt sie den Beginn einer langsam fortschreitenden Holzzerstörung dar. An den Kiefernpoltern kam zu dem Bläuebefall noch der Befall eines *Peniphora*-Pilzes hinzu, der zur Holzzerstörung führte. Die Versuchsvarianten "Haufenpolter an der Waldstraße" erzielten im Ergebnis somit die qualitativ ungünstigsten Schnittholzausbeuten.

Hinsichtlich der vorgefundenen Schnittholzqualitäten und ihrer Einstufung in hochwertige Güteklassen konnten, insbesondere bei der Fichte nach längerer Lebendlagerungsdauer, die Varianten des frischen Standortes deutlich besser abschneiden. Dies gilt auch für eine möglichst lange Erhaltung höherer Splintholzfeuchten lebendgelagerten Holzes. Somit sollte die Lebendlagerung von Sturmwurfhölzern der hier untersuchten Baumarten auf möglichst gut wasserversorgten, frischen Standorten stattfinden.

3. Zusammenfassung des Kapitels II

Die Veränderungen der Schnittholzqualität von sturmgeworfenen Fichten und Kiefern in einem Zeitraum von 18 Monaten unter Berücksichtigung verschiedener Varianten der Lebendlagerung (Flächenwurf, Einzelwurf unter Schirm) wurden untersucht. Als Vergleichsstandard dienten die Nutzungsvarianten Frischeinschlag des stehenden Bestandes und praxisübliche Polterung in Rinde als Haufenpolter an der Waldstraße. Die Versuchsflächen unterschieden sich im Wasserhaushalt (frischer und trockener Standort) und im Überschirmungsgrad (Flächenwurf ohne Beschattung und Einzelwurf unter weitgehend geschlossenem Schirm).
Entscheidend für eine erfolgreiche Lebendlagerung stellte sich der Insektenbefall heraus. Das gilt sowohl im Hinblick auf die Forstschutzsituation (Gefahr des Stehendbefalls angrenzender Bestände) als auch auf die Schnittholzqualität. In der ersten Vegetationsperiode nach dem Sturm traten Qualitätseinbußen bei der Schnittware fast nur in Verbindung mit Insektenbefall (Verblauung) auf. Die Verfärbungen konzentrierten sich auf den Außensplint, die Hauptware war kaum betroffen. Erst das vermehrte Auftreten von holzbrütenden Borkenkäfern in der zweiten Vegetationsperiode führte zu einer starken Entwertung. Die Aufarbeitung sollte daher allein nach den aktuellen Forstschutzgesichtspunkten vor Ort ausgerichtet werden.

Die Möglichkeit, aus dem Erscheinungsbild der Stirnfläche von Rundholzabschnitten nach der Aufarbeitung auf die Qualitätsveränderungen zu schließen, konnte nicht systematisch überprüft werden, erscheint aber auch nicht sehr aussichtsreich.

Die Splintholzfeuchte erwies sich nicht als geeigneter Weiser für die Schnittholzqualität. Zwar zeigten die Versuchsvarianten in Abhängigkeit von Standort und Überschirmung eine unterschiedlich schnelle Austrocknung, ein Zusammenhang zur Schnittholzqualität konnte aber nicht hergestellt werden. Auffällig war die hohe Streuung der Feuchtewerte bei den verschiedenen Lagerungsvarianten. Im Vergleich zur Fichte wurden bei der Kiefer durchweg niedrigere Feuchtewerte ermittelt.

Die Haufenpolter an der Waldstraße zeigten im Gegensatz zum lebendgelagerten Holz einen stärkeren Befall durch Rotstreifepilze und andere Holzzerstörer. Die Polterlagerung war daher nach Qualitätsgesichtspunkten der Lebendlagerung unterlegen.

Lebendlagerung aus Wintersturmwurf kann für Fichte und Kiefer bei abschließender Betrachtung als eine geeignete Methode empfohlen werden, die Qualität des Schnittholzes über eine Vegetationsperiode zu erhalten, sofern im Lagerungszeitraum

keine Borkenkäferkalamität auftritt oder zu erwarten ist. Die Aufarbeitung sollte vor dem Schwärmbeginn der Forstschädlinge in der nach dem Sturm folgenden zweiten Vegetationsperiode abgeschlossen sein. Besonders günstig wirkt sich eine guter Bodenkontakt des Wurzelballens auf die Erhaltung der Splintholzfeuchte aus.

KAPITEL III/ *Chapter III*

Orientierende Untersuchungen zur Schnittholzqualität lebendgelagerten Douglasienholzes

Orienting investigations on the quality of live-storaged Douglas-fir timber

(M. Bücking, E. Eisenbarth, M. Jochum)

INHALTSÜBERSICHT

Seite

1. Einleitung, Problemstellung und Methodik **101**

2. Ergebnisse und Diskussion **104**

2.1 Rundholzeinschnitt und Schnittholzbewertung 104

2.2 Versuche zur Qualitätsansprache über die Stirnflächen 107

3. Fazit 110

Literaturverzeichnis (siehe Gesamtliteraturverzeichnis)

Tabellenverzeichnis **111**

Abbildungsverzeichnis **112**

1. Einleitung, Problemstellung und Methodik

Eine Einbeziehung der Baumart Douglasie in den Untersuchungskomplex zur Lebendlagerung von Baumarten war ursprünglich nicht geplant, obwohl besondere Erkenntnisse zur Lebendlagerung dieser Baumart kaum vorlagen. Über Untersuchungen zur Lebendlagerung nordamerikanischer Nadelhölzer auf der Olympic-Halbinsel im US-Bundesstaat Washington, in die auch die Baumart Douglasie integriert war, berichtete BOYCE (1929). Er stellte nach einer 6 Vegetationsperioden umfassenden Lagerungsdauer abschließend fest, daß die Holzzersetzung im Splintbereich der Douglasie nur langsam voranschreitet und sie ihren Verkaufswert lange erhalte. Dies sei das Resultat ihrer hohen Widerstandsfähigkeit gegen Schadorganismen, wodurch sie zur Lebendlagerung in ihrem natürlichem Verbreitungsgebiet geeignet erscheine.
Im Forstamt Winnweiler, Revier Wittgemark, ergab sich die Möglichkeit, im Jahr 1995 auf vollmechanisiert aufgearbeitetes Douglasien-Rundholz schwacher Dimension zugreifen zu können, das sich bis dahin lebendgelagert, d.h. mit Wurzelkontakt, 5 Jahre auf der Bestandesfläche befunden hatte. Dieser zum Zeitpunkt des Windwurfs 1990, 30-jährige Douglasienbestand war auf ca. 0,7 ha vollflächig geworfen. Insofern herrschten für die Lebendlagerung Freiflächenbedingungen.

Aufgrund der Tatsache, daß die Untersuchung erst in einer Phase begonnen werden konnte, in der das Holz bereits aufgearbeitet und gepoltert war, lagen weder Kenntnisse über die Ausgangssituation zum Zeitpunkt des Windwurfs, noch detaillierte Zustandsbeschreibungen und Angaben über die Ausgangsqualität der liegenden Bäume vor der Aufarbeitung vor.
Aus diesem Grund können die Untersuchungen lediglich exemplarischen und orientierenden Charakter haben.

Anhand zufällig ausgewählter Rundholzabschnitte aus der oberen Lage des Douglasien-Holzpolters wurden Probeeinschnitte zu Brettware durchgeführt und im Anschluß daran die vorgefundene Schnittholzqualität beurteilt.

Die Rundholzabschnitte für den Versuchseinschnitt stammten aus dem Polter des Verkaufssortiments "Douglasien-Industrieholz der Güteklassen F und K (IF/K-Holz),

Länge 2,4 m, Mindestzopf 8 cm mit Rinde". Damit ergab sich zwangsläufig eine weitere versuchstechnische Einschränkung, da die besser geeigneten Profilspanerabschnitte, die ebenfalls aufgearbeitet wurden, bereits vermarktet waren und daher für Versuchseinschnitte nicht mehr zur Verfügung standen.

Einige kennzeichnende Daten des Bestandes, aus dem die untersuchten Rundholzabschnitte stammten, können Tabelle 1 entnommen werden.

Forstamt	Winnweiler
Forstrevier	Wittgemark
Distrikt	46
Abteilung	10
Baumart	Douglasie
Alter	30
Ertragsklasse	I.0
IF/K-Holzvolumen (in m^3/o.R)	80,43

Tab. 1: Rahmendaten des Versuchsbestandes

Die Einstufung des Rundholzes als IF/K-Holz erfolgte überwiegend dimensionsbedingt und nicht qualitätsbedingt. Daher bot sich die Möglichkeit, die Abschnitte versuchsmethodisch, d.h. hinsichtlich der Qualitätsbeurteilung, wie Sägeabschnitte zu behandeln und Brettware zu erzeugen. Üblicherweise wären die IF/K-Abschnitte der hier betrachteten Dimensionen als Rohmaterial für die holzverarbeitende Industrie verwandt worden. Durch den Einschnitt zu Brettware war es möglich, jeden der aussortierten Rundholzabschnitte hinsichtlich seiner inneren Holzqualität zu beurteilen.

Die Ansprache der Qualität konzentrierte sich auf Gütekriterien, deren Auftreten primär lagerungsbedingte Ursachen hatte. Hierunter fallen vor allem Fäuleerscheinungen, Verfärbungen des Holzes und Schäden durch Insektenbefall (Bohrlöcher, Fraßgänge).

Douglasien-Kernholz gilt als weitgehend unempfindlich gegen lagerungsbedingten Pilzbefall und daraus resultierende Fäuleschäden und Verfärbungen (BUTIN, 1983). Dies gilt insbesondere dann, wenn es sich, wie im vorliegenden Fall, um jüngere, nicht vorgeschädigte Bestände handelt.

Die allgemeinen Qualitätsmerkmale des eingeschnittenen Rundholzes (Ästigkeit, Jahrringaufbau etc.) konnten nicht detailliert erhoben werden, da dies den verfügbaren personellen und finanziellen Rahmen dieser orientierenden Untersuchung überschritten hätte. Dies erschien allerdings im Hinblick auf die Fragestellung der Untersuchung auch vertretbar, die in erster Linie lagerungsbedingte Schädigungen am Schnittholz erfassen sollte. Generell kann das Rundholz nach okularer Einschätzung als normal für einen Douglasiendurchforstungsbestand angesehen werden und fiel beispielsweise nicht durch übermäßige Ästigkeit auf.

Die ausgewählten Rundholzabschnitte wurden zum Sägewerk PHILIPPI nach Hundsbach gebracht und dort zu Brettware eingeschnitten.

Die Oberfläche eines jeden Brettes wurde gemäß der DIN 4074 (Sortierung von Nadelschnittholz nach der Tragfähigkeit), die bezüglich der zu untersuchenden Kriterien Fäule, Verfärbungen und Insektenbefall angewendet wurde, blockliegend einseitig beurteilt (DIN 68250 - Messen von Nadelschnittholz). Dabei wurde zunächst die Art eines auftretenden Fehlerkriteriums erfaßt. Handelte es sich um flächige Fehlererscheinungen (Fäule/Verfärbung), wurden ihre Ausdehnungen nach Länge und durchschnittlicher Breite gemessen. Nach DIN 4074 ist die Einschätzung der Ausdehnung lagerungsbedingter Fehlerkriterien nur für Verfärbungen und hier nur für nagelfeste, braune und rote Streifen vorgesehen. Bläue und Insektenbefall wird bei den Sortierkriterien für Brettware lediglich in "zulässig" und "nicht zulässig" eingestuft. Abweichend von dieser Sortiernorm wurden auch diese Qualitätsveränderungen nach Länge und Breite gemessen.

Das fehlerbehaftete Brettvolumen wurde zunächst für jedes Brett, das einen lagerungsbedingten Fehler hatte, ermittelt, indem die Volumenberechnung blockliegend über Länge, Dicke und Breite des Brettes erfolgte. Da die Brettbreite blockliegend abgegriffen wurde, konnte bezogen auf das Einzelbrett eine Volumenüber- oder -unterschätzung eintreten, je nach dem, ob sich das Brett oberhalb oder unterhalb der Blockmitte befand. Bezogen auf alle Bretter eines Blockes konnte jedoch davon ausgegangen werden, daß generell ein Ausgleich bei der Volumenberechnung erreicht wurde.

2. Ergebnisse und Diskussion

2.1 Rundholzeinschnitt und Schnittholzbewertung

Aus Tabelle 2 sind zunächst die Ergebnisse des Rundholzeinschnitts zu entnehmen. Die 35 zufällig ausgewählten Rundholzabschnitte aus der obersten Lage des Polters entsprachen einem Einschnittsvolumen von 2,73 m³ bzw. einem Anteil von 3,4 % des gesamten Poltervolumens.

Gesamtpoltervolumen (m³)	80,43
Einschnittsvolumen o.R. (in m³)	**2,73**
% von Gesamtpoltervolumen	*3,4*
Brettvolumen ohne Schwarten (in m³)	1,76
ø Abschnittsvolumen (in m³)	0,078
ø Brettlänge (=Abschnittslänge) (in m)	2,4
ø Brettbreite (in cm)	13,7
ø Brettstärke (in mm)	25

Tabelle 2: Ergebnisse des Rundholzeinschnitts

Es konnten nur Abschnitte aus der obersten Lage verwendet werden, da eine gleichmäßige Entnahme von Abschnitten über das gesamte Schichtholzpolter hinweg wegen des damit verbundenen hohen Aufwands nicht geleistet werden konnte. Da das Holz mit Forwarder gerückt wurde und keine zielgerichtete Entmischung der Abschnitte nach Dimensionen oder Lage im Stamm stattfand, können sie als repräsentativ für das Gesamtpolter erachtet werden. Insofern wird die Gefahr, daß durch die Art der Auswahl der Probeabschnitte ein verzerrtes Bild lagerungsbedingter Qualitätsveränderungen gezeichnet wird, als gering eingeschätzt.

Ein Vergleich mit der Durchmesserverteilung, wie sie sich aus einer Vollaufnahme der Stirnflächen des Polters ergibt (Abb. 1), zeigt allerdings, daß bedingt durch den geringen Stichprobenumfang von 35 Abschnitten die Extrembereiche der Durchmesserverteilung (Stärkeklasse 1a und 3a) nicht in der Stichprobe enthalten sind.

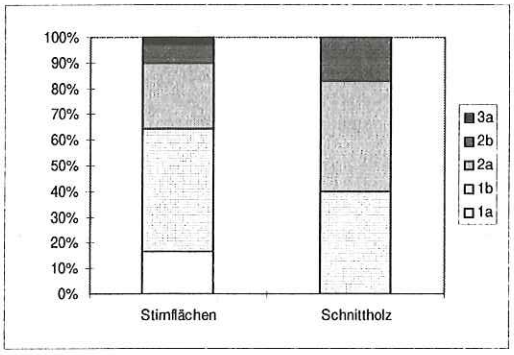


Abb. 1: Durchmesserverteilung der eingeschnittenen Rundholzabschnitte im Vergleich zu den Stirnflächen

Das erzeugte Gesamt-Brettvolumen von 1,76 m³ (ohne Schwarten) entspricht einem Ausbeuteprozent von 64 und rangiert damit im Vergleich zu Angaben von KNIGGE und SCHULZ (1966) im mittleren Bereich des von ihnen genannten möglichen Schnittholzausbeuterahmens von 55-85 %. Nach GRAMMEL (1989), der Schnittholzausbeutemöglichkeiten bezogen auf schwaches Stammholz von 40-60 % nennt, bewegt sich die Ausbeute sogar im oberen Bereich.

	Anzahl	%	
Abschnitte	*35*	*100*	
Abschnitte mit Lager-Fehlern	5	14,3	*100*
davon Abschnitte mit Bockkäfer	1	2,9	20,0
davon Abschnitte mit Fäule	2	5,7	40,0
davon Abschnitte mit Verfärbung	0	0	0,0
davon Abschnitte mit Bockkäfer/ Verfärbung	1	2,9	20,0
davon Abschnitte mit Bockkäfer/Fäule	0	0	0,0
davon Abschnitte mit Bockkäfer/Verfärbung//Fäule	1	2,9	20,0
Bretter	*212*	*100*	
Bretter mit Lager-Fehlern	12	5,7	*100*
davon Bretter mit Bockkäfer	1	0,5	8,3
davon Bretter mit Fäule	7	3,3	58,3
davon Bretter mit Verfärbung	1	0,5	8,3
davon Bretter mit Bockkäfer/Verfärbung	1	0,5	8,3
davon Bretter mit Bockkäfer/Fäule	1	0,5	8,3
davon Bretter mit Bockkäfer/Verfärbung/Fäule	1	0,5	8,3

Tab. 3: Lagerungsbedingte Qualitätsveränderungen, bezogen auf die Zahl der Abschnitte, bzw. Bretter

Die Bewertung des Schnittholzes hinsichtlich lagerungsbedingter Fehler führte insgesamt betrachtet zu einem positiven Ergebnis. Aus Tabelle 3 ist zu entnehmen, daß lediglich 5 Rundholzabschnitte Fehler aufwiesen. Verfärbungen, die ausschließlich auf

Bläue zurückzuführen waren, traten nur in Kombination mit anderen lagerungsbedingten Fehlern auf.

Aussagekräftiger ist die Betrachtung der erzeugten Schnittware, d.h. der Bretter. Aus den 35 Rundholz-Abschnitten konnten 212 Bretter im Sinne der DIN 4074 (Sortierung von Nadelschnittholz nach der Tragfähigkeit) in Verbindung mit DIN 68252 (Begriffe für Schnittholz) ausgeformt werden. Davon wurden 12 Bretter mit lagerungsbedingten Fehlern, die einen Ausschluß aus den Sortierklassen nach DIN 4074 bewirken, aussortiert. Wird nach dem festigkeitsmindernden Kriterium „Fäule" differenziert, so konnte festgestellt werden, daß 8 Bretter Fäule entweder als einziges Fehlerkriterium oder, in einem Fall, in Verbindung mit anderen lagerungsbedingten Fehlern aufwiesen. Fäule trat mithin bei 3,8 % der Brettware auf. Die anderen Fehlerkriterien waren jeweils nur einmal vertreten.

Neben einer anzahlmäßigen Auswertung des Versuchseinschnitts ist die Betrachtung des damit korrespondierenden Schnittholzvolumens von Interesse (siehe Tabelle 4).

	m^3	%	
Brettvolumen	1,7598	100	
Brettvolumen mit Lagerfehlern	0,1093	6,2	100
davon Brettvolumen mit Bockkäfer	0,0058	0,3	5,3
davon Brettvolumen mit Fäule	0,0727	4,1	66,5
davon Brettvolumen mit Verfärbung	0,0079	0,4	7,2
davon Brettvolumen mit Bockkäfer/Verfärbung	0,0090	0,5	8,2
davon Brettvolumen mit Bockkäfer/Fäule	0,0091	0,5	8,3
davon Brettvolumen mit Bockkäfer/Verfärbung/Fäule	0,0048	0,3	4,4

Tab. 4: Lagerungsbedingte Qualitätsveränderungen, bezogen auf das Schnittholzvolumen

Aus der Berechnung des Schnittholzvolumens mit lagerungsbedingten Qualitätsveränderungen ist ebenfalls erkennbar, daß nur ein geringer Anteil von 6,2 % des gesamten Schnittholzvolumens von 1,76 m^3 lagerungsbedingte Fehler zeigte. Analog zu den Aussagen zum fehlerbehafteten Brettanteil trat auch hier die Fäule deutlich hervor und machte den größten Anteil des fehlerbehafteten Brettvolumens aus. Sowohl die anzahlmäßige wie auch die volumenmäßige Betrachtung können mit der Feststellung abschließen, daß nur geringe Anteile der aus 5-jährig lebendgelagerten Douglasien-Rundholzes erzeugten Schnittware fehlerhaft waren.

Bezogen auf die Anzahl ausgeformter Bretter bzw. auf deren Schnittholzvolumen lag der Anteil des fehlerbehafteten Gesamtbrettvolumens bei rund 6 %. Das Kriterium Fäule war hierbei dominierend, während Verfärbungen (Bläue und in einem Fall rote bzw. braune Verfärbungen, die nicht näher bestimmt wurden) und Bockkäferbefall, jeweils für sich betrachtet, nur in verschwindend geringem Ausmaß auftraten und auch in der Summe 2,5 % nicht überstiegen. Verfärbungen und Bläue zeigten sich typischerweise in Übereinstimmung mit Literaturangaben (BUTIN, 1983) nur im Splintholzbereich. Bockkäferbefall war ebenfalls nur im Splint festzustellen, was durch Befall nur der äußersten blockliegenden Bretter zum Ausdruck kam. Somit können die Ausbeuteverluste durch lagerungsbedingte Qualitätsveränderungen als gering bezeichnet werden, da davon auszugehen ist, daß das Splintholz in der Regel durch Besäumen abfällt.

2.2 Versuche zur Qualitätsansprache über die Stirnflächen

Zusätzlich zur Schnittholzqualität einzelner ausgewählter Stammabschnitte, wurde eine einseitige Erfassung aller Stirnflächen an den Rundholzpoltern des Douglasien-IF/K-Holzes durchgeführt, um zu prüfen, ob eine Aussage über die Beziehung zwischen Erscheinung von Fehlern auf den Stirnflächen und ihrem Auftreten bzw. ihrer Ausdehnung im Inneren der Abschnitte getroffen werden konnte. Aufgenommen wurden auftretende Holzfäule und Verfärbungen. Hierbei wurden die fäule- oder verfärbungshaltigen Flächenanteile der einzelnen Stirnflächen (%-Flächenanteil) getrennt für Kern- und Splintholz mittels eines Flächenrasters in 5-Prozent-Stufen abgeschätzt. Die Ansprache erfolgte als Vollaufnahme.
Einschränkend muß bereits hier erwähnt werden, daß die Ansprache einer Verblauung bedingt durch Stirnflächenverschmutzungen, aufarbeitungsbedingten Verfärbungen (Braunfärbungen durch Kettenschnitt) und abgetrockneten Stirnflächen (dadurch schlecht erkennbare Verblauung) nur mit erheblicher Unsicherheit möglich war.

Tabelle 5 sowie die Abbildungen 2 und 3 stellen die Ergebnisse der Stirnflächenerfassung und -bewertung der Holzpolter dar. Sie erfolgte wie schon erwähnt nur auf einer Polterseite.

	Anzahl	%
Abschnitte Gesamt	800	*100*
Fehlerhafte Abschnitte	34	*4,3*
Anteil ausschließlich Verfärbung	29	*3,6*
Anteil ausschließlich Fäule	1	*0,1*
Anteil Verfärbung und Fäule	4	*0,5*

Tab. 5: Ergebnisse der Stirnflächenbewertung

Verfärbungen, hier ausschließlich Bläue, die typischerweise nur im Splintholz auftrat, machten den überwiegenden Anteil aufgetretener, lagerungsbedingter Fehler an den Rundholz-Stirnflächen aus. Fäule bzw. die Kombination Fäule und Verfärbung trat deutlich untergeordneter auf. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß knapp 5 % der Rundholzstirnflächen bei einseitiger Betrachtung Fehler aufwiesen, die zu über 85 % dem Beurteilungskriterium „Verfärbung" zuzurechnen waren. Die an den Stirnflächen erkennbaren Verfärbungs- oder Fäuleanteile wurden in 5 %- Stufen geschätzt. Die Ergebnisse dieser Schätzung können den Abbildungen 2 und 3 entnommen werden.

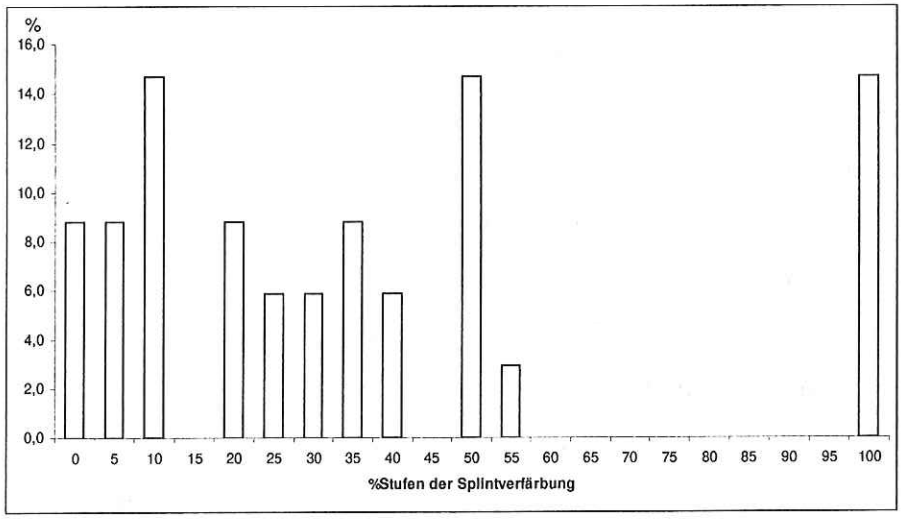


Abb. 2: Prozentuale Verteilung der stirnflächenerkennbaren Splintverfärbung der Rundholzpolter

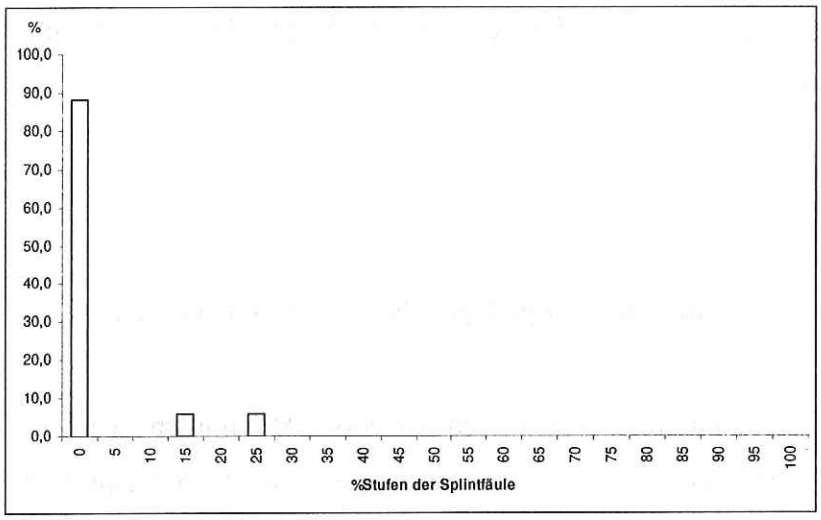


Abb. 3: Prozentuale Verteilung der stirnflächenerkennbaren Splintfäule der Rundholzpolter

Aus Abbildung 2 ist ersichtlich, daß die 3 Stufen 10 %, 50 % und 100 %, „komplette Verblauung", überwiegen. Zwischen diesen Extremen sind vorwiegend die Stufen bis 50 % besetzt, wobei die einzelnen Stufen die 10 %-Häufigkeitsgrenze nur in wenigen Fällen überschreiten. Wie bereits erwähnt war die Erfassung einer Verblauung nicht immer eindeutig möglich, was tendenziell eher zur einer Überschätzung des Auftretens dieses Fehlerkriteriums geführt hat.

Eine gänzlich andere Verteilung der Häufigkeiten unterschiedlicher Ausprägungsstufen zeigte die Fäule (s. Abb. 3).

Rundholzstücke ohne Fäule überwogen deutlich. Die Anteile bis zu 25 % Fäuleanteil im Splintholz lagen stets unter 10 %. Die sehr geringen prozentualen Ausprägungen höherer Fäuleanteile wurden durch einzelne Rundholzstücke repräsentiert.

Es konnte nicht systematisch überprüft werden, ob der Zustand der Stirnfläche Rückschlüsse auf die Veränderungen der Rundholzqualität ermöglicht. Dies gilt einmal wegen der Unsicherheit, mit der Verfärbungen an der Stirnfläche ohne zusätzliche Maßnahmen (z.B Säuberung, Befeuchtung) nach der Aufarbeitung angesprochen werden können. Zum anderen läßt auch die Tatsache, daß die zutreffende Beurteilung eines Insektenbefalls von der Stirnfläche her kaum möglich sein dürfte, die Diagnose

des Qualitätszustandes des Rundholzes durch die Begutachtung der Stirnflächen nur mit Einschränkungen zu.

3. Fazit

Der Versuchseinschnitt zeigte nur geringe fehlerbehaftete Holzanteile.

Von 35 eingeschnittenen Douglasien-Rundholz-Abschnitten wiesen lediglich 5 Abschnitte lagerungsbedingte Fehler auf, was einem Anteil von knapp 15 % entspricht. Verfärbungen durch Bläue traten nur in Kombination mit weiteren Lagerschäden (Fäulnis und Insektenbefall) auf.
Ähnlich günstig ist die Qualitätsausbeute bei der erzeugten Schnittware.

Die Möglichkeit, aus dem Erscheinungsbild der Stirnfläche von Rundholzabschnitten nach der Aufarbeitung auf die Qualitätsveränderungen zu schließen, konnte nicht systematisch überprüft werden, erscheint aber auch nicht sehr aussichtsreich.

Diese orientierende Untersuchung deutet insgesamt darauf hin, daß die 5-jährige Lebendlagerung kaum nachteilige Einflüsse auf die Qualität des Douglasien-Rundholzes und der daraus erzeugten Schnittware ausgeübt hat. Die Fehler beschränkten sich ausschließlich auf den Splintbereich der Rundhölzer.
Die Aussagen können allerdings nicht uneingeschränkt verallgemeinert werden, da:

- nur ein geringer Stichprobenumfang ausgewählt werden konnte
- die Lagerungsbedingungen (z.B. ausreichender Wurzelkontakt, unmittelbarer Bodenkontakt des Stammes, Beschattung durch darüber liegende Stämme)

der einzelnen Bäume, aus denen die Probeabschnitte stammen, nicht erfaßt werden konnten.
Trotzdem ermutigen die Ergebnisse dazu, bei Vermarktungsproblemen nach einem Windwurfereignis, Douglasienholz über einen mehrjährigen Zeitraum lebend zu lagern, sofern ausreichender Wurzelkontakt der geworfenen Bäume mit dem Erdreich gegeben ist.

Tabellenverzeichnis

Nr.	Tabelle	Seite
1	Rahmendaten des Versuchsbestandes	102
2	Ergebnisse des Rundholzeinschnitts	104
3	Lagerungsbedingte Qualitätsveränderungen, bezogen auf die Zahl der Abschnitte bzw. Bretter	105
4	Lagerungsbedingte Qualitätsveränderungen, bezogen auf das Schnittholzvolumen	106
5	Ergebnisse der Stirnflächenbewertung	108

Abbildungsverzeichnis

Nr.	Abbildung	Seite
1	Durchmesserverteilung der eingeschnittenen Rundholzabschnitte im Vergleich zu den Stirnflächen	105
2	Prozentuale Verteilung der stirnflächenerkennbaren Splintverfärbung der Rundholzpolter	108
3	Prozentuale Verteilung der stirnflächenerkennbaren Splintfäule der Rundholzpolter	109

KAPITEL IV/ *Chapter IV*

Untersuchungen über die Schnittholzqualität lebendgelagerten Eichen-Sturmwurfholzes

Investigations on the quality of live-storaged oak saw logs after storm damages

(M. Jochum, M. Bücking, E. Eisenbarth)

INHALTSÜBERSICHT Seite

1. Einleitung und Problemstellung **117**

2. Material und Methoden **118**

3. Ergebnisse und Diskussion **125**

3.1 Lagerungsdauer: Eine Vegetationsperiode (1990) 125

3.1.1 Feuchteentwicklung des Splintholzes 125

3.1.2 Versuchseinschnitt I (Dezember 1990) 126

3.2 Lagerungsdauer: Vier Vegetationsperioden (1990-1994) 127

3.2.1 Feuchteentwicklung des Splint- und Kernholzes 127

3.2.2 Versuchseinschnitt II (Mai 1994) 128

4. Fazit **136**

5. Zusammenfassung **137**

Literaturverzeichnis (siehe Gesamtliteraturverzeichnis)

Tabellenverzeichnis **139**

Abbildungsverzeichnis **140**

1. Einleitung und Problemstellung

In der Folge der Frühjahrswindwürfe 1990 wurde im Konzept der rheinland-pfälzischen Landesforstverwaltung zur Bewältigung dieser Katastrophe für die Aufarbeitung der geworfenen Bäume der Grundsatz, wertvolles und starkes Holz zuerst aufzuarbeiten, formuliert. Dies bedeutete für schwaches Laubholz der Baumart Eiche eine Aufarbeitungspriorität an letzter Stelle. Aufgrund einer vergleichsweise nur geringen Gesamtmenge von 355.780 Fm Eichenholz sollte eine Aufarbeitung nur bei gesicherter Vermarktung stattfinden. Nicht vermarktbares Stammholz sollte bis zum Ende des Jahres 1992 lebend gelagert werden (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1992). Hinzu kam, daß die Arbeitskapazitäten auf die Aufarbeitung der gegen Schadorganismen und Entwertung anfälligeren Baumarten (z. B. Fichte, Kiefer, Buche) konzentriert werden mußten und die zügige Aufarbeitung der Eiche im Vergleich dazu nachrangig war.

Zur Lebendlagerung verschiedener Baumarten, insbesondere zur Fichte und Buche, gibt es eine Reihe von Veröffentlichungen, die man in Erfahrungsberichte und Sekundärliteratur unterscheiden kann. Eine umfassende Darstellung hierzu findet sich bei EISENBARTH (1995, S. 1-25).
Erkenntnisse zur Lebendlagerung der Eiche liegen nur spärlich vor und erschöpfen sich eher in Erfahrungsberichten (BAUER, 1991 b), wonach die Lebendlagerung der Eiche positiv bewertet wird oder allgemein gehaltenen Empfehlungen zur möglichen Lebendlagerung der Eiche von einer Vegetationsperiode (SCHULZ, 1990) bis zu zwei Vegetationsperioden (HEUSER, 1991).

Gründe für die geringe Zahl an Literaturstellen zur Lebendlagerung der Eiche können in der nachrangigen Sturmgefährdung der Eiche und in der guten Haltbarkeit des Kernholzes sowie der geringeren Gefahr seiner Entwertung durch Schadorganismen gesehen werden.
Im Rahmen der Untersuchungen „Lebendlagerung von Sturmholz" wurde für die Baumart Eiche eine orientierende Untersuchung zur Lebendlagerung durchgeführt. Dabei sollte überprüft werden, ob die in der Literatur beschriebenen überwiegend positiven Erfahrungen mit der qualitätserhaltenden Wirkung der Lebendlagerung auch für schwächere Eiche und längere Lagerungsdauer unter rheinland-pfälzischen Verhältnissen bestätigt werden kann.
Dabei waren insbesondere der Einfluß von Lagerungsdauer, Form des Sturmwurfs und Befall durch Schadorganismen auf die Schnittholzqualität, hier untersucht auf der Grundlage von Rohfriesen und Parketthölzern, von Interesse.

Die Untersuchung der Schnittholzqualität im Rahmen des Produktionsprozesses von Parketthölzern wurde bewußt gewählt, um eine übliche und praxisnahe Verwendung schwachen Eichen- Stammholzes versuchstechnisch zu betrachten. Eichen- Stammholz der in diesem Versuch vertretenen Stammdimensionen wird in Rheinland-Pfalz typischerweise zu Stab- und Mosaikparkett verarbeitet. Dadurch sollte gewährleistet werden, daß die gefundenen Versuchsergebnisse einen unmittelbaren praktischen Bezug zu einer konkreten Produktionslinie haben.

2. Material und Methoden

Die Untersuchungen zur Lebendlagerung der schwachen Eiche wurden in Zusammenarbeit mit dem Forstamt HOCHSPEYER und der PFÄLZISCHEN PARKETTFABRIK in Weidenthal bei Kaiserslautern durchgeführt.
Im Forstamt Hochspeyer (Wuchsbezirk: Nördlicher Pfälzerwald, kolline Stufe 290-345 m NN, Geologie: Hauptbuntsandstein-Trifelsschichten; Exposition NO/O; durchschnittlicher Jahresniederschlag 675-750 mm) verursachten die Stürme in einem 125 Jahre alten Traubeneichenbestand flächige Sturmwürfe auf über 23 Hektar, sowie Nester- und Einzelwürfe.

Es wurden jeweils 2 charakteristische Sturmwurfformen und die daraus resultierende Möglichkeit der Lebendlagerung untersucht: unbeschattete Flächenwürfe (Freifläche) und Einzelwürfe unter Schirm im weitgehend geschlossenen Bestand.

Konventionelle Trockenlagerung im Haufenpolter an der Waldstraße einerseits und Eichen aus frischem Einschlag aus einem stehenden Bestand andererseits sollten zusätzlich einen Vergleich zwischen der herkömmlichen Form der Rundholzlagerung und den auf dem jeweiligen Standort zu erwartenden Schnittholzqualitäten aus Frischholzeinschlag ermöglichen. Insgesamt umfaßte das Versuchskonzept also 4 Varianten (siehe Abb. 1).

Abb.1: Übersicht der Untersuchungsvarianten

Für die Vergleichsvariante „Trockenlagerung im Haufenpolter an der Waldstraße" wurden die Stämme unmittelbar nach dem Sturmwurf aufgearbeitet und im Bestandesschatten an der Waldstraße gepoltert. Diese Variante repräsentiert den Fall der zügigen Aufarbeitung nach Sturmwurf und der anschließenden Lagerung an der Waldstraße bei fehlenden Absatzmöglichkeiten. Die Eichen der Variante „Einschlag waldfrisch" wurden zum Untersuchungszeitpunkt gefällt und ohne weitere Lagerung in die Untersuchung einbezogen. Sie repräsentieren die Variante, die ein Beispiel für durch Lagerung unbeeinflußtes Rundholz geben soll.

Jeweils unmittelbar vor den Einschnittszeitpunkten wurden die Splintholzfeuchten an zufällig ausgewählten Stämmen gemessen, da die Splintholzfeuchte als Weiser zur Beurteilung der Vitalität lebend gelagerter Bäume gilt (KOLTZENBURG und KNIGGE, 1987; MEHRINGER, 1989; BUCHER und KUČERA; 1991). Hierfür wurden gemäß DIN 52183 (Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts) Bohrkerne mittels Scheibenbohrer diagonal über den Stamm hinweg gewonnen. Dieses Verfahren ist geeignet, um mit vertretbarem Aufwand unter weitgehender Vermeidung von Holzzerstörung die Splintholzfeuchte mit hinreichender Genauigkeit zu ermitteln. Die Bohrkerne wurden nach Bestimmung des Frischgewichts 48 Stunden im Wärmeschrank bei 103° C getrocknet und nach Abkühlung im Exsikator das Trockengewicht erhoben, um daraus die Splintholzfeuchte als prozentuale Holzfeuchte zu errechnen.
Die prozentuale Holzfeuchte wurde mittels der folgenden Formel nach TRENDELENBURG bestimmt.

$$u = \frac{m_u - m_o}{m_o} x100$$

u= Holzfeuchte
m_u= Masse der frischen Holzproben
m_o= Masse der darrtrockenen Holzproben

Daneben wurde unmittelbar vor der Aufarbeitung des Versuchsholzes des Versuchseinschnitts II die Holzfeuchte des Splint- und Kernholzes an zufällig ausgewählten Stämmen (3 pro Variante) durch Stammscheibenentnahme am Stammfuß und am Kronenansatz gemessen, um die Endfeuchte der Bäume vor dem Einschnitt zu ermitteln.
Zur Charakterisierung der Stämme aus den verschiedenen Lagerungsvarianten wurden vor der Aufarbeitung Baummerkmale okular angesprochen und z.T. fotografisch festgehalten.
Dabei wurden folgende Parameter registriert:

- Kronenvolumen (Merkmalsausprägung: gering, mittel und groß),
- Boden- und Wurzelkontakt
  (Merkmalsausprägung: 50%, 33%, 25%, 20% des geschätzten Wurzelvolumens hatte Bodenkontakt),
- besondere Lagermerkmale,

- auffallender Insekten- bzw. Pilzbefall,
- Grad der Überschirmung bzw. Beschattung.

Hinsichtlich des Bodenkontakts wurde analog zu EISENBARTH (1995) der Wurzelkontakt eines Baumes als geeignet für die Versuchsdurchführung angesehen, sofern dieser mit mind. 10 % seines Wurzelvolumens einen Kontakt zum Boden aufwies. Anhand dieser Daten sollten die Lagerungsbedingungen darstellbar sein.

Eine exakte Sortierung des Stammholzes nach Qualitätskriterien wurde nicht durchgeführt, da erstens hierdurch keine Schlußfolgerungen auf Lagerschäden zu erwarten waren und zweitens äußere Qualitätskriterien beziehungsweise die aus ihnen ermittelten HKS-konformen Güteklassen nur gering mit den Schnittholzgüteklassen des Stammholzes korrelieren (siehe EISENBARTH, 1995; FISCHER, 1994 und BECKER, HAPLA, TEUTENBERG, 1990).
Desweiteren war eine einzelstammweise Weiterverfolgbarkeit und Datenzuordnung aus betriebstechnischen Gründen beim projektinvolvierten Parkettwerk nicht möglich, da der Betriebsablauf beim Rohfriesen- und Parketteinschnitt eine einzelstammweise, qualitative Parametererfassung nicht zuließ und damit ein Vergleich mit äußeren Qualitätskriterien der Einzelstämme des Rundholzes unmöglich war. Eine Schnittholzsortierung in Bezug zu den Endprodukten hätte im Detail bei den Rohfriesen einsetzen müssen. Hier war jedoch bereits keine einzelstammweise Zuordnung innerhalb des Holzes einer Variante mehr möglich. Aus diesen Gründen konnte ebenfalls auf eine dezidierte Erfassung der äußerlich erfaßbaren Rundholzqualität verzichtet werden. Sie wurde lediglich im Ganzen okular angeschätzt mit dem Ergebnis, daß die Ausgangsqualitäten der verschiedenen Lagerungsvarianten hinsichtlich qualitätsbestimmender Merkmale wie Astigkeit, Krümmung und Splintholzanteile recht einheitlich, beim Frischholzeinschlag bedingt durch seine Zusammensetzung aus Durchforstungshölzern jedoch etwas schlechter waren.

Den Schwerpunkt der Untersuchung stellte die qualitative Beurteilung des Schnittholzes anhand von Versuchseinschnitten des Holzes in einer ersten Produktionsstufe zu Rohfriesen und in einer zweiten Produktionsstufe zu Parkett dar.
Rohfriesen sind nach DIN 68283 scharfkantige, parallelbesäumte, an den Enden gekappte und auf gleiche Dicke geschnittene Hölzer, die zur Herstellung von Parketthölzern nach DIN 280, Blatt 1 bis 3, dienen. Eichen-Rohfriesen für die Parkettherstellung müssen nach DIN 68283 gesund sein. Unzulässig sind Insektenfraßstellen und Äste an den schmalen Seiten und Kanten. In Bezug auf die Qualität wird gem. DIN 68283 nach 1. Wahl, einer besseren Sortierung, und 2. Wahl, einer geringerwertigen Sortierung unterschieden.

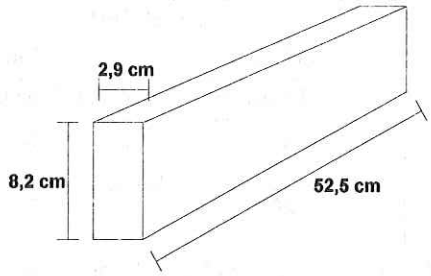


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Rohfriesenstabes

In der Parkettfabrik Weidenthal wird aus der 1. Wahl Stabparkett und aus der 2. Wahl Mosaikparkett hergestellt.

An die Rohfriesensorte Eiche 1. Wahl werden nach DIN folgende Gütebedingungen gestellt:

Leichte Farb- und Strukturunterschiede auf der besseren Seite sind zulässig, wobei Lagerflecken, die tiefer als 1 mm in das Holz hineinreichen, nicht tolerierbar sind. Ebenso sind Risse und Splint nicht zulässig. Auf der anderen Seite dürfen vereinzelte gesunde Äste bis 10 mm Durchmesser, gesunder Splint und Lagerflecken vorkommen.

Bei der 2. Wahl dürfen Splint, größere Lagerflecken und grobe Strukturunterschiede ebenso nur einseitig vorkommen. Äste bis 10 mm werden auf beiden, bis 15 mm Durchmesser nur auf einer Rohfriesenseite zugelassen.

Insgesamt wurde in zwei Versuchseinschnitten das Stammholzstück zwischen Wurzelteller und Kronenansatz (beginnend beim ersten Starkast der Krone) von 119 Bäumen aufgearbeitet und zu Parkett weiterverarbeitet. Die Qualitätsbeurteilung des Parketts erfolgte nach den einschlägigen DIN-Normen (DIN 280; DIN 68256; DIN 68283).

In einem ersten orientierenden Versuchseinschnitt (Versuchseinschnitt I) im Dezember 1990, nach einer Vegetationsperiode seit Beginn der Lebendlagerung, wurden 39 Bäume aus allen Varianten aufgearbeitet. In einem zweiten Versuchseinschnitt (Versuchseinschnitt II), im Mai 1994, vier Vegetationsperioden nach dem Sturmwurf, wurde ausgehend von den Erfahrungen des ersten Einschnitts der Stichprobenumfang erhöht und 20 Bäume in jeder Variante untersucht. Beschreibende Daten der Versuchskollektive der beiden Versuchseinschnitte sind in Tabelle1 dargestellt.

	Versuchskollektive											
	Frischeinschlag			Schirm			Freifläche			Haufenpolter		
	Anzahl der untersuchten Stämme											
1. Versuchs-einschnitt	3			5			12			19		
2. Versuchs-einschnitt	20			20			20			20		
Stärkekl.	Anzahl	fm	Vol.%	Anzahl	fm	Vol.%	Anzahl	fm	Vol.%	Anzahl	fm	Vol.%
2a	7	4,16	24,4	6	3,55	18,1	0	0	0,0	2	0,79	5,6
2b	11	10,3	60,3	6	5,1	26,0	3	2,11	8,7	8	3,24	23,0
3a	1	1,04	6,1	7	8,96	45,7	14	18,39	75,6	5	3,78	26,9
3b	1	1,57	9,2	1	2,01	10,2	3	3,83	15,7	3	3,01	21,4
4	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	3,24	23,0
Gesamt	20	17,07	100	20	19,62	100	20	24,33	100	20	14,06	100
fm/Stamm		0,85	100		0,98	115		1,22	144		0,7	82

Vol.%= Volumenprozente

Tab. 1: Übersicht der Versuchskollektive

Bei der Auswahl des Versuchsholzes konnte keine einheitliche Stärkeklassenverteilung der Versuchskollektive erreicht werden. Holz der Frischeinschlagsvariante wurde im Zuge eines Durchforstungseingriffs im benachbarten Bestand entnommen und weist aus diesem Grund einen höheren Anteil schwächerer Stämme (überwiegend L2a) auf. Bei der Freiflächenvariante, wo Stämme nach Linientaxation ausgewählt wurden, ist im Unterschied dazu eine Verteilung zugunsten stärkerer Stämme festzustellen.
Nach Aufarbeitung des Versuchsholzes erfolgte der Einschnitt der Stämme im Sägewerk der Pfälzischen Parkettfabrik in Weidenthal. Exemplarisch wurden einzelne Bohlen unmittelbar vor ihrer sofortigen Weiterverarbeitung zu Rohfriesen aus dem Produktionsprozeß genommen, damit ihre typischen Farbveränderungen durch Farbeinläufe von den Stirnflächen her fotografisch festgehalten werden konnten.
Mittels Kreissägen wurden die Bohlen zu Rohfriesen aufgetrennt, die danach an einem Sortierband nach 1. und 2. Wahl (Stab- und Mosaikparkettrohfriesen) sortiert und gestapelt wurden.

Um die Rohfriesen nach dreimonatiger Freilufttrocknung auf den für eine Weiterverarbeitung nach DIN 280 geforderten Holzfeuchtegehalt von 9 ± 2 % zu trocknen, war eine vierwöchige Kammertrocknung in der werkseigenen Trockenkammer erforderlich.
Unmittelbar nach der Trocknung fand der Parketteinschnitt statt, wobei die Sorten Eiche-Natur, Eiche-Gestreift und Eiche-Rustikal nach DIN 280 für Stabparkett und Mosaikparkett erzeugt wurden. Parkettstäbe werden gem. DIN 280 Teil 1 als

ringsherum genutete Parketthölzer, die beim Verlegen mit Hirnholzfedern verbunden werden, definiert.

Mosaikparkettlamellen sind nach DIN 280 Teil 2 kleine Parketthölzer, deren Kanten glatt bearbeitet sind und die, zu bestimmten Verlegeeinheiten flach zusammengesetzt, Muster verschiedener Art ergeben.

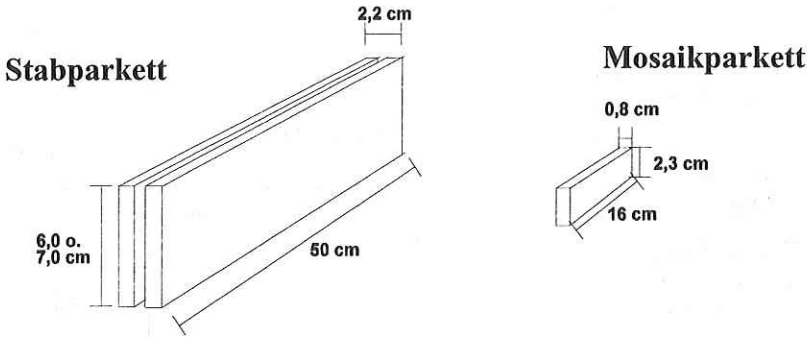


Abb. 3: Schematische Darstellung eines Parkettstabes bzw. einer Mosaikparkettlamelle

Folgende Parkettsorten werden nach DIN 280 definiert:

1. Eiche-Natur (EI-N): Parketthölzer dieser Sortierung müssen oberseits riß- und splintfrei sein. Eiche Natur stellt somit das hochwertigste Parkettsortiment dar. Besonders auffallende grobe Struktur- und Farbunterschiede sind bei dieser Parkettsorte unzulässig. Gesundäste bis zu 8 mm Durchmesser können toleriert werden, ebenso einzelne schwarze Äste bis 1 mm Durchmesser.

2. Eiche-Gestreift (EI-G): An diese Parkettsorte werden geringere Qualitätsanforderungen gestellt als an die Sorte Eiche Natur. Das Gesamtbild dieser Sortierung wird durch den festen Splintholzanteil charakterisiert, wobei besonders auffallende Strukturunterschiede nicht zulässig sind. Die Oberseite der Parketthölzer muß rißfrei sein. Gesunde Äste bis 10 mm Durchmesser sind zulässig.

3. Eiche-Rustikal (EI-R): Der Charakter dieser Parkettsorte wird bestimmt durch betonte Farben, Äste und lebhafte Struktur. Parketthölzer dürfen festen Splint, gesunde, festverwachsene Äste und Lagerflecken aufweisen. Ausgeschlossen sind Schwarzäste über 15 mm Durchmesser.

Parketthölzer, die eine Zuordnung in eine der drei DIN-Parkettsorten nicht zulassen, werden in der Pfälzischen Parkettfabrik geringerwertigen werksspezifischen Sorten zugeführt, wobei ein Teil dieser Hölzer durch Nachbearbeitung (Kappen oder seitliches Abhobeln) in eine der o.a. Parkettsorten "aufgewertet" wird, was jedoch mit zusätzlichem Produktionsaufwand verbunden ist. Im Ergebnis des Parketteinschnitts (Ausbeute- sowie Sorten- bzw. Qualitätserfassung) wurden diese Sondersorten mit berücksichtigt.

Der Ablauf des Parketteinschnitts in der Pfälzischen Parkettfabrik Weidenthal ist in der nachfolgenden Abbildung 4 schematisch dargestellt.

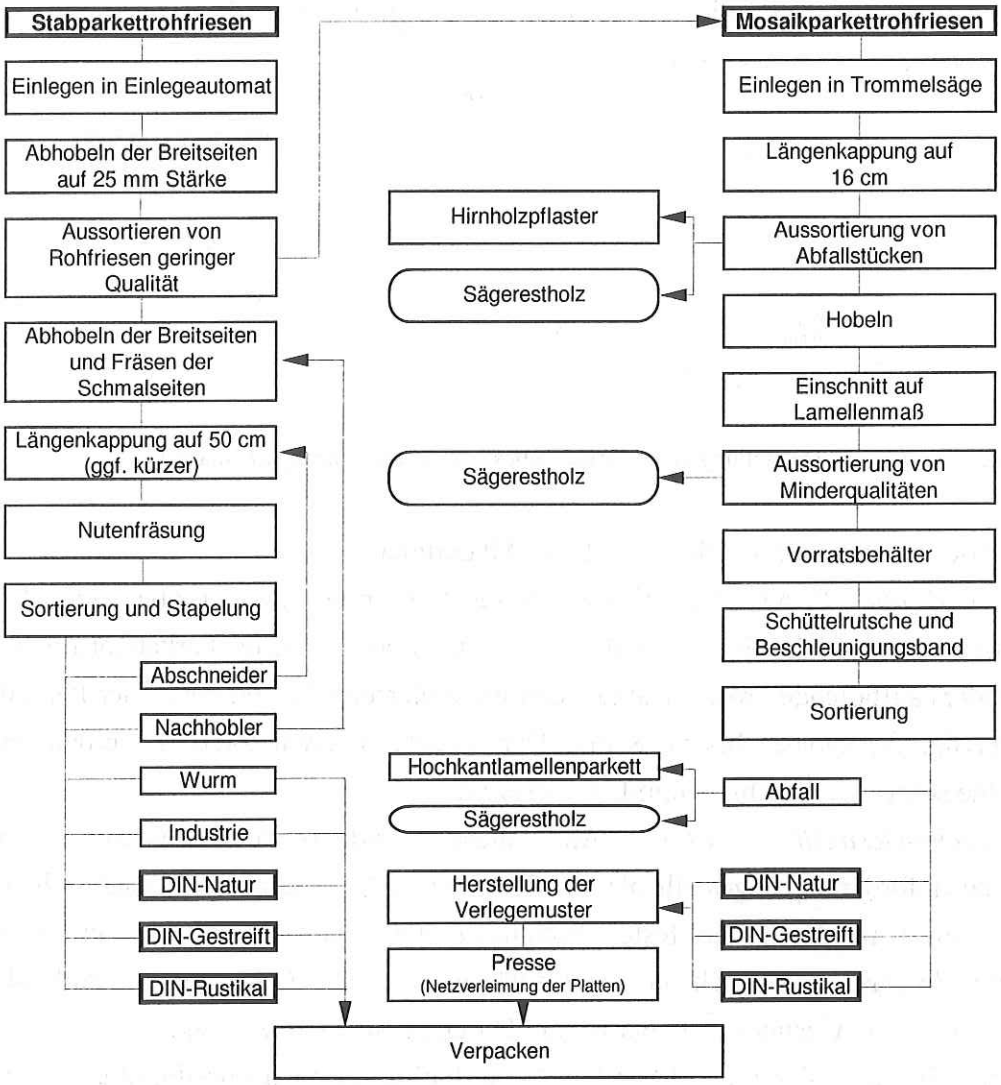


Abb. 4: Ablaufschema des Parketteinschnitts in der Pfälzischen Parkettfabrik Weidenthal

Die volumenmäßige Ausbeute der verschiedenen Parkettsorten und -qualitäten wurde im Gegensatz zu VON DERENTHALL (1995) nicht über das gewogene mittlere Volumen eines Parkettstabes ermittelt, sondern über die Multiplikation der durch Zählung im Produktionsprozeß erfaßten Anzahl an Parkettstäben, getrennt nach Parkettsorte und Qualität, und dem einzelnen Parkettstabvolumen, das entsprechend der Maschineneinstellung (Einstellung zur Dicken- und Seitenbearbeitung der Rohfriesen) zur Herstellung des Parketts angenommen wurde (Standardbearbeitungsmaße).
Anhand der Werkspreise (1994) konnten die Verkaufserlöse errechnet und eine monetäre Bewertung der Einschnittsergebnisse durchgeführt werden.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Häufigkeiten klein- und großkroniger Bäume waren bei dem zweiten Versuchseinschnitt bei beiden Lebendlagerungsvarianten gleich. Bei den Außenaufnahmen konnte festgestellt werden, daß die Einordnung in die Merkmalsausprägung „kleinkronig" im Wesentlichen durch die deformierenden Folgen des Windwurfereignisses bedingt war.

Im Hinblick auf das Merkmal Boden-/Wurzelkontakt (Tab. 2) kann ein Vitalitätsvorteil zugunsten der Schirmvariante abgeleitet werden, da hier ein erheblicher Teil der Bäume einen Bodenkontakt vor der Aufarbeitung des Holzes für Versuchseinschnitt I mit einem Wurzelvolumenanteil von 33 % bis 50 % aufwies.

Lebendlagerungs-variante		Boden-Wurzelkontakt in %				Gesamt
		50%	33%	25%	20%	
Freifläche	Anzahl Bäume	2	4	6	8	20
	Anteil %	10	20	30	40	100
Schirm	Anzahl Bäume	5	6	7	2	20
	Anteil %	25	30	35	10	100

Tab. 2: Boden-/Wurzelkontakte der Bäume der beiden Lebendlagerungsvarianten unmittelbar vor der Aufarbeitung für Versuchseinschnitt II

3.1 Lagerungsdauer: Eine Vegetationsperiode (1990)

3.1.1 Feuchteentwicklung des Splintholzes

Nach dem ersten Jahr der Lagerung bewegten sich die Variantenmittelwerte der Splintholzfeuchte bei den Varianten Frischeinschlag und Schirmvariante zum Zeitpunkt des Versuchseinschnitts (Dezember 1990) auf etwa gleichen Niveau von ca. 85 % (siehe Tab.3).
Die Feuchtewerte des Frischeinschlags als Vergleichsmaßstab sind allerdings aufgrund des geringen Stichprobenumfangs kritisch zu werten.
Darüberhinaus verdeutlicht die hohe Feuchtespannweite auf der Freifläche die bei einigen Stämmen bereits fortgeschrittene Austrocknung infolge starker Besonnung.

	Frischeinschlag	Schirm	Freifläche	Haufenpolter
n	3	20	20	21
u% Mittelwert je Variante	86,3	84,2	60,4	66,5
u% min	69,1	45,2	5,9	42,2
u% max	105,2	108,2	107,6	90,0

Tab. 3: Mittlere Splintholzfeuchte nach einjähriger Lagerungsdauer und minimaler bzw. maximaler Einzelwert je Baum

Aufgrund dieser Werte kann bei den Bäumen aus der Lebendlagerungsvariante Einzelwurf unter Schirm nach einer Vegetationsperiode auf einen weitgehend intakten Splintbereich geschlossen werden. Der Feuchtegehalt des Holzes war damit für einen Werterhalt ausreichend hoch. Die Splintholzfeuchten der beiden anderen Varianten Freifläche und Haufenpolter bewegen sich auf einem etwa 20-25 % niedrigerem Niveau. Nach einer Vegetationsperiode sind demnach zwischen den Lebendlagerungsvarianten deutliche Unterschiede zu beobachten, was auf die Intensität der Sonneneinstrahlung (negativ im Sinne der Werterhaltung) bzw. den „Schirmeffekt" (positiv im Sinne der Werterhaltung) sowie auf einen prozentual höheren Anteil besserer Wurzelkontakte der geworfenen Bäume mit dem Boden innerhalb der Schirmvariante zurückgeführt werden kann (siehe Tab. 2).

Bei der Polteranlage war, trotz schattiger Lagerung des Holzes, durch die Austrocknung über die Querschnittsflächen (KNIGGE, SCHULZ, 1966) die Splintholzfeuchte deutlich niedriger.

3.1.2 Versuchseinschnitt I (Dezember 1990)

Beim ersten orientierenden Versuchseinschnitt nach einer Vegetationsperiode konnten keine wesentlichen Unterschiede in der Rohfriesenausbeute und der Schnittholzqualität zwischen den Lagerungsvarianten Einzelwurf unter Schirm und Frischeinschlag festgestellt werden.
Dieses Ergebnis läßt den Schluß zu, daß nach einer 9-monatigen Lebendlagerung im Bestand die Ausbeute an erzeugten Rohfriesen und damit die Qualität der Stämme nur unwesentlich beeinträchtigt wurde. Bei der Lagerung auf der Freifläche und beim Haufenpolter waren jedoch stärkere Einbußen hinsichtlich der Ausbeute festzustellen. Holz aus der Lebendlagerungsvariante unter Schirm erzielte durchmesser-(/stärke-) bedingt sogar ein besseres Ausbeuteergebnis als Holz aus Frischeinschlag (vergl. Tab. 1 und Tab. 4). Die Abhängigkeit der Schnittholzausbeute vom Stammholzdurchmesser beim Einschnitt der Eiche wird bei GRAMMEL (1989) sowie KNIGGE und SCHULZ

(1966) belegt. Effekte der Lebendlagerung hinsichtlich der Ausbeuteergebnisse konnten nicht belegt werden.

	Frisch-einschlag	Lebendlagerung Schirm	Lebendlagerung Freifläche	Haufen-polter	Alle
Anteil Stabparkettfriesen (%)	44	50	31	29	35
Anteil Mosaikparkettfriesen (%)	54	49	67	56	58
Anteil Abfall (%)	2	1	2	15	7

Tab. 4: Rohfriesenausbeute nach Stab- und Mosaikparkett [%] gemessen in Stückzahl Rohfriesen

Das schlechtere Abschneiden der Haufenpoltervariante wird unterstrichen durch den hohen Abfallanteil bei der Rohfriesensortierung. Wurden bei den Varianten Frischeinschlag und Lebendlagerung nur etwa 1-2 % der Rohfriesen aufgrund schlechter Qualität aussortiert, so waren es bei der Haufenpoltervariante 15 %. Die Parameter für die schlechte Qualität wurden nicht im Detail erhoben. Nach okularer Einschätzung zum Zeitpunkt des Einschnitts resultiert sie aber überwiegend aus lagerungsbedingten Fehlern, v.a. Farbeinläufe.

3.2 Lagerungsdauer: Vier Vegetationsperioden (1990-1994)

3.2.1 Feuchteentwicklung des Splint- und Kernholzes

Nach einer Lagerungsdauer von 4 Vegetationsperioden zeigten erneute Holzfeuchtemessungen vor dem 2. Versuchseinschnitt folgende Ergebnisse (Abb. 5):

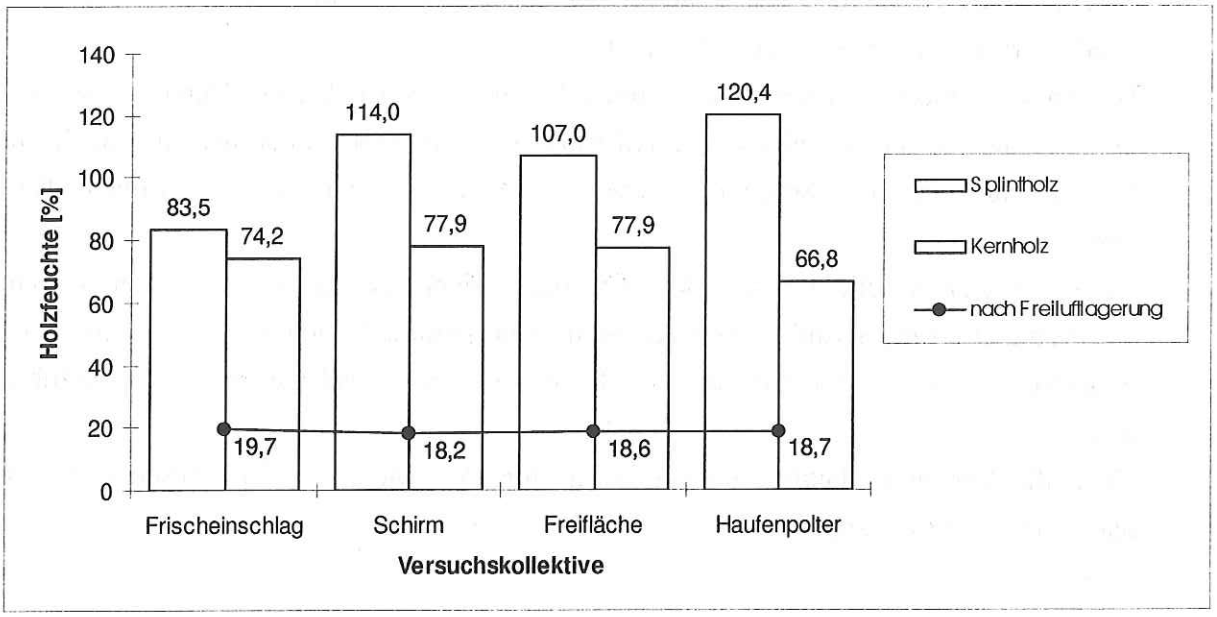


Abb. 5: Vergleich der Holzfeuchte nach 4-jähriger Lagerung gegenüber Frischeinschlag und nach 3-monatiger Freilufttrocknung als Rohfriesen im Sägewerk

Die Splintholzfeuchte der Lagerungsvarianten lag etwa auf gleichem Niveau und über der des Frischeinschlags. Dies ist durch die erhöhte Wasseraufnahmefähigkeit des zersetzten Splints und der Feuchtefreisetzung, bedingt durch die Abbautätigkeit von Pilzen, zu erklären (KOLLMANN, 1951, S. 52; RYPAČEK, 1966, S.73 ff.). Betrachtet man die Ergebnisse der Holzfeuchtemessungen des Kernholzes, ist ein nahezu einheitliches Kernholzfeuchteniveau von etwa 74-78 % bei Bäumen aus Lebendlagerung und Frischeinschlag festzustellen.
Die Kernholzfeuchte der lebendgelagerten Bäume lag etwas über der aus Frischeinschlag. Die geringe Differenz von knapp 4 % ist allerdings nicht signifikant und kann auf meßtechnische Varianzen oder Witterungseinflüsse zurückgeführt werden. Nach einer 50-monatigen Lagerungsdauer ist diese Tatsache im Hinblick auf den späteren Parketteinschnitt als positiv zu bewerten.
Haufenpolterstämme bewegten sich auf rund 10 % niedrigerem Kernholzfeuchteniveau von etwa 67 %, was durch eine verstärkte Austrocknung des Kernholzes über die Stirnflächen erklärbar ist.

3.2.2 Versuchseinschnitt II (Mai 1994)

Bohlen der Lagerungsvariante Einzelwurf unter Schirm waren nach Gattereinschnitt hinsichtlich ihrer während des Produktionsprozesses okular eingeschätzten Qualität etwa vergleichbar mit denen, die aus Frischeinschlag stammten. Lediglich im Übergangsbereich vom Splint- zum Kernholz waren bei einem Teil der Bohlen Verfärbungen durch Einlauf als graubraune Streifen i.d.R. auf ganzer Bohlenlänge sichtbar. Das Splintholz der Stämme war qualitativ in einem Zustand, der eine Weiterverarbeitung zu Parkett nicht zuließ.
Bohlen aus Lebendlagerung auf der Freifläche wiesen gegenüber der Versuchsvariante Schirm einen wesentlich höheren Anteil Einlauf von den Hirnenden her, also auch im Kernholzinneren, auf. Splintholz dieser Variante war zu einem geringen Teil verwertbar.
Am schlechtesten stellte sich das Holz der Poltervariante dar. An einem Teil der Bohlen war flammenförmiger Einlauf von den Stammquerschnittsflächen her bis in 2 m Tiefe eingedrungen, was zu einer deutlich größeren Abfallmenge bei dieser Variante geführt hat.
Über alle Versuchskollektive hinweg wurde folgende Menge an Rohfriesen (Tab. 5) nach DIN 68283 erzeugt:

	Frisch-einschlag	Lebendlagerung Schirm	Lebendlagerung Freifläche	Haufen-polter	Alle
Anzahl Rohfriesen Gesamt	8279	9143	11714	7102	36238
Anteil Stabparkettfriesen von Gesamt (%)	51,5	40,2	40,3	27,3	40,3
Anteil Mosaikparkettfriesen von Gesamt (%)	48,5	59,8	59,7	72,7	59,7
Gesamtrohfriesenvolumen (m³)	9,71	10,69	13,70	8,32	42,42
Rohfriesenausbeute Gesamt (%) bezogen auf 1 Fm Rh.	56,88	54,49	56,31	59,17	56,50
Rohfriesenausbeute Stabparkett (%) bez. auf 1Fm Rh.	29,3	21,9	22,7	16,1	22,8

Rh.= Rundholz

Tab. 5: Rohfriesenmenge und -ausbeute

Um die Variantenunterschiede zu verdeutlichen, sind die stückzahlmäßigen Stab- und Mosaikrohfriesenausbeuten der Versuchskollektive in Abbildung 6 dargestellt.

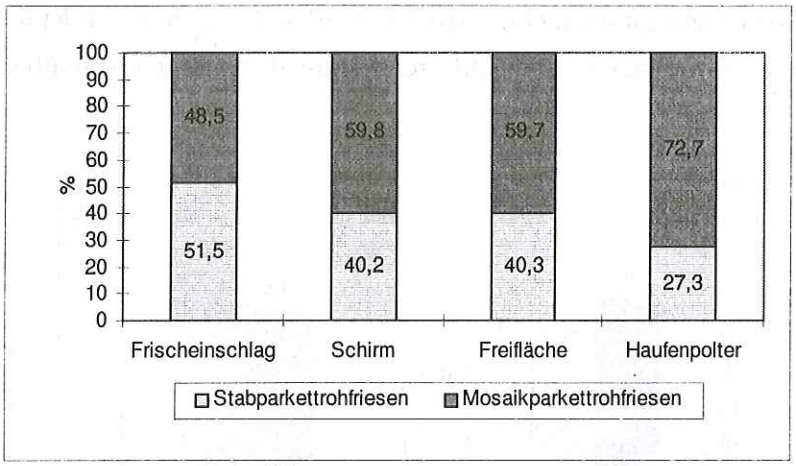


Abb. 6: Prozentuale Rohfriesenausbeute für Stab- und Mosaikparkett im Variantenvergleich

Die Tabelle 5 und die Abbildung 6 zeigen die Stückzahlanteile an höherwertigen Rohfriesen (Stabparkett) bezogen auf die Gesamtrohfriesenstückzahl. Erwartungsgemäß enthält Holz aus Frischeinschlag den höchsten Anteil an höherwertigen Rohfriesen. Bei Holz aus Lebendlagerung sind geringe Unterschiede zwischen Schirm- und Freiflächenvariante bei der Ausbeute an Stabparkett festzustellen, wobei das Holz aus der Freifläche durch die höhere Stückmasse der Einzelstämme etwas besser abschneidet. Die Ausbeute von Stabparkettrohfriesen aus Lebendlagerung liegt um 11 % unter der von frisch eingeschlagenem Holz.

Den geringsten Anteil an hochwertigen Rohfriesen wies Holz aus dem Haufenpolter mit 27 % der Gesamtrohfriesenmenge auf. Betrachtet man die Gesamtausbeute an Rohfriesen je Variante bezogen auf das Rundholzvolumen (vergl. Tab. 1), so ist zu erkennen, daß die Ausbeute an Rohfriesen bei allen Varianten mit 55 bis 60 % auf etwa gleichem Niveau lag (s. Abb. 7). Dies ist dadurch zu erklären, daß bei der Sortierung am Förderband qualitativ minderwertige Rohfriesen, die bei der Poltervariante am häufigsten auftraten, zunächst nicht aussortiert, sondern zu den Mosaikparkettrohfriesen

zugeordnet wurden, sichtbar an dem in Abbildung 6 dargestellten hohen Mosaikrohfriesenanteil. Eine stärkere Differenzierung hinsichtlich der Gesamtausbeute wird erst nach dem Parketteinschnitt, wo alle Holzfehler beurteilbar sind, sichtbar. Daß die Gesamtausbeute des Holzes aus Frischeinschlag trotz des verwertbaren Splintholzanteil nicht über der der anderen Lagerungsvarianten liegt, ist dadurch zu erklären, daß es sich beim Ausgangskollektiv um qualitativ schlechteres Durchforstungsholz handelte, das nach visueller Einschätzung stärkere Krümmungen und Astigkeit aufwies, während bei den Lagerungsvarianten im Vergleich dazu höherwertigere Stämme vertreten waren, die im Zuge einer Durchforstung nicht entnommen worden wären. Diese Tatsache wird auch durch die deutlich geringeren Einzelstammvolumina der Stämme aus Frischeinschlag (vergl. Tab. 1) unterstrichen.

Bezieht man das Einschnittsergebnis (Rohfriesen) auf 1 Festmeter Rundholzvolumen o.R. je Variante, wird eine deutliche Differenzierung der Varianten sichtbar.

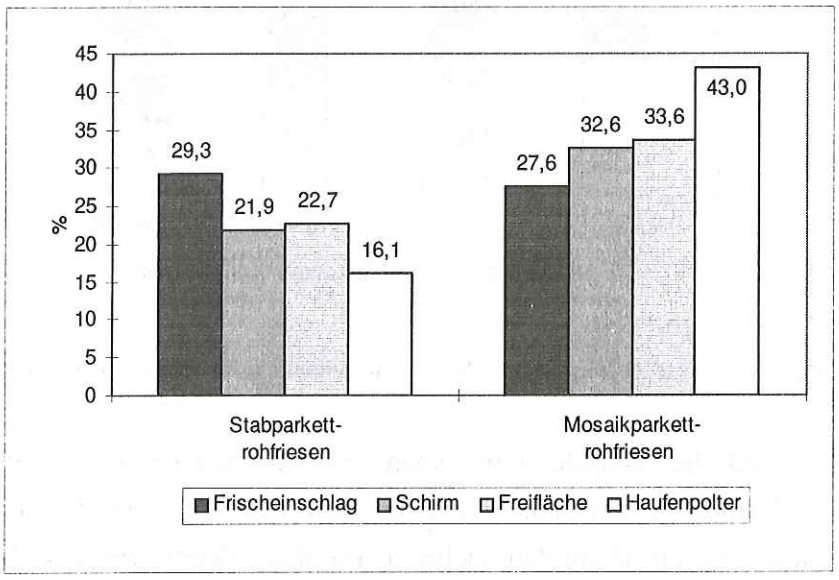


Abb. 7: Rohfriesenausbeute für Stab- und Mosaikparkett (%) bezogen auf 1 Festmeter Rundholz o.R.

Aus frisch eingeschlagenem Holz konnte ein gut 7 % höherer Anteil an Stabparkettrohfriesen je fm Rundholz als bei den Versuchsvarianten der Lebendlagerung erzeugt werden. Holz aus dem Haufenpolter liegt hinsichtlich der Stabparkettrohfriesenausbeute aus 1 Fm Rundholz etwa 5-6 % unter den Lebendlagerungsvarianten. Das in der Summe beider Rohfriesentypen gute ausbeutemäßige Abschneiden der Haufenpoltervariante ist auf die günstige Stärkeklassenverteilung dieser Variante (siehe Tab. 1) zurückzuführen, die im Vergleich zu den anderen Varianten als Einzige einen nennenswerten Volumenanteil ihrer Stämme

in den Stärkeklassen 3 und 4 aufweist, die wiederum geeignet sind, aufgrund ihres besseren Schnittbildes eine insgesamt gesteigerte Schnittholzausbeute herzugeben.
Beim minderwertigeren Produkt, den Mosaikparkettrohfriesen, verhält sich die Verteilung komplementär.
Nach dreimonatiger Freiluftlagerung der Rohfriesen, die mit Stapelleisten zu Paketen aufgesetzt wurden, hatten sich die o.a. unterschiedlichen Ausgangsholzfeuchten nivelliert und lagen bei allen Einschnittsvarianten etwa bei 19 %.
Eine vierwöchige Kammertrocknung (computergesteuert) war erforderlich, um die Rohfriesen auf den für eine Weiterverarbeitung zu Parkett nach DIN 280 geforderten Holzfeuchtegehalt von 9 ± 2 % einzustellen.
Das Ergebnis des auf die Trocknung folgenden Parketteinschnitts ist in der folgenden Tabelle (Tab. 6) und Grafik (Abb. 8) dargestellt:

Parkettsorte	Frisch-einschlag	Lebendlagerung Schirm	Lebendlagerung Freifläche	Haufen-polter	Gesamt
Natur (m²)	85,64	93,68	106,10	41,60	327,02
% von Gesamtmenge	74,62	90,61	83,61	80,41	82,41
Gestreift (m²)	10,45	0	2,60	0	13,05
% von Gesamtmenge	9,11	0	2,05	0	3,29
Rustikal (m²)	18,68	9,71	18,21	10,13	56,73
% von Gesamtmenge	16,28	9,39	14,35	19,59	14,30
Gesamtmenge (m²)	114,77	103,39	126,91	51,74	396,80

Tab. 6: Menge an erzeugtem Stabparkett in m²

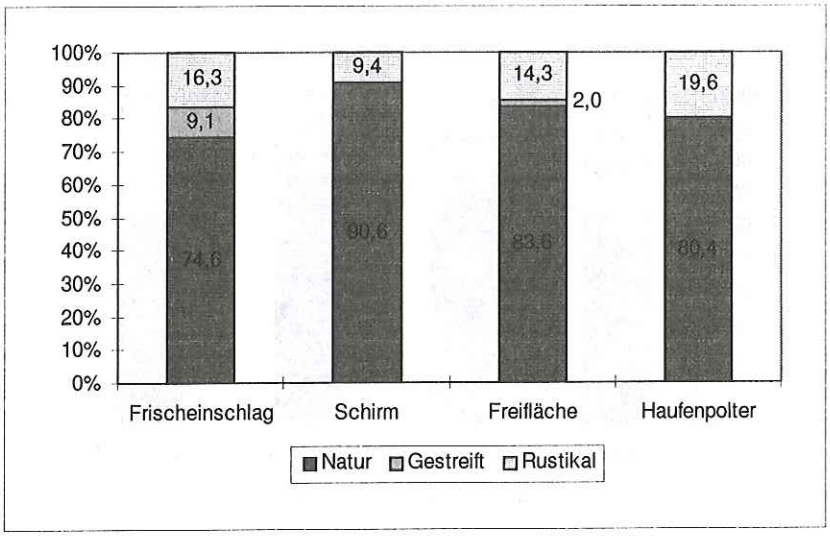


Abb. 8: Verteilung der Stabparkettsorten in %

Die Grafik zeigt den höchsten Anteil an der hochwertigsten Stabparkettsorte „Natur" nach DIN 280 Teil 1 bei der Versuchsvariante Einzelwurf unter Schirm (90 %). Die Lagerungsvariante Freifläche weist mit einem Naturanteil von 83,6 % und einem Rustikalanteil von 14,3 % eine etwas ungünstigere Verteilung auf, wobei sogar ein

Anteil der Parkettsorte „Gestreift" d.h. mit festem Splintholzanteil von 2,0 % erreicht wurde, was in erster Linie auf zwei zum Zeitpunkt des Versuchseinschnitts II noch lebende Bäume (ausgetriebene Wasserreiser) zurückzuführen ist. Holz aus Frischeinschlag lag hinsichtlich der Ausbeute an Stabparkett „Natur" an letzter Stelle. Dies kann durch einen relativ hohen Anteil der splintholzhaltigen Parkettsorte „Gestreift", wie dies typisch für Durchforstungsstämme mit geringeren Stammdimensionen im Vergleich zu den Sturmhölzern ist, erklärt werden. Daß die Parkettsorte „Gestreift" ansonsten bei den Lagerungsvarianten kaum bzw. gar nicht auftrat, ist dadurch zu erklären, daß qualitativ verwertbare Splintholzanteile, die diese Parkettsorte normalerweise bestimmen, aufgrund pilzlicher Abbautätigkeit bei den Lagerungsvarianten fast nicht mehr vorhanden waren.
Auf Parkettholz aus konventioneller Lagerung auf dem Haufenpolter entfiel der höchste Anteil des geringwertigsten Parkettprodukts „Rustikal" nach DIN 280.

Parkettsorte	Frisch-einschlag	Lebendlagerung Schirm	Lebendlagerung Freifläche	Haufen-polter	Gesamt
Natur (m²)	103,35	181,09	248,58	127,54	660,56
% von Gesamtmenge	56,25	69,32	75,84	57,06	66,31
Gestreift (m²)	37,09	14,51	19,56	12,51	83,67
% von Gesamtmenge	20,19	5,55	5,97	5,60	8,40
Rustikal (m²)	43,28	65,63	59,62	83,46	251,99
% von Gesamtmenge	23,56	25,12	18,19	37,34	25,29
Gesamtmenge (m²)	183,72	261,22	327,76	223,51	996,22

Tab. 7: Menge an erzeugtem Mosaikparkett in m²

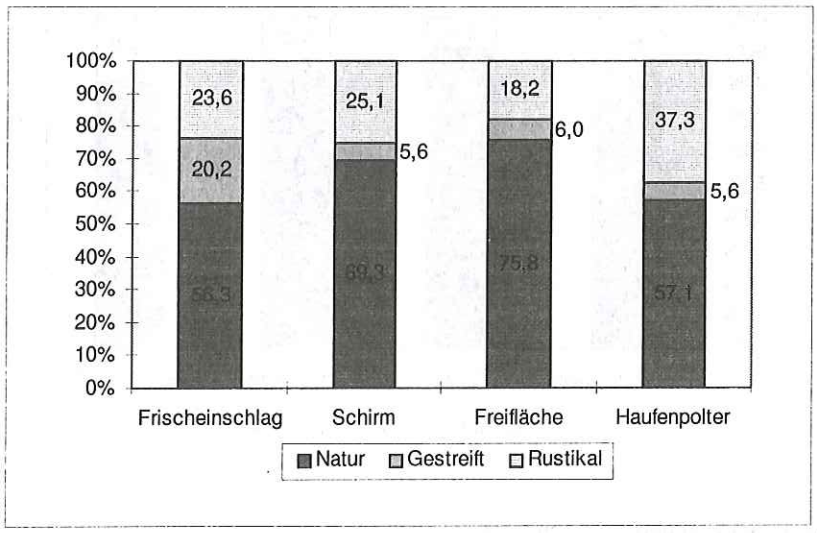


Abb. 9: Verteilung der Mosaikparkettsorten in %

Bei der Verteilung der erzeugten Mosaikparkettmenge (vergl. Tab. 7) erzielte die Variante Lebendlagerung auf der Freifläche das qualitativ beste Ergebnis. Ähnlich wie beim Stabparkett hat die Variante Frischeinschlag sortenmäßig die ungünstigste

Verteilung, was auf die Beschaffenheit des Durchforstungsmaterials zurückgeführt werden kann, da auch hier ein überproportionaler Anteil der Parkettsorte „Gestreift" im Vergleich zu den Lagerungsvarianten auftritt. Die bisher aufgeführten Ergebnisse werden noch aussagekräftiger, wenn die prozentuale Ausbeute an Parkett jeweils auf die gleiche Ausgangsmenge von 1 Festmeter Rundholz der jeweiligen Variante bezogen wird. Die Ergebnisse dieses Vergleiches sind in der nachfolgenden Abbildung 10 dargestellt. Dazu wurde das Volumen eines einzelnen Parkettstabes multipliziert mit der Anzahl der aus einem m³ Rundholz erzeugten Parkettmenge getrennt nach Stab- und Mosaikparkett. Dieses Volumen wurde ins Verhältnis zu einem Festmeter Rundholz gesetzt.

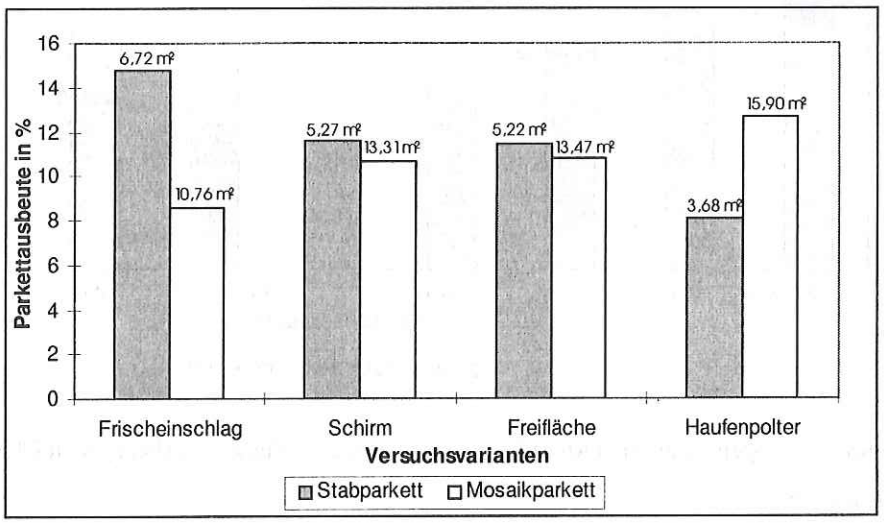


Abb. 10: Parkettausbeute in Volumen % und in m² in Bezug auf 1 Festmeter Rundholz

Die höchste Stabparkettausbeute wurde erwartungsgemäß bei frisch eingeschlagenem Holz mit 6,7 m² Stabparkett aus einem Fm Rundholz erzielt (s. Abb. 10). Die beiden Lebendlagerungsvarianten liegen im Vergleich zueinander auf gleichem Niveau, das allerdings um etwa 1,4 m² unterhalb der Stabparkettausbeute des Frischeinschlags aus einem Fm Rundholz o.R. liegt. Die Versuchsvariante Haufenpolter schneidet bei der Qualitätsausbeute mit 3,7 m² aus einem Fm Rundholz am schlechtesten ab.
Beim geringerwertigen Produkt „Mosaikparkett" verhalten sich die flächen- bzw. volumenmäßigen Mengenausbeuten in entsprechend umgekehrter Reihenfolge (vergl. Abb. 10).

Aus den bisherigen Ausführungen ist festzustellen, daß bezogen auf das Rundholzvolumen, die Ausbeute an parkettfähigem Schnittholz (Rohfriesen) bei lebendgelagerten Eichen in der Summe den frisch eingeschlagenen nur wenig nachsteht (s. Abb. 7), was allerdings sicherlich auf die stärkeren durchmesserbedingten

Stückmassen und somit günstigeren Stärkeklassenverteilung im Vergleich zum Frischeinschlag zurückzuführen ist. Dabei weist die Variante „Frischeinschlag" allerdings im Vergleich zu den Lebendlagerungsvarianten um rund 3 % höhere Anteile an hochwertigen Parkettstäben der Sorte Stabparkett aus. Die Variante Haufenpolter zeigt dagegen deutlich geringere Anteile an hochwertigem Stabparkett (s. Abb. 10).

Betrachtet man die sortenbezogene Ausbeute innerhalb des Stab- bzw. Mosaikparketts, ist die in Abbildung 11 dargestellte Verteilung festzustellen.

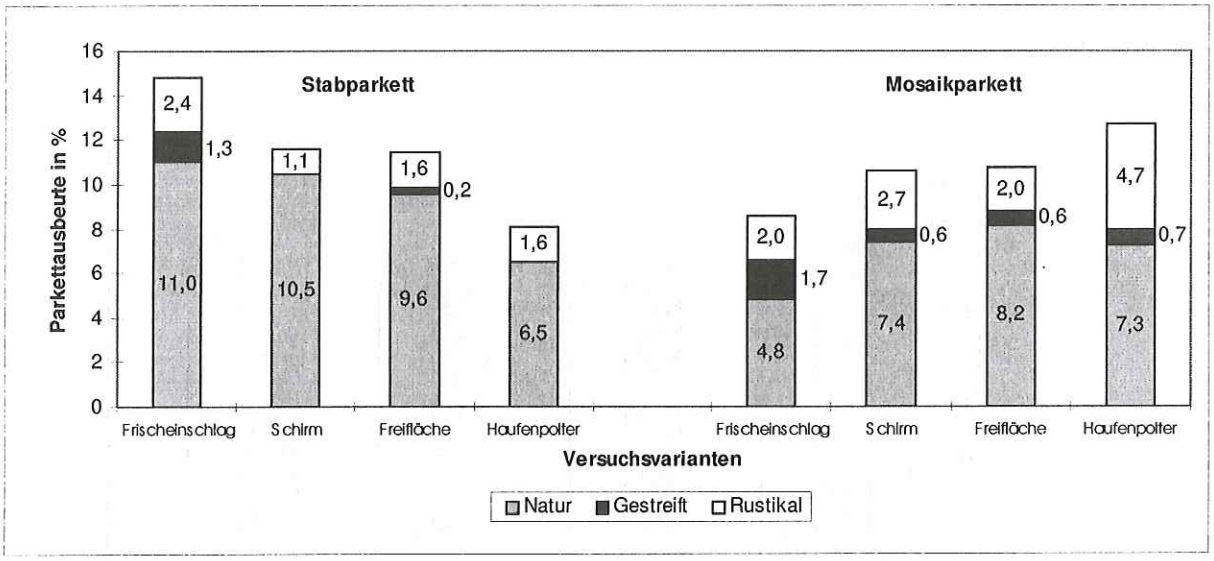


Abb. 11: Sortenbezogene Stab- und Mosaikparkettausbeute in Volumen- % (bezogen auf 1 Festmeter Rundholz)

Die sortenbezogene Parkettausbeute unterstreicht die bisherigen Aussagen. Bei allen Parkettsorten schneidet frisch eingeschlagenes Holz hinsichtlich der volumenbezogenen prozentualen Ausbeute an hochwertigen Parkettsorten im Vergleich zur ursprünglichen Rundholzmenge (d.h. das Verhältnis des erzielten Parkettsortenvolumens im Verhältnis zum Rundholzvolumen) besser ab, wobei die beiden Lebendlagerungsvarianten nur unwesentlich unter diesem Ergebnis liegen. Wie oben liegen die Lebendlagerungsvarianten ausbeutebezogen im Vergleich miteinander auf einer Ebene.
Um das Ergebnis des Vergleiches der zwei Lebendlagerungsvarianten auch monetär darstellen zu können, wurden die erzielbaren Verkaufserlöse der erzeugten Parkettware in Tabelle 9 gegenübergestellt. Als Grundlage dienten die in Tabelle 8 dargestellten, werksseitig angegebenen Preise.

	Stabparkett	Mosaikparkett
Natur	56	22,25
Gestreift	50	18,50
Rustikal	41	16,25
Industrie	30	28,50

Tab. 8: Werkspreise für Eichenparkett (DM/m²) (Stand 1994)

	Frischeinschlag	Schirm	Freifläche	Haufenpolter	Gesamt
Stabparkett					
Natur	4795,6	5246,1	5941,6	2329,7	18313
Gestreift	522,5	0	130	0	652,5
Rustikal	766	398,1	746,4	415,5	2326
Summe	6084,1	5644,2	6818	2745,2	21291,5
Mosaikparkett					
Natur	2299,5	4029,2	5530,9	2837,7	14697,4
Gestreift	686,2	268,4	361,9	231,4	1547,9
Rustikal	703,2	1066,5	968,8	1356,3	4094,8
Summe	3688,9	5364,1	6861,6	4425,4	20340,1
Gesamt	9773	11008,3	13679,6	7170,6	41631,6
Erlös je fm Stammholz	572,53	561,07	562,26	510,00	554,50

Tab. 9: Kalkulierte Erlöse für die hergestellten Parkette der einzelnen Versuchsvarianten in DM insgesamt und je Festmeter Stammholz

Insgesamt erzielte die Lagerungsvariante Freifläche den höchsten Gesamterlös. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß von dieser Variante die größte Holzmenge eingeschnitten wurde und die Stämme aus dieser Variante das weitaus größte Einzelstammvolumen besaßen. Um eine vergleichbare Aussage zu treffen, wurden die Erlöse pro eingesetzten Festmeter Rundholz berechnet.

Ein Vergleich der Erlöse je Fm Stammholz o.R. zeigt, daß bei der Variante Frischeinschlag aus dem Bestand das beste Ergebnis erzielt wurde. Es liegt jedoch nur unwesentlich höher als das für das Parkettholz aus den Lebendlagerungsvarianten. Die Differenz beträgt rund 11 DM/fm o.R. Die beiden Lebendlagerungsvarianten liegen auf fast gleichem Niveau, wobei der Erlös des Parkettholzes aus der Freiflächenvariante etwas über dem der Variante Schirm liegt. Am schlechtesten schneidet die Poltervariante ab, bei der der Erlös etwa 50 DM/fm o.R. unter dem aus den Lebendlagerungsvarianten liegt.
Insgesamt gesehen sind vom Ergebnis her deutliche Unterschiede zwischen dem Holz aus Lebendlagerung und dem Holz aus der Polterlagerung festzustellen und in dieser Tendenz auch plausibel. Da jedoch nicht bekannt ist, welche Qualitätsunterschiede im

Detail bereits auf die Ausgangsqualität des Rundholzes zurückzuführen sind und welche durch lagerungsbedingte Einflüsse entstanden sind, kann dieses Ergebnis hinsichtlich seiner absoluten Höhe nur eingeschränkt Gültigkeit haben.

4. Fazit

Der orientierende Charakter dieser Untersuchung wurde bewußt gewählt. Eine Methodenwahl mit dem Ziel, qualitative Kenngrößen des Holzes von seinem Zustand auf den Flächen bis hin zum einzelnen Endprodukt (Parkett) zu verfolgen, hätte zu einem überproportionalen Anstieg des Erhebungsaufwandes geführt. Dies gilt sowohl hinsichtlich einer detaillierten Erhebung von Qualitätsmerkmalen des Rundholzes, besonders aber für die Weiterverfolgung des Schnittholzes über die Produktionsstufen Rohfriesen und Stab- bzw. Mosaikparkett. Es wurde bereits erwähnt, daß ein solches Vorhaben im Rahmen des normalen Produktionsprozesses nicht möglich gewesen wäre. Hierzu wäre ein reiner Versuchsproduktionsprozeß nötig gewesen, der dann allerdings nicht mehr der Versuchsintention eines praxisnahen Versuches entsprochen hätte.

Vergleicht man die Versuchseinschnitte I und II, so ist festzustellen, daß die noch beim Versuchseinschnitt I bestehenden qualitativen Unterschiede zwischen der Rohfriesenverteilung der Lebendlagerungsvarianten beim Versuchseinschnitt II, d.h. nach einer Lagerungsdauer von 50 Monaten nahezu nicht mehr auftraten.

Gegenüber der Vergleichsvariante Frischeinschlag (Vergleichsstandard) erscheinen die Lebendlagerungsvarianten Einzelwurf und Flächenwurf hinsichtlich Mengen- und Qualitätsausbeute (Parkettsortimentverteilung) sowie der erzielbaren Verkaufserlöse nur geringfügig ungünstiger, wobei bei gleicher Stammdimension von etwas deutlicheren Unterschieden zugunsten des Frischeinschlags auszugehen wäre. Unterschiede zwischen den beiden Lebendlagerungsvarianten sind kaum festzustellen.
Erläuternd wurde bereits im Abschnitt 3 vermerkt, daß die lagerungsunabhängigen Qualitätsmerkmale der Rundhölzer als weitgehend gleich zwischen den Lebendlagerungsvarianten angenommen wurden.

Zugunsten der Lebendlagerungsvarianten im Vergleich zur Haufenpolterung spricht ebenfalls das Ergebnis der monetären Bewertung der aus den Variantenhölzern erzeugten Endprodukte. Der Erlösvorteil zugunsten der Lebendlagerungsvarianten betrug rund 50,- DM je Festmeter. Die Unterschiede zwischen Lebendlagerung auf der Freifläche und der Lebendlagerung unter Schirm sind nach der 50-monatigen Lagerungsdauer bezogen auf die Verkaufserlöse unerheblich.

5. Zusammenfassung

Die Baumart Eiche war beim Sturmwurf 1990 in Rheinland-Pfalz mit einem Anteil von 3% an der Gesamtwindwurfmenge von 14,3 Mill. Festmeter beteiligt.
Speziell für die Eiche liegen nur wenige Publikationen über ihre Lebendlagerungsfähigkeit vor.
Aus der Situation einer prioritären Aufarbeitung und Vermarktung anderer durch Sturmwurf erheblich höher betroffenen Baumarten heraus entstand das Projekt Lebendlagerung von Eichen-Sturmwurfholz. Dabei wurden die Lagerungsvarianten Einzelwurf unter Schirm, Flächenwurf auf der Freifläche, Haufenpolter an der Waldstraße nach knapp 1- und 5-jähriger Lagerungsdauer hinsichtlich ihrer qualitativen Eignung als Rohholz für die Parkettherstellung überprüft und mit Rundholz aus Frischeinschlag verglichen.
Periodische Holzfeuchtemessungen dienten zur Überprüfung der Vitalität der lebendgelagerten Eiche.
Gepolterte Stämme wiesen unmittelbar vor den beiden Versuchseinschnitten im Vergleich zu lebendgelagerten Bäumen ein erheblich niedrigeres Feuchteniveau auf.

Die gemessenen Feuchtigkeitswerte vor dem ersten Versuchseinschnitt zeigten die höchste Splintholzfeuchtigkeit bei der Schirmvariante an, was auf das Fehlen von Austrocknungswirkungen aufgrund der vorhandenen Überschirmung, die einen Verdunstungsschutz bewirkt und auf bessere Wurzelkontakte der geworfenen Bäume dieser Variante mit dem Boden zurückzuführen ist.
Frisch eingeschlagene und lebendgelagerte Bäume waren vor dem 2. Versuchseinschnitt hinsichtlich ihrer Holzfeuchte vergleichbar und deutlich besser als bei der Lagerungsvariante Haufenpolter, wobei das Splintholz der lebendgelagerten Bäume unverhältnismäßig hohe Feuchtewerte aufwies, was auf Pilztätigkeiten zurückzuführen war.
Es wurden zwei Versuchseinschnitte durchgeführt, wobei der erste nach einer Vegetationsperiode, ein zweiter nach fünfjähriger Lagerungsdauer durchgeführt wurde.
Eine Betrachtung der Einschnittsergebnisse des ersten orientierenden Versuchseinschnitts mit nur geringem Rundholzvolumen zeigte, daß lebendgelagerte Bäume unter Schirm eine vergleichsweise hohe Parkettrohfriesenausbeute besaßen. Aus Stämmen der Haufenpolterlagerung wurde die niedrigste Ausbeute an Rohfriesen erzeugt.
Die Ergebnisse des zweiten Versuchseinschnitts lassen erkennen, daß lebendgelagerte Bäume im Vergleich zu frisch eingeschlagenen nur unwesentlich schlechter in der Parkettausbeute abschneiden. Die Parkettausbeute aus Holz nach fünfjähriger

Haufenpolterlagerung schneidet rundholzvolumenbezogen aufgrund des hohen Einlaufanteils erkennbar schlechter ab. Eine monetäre Bewertung der Einschnittsergebnisse unterstrich diese Aussage. Rundholzbezogen lag der Erlös für Parkettholz aus Haufenpolterlagerung 50,- DM/Festmeter unter den beiden Lebendlagerungsvarianten.
Die hier formulierten Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß die Lebendlagerung eine sinnvolle Maßnahme zum Werterhalt des Eichenholzes in Katastrophenfällen sein kann. Eine Empfehlung, welche der beiden aufgeführten Lebendlagerungsvarianten für eine längerfristige Lagerung als günstiger zu beurteilen ist, kann aufgrund der Versuchsergebnisse nicht ausgesprochen werden. Sowohl bei den Ausbeuteergebnissen wie auch hinsichtlich der monetären Ergebnisse sind die beiden Lebendlagerungsvarianten vergleichbar. In der Praxis läßt der Sturm dem Forstbetrieb nicht immer die Wahl zwischen beiden Lagerungsvarianten. Wenn jedoch beide auftreten, kann aus diesen Versuchsergebnissen, ausschließlich, basierend auf den Holzfeuchtemessungen, die prioritäre Aufarbeitung der Flächenwürfe empfohlen werden. Empfehlungen zugunsten einer Lebendlagerungsvariante basierend auf den Ergebnissen des Rundholzeinschnittes und der Rundholzausformung zu Parketten, können aufgrund weitgehend identischer Ergebnisse beider Lebendlagerungsvarianten nicht gegeben werden. Eine Verallgemeinerung der Ergebnisinterpretation ist problematisch, da die Untersuchungen variantenweise und nicht einzelstammweise durchgeführt wurden, und ein Vergleich zu lagerungsunbeeinflußten Qualitäten nur über die Variante Frischeinschlag möglich war. Die Aussagen stehen somit in Beziehung mit der hier beschriebenen Versuchsanstellung. Eine einzelstammweise Untersuchung war aus produktions- und somit auch versuchstechnischen Gründen im beteiligten Parkettwerk nicht möglich. Aus diesem Grund kann auch keine Aussage darüber getroffen werden, welche Faktoren im Einzelnen zu einer Ausbeute- und Wertminderung geführt haben.

Die aufgezeigten Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß die Lebendlagerung bei Eiche eine günstigere Lagerungsvariante darstellt als die Haufenpolterung. Einer Forderung nach weitgehendem Werterhalt in Engpaßsituationen, wie sie Windwurfkatastrophen darstellen, hat sich nach den Untersuchungsergebnissen bei der Lebendlagerung von Eiche erfüllt.

Tabellenverzeichnis

Tab.		Seite
1	Übersicht der Versuchskollektive	122
2	Boden-/Wurzelkontakt der Bäume der beiden Lebendlagerungsvarianten unmittelbar vor ihrer Aufarbeitung für Versuchseinschnitt II	125
3	Mittlere Splintholzfeuchte nach einjähriger Lagerungsdauer und minimaler bzw. maximaler Einzelwert je Baum	126
4	Rohfriesenausbeute nach Stab- und Mosaikparkett (%) gemessen in Stückzahl Rohfriesen	127
5	Rohfriesenmenge und -ausbeute	129
6	Menge an erzeugtem Stabparkett in m²	131
7	Menge an erzeugtem Mosaikparkett in m²	132
8	Werkspreise für Eichenparkett (DM/m²) (Stand 1994)	135
9	Kalkulierte Erlöse für die hergestellten Parkette der einzelnen Versuchsvarianten in DM insgesamt und je Festmeter Stammholz	135

Abbildungsverzeichnis

Abb.		Seite
1	Übersicht der Untersuchungsvarianten	118
2	Schematische Darstellung eines Rohfriesenstabes	121
3	Schematische Darstellung eines Parkettstabes bzw. einer Mosaikparkettlamelle	123
4	Ablaufschema des Parketteinschnitts in der Pfälzischen Parkettfabrik in Weidenthal	124
5	Vergleich der Holzfeuchte nach vierjähriger Lagerung gegenüber Frischeinschlag und nach dreimonatiger Freilufttrocknung als Rohfriesen im Sägewerk	127
6	Prozentuale Rohfriesenausbeute für Stab- und Mosaikparkett im Variantenvergleich	129
7	Rohfriesenausbeute für Stab- und Mosaikparkett (%) bezogen auf einen Festmeter Rundholz o. R.	130
8	Verteilung der Stabparkettsorten in %	131
9	Verteilung der Mosaikparkettsorten in %	132
10	Parkettausbeute in Volumen-% und in m² in Bezug auf 1 Festmeter Rundholz	133
11	Sortenbezogene Stab- und Mosaikparkettausbeute in Volumen-% (bezogen auf 1 Festmeter Rundholz)	134

Gesamtliteraturverzeichnis/ *Literature*

Abkürzungen:

AFJZ	Allgemeine Forst- und Jagdzeitung
AFZ	Allgemeine Forst Zeitschrift
AID	Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Aufl.	Auflage
Bd.	Band
DIN	Deutsches Institut für Normung
Diss.	Dissertation
DWD	Deutscher Wetterdienst
EST	Erweiterter Sortentarif für die Holzernte
FA	Forstarchiv
For. Abst.	Forestry Abstracts
Forstl.	Forstlich
Forstwiss. Cbl.	Forstwissenschaftliches Centralblatt
FuH	Der Forst- und Holzwirt
FVA	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
Holz-Zbl.	Holz-Zentralblatt
HRW	Holz als Roh- und Werkstoff
hrsg.	herausgegeben
Mittl.	Mitteilung/en
NWR	Naturwissenschaftliche Rundschau
Schweiz. Z. Forstwes.	Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen
Univ.	Universität
unveröff.	unveröffentlicht

ADLER, E. (1951): Sulfite pulping properties of spruce wood from unpeeled floated logs. Part I. Catecholtannins in the surface layer Svensk Papp. Tidn. 54: 445-450.

ADOLF, P.; GERSTETTER, E. und LIESE, W. (1972): Untersuchungen über einige Eigenschaften von Fichtenholz nach dreijähriger Wasserlagerung. Holzforschung 26 (1): 18-25.

AICHELE, U. (1992): Untersuchungen zu Holzfeuchte, Insektenbefall und Holzqualität von 1990 sturmgeworfenen und 18 Monate lebendkonservierten Fichten im Forstamt Hermeskeil-Ost (Rheinland-Pfalz). Diplomarbeit (unveröff.), Univ. Freiburg. 78 S.

AMMER, U. (1963): Untersuchungen über das Wachstum von Rotstreifepilzen in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit. Forstwiss. Cbl. 82 (11-12): 360-391.

AMMER, U. (1964 a): Über die Holzzerstörung durch Rotstreifepilze im Bereich niedriger Temperaturen. Angewandte Botanik 38 (5): 231-242.

AMMER, U. (1964 b): Über den Zusammenhang zwischen Holzfeuchtigkeit und Holzzerstörung durch Pilze. HRW 22 (2): 47-51.

AMMER, U. (1966): Untersuchungen über den Schutz von Kiefernholz gegen Bläue. Forstwiss. Cbl. 85 (5-6): 129-192.

ANDRAE, F. (1989): Schutz von Fichten-Rundholz gegen Verblauung am Schlagort. Holzforschung und Holzverwertung (3): 39-42.

ARNOLD, K.-D.; HANKE, K.-L.; KRIEBITZSCH, B; KUBA, E.; LIESE, W.; PEEK, R.-D.; PROLLIUS, C. v.; RIPKEN, H. und RUSACK, H.-J. (1976): Beregnung und Wasserlagerung von Nadelstammholz aus der Sturmkatastrophe vom 13. November 1972. Erfahrungen und erste Ergebnisse. Aus dem Walde - Mittl. aus der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, Heft 25. Hannover: M. & H. Schaper. 146 S.

ARNOLD, H.-U.; BEHRENDT, W.; BRINKHOFF, W; FRICKE, K.H.; GARSSEN G. v.,; HEIL, K.; KEIMER, H.G.; KREYSERN, P.; KUBA, E.; LUCKMANN, H.; LUTOSCH, F.; MANN, H.J.; MATTHIES, F.; PEINE, J.; PIEST, K.H.; RIPKEN, H.; SAGOWSKI, H.; SASSE, O.; SCHIRMACHER, F.W.; STEINBRICH, H.; STREHLKE, B. und WIBBELT, A. (1977): Dokumentation der Sturmkatastrophe vom 13. November 1972. Teil I: Die Aufarbeitung des Sturmholzes. Aus dem Walde - Mittl. aus der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, Heft 27. Hannover: M. & H. Schaper. 389 S.

AUFSESS, H. v. (1965): Verfärbung und Abbau von Fichtenholz durch Rotstreifepilze und andere bei der Waldlagerung auftretende Pilzarten. Diss. Univ. München. 112 S.

AUFSESS, H. v. (1974): Erfahrungen über den Schutz des Rundholzes gegen Lagerschäden. AFZ 29 (17): 367-373.

AUFSESS, H. v. und PECHMANN, H. v. (1970): Erfahrungen über die Auswirkungen längerer Wasserlagerung auf die Qualität von Nadelstammholz. Forstwiss. Cbl. 89 (2): 65- 77.

BAUCH, J. (1986): Verfärbungen von Rund- und Schnittholz und Möglichkeiten für vorbeugende Schutzmaßnahmen. Holz-Zbl. 112 (152): 2217-2218.

BAUER, K. (1991b): Bewältigung der Sturmschäden 1990 (2). Holz-Zbl. 117: 1496.

BECKER, G, HAPLA, F. und TEUTENBERG, A. (1990): Untersuchungen der Holzqualität von Traubeneichen aus unterschiedlich dicht begründeten Beständen - Rund- und Schnittholzqualität. HRW. 48 (10): 339-343

BERNHART, A. (1961): Verblauen von Kiefern-Stammholz nach einem sommerlichen Sturmschaden und Erfahrungen mit Bläueschutzmitteln. Forstwiss. Cbl. 80: 224-237.

BOSSHARD, H. H. (1984): Holzkunde. Band 2: Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. 2. Aufl. Basel, Boston, Stuttgart: Birkhäuser. 312 S.

BOSSHARD, H. H. (1984): Holzkunde. Band 3: Aspekte der Holzbearbeitung und Holzverwertung. 2. Aufl. Basel, Boston, Stuttgart: Birkhäuser. 286 S.

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.

BUCHER, H.P. und KUČERA, L. J. (1991): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.): Feuchtegehalt und Feuchteverteilung, Vorkommen von Farbkernholz. Schweiz. Z. Forstwes. 142: 415-426.

BUES, C. T. (1987): Erfahrungen mit der Stammholzlagerung im Wasser. Holz-Zbl. 113 (40): 581-586.

BURGER, H. (1953): Holz, Blattmenge und Zuwachs. Fichten im gleichalterigen Hochwald. Mittl. der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen 29. Zürich: Kommissionsverlag: 38-130.

BURMESTER, A. (1980): Holzfeuchtigkeit in Nadelhölzern. Jahreszeitliche Einflüsse auf die Eigenschaften des Splint- und Kernholzes von Nadelbäumen. Holz-Zbl. 106 (91): 1303-1304.

BUTIN, H. (1983): Krankheiten der Wald- und Parkbäume: Leitfaden zum Bestimmen von Baumkrankheiten. Stuttgart: Georg Thieme. 172 S.

CHRISTIANSEN, E. und HORNDTVEDT, R. (1983): Combines Ips/Ceratocystis attack on Norway spruce and defensive mechanisms of the trees. Zeitung für angewandte Entomologie 96 (2): 117-119.

COURTOIS, H. (1966): Über den Zellwandabbau von Bakterien im Nadelholz. Holzforschung 5: 148-154.

DELORME, A. und WUJCIAK, R. (1973): Erfahrungen mit der "Lebendkonservierung" von Sturmwurfholz. FA 44 (3): 46-47.

DELORME, A. und RIPKEN, H. (1987): Die Konservierung von Nadelstammholz. AID-Heft Nr. 1181. 27 S.

DERENTHALL VON, CH. (1995): Schnittholzqualität lebendgelagerten Eichenholzes. Diplomarbeit der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau. 50 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (1976): DIN 68256: Gütemerkmale von Schnittholz: Begriffe. Köln, Berlin. 22 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (1965): DIN 68283: Parkett-Rohfriesen aus Eiche und Rotbuche. Köln, Berlin. 2 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (1977): DIN 52183: Prüfung von Holz: Bestimmung des Feuchtegehaltes. Köln, Berlin. 2S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (1990): DIN 280 Teil 1: Parkett. Parkettstäbe, Parkettriemen und Tafeln für Tafelparkett. Köln, Berlin. 4 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (1990): DIN 280 Teil 2: Parkett. Mosaikparkettlamellen. Köln, Berlin. 2 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (1989): DIN 4074, Teil 1: Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit. Berlin, Köln: Beuth Verlag GmbH. 7 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (1978): DIN 68252: Messen von Nadelschnittholz. Berlin, Köln: Beuth Verlag GmbH. 1 S.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (1978): DIN 68252, Teil 1: Begriffe für Schnittholz. Berlin, Köln: Beuth Verlag GmbH. 4 S.

DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (1990, 1991): Monatliche Witterungsberichte 1-12.

DIETZ, P.; KELLER, B. und ARTMANN, T. (1976): Die Bewertung von Nadel-Schleifholz - ein Beitrag zur optischen Holzverwertung. Das Papier 46: 1-7.

DIN (1988): DIN-Taschenbuch 31. Normen über Holz. 5. Aufl. Berlin und Köln: Beuth. 242 S.

EISENBARTH, E. (1995): Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche (Fagus sylvatica L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer. Mitteilungen der Forstlichen Versuchanstalt Rheinland-Pfalz. Nr. 33/95. 211 S.

ELLIOTT, G. K. (1970): Wood density in conifers. Commonwealth Forestry Bureau, Oxford. Technical Communication 8. 44 S.

EST (1979): Tarifvertrag über die Entlohnung von Holzerntearbeiten nach dem Erweiterten Sortentarif (EST) vom 03. Mai 1979, Anlage 3 (Aufnahmeanweisung), Ministerium für Landwirtschaft , Weinbau und Forsten, Abteilung Forsten, Referat 736, 17 S.

FISCHER, H.W. (1994): Untersuchungen der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz (Pseudotsuga Menziesii (Mirb.) Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 29/94. 200 S.

FRONIUS, K. (1990): Konservierung von Nadelrundholz. Holz-Zbl. 116 (48): 746.

GÄUMANN, E. (1930): Untersuchungen über den Einfluß der Fällungszeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes. II. Teil: Der Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichten- und Tannenholzes. Schweiz. Z. Forstwes., Beiheft 6. 155 S.

GÖTZ, G. (1992): Käferbefall an lebendkonserviertem Sturmholz der Baumart Kiefer - Artenspektrum, Befallsdichte und Befallsintensität in Abhängigkeit von Lagerungsdauer, Standort, Holzfeuchte und Bläue. Diplomarbeit (unveröff.), Univ. Freiburg. 73 S.

GRAMMEL, R. (1989): Forstbenutzung. Hamburg, Berlin: Verlag Paul Parey. 193 S.

GRAMMEL, R.; WINNERSBACH, P. und URMES, A. (1990): Die Auswirkungen einer dreijährigen Naßkonservierung durch künstliche Beregnung auf einige technologische Eigenschaften von Fichten-Stammholz (Picea abies [L.] Karst.). FA 61 (7): 4-6.

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG, WOHNEN, LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND NATURSCHUTZ (1992): Holzlagerung: Lagerfähigkeit und Qualitätserhaltung von Nadel- und Laubholz. Merkblatt 30. 41 S.

HEUSER, V. (1991): Qualitätserhaltung von Rundholz bei längerer Lagerung. Merkblatt der Hessischen Landesforstverwaltung. 29 S.

HOF, T. (1971): Water storage as cause of occasional point failure on preservative treated spruce in the Netherlands. Mittl. der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Reinbek 83: 59-70.

HÜTTE, G. (1991): Lebendkonservierung sturmgeworfener Fichte. Diplomarbeit (unveröff.) Univ. München. 115 S.

INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN, Leiter H. Schulz (1990): Hinweise zur Lagerung von Sturmholz. Holz-Zbl. 116 (65): 1048-1049.

JÄGER, D. (1969): Möglichkeiten der Rundholzkonservierung (1). Zur Theorie der Rundholzkonservierung. Holz-Zbl. 95 (103): 1547-1548.

JAHN, H. (1990): Pilze an Bäumen. 2. Aufl. Patzer.

KLIMETZEK, D. (1984): Grundlagen einer Überwachung und Bekämpfung der Nutzholzborkenkäfer (Trypodendron spp.) mit Lock- und Ablenkstoffen. Freiburger Waldschutz-Abhandlungen, Bd. 5.

KLIMETZEK, D. und VITÉ, J. P. (1989): Tierische Schädlinge. In SCHMIDT-VOGT: Die Fichte. Bd. II/2. Hamburg und Berlin: Paul Parey: 40-124.

KNELL, G. (1968): Untersuchungen über Holzfeuchte und Holzfarbe von Fichten-Schleifholz. Diss. Univ. Freiburg/ Brsg.

KNIGGE, W. (1973): Eigenschaftsveränderungen des beregneten und wassergelagerten Kiefern-Sturmholzes. FA 44 (3): 62-64.

KNIGGE, W. und SCHULZ, H. (1966): Grundriß der Forstbenutzung. Hamburg und Berlin: Paul Parey. 584 S.

KNOPF, H. (1962): Pilzbefall und Rotstreifigkeit an Fichtenholz. Diss. Univ. Göttingen, Hann.-Münden. 67 S.

KOLLMANN, F. (1951): Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Auflage. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag: 1050 S.

KOLTZENBURG, CH. und KNIGGE, W. (1987): Holzeigenschaften von Buchen aus immissionsgeschädigten Beständen: Zuwachs und physikalische Holzeigenschaften. HRW. 45: 81-87.

KNUCHEL, H. (1930): Untersuchungen über den Einfluß der Fällungszeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes. I. Teil: Der Einfluß der Fällungszeit auf einige physikalische und gewerbliche Eigenschaften des Holzes. Schweiz. Z. Forstwes., Beiheft 5. 127 S.

KÖNIG, E. (1990 a): Überwachung und Bekämpfung von Borkenkäfern der Nadelbaumarten. AID-Heft Nr. 1015. 27 S.

KREMPL, H. und HUDECZEK, F. (1966): Rotstreif in Fichtenrundholz. Holzforschung und Holzverwertung 18 (5): 81-92.

KUNER, M. (1967 a): Die Wintersturmschäden der letzten Jahre. Schweiz. Z. Forstwes. 118: 435-445.

KUNZ, R. G. (1961): Über die Verwertung von Holz aus sommerlichem Sturmschaden. Mittl. der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Reinbek: Kommissionsverlag. 90 S.

LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1992): Windwurfdokumentation. Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Referat 737. 45 S. + 18 Tab.

LANGNER, W. (1932): Die Wasserverteilung im Stammholz der Fichte und ihre Veränderungen. Botanisches Archiv 34: 1-80.

LEKANDER, B. (1955): Das Auftreten der Schadinsekten in den vom Januarsturm 1954 verheerten Wäldern. Meddelanden Statens Skogsforskningsinstiut 45 (3). 35 pp.

LIESE, W. (1973 a): Zur Qualitätserhaltung von Sturmholz bei längerer Lagerung. FA 44 (7): 149-153.

LIESE, W. (1973 b): Zur längeren Lagerung von Sturmholz. Holz-Zbl. 99 (70-71): 1071-1072.

LIESE, W und SCHMID, R. (1961): Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen über das Wachstum von Bläuepilzen in Kiefern- und Fichtenholz. HRW 19 (9): 329-337.

LIESE, W. und KARNOP, G. (1968): Über den Befall von Nadelholz durch Bakterien. HRW 26 (6): 202-208.

LIESE, W. und KARSTEDT, P. (1971): Erfahrungen mit der Wasserlagerung von Windwurfhölzern zur Qualitätserhaltung. FA 42 (3): 41-47.

LIESER, H. und PRÜM, H.-J. (1990 a): Folgerungen aus der Messung der Holzfeuchte in Fichten-Windwürfen. AFZ 45 (30-31): 773-774. Oder: Holzfeuchtemessungen in Fichten-Windwurfschlägen, Holz-Zbl. 116 (84): 1344.

LIESER, H. und PRÜM, H.-J. (1990 b): Wiederholte Messungen der Holzfeuchte in Fichten-Windwürfen. AFZ 45 (36): 907. Oder: Wiederholte Messung der Holzfeuchte in Fichten-Windwurfschlägen, Holz-Zbl. 116 (93): 1438.

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.

MERCKEL, S. (1992): Entwicklung der Holzfeuchte und Entwertung der Brettware durch Bläue bei lebendkonserviertem Kiefernsturmholz (Pinus silvestris) während zweier Vegetationsperioden. Diplomarbeit (unveröff.), Univ. Freiburg. 43 S.

MICHELS, P. (1943): Der Naßkern der Weißtanne. HRW 6: 87-99.

NIEMEYER, H. (1979): Die Entwicklung der Borkenkäferpopulation nach 1972 und ihre Bekämpfung. In: Dokumentation der Sturmkatastrophe vom 13. November 1972. Teil V: Forstschutz gegen biotische Schäden. Aus dem Walde - Mittl. aus der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, Heft 31: 5-37.

NYLINDER, P. (1953): Über die Verteilung von Rohwichte und Holzfeuchtigkeit in Kiefern- und Fichtenstämmen und ihre Bedeutung für die Flößerei in Schweden. HRW 11: 354-361.

PADBERG, A. (1991): Qualitätsveränderungen von Fichtensturmholz (Picea abies (L.) Karst.) bei verzögerter Aufarbeitung. Diplomarbeit (unveröff.), Univ. Freiburg. 224 S.

PANSHIN, A. und DE ZEEUW, C (1980): Textbook of wood technology, Fourth Edition. New York: McGraw Hill.

PECHMANN, H. v. (1966): Der Einfluß der Temperatur auf das Wachstum von Bläuepilzen. Holz und Organismen. Berlin: Duncker und Humblot. Beiheft 1 zu Material und Organismen.

PECHMANN, H. v. (1967): Ergebnisse neuerer Untersuchungen über Lagerschäden an Nadelrundholz. Mittl. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns. Heft 36.

PECHMANN, H. v.; GRAESSLE, E. und WUTZ, A. (1964): Untersuchungen über Bläuepilze an Kiefernholz. Forstwiss. Cbl. 83 (9-10): 290-314.

PECHMANN, H. v.; AUFSESS, H. v.; LIESE, W. und AMMER, U.: (1967): Untersuchungen über die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes. Hamburg und Berlin: Forstwissenschaftliche Forschungen. Beihefte zum Forstwiss. Cbl. 27. 112 S.

PEEK, R.-D. (1990 a): Holzeinlagerung nach Forstkalamitäten zur Qualitätserhaltung von Nadel- und Laubholz (1). Holz-Zbl. 116 (40): 646.

PEEK, R.-D. (1990 b): Holzeinlagerung nach Forstkalamitäten zur Qualitätserhaltung von Nadel- und Laubholz (2). Holz-Zbl. 116 (41): 653-658.

PEEK, R.-D. und LIESE, W. (1987): Braunfärbungen an lagernden Fichtenstämmen durch Gerbstoffe. Holz-Zbl. 113 (98-99): 1372.

PLATZER, H.B. und STACKELBERG, S., Frhr. v. (1972): Sturmholzaufarbeitung und Arbeitstechnik im Sturmholz und bei der Lagerung des Holzes. Mittl. des KWF Bd. II. 80 S.

PUTZ, H-J.; PACHNIEWSKI, J. und GÖTTSCHING, L. (1986): Waldschäden und Holzstoffqualität. Das Papier 40: 171-181.

RATZEBURG, J.T.C. (1839): Die Forstinsekten. Bd. 1. Die Käfer. Nicolai Buchhandlung, Berlin.

REINDL, J. (1991): Erfahrungen und Situation der Borkenkäferbekämpfung in den Sturmwurfgebieten im Jahr 1990 in Bayern. Mitt. aus der BBLF, Heft 267.

ROTTMANN, M. (1986): Wind- und Sturmschäden im Wald. Beiträge zur Beurteilung der Bruchgefährdung, zur Schadensvorbeugung und zur Behandlung sturmgeschädigter Nadelholzbestände. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer. 128 S.

RYPAČEK, V. (1966): Biologie holzzerstörender Pilze: Jena: Gustav Fischer Verlag. 211 S.

SAUR, I.; SEEHANN, G. und LIESE, W. (1986): Zur Verblauung von Fichtenholz aus Waldschadensgebieten. HRW 44: 329-332.

SCHINDLER, U. (1973): Forstschutz-Überlegungen bei der Aufarbeitung des Sturmholzes 1972/74. AFZ 28 (3): 59-66.

SCHMIDT-VOGT, H. (1989): Die Fichte. Bd. II/2. Hamburg und Berlin: Paul Parey. 607 S.

SCHÖNHERR, J. und WELLENSTEIN, G. (1967): Sturmschäden des Frühjahres 1967 und sie sich daraus ergebenden Forstschutzmaßnahmen. FuH, 163-165.

SCHRÖTER, H; BERWIG, W. und SCHELSHORN, H. (1992): Waldschutzsituation in Rheinland-Pfalz. AFZ 47: 323-327.

SCHULZ, H. (1990): Hinweise zur Lagerung von Sturmholz. Holz-Zbl. 116 (65): 1048-1049.

SCHWERDTFEGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten. Ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. 4. Aufl. Hamburg und Berlin: Paul Parey. 486 S.

STAUDENMANN, P. (1968): Erfahrungen mit der verzögerten Aufarbeitung der Sturmschäden vom Frühjahr 1967. Schweiz. Z. Forstwes. 119 (3): 221-222.

TRENDELENBURG, R. und MAYER-WEGELIN, H. (1955): Das Holz als Rohstoff. 2. Auflage. München: Carl Hanser-Verlag. 541 S.

VITÉ, J. P. (1955): Die Behandlung des Sturmholzes. Holz-Zbl. 81 (112): 1333-1336.

VITÉ, J. P. (1958): Über die transpirationsphysiologische Bedeutung des Drehwuchses bei Nadelhölzern. Forstwiss. Cbl. 77: 193-203.

WILLEITNER, H. (1971): Anstrichschäden infolge Überaufnahmefähigkeit des Holzes. Holz-Zbl. 97 (157): 2291-2292.

ZYCHA, H. und KNOPF, H. (1963): Pilzinfektion und Lagerschäden an Holz. Schweiz. Z. Forstwes. 114: 531-537.

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 — DM 12,--
Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz
ISSN 0931 - 9662

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

34/1995 AUTORENKOLLEKTIV — DM 12,--
Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten
ISSN 0931 - 9622

35/1995 BLOCK, BOPP, BUTZ-BRAUN, WUNN — DM 15,--
Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodendegradation durch Luftschadstoffbelastung
ISSN 0931 - 9662

36/1996 Jahresbericht 1995
ISSN 0931 - 9662
ISSN 0936 – 6067

37/1996 HUNKE — DM 20,--
Differenzierte Absatzgestaltung im Forstbetrieb – Ein Beitrag zu Strategie und Steuerung der Rundholzvermarktung
ISSN 0931 - 9622

38/1996 AUTORENKOLLEKTIV — DM 25,--
Naturwaldreservate in Rheinland-Pfalz: Erste Ergebnisse aus dem Naturwaldreservat Rotenberghang im Forstamt Landstuhl
ISSN 0931 – 9622

39/1997 Jahresbericht 1996
ISSN 0931 – 9662
ISSN 0936 – 6067

40/1997 AUTORENKOLLEKTIV — DM 15,--
Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen
In Rheinland-Pfalz (Teil 2)
ISSN 0931 – 9622

41/1997 AUTORENKOLLEKTIV — DM 20,--
Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlungen für die Praxis
ISSN 0931 – 9622

42/1997 BÜCKING, EISENBARTH, JOCHUM — DM 20,--
Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche
ISSN 0931 – 9622