

**Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem**



Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut
Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten
Treatment and storage of oak seeds
Present situation and research

Kolloquium am 24. April 1996
in Braunschweig

Bearbeitet von
Priv.-Doz. Dr. Alfred Wulf
und
Dipl.- Forstw. Thomas Schröder

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz im Forst, Braunschweig

Heft 329

Berlin 1997

*Herausgegeben
von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Berlin-Dahlem*

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3163-X

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut: Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten; Kolloquium am 24. April 1996 in Braunschweig = Treatment and storage of oak seeds / Hrsg. von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. Bearb. von Alfred Wulf und Thomas Schröder. – Berlin: Parey, [in Komm.], 1997.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 329)

ISBN 3-8263-3163-X

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1997 Kommissionsverlag Parey Buchverlag Berlin, Kurfürstendamm 57, 10707 Berlin Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin

INHALTSVERZEICHNIS		Seite
A. Wulf	Vorwort _____	7
	Tagungsprogramm _____	9
 <i>Phytosanitäre Aspekte bei der Eichellagerung</i> 		
J. Suszka	Das Vorkommen von <i>Sclerotinia pseudotuberosa</i> (= <i>Ciboria batschiana</i>) auf Eicheln von <i>Quercus robur</i> und <i>Quercus petraea</i> in Polen _____	11
J. Suszka	Einfluß verschiedener Fungizide auf das Auflaufverhalten von Eicheln von <i>Quercus robur</i> nach Thermotherapie, einer darauf folgenden Fungizidbehandlung und Lagerung über einen Winter bei -3 °C _____	18
R. Kehr T. Schröder	Mykologische Aspekte der Lagerung von Eichensaatgut _____	26
T. Schröder	Integriertes Verfahren zur Behandlung von Saatgut der Eiche _____	33
O. Röder U. Knappe	Die Elektronenbehandlung, eine physikalische Alternative zur chemischen Beizung von Saatgut _____	46
 <i>Ernte und Thermotherapie</i> 		
E. Natzke	Die Lagerung von Eicheln - Situation, Versuche, Ausblick - _____	53
K. Gille	Erfahrungen mit der Thermotherapie in der Saatgutberatungsstelle Oerrel _____	67
T. Ebinger	Erfahrungen mit einer Kleinthermotherapieanlage in der Staatsklenge Baden-Württemberg _____	74

Frosthärte von Eichensaatgut

P. Chmielarz	Frost resistance of <i>Quercus robur</i> tested in controlled conditions _____	76
P. Chmielarz	Resistance of embryo axes of <i>Quercus robur</i> to -196 °C (liquid nitrogen) _____	82
W. Spethmann	Optimierung der Eichen-Saatgutbehandlung bei Ernte und Lagerung _____	87
J. Guthke W. Spethmann	Verbesserung der Lagerfähigkeit von Eicheln durch kontrollierte Abhärtung _____	97

Genetische Aspekte der Eichenvermehrung

I. Zaspel K. Kessler	Lagerung, Keimung und Wachstum von Nachkommen wertvoller Einzelbäume von <i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl. und <i>Quercus robur</i> L. _____	107
	Diskussion _____	115
	Teilnehmerverzeichnis _____	120

CONTENTS		page
A. Wulf	Preface _____	7
	Programme _____	9
<i>Phytopathological aspects of storage of acorns</i>		
J. Suszka	Occurrence of <i>Sclerotinia pseudotuberosa</i> (= <i>Ciboria batschiana</i>) on acorns of <i>Quercus robur</i> and <i>Quercus petraea</i> in Poland _____	11
J. Suszka	Influence of different fungicides on the germination of acorns of <i>Quercus robur</i> after thermotherapy, followed by chemical treatment and storage during one winter at -3 °C _____	18
R. Kehr T. Schröder	Mycological aspects of storage of <i>Quercus</i> - seeds _____	26
T. Schröder	Integrated procedure for treatment of <i>Quercus</i> - seeds _____	33
O. Röder U. Knappe	Electron treatment, a physical alternative for the chemical treatment of seeds _____	46
<i>Harvest and thermotherapy</i>		
E. Natzke	Storage of acorns - current situation, trials, perspective - _____	53
K. Gille	Experiences with thermotherapy in the Forest Seed Centre Oerrel _____	67
T. Ebinger	Experiences with a small system for thermotherapy-treatment in the „Staatsklengle Baden-Württemberg“ _____	74

Frost hardiness of acorns

P. Chmielarz	Frost resistance of <i>Quercus robur</i> tested in controlled conditions _____	76
P. Chmielarz	Resistance of embryo axes of <i>Quercus robur</i> to -196 °C (liquid nitrogen) _____	82
W. Spethmann	Improved treatment of oak seeds during harvest and storage ____	87
J. Guthke W. Spethmann	Improvement of acorn storage with controlled frost hardening _____	97

Genetical aspects of reproduction of oaks

I. Zaspel K. Kessler	Storage, germination and growth of progeny of valuable individual trees of <i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl and <i>Quercus robur</i> L. _____	107
	Discussion _____	115
	List of participants _____	120

Vorwort

Mit weniger als 9 % hat die Eiche einen eher bescheidenen Anteil an der Baumartenverteilung in den Wäldern der Bundesrepublik Deutschland. Dennoch gibt es keinen anderen Waldbaum mit der gleichen emotionalen Bedeutung für die Volksseele wie die „deutsche Eiche“. Dabei zeigt sich die Eiche beileibe nicht mehr als vitale und kraftstrotzende Baumart, wie es ihrem Nimbus entspricht. Vielmehr gibt es keinen anderen Waldbaum bei uns, der nach der aktuellen Waldschadenserhebung entsprechend hohe Schäden aufweist. Für 1996 werden 48 % der Eichen als deutlich geschädigt ausgewiesen, also mehr als bei allen anderen Baumarten und höher als jemals zuvor. Auch wenn vorangegangener Insektenbefall sicher eine wichtige prädisponierende Rolle gespielt hat - Erklärungen und Bewertungen zum sog. Eichensterben sind an anderer Stelle mehrfach publiziert worden - muß der Umstand, daß mittlerweile jede zweite Eiche deutliche Schäden zeigt, doch als überaus besorgniserregend gewertet werden.

Dessen ungeachtet erlebt die Eiche in den neueren Waldbaukonzepten eine bemerkenswerte Renaissance. Durch die aktuellen Bestrebungen, Nadelholzbestände in stabilere und „ökologisch wertvollere“ Laub- und Laubmischwälder umzuwandeln, erlangt diese Baumart zunehmende Bedeutung mit deutlich wachsendem Anteil an der Baumartenverteilung in den letzten Jahren. Dabei spielt auch der Bestandesumbau von Kiefernreinbeständen in Eichen- bzw. Eichenmischbestockungen in den neuen Bundesländern eine wesentliche Rolle. Hier ist z. T. eine Verdoppelung der Eichenwaldfläche vorgesehen. Voraussetzung für diese Umgestaltungen ist die Verfügbarkeit von Eichenpflanzen geeigneter Herkunft. Dies bereitet allerdings immer noch erhebliche Probleme wegen der unregelmäßigen Fruktifikation der Eichen (im Durchschnitt einmal im Jahrzehnt eine Vollmast) verbunden mit den Schwierigkeiten, Eichen Saatgut länger als für eine Überwinterung so zu lagern, daß die Keimfähigkeit nicht unter ein tolerierbares Maß absinkt.

Die Tatsache, daß am Institut für Pflanzenschutz im Forst der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik ein Forschungsvorhaben im Rahmen einer Dissertation läuft, das sich mit der zweckmäßigen Behandlung und Lagerung von Eicheln befaßt und hier bereits erste Ergebnisse zeigt, wurde nun zum Anlaß genommen, das Kolloquium abzuhalten, dem dieser Tagungsband zugrunde liegt. Die Resonanz zu dieser Veranstaltung zeigt, daß hier ganz offensichtlich nicht nur eine nach wie vor wichtige Fragestellung aufgegriffen wurde, sondern daß auch ein erheblicher Bedarf besteht, die Anstrengungen in diesem Forschungsbereich besser abzustimmen. Weiter scheint es dringend notwendig, neben den beteiligten Forschungseinrichtungen, die Praktiker (Baumschulen, Saatgutbetriebe) noch stärker und besser in die Anstrengungen zum gesamten Problembereich mit einzubeziehen und die offensichtlich durch wirtschaftliche Zwänge bedingte Zurückhaltung zugunsten einer effektiveren Kooperation aufzubrechen.

Das Kolloquium hat deutlich gemacht, daß es zur Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut noch kein in sich geschlossenes, abgestimmtes und optimiertes Patentrezept gibt. Eine Reihe interessanter, innovativer Ansätze und Verbesserungsvorschläge sind allerdings aufgezeigt worden und unterstreichen die Notwendigkeit nach weitergehender Forschung zu diesem Komplex. Andererseits gibt es in Teilbereichen aber auch schon eine Vielzahl neuer gesicherter Erkenntnisse, die nur in unzureichendem Umfang Eingang in die Praxis gefunden haben. Hierfür erscheint es notwendig, zum aktuellen Wissenstand eine Zusammenfassung in Form eines Merkblattes zu erarbeiten. Am Institut für Pflanzenschutz im Forst ist mit einem Entwurf für ein solches Merkblatt begonnen worden, das nach den notwendigen Abstimmungsarbeiten hoffentlich in Kürze zur Verfügung gestellt werden kann.

Die Herausgeber des hier vorliegenden Heftes sind den Referenten dankbar, daß zu fast allen Kolloquiums-Vorträgen auch Manuskripte erarbeitet und zur Verfügung gestellt wurden. Vier weitere Beiträge, die sehr gut in die Thematik passen, sind zusätzlich aufgenommen worden. Der ursprünglich avisierte Termin für die Fertigstellung des Tagungsbandes, nämlich zur Eichelerte 1996, war leider nicht einzuhalten. Dieses Ziel konnte allerdings zugunsten einer vollständigeren Darstellung leicht aufgegeben werden, da die Fruktifikation bei der Eiche im letzten Jahr ohnehin wiederum weitgehend ausgeblieben ist.

Dank gebührt schließlich auch der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Biologischen Bundesanstalt für die Unterstützung der Veranstaltung durch Reisemittel und insbesondere auch unserer technischen Assistentin Uta Scheidemann für die wiederum sehr bewährte redaktionelle Mitarbeit.

Braunschweig im März 1997

Alfred Wulf
Institut für Pflanzenschutz im Forst der BBA

**Kolloquium zur
„Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut“
im Institut für Pflanzenschutz im Forst
der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
am 24. April 1996 in Braunschweig,**

Beginn: Mittwoch, 24. April um 09.00 Uhr Ende: Mittwoch, 24. April um ca. 16.00 Uhr

TAGESORDNUNG

09.00 - 09.15 Uhr **Begrüßung und Einführung**
Dir. u. Prof. Dr. A. Wulf, Braunschweig

Phytophanzerische Aspekte bei der Eichellagerung

09.15 - 09.30 Uhr **Das Vorkommen von *Sclerotinia pseudotuberosa* (= *Ciboria batschiana*) auf Eicheln von *Quercus robur* und *Quercus petraea* in Polen**
J. Suszka, Kornik

09.30 - 09.45 Uhr **Einfluß verschiedener Fungizide auf das Auflaufen von Eicheln von *Quercus robur* nach Thermotherapie, einer darauffolgenden Fungizidbehandlung und Lagerung über einen Winter bei -3°C**
J. Suszka, Kornik

09.45 - 10.05 Uhr **Mykologische Aspekte der Eichellagerung**
Dr. R. Kehr, Braunschweig

10.05 - 10.25 Uhr **Integriertes Verfahren zur Behandlung von Saatgut der Eiche und Buche**
T. Schröder, Braunschweig

10.25 - 10.45 Uhr **Pause**

Ernte und Thermotherapie

10.45 - 11.05 Uhr **Erfahrungen aus dem Einsatz einer Kleinthermotherapieanlage im Herbst/Winter 1995**
Suche nach frühzeitigen Diagnosemöglichkeiten bezüglich des Befalls von Eicheln mit *Ciboria batschiana* in der Praxis
Dr. E. Natzke, Flechtingen

- 11.05 - 11.25 Uhr **Erfahrungen mit der Thermotherapie in der Saatgutberatungsstelle Oerrel**
K. Gille, Oerrel
- 11.25 - 11.45 Uhr **Erfahrungen mit einer Kleinthermoanlage in der Staatsklengle Baden-Württemberg**
T. Ebinger, Nagold
- 11.45 - 12.05 Uhr **Erfahrungen mit der Saatguterntemaschine TONUTTI TR 211 in Traubeneichenbeständen**
M. Gödde, Göttingen
- 12.05 - 12.30 Uhr **Diskussion**
- 12.30 - 13.30 Uhr **Mittagspause**

Frosthärte von Eichensaatgut

- 13.30 - 13.45 Uhr **Frost resistance of *Quercus robur* tested in controlled conditions**
P. Chmielarz, Kornik
- 13.45 - 14.00 Uhr **Resistance of embryo axes of *Quercus robur* to -196°C (liquid nitrogen)**
P. Chmielarz, Kornik
- 14.00 - 14.20 Uhr **Frosthärteinduktion bei Eichen durch Wechseltemperaturen, Material und Methoden**
T. Schlegel, Hannover
- 14.20 - 14.40 Uhr **Pause**

Abschlußdiskussion

- 14.40 - offen **Diskussion**

Jan Suszka

Polnische Akademie der Wissenschaften, Institut für Dendrologie, 62-035 Kórnik, Polen

Das Vorkommen von *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*) auf Eicheln der Stiel- und Traubeneiche in Polen

Einleitung

Der Pilz *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*), der die Mumifizierung der Eicheln verursacht, ist schon seit über 100 Jahren bekannt (DELATOUR & MORELET, 1979). In Polen wurde über sein Vorkommen vor beinahe 30 Jahren berichtet (KOZLOWSKA, 1968; LUKOMSKI, 1975). Die Gefährdung der Stiel- und Traubeneiche, verursacht durch die Anwesenheit dieses Pilzes auf den Eicheln beider Arten, wurde zuerst in den letzten 20-30 Jahren in Frankreich (DELATOUR & MORELET, 1979) erkannt, später auch in Belgien, Deutschland und Dänemark, in den letzten Jahren auch in Polen. Hier hat man auch festgestellt (STOCKA, 1994), daß Eicheln, noch in den Baumkronen hängend, von diesem Pilz infiziert werden. Bisher glaubte man, daß die Infektion nur die am Boden liegenden Eicheln betrifft.

In der hier präsentierten Arbeit wurden die von uns festgestellten Orte des Vorkommens von *Ciboria batschiana* in Polen erfaßt, wobei als Hintergrund Karten der geographischen Verbreitung beider Eichenarten in Polen (BORATYNSKI, 1995) dienen.

Die Stieleiche (*Quercus robur* L.) kommt in Polen praktisch überall vor, ihre östliche Grenze liegt weit östlich von Polen am Uralgebirge. In den Bergen Polens kommt sie bis zu einer Höhe von 500-600 m ü.d.M. vor (Abb. 1 und 2). Die Traubeneiche (*Q. petraea* (Matt.) Liebl.) erreicht im Nordosten Polens ihre östliche Verbreitungsgrenze, in Weißrußland und Rußland kommt sie praktisch nicht mehr vor. Im Gebirge findet man sie bis zu einer Höhe von 300-500 m ü.d.M., in einigen Ausnahmen bis zu 600 m (Abb.3 und 4).

Die Gefährdung der Eicheln beider Eichenarten durch den Pilz *Ciboria batschiana* kam in Polen erst im Jahre 1992 ziemlich überraschend zutage, und seit dieser Zeit wächst sie ständig.

Material und Methoden

Eicheln der Stiel- und Traubeneiche, die aus verschiedenen Gegenden Polens stammten, wurden auf das Vorkommen des Pilzes *Ciboria batschiana* untersucht. Der Test beruht darauf, daß man Eichensamen nach der Entfernung des Perikarps in flachen, mit einem Deckel verschlossenen Plastikboxen auf feuchtes Lignin legt und bei 20 °C hält (BONVICINI, 1993, mündliche Mitteilung). Das unter dem Mikroskop betrachtete Konidialstadium des Pilzes

stimmte mit dem von VIENUOT-BOURGIN (1949) beschriebenen überein. In einigen Fällen ist es uns in Eichenbeständen gelungen, die Fruchtkörper des Pilzes auf den auf dem Waldboden liegenden mumifizierten Eicheln des Vorjahres zu finden.

Ergebnisse

Die Ortschaften, in denen das Vorkommen des Pilzes *Ciboria batschiana* festgestellt wurde, wurden in eine Karte eingetragen, wobei jede der beiden Eichenarten anders bezeichnet wurde (Abb. 5). In Tab. 1 und 2 sind die Herkunftsorte der Eichelnproben aufgezählt, wobei die Testergebnisse (Prozentsätze über infizierten Eicheln) für beide Arten getrennt zusammengefaßt sind.

Diskussion

Die ersten Schäden, die durch den Pilz *Ciboria batschiana* in den polnischen Forstbauschulen verursacht wurden, hatte man erst im Jahre 1992 in West- und Nordwestpolen erkannt. Seit dieser Zeit beobachten wir den Prozess einer allmählichen Verbreitung der aggressiven Form des Pathogens auf andere Gebiete. Die schon früher festgestellte Gefährdung beider Eichenarten durch diesen Pilz, zuerst in Frankreich dann in Deutschland, läßt vermuten, daß die aggressive Form des Pathogens nach Polen aus der westlichen Richtung eingewandert ist. Auch andere Ursachen dieses Phänomens können nicht ausgeschlossen werden. Unter ihnen kann man die Folgen der Verschlechterung der Umweltbedingungen in den letzten Jahrzehnten nicht außer Acht lassen, dazu noch mehrere äußerst milde Winter, die dem langen, kalten und schneereichen Winter 1995/96 vorausgingen. Man kann auch einige Dürresommer in derselben Zeitperiode aus der Ursachenliste nicht ausschließen.

Tab. 1: *Quercus petraea*, Vorkommen von *Ciboria batschiana* auf Eicheln in Polen

Nr.	Regionale Forstdirektion	Forstamt	Infektion [%]
Ernte 1993			
1	Szczecinek	Bialogard	+
2	Gdańsk	Choczewo	5
3	Szczecin	Lobez	10
4	Pila	Zlotów	65
5	Szczecinek	Swierczyna	20
Ernte 1994			
6	Olsztyn	Wichrowo	+
7	Szczecinek	Swierczyna	+
8	Szczecin	Lobez	30
9		Kłodawa	10

+ nur qualitative Prüfung

Tab. 2: *Quercus robur*. Vorkommen von *Ciboria batschiana* auf Eicheln in Polen

Nr.	Regionale Forstdirektion	Forstamt	Infektion [%]
Ernte 1993			
1	Szczecinek	Bialogard	20
2	Gdańsk	Wejherowo	+
3	Szczecin	Lobez	10
4	Pila	Zlotów	50
5		Jastrowie	35
6	Poznań	Lopuchówko	5
7	Krosno	Lezajsk	10
8		Dukla	+
Ernte 1994			
9	Poznań	Wielkopolski PN	65
10		Babki-Komorniki	5
11		Jarocin	50
12		Krotoszyn	46
13	Szczecin	Kłodawa	15
14		Mycelibórz	25
15		Lobez	40
16		Smolarz	58
Ernte 1995			
17	Poznań	Babki-Komorniki	+
18		Babki-Blazejewko	5
19		Jarocin	30
20		Góra Slaska	+
21		Wielkopolski PN	50
22	Wroclaw	Olecnica Slaska	+
23	Toruń	Kowal	+
24	Szczecin	Bialogard	30
25		Lobez	+
26	Zielona Góra	Nowa Sól	+
27	Katowice	Kluczbork	+

+ nur qualitative Prüfung



Abb. 1: *Quercus robur*: Verbreitungskarte für Europa (BORATYNSKI, 1995)



Abb. 3: *Quercus petraea*: Verbreitungskarte für Europa (BORATYNSKI, 1995)

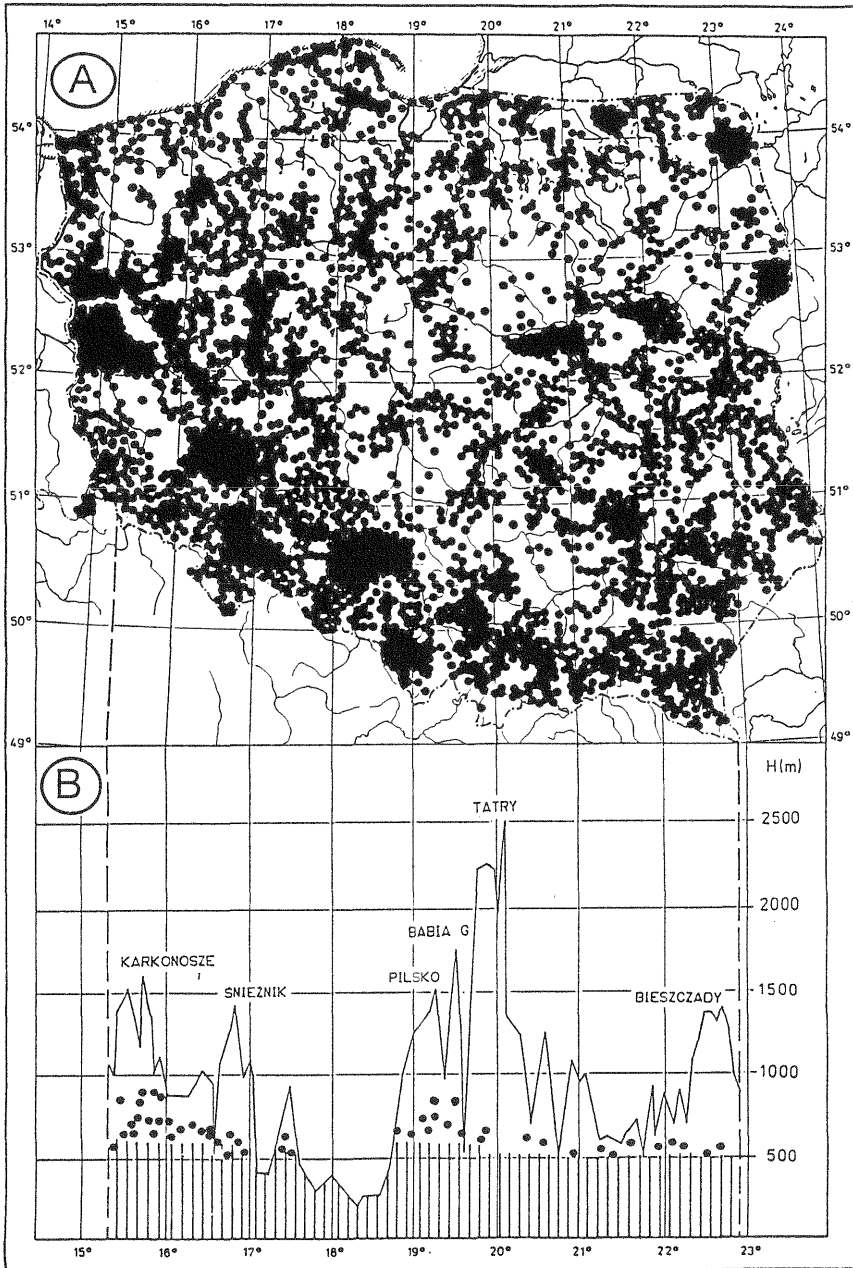


Abb. 2: *Quercus robur*: Verbreitungskarte für Polen (BORATYNSKI, 1995)

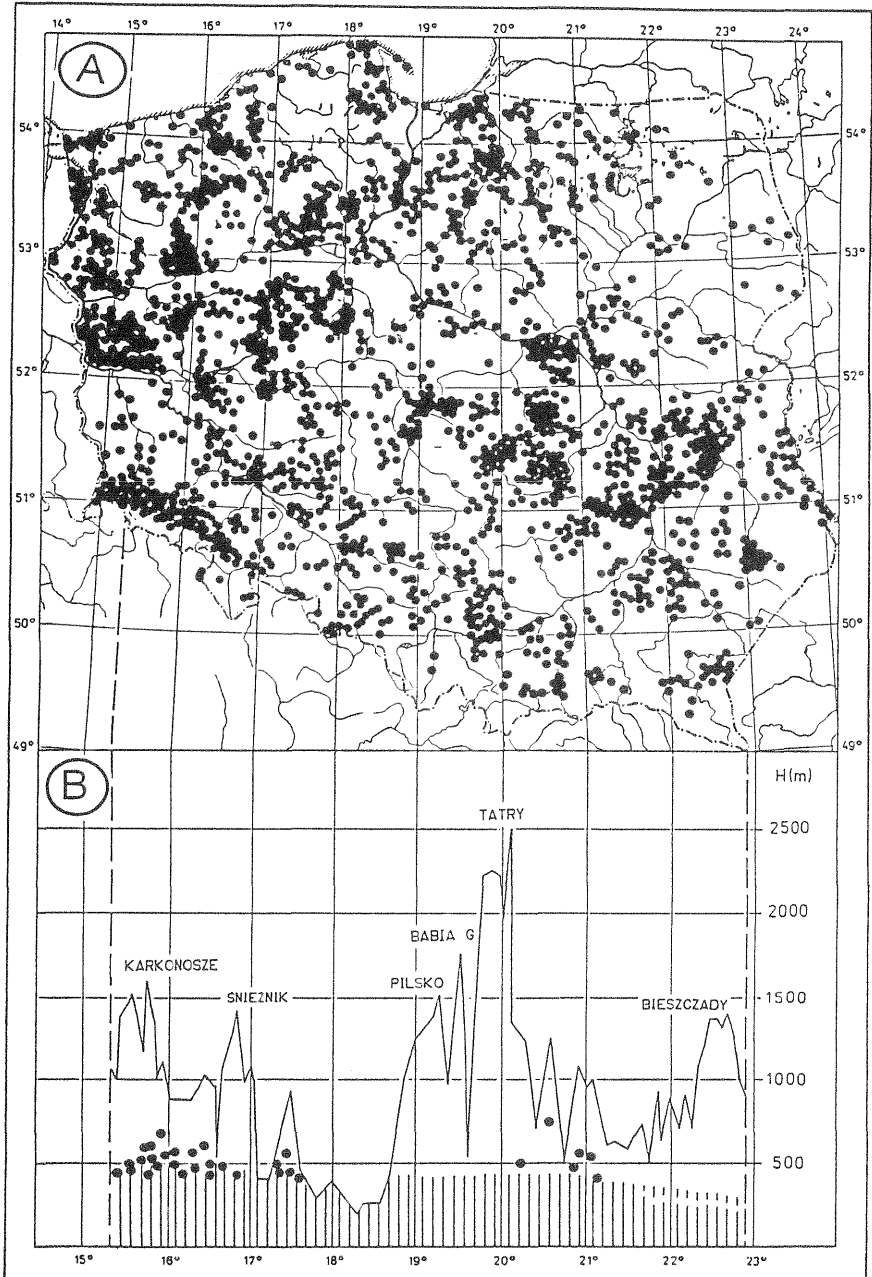


Abb. 4: *Quercus petraea*: Verbreitungskarte für Polen (BORATYNSKI, 1995)

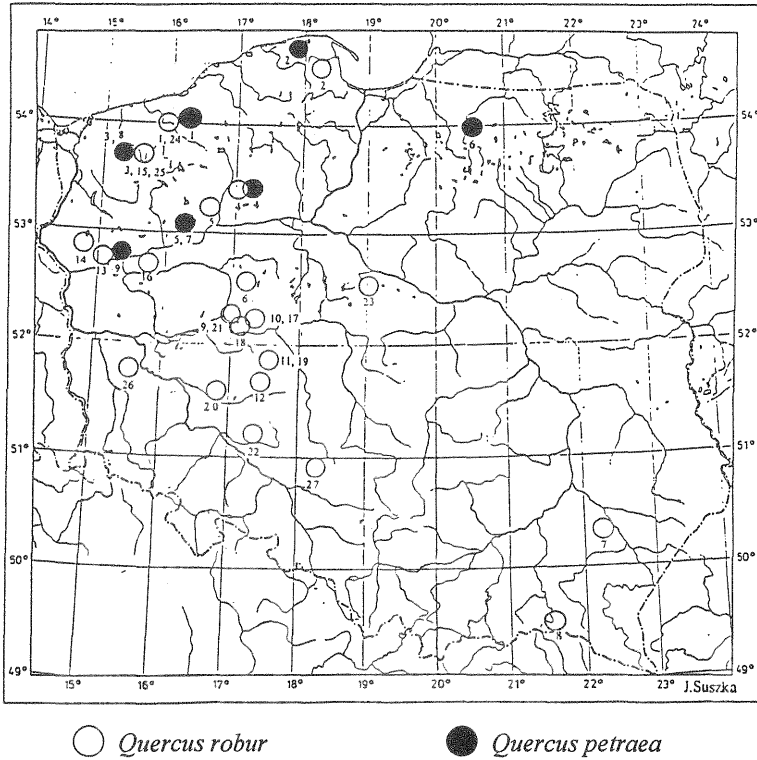


Abb. 5: *Ciboria batschiana* auf Eicheln von *Quercus robur* und *Quercus petraea* in Polen

Literatur

- BORATYŃSKI, A. (1995): Podstawy systematyki dębów. Wydawnictwo specjalne z okazji otwarcia wystawy "Dąb" Goluchów. 1995: 27-37.
- DELATOUR, C. & M. MORELET (1979): La pourriture noire des glands. Rev. For. Fr. **18**: 101-115.
- LUKOMSKI, S. (1975): Investigations on the protection of acorns against diseases under storage conditions. IBL - Forest Research Institute, Warsaw, Poland. Technical Reports, 1975: 38.
- KOZŁOWSKA, C. (1968): Investigations on pathogenic fungi on seeds of forest trees (Pine, Larch, Oak, Birch). IBL - Forest Research Inst., Warsaw, Poland. Reports, 1968: 118.
- STOCKA, T. (1994): Najważniejsze zagadnienia fitopatologiczne w 1993r. Las polski nr **9**: 22-23.
- VIENOT-BOURGIN, G. (1949): Les champignons parasites des plantes cultivées. Ed. Masson et Cie. 1949: 706-707.

Jan Suszka

Polnische Akademie der Wissenschaften, Institut für Dendrologie, 62-035 Kórnik, Polen

Einfluß verschiedener Fungizide auf die Keimung und den Triebwuchs der Stieleiche (*Quercus robur* L.) nach Warmwasserbehandlung, darauf folgender Fungizidbeizung und Lagerung über einen Winter bei -3 °C

Einleitung

Die wachsende Bedrohung der Eicheln durch den Pathogenpilz *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*) führte zu intensiven Forschungsarbeiten, ausgerichtet auf die Bekämpfung dieses Pilzes. Dazu wurden sowohl chemische Methoden (DELATOUR & MORELET, 1979; BONNET-MASIMBERT & MULLER, 1993) als auch die Warmwasserbehandlung (Thermotherapie) benutzt (DELATOUR, 1977; DELATOUR *et al.*, 1980). Die dabei erworbenen Erfahrungen machten es möglich, die Warmwasserbehandlung im wirtschaftlichen Maßstab anzuwenden, zuerst in Frankreich, dann in Deutschland und Dänemark, zuletzt auch in Polen. Es stellte sich jedoch heraus, daß die Anwendung der Warmwasserbehandlung ein weiteres Problem hervorruft, nämlich die Aktivierung der sogenannten Sekundärpilze, meistens Schimmelpilzarten, welche die Eicheln während der Lagerung angreifen. Zur Bekämpfung dieser Pilze werden vor allem Fungizide benutzt (BONVICINI, 1993; BONNET-MASIMBERT *et al.*, 1993; DELFS-SIEMER, 1993; KEHR & PEHL, 1993; GILLE & NOWAG, 1995). Eine andere Methode, derer Eignung für die Bekämpfung der Sekundärpilzarten in allerletzten Jahren Gegenstand der Forschung geworden ist, ist die Behandlung von Eicheln mit niederenergetischen Elektronen (KEHR & PEHL, 1993; SCHRÖDER, 1995).

In der hier präsentierten Arbeit handelt es sich um die Wirksamkeit und Folgen der Fungizidbehandlung, nach der Warmwasserbehandlung, auf die Keimung und den Triebwuchs (das Auflaufen) der Stieleiche.

Material und Methoden

Die Anwesenheit des Pilzes *Ciboria batschiana* auf den Eichensamen wurde nach Beseitigung des Eichelperikarps bei 20 °C getestet. Es wurden dazu mit einem Deckel zugedeckte Kunststoffbehälter benutzt, in denen die aus den Eicheln herauspräparierten Samen auf feuchtes Lignin gelegt wurden (BONVICINI, 1993, mündliche Information). Die Entwicklung des Myzeliums und der Prozentsatz infizierter Samen wurden nach 10 Tagen bestimmt.

In allen Versuchen wurden die Eicheln im Wasser abgeschwemmt, wobei nur die sinkenden Eicheln weitere Verwendung fanden. Die Thermotherapie wurde bei 41 °C in einer Zeit von

2,5 Std. durchgeführt (DELATOUR & MORELET, 1979). In allen Versuchsvarianten wurde jedes Fungizid als Suspension im Wasser (1 g/10 ml Wasser) angewendet, wobei die Dosis des Mittels 2 g/1 kg Eicheln betrug. Die Eicheln wurden nach der Behandlung und oberflächlicher Trocknung einen Winter lang in undicht verschlossenen Behältern bei -3 °C gelagert (SUSZKA & TYLKOWSKI, 1980). Die Keimungs- und Triebwuchstests wurden im feuchten Sand/Torfgemisch (1:1, Vol.) durchgeführt. Von jeder Eichel wurde 1/3 der Kotyledonen am Hylum-Ende abgeschnitten, wonach sie in das Medium mit dem Wurzelende nach oben leicht eingepreßt wurde. Jede Versuchsvariante wurde dreimal wiederholt, mit 50 Eicheln in jeder Wiederholung. Die Kunststoffkästchen mit den ausgesäten Proben wurden mit durchsichtigen Deckeln bedeckt und bei 20 °C und täglich achtstündiger Beleuchtung (Daylight Leuchtröhren) solange fortgesetzt, bis die Auflaufsummenkurve zu steigen aufhörte.

Die Lagerung von Eicheln verlief in Behältern, wobei der lose aufgelegte Deckel den Gasaustausch zwischen den Eicheln und der Außenluft im Kühlraum bei -3 °C (im Versuch 1059 auch bei +3 °C) ermöglichte.

Die Arbeit umfaßte folgende Einzelversuche:

1059 - Herkunft Komorniki, Ernte 1994

Nach der Warmwasserbehandlung ohne und mit darauffolgender Fungizidbehandlung (Rovral) wurden die Eicheln über 1 und 2 Winter bei -3 °C gelagert.

1067 - Herkunft Rogalin, Ernte 1994

Vergleich der Eichelqualität nach Lagerung bei 3° und -3 °C, mit und ohne vorhergehender Warmwasserbehandlung sowie mit Warmwasserbehandlung gefolgt von Beizung (Rovral).

1069 - Herkunft Strykowo, Ernte 1995

Vergleich der Keimfähigkeit und des Triebwuchses von Eicheln nach Lagerung über einen Winter bei -3 °C nach Warmwasserbehandlung mit darauffolgender Beizung mit 5 verschiedenen Fungiziden (Rovral, Dithane, Ridomil, Euparen, Bravo).

1086 - Herkunft Bialogard, Ernte 1995

1109 - Herkunft Jarocin, Ernte 1995

In beiden den letztgenannten Versuchen erfolgte die Untersuchung des Effekts der Fungizide auf die Keimung und den Triebwuchs nicht gelagerter Eicheln. Der Warmwasserbehandlung folgte eine Fungizidbeizung (Rovral, Dithane, Ridomil, Euparen, Bravo, Benlate, Funaben).

Die angewendeten Fungizide und ihre aktive Komponente:

Rovral 50 WP.....	Iprodione	Bravo 500 SC..	Chlorotalonil
Dithane M-4	Mancozeb	Benlate	Benomyl
Ridomil MZ 72 WP ...	Mancozeb + Metalaxyl	Funaben	T Thiram + Karbendazime
Euparen 50 WP	Dichlorofluonid		

Ergebnisse

Versuch 1059 (Tab. 1)

Wir beobachteten einen Vitalitätsrückgang von Samen aus Eicheln ohne Warmwasserbehandlung, verursacht durch den Pathogenpilz *Ciboria batschiana*, und eine gleichzeitige Zunahme des Prozentsatzes der von diesem Pilz befallenen Eicheln von 5% nach der Ernte bis 35 % nach der Lagerung bei -3 °C nach einem, und bis 80 % nach zwei Wintern. Die kleinste Abnahme der Vitalität erfolgte in der Versuchsvariante Warmwasserbehandlung + Rovral. Eicheln, die nach der Warmwasserbehandlung ohne Fungizidbeizung blieben, wurden im hohen Prozentsatz von Schimmelpilzen befallen, *Ciboria batschiana* ist bei ihnen nicht festgestellt worden.

Tab. 1: *Quercus robur* L. Einzelbaum 1059, Ernte 1994.
Aufbewahrung von Eicheln bei -3 °C über 1 und 2 Winter.
Ergebnisse der Keimungs- und Triebwuchstests.

		Nach der Ernte	Nach <u>1 Winter</u> bei -3 °C	Nach <u>2 Wintern</u> bei -3 °C
Kontrolle	Keimung [%]	77 Ciboria 5 %	41 Ciboria 35 %	17 Ciboria 80 %
	Triebe [%]	64	38	12
Thermotherapie	Keimung [%]	82 Ciboria 0 %	66 Ciboria 0 %	48 Ciboria 0 %
	Triebe [%]	72	59	33
Thermotherapie + Rovral 2 g/kg	Keimung [%]	83 Ciboria 0 %	75 Ciboria 0 %	67 Ciboria 0 %
	Triebe [%]	69	68	58

Versuch 1067 (Tab. 2)

Während der Lagerung unbehandelter Kontrolleicheln bis zum ersten Frühjahr nach der Ernte, stieg der Prozentsatz der mit *Ciboria batschiana* infizierten Eicheln von 10 % nach der Ernte bis auf 30 % nach der Lagerung bei -3 °C, und bis auf 60 % wenn die Lagerung bei 3 °C verlief. Eicheln, die der Warmwasserbehandlung mit darauffolgender Beizung mit Rovral unterzogen wurden und bei -3 °C lagerten, keimten und formten Triebe im höchsten Prozent. Die Verringerung des Prozentsatzes wachsender Triebe nach Lagerung bei 3 °C, könnte man als Folge einer toxischen Wirkung des Fungizids deuten.

Tab. 2: *Quercus robur* L., Mischpartie 1067, Ernte 1994.

Aufbewahrung von Eicheln bei +3° und -3 °C über 1 Winter. Ergebnisse der Triebwuchstests.

	Triebe [%] nach der Ernte	Triebe [%] nach 1 Winter bei <u>+3 °C</u>	Triebe [%] nach 1 Winter bei <u>-3 °C</u>
Kontrolle	61 Ciboria 10 %	27 Ciboria 60 %	49 Ciboria 30 %
Thermotherapie	73 Ciboria 0 %	57 Ciboria 0 %	58 Ciboria 0 %
Thermotherapie + Rovral 2 g/kg	61 Ciboria 0 %	40 Ciboria 0 %	69 Ciboria 0 %

Versuch 1069 (Abb. 1)

Euparen sicherte den höchsten Prozentsatz gekeimter und triebbildender Samen, nach Warmwasser- und Fungizidbehandlung frisch geernteter Eicheln. In den übrigen Versuchsvarianten unterschied sich der Triebwuchs nicht von der Kontrolle. Bravo verringerte unwesentlich die Zahl der wachsenden Triebe. Keimung und Triebbildung unterschieden sich in allen anderen Versuchsvarianten kaum voneinander. Nach Lagerung über einen Winter bei -3 °C sicherte Dithane den höchsten Prozentsatz wachsender Wurzeln und Triebe. Eicheln, die mit Rovral und Bravo behandelt wurden, keimten und formten Triebe deutlich schlechter.

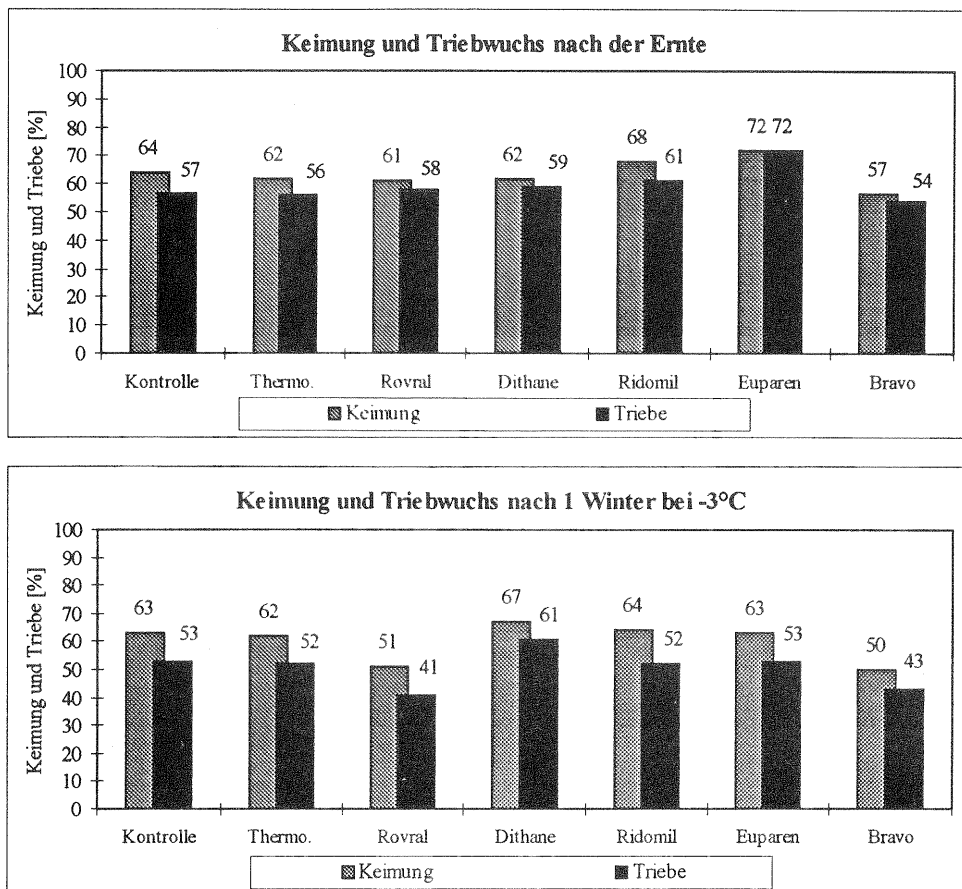


Abb. 1: *Quercus robur* L., Mischpartie 1069, Ernte 1994.

Aufbewahrung von Eicheln bei -3 °C über 1 Winter nach Behandlung mit verschiedenen Fungiziden - Labortest.

Versuch 1086 (Abb. 2)

Die besten Ergebnisse wurden nach einer Warmwasserbehandlung und Beizung mit Dithane oder Ridomil der in diesem Versuch nicht gelagerten Eicheln erzielt. Die anderen Fungizide verringerten entschieden den Prozentsatz der wachsenden Triebe, obwohl das Keimprozent unbeeinflusst blieb.

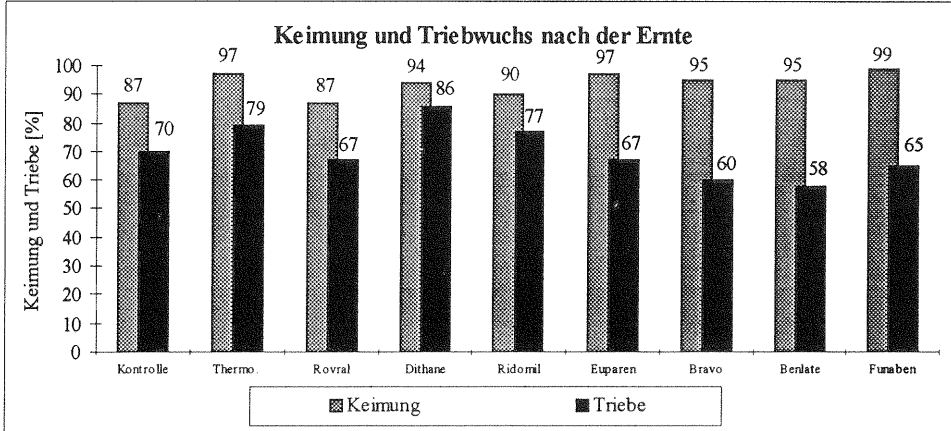


Abb. 2: Versuch 1086, *Quercus robur* L., Ernte 1995; Einfluß verschiedener Fungizide auf Keimung und Triebwuchs nach der Ernte, Labortest.

Versuch 1109 (Abb. 3)

An den auch in diesem Versuch nicht gelagerten Eicheln wurden ähnliche Ergebnisse wie im Versuch 1086 erzielt. Auch hier wurde die Erniedrigung der Zahl der wachsenden Triebe unter dem Einfluß einiger Fungizide festgestellt, wobei das Keimungsprozent (Wurzelwuchs) unbeeinflusst blieb. Die negative Wirkung von Rovral und die positive von Dithane, war in diesem Versuch nicht so deutlich wie im Versuch 1086.

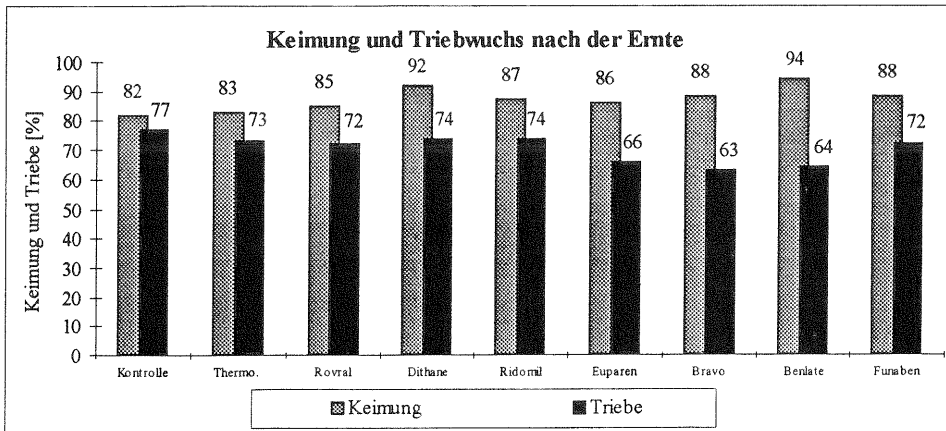


Abb. 3: Versuch 1109, *Quercus robur* L., Ernte 1995; Einfluß verschiedener Fungizide auf Keimung und Triebwuchs nach der Ernte, Labortest.

Diskussion

Aus den Ergebnissen der hier präsentierten Versuche und aus Arbeiten anderer Autoren (KEHR & PEHL, 1993; BONVICINI, 1993; KNUDSEN, 1993; BONNET-MASIMBERT & MULLER, 1993) geht hervor, daß neben der Warmwasserbehandlung noch andere Mittel angewendet werden müssen, um die Eicheln von einer Aktivierung der bereits auf ihnen vorhandenen Schimmelpilzarten (Sekundärpathogene) zu schützen. In unseren Versuchen waren die Eicheln am stärksten durch Pilzarten der Gattungen *Penicillium* und *Mucor* bedroht.

Während der Lagerung wurde zwar die Entwicklung der Schimmelpilze deutlich durch Rovral gehemmt, wobei jedoch infolge toxischer Einwirkung dieses Fungizids der Prozentsatz der wachsenden Triebe (das Auflaufen der Eicheln) herabgesetzt wurde (Versuch 1069). Die Möglichkeit einer negativen Einwirkung von Rovral wurde schon früher angekündigt (KNUDSEN, 1993), hier zeigte es sich aber, daß auch das Fungizid Bravo ähnliche Wirkung auszuüben scheint. Im Falle von frischgeernteten und nicht gelagerten Eicheln (Versuche 1086 und 1109) konnte festgestellt werden, daß eine Erniedrigung des Triebprozentages der Anwendung von Rovral, Euparen, Bravo, Benlate und Funaben folgte. Über eine schwach negative Einwirkung von Benlate haben auch andere Autoren berichtet (KNUDSEN, 1993; DELFS-SIEMER, 1993). Es ist zu bemerken, daß die toxische Wirkung der soeben genannten Fungizide weit stärker die Triebe als die Wurzeln betrifft.

In den hier präsentierten Versuchen konnte festgestellt werden, daß Dithane ein Fungizid ist, daß neben wirksamen, pilzetötenden Eigenschaften keinen negativen Einfluß auf das Wachstum von Wurzeln und Trieben auszuüben scheint. Es wäre aber ratsam, größere Aufmerksamkeit auf die Möglichkeit einer Differenzierung der Toleranz von Eicheln der Stieleiche verschiedener Provenienz, gegenüber den angewendeten Fungiziden (darunter auch Dithane) zu lenken.

Als allgemeiner Schluß aus den Ergebnissen aller Versuche, würde sich die Notwendigkeit einer vorsichtigen Anwendung von Fungiziden ergeben. Der hohe Wassergehalt von Eichen-samen und ihre damit verbundene beträchtliche metabolische Aktivität, könnten vielleicht als eine der Ursachen der unterschiedlichen Toleranz gegenüber den angewendeten Fungiziden gedeutet werden.

Literatur

- BONNET-MASIMBERT, M. & C. MULLER. (1993): Storage of acorns: Limits and recent breakthroughs, Internationales Symposium über Forstsaatgut Uelzen, Juni 8-11, 1993: 119-130.
- BONVICINI, M. (1993): Presentation of the Tree Seed Center "La Joux" (France) - Results about storage of acorns on a large scale - Chemical protection during storage: interests and limits. Internationales Symposium über Forstsaatgut Uelzen, Juni 8-11, 1993: 193-209.
- DELATOUR, C. (1978): Recherche d'une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald chez les glands. European Journal of Forest Pathology 8 (4), 193-200.
- DELATOUR, C. & M. MORELET (1979): La pourriture noire des glands. Rev. For. Fr. 18: 101-115.
- DELATOUR, C., C. MULLER & M. BONNET-MASIMBERT, 1980: Progress in acorns treatment in a long term storage prospect. Proceed. IUFRO Intern. Symp. on Tree Seed Storage, PNFI, Ontario (Canada), Ed. B. Wang and J. Pitel, Can. For. Serv.: 126-133.
- DELFS-SIEMER, U. (1993): Ergebnisse zur Thermotherapie von Eicheln und Bucheckern, AFZ 18: 927-930.
- GILLE, K. & A. NOWAG (1995): Ergebnisse der Lagerung von Eicheln nach dreimaliger Überwinterung, AFZ 18: 962-963
- KEHR, R. & L. PEHL (1993): Fungi in seeds of deciduous trees - new aspects of seed treatment, Internationales Symposium über Forstsaatgut, Uelzen, Juni 8-11, 1993: 169-184.
- KNUDSEN, H. (1993): Acorns and beechnuts. Handling and storage at the Tree Improvement Station in Denmark, Internationales Symposium über Forstsaatgut, Juni 8-11, 1993: 131-144.
- SCHRÖDER, T. (1995). Aktuelle Forschungsarbeiten zur Behandlung und Lagerung von Saatgut der Eiche und Buche. Konferenz: Die Erhaltung der genetischen Ressourcen von Bäumen und Sträuchern. 18.-20.10.1995, Magdeburg. IWU-Tagungsbericht: 255-265.
- SUSZKA, B. & T. TYLKOWSKI (1980): Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1-5 Winters. Arboretum Kórnickie 25: 199-229.

R. Kehr¹
T. Schröder^{1,2}

¹⁾ Institut für Pflanzenschutz im Forst

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig

²⁾ Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, Dresden

Mykologische Aspekte der Lagerung von Eichensaatgut

Einleitung

Die längerfristige Aufbewahrung nährstoffreicher, großfrüchtiger Laubholzsaamen kann erhebliche Probleme durch Pilzbefall mit sich bringen. Sowohl Perikarp als auch Embryo der meisten Baumsaamen sind bereits zum Zeitpunkt der Ernte von Pilzen besiedelt, um so mehr, je intensiver der Bodenkontakt des Saatgutes war (BLOOMBERG, 1966; DUBBEL, 1992). Beim rekaltzitranten Eichensaatgut nimmt aufgrund der bislang notwendigen, relativ hohen Lagertemperatur mit zunehmender Lagerungsdauer die Vitalität des Saatgutes ab, und auch vormals gesundes Material kann gegen Ende der Lagerzeit rasch verpilzen (FINCH-SAVAGE, 1992). Pilze können durchaus bei Temperaturen um 0 °C und knapp darunter wachsen, insbesondere kältetolerante (psychrophile) Arten.

Pilzschäden an gelagerten Eicheln werden zum einen vom Erreger der Schwarzfäule, *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchw., verursacht, der aufgrund seiner Spezialisierung und Aggressivität als primärer und wichtigster Schaderreger an Eichensaatgut einzuschätzen ist. Der Befall mit *Ciboria batschiana* kann erfolgreich mit dem in Frankreich entwickelten Verfahren der Thermotherapie eliminiert werden (DELATOUR, 1978; PERRIN und MULLER, 1979). In der Praxis kam es in der Vergangenheit dennoch immer wieder zu Pilzschäden an gelagerten Eicheln (BONNET-MASIMBERT et al., 1993; GUTHKE, 1993) wobei es sich bei den Verursachern um sekundäre Schaderreger wie *Cylindrocarpon didymum* (Hartig) Wollenw. handelt (WERRES et al. 1992, 1994), die ungünstige Lagerbedingungen und abnehmende Samenvitalität ausnutzen.

Mykologische Untersuchungen bzw. Auflistungen über die an Eichensaatgut auftretenden Pilzarten wurden unter anderem von HOLMES und BUSZEWICZ (1958), UROSEVIC (1962), MOLTER (1985), MITTAL et al. (1990) sowie PROCHAZKOVA (1991) vorgelegt. Über die Entwicklung der Pilzbesiedlung von Eicheln und den Zeitpunkt der Kontamination mit *Ciboria batschiana* war bislang jedoch recht wenig bekannt. Ebenfalls ungeklärt war bisher, wie sich die Thermotherapie auf die gesamte Mykoflora der Eichel auswirkt. Beispielsweise ist es wichtig zu klären, welche Pilze eine solche Behandlung überleben und möglicherweise dann sekundäre Lagerschäden verursachen können.

An dieser Stelle sollen zunächst die Ergebnisse von Versuchen zur Pilzkontamination von Stieleicheln in Abhängigkeit ihres Entwicklungsstadiums am Baum bzw. nach Bodenkontakt vorgestellt werden, die der Zweitautor im Rahmen seiner Versuche zur Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut durchgeführt hat. Außerdem wird von Versuchen zur Auswirkung der Heißwasserbehandlung auf die Samenmykoflora berichtet. Dazu wurde vor einiger Zeit in einem kleinen Projekt frisches Eichensaatgut und sowohl frisches als auch zuvor gelagertes Buchensaatgut auf die mykologischen Veränderungen nach Heißwasserbehandlung hin untersucht. Die Ergebnisse wurden in umfangreicher Form bei KEHR und PEHL (1993) vorgestellt, so daß hier lediglich die wichtigsten Daten für die Eiche nochmals präsentiert werden sollen.

Material und Methodik

Als Material zur Untersuchung des Einflusses einer Heißwasserbehandlung auf die Mykoflora von Eicheln diente frisches Saatgut von *Quercus robur* aus dem Jahr 1992 (Forstamt Peine), das 2 h in einem Wasserbad bei 41 °C einer Thermotherapie unterzogen wurde. Als Kontrolle diente unbehandeltes Material. Für die Untersuchung bezüglich des Kontaminationszeitpunktes von Eicheln mit Pilzen wurden im Jahr 1995 Stieleicheln von einem Randbaum eines Eichenbestandes (Bundesforstamt Hannover-Süd) ab September im Abstand von drei Wochen geerntet. Dabei wurde darauf geachtet, sowohl aus den unteren als auch aus den oberen Kronenbereichen Eicheln zu pflücken. Mitte November wurden zusätzlich Eicheln von Boden geerntet. Pro Variante wurden 50 Früchte nach dem folgenden Verfahren oberflächensterilisiert:

- 1 Min. 70 % Ethanol
- 5 Min. NaOCl
- 30 sec. 96 % Ethanol
- zweifaches Waschen in sterilem Leitungswasser

Für die Untersuchungen des Thermotherapieeinflusses wurden pro Frucht vier Isolationen durchgeführt, zwei aus dem Perikarp und zwei aus den Kotyledonen. Aus den vom Baum geernteten Eicheln wurden je Eichel ein Impfstück aus dem Perikarp der Eichelspitze, der Mitte, der Basis und den Kotyledonen entnommen. Anschließend wurden die Proben auf 2 % Malzagar ausgelegt, damit Pilze auswachsen konnten.

Ergebnisse

Das Perikarp an der Eichelspitze war von Beginn der Untersuchungen an sehr stark mit Pilzen kontaminiert (Tab. 1), während der Befall des Perikarps der Eichelmitte und der Eichelbasis sowie der Kotyledonen erst im Verlauf der Wachstumsperiode zunahm. Mitte Oktober, zur Zeit des Fruchtfalls, waren alle Bereiche des Perikarps zu fast 100 %, die Kotyledonen zu 86 % mit Pilzen kontaminiert.

Nach dem Bodenkontakt wurden aus allen Perikarptteilen Pilze isoliert, aus den Kotyledonen in 88 % der Proben. Ein Befall der Eicheln mit *Ciboria batschiana* konnte in dieser Untersuchung erst nach Bodenkontakt nachgewiesen werden.

Tab. 1: Pilzkontamination von Eicheln während des Wachstums am Baum und nach dem Fall

Isolationen	Datum	Prozentualer Pilzbefall von Eicheln [%]				Kotyledonen
		Spitze	Mitte	Basis	Ø Perikarp	
Anzahl [Stck.]		50	50	50	150	50
Baum	11.09.1995	96	6	12	38	14
Baum	04.10.1995	98	46	62	69	44
Baum	26.10.1995	100	96	96	97	86
Boden	13.11.1995	100	100	100	100	88

Der Effekt der Heißwasserbehandlung auf die Mykoflora ist aus Tab. 2 zu entnehmen. Das Ausgangssaatgut enthielt bereits eine hohe Prozentzahl an Pilzen, insbesondere im Perikarpbereich. In inneren Teilen wurde die Besiedlung von 75 % auf ca. 25 % reduziert, aber das Perikarp wies auch nach der Behandlung noch eine Besiedlungsrate von 75 % auf. Einige Pilzarten wurden stärker als andere reduziert bzw. eliminiert, z.B. *Epicoccum nigrum* und die *Cladosporium*-Arten, während *Alternaria alternata* nur in den Kotyledonen stark reduziert wurde. Die scheinbare Zunahme der *Penicillium*-Isolate im Pericarp nach der Heißwasserbehandlung beruht vermutlich auf Maskierungseffekten, d.h. diese Kolonien wurden in den Kontrollproben durch andere Pilze verdeckt und daher dort nicht erfaßt. Insgesamt zeigt sich, daß der Effekt der Heißwasserbehandlung je nach Pilzart sehr unterschiedlich zu bewerten ist und daß grundsätzlich ein bedeutender Anteil an Myzelien dieses Verfahren überleben kann.

Tab. 2: Prozentuale Pilzbesiedlung von Eicheln (*Quercus robur*) vor und nach Heißwasserbehandlung (Per = Perikarp, Cot = Kotyledonen, n = jeweils 100 Inokulumstücke)

Ergebnis der Abimpfung	Kontrolle		Thermotherapie	
	Per	Cot	Per	Cot
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	48	20	26	4
<i>Apiognomonina quercina</i> (Kleb.) v. Höhn.		2		
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arn.	5	1		
<i>A. apocryptum</i> (Ellis & Everh.) Hermanides-Nijhof	2	3		
<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	3	3	3	
<i>Ciboria batschiana</i> (Zopf) Buchwald	< 2			
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen) de Vries	13	12		
<i>C. herbarum</i> (Pers.) Link	2			
<i>C. sphaerospermum</i> Penz.	2	2		
<i>Codinaea simplex</i> Hughes & Kendrick	< 2			
<i>Coniothyrium</i> sp. 1			< 2	
<i>Diaporthe eres</i> Nitschke	3	1		
<i>Epicoccum nigrum</i> Link	31	6	1	
<i>Fusarium</i> sp. 1	10	6	4	5
<i>Fusarium</i> spp.			< 2	
<i>Mucorales</i> spp.			< 2	
<i>Penicillium</i> spp.	6	9	21	7
<i>Pezizula cinnamomea</i> (DC.) Sacc.	< 2			
<i>Phoma</i> spp.	< 2			
<i>Phomopsis</i> sp. 1			5	6
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn	< 2			
<i>Sporormiella</i> sp. 1			< 2	
<i>Ulocladium atrum</i> Preuss			< 2	< 2
<i>U. chartarum</i> (Preuss) Simmons	7		10	
Bakterien			7	10
steril	1	59	18	65
Gesamtprozent Pilze ¹	146	55	97	36
Prozentuale Besiedlung der Inokulum-Stücke	99	41	75	25

1) tw. über 100 %, da aus einem einzelnen Inokulumstück mehrere Kolonien auswachsen können

Diskussion und Folgerungen

Während der Wachstumsphase der Eicheln am Baum konnte der primär pathogene Pilz *Ciboria batschiana* an keiner Eichel nachgewiesen werden. Ein Befall zeigte sich erst nach Bodenkontakt. Die Infektion mit *Ciboria batschiana* nach dem Fruchtfall durch Bodenkontakt wird in der Literatur als der hauptsächliche Infektionsweg beschrieben (BUTIN, 1996; BONNET-MASIMBERT et al., 1993). Jedoch ist vereinzelt auch der Hinweis auf die Infektion der Eicheln bereits am Baum zu finden (SUSZKA, in diesem Heft). Die Frage des Infektionsortes ist allerdings zu klären, da Überlegungen bezüglich neuer Ernteverfahren, denkbar ist die Netzernte, davon erheblich beeinflusst würden.

Wie bereits von FOFFOVA (1992) betont, ist es mittels Thermoerapie bei Eicheln nicht möglich, potentiell schädliche Pilzarten komplett zu eliminieren, ohne die Vitalität der Früchte empfindlich zu reduzieren. WELLS und PAYNE (1980) berichten von Versuchen mit *Castanea*-Früchten, bei denen einige samenbürtige Pilzarten Temperaturen von 52 °C über einen Zeitraum von einer Stunde überlebten. Insofern stellt die von DELATOUR (1978) empfohlene Zeit/Temperatur-Kombination für die Eichel einen Kompromiß dar, der ausschließlich auf die Ausschaltung von *Ciboria batschiana* gerichtet ist.

Generell hat die Heißwasserbehandlung bei den Versuchseicheln den Pilzbesatz im Bereich der Kotyledonen stärker als im Bereich des Perikarps reduziert. Als Erklärung kann man einerseits annehmen, daß das Perikarp sehr viel größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt ist als die Kotyledonen und somit eher von hitzetoleranten Pilzarten besiedelt wird. Die unterschiedliche Empfindlichkeit der Myzelien ist aber offenbar nicht nur artbedingt, sondern wird zum Teil von der Lokalisation des Myzels beeinflusst. Im nährstoffarmen und trockenen Perikarp ist das Myzel physiologisch weniger aktiv und somit offenbar auch widerstandsfähiger. Die unterschiedliche Reduktion des Besatzes mit *Alternaria alternata* in Perikarp und Kotyledonen mag dafür als Indiz gelten (siehe Tab. 2).

In den Versuchen von KEHR und PEHL (1993) wurde für zuvor gelagertes Buchensaatgut nachgewiesen, daß die Pilzmyzelien in gelagertem Saatgut, das heruntergetrocknet und gekühlt wird, widerstandsfähiger als in frisch geernteten Samen waren. Es zeigte sich, daß man mit der Heißwasserbehandlung eine erhebliche Reduktion des Pilzbesatzes nur bei frischem Saatgut, und hier auch nur im Bereich der Kotyledonen erreicht. Daher empfiehlt es sich, die Heißwasserbehandlung an möglichst frischem, stark wasserhaltigem Saatgut durchzuführen. Eine kurative, zweite Thermoerapie bei Auftreten von Pilzproblemen während der Lagerung erscheint bei Eicheln daher wenig aussichtsreich; in Frankreich greift man beispielsweise in diesem Fall lieber zu herkömmlichen Fungiziden (BONNET-MASIMBERT et al., 1993). Bei der Buche kann eine Heißwasserbehandlung an bereits eingelagertem Saatgut sogar zu einem erheblichen Verlust der Keimfähigkeit führen (pers. Mitt. K. GILLE, Forstamt Oerrel).

Die Heißwasserbehandlung eliminiert demnach bei der Eiche zwar den wichtigsten Schaderreger, *Ciboria batschiana*, nicht aber eine Reihe weiterer Arten, die unter ungünstigen Lagerbe-

dingungen und mit abnehmender Vitalität des Saatgutes in die Frucht einwachsen und Schäden verursachen können. Ein Beispiel für einen solchen, allerdings in der hier vorgestellten Saatgutpartie nicht vorhandenen Pilz ist *Cylindrocarpon didymum* (WERRES et al., 1992, 1994). Andererseits könnte das Fehlen bestimmter Pilzarten nach der Heißwasserbehandlung sogar eine Erklärung für die häufig aus der Praxis gemeldeten Probleme mit unspezifischer Verpilzung und reduzierter Keimfähigkeit nach Thermotherapie bieten. Zahlreiche Forschungsergebnisse der letzten Jahre belegen die teilweise positiven Effekte der Samenmykoflora auf Keimung und Sämlingsgesundheit. Beispielsweise konnte die Produktion von pflanzlichen Wuchshormonen und die Förderung der Samenkeimung durch *Cladosporium cladosporioides* und *Epicoccum nigrum* nachgewiesen werden (DOMSCH et al., 1980; MITTAL und WANG, 1993). Interessanterweise wurden diese beiden Pilze in der jetzigen Untersuchung sehr stark reduziert bzw. praktisch eliminiert. Auch die Endophytenforschung der letzten Jahre hat immer wieder Beispiele positiver Interaktionen zwischen Pilzen und Bäumen hervorgebracht (WILSON, 1993). Insofern ist zu fragen, ob eine stärkere Reduktion der Saatgutmykoflora, mit Ausnahme der Primärparasiten, überhaupt wünschenswert ist.

Aufgrund der obigen Einschränkungen kann man im Rahmen eines integrierten Ansatzes zur Ernte, Aufbereitung und Lagerung von Eicheln dann auf die Heißwasserbehandlung der Eiche verzichten, wenn das Ausgangssaatgut keinen *Ciboria*-Befall aufweist und ein hohes Keimprozent besitzt. Wie von KEHR und SCHRÖDER (im Druck) dargelegt, erscheint aus heutiger Sicht die langfristige Eichellagerung am ehesten mit hochvitalen, gesundem und nicht thermotherapiertem Material durchführbar. Bei *Ciboria*-befallenen Partien werden auch in Zukunft die Thermotherapie bzw. ähnlich wirkende Verfahren der Desinfektion notwendig sein. Die hier dargestellten Ergebnisse zeigen aber, daß Thermotherapie allein noch keine Garantie dafür ist, daß bei dem anschließend eingelagerten Eichensaatgut keine weiteren Pilzschäden auftreten. Forschungsbedarf besteht bezüglich geeigneter, alternativer Verfahren der Bekämpfung sekundärer Erreger im Lager und bezüglich der möglichen positiven Wechselwirkungen zwischen der natürlichen Samenmykoflora und dem Samen bzw. dem Keimling.

Literatur

- BLOOMBERG, W.J. (1966): The occurrence of endophytic fungi in Douglas-Fir seedlings and seed. *Can. J. Bot.* **44**: 413-420.
- BONNET-MASIMBERT, M.; C. MULLER & E. LAROPPE (1993): Storage of acorns: limits and recent breakthroughs. *Int. Symp. über Forstsaatgut (International Tree Seed Symposium)*, 8.-11. June 1993, Oerrel, Germany: 119-130.
- BUTIN, H. (1996): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 3. Aufl., Thieme, Stuttgart: 261 S.
- DELATOUR, C. (1978): Recherche d'une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald chez les glands. *Eur. J. For. Path.* **8**: 193-200.
- DOMSCH, K.H.; W. GAMS & T.H. ANDERSON (1980): *Compendium of soil fungi*. Vol. I. Academic Press, London, Harcourt/Brace: 859 pp.
- DUBBEL, V. (1992): Pilze an Bucheckern. *Allg. Forstzeitschrift (AFZ)* **47**: 642-645.

- FINCH-SAVAGE, W.E. (1992): Embryo water status and survival in the recalcitrant species *Quercus robur* L. Evidence for a critical moisture content. *J. Exp. Bot.* **43**: 663-669.
- FOFFOVA, E. (1992): The effect of higher temperatures and fungicides on survival of *Ophiostoma* isolates and acorns. In: Abstr. Int. Congr. on Recent Advances in Studies on Oak Decline. IUFRO Working Parties S2.06-06 and S2.06-14. Firenze: Academia Italiana Di Scienze Forestali: 63.
- GUTHKE, J. (1993): Verbesserung der Lagerfähigkeit von Eicheln durch kontrollierte Abhärtung. Int. Symp. über Forstsaatgut (International Tree Seed Symposium), 8.-11. June 1993, Oerrel, Germany: 145-154.
- HOLMES, G.D. & G. BUSZEWICZ, (1958): The storage of seed of temperate forest tree species. II. *Forestry Abstracts* **19**: 455-475.
- KEHR, R. & L. PEHL. (1993): Fungi in seeds of deciduous trees - new aspects of seed treatment. Int. Symp. über Forstsaatgut (Inter. Tree Seed Symp.), 8.-11. June 1993: 169-184.
- KEHR, R.D. & T. SCHRÖDER (im Druck): Long-term storage of oak seeds - new methods and mycological aspects. In: Proc. Int. Tree Seed Pathology Meeting, Opcno, Tschechische Republik: 08.-11.10.96.
- MITTAL, R.K. & B.S.P. WANG (1993): Effects of some seed-borne fungi on *Picea glauca* and *Pinus strobus* seeds. *Eur. J. For. Path.* **23**: 138-146.
- MITTAL, R.K.; R.L. ANDERSON & S.B. MATHUR (1990): Microorganisms associated with tree seeds. World Checklist 1990. Information Report Pl-X-96, Petawa Nat. Forestry Institute, Forestry Canada.
- MOLTER, C. (1985): Lagerung von Forstpflanzensaatgut unter besonderer Berücksichtigung von Mikroorganismen als Verlustursache. Dipl.-arbeit Inst. f. Phytopathologie, Universität Kiel: 218 S.
- PERRIN, R. & C. MULLER, (1979): La pourriture des faines causée par *Rhizoctonia solani* Kühn: Incidence de cette maladie après les fainées de 1974 et 1976. Traitement curatif des faines en vue de la conservation. *Eur. J. For. Path.* **9**, 89-103.
- PROCHAZKOVA, Z. (1991): The occurrence of seed-borne fungi on forest tree seeds in the years 1986-1991. *Comm. Inst. Forest. Cechoslovaca* **17**: 107-123.
- UROSEVIC, B. (1962): Diseases of acorns found in Czechoslovakia. Proc. World Forestry Congress, Seattle, Washington, **5**: 910-911.
- WELLS, J.M. & J. A. PAYNE (1980): Mycoflora and market quality of chestnuts treated with hot water to control the chestnut weevil. *Plant Disease* **64**: 999-1001.
- WERRES, S.; H. NIRENBERG & R. KEHR (1992): *Cylindrocarpon didymum* (Hartig) Wollenw., ein bei der Lagerung von Eichensaatgut bisher unbekannter Erreger. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **44**: 238-242.
- WERRES, S.; H. NIRENBERG & R. KEHR (1994): *Cylindrocarpon didymum* (Hartig) Wollenw. - a new pathogen on stored oak seed? In: Perrin, R.; Sutherland, J.R. (eds.): Diseases and insects in forest nurseries. *Le Colloques* **68**: 109-111. INRA, Paris.
- WILSON, D. (1993): Fungal endophytes: out of sight but should not be out of mind. *Oikos* **68**: 379-384.

Thomas Schröder

Institut für Pflanzenschutz im Forst der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig
 Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, Dresden

Integriertes Verfahren zur Behandlung und Lagerung von Saatgut der Eiche

Einleitung

Die Lagerung von Eichensaatgut der heimischen Eichenarten *Quercus robur* L. und *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. wird in Deutschland hauptsächlich im Rahmen einer Überwinterung betrieben. Eine Lagerung über zwei Winter (18 Monate) wird kommerziell z.Zt. nur im „La Joux Forest Centre“ in Supt, Frankreich durchgeführt. Jedoch kann die dort durchgeführte Lagerungstechnologie die Keimkraft (gefordert sind Keimprozentage über 70 % zu Beginn der Lagerung) über den Zeitraum von 18 Monaten nicht aufrecht erhalten. Keimprozentreduktionen auf 50, 40 und sogar 30 % werden immer noch als erfolgreiche Lagerung bezeichnet und dem Kunden (zu Preisen gestaffelt nach Lagerungserfolg) in Rechnung gestellt. Die entsprechende Lagerungstechnologie ist auch in Polen bei der Arbeitsgruppe Suszka vorhanden.

Die in Frankreich eingesetzte Lagerungstechnologie stellt sich wie folgt dar: Thermotherapie unmittelbar nach der Ernte, 1 h oberflächliche Abtrocknung durch Luftdurchstrom, Applikation eines Fungizides (Methylthiophanat), Einlagerung in offenen Gitterboxen mit einer Raumtemperatur von -1 °C in Eichelumgebung, regelmäßiges Versprühen eines Fungizides im Lager, die sog. Thermonebulisation, (BONNET-MASIMBERT et al., 1993; BONVICINI, 1993; CONCHE, 1996; PRENEY, pers. Mitteilung, 1996). In Deutschland erfolgt die Lagerung analog, jedoch wird auf die Thermonebulisation verzichtet und die Lagerung erfolgt häufig in Tonnen (SUSZKA und TYLKOWSKI, 1980; GILLE und NOWAG, 1995).

Die mykologischen Probleme, die sich bei den Temperaturen und klimatischen Bedingungen dieser Lagerungstechnologie ergeben, sind bei KEHR und SCHRÖDER in diesem Heft dargestellt.

Seit dem Winter 1994/95 werden in einem Gemeinschaftsprojekt des Instituts für Pflanzenschutz im Forst der BBA Braunschweig, dem Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik Dresden sowie der Landesforstbaumschule des Landes Sachsen-Anhalt als Praxispartner neue Methoden der Samenschalendesinfektion sowie der Frosthärtung von Eichensaatgut (aufbauend auf den Untersuchungen von GUTHKE, 1992) untersucht. Damit sollen umweltfreundlichere Verfahren entwickelt werden, um einerseits dem Wunsch nach Desinfektion der Samenschale Rechnung zu tragen, andererseits aber die Nachteile einer chemischen Beizung auszuschalten. Dies soll aktiv durch Behandlung mit niederenergetischen Elektronen (ETS-Prozeß) und passiv durch Absenkung der Lagerungstemperatur und damit Einschränkung der Stoffwechselaktivität des Saatgutes sowie der darin siedelnden Pilze erreicht werden.

Beide Behandlungen sind dabei in ein integriertes Gesamtkonzept zur Behandlung von Eichensaatgut von der Ernte bis zur Aussaat eingebunden. Ziel dieses Konzeptes ist die mittelfristige Lagerung von Eichel über fünf Jahre (Abb. 1).

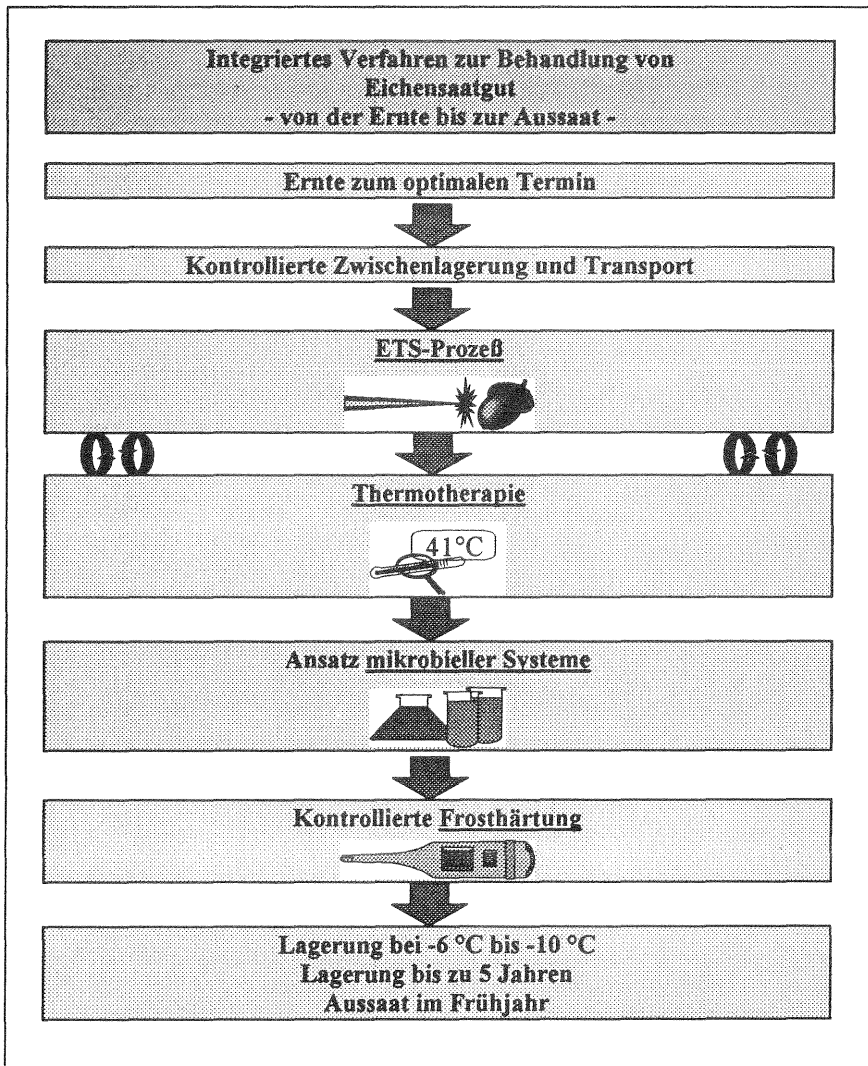


Abb. 1: Integriertes Verfahren zur Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut

Dem richtigen Erntezeitpunkt, der kontrollierten Zwischenlagerung und dem Transport kommen besondere Bedeutung zu. Während dieser Phase werden nach MESSER (1960) die Fehler gemacht, auf die in 80 % der Fälle schlechte Saatgutqualitäten zurückzuführen sind. Auch noch

so ausgefeilte Folgebehandlungen können diese Fehler nicht wieder beheben. Mit strikter Organisation und Kontrolle dürfte dieses Problem jedoch zu lösen sein. Der zweite Block der Abb.1 bezieht sich auf die Reduktion des Pilzbefalls im Perikarp und den Kotyledonen der Eicheln durch den ETS-Prozeß und die Thermotherapie (wobei die günstigste Reihenfolge noch zu untersuchen ist), ohne den Einsatz chemischer Mittel. Diese Behandlung läßt den Weg eines späteren Ansatzes mikrobieller Systeme zu. Denkbar sind hierbei eine Mykorrhizierung über das Saatgut, die Arbeit mit Antagonisten oder aber die Wiederbesiedelung des Saatgutes mit nützlichen Pilzen, die natürlich am Saatgut vorkommen, aber bei einer der Behandlungen ebenfalls abgetötet wurden (siehe KEHR und SCHRÖDER in diesem Heft). Der letzte Schritt vor einer mittelfristigen Einlagerung über fünf Jahre soll die künstliche Frosthärteinduktion sein (siehe auch SPETHMANN in diesem Heft).

Das Problem der Bucheckernlagerung kann für die momentanen Anforderungen als gelöst bezeichnet werden. Zum Teil ergeben sich aber noch mykologische Probleme, insbesondere während der Stratifikation, weshalb im vorliegenden Beitrag über einige Versuche zur Samenschalendesinfektion bei Bucheckern berichtet wird.

Material und Methoden

Das für die Elektronenbehandlung von Eicheln und Bucheckern sowie zu Untersuchungen zur künstlichen Frosthärtung von Eicheln herangezogene Saatgut ist in Tab. 1 aufgeführt. Dabei wurde bezüglich der Eicheln jeweils mit thermotherapiertem als auch mit nicht thermotherapiertem Material ein und derselben Herkunft gearbeitet.

Tab. 1: Saatgutarten und Herkünfte für die Untersuchungen von Elektronenbehandlung (ETS) und Frosthärteinduktion (Frost) bei Eicheln und Bucheckern

Baumart	Herkunft	Forstamt	Erntejahr	Menge ETS [kg]	Menge Frost [kg]
<i>Quercus robur</i>	81804 m.h.A	Haideburg	1995	80	320
<i>Quercus petraea</i>	81803	Klötze	1995	80	270
<i>Fagus sylvatica</i>	81001	Hasbruch	1995	10	
<i>Fagus sylvatica</i>	81008 (alt)	Dillenburg	1990	10	

Elektronenbehandlung von Eicheln und Bucheckern

Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung des ETS-Prozesses ist die Kenntnis der letalen Dosis der an Saatgut von Eicheln und Bucheckern vorkommenden Pilze. Grundlage für die Wahl der zu untersuchenden Pilze war deren Vorkommen in früheren sowie eigenen Untersuchungen am Institut für Pflanzenschutz im Forst (KEHR und PEHL, 1993) sowie Literaturauswertungen (DUBBEL, 1992; PROCHAZKOVA, 1991; UROSEVIC, 1962, 1964; WERRES et al.

1994). Es wurden 14 der häufigsten an Eicheln und Bucheckern vorkommenden Pilze ausgewählt und Reinkulturen auf 4 % Malzagarplatten, mit einer Schichtdicke von 1 mm, erstellt. Diese Kulturen wurden im Institut für Polymerforschung Dresden mit einem 1,5 MeV Elektronenbeschleuniger mit Dosiswerten von 2, 4, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22 und 25 kGy durchstrahlt. Der Erfolg der Behandlung wurde anhand des Myzelwachstums von Subkulturen bonitiert.

Die Elektronenbehandlung (e-Behandlung) von Eicheln und Bucheckern wurde im Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik Dresden/Helmsdorf an einer 70 kV Saatgutbehandlungsanlage durchgeführt. Zur Wirkungsweise der Elektronenbehandlung und technischen Angaben dieser Anlage siehe RÖDER und KNAPPE in diesem Heft.

Die untersuchten Varianten sind in Tab. 2 aufgeführt. Sowohl Eicheln als auch Bucheckern wurden separat einer Thermoerapie (Eicheln: 2h bei 41°C; Bucheckern 1h bei 41°C) und einer Elektronenbehandlung (je 8, 12, 16 kGy) unterzogen. Zusätzlich wurden beide Verfahren kombiniert angewandt, wobei auch die Reihenfolge der Behandlungen getauscht wurde.

Tab. 2: Untersuchte Varianten zur Wirkung des ETS-Prozesses

Baumart	Behandlung
Stieleiche; Traubeneiche; Buche (1990)	Kontrolle
	Thermoerapie
	e-Behandlung
	Thermoerapie + e-Behandlung
	e-Behandlung + Thermoerapie
Buche (1995), stratifiziert	Kontrolle
	e-Behandlung

Für die mykologische Untersuchung wurden jeweils 50 Eicheln und 50 Bucheckern nach der entsprechenden Behandlung oberflächensterilisiert (1 Min. 70 % Ethanol, 5 Min. 4 % NaOCl, 30 sec. 96 % Ethanol, zweifaches Waschen in sterilem Wasser). Anschließend wurde aus den Eicheln je ein Impfstück aus der Samenschale der Eichelspitze, der Mitte und der Basis entnommen. Aus den Bucheckern wurde eine Isolation aus dem Perikarp durchgeführt. Die so gewonnenen Proben wurden auf 2 % Malzagar ausgelegt. Nach einer Inkubationszeit von zwei Wochen wurde die Sterilrate bestimmt.

Zur Überprüfung eines möglichen Einflusses der e-Behandlung auf die Keimfähigkeit des Saatgutes wurden je Dosisvariante und Kontrolle 200 Eicheln nach den Regeln der ISTA

(1993) überprüft. Aus den Kombinationsbehandlungen wurden keine Keimtests angelegt. Die Bestimmung der Keimfähigkeit der Bucheckern erfolgte für alle Varianten anhand von 50 Samen durch die ISTA-Station Freising. Ein Teil des Saatgutes wurde nach dem derzeit aktuellen Verfahren (SUSZKA und TYLKOWSKI, 1980) eingelagert, um einen möglichen Einfluß auf die Lagerfähigkeit festzustellen.

Künstliche Frosthärtung von Eicheln

Die Frosthärtung der Eicheln erfolgte zweigeteilt: Bis zu einer Temperatur von -6 °C lagerten die Eicheln in einer Kühlzelle mit aktiver Luftbefeuchtung im Forstamt Haldensleben in offenen Gitterboxen. Die weiteren Härtungsschritte wurden in einem Präzisionskühlschrank durchgeführt. Aufgrund der Erfahrungen (SCHRÖDER, 1995; siehe auch NATZKE in diesem Heft) bei einem Versuch aus dem Winter 1994/1995 eine Abhärtung mittels Tagesschwankungen von 5 °C Differenz zu erreichen (wie sie von GUTHKE (1992, 1993) vorgeschlagen wurde), erfolgte die Abhärtung im Winter 1995/96 auf der Basis einer kontinuierlichen Temperaturabsenkung ohne Temperaturschwankungen. Der Temperaturverlauf ist in Abb. 1 dargestellt. Für diesen Versuch wurde das Saatgut lediglich abgeschwemmt, eine zusätzliche Sortierung erfolgte nicht. Die Keimtests wurden ebenfalls nach den Regeln der ISTA (1993) durchgeführt. In der Darstellung der Keimergebnisse wurde sich auf die zu Beginn ausgelegten 200 Eicheln bezogen. Eine Bereinigung bezüglich eventueller Ausfälle durch Pilzbefall erfolgte nicht.

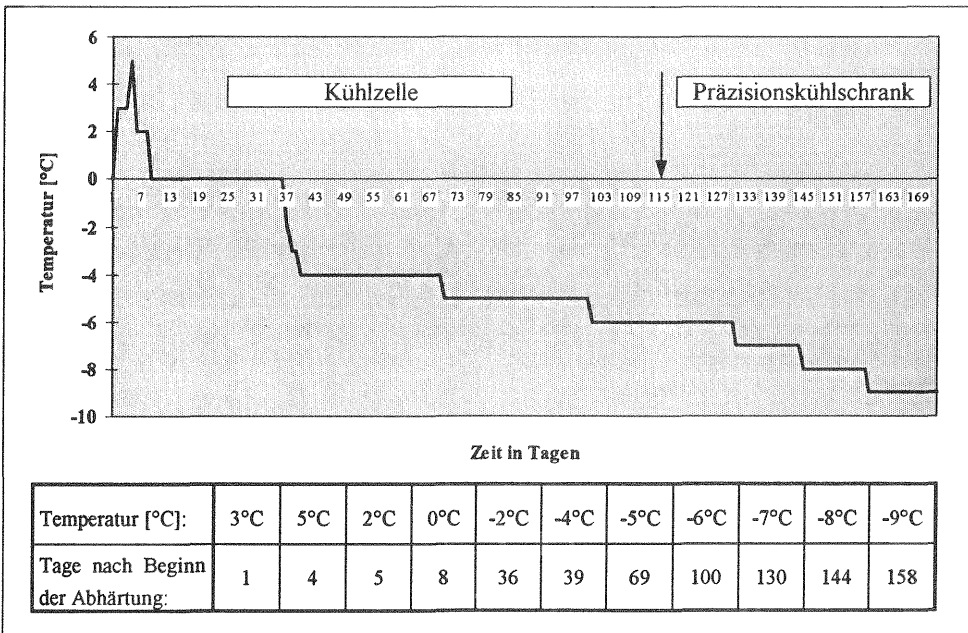


Abb. 1: Temperaturverlauf der Abhärtung von Eicheln im Forstamt Haldensleben 1995/96

Ergebnisse

Elektronenbehandlung Eiche

Die Letaldosiswerte für 14 Pilze sind in Tabelle 3 aufgeführt. Bei den angegebenen Werten konnte kein Myzelwachstum und keine Sporenkeimung mehr festgestellt werden.

Tab. 3: Letaldosis nach Durchstrahlung von Kulturen mit 1,5 MeV Elektronenbeschleuniger
* Zusätzlich zum Myzelwachstumstest wurde ein Sporenkeimtest durchgeführt, der bei den angegebenen Dosiswerten ebenfalls die Letalität bestätigt

Pilz:	Letaldosis [kGy]:
1. <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Kreissl.	4
2. <i>Ceuthospora</i> sp.	6
3. <i>Ciboria batschiana</i> (Zopf) Buchwald	4
4. <i>Cladosporium cladosporoides</i> (Fresen) de Vries	8 *
5. <i>Codinea simplex</i> Hughes & Kendrick	2
6. <i>Cylindrocarpon didymum</i> (hartig) Wollenw.	4 *
7. <i>Epicoccum nigrum</i> Link	8
8. <i>Fusarium spec. 1</i>	4
9. <i>Fusarium spec. 2</i>	4
10. <i>Mucor</i> sp.	8 *
11. <i>Penicillium</i> sp.	2 *
12. <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.	4
13. <i>Trichoderma</i> sp.	2 *
14. <i>Ulocladium chartarum</i> (Preuss) Simmons	4 *

Die Ergebnisse für die Elektronenbehandlung von Eicheln und Bucheckern stammen aus orientierenden Versuchen mit der Saatgutbehandlungsanlage WESENITZ 1. Hierbei konnte mit einer Beschleunigungsspannung von maximal 70 kV gearbeitet werden, was einer Eindringtiefe des Elektronenstrahls in die Samenschale von ca. 70 µm entspricht. Die Dicke der Samenschale über der Keimanlage liegt aber bei Stieleicheln im Mittel bei 370 µm und bei Traubeneicheln bei 500 µm. Somit konnten lediglich die extrem oberflächennah siedelnden Pilze abgetötet werden (Tab. 4 und 5)

Bezüglich der Sterilrate der Samenschale konnten keine Unterschiede zwischen unbehandelter Kontrolle und e-behandelten Eicheln festgestellt werden. Die Keimtests direkt im Anschluß an die Behandlung zeigten ebenfalls keine Unterschiede zwischen Kontrolle und behandelten Eicheln. Nach einer Lagerung von vier Monaten im Anschluß an die Behandlung konnte aller-

dings ein höheres Keimprozent von e-behandelten Traubeneicheln (Dosis 8 kGy) gegenüber der Kontrolle festgestellt werden (Tab. 4).

Tab. 4: Einfluß einer Elektronenbehandlung mit anschließender Lagerung auf die Keimung

Baumart	Behandlung	Sterilrate Perikarp	Keimprozent
TEi ohne Thermotherapie	Kontrolle	0 %	5,5 %
	8 kGy	2 %	26 %
TEi mit Thermotherapie	Kontrolle	0 %	53 %
	8 kGy	0 %	58 %

Elektronenbehandlung Buche

Bei Bucheckern konnte ein deutlicher Unterschied zwischen gelagertem und frischem Material beobachtet werden. Das frische Buchensaatgut wurde in vollständig stratifiziertem Zustand behandelt, wohingegen die gelagerten Bucheckern nach der e-Behandlung noch stratifiziert werden mußten. Letztere wurden lediglich mit einer Dosis von 12 kGy behandelt. Bei frischem Saatgut wurde ein deutlicher Einfluß auf die Sterilrate erst bei einer Dosis von 16 kGy erreicht (Tab. 5). Auf das Keimergebnis hatte diese Behandlung keinen Einfluß.

Tab. 5: Sterilraten der Samenschale und Keimprozent von frischen Bucheckern (Ernte 1995) nach Elektronenbehandlung

Elektronenbehandlung von Bucheckern				
Dosis [kGy]	Kontrolle	8 kGy	12 kGy	16 kGy
Samenschalensterilrate [%]	0	0	2	42
Keimrate [%]	81	82	86	81

Ein positiver Einfluß auf die Samenschalensterilrate bei gelagerten Bucheckern konnte mit einer e-Behandlung und einer Thermotherapie nicht erreicht werden. Jedoch wurde die Keimrate durch die e-Behandlung erhöht, wohingegen eine Thermotherapie auch in Kombination immer zu einer deutlichen Reduktion des Keimerfolges führte (Tab. 6).

Tab. 6: Steriliraten der Samenschale und Keimprozent von gelagerten Bucheckern (Ernte 1990) nach Elektronenbehandlung und Thermotherapie

Variante	Samenschalensterilirte [%] bei 12 kGy	Keimrate [%]
Kontrolle	50	51
e-Behandlung	48	60
Thermotherapie	52	11
Thermotherapie +e-Behandlung	62	26
e-Behandlung + Thermotherapie	28	16

Künstliche Frosthärtung

Die Traubeneicheln lassen sich mit der angewandten Methode nicht in dem Umfang wie die Stieleicheln für tiefere Temperaturen abhärten (Tab. 7 und 8). Die Angaben unter Ausgangs-keimprozent beschreiben die Keimfähigkeit Mitte November 1995. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Daten der jeweils zweiten Tabelle auf das Keimprozent unbehandelter Eicheln bezogen, also ohne Thermotherapie und als 100 % angenommen. Als „gekeimt“ wurden gemäß ISTA (1993) Eicheln mit ausgebildetem Epikotyl angesprochen.

Tab. 7: Keimprozent von Eicheln von *Quercus robur* (SEi) im Verlauf der Abhärtung jeweils mit (m.T.) und ohne Thermotherapie (o.T.)

Keimprozent bezogen auf 2 x 100 ausgelegte Eicheln						
	Ausgang	-5 °C	-6 °C	-7 °C	-8 °C	-9 °C
SEi m.T.	98,5	99,5	84,5	86,5	66,5	80,0
SEi o.T.	99,5	96,5	86,5	81,0	82,0	82,5
Keimprozent bezogen auf Ausgangskeimprozent SEi ohne Thermotherapie						
	Ausgang	-5 °C	-6 °C	-7 °C	-8 °C	-9 °C
SEi m.T.	99,0	100,0	84,9	86,9	66,8	80,4
SEi o.T.	100,0	97,0	86,9	81,4	82,4	82,9

Das Ausgangskeimprozent (Nov. 1995) lag mit annähernd 100 % sehr hoch. Dies ist neben der guten Qualität der Eicheln auch auf das Testverfahren zurückzuführen, welches für die Keimung optimale Bedingungen bietet. Die Eicheln keimten nach Abhärtung und einer Verweildauer von zwei Wochen bei -9 °C Gefrierschranktemperatur sowohl mit als auch ohne Thermotherapie noch zu über 80 %. Der zu Beginn der Lagerung eingetretene positive Effekt der

Thermotherapie wandelte sich bei fortschreitender Abhärtung (ab $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$) leicht in das Gegenteil.

Tab. 8: Keimprozent von Eicheln von *Quercus petraea* (TEi) im Verlauf der Abhärtung jeweils mit (m.T.) und ohne Thermotherapie (o.T.)

Keimprozent bezogen auf 2 x 100 ausgelegte Eicheln						
	Ausgang	$-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-6\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-7\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-8\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-9\text{ }^{\circ}\text{C}$
TEi m.T.	82,0	64,0	27,0	35,5	22,5	18,0
TEi o.T.	75,0	44,5	24,0	27,5	24,5	28,5
Keimprozent bezogen auf Ausgangskeimprozent TEi ohne Thermotherapie						
	Ausgang	$-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-6\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-7\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-8\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-9\text{ }^{\circ}\text{C}$
TEi m.T.	109,3	85,3	36,0	47,3	30,0	24,0
TEi o.T.	100,0	59,3	32,0	36,7	32,7	38,0

Bereits bei einer Temperatur von $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ war bei der Traubeneiche eine deutliche Keimreduktion festzustellen, wobei die Traubeneicheln ohne Thermotherapie anfangs wesentlich mehr an Keimkraft verlieren. Dieses Absinken der Keimkraft ist z.T. auf sich ausbreitenden Pilzbefall zurückzuführen. Ab einer Temperatur von $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ blieb die Keimrate bei nicht thermotherapierten Eicheln auf gleichem Niveau, während sie bei thermotherapiertem Material weiter sank. Auch bei der Traubeneiche war anfangs ein positiver Einfluß der Thermotherapie bezüglich der Keimfähigkeit zu beobachten, der sich aber wie bei der Stieleiche ab einer Temperatur von $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ in das Gegenteil wandelte. Nicht thermotherapierte Eicheln schienen im Verhältnis gesehen bei tieferen Temperaturen weniger Frostschäden zu erleiden.

Diskussion

Die ermittelten Letaldosiswerte von Pilzen an Eicheln und Buchecken bewegen sich in den Größenordnungen, die aus vorangegangenen Untersuchungen an Winterweizen oder aus der Lebensmittelbestrahlung bekannt sind. LINDNER (1992) ermittelte für *Septoria nodorum* und *Fusarium culmorum* Letaldosen von 6 kGy, für *Gerlachia nivalis* 7 kGy. DIEHL (1990) gibt für *Penicillium viridicatum* 1,4 kGy, für *Alternaria sp.* und *Cladosporium sp.* 6,0 kGy und für *Botrytis cinerea* 5,0 kGy an. Für die Eliminierung nicht sporulierender Pathogene werden vom ADVISORY COMMITTEE ON IRRADIATED AND NOVEL FOODS (1986) Dosiswerte von 3 bis 10 kGy genannt.

Die Ergebnisse der Elektronenbehandlung von Saatgut der Eiche und Buche zeigen, daß diese trotz der relativ geringen Eindringtiefe des Elektronenstrahls (SEi: 20 %; TEi: 15 %; Bu: 35 %) in das Perikarp einen Einfluß auf die oberflächlich siedelnden Pilze gehabt haben muß. Die Klärung des Einflusses auf einzelne Pilzarten ist in diesem Stadium der Untersuchungen

unzweckmäßig, da der zeitliche Aufwand zu groß ist. Vielmehr soll mit einer anderen Anlage (eine für die Saatgutbehandlung modifizierte Elektronenstrahl-Schweißanlage) die Eindringtiefe um das Vierfache erhöht werden. Diese Untersuchungen werden im Winter 1996/97 und dem folgenden Frühjahr durchgeführt.

Die Untersuchungen zur künstlichen Frosthärtung von Eicheln zeigten, daß mit einer kontinuierlichen Temperatursenkung eine Frosthärtung erreicht werden konnte, durch die zumindest bei der Stieleiche in Temperaturbereiche vorgedrungen wurde, die in der Literatur bis jetzt als keim-schädigend nachgewiesen wurden (v. SCHÖNBORN, 1964; ROHMEDEK, 1972; SUSZKA und TYLKOWSKI, 1980; MOLTER, 1985 und GÜNTHER, 1987). Die Stieleicheln überlebten eine Temperatur von $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit Keimergebnissen von über 80 %. Diese Keimrate liegt deutlich über den von GUTHKE (1992) im Freiland beobachteten Werten, wonach bei Temperaturen von $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Frosthärtemaximum noch 50 % der Eicheln überlebten. Bei der von GUTHKE (1993) durchgeführten künstlichen Härtung von Stieleicheln überlebten nach 18 Wochen Härtung mit 12 h Wechseltemperaturen von $0^{\circ}/+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ noch 70 % der Eicheln eine Temperatur von $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bei fast $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ überlebten noch 50 % des Saatgutes. (Dabei ist aber zu beachten, daß GUTHKES Angaben ein um Pilzbefall bereinigtes Keimprozent wiedergeben). Eine erste Umsetzung von GUTHKES Beobachtungen erfolgte in einer Diplomarbeit am Institut für Obstbau und Baumschule durch WINTJES (1992), der eine künstliche Frosthärtung mit Wechseltemperaturen von $-1/+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durchführte. Er gibt $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ als den Wert an, der zu 20 % Keimverlust gegenüber der Ausgangskeimrate führt. (Auch WINTJES gibt ein korrigiertes Keimprozent an, da durch Pilzbefall ausgefallene Eicheln nicht in die Auswertung des Keimverlustes während der Abhärtung einbezogen wurden). In eigenen Untersuchungen betrug der Verlust durch Pilzbefall im Verlaufe der Abhärtung bis zu 5 % bei Stieleicheln und bis zu 30 % bei Traubeneicheln. In den Darstellungen (Tab. 7 und 8) sind diese Abgänge allerdings enthalten, so daß die Keimrate, wenn man sie in Anlehnung an GUTHKE nur auf nicht verpilzte Früchte errechnet, noch höher wäre. Dies zeigt, daß die Verhinderung von Pilzbefall in den ersten Phasen der Saatgutaufbewahrung und Lagerung für den Erfolg der nachfolgenden Frosthärtung von entscheidender Bedeutung ist. Pilzbefall kann sich gerade in der ersten Phase der Wechseltemperaturen der Frosthärtung nach der Methode SPETHMANN und GUTHKE entwickeln, so daß eher eine rasche und kontinuierliche Temperaturabsenkung zu empfehlen ist.

Interessant ist darüberhinaus die Tendenz der Eicheln, daß Früchte ohne Thermotherapie scheinbar eine größere Frosthärte ausbilden als Eicheln mit Thermotherapie (siehe jeweils den zweiten Teil der Tabellen 7 und 8). Diese Feststellung muß sicherlich noch durch Wiederholungen, die im Winter 1996/97 durchgeführt werden, verifiziert werden. Ebenfalls von Interesse ist der Einfluß der Größe der Eicheln auf die künstliche Frosthärtung. Dieser Fragestellung wird ebenfalls im Winter 1996/97 nachgegangen werden.

Mit dem hier dargestellten Abhärtungsverfahren konnte ein möglicher Weg aufgezeigt werden, Eichensaatgut künstlich gegen Frostschäden abzuhärten. Eine erfolgreiche Abhärtung scheint demnach auch ohne die schwieriger zu handhabenden Wechseltemperaturen, wie sie von SPETHMANN vorgeschlagen wurde (siehe SPETHMANN in diesem Heft), möglich zu sein. Der

Einfluß derartig tiefer Temperaturen auf Eicheln über einen Lagerungszeitraum von mehreren Jahren muß in zukünftigen Arbeiten noch untersucht werden. Gleiches gilt auch für die Frage der Lagergefäße bei einer solchen Lagerung, insbesondere im Hinblick auf Wasserverlust bzw. Wasserverteilung innerhalb der Früchte.

Die zukunftsweisende Idee, Eichensaatgut in regelbaren Kühlräumen über mehrere Jahre zu lagern hatte bereits BURGER (1921): *„Am besten ließen sich die Eicheln wohl aufbewahren in Kühlräumen, deren Temperatur und Luftfeuchtigkeit genau reguliert werden könnte. Mit Hilfe solcher Kühlräume wäre es vielleicht möglich, die Eicheln nicht nur zu überwintern, sondern auch 1 bis 2 Jahre aufzubewahren, was den Vorteil hätte, daß man jedes Jahr, unabhängig von den Mastjahren, Eichensaaten ausführen könnte. Solche Kühlräume müssen jeder gut eingerichteten Samengewinnungsanstalt zur Verfügung stehen.“* Es hat allerdings noch fast 60 Jahre gedauert, bis durch SUSZKA & TYLKOWSKI (1980) ein dieser Idee entsprechendes Verfahren entwickelt wurde. Demgegenüber stehen die Aussagen eines erst vor wenigen Jahren erschienenen Merkblattes (ANONYMUS, 1992) zur Ernte und Lagerung von Eichensaatgut. In diesem wird zwar auf der einen Seite zeitgemäß auf die Gefahren einer unsachgemäßen Behandlung während der Ernte und der Zwischenlagerung hingewiesen: *„Keinesfalls dürfen eingehende Früchte in den Sammelstellen auch nur vorübergehend in Säcken gelagert werden!“* Auf der anderen Seite wird aber bezüglich der Aufbewahrung von Eicheln leider nicht der aktuelle Kenntnisstand wiedergegeben, wobei folgende (inzwischen veraltete) Lagerungsmethoden vorgeschlagen werden, nachdem die Eicheln eine „... Feuchtigkeitsschwelle von 35 % ...“ erreicht haben: *„Lagerung in der Bestandesstreu“*, *„Unterirdische Mietenlagerung“*, *„Speicher- oder Schuppenlagerung“*, *„Lagerung im Keller“* und zu guter Letzt die *„Aufbewahrung in Eichelhütten“*, wobei allgemein der Aufbewahrung in der freien Natur der Vorzug gegeben wird. Ein Hinweis auf die Nutzung von Kühlräumen fehlt. Auch auf die Möglichkeit, den primärpathogenen Pilz *Ciboria batschiana* durch eine Thermo-therapie abzutöten, wird ebenfalls nicht hingewiesen.

Dieses Beispiel mag verdeutlichen, daß der Aufklärungsbedarf in der forstlichen Praxis bezüglich neuer Behandlungs- und Lagerungsmethoden von Eichensaatgut noch sehr groß zu sein scheint. Wenn die künftig auf diesem Gebiet erlangten Forschungsergebnisse erfolgreich genutzt werden sollen, scheint dieser Aufklärungsarbeit in der Praxis eine ebenso große Bedeutung zuzukommen wie der Forschungsarbeit selbst.

Danksagung

Unser Dank gilt den Landesforstverwaltungen der Länder Sachsen-Anhalt und Niedersachsen für die Überlassung von Eichen- und Buchensaatgut. Der Staatsdarre Hanau gebührt Dank für die Bereitstellung von gelagerten Bucheckern. Besonders dankbar sind wir Frau Dr. Eicke von der ISTA-Station Freising für die Übernahme der Keimtests der Bucheckern.

Literatur

- ADVISORY COMMITTEE ON IRRADIATED AND NOVEL FOODS (1986): Report on the safety and wholesomeness of irradiated foods. HMSO, London: 9.
- ANONYMUS (1992): Ernte und Überwinterung von Eicheln und Bucheckern. Merkblatt Nr. 1, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- BONNET-MASIMBERT & M., C. MULLER (1993): Storage of acorns: Limits and recent breakthroughs. Internationales Symposium über Forstsaatgut, Uelzen, 8.-11. Juni 1993: 119-130.
- BONVICINI, M.-P. (1993): Presentation of the tree seed centre „La Joux“ (France); Results about storage on a large scale; Chemical protection during storage: Interests and limits. Internationales Symposium über Forstsaatgut: 193-209.
- BURGER, H. (1921): Über Morphologische und biologische Eigenschaften der Stiel- und Traubeneiche und ihre Erziehung im Forstgarten. Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen, **11** 1914-1921: 306-377.
- CONCHE, J. (1996): Le Traitement des Graines d' Arbres Feuillus. *Arborescens* (**60**), Office National des Forêts: 13-15.
- DIEHL, J. F. (1990): Safety of Irradiated foods. Dekker Inc. New York: 118-124.
- DUBBEL, V. (1992): Pilze an Bucheckern. *Allgemeine Forst- Zeitschrift (AFZ)*, **12**: 642-645.
- GILLE, K. & A. NOWAG, (1995): Ergebnisse der Lagerung von Eicheln nach dreimaliger Überwinterung. *AFZ* **18**: 962-963.
- GÜNTHER, T. (1987): Lagerung von Forstlichem Saatgut -Eine Literaturoberwertung-. Diplomarbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München: 99 S.
- GUTHKE, J. (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut, Probleme und Möglichkeiten. Dissertation am Fachbereich der Universität Hannover: 189 S.
- GUTHKE, J. (1993): Abhärtung von Eichensaatgut. *Allg. Forst-Zeitschrift (AFZ)*, **18**: 932-933.
- ISTA (1993): Seed science and Technology 21, Supplement 2, Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut: 29-34; 155-204.
- KEHR, R. & L. PEHL (1993): Fungi in seeds of deciduous trees - new aspects of treatment. Internationales Symposium über Forstsaatgut, Uelzen, 8.-11. Juni 1993: 169-184.
- LINDNER, K. (1992): Untersuchungen zur phytosanitären Wirkung einer Behandlung von Winterweizensaatgut mit niederenergetischen Elektronen. Dissertation an der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der Humboldt-Universität zu Berlin: 127 S.
- MESSER, H. (1960): Die Aufbewahrung und Pflege von Eicheln und Bucheln. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M., 3. Aufl.: 44 S.

- MOLTER, C. (1985): Lagerung von Forstpflanzen-Saatgut unter besonderer Berücksichtigung von Mikroorganismen als Verlustursache. Diplomarbeit im Institut für Phytopathologie Universität Kiel: 218 S.
- PROCHAZKOVA, Z. (1991): The occurrence of seed-borne fungi on forest tree seeds in the years 1986-1991. *Comm. Inst. Forest. Cechoslovaca* **17**: 107-123.
- ROHMEDER, E. (1972): Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Verlag Paul Parey, Hamburg: 273 S.
- SCHÖNBORN, A. v. (1964): Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume: BLV Verlag, München : 157 S.
- SCHRÖDER, T. (1995): Aktuelle Forschungsarbeiten zur Behandlung und Lagerung von Saatgut der Eiche und Buche. Konferenz: Die Erhaltung der genetischen Ressourcen von Bäumen und Sträuchern, Magdeburg, IWU Tagungsbericht: 255-265.
- SUSZKA, B. & T. TYLKOWSKI, (1980): Storage of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1-5 winters. *Arboretum Kornickie* **25**: 199-229.
- UROSEVIC, B. (1962): Diseases of acorns found in Czechoslovakia. *Proc. of World Forestry Congress* **5** (2), 1960, pub 1962: 910-911.
- UROSEVIC, B. (1964): More important seed-borne diseases of czechoslovak forest trees. *Proc. of the FAO/IUFRO Symposium on internationally dangerous forest diseases and insects*. Oxford: 20-30.
- WERRES, S.; H. NIRENBERG & R. KEHR (1994): *Cylindrocarpon didymum* (Hartig) Wollenw. - a new pathogen on stored oak seed? In: Perrin, R.; Sutherland, J.R. (eds.): Diseases and insects in forest nurseries. *Le Colloques* **68**: 109-111. INRA, Paris.
- WINTJES, A. (1992): Einfluß der Abhärtung auf die Frosthärte von Eicheln (*Quercus robur* L.), Diplomarbeit am Institut für Obstbau und Baumschule der Universität Hannover: 71 S.

Olaf Röder und Uwe Knappe

Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik Dresden, Sachsen

Die Elektronenbehandlung, eine physikalische Alternative zur chemischen Beizung von Saatgut

Einleitung

Derzeit wird der größte Teil des Saatgutes landwirtschaftlicher Kulturpflanzen vor der Aussaat mit Agrochemikalien behandelt (gebeizt). Ziel ist die wirkungsvolle Bekämpfung von Schaderregern am Saatgut. Damit wird das Ausbrechen von Pflanzenkrankheiten vor allem während der Auflaufphase und der Jungpflanzenentwicklung verhindert. Die chemische Beizung ist derzeit eine unverzichtbare Maßnahme in der intensiv betriebenen Landwirtschaft.

Bei forstwirtschaftlichem Saatgut bereiten vor allem pilzliche Schaderreger während der Lagerung große Probleme. In vielen Fällen muß das Saatgut, wie z.B. bei der Eiche, mehrere Jahre gelagert werden. Zur Begrenzung der Lagerverluste sind wirksame Maßnahmen gefragt, da die chemische Beizung mit nicht zugelassenen Mitteln untersagt ist.

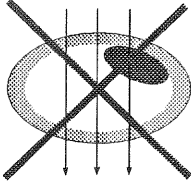
Der Einsatz chemischer Beizmittel in der Land- und Forstwirtschaft wird durch die Pflanzenschutzgesetzgebung immer wieder einer kritischen Prüfung unterzogen. Ziel ist die generelle Reduzierung des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel. Deshalb wird forciert die Entwicklung und bevorzugte Anwendung physikalischer und biotechnischer Verfahren im Pflanzenschutz gefordert.

Die Behandlung von Saatgut mit niederenergetischen Elektronen zur Bekämpfung samenbürtiger Schaderreger, kurz e-Behandlung, stellt ein physikalisches Alternativverfahren zur chemischen Beizung dar. Gleichzeitig ist mit der e-Behandlung ein völlig neuer Lösungsansatz für die Saatgutbehandlung gegeben, da das Verfahren hochproduktiv und wirtschaftlich effizient gestaltbar ist. Das FEP Dresden entwickelte und betreibt die weltweit erste Forschungs- und Pilotanlage WESENITZ 1 zur e-Behandlung von Saatgut. Diese Anlage gestattet z. B. für Weizen einen Massendurchsatz bis zu 8 t/h.

Die e-Behandlung kann für fast alle Saatgüter eingesetzt werden. Ihre Wirkung ist breitbandig und damit gegen eine Vielzahl wirtschaftlich bedeutsamer Schaderreger gerichtet. Bei dieser umweltfreundlichen Methode wird die fungizide Wirkung der Elektronen genutzt. Durch die Verwendung niederenergetischer Elektronen im Energiebereich von etwa 50 bis 150 keV wird die Eindringtiefe stets auf die oberflächennahen Schichten (Perikarp und Testa) der Karyopse begrenzt (vgl. Abb. 1). Damit unterscheidet sich dieses Verfahren grundsätzlich von der bekannten, für Saatgut völlig ungeeigneten Elektronenbestrahlung mit hohen Energien im Bereich >500 keV.

Elektronenbestrahlung

Elektronenstrahl



e- Behandlung

niederenergetische Elektronen

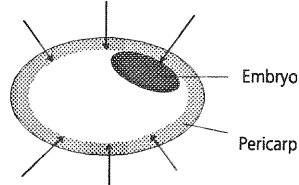


Abb. 1: Zur Abgrenzung zwischen Elektronenbestrahlung und e-Behandlung

Technologie

Dosis-Tiefenverteilung

Die Dosis-Tiefenverteilung charakterisiert die Energieabsorption beim Eindringen der Elektronen in die Samenschale. Diese Energieabsorption erfolgt entlang des Eindringweges nicht linear, sondern nach einer charakteristischen Funktion. Die Kenntnis dieser Dosis-Tiefenverteilung hat fundamentale Bedeutung für die Beurteilung der in den oberflächennahen Schichten der Karyopse (Perikarp und Testa) applizierten Energiedosis.

Der bestimmende Parameter für die Reichweite der Elektronen ist die Beschleunigungsspannung. Zur Gewährleistung optimaler Behandlungsbedingungen für das Saatgut ist die Beschleunigungsspannung so zu wählen, daß die gesamte Elektronenenergie vollständig in Perikarp und Testa absorbiert wird. Auf den empfindlichen Embryo darf keine Energie übertragen werden. Diese Forderung wird durch auf die Morphologie abgestimmte Wahl und eine exakte Erfassung und Reproduktion der Prozeßparameter erfüllt.

Material und Methoden

Zur Messung der Energiedosis wird ein Polyvinyl Butyral (PVB) Foliendosimeter mit verteiltem Pararosanilin Cyanid Farbstoff eingesetzt. Das Pararosanilin verfärbt sich durch die Einwirkung beschleunigter Elektronen. Durch ein spektralfotometrisches Meßverfahren kann aus der Farbänderung die absorbierte Energiedosis ermittelt werden (FIRMENSCHRIFT, 1991). Der relative Gesamtmeßfehler des Dosimetersystems liegt im Meßbereich um 10 kGy bei etwa 10 %. Dieser Meßfehler genügt im vorliegenden Fall den gestellten Anforderungen.

Die Messung der Energiedosis erfolgt an zylindrischen Modellkörpern mit einem Durchmesser von 7 mm. Diese Modellkörper werden gemeinsam mit dem Saatgut der Elektroneneinwirkung im technologischen Prozeß ausgesetzt und anschließend separiert. Zur Bestimmung der Energiedosis über der Eindringtiefe der Elektronen (Dosis- Tiefenverteilung) wird die Dosimeterfolie mit einer definierten Anzahl von sehr dünnen Deckfolien beschichtet. Auf dem Umfang eines jeden Modellkörpers werden 10 Meßpunkte im Abstand von 36° erfaßt. Die Auswertung erfolgt statistisch über mindestens 10 Modellkörper je Versuch.

Ergebnisse

In Abb. 2 sind die Mittelwerte der am Umfang der zylindrischen Modellkörper ermittelten Energiedosen, bezogen auf die Maximaldosis, über der Flächenmasse aufgetragen. Die Flächenmasse ist das Produkt aus der Dichte und der Dicke der Absorberschicht. Besitzen Perikarp und Testa als Absorberschicht eine Dichte von 1 g/cm^3 , so entspricht die in Abb. 2 aufgetragene Flächenmasse der Eindringtiefe in Perikarp und Testa in μm .

Die Approximation a) in Abb. 2 zeigt die charakteristische Dosis- Tiefenverteilung in einem zylinderförmigen Körper bei der Elektronenbehandlung mit 60 kV Beschleunigungsspannung. Die Energiedosis ist nach der Eindringtiefe der Elektronen von 50 g/m^2 auf Null abgefallen. Diese Funktion entspricht den Idealbedingungen für die Behandlung von Weizenkaryopsen mit der mittleren Dicke der oberflächennahen Schichten (Perikarp und Testa) von $50 \mu\text{m}$ bzw. 50 g/m^2 . Nach etwa 32 g/m^2 beträgt die Energiedosis 50 % des Maximums, das bei etwa 12 g/m^2 liegt.

Die Approximation a) in Abb. 2 kann durch Gl. (1) beschrieben werden.

$$\frac{D}{D_{\max}} = -4 \cdot 10^{-7} (z \cdot \rho)^4 + 7 \cdot 10^{-5} (z \cdot \rho)^3 - 45 \cdot 10^{-4} (z \cdot \rho)^2 + 77,2 \cdot 10^{-3} (z \cdot \rho) + 0,6 \quad (1)$$

D/D_{\max} ... rel. Energiedosis
 $z \cdot \rho$... Flächenmasse in g/m^2

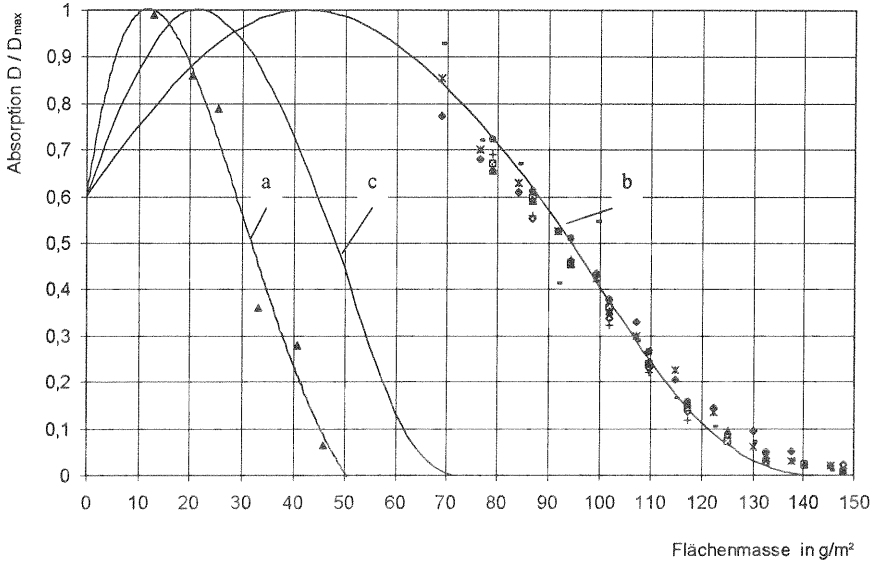


Abb. 2: Dosis- Tiefenverteilung in ebenen und zylinderförmigen Körpern bei verschiedenen Elektronenenergien

- Auf dem Umfang zylinderförmiger Körper; gemittelt aus je 10 Messungen in sechs Meßtiefen; Elektronenenergie 60 keV
- Auf einem ebenem Körper, bei ausschließlich senkrechtem Auftreffen der Elektronen mit einer Energie von 90 keV
- Berechnet nach Gl. (2), bei ausschließlich senkrechtem Auftreffen der Elektronen mit einer Energie von 60 keV

Für den Vergleich zur Dosis- Tiefenverteilung am Zylinder sind in Abb. 2 die Approximationen b) und c) für das ausschließlich senkrechte Auftreffen der Elektronen auf ebene Flächen dargestellt. Die Approximation dieser Meßwerte für senkrechten Strahleinfall kann durch die Gleichung (2) unter Verwendung der Gleichungen (3) und (4) mit guter Genauigkeit erfolgen (HEINRICH, 1973).

$$\frac{D}{D_{\max}} = 4,15 \cdot 10^{14} \left(\frac{Z \cdot \rho}{U_B^q} + 0,69 \right)^{25} \cdot e^{\left[-29,4 \left(\frac{Z \cdot \rho}{U_B^q} + 0,69 \right) \right]}$$

$$- 6,58 \cdot 10^{26} \left(\frac{Z \cdot \rho}{U_B^q} \right)^{34} \cdot e^{\left[-70,6 \frac{Z \cdot \rho}{U_B^q} \right]} \quad (2)$$

$$q = \frac{1}{\log U_B} \cdot \log \left(\frac{S(U_B)}{4600} \right) \quad (3)$$

D/Dmax... rel. Energiedosis
 U_B ... Beschleunigungsspannung in MV
 $z \cdot \rho$... Flächenmasse in g/m^2
 $S(U_B)$... maximale Elektronenreichweite in g/m^2 als Funktion der Elektronenenergie

$$S(U_B) = 6,67 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{U_B^5}{\rho} \quad (4)$$

S ... Elektronenreichweite in μm
 U_B ... Beschleunigungsspannung in V
 ρ ... Dichte in g/cm^3
 $S(U_B)$... Elektronenreichweite in g/m^2

Mit Hilfe Gl. (4) kann die Beschleunigungsspannung berechnet werden (SCHILLER et al., 1977), die für die Behandlung von Saatgütern mit unterschiedlicher Morphologie notwendig ist. Als erste Näherung wird die Dicke der Samenschale der Elektronenreichweite S gleichgesetzt. Die Dosis-Tiefenverteilung in Perikarp und Testa wird unter Verwendung der so berechneten Beschleunigungsspannung nach Gleichung (1) bis (4) ermittelt.

Messungen der Dicke von Perikarp und Testa der zu behandelnden Saatgüter bilden die Grundlage für diese Berechnungen. In Tab. 1 sind Meßwerte ausgewählter Kulturen zusammengestellt. Für die endgültige Wahl der Elektronenenergie ist natürlich auch die individuelle Streuung in der Dicke der Samenschale und deren Dichte zu beachten.

Kultur	Samenschale
	Dicke in μm
Winterweizen ¹⁾	50
Mais (Sorte Magister)	44
Weißkohl	72
Buschbohne	86
Stieleiche *	362

Tab. 1: Arithmetische Mittelwerte der Dicke der oberflächennahen Schichten (Perikarp und Testa) der Karyopse ausgewählter Kulturen

* gemessen an der Spitze

¹⁾ LINDNER (1992)

Behandlungsdosis

Der fungizide Wirkungsgrad der e-Behandlung von Saatgut hängt bei optimaler Dosis- Tiefenverteilung hauptsächlich vom allseitigen und gleichmäßigen Energieeintrag in die Samenschale des Kornes ab. Zur Darstellung dieser Dosisverteilung auf dem Umfang des einzelnen Kornes werden die in verschiedenen Tiefen auf dem Umfang der Modellkörper ermittelten Meßwerte aus jeweils 10 Messungen gemittelt. Die Mittelwerte werden auf den Maximalwert der gesamten Meßreihe bezogen. Es ergibt sich die in Abb. 3 dargestellte Verteilung der Dosis auf dem Umfang der Modellkörper in verschiedenen Schichttiefen.

Die Dosisstreuung auf dem Umfang der Modellkörper ist auf unterschiedliche Bewegungsbahnen und verschiedener Rotation der Individuen beim Durchlauf durch die Behandlungszone zurückzuführen.

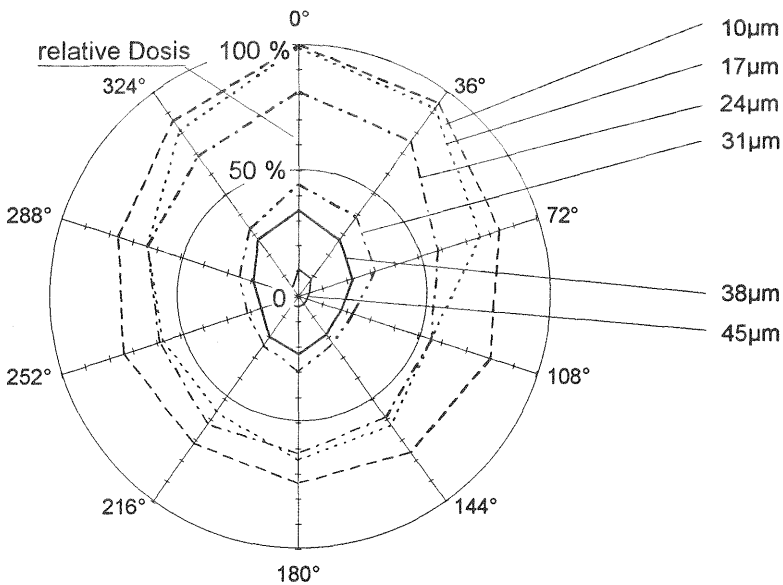


Abb. 3: auf dem Umfang eines zylindrischen Modellkörpers in verschiedenen Tiefen gemessene relative Dosis D/D_{\max}

Die fungizide Wirkung der e-Behandlung ist schon bei Inhomogenitäten der Energiedosis an der Oberfläche von ca. $\pm 35\%$ in hohem Maße gegeben (LINDNER, 1992). Für die Forschungs- und Pilotanlage WESENITZ 1 beträgt die statistische Inhomogenität im Mittel $\pm 25\%$ (Abb. 3).

Die Erzielung einer hohen Homogenität der Energiedosis auf dem Umfang e-behandelter Karyopsen ist von der Beherrschung verschiedener physikalischer Effekte abhängig. Zu den wichtigsten

Effekten zählt die Dispersion der Aufenthaltsdauer der Karyopsen in der Wirkzone der e-Behandlung, die Dispersion der Rotationsgeschwindigkeit, die Divergenz des Saatgutstromes sowie ganz entscheidend die Charakteristik des Elektronenbehandlungsfeldes. Für die detaillierte Beschreibung dieser Effekte sei an dieser Stelle auf Arbeiten im FEP Dresden verwiesen (WEBER, 1995).

Zusammenfassung

Die optimale fungizide Wirkung niederenergetischer Elektronen wird durch die exakte Kenntnis der Morphologie des Saatgutes und die Einhaltung der optimierten Behandlungsparameter wie Beschleunigungsspannung, Dosis- Tiefenverteilung und Elektronenstrom erreicht. Dabei wird die Energiedosis ausschließlich auf die oberflächennahen Schichten der Karyopse begrenzt.

Es wurde durch Messungen der Dosis- Tiefenverteilung auf dem Umfang von Modellkörpern nachgewiesen, daß ein allseitiges und gleichmäßiges Eindringen der Elektronen in die Samenschale erfolgt. Dabei wird eine Dosisabweichung von ca. 25 % nicht überschritten. Ebenfalls wurde nachgewiesen, daß die Energiedosis bei einer Beschleunigungsspannung von 60 kV nach der Eindringtiefe von 50 µm auf Null abgefallen ist. Für Saatgüter mit anderen Dicken der Samenschale kann die Beschleunigungsspannung und die Dosis- Tiefenverteilung exakt berechnet und im technologischen Prozeß eingestellt werden. Damit ist eine phytotoxische Beeinflussung des Embryos ausgeschlossen.

Die e-Behandlung gegen Erreger, die tief im Embryo siedeln, ist aufgrund der notwendigen Begrenzung der Elektronenreichweite auf die äußeren Schichten der Karyopse nur mit eingeschränkter Wirksamkeit möglich. Die erzielbaren Effekte durch sinnvolle Kombination der e-Behandlung mit anderen alternativen Verfahren wie z.B. der Warmwasserbehandlung werden derzeit in verschiedenen Forschungsarbeiten untersucht.

Literatur

- FIRMENSCHRIFT (1991): Dosismeßgerät für sehr dünne Folien. Tübingen: Polymerphysik GmbH & Co. KG.
- HEINRICH, H. (1973): Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Bestimmung der Intensitätsverteilung im Strahlungsfeld von Elektronenbeschleunigern und der Dosisverteilung in elektronenbestrahltem Material. Diss. AdW- DDR .
- LINDNER, K. (1992): Untersuchungen zur phytosanitären Wirkung einer Behandlung von Winterweizensaatgut mit niederenergetischen Elektronen, Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.
- SCHILLER, S.; U. HEISIG & S. PANZER (1977): Elektronenstrahl- Technologie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, S. 349- 353.
- WEBER, M. (1995): Entwicklung einer Einrichtung zum Vereinzeln von Saatgut in einer Elektronenbehandlungsanlage. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden.

Ehlert Natzke

Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt, Abt. Forstliches Versuchswesen, Flechtingen,

Die Lagerung von Eicheln - Situation, Versuche, Ausblick -

Ausgangssituation

Für den Bestandesumbau in Sachsen-Anhalt haben die einheimischen Eichenarten, Traubeneiche (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.) und Stieleiche (*Quercus robur* L.) eine eminente Bedeutung. Ein großer Teil der Kiefernreinbestände ist in Eichen- bzw. Eichenmischbestockungen umzubauen. Der Anteil der Eichenwaldfläche soll sich dabei fast verdoppeln: Er soll von jetzt 11 % auf 21 % ansteigen. Für diesen schrittweisen Prozeß sind kontinuierlich bzw. entsprechend den Erfordernissen Eichenpflanzen geeigneter Herkunft bereitzustellen. Dem entgegen steht die unregelmäßige Fruktifikation der Eichen. Es ist nur alle 8-12 Jahre mit einer Vollmast, alle 5-7 Jahre mit einer Halb- und alle 3-4 Jahre mit einer Sprengmast zu rechnen (ROHMEDER, 1972). Diese Problematik führt immer wieder (und nicht nur in Sachsen-Anhalt) zu Versorgungsproblemen mit geeigneten Eichenpflanzen, da die praktische Eichellagerung, länger als eine Überwinterung, nicht geklärt ist.

Ein Anbieter in Europa ist bereit, eine Lagerung der Eicheln über 2 Winter (18 Monate) zu übernehmen - das französische Saatgutzentrum „La Joux“ des „Office National des Forêts, Service Graines Plantes, Montraincon Supt“. Von durchaus guten Lagerungsergebnissen wird berichtet (BONVICINI, 1993). Das vorliegende Vertragsangebot für diese Lagerleistung sieht allerdings vor, daß auch eine Abnahme des Keimprozentages der Eicheln um 40 % (z.B. also von 70 % auf 30 %) als noch zulässig gilt, was eigentlich nicht mehr zu akzeptieren ist.

Nach SPETHMANN (1995) ist allerdings eine Lagerung der Eicheln über 18 Monate hinaus (4-6 Jahre), erforderlich. Auch die zur Bekämpfung der Lagerpilze immer wieder notwendige Applikation von Fungiziden entspricht nicht unseren Vorstellungen für eine Saatgutlagerung. Damit sind die einheimischen Eichenarten die letzten der forstlich bedeutsamen Baumarten in Mitteleuropa, für die die Lagerung des Saatgutes im forstlich erforderlichen Umfang nicht geklärt ist.

Die Ursache der Eichellagerungsprobleme liegt darin begründet, daß es sich bei den Eicheln um rezalzitantes Saatgut handelt, das seine Keimkraft verliert, wenn es getrocknet wird. Im Gegensatz dazu lassen sich z.B. Bucheckern von über 30 % Fruchtwassergehalt auf unter 10 % zurücktrocknen und können dann bei Temperaturen bis zu -20 °C gelagert werden. Der Stoffwechselprozeß der Bucheckern ist dabei extrem reduziert und es erfolgt nahezu kein Pilzwachstum. Bei den rezalzitanten Eicheln wurde experimentell nachgewiesen - und

es besteht auch international Übereinstimmung darüber -, daß keine Reduzierung des Früchtewassergehaltes durch Trocknung möglich ist. Eine Absenkung des Früchtewassergehaltes auf Werte unter 40 % führt in der Regel bereits zu Keimverlusten. Dieser notwendige hohe Früchtewassergehalt bei der Eichellagerung führte aber nach Erkenntnissen, wie sie bis 1992 vorhanden waren, zu dem Schluß, daß wegen der Gefahr des Erfrierens der Eicheln die Lagertemperatur folgende Werte nicht unterschreiten sollte:

- 0 °C: ROHMEDER, 1972; SOKOLOWA und SEMENKOWA, 1981
- 1 °C: BONNET-MASIMBERT, 1993
- 3 °C: SUSZKA et al., 1994

Diese Temperaturen, insbesondere die höheren, ermöglichen jedoch den Pilzen ein aktives Wachstum. Besonders gefürchtet ist dabei ein Pilz, der von Frankreich bis Russland die größte Gefahr für die Eichellager darstellt. Im deutsch- und englischsprachigen Raum wird er „Schwarzfäule“ und im russischsprachigen Raum „Mumifizierung“ genannt. Die verwendeten wissenschaftlichen Bezeichnungen sind *Ciboria batschiana* = *Sclerotinia pseudotuberosa* = *Stromatinia pseudotuberosa*. Es ist davon auszugehen, daß die „Schwarzfäule“ die gleiche Verbreitung hat wie die heimischen Eichenarten und damit potentiell in jedem Eichenbestand auftreten kann (SOKOLOWA u. SEMENKOWA, 1981).

Als bedeutsame Leistung ist deshalb die Feststellung von DELATOUR (1978) zu bewerten, daß dieser Pilz in den Eicheln durch eine zweistündige Wasserbehandlung bei 41 °C bekämpft werden kann. Diese „Thermotherapie der Eicheln“ ist zwischenzeitlich international gebräuchlich bzw. anerkannt, wie auch aktuelle russische Stellungnahmen zeigen (AWSSJEWITSCH, 1996) und findet auch in der Landesforstverwaltung von Sachsen-Anhalt Anwendung (NATZKE, 1996a).

Lagerungsversuche

Neue Überlegungen zur Eichellagerung entwickelte SPETHMANN (1995), der davon ausgeht, daß Eicheln durch eine Frostabhärtung auch tiefere Temperaturen als -3 °C ohne Erfrierungsschäden ertragen. Mit der Arbeit von GUTHKE (1992) war dieser Sachverhalt bestätigt worden. Es wird empfohlen, über 5-6 Monate im Eichellager tägliche Wechseltemperaturen (12 h + 5°C = Tagessimulation und 12 h 0°C = Nachtsimulation) zu erzeugen, um eine Abhärtung für - 6 °C Lagertemperatur zu erreichen.

Auf der Grundlage dieses Erkenntnisstandes wurden im Herbst 1994 Lagerungsversuche in der Landesbaumschule Bülstringen des Staatlichen Forstamtes Haldensleben vorbereitet und durchgeführt. Dabei erfolgte eine enge Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Spethmann aus dem Institut für Obstbau und Baumschule der Universität Hannover und mit dem Institut für Pflanzenschutz im Forst der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig, dort vor allem mit Dipl. Forstw. T. Schröder, der auch eine Reihe von Auswertungen zu den Versuchen vornahm (SCHRÖDER, 1995).

Die Lagerungsversuche sollten praxisnah sein, um mögliche Probleme der Praxisanwendung erkennen zu können. Das Ziel war es, solche technischen Möglichkeiten zu schaffen, die eine Abhärtung der Eicheln durch Wechseltemperaturen ermöglichen, eine hohe Luftfeuchtigkeit garantieren und eine spätere Lagerung bei ca. -6 °C oder tiefere Temperaturen zulassen.

Zunächst soll auf die technische Lösung und die entstandenen technischen Probleme eingegangen werden. Als „Versuchskühlzelle“ wurde eine Standardkühlzelle mit ca. 10 m^3 Rauminhalt umgerüstet. Da sie über eine Innenkühlung verfügt, mußte in jedem Fall eine Befeuchtung vorgesehen und installiert werden. Die Inbetriebnahme vollzog sich sehr problematisch. Durch die vorgegebenen Temperaturänderungen (12-h-Wechsel) kommt es zu Änderungen der Luftfeuchte, die die Luftbefeuchtungsanlage in Betrieb setzt, die dann heißen Wasserdampf einbläst, was wiederum eine Kühlung erfordert. In jedem Fall ergab sich im Vergleich zu einem kontinuierlichen Temperaturverlauf eine aufwendigere technische Lösung. Da sich auf Grund der Pilzentwicklungen herausgestellt hatte, daß Wechseltemperaturen unter 0 °C günstiger zu bewerten sind, waren diese in das Versuchsprogramm aufgenommen worden. Dadurch, daß sich ein Teil des zur Befeuchtung eingeblasenen Wasserdampfes als Eis niederschlug, verwandelte sich die Kühlzelle zunehmend in eine „Eishöhle“. Zusammenfassend ist festzustellen, daß die technische Realisierung der Eichelabhärtung mit täglichen Wechseltemperaturen unter Praxisbedingungen problematisch ist. 1995 wurde der erste Abhärtungsversuch angelegt. Er beinhaltete 4 Phasen über jeweils 21 Tage. Die 12-h-Wechseltemperaturen als Tages- und Nachtsimulation sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tab. 1: Temperaturgänge der Wechseltemperaturphasen während der Abhärtung 1995

Phase	12 h (Tag)	12 h (Nacht)
I	+ 5 °C	0 °C
II	+ 3 °C	- 2 °C
III	+ 2 °C	- 3 °C
IV	0 °C	- 4 °C

Auf Grund der technischen Probleme bei der Fertigstellung der Versuchskühlzelle konnte mit dem Versuch erst am 31.01.95 begonnen werden. Von der Eichelernte im Herbst 1994 bis zum 31.01.95 lagerten die Eicheln bei -3 °C in Tonnen nach SUSZKA et al. (1994). Nach jeder Phase der Abhärtung erfolgte eine Probenahme und ein Frosthärtetest (FHT), bei dem die Eicheln 21 Tage bei -6 °C lagerten und dann einem Keimtest unterzogen wurden. Diese Arbeiten und die entsprechende Auswertung wurden in der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig durch SCHRÖDER (1995) vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Keimprozent [%] (Gekeimt mit Epikotyl) der Eichelproben aus dem 4-Phasen-Abhärtungsversuch (TEi = Traubeneiche; SEi = Stieleiche; FHT=Frosthärtestest); (aus SCHRÖDER, 1995)

Herkunft	Kontrolle; ohne Abh. und FHT	ohne Abh.; mit FHT	1. Abh. Phase	2. Abh. Phase	3. Abh. Phase	4. Abh. Phase
TEi Klötze	71,0	38,5	37,5	11,0	11,0	5,5
TEi Müllrose	73,0	64,0	52,0	26,0	30,5	12,0
SEi Tangerhütte	76,5	62,0	52,0	61,0	34,0	32,0
TEi Wippra ¹⁾	69,0	41,0	63,0	38,5	35,5	22,0
TEi Wippra klein ²⁾	³⁾	³⁾	59,0	68,0	48,0	46,0
TEi Wippra groß ²⁾	³⁾	³⁾	28,0	28,0	23,5	9,5

¹⁾ mit Thermotherapie

²⁾ ohne Thermotherapie

³⁾ Keimtest nur als Mischprobe, ohne Abhärtung, ohne Lagerung, ohne Frosthärtestest bei einem Keimprozent von 72 % durchgeführt

Zur Tabelle 2 soll insbesondere auf folgenden Sachverhalt verwiesen werden: Gegenüber dem Ergebnis der vorherigen Lagerung über mehrere Monate bei -3 °C (in Tab. 2 unter „ohne Abh., mit FHT“ aufgeführt), konnte durch die „Abhärtung“ keine verbesserte Frosthärte oder eine nur gering verbesserte Frosthärte erreicht werden. Daraus war zu vermuten, daß bereits bei der vorhergehenden Lagerung (ohne Wechseltemperaturen) eine Abhärtung erfolgt war. Zu den insgesamt geringen und abnehmenden Keimprozenten bei der Abhärtung ist festzustellen, daß bei den relativ hohen Temperaturen ein starkes Pilzwachstum gefördert wurde und dadurch erhebliche Ausfälle eintraten.

Als Schlußfolgerung aus diesem Versuch ergab sich, einen erneuten Abhärtungsversuch, beginnend bei tieferen Temperaturen und nur eine allmähliche Absenkung beinhaltend, durchzuführen. Dieses Vorhaben wurde am 20.10.95 anlässlich des Spezialistenkolloquiums zur Lagerung von Eicheln (NATZKE, 1995) vorgestellt und insbesondere auch von Prof. Suszka, Dendrologisches Institut Kornik, Polen, befürwortet (NATZKE, 1996a).

Die konkrete Versuchsdurchführung erfolgte wiederum in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Pflanzenschutz im Forst der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig. Die Ergebnisse sind dem Beitrag von SCHRÖDER in diesem Heft zu entnehmen (Tab. 7 und 8).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß mit der kontinuierlichen Abkühlung und damit Abhärtung der Eicheln von Stieleichen ein für die forstliche Praxis geeigneter Weg zur mehrjährigen Lagerung beschritten wurde, der voraussichtlich Einlagerungen bei -7 °C

bis $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ermöglicht. Zur Traubeneiche ist bekannt, daß deren Eicheln bedeutend empfindlicher sind, was u.a. auch BONNET-MASIMBERT et al. (1993), GILLE und NOWAG (1995) und SUSZKA (zitiert im Diskussionsprotokoll dieses Heftes) mitteilen. In den durchgeführten Abhärtungsversuchen bestätigt sich dieser Sachverhalt. Nach den bisherigen Untersuchungen sind Lagerungsstrategien unter $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ problematisch. Die starke Verringerung des Keimprozentages bei der Traubeneiche im Standardlagerverfahren ($-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ konstant von November '95 bis Mai '96) um 27 % bei Eicheln mit Thermotherapie, bzw. 35,5 % bei Eicheln ohne Thermotherapie, weist darauf hin, daß gegebenenfalls die verwendete Eichelpartie qualitative Probleme aufwies, weshalb bei der Traubeneiche Wiederholungsuntersuchungen besonders dringlich sind.

Thermotherapie und Schwarzfäule

Die Thermotherapie der Eicheln ist ein aufwendiges und teures Verfahren, das zur Rettung von mit Schwarzfäule infizierten Eichelpartien ohne jede Einschränkung seine Berechtigung hat. Es ist jedoch die Frage zu stellen, ob jede Eichelpartie mit Schwarzfäule infiziert ist oder ob einige Eichelpartien völlig unnötig der Thermotherapie unterzogen werden. Neben dem Kostenfaktor werden weitere negative Einflüsse gesehen, die für das Vermeiden der Thermotherapie sprechen. GILLE und NOWAG (1995) halten durch die Thermotherapie eine Schwächung von Traubeneicheneicheln geringerer Vitalität für denkbar. SPETHMANN erachtet nur vitales Eichensaatgut ohne Thermotherapie für eine Langzeitlagerung als geeignet und SCHRÖDER (beide zitiert im Diskussionsprotokoll dieses Heftes) hält eine Kontamination von nicht infizierten Eichelpartien mit *Mucor*-Sporen über das Wasser der Therapieanlage für denkbar. KEHR (1996) informiert, daß gesunde Eicheln von über 20 Pilzarten besiedelt werden, was durch die Thermotherapie völlig verändert wird. Somit können dann einzelne Pilzarten die Eicheln dominant besiedeln, die gegebenenfalls später Lager Schäden hervorrufen.

Aus dieser Situation heraus entstand der Wunsch nach einer Früherkennung von aggressivem Schwarzfäulebefall an Eicheln bzw. zum Erkennen nicht infizierter Eichelpartien. Die Methode dazu schlugen SUSZKA, J. und EICKE vor, zitiert bei NATZKE (1996a). Sie beinhaltet einen speziellen Keimversuch mit kurzfristiger Auswertung (1 Woche) nach dem dann sichtbaren Pilzbefall. Auf dieser Grundlage wurden in der Landesbaumschule des Landes Sachsen-Anhalt 21 Eichelpartien aus der Eichelernte von 1995 untersucht. In Abänderung der vorgeschlagenen Methode wurde ein vollständiger Keimversuch durchgeführt, der die Auswirkungen der Schwarzfäule bis zum Absterben der Eicheln noch deutlicher dokumentierte. Es wurde jeweils ein Keimversuch mit den nicht therapierten Eicheln und ein Parallelversuch nach der Thermotherapie angelegt. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tab. 3 enthalten. Sie wurden bereits dem deutschen und polnischen Fachpublikum am 24.04.96 in der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig vorgestellt (NATZKE, 1996b). Es sollte untersucht werden in welchem Umfang bei den einzelnen Eichelpartien ohne die Thermotherapie ein merklich schlechteres Keimprozent auftreten würde. In Abhängigkeit der Differenz der

Keimrate mit und ohne Thermotherapie sollte dann die „Wirksamkeit“ ermittelt werden. Die Ergebnisse verdeutlichen, daß eine Schwarzfäuleinfektion vorhanden war und daß diese durch die Thermotherapie erfolgreich bekämpft wurde.

Tab.3: „Nachgewiesene Wirksamkeit“ der Thermotherapie zur Schwarzfäulebekämpfung als „Weiserwert“ (Herbst/Winter 1995/96 Sachsen-Anhalt)

Lfd-Nr.	Vers.-nummer	BA/Herkunft Abteilung	Keimprozent Thermotherapie		Verringerung Keim - % ohne Thermotherapie	nachgewiesene Wirksamkeit
			mit	ohne		
1	7/10	TEi/Klötze/Wildbahn 4669 a7	62	70	-	
2	41/39	TEi/Klötze/Wildbahn 4676 a2	68	53	15	
3	36/9	TEi/Klötze/Döllnitz 4543 a10	48	84	-	
4	17/49	TEi/Allstedt/Ziegelroda 90 a/ 181 a1	86	0	86	X
5	21/53	TEi/Allstedt/Ziegelroda 48 b, 54 c	80	31	49	X
6	6/58	TEi/Huy/Neinstedt 630 a8	84	60	24	
7	62/31	TEi/Huy/Ziegenkopf	78	32	46	X
8	72/52	TEi/Mansfeld/Walbeck	84	53	31	X
9	46/73	TEi/Haldensl./Bodendorf 4138	68	93	-	
10	54/24	TEi/Haldensl./Bodendorf	84	83	1	
11	69/59	TEi/Colbitz/Golzhausen	78	81	-	
12	13/57	TEi/Colbitz/Golzhausen 621 a1	78	81	-	
13	8/45	SEi/Haldensleben/Born 4517 b2	84	68	16	
14	55/56	SEi/Dessau/Haideburg	76	81	-	
15	66/60	SEi/Solpke/Lindentel 2312 a	92	68	24	
16	71/22	SEi/Solpke/Lindentel 2169c	90	84	6	
17	70/61	SEi/Colbitz/Linden 652 a1	68	67	1	
18	44/74	SEi/Diesdorf/Schadew. 5234 a1	68	16	52	X
19	42/35	SEi/Haideburg/Törten	68	71	-	
20	48/29	SEi/Schönebeck/Staßf. 103 a1	94	72	22	
21	75/50	SEi/Osterburg/Krumke 1512 a6	3	0	3	

Als „nachgewiesene Wirksamkeit“ (Tab. 3) wurde dabei definiert, wenn die Differenz der Keimraten der parallelen Keimversuche einer Partie - „ohne Thermotherapie“ zu „mit Thermotherapie“ größer als 30 % war. Eine genaue Untersuchung, ob die Verringerung der Keimfähigkeit der Partien ohne Thermotherapie auf eine Infektion mit *Ciboria batschiana* zurückzuführen war, erfolgte nicht. Es wurde vielmehr dem Standpunkt von EICKE gefolgt (zitiert bei NATZKE, 1996a), wonach es darum geht, einen schwerwiegenden Pilzbefall zu erkennen und nach Möglichkeit zu bekämpfen - wohl wissend, daß es sich in der Regel um Schwarzfäule handelt. Entsprechend der definierten „Wirksamkeit“ für die Thermotherapiebehandlung (30 % Differenz im Keimprozent beim Parallelversuch), ist bei den 21 untersuchten Eichelpartien (Tab. 3) bei 5 Partien (Nr. 4, 5, 7, 8, 18) eine „nachgewiesene Wirksamkeit“ als Weiserwert vorhanden, also bei ca. einem Viertel der untersuchten Eichelpartien. Zur Dokumentation der Wirksamkeit soll der Pflanzenverlust dargestellt werden, der beim Laborversuch auch tatsächlich gezählt wurde (Tab. 4).

Tab. 4: Eichenpflanzenverlust unter Laborbedingungen bei „nachgewiesenem“ Schwarzfäulebefall (m. T. = mit Thermotherapie, o. T. = ohne Thermotherapie)

Lfd. Nr. aus Tab.3	Pflanzenausbeute zur Anzahl der Eicheln in Prozent		Differenz [%] Sp. 2-Sp. 3	Pflanzenverlust in Prozent Sp. 4/Sp. 2x100
	m. T.	o. T.		
1	2	3	4	5
4	86	0	86	100
5	80	31	49	61
7	78	32	46	59
8	84	53	31	37
18	68	16	52	76
Durchschnitt:				67

Im Laborversuch konnte durch die Thermotherapie ein Absinken des Keimprozentes durch „nachgewiesenen“ Schwarzfäulebefall im Durchschnitt um 67 % im Vergleich zu Partien ohne Thermotherapie verringert werden. Abgesehen vom experimentellen Nachweis dieses Sachverhaltes ist die Aussage für die Praxis eine andere. Durch weitere Entwicklung der Schwarzfäule im Saatgutlager bis zur Aussaat oder auch im Saatbeet bei Herbstsaat, ist davon auszugehen, daß bei diesen Partien die Pflanzenausbeute in der Baumschule nahe „0“ gewesen wäre. Dieser festgestellte Sachverhalt ist unstrittig. Mehr Veranlassung zum Nachdenken liefern die Ergebnisse der unterschiedlichen Intensität oder Aggressivität des Befalls. Ein Präzedenzfall ist die Eichelpartie Nr. 4, die nach der Thermotherapie die hohe Keimrate von 84 % aufwies. Ohne Thermotherapie verhinderte die Schwarzfäule das Keimen aller Eicheln.

Die praktischen Erfahrungen, eigene Untersuchungen und Literaturquellen unterstreichen dieses Problem. So wurden Jahre mit starken Pilzschäden und Jahre mit geringen Problemen beobachtet. Nasse Jahre sind meist „Pilzjahre“.

Bei eigenen Untersuchungen zur Schwarzfäule wurden in Eichenbeständen, aus den nachweislich stark infizierte Eicheln gesammelt worden waren, Eicheln nachgesucht, um unter Laborbedingungen die Fruchtkörper (Apothezien) der Schwarzfäule heranwachsen zu lassen. Das Vorhaben gelang nicht. Auch konnten in diesen Beständen im darauffolgenden Herbst keine Fruchtkörper gefunden werden. Erfolgreich war dann die Suche am Entsorgungsort der abgeschwemmten Eicheln, an dem eine nicht zu übertreffende Anzahl von infizierten Eicheln vorhanden war. Die Suche ergab, daß sich in den obersten Schichten des Eichelhaufens keinerlei Fruchtkörper gebildet hatten. In tieferen Schichten, in sehr nassen Bereichen, wurden dann vereinzelt Eicheln mit Fruchtkörpern gefunden.

Die durchgeführten Untersuchungen und Beobachtungen weisen darauf hin, daß nur bei sehr spezifischen Bedingungen eine erfolgreiche Entwicklung der Schwarzfäule möglich ist. Für eine erfolgreiche Befallsprognose der Eicheln sind diese Bedingungen jedoch nur unzureichend bekannt. Wegen der allein schon aus Kostengründen notwendigen Vermeidung von unnötigen Eichelthermotherapien, sollten diese Untersuchungen umgehend nachgeholt werden.

BONNET-MASIMBERT und MULLER (1993) behandeln das Thema der notwendigen Nachreife der Eicheln nach dem Abfallen von ca. 4 Wochen um Keimverluste bis zu 30 % zu verhindern. SPETHMANN zitiert diese Quelle und regt wohl auch unter diesem Eindruck an, die Eicheln im Bestand möglichst lange liegen zu lassen, allerdings mit dem Hauptziel der natürlichen Frostabhärtung. Dieser Vorschlag steht allerdings im krassen Widerspruch zu den Empfehlungen aller Mykologen zur Schwarzfäuleprophylaxe. Diese empfehlen wegen der Schwarzfäuleinfektion durch am Boden befindliche oder über den Wind in Ausbreitung befindliche Sporen, ein schnelles Einsammeln der abgefallenen Eicheln und Entfernen aus dem Bestand.

Die Überprüfung der Versuchsdurchführung von BONNET-MASIMBERT zeigt, daß hier jeweils im Wochenintervall nach dem Eichelfall die Thermotheapie durchgeführt wurde und diese Schocktherapie kurz nach dem Abfall der Eicheln schlecht ertragen wurde. Auch in Frankreich bemüht man sich, die Eicheln schnell zu sammeln und in Kühlräumen (+4 °C) zwischenzulagern. Eigene Erfahrungen unterstützten die Notwendigkeit einer langen Eichelnachreife nicht. Zum Nachweis der Keimbereitschaft und eines guten Keimprozentos zum Erntezeitpunkt wurden im FoA Haideburg am 08.10.96 von einer masttragenden Stieleiche die noch „grünen“ Eicheln heruntergeschüttelt und am 14.10.96 zum Keimversuch angesetzt. Bei einer Schnittprobe von 91 % keimten im Versuch 97 % der Stieleicheln. Dagegen hatten z.B. die im FoA Wippra (Abhärtungsversuche 1994/95) spät im November gesammelten Traubeneicheln eine sehr schlechte Qualität. Die eher problematische Keimbereitschaft der Eicheln der Traubeneiche ist hinreichend bekannt.

Weitere und weiterführende Forschungen und Untersuchungen zur Eichellagerung

SCHRÖDER und KEHR (1996) informieren über Arbeiten des Institutes für Pflanzenschutz im Forst der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut in Dresden zur Elektronenbehandlung von Eicheln. Mit dieser bereits bei Getreide erfolgreich angewendeten Methode kann die Behandlung mit Fungiziden ersetzt werden. Bei der Eichellagerung hat das dahingehend Bedeutung, daß nach der Thermo- und der Elektronenbehandlung die Eicheln gezielt mit nicht pathogenen Pilzarten oder sogar antagonistisch wirkenden Pilzen besiedelt werden können, die eine Beeinträchtigung der Lagerfähigkeit durch pathogene Pilze verhindern.

SPETHMANN (zitiert im Diskussionsprotokoll dieses Heftes) informiert darüber, daß im Institut für Obstbau und Baumschule der Universität Hannover, in einem Projekt die biologischen Prozesse untersucht werden, die sich bei der Eichellagerung vollziehen.

Nach ROBERTS (1973) bestimmen über die Länge der Lebensfähigkeit von Saatgut bei der Lagerung in der Regel Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt und Sauerstoffdruck. Die Verringerung eines jeden dieser Faktoren wirkt auf eine Verlängerung der Lagerfähigkeit. Da bei den rekalkitrierten Eicheln eine Verringerung des Feuchtigkeitsgehaltes ausscheidet, verbleiben die Temperaturabsenkung und die Verringerung des Sauerstoffdruckes zur Verlängerung der Lagerfähigkeit. Die Lagerung von Saatgut bei abgesenkten Temperaturen ist dabei hinreichend bekannt und der z.Zt. im deutsch- und englischsprachigen Raum begangene Weg bei der Eichellagerung.

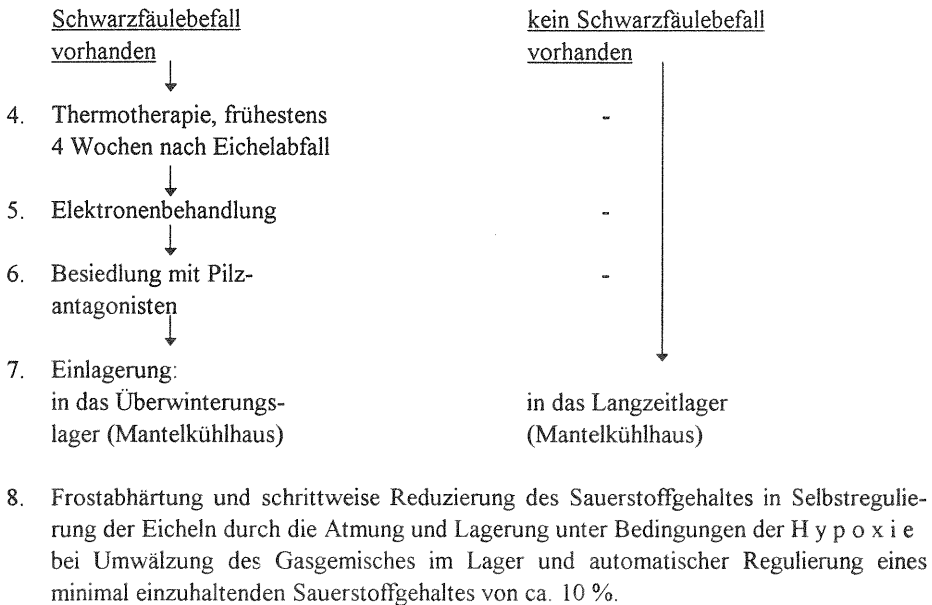
Die Auseinandersetzung mit der Veränderung des Sauerstoffdruckes bzw. die Untersuchungen zum Gasaustausch bei Saatgut wurden auch bei Forstsaatgut durchgeführt, so durch v. SCHÖNBORN (1964). Es wird dabei auf das durchaus bedeutsame Problem verwiesen, daß bei Saatgut, das bei der Lagerung noch relativ stark atmet, Sauerstoff benötigt wird und z.B. bei geschlossenen Lagerungsbehältern somit abzusehen ist, daß der lebensnotwendige Sauerstoff völlig aufgebraucht wird. Mit einem Lagerungsversuch aus der Eichelernte von 1960 lieferte v. SCHÖNBORN den praktischen Beweis für diese Problematik. Alle in Folienbeutel oder Glasflaschen eingeschlossenen Eicheln waren bei unterschiedlichsten Lagerungsbedingungen nach einem Jahr tot. BONNET-MASIMBERT und MULLER (1993) berichten über einen Versuch der Eichellagerung von 1984 in Polyethylen-Beuteln, die mit einer CO₂-durchlässigen Membran versehen waren. Damit war beabsichtigt, in den Beuteln den CO₂-Anteil zu erhöhen, den Sauerstoffanteil zu verringern und bei zu hoch ansteigender CO₂-Konzentration ein Herausdiffundieren des CO₂ zu ermöglichen. Die Lagerungsergebnisse nach 18 Monaten bei -1 °C wiesen eine Verringerung des Keimprozentages um nur 5 % auf. Trotz dieses guten Ergebnisses wurde diese Arbeitsrichtung wegen technischer und anderer Probleme nicht weiter verfolgt. Die Herstellung analoger CO₂- und Sauerstoffverhältnisse ist auch bei der Tonnenlagerung mit Drainagerohr beabsichtigt (SUSZKA et al., 1994).

Von Westeuropa unbemerkt, hat sich unter bewußter Ausnutzung der positiven Wirkungen des Sauerstoffmangels bei der Lagerung von Forstsaatgut - und auch von Eicheln - beim „Wissenschaftlichen Produktionszentrum für Forstsaatgut“ in Puschkino bei Moskau eine entsprechende Arbeitsrichtung herausgebildet (AWSIJEWITSCH, 1996). Ausgehend von den aktuellen französischen Erfahrungen wird ein Weg der Langzeitlagerung von Eicheln unter den Bedingungen der *Hypoxie* (Sauerstoffmangel) und eines geregelten Gasaustausches im Eichellageraum gesucht. Die Untersuchungen unter Bedingungen der *Hypoxie* haben ergeben, daß sich bei einer Reduzierung des Sauerstoffanteils im Eichellager auf 4 bis 7 %, die Atmung der Eicheln etwa auf die Hälfte reduziert. Die Untersuchung der Atmung der Eicheln bei unterschiedlichen Temperaturen hat ergeben, daß sich diese unter normalen Bedingungen verdreifacht, wenn die Temperatur von -1 °C auf 20 °C ansteigt. Unter den Bedingungen der *Hypoxie* blieb die Atmung bei -1 °C Lagertemperatur bis +9 °C annähernd konstant. Seit 25 Monaten erfolgt ein Lagerungsversuch mit 4 % Sauerstoff im Eichellager bei verschiedenen Lagerungstemperaturen zwischen 0 °C und 13 °C. Das Keimprozent verringerte sich dabei von 92 % auf 72 %. Weitere Versuche werden durchgeführt.

Angestrebt wird ein System der weitgehenden Selbstregulierung des Gasgemisches im Eichellager durch die Atmung der Eicheln, wobei das Gasgemisch laufend kontrolliert wird, um vor allem den Sauerstoffgehalt nicht unter 4 % absinken zu lassen. Die Umsetzung der Erkenntnisse erfordert Umbauten der Eichellager, so z.B. bei dem Eichellager im Worozowsker Forstbetrieb, das 150 t Eicheln aufnehmen kann. Wegen finanzieller Schwierigkeiten werden dafür allerdings Probleme gesehen.

Ausblick zur möglichen Weiterentwicklung der Eichelernte und -lagerung unter Berücksichtigung der Forschungsarbeiten

1. Durch ein geeignetes Verfahren erfolgt bei einer sich entwickelnden Eichelmast eine Prognose für die einzelnen Saatgutbestände, ob mit einem Schwarzfäulebefall zu rechnen ist oder nicht.
2. Die Eichelernte erfolgt mit Netzen. Die Eicheln werden nach dem Abfallen umgehend aus dem Erntebestand abtransportiert und in ein Zwischenlager mit +4 °C gebracht.
3. Zu jeder geernteten Saatgutpartie erfolgt ein Schwarzfäuleschnelltest bzw. ein Test auf schwerwiegende Pilzinfektion, der die Partien einteilt in:



Lagerungstemperatur: - 5° C
möglichst kein Fungizideinsatz

9. Entnahme und Akklimatisierung der Eicheln in Vorbereitung zur Aussaat.

Hinweise und Aufgaben zur Eichelernte und -lagerung in der Landesforstverwaltung von Sachsen-Anhalt

Nachfolgend soll auf einige neue und besonders wichtige Punkte der Eichelernte und -lagerung sowie die Organisation in Sachsen-Anhalt eingegangen werden. Besondere Berücksichtigung finden dabei die Hinweise von SPETHMANN (1995) und die französischen Erfahrungen (BONNET-MASIMBERT und MULLER, 1993). In Frankreich wurde seit 20 Jahren, gemeinsam mit dem Institut für Dendrologie in Kornik, Polen, an den Eichelproblemen geforscht. Durch den Aufbau des zentralen Saatgutlagers in Supt, das u.a. in der Lage ist mehrere hundert Tonnen Eicheln aufzunehmen, war es erforderlich, klare Vorgaben zur Eichelernte, -transport und -lagerung zu erarbeiten, die oft allgemeingültig sind.

Folgende konkrete Hinweise und Orientierungen werden gegeben:

1. Ernteprognoze, Saatgutverteilung und Erntepacht in der Landesforstverwaltung von Sachsen-Anhalt

Diese Aufgaben erfüllt die Saatgutberatungsstelle der Landesforstverwaltung und

Landesdarre im Forstamt Annaburg

2. Eichelerte und Zwischenlager

Dazu wird MESSER (1960) zitiert, um auf die große Verantwortung der Forstämter bei der Eichelerte hinzuweisen:

„Schlechte Qualität der Eicheln läßt sich in 80 % aller Fälle auf Fehler und Nachlässigkeiten bei und unmittelbar nach der Ernte zurückführen.“

Aufgaben in den Forstämtern:

- Möglichst Schutz der Erntebestände mit Elektrozäunen vor Sauen
 - Kontrolle des sich vollziehenden Eichelfalls, um den Termin des Abfallens der „guten“ Eicheln zu ermitteln
 - dann Auslegen der Netze (Handsammlung ist nach Möglichkeit zu vermeiden)
 - zweimal in der Woche Eichelentnahme von den Netzen
 - die Lagerung der Eicheln in Säcken ist nicht zulässig; (Jute-) Säcke dürfen nur für Transportaufgaben verwendet werden; nach MESSER (1960) können in frisch geernteten Eichelhaufen 70 und mehr Grad Celsius auftreten, was zum Absterben der betroffenen Eicheln führt).
 - Zwischenlager im Forstamt:
 - + gründliche Reinigung, um Pilz-Infektionen aus vorherigen Saatgutlagerungen zu verhindern
 - + flache Lagerung; anfänglich täglich zweimal umschauflern, bei nachlassendem Schwitzen einmal (erst 10 cm hoch, später bis 20 cm hoch)
 - + Vermeidung von mechanischen Beschädigungen, wie z.B. durch das Herumlafen auf den Eicheln verursacht
 - + ein gewisses Abtrocknen der frischen Eicheln ist erwünscht. Der Fruchtwassergehalt darf nicht unter 42 % absinken. Gegebenenfalls ist eine vorsichtige Befeuchtung vorzunehmen. Bei „klappernden“ Eicheln ist bereits ein Schaden entstanden.
 - + Lagertemperatur +4 °C; keine Erwärmung und kein Frost
 - + wenn das Zwischenlager voll ist bzw. bei schlechten Lagerbedingungen, Abholung veranlassen und Durchführung kontrollieren
 - + bei der Abholung auf kühle Morgen- und Abendstunden bzw. auf Nachttransport orientieren
- ## 3. Aufgaben der Landesforstbaumschule Bülstringen
- Eicheln für den Bedarf der Landesforstbaumschule Bülstringen und für gegebenenfalls darüber hinaus festgelegte Einlagerungen sind in bzw. in Verantwortung der Landesforstbaumschule Bülstringen zu manipulieren, auszusäen bzw. einzulagern.

- In der Landesforstbaumschule Bülstringen sind Kühllagerkapazitäten für Eicheln mit Temperatursteuerung und Befeuchtungsmöglichkeit für 20 t bereitzustellen.
- Die Forstämter, die für Eichellieferungen an die Landesforstbaumschule festgelegt wurden, sind während der gesamten Eichelernte durch die Landesforstbaumschule zu beraten und zu unterstützen.
- Auf Anforderung dieser Forstämter sind die Eicheln unverzüglich abzuholen, möglichst nachts.
- Die für die Zwischenlager der Forstämter formulierten Forderungen gelten auch für die Zwischenlagerung in der Landesforstbaumschule.
- Nach Anlieferung der Eichelpartien ist umgehend ein Schwarzfäulefrühtest (Keimversuch) durchzuführen und eine Entscheidung zur Thermotherapie zu fällen.
- Alle Eichelpartien sind abzuschwemmen. Nach dem Abschwemmen ist ein Keimversuch durchzuführen (auch vor der Thermotherapie).
- Wenn erforderlich, ist die Thermotherapie und danach ein Keimtest vorzunehmen.
- Nach dem Abschwemmen bzw. nach der Thermotherapie ist das Abtrocknen der Eicheln in der Trocknungsanlage mit Frischluft vorzunehmen und der Früchtewassergehalt zu bestimmen.
- Es ist, nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung, eine Fungizidbehandlung vorzunehmen.
- Die Eicheln sind in Gitterroststiegen in das Kühllager einzulagern.
- In Abstimmung mit der Abt. Forstliches Versuchswesen ist eine Frostabhärtung vorzunehmen.
- Bei Fungizidapplikation während der Lagerung ist eine Fungizidvernebelung anzustreben.

Literatur

- AWSSIJEWITSCH, N.A. (1996): Nowüe tehnologii dlitelnowo chanenija scheludee. Nautschno - Proiswodstbennowo Zentra Lesnowo Zemenowodstwa (ZENTRLESSEM), Puschkino, 5 S., unveröffentlicht.
- BONVICINI, M.-P. (1993): Presentation of the Tree Seed Centre „La Joux“. Results about storage of acorns of a large scale chemical protection during storage: Interests and limits. Internationales Symposium über Forstsaatgut vom 8. bis 11. Juni 1993 der Niedersächsischen Landesforsten. Munster/Uelzen: 193-210.
- BONNET-MASIMBERT, M. & C. MULLER, (1993): Storage of acorns: limits and recent breakthroughs. Internationales Symposium über Forstsaatgut vom 8. bis 11. Juni 1993 der Niedersächsischen Landesforsten. Munster/Uelzen: 119-130.
- DELATOUR, C. (1978): Recherche d'une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald chez les grands. *European Journal of Forest Pathology* 8 (4): 193-200.

- GILLE, K. & NOWAG, A. (1995): Ergebnisse der Lagerung von Eicheln nach dreimaliger Überwinterung. Allgemeine Forst Zeitschrift, 50: 962-963.
- GUTHKE, J. (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut - Probleme und Möglichkeiten. Dissertation, Universität Hannover.
- KEHR, R. (1996): Mykologische Aspekte der Eichellagerung. Vortrag beim Arbeitsgruppentreffen „Lagerung von Eichensaatgut“ am 24.04.96 in Braunschweig. Biologische Bundesanstalt Braunschweig, unveröffentlicht.
- MESSER, H. (1960): Die Aufbewahrung und Pflege von Eicheln und Buchteln, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main: 44 S.
- NATZKE, E. (1995): Thesen zum Spezialistenkolloquium zur Lagerung von Eicheln. Konferenz: Die Erhaltung der genetischen Ressourcen von Bäumen und Sträuchern. 18.-20.10.1995, Magdeburg. IWU Tagungsbericht: 253-254.
- NATZKE, E. (1996a): Die Lagerung von Eicheln - ein weiterhin ungelöstes Problem. Forst und Holz 49: 180-183.
- NATZKE, E. (1996b): Erfahrungen aus dem Einsatz einer Kleinthermotherapieanlage im Herbst/Winter 1995/1996. Suche nach frühzeitigen Diagnosemöglichkeiten bezüglich des Befalls von Eicheln mit *Ciboria batschiana* in der Praxis. Vortrag beim Arbeitsgruppentreffen „Lagerung von Eichensaatgut“ am 24.4.96 in Braunschweig. Biologische Bundesanstalt Braunschweig, unveröffentlicht.
- ROBERTS, E H. (1973): Predicting the storage life of seeds. Seed Sci. & Technol., 1: 499-514.
- ROHMEDER, E. (1972): Das Saatgut in der Forstwirtschaft, Verlag Paul Parey, Hamburg: 273 S.
- SCHRÖDER, T. (1995): Aktuelle Forschungsarbeiten zur Behandlung und Lagerung von Saatgut der Eiche und Buche. Konferenz: Die Erhaltung der genetischen Ressourcen von Bäumen und Sträuchern. 18.-20.10.1995, Magdeburg. IWU-Tagungsbericht: 255-265.
- SCHRÖDER, T. & R. KEHR (1996): Possible new methods for treating and storing seeds of *Quercus*. Poster-Abstract, Proceedings: Tree seed pathology meeting October 9-11, 1996. Forestry and Game Management Research Institute, Opocno, Czech Republic.
- SCHÖNBORN, A. v. (1964): Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH, München: 158 S.
- SOKOLOWA, E.S & I.G. SEMENKOWA (1981): Mumifikazija scheludee duba. In: Lesnaja fitopatologija, Lesnaja promüchlennost, Moskva: 164-165.
- SPETHMANN, W. (1995): Optimierung der Eichen-Saatgutbehandlung bei Ernte und Lagerung. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt-Rheinland-Pfalz Nr. 34/95: 244-255.
- SUSZKA, B.; C. MULLER & M. BONNET-MASIMBERT (1994): Nasiona lesnych drzew lisciastych, Wygawnictwo Naukowe PWN-INRA-EDITIONS, Warszawa: 300 S.

Klaus Gille

Staatliches Forstamt Oerrel, Forstsaatgut - Beratungsstelle, 29633 Munster - Oerrel

Erfahrungen mit der Thermotheapie an Stiel- und Traubeneicheln in der Forstsaatgut - Beratungsstelle Oerrel

Qualitätserhaltende Maßnahmen von der Ernte bis zur Einlagerung

Ein wichtiger und ganz entscheidend begrenzender Faktor für die Lagerung und den Aussaaterfolg von Eicheln ist der Befall mit Mikroorganismen. Die Saat ist schon bei der Ernte mit verschiedenen Schadpilzen besiedelt. Als sehr problematisch ist uns der Erreger der Schwarzfäule „*Ciboria batschiana*“ bei den Eicheln bekannt.

Die Infektion einer Saatgutpartie direkt nach der Ernte hängt von vielen Faktoren ab: Erntejahr, Erntezeitpunkt, Standortverhältnisse, Witterung und Lagerungsbedingungen. Durch die Ausbreitung der Infektion innerhalb der Saatgutpartie kann es zu einer Schwächung des Saatgutes, Zerstörung einzelner Samen oder zum Totalverlust ganzer Partien kommen.

Größte Beachtung sollte dem Erhalt bzw. der Verbesserung der Qualität des Ausgangsmaterials in der Zeit zwischen Ernte und Einlagerung beigemessen werden. Qualitätserhaltende Maßnahmen in der Zeit bis zur Einlagerung sollten im Prinzip selbstverständlich sein. Oft finden sie in der Praxis aber kaum Beachtung.

Hier einige wichtige Punkte:

- Nur gesunde Eicheln rechtzeitig im Herbst ernten
- Schonende Behandlung während des Transportes und der Zwischenlagerung
- Breitflächige Lagerung im Zwischenlager
- Oberflächliche Abtrocknung
- Regelmäßiges Wenden und Durchmischen
- Alles was zu Überhitzung, Wasserverlust oder Pilzbildung führen kann ist zu vermeiden
- Vor Lagerung Reinigung durch Abschwemmen, Thermo- und evtl. Fungizidbehandlung
- Laufende Qualitätskontrollen der Saatgutpartien

Thermobehandlung

Allgemeine Anmerkungen

Grundprinzip einer Wärmebehandlung ist es, einen Parasiten letal durch Temperaturen zu schädigen, die für den Wirt nicht oder nur geringfügig schädlich sind. Eine unterschiedliche Wärmeempfindlichkeit ist somit Voraussetzung für die Wärmebehandlung.

Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, H. 329, 1997

Die Temperaturspanne zwischen der Abtötungstemperatur des Parasiten und der des Wirtes ist für jede Wirt / Parasit - Kombination verschieden und muß sorgfältig ermittelt werden.

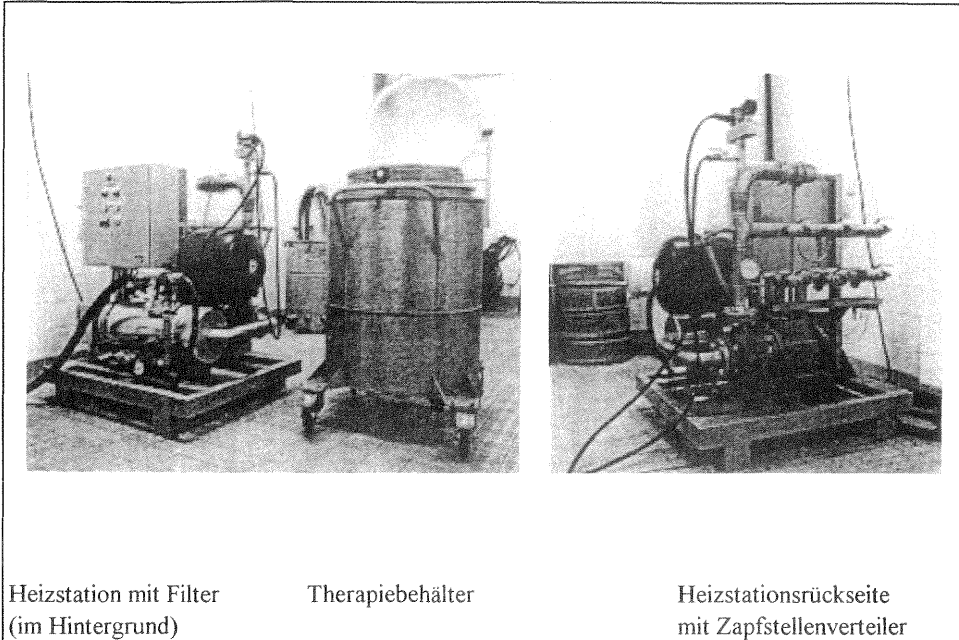
Diese, manchmal enge Temperaturspanne, macht eine konstante Temperaturführung während der Behandlung erforderlich. Die Wärme kann in Form von trockener Luft, von wasserdampfgesättigter Luft oder durch Tauchen in heißem Wasser zugeführt werden. Dabei steigt die Wirksamkeit der Behandlung mit zunehmender Feuchte. Das heißt, bei gleicher Temperatur ist die erforderliche Behandlungsdauer bei einer Tauche am geringsten, und bei der Behandlung mit warmer Luft am längsten.

Die Empfindlichkeit des Saatgutes bei der Thermobehandlung wird von mehreren Faktoren beeinflusst:

- Feuchtegehalt des Materials
Mit zunehmendem Wassergehalt steigt die Wärmeempfindlichkeit.
- Dormanzzustand
Pflanzliches Material, das sich in einem physiologischen Ruhezustand befindet, hat eine geringere Wärmeempfindlichkeit.
- Beschaffenheit der Samenschale
Saatgut mit beschädigter Samenschale oder bereits angekeimtes Saatgut reagiert oftmals mit Keimverlust auf Wärme. Eine ungeeignete Form der Wärmebehandlung, zu hohe Temperaturen oder eine zu lange Behandlungsdauer, kann das Saatgut schädigen. Die Folgen reichen von einer Verzögerung des Keimbegins über geschwächtes Wachstum oder fehlende Sproßentwicklung bis hin zum Absterben des Samens. Besonders wichtig ist hier eine korrekte Durchführung der Thermobehandlung mit exakter Temperaturführung.

Hierfür wurde in der FSB ein Gerät (Abb. 1:) entworfen und gebaut, das folgenden Anforderungen entspricht:

- Rasches Erreichen der gewünschten Zieltemperatur (Standspeicher für die Warmwasserbereitung).
- Intensive Wasserbewegung zur Sicherstellung einer gewünschten Temperatur im gesamten System (Zentraleinheit mit Pumpe und Heizung, drei mobile Tauchbehälter).
- Temperaturkonstanz während der Behandlung (digitale Schalteinheit).
- Bearbeitung praxisrelevanter Versuchsmengen (Gitterkorb 20 kg, 80 kg pro Tauchbehälter, 240 kg pro Durchgang, 720 kg Tagesleistung).



Heizstation mit Filter
(im Hintergrund)

Therapiebehälter

Heizstationsrückseite
mit Zapfstellenverteiler

Abb. 1: Thermotherapieanlage in der FSB Oerrel

Arbeitsweise der Thermotherapieanlage

Die Anlage wird mit heißem Wasser befüllt. Beim Eintauchen des kalten Saatgutes in das 41° C warme Wasser sinkt die Temperatur zunächst auf ca. 35° C ab und steigt dann durch Zulauf von heißem Wasser und durch die Heizung im Wasserkreislauf in ca. 10 Minuten auf die gewünschte Temperatur von 41° C an. Die Eicheln werden nach Erreichen der Zieltemperatur für zwei Stunden bei 41° C getaucht. Kontrollmessungen während der Behandlung haben gezeigt, daß die Temperatur stets zwischen 41 und 42° C betrug. Nach der Thermobehandlung trocknen die Eicheln im Klimaraum bei 15° C ca. 1 Stunde oberflächlich ab. Der Wassergehalt beträgt dann zur Einlagerung bei den Stieleicheln ca. 42 % und bei den Traubeicheln ca. 47 %.

Begleitende Laboruntersuchungen haben bei allen thermobehandelten Eichelpartien nachgewiesen, daß *Ciboria batschiana* komplett und dauerhaft abgetötet wurde.

Erfolge der Thermobehandlung

Erste Ergebnisse mit der Thermobehandlung stammen aus dem Jahr 1992, hier wurde ein größerer Eichellagerungsversuch in Oerrel angelegt (Abb. 2).

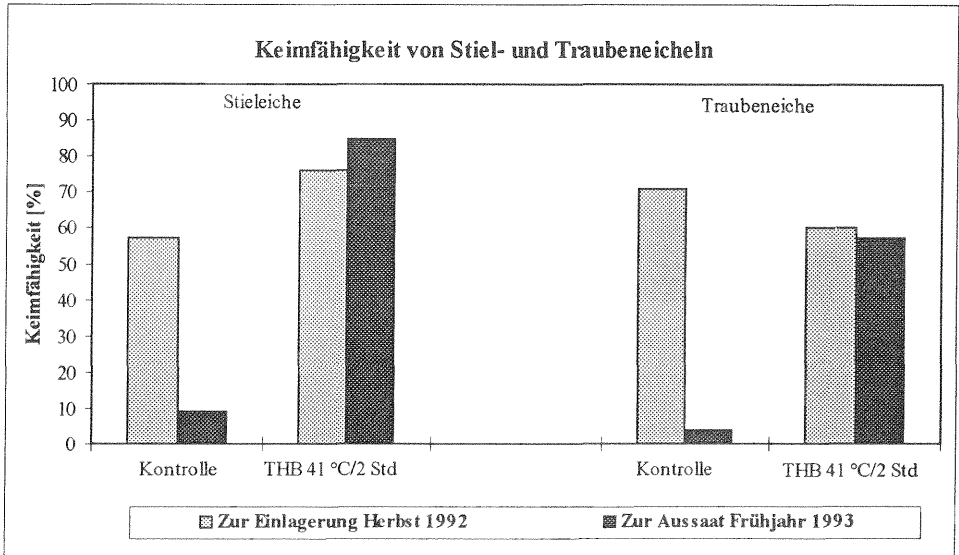


Abb. 2: Keimfähigkeit von Eicheln im Vergleich Thermotherapie 1992, Aussaat 1993

Bei den Stieleicheln ist ein deutlicher Erfolg der Thermobehandlung schon im Einlagerungskeimtest zu erkennen. Die stark mit *Ciboria* belasteten Eicheln sterben im Kontrollkeimtest ab. Nach der Thermobehandlung steigt die Keimfähigkeit von 57 % auf 76 % an. Dieses Ergebnis zeigt die kurative Wirkung einer Thermobehandlung. Die Pilze werden abgetötet und Eicheln mit nur leichten Pilzschäden sind in der Lage zu keimen. Deutlich läßt sich auch erkennen, daß die Thermobehandlung die Voraussetzung für den Erhalt der Eichelqualität war. Bei nicht behandelten Eicheln der Kontrollvariante fällt die Keimfähigkeit von 57 % auf 9 % ab, bei behandelten Eicheln steigt sie von 76 % auf 85 % während der Überwinterung. Bei den Stieleicheln zeigt sich bei allen Varianten nach der Überwinterung ein Anstieg der Keimfähigkeit im Vergleich zur Einlagerungsprobe. Dies läßt auf eine starke Streßbelastung während der Thermobehandlung schließen, so daß die Eicheln erst nach einer Ruhephase während der sechsmoatigen Lagerung ihre volle Keimfähigkeit erreichten.

Ganz anders bei der Traubeneiche. Alle thermobehandelten Varianten wiesen im Frühjahr 1993 gegenüber dem Herbst '92 eine verminderte Keimfähigkeit auf. Bei der Kontrollvariante fiel die Keimfähigkeit von 71 % auf 4 % und bei der thermobehandelten Variante von 60 % auf 57 %. Die Kontrollvariante wurde, wie auch bei den Stieleicheln, innerhalb von 6 Monaten durch *Ciboria* zerstört. Zunächst scheint die Streßbelastung der Thermobehandlung bei nicht so starker *Ciboria*-belastung der Eicheln größer als die positive Auswirkung, da die Keimfähigkeit von 71 % auf 60 % fällt. Der Erfolg der Thermobehandlung wird aber mit dem Erhalt der Keimfähigkeit während der Überwinterung deutlich.

Im Herbst 1993 konnten wegen der geringen Erntemöglichkeiten nur kleine Mengen von Traubeneicheln behandelt werden. Diese Partien wurden nach einer Überwinterung in der FSB in den Kämpfen ausgesät und zeigten ein sehr schlechtes Auflaufergebnis. Dies ist wahrscheinlich auf die geringe Vitalität der Eicheln schon vor der Thermobehandlung zurückzuführen. Die Thermobehandlung hat das Saatgut aber noch zusätzlich geschwächt. Die Keime der Traubeneicheln waren zum Teil, bei einer Behandlungstemperatur von 41 bis 42 °C, bis zur Basis abgestorben und konnten nicht mehr nachkeimen. Dies zeigt deutlich, wie negativ nicht vitales Saatgut auf eine zusätzliche Streßsituation reagiert.

Aufgrund der 1993 gemachten Erfahrungen wurde 1994 die Temperatur während der Thermobehandlung leicht zurückgenommen auf 40 - 41 °C. Es wurden ca. 6 t Traubeneicheln thermobehandelt. Die Partien zeigten nach der Behandlung größtenteils gute Keim- und Auflaufergebnisse. Sehr deutlich waren die Unterschiede auf dem Saatbeet zwischen behandelter und unbehandelter Saat von mit Schwarzfäule infizierten Partien zu erkennen. Aus behandelten Saatgutpartien wuchsen bei Frühjahrsaussaat drei- bis fünffache Sämlingszahlen.

Die Auswertung der Keimergebnisse aus dem Eichellagerversuch '95 (Abb. 3) zeigen ebenfalls den Erfolg der Thermobehandlung. Bei dem Keimtest der Kontrollvarianten sind bei den Stieleicheln 24 % und bei den Traubeneicheln sogar 41 % durch Pilzbefall abgestorben. Bei den Stieleicheln zeigen alle Varianten nach der Überwinterung eine verminderte Keimfähigkeit, nur bei der in Rovral getauchten Variante war ein gleichbleibendes Keimergebnis zu verzeichnen.

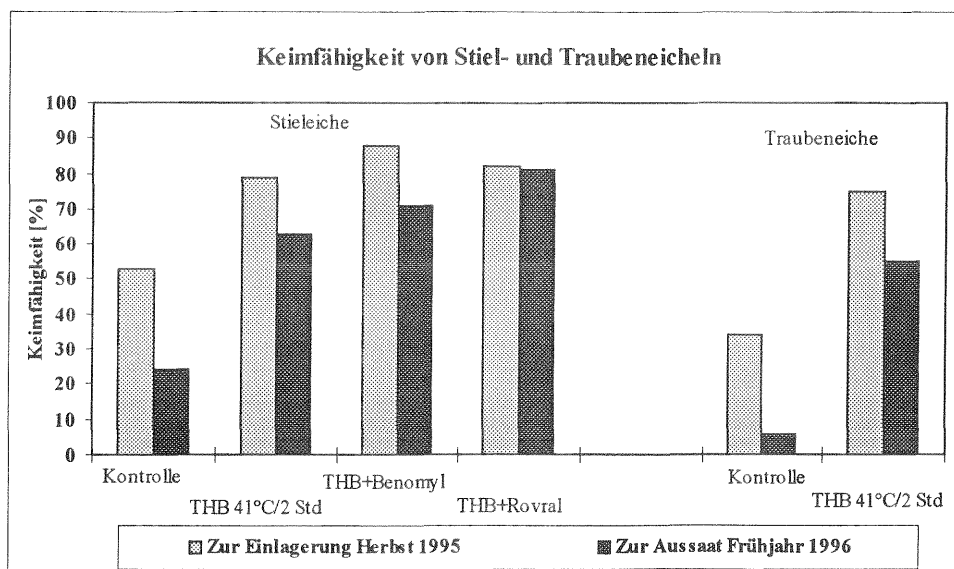


Abb. 3: Keimfähigkeit von Stiel- und Traubeneicheln mit Applikation von Beizmitteln nach Thermotherapie

Bei den Traubeneicheln ist der Keimverlust der Thermobehandlungsvariante nach Überwinterung (von 75 % auf 55 %) noch deutlicher.

Eventuell läßt sich auch hier der Keimverlust nach einem Winter, sowohl bei den Stiel- als auch bei den Traubeneicheln, durch mangelnde Vitalität des Ausgangsmaterials erklären. Interessant sind aber doch die deutlich besseren Keimergebnisse nach der Thermobehandlung im Vergleich zu den Kontrollvarianten. Infizierte Eicheln, die offensichtlich im Keimtest ohne Thermobehandlung absterben, keimen nach Thermotherapie. Der Erfolg ist nach der Überwinterung rückgängig, da zu stark geschädigte Eicheln auch eine kurzfristige Lagerung nicht überleben.

Die oben genannten Ergebnisse sollen in Abb. 4 nochmals mit drei weiteren Partien aus einer Standardüberwinterung für die Kämpfe der Landesforstverwaltung Niedersachsens unterstrichen werden.

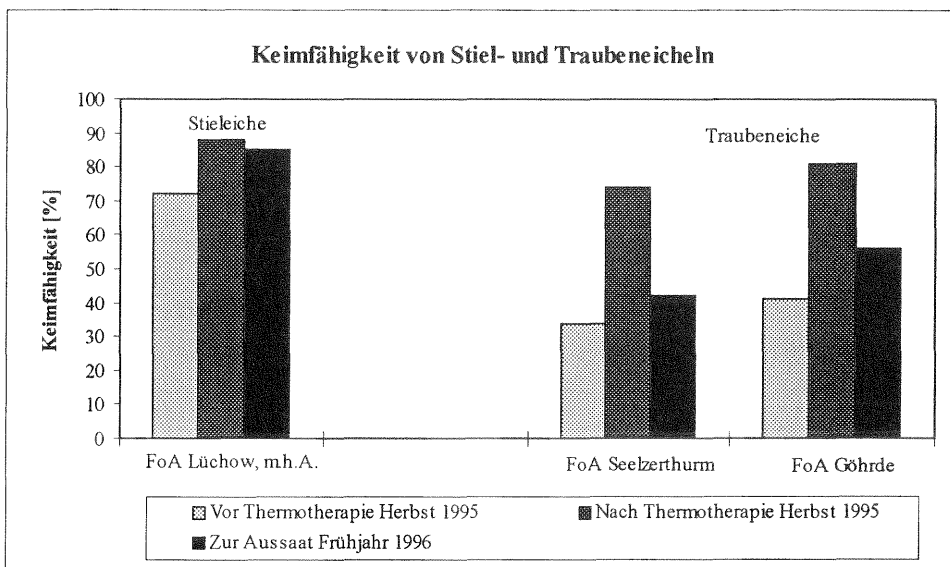


Abb. 4: Keimfähigkeit von Stiel- und Traubeneicheln mit und ohne Thermotherapie

Schlußbemerkung

Die Entscheidung, eine Eichelpartie zu behandeln, sollte in Abhängigkeit von der Vitalität und dem Befall durch den Schwarzfäulepilz getroffen werden. Dies gilt besonders für Traubeneichelpartien.

Wie die ersten Ergebnisse zeigen, ist die Thermobehandlung aber eine geeignete Maßnahme zur Bekämpfung spezifischer Schadpilze an Eicheln sowie die Voraussetzung für die Erhaltung einer guten Keimfähigkeit.

Es sei allerdings auch noch einmal klargestellt, daß die besten Behandlungsmethoden und die besten Lagerungsmethoden nicht helfen können, schlechtes Ausgangsmaterial langfristig einzulagern. Alle Bemühungen müssen zu einem kompletten System von der Ernte der Eicheln über ihren Transport, die Zwischenlagerung und die Bearbeitung bis hin zur ständigen Kontrolle des bereits eingelagerten Materials führen, um letzten Endes dauerhaft zu befriedigenden Ergebnissen kommen zu können.

Thomas Ebinger

Staatsklengle Nagold, Baden-Württemberg

Erfahrungen mit einer mobilen Kleinthermotherapieanlage

Einleitung

An der staatlichen Klenganstalt in Nagold hat man sich seit 1989 Gedanken über die Behandlung des Schwarzfäulepilzes (*Ciboria batschiana*) bei Eicheln gemacht. Die waldbaulichen Zielsetzungen des Landes Baden-Württemberg haben -verstärkt durch die Sturmereignisse im Februar/März 1990- eine deutlich erhöhte Nachfrage nach Laubholz, vor allem der Eichen mit sich gebracht.

Dem galt es an der Staatsklengle mit entsprechenden Behandlungs- und Lagerungstechniken Rechnung zu tragen. Da keine Möglichkeit bestand, eine fest stationierte Thermo-therapieanlage einzubauen, entschloß man sich, als Zwischenlösung nach einer transportablen und einfachen Lösung zu suchen.

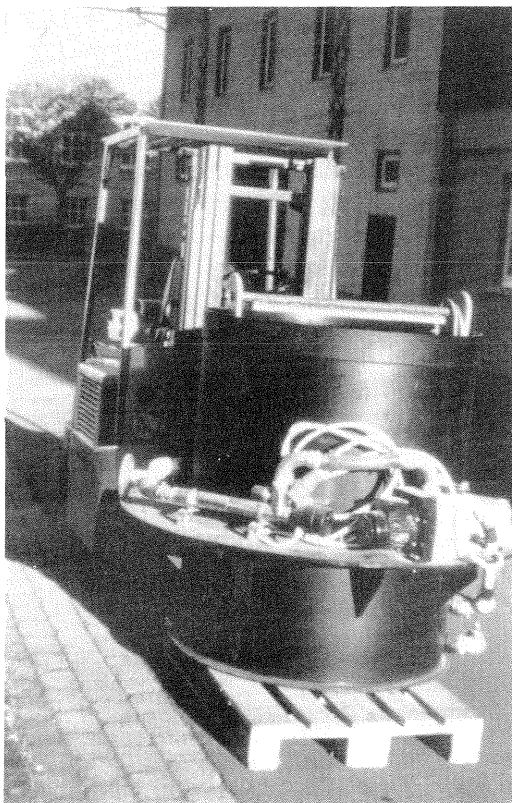


Abb. 1: Auf einer Montagekonsole ist die gesamte Steuerung der Anlage angebracht

Beschreibung der Anlage

Im Jahr 1991 wurde eine nahegelegene Firma gefunden, die nach detaillierten Angaben der Staatsklengle Nagold einen Kessel mit einem Fassungsvermögen von 200 - 250 kg Eicheln fertigte.

Der Behälter besteht aus 6 bzw. 8 mm Kunststoff (PP). Auf einer Montagekonsole sind die Steuerung der Anlage, eine Umwälzpumpe, Filter und Elektro-Wärmetauscher angebracht.

Angesaugt wird das Wasser im unteren Drittel des Kessels. Die Temperatur des durchströmenden Wassers wird kontrolliert und mit der eingestellten Soll-Temperatur verglichen. Weicht sie ab, sorgt der elektrische Wärmetauscher für eine Aufheizung. Durch ständige Umwälzung (ca. 8-10 m³/h) wird eine gleichmäßige Wärmeverteilung im Kessel erreicht. Bei geringen Außentemperaturen muß durch eine zusätzliche Abdeckung die Wärmeabstrahlung vermindert werden. Die Eicheln befinden sich in einem perforierten Siebeinsatz, welcher zur besseren Entleerung unten konisch zuläuft.

Dieser Siebeinsatz wird mit Hilfe eines Frontladers oder Gabelstaplers herausgehoben (siehe Abb. 2). Über einem Schieber am Boden können die Eicheln nach der Behandlung zur oberflächlichen Abtrocknung entleert werden.

Die Kosten für die komplette Anlage beliefen sich im Jahre 1992 auf rund 8000.- DM.

Ergebnisse

Die Anlage wird so eingestellt, daß im Kessel eine Wassertemperatur von 40-41°C herrscht. Durch das Eintauchen der Eicheln sinkt die Temperatur kurzfristig um ca. 4 °C ab. Nach Erreichen der Soll-Temperatur verbleiben die Eicheln noch zwei Stunden im Wasserbad.

Mit dem Erntejahr 1992/93 wurde die Anlage erstmals in Betrieb genommen und die Ergebnisse laufend sowohl an frisch therapierten und auch an gelagerten Eicheln untersucht.

Es zeigte sich, daß die abtötende Wirkung auf den Schwarzfäulepilz dauerhaft gegeben ist.

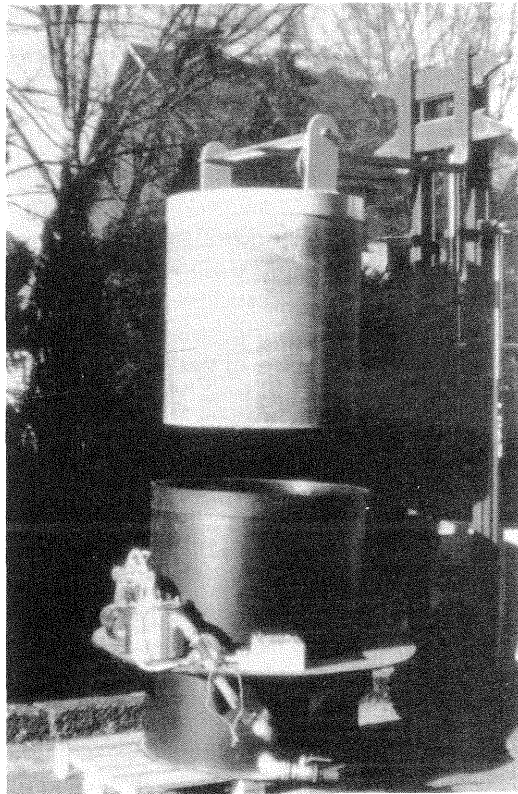


Abb. 2: Entleerung der Thermo-
therapieanlage

Pawel Chmielarz

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, 62-035 Kórnik, Poland

Frost resistance of *Quercus robur* L. acorns

Abstract

Acorns of *Quercus robur* L. (m.c. 42 %) were progressively frozen to -1° , -3° , -5° , -7° , -9° , -11° , -13° , -15° and -17° °C at a freezing rate 0.2° C/min and stored in each temperature for 15 min. An exothermic increase of temperature measured between the cotyledons was recorded at $-10 \pm 2^{\circ}$ °C. Freezing of acorns to -7° °C appeared to be safe for their radicles (in germination tests) and to -9° °C for plumules (in shoot emergence tests). The acorns did not survive freezing to -17° °C.

Introduction

The aim of the experiment was to find the threshold temperature at which acorns drastically lose their viability during progressive freezing. Acorns belong to the recalcitrant seed category. They have lost their viability in a very short period when stored (HOLMES & BUSZEWITCZ, 1956) at -12° °C (45.9 % of m.c.) in ice or in initially moist peat at -4° °C in sealed or closed but not sealed containers, and also when stored at room temperature. Acorns (initial m.c. 45 %) stored in 10 l milk cans at -1° °C retained germinability and the ability to grow into seedlings in nursery conditions even until the 5th Spring after collection. After storage over the same period at temperature -3° °C, germinative energy, capacity and seedling emergence percent in the nursery declined somewhat faster compared with storage at -1° °C. Such differences were not observed when the acorns were stored only for one year at -1° and -3° °C (SUSZKA & TYLKOWSKI, 1980).

PRAVDIN & FILIMONOVA (1952) have stored pregerminated and non-germinated acorns (m.c. 41-43 %) for 4 months at temperatures -10° , -15° and -20° °C. All acorns lost viability after storage. Acorns stored for the same period at -5° and -7° °C have retained viability. The non-germinated acorns were more resistant at these temperatures than the germinated ones with 3-4 mm long radicles. Germinative capacity of non-germinated seeds remained on the same level as that of acorns stored at 5° , 0° and -2° °C for 4 months. Viability of the pregerminated acorns after 4 months of storage was reduced about 50 % in comparison with viability of those stored at 5° , 0° and -2° °C.

BLOMME & DEGEYTER (1986) have stored acorns with a moisture content of 43 % at -5°, 2° and 10 °C. Average germinability after 12 weeks declined from 78 % to 64 % at -5 °C, to 44 % at 2 °C and to 47 % at 10 °C. SCHÖNBORN (1964) has investigated relationships between moisture content and exotherm temperature occurring in individual acorns. He has confirmed that ice crystallization in acorns with m.c. 30 % occurred at a temperature of -8 °C and in acorns with 25 % m.c. at -14 °C. After freezing below -10 °C SCHÖNBORN observed a sudden decline in viability of acorns.

Material and methods

Survival of acorns during freezing depends mainly on their moisture content. To eliminate differences in the behavior of seeds caused by varying moisture content, only acorns with a uniform m. c. of 42 % were used. Viability of acorns was determined by germination and shoot emergence tests (3x30 acorns). All tests were performed in plastic boxes filled with a peat/sand mixture. Before pressing the acorns into the medium the hylum end of each acorns was cut off and the remaining part was planted with the radicle end upwards. The acorns were germinated at 25 °C in darkness for 1 week, being transferred afterwards to a 16/8 h light/darkness photoperiod with a light intensity of 52 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, LF 40 W, daylight, Polam. Acorns with a radicle at least 3 mm long were recorded as germinated, when the shoot was at least 10 mm long it was classified as emerged. Germination and shoot emergence tests lasted 28 days. The acorns (42-43 % of m.c.) were cooled down to 9 different temperatures. In each freezing variant three replications were used per treatment, each containing 30 acorns. Changes of temperature were measured between the cotyledons inside 2 acorns separately (No 1 and No 2), using (Cu-constantan) thermo-couples. Temperature of crystallic ice formation in the tissue of cotyledons was indicated by an exothermic temperature increase. All freezing experiments were performed in the freezing chamber TRA-14, connected with a computer program Cryoson (Cryoson GmbH). As a source of low temperature liquid nitrogen (LN2) was used. Data were subjected to Tukey's test ($P=0.05$)

Results

In acorns cooled to -1°, -3°, -5° and -7 °C ice crystallization did not occur (Fig. 1). Germination capacity (Fig. 2) and shoot emergence of acorns frozen to -1°, -3°, -5° and -7 °C did not differ significantly from that in non-frozen acorns (control), amounting to 80 % (Fig. 3 and 4). During cooling to -9°, -11°, -13°, -15° and -17 °C an exotherm temperature was recorded in each freezing variant. This temperature was observed always at $-10^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ (Fig. 1). After freezing to -11°C growth of 54 % of shoots and 60 % of roots was observed. Some acorns survived freezing to -15 °C and produced normally growing roots and shoots. After freezing to -17 °C no acorns survived (Fig. 2, 3 and 4).

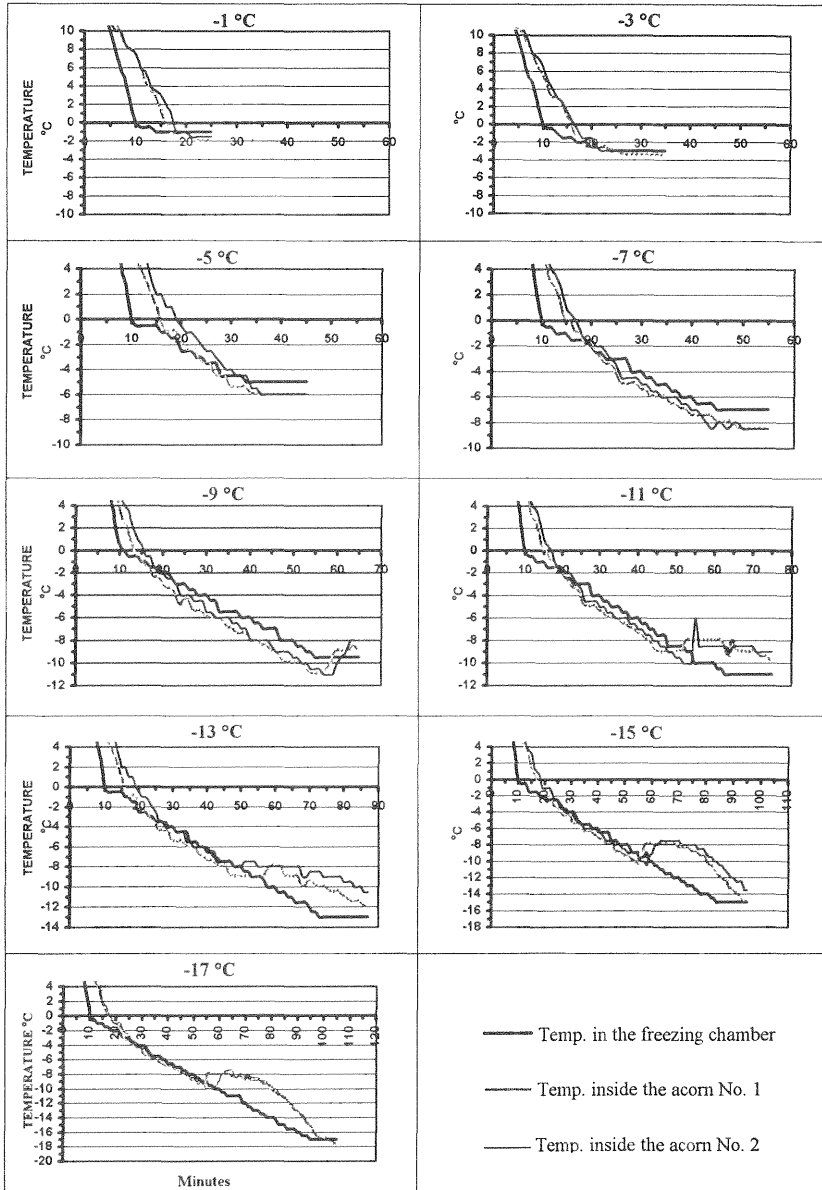


Fig. 1: *Quercus robur* L. Course of temperature changes inside of the freezing chamber and between cotyledons of an acorn, measured inside two acorns during freezing to -1° , -3° , -5° , -7° , -9° , -11° , -13° , -15° and to -17°C .

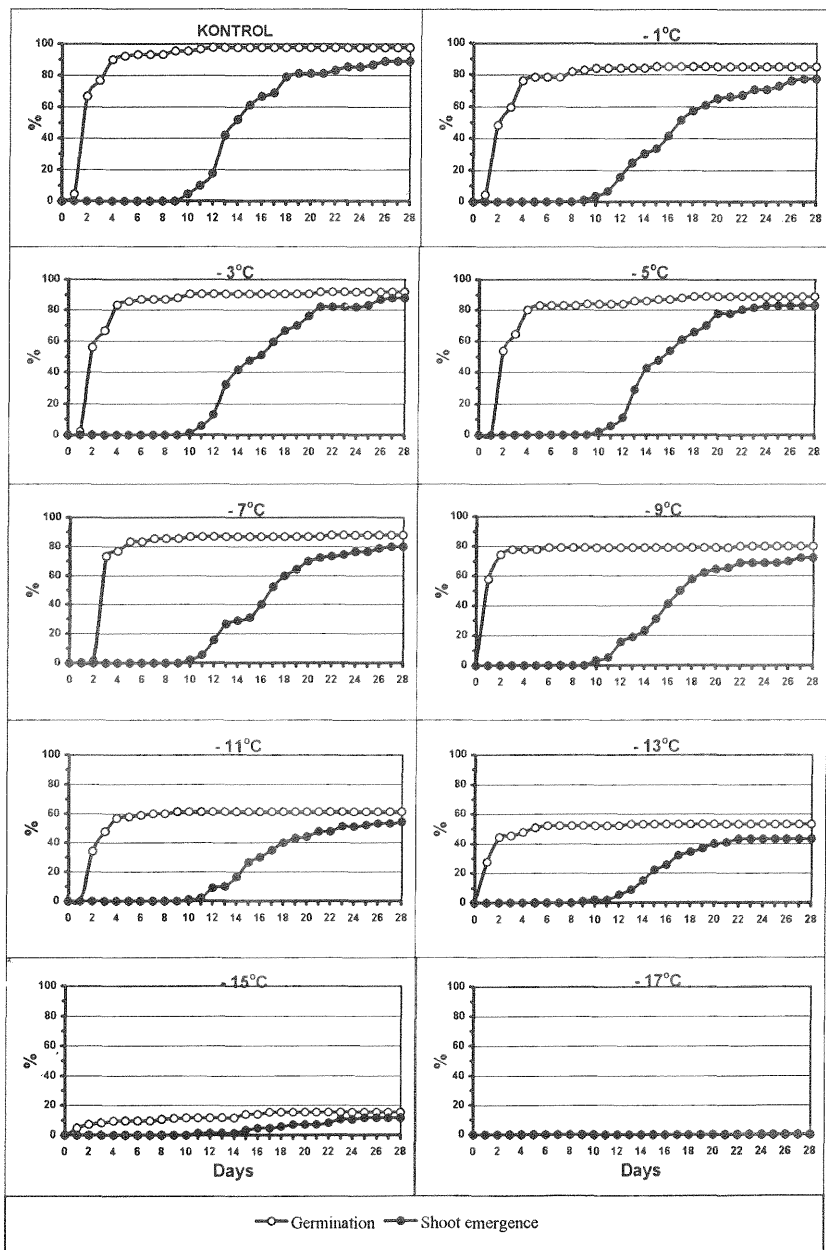


Fig. 2: *Quercus robur* L. Course of germination and shoot emergence at 25°C of acorns frozen before to -1°, -3°, -5°, -7°, -9°, -11°, -13°, -15° and to -17°C for 15 min. and thawed afterwards at 25 °C/3 h.

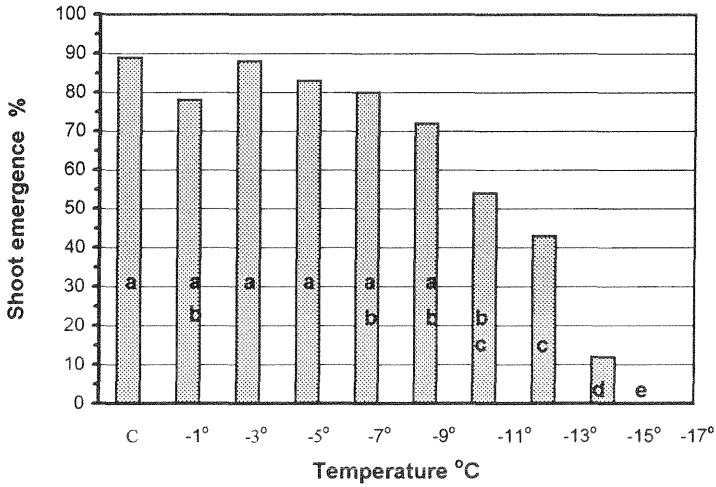


Fig. 3: *Quercus robur* L. Shoot emergence of control acorns (C) and of acorns frozen to -1° , -3° , -5° , -7° , -9° , -11° , -13° , -15° and -17° C. Non-significant differences ($P=0,05$; Tukey's test) indicated by identical letters.

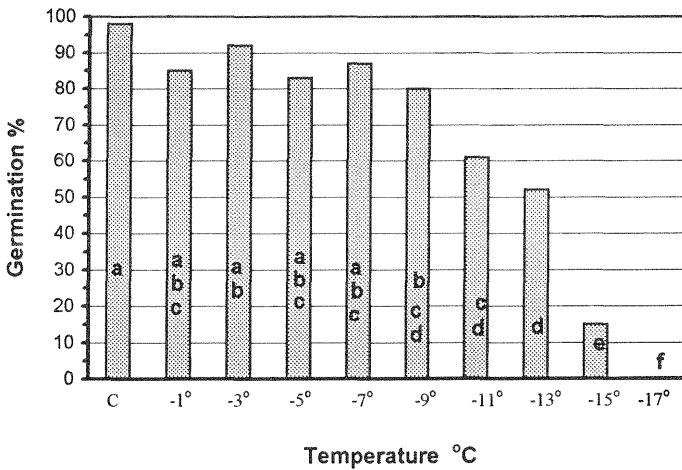


Fig. 4: *Quercus robur* L. Germinative capacity of control acorns (C) and of acorns frozen to -1° , -3° , -5° , -7° , -9° , -13° , -15° and -17° C. Non-significant differences ($P=0,05$; Tukey's test) indicated by identical letters.

Discussion

Some differences between the exotherm temperatures of acorns No 1 and No 2 resulted from differences in their mass (Fig 1). Reduced germination and shoot emergence in the $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ freezing variant were caused by accidentally higher participation in the seed lot of non-viable acorns before freezing. PRAVDIN & FILIMONOVA (1952) have found after storage of acorns (m.c. 42 %) at $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ lasting continuously for 4 months that all seeds have lost viability. In the present report, germination of acorns after freezing to $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ remained still above 60 % (shoot and roots). It should be pointed out that survival of oak seeds at low temperatures depends on the period of storage below $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. SCHÖNBORN (1964) established the temperature of $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ at which the majority of acorns are killed. Results of our experiments suggest a similar threshold for the loss of viability but two or three degrees lower. A temperature of $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ is completely safe for storage of acorns lasting 15 minutes. The temperature of ice crystallization in the tissue of the embryo axes, and longer periods of storage of acorns in low temperatures with different m.c. are topics worth further studies.

References

- BLOMME, R., & L. DEGEYTER (1986): Storage of acorns of *Quercus robur* L. Verbodsnieuws-voor-de-Belgische-Sierteelt. **30**:14, 771-777.
- HOLMES, G.D. & G. BUSZEWICZ (1956): Longevity of acorns with several storage methods. Rep. For. Res. For. Comm., London 1954/56: 88-94.
- PRAVDIN L. & V.D. FILIMONOVA (1952): Vliyanie niskich temperatur na ziznesposobnost' zeludey. Dokl. Akad. nauk SSSR, **85** (4): 921-924.
- SCHÖNBORN, A. (1964): Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. BLV München.
- SUSZKA, B. & T. TYLKOWSKI (1980): Storage of acorns of English oak (*Quercus robur* L.) over 1-5 winters. Arb. Kórnickie 1980, **25**: 199-230.

Pawel Chmielarz

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, 62-035 Kórnik, Poland

Resistance of embryo axes of *Quercus robur* L. to -196 °C (liquid nitrogen)

Abstract

Embryo axes of *Quercus robur* L. were sterilized, cryoprotected, coated with calcium alginate, slowly dehydrated to 24 % of moisture content (fresh weight basis) and finally frozen, first slowly to -20 °C and afterwards rapidly to -196 °C. After rewarming (at 40 °C) and 3 weeks of in vitro culture, survival of the embryo axes was assessed. After exposure of embryo axes to LN2 (-196 °C) the following results were obtained: 4 % of embryo axes with a growing shoot, 8 % with a growing root, 0 % with growing shoot and root, 78 % of axes producing callus, 6 % of greening embryo axes without shoot and root growth, so the total survival was 96 %.

Introduction

Seeds of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) are classified as recalcitrant. Recalcitrant seeds are not able to tolerate desiccation below a rather high level of moisture content (ROBERTS, 1973). FARRANT *et al.* (1988) claimed that no successful method has been found for long-term storage of recalcitrant seeds. According to ROBERTS *et al.* (1984) the most promising method of conservation of recalcitrant seeds could be storage in liquid nitrogen (LN2). BAJAJ (1985) also suggested that the germplasm of recalcitrant seeds could possibly be conserved through cryopreservation of their excised embryos.

However, to survive very low temperatures the seeds must be dried prior to freezing. So far, recalcitrant seeds of very few species survived storage in liquid nitrogen. Probably the desiccation of embryo axes instead of whole seeds or embryos should be investigated in detail prior to work on cryopreservation. PENCE (1990) tested cryostorage of embryo axes of several large-seeded temperate tree species after desiccation. POULSEN (1992) attempted to cryopreserve embryo axes of *Quercus robur* but no axes survived exposure to -20 °C. In the experiments reported here we have tried to find out whether it is possible to protect embryo axes of pedunculate oak from injuries caused by partial desiccation and freezing in LN2 for the purpose of long-term conservation of the genetic diversity of oaks.

Materials and Methods

Acorns were collected from the ground in October in mid-west Poland during the period of natural fruitfall. Seeds used for the experiments were stored for two weeks in a non-sealed container at 3 °C at a moisture content of 43 % (fresh weight basis). Afterwards the excised embryo axes were disinfected with 0.1 % mercuric chloride for 2.5 minutes and rinsed thoroughly in aseptic distilled water four times for one minute. The moisture content of acorns was determined in three replicates for acorns (7 acorns each) and for embryo axes (30 axes in each replicate) (oven method, 105 °C / 48 h for acorns, 105 °C / 24 h for embryo axes).

After sterilization and rinsing in sterile water, embryo axes were treated successively by the following cryoprotectants: 0.5 M solution of sucrose 20 h (5 °C), followed by 0.75 M sucrose 1 h (20 °C), 1 M sucrose 1 h (20 °C) and finally 1 M glycerol 1 h (20 °C). Embryo axes destined for cryopreservation were then coated with calcium alginate. For this purpose they were suspended in a liquid calcium-free medium, supplemented with 3 % sodium alginate, macro -and micronutrients and sucrose 20 g/l. This mixture was then dropped (inside each drop one embryo axis) into a liquid medium containing calcium chloride, in order to form calcium alginate beads about 3 mm in diameter. After half an hour of shaking on a rotary shaker (~130 rpm) in the medium mentioned above, beads were then surface dehydrated for one hour (20 °C) under air flow in a laminar cabinet (preliminary phase of desiccation). After that desiccation of beads was continued, still in sterile conditions, in tightly sealed Petri dishes above silica gel (7 cm³ of silica gel/one Petri dish/30 embryo axes) for 20 h (main phase of desiccation) to 24 % of moisture content of the embryo axes. After the latter phase of desiccation moisture content of beads and embryo axes was determined using the oven method (105 °C / 24 h), separately for embryo axes and the coatings alone (6 replicates of 15 axes or coatings).

Before freezing, such precultured (cryoprotection and desiccation) and still coated embryo axes were placed in sterile plastic cryovials (1.8 ml). They were cooled initially under controlled conditions to 0 °C (stage I) at a cooling rate of 2 °C/min followed by freezing to -20 °C at a cooling rate of 1 °C/min (stage II) and finally (stage III) - by ultra rapid cooling from -20 °C to -196°C through direct immersion of vials in LN2 for 24 h.

After 24 h of storage in LN2 the embryo axes were thawed by rapid rewarming of the vials in a water bath at 40 °C for 5 minutes. The cryovials were surface sterilized by immersion in 70 % ethanol. Coated embryo axes were cultured *in vitro* for 24 h. After that the coatings were removed and the axes were transferred into a fresh medium of the same composition. All embryo axes were cultured separately in single glass tubes. Survival of embryo axes was assessed after 3 weeks of *in vitro* culture (3 replicates, 30 embryo axes in each). Survival of the embryo axes was determined after each stage of the experiment i.e. after sterilization (control), after sterilization and cryoprotection, after sterilization, cryoprotection and desiccation and finally after sterilization, cryoprotection, desiccation and storage in LN2.

Criteria of survival of individual embryo axes were: shoot growth, root growth, shoot and root growth, callus growth, greening of embryo axes without shoot and root growth. The following compounds were used for the in vitro culture medium: macronutrients - QUOIRIN & LEPOIVRE (1977), micronutrients - MURASHIGE & SKOOG (1962), vitamins, 1 mg/l BAP (6-benzylaminopurine), 0.25 mg/l zeatin, sucrose 30 g/l, agar 6 g/l, the pH was adjusted to 5.8 prior to autoclaving. The cultures were incubated at $26 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ in 16/8 h light/darkness photoperiod.

Results and Discussion

Adding up all percentage values of the various categories of survival we have obtained 96 % surviving of embryo axes after their exposure to LN2 (Tab.1). Regeneration of plants from the explants is still not possible because of the low number of embryo axes with growing shoot or with a shoot and root („recovered”; Tab.1 and Fig.1) We have observed that partial desiccation of embryo axes always increased the number of axes producing roots, in contrast to the non-desiccated embryo axes (Fig.1: Root growth). Since it is still not possible to preserve genetic diversity of oaks in gene banks for long periods, investigations should be continued with the aim of increasing the number of normally growing embryo axes (shoot only or shoot and root) surviving exposure to LN2.

Tab.1: *Quercus robur* L. Percentage of embryo axes growing in vitro before freezing and their survival after freezing in LN2.

Criteria of growth in vitro	Embryo axes not stored at -196°C (control)		Embryo axes after 24 h of storage at -196°C	
	Growth ¹		Survival ²	Recovering ³ (shoot growth, shoot and root growth, % with reference to control)
	%		%	%
shoot	28 a	4 b	14	
root	13 c	8 d	–	
shoot and root	40 e	0 f	0	
callus	0 g	78 h	–	
greening of axes	19 i	6 i	–	
Sum	100	96	14	

^{1,2} Means with the same letter not significantly different with Duncan's test ($P=0.05$).

³ Explants recorded as „recovering” were those with shoot elongation or shoot and root elongation with a normal pattern of development. Recovering explants plus those forming callus, with only root growth and greening only were classified as „surviving”.

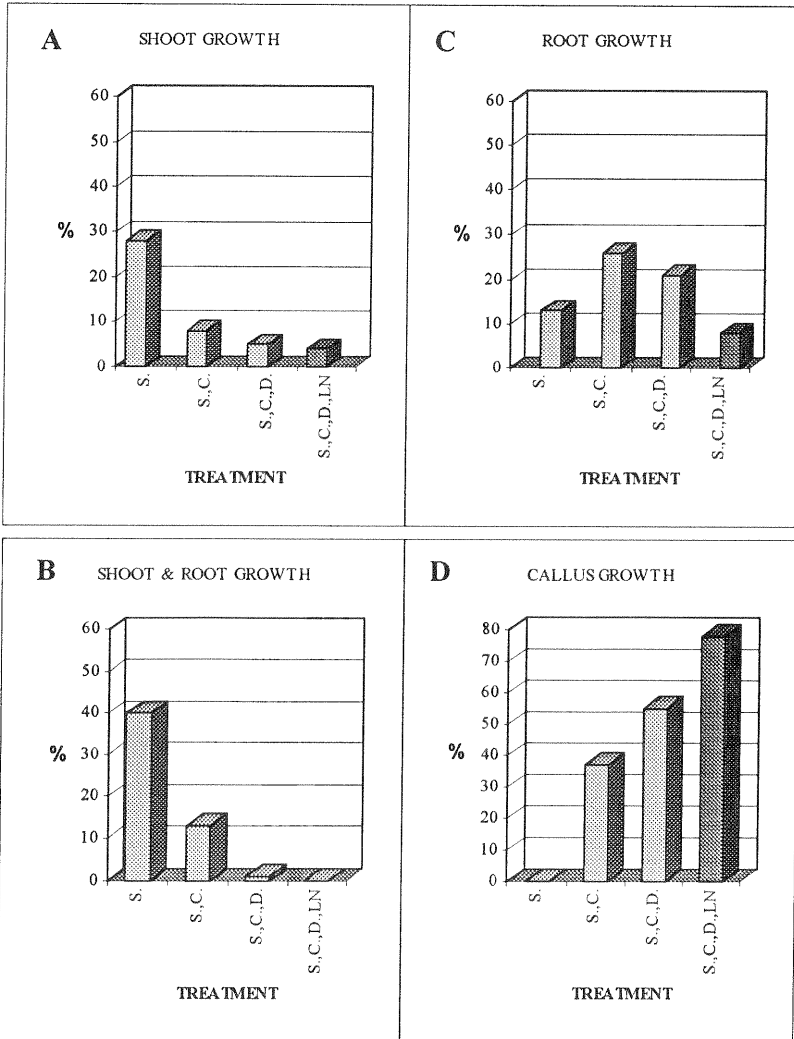


Fig. 1: *Quercus robur* L. Survival (A, B, C, D) and recovery (A, B) in vitro of embryo axes after sterilization (S), sterilization-cryoprotection (S., C.), sterilization-cryoprotection-desiccation to 24 % (m.c.) (S., C., D.), sterilization-cryoprotection-desiccation-storage in liquid nitrogen (S., C., D., LN).

References

- BAJAJ, Y.P.S. (1985). Cryopreservation of embryos In: Cryopreservation of plant cells and organs. (ed. K.K. Kartha), CRC Press, Florida: 228-242.
- FARRANT, J.M.; N.W. PAMMENTER & P. BERJAK (1988): Recalcitrance - a current assessment. *Seed Sci. and Technol.* **16**: 155-166.
- MURASHIGE, T. & E. SKOOG (1962): A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.* **15**: 473-497.
- PENCE, V.C. (1990): Cryostorage of embryo axes of several large-seeded temperate tree species. *Cryobiology* **27**: 212-218.
- POULSEN, K.M. (1992): Sensitivity to desiccation and low temperatures (-196°C) of embryo axes from acorns of the pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Cryo-Letters* **13**: 75-82.
- QUOIRIN, M. & P. LEPOIVRE (1977): Improved media for in vitro culture of *Prunus* sp. *Acta Hort.* **78**: 437-442.
- ROBERTS, E.H. (1973): Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. and Technol.* **1**: 449-514.
- ROBERTS, E.H.; M.W. KING & R.H. ELLIS (1984): Recalcitrant seeds: their recognition and storage, In: Conservation and Evaluation. (eds. J.H.W. Holden and J.T. Williams), London: 38-52.

Wolfgang Spethmann

Institut für Obstbau und Baumschule, Fachbereich Gartenbau, Universität Hannover, Sarstedt

Optimierung der Eichen-Saatgutbehandlung bei Ernte und Lagerung¹

Gliederung:

1. Praxis der Ernte und Lagerung
 - 1.1 Ernte
 - 1.2 Zwischenlager / Transport
 - 1.3 Vorbehandlung
 - 1.4 Lagerung
2. Versuche zur Erhöhung der Frosthärte
3. Mögliche Strategien einer Langzeitlagerung
4. Zusammenfassung
5. Literatur

1. Praxis der Ernte und Lagerung

Bei den meisten Waldbaumarten sind Saatguternte und -lagerung problemlos möglich. Bei Eiche sind trotz langjähriger Forschung noch viele Fragen offen. Eine Gegenüberstellung der derzeitigen Ernte- und Lagerungsstrategien verschiedener Länder und das Einbeziehen eigener Untersuchungen zur Langzeitlagerung soll als Synthese zukünftige Wege einer optimierten Ernte und Lagerung für Eiche aufzeigen.

1.1 Ernte

In Vollmastjahren ist zuviel Saatgut vorhanden (nach LÖFFLER, 1986 bis zu 10.000 t). Auch bei geringen Keimprozenten reichen ca. 1000 t für die pro Jahr für Pflanzung benötigten rund 100 Mill. Pflanzen. In Fehlmastjahren fehlt Saatgut. Bei Teilmasten ist die physiologische Qualität häufig geringer. Nur wenige Bäume sind an der Reproduktion beteiligt. Deshalb ist auch die genetische Qualität schlechter.

Der Eichelfall und damit die Erntezeit schwankt von Jahr zu Jahr. Feste Erntezeiten können deshalb nicht angegeben werden. KLEINSCHMIT (1976) fand in einem Bestand in zwei aufeinanderfolgenden Jahren Unterschiede von 4 Wochen im Hauptfallzeitpunkt insbesondere bei der Traubeneiche. Ende Oktober war der Eichelfall abgeschlossen. Vor dem 20. September wurden nur geringe Eichelgewichte gefunden, weshalb eine Sammlung vorher nicht stattfinden sollte. Die mittleren Eichelgewichte waren positiv mit der Niederschlagsmenge im September

¹ veröffentlicht in Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland Pfalz 34/95: 244-255 (1995)

und Oktober korreliert. Die geringen Eichelgewichte sind auch häufig bedingt durch Fraßschäden, Hohlkorn, Unreife.

In Dänemark (KNUDSEN, 1993) wird nach starkem Eichelfall sofort gesammelt, um Feuchteverlust und *Ciboria*-Befall zu vermeiden. In Frankreich (BONNET-MASIMBERT und MULLER, 1993) zeigten sofort gesammelte Eicheln reduzierte Keimung von nur 50 % nach halbjähriger Lagerung, während 4 Wochen nach Fall gesammelte Eicheln 80 % Keimung nach Lagerung zeigten. Erklärt wurde der Effekt mit Nachreife am Boden.

1.2 Zwischenlager / Transport

Zwischenlagerung in Säcken (höchstens zweireihig) oder in dünnen Schichten ausgebreitet sollte nur an möglichst kühlen Standorten erfolgen. Ein Austrocknen muß verhindert werden. Die ausgebreiteten Eicheln sollten häufig umgeschaufelt und bei Bedarf befeuchtet werden. Bei zu dichter Lagerung kann Selbsterhitzung eintreten. Nasses Saatgut fördert wiederum die Pilzentwicklung. Oft wird der Befall durch Eichelrüssler (*Balaninus glandium*) und Eichelwickler (*Laspeyresia splendana*) im Zwischenlager verstärkt.

Der Transport zur Vorbehandlung/Lagerung sollte möglichst schnell erfolgen. Um Erhitzung zu vermeiden, ist Nachttransport vorzuziehen. In Frankreich wird Transport in Kühlwagen (<5°C) empfohlen, das Saatgut soll innerhalb von drei Tagen nach der Ernte am Lager zur Vorbehandlung angelangt sein.

Schlechte Bedingungen im Zwischenlager und beim Transport sind häufig die Ursache für schlechte Keimprozentage bei Ankunft des Saatgutes in der Baumschule oder im Lager.

1.3 Vorbehandlung

Der gefährlichste Lagerschädling bei Eiche ist der Pilz *Ciboria batschiana*. In Frankreich wurde vor einigen Jahren die Thermotherapie als erfolgreiche Bekämpfungsmethode entwickelt (DELATOUR und MORELET, 1979). Vor der Thermotherapie wird in einem separaten Tauchverfahren die Saat gereinigt. Oben schwimmende Blätter, Zweige, unreife, insektenbefallene Früchte werden abgeschöpft. In Frankreich und Deutschland erfolgt das Abschöpfen während der Thermotherapie.

Die Thermotherapie gilt als optimiertes Verfahren. 2-2,5 h werden die Eicheln in 41 °C warmem Wasser getaucht und damit Pilz und Pilzsporen abgetötet, ohne die Eichel zu schädigen. Die technische Ausstattung ist in den Ländern unterschiedlich. Je größer die behandelte Menge ist, desto schwieriger ist die Realisierung der vorgegebenen Bedingungen (Großanlage in La Joux). Anlagen bis ca. 400 kg pro Durchgang wie in Dänemark (KNUDSEN, 1993) oder 3x80 kg pro Durchgang in der FSB Oerrel (DELFS-SIEMER, 1993) scheinen problemlos zu funktionieren. Bei der Thermotherapie wird Wasser konstanter Temperatur aus einem Speicher

mit thermostatgesteuerter Heizung durch die Behandlungsbehälter geleitet, in denen sich die Eicheln in einem Gitterkorb befinden.

Bei temperaturempfindlichen angekeimten Traubeneicheln können vereinzelt Schäden durch die Thermotheapie auftreten.

Nach Ausschaltung von *Ciboria* besteht eine erhöhte Prädisposition gegen Folgepilze wie z.B. *Cylindrocarpon didymum* (GUTHKE, 1992). Um diese Folgepilze zu bekämpfen, hat sich in Dänemark ein Tauchverfahren mit 3 g Benomyl/ kg Saat als geeignet erwiesen, während Rovral auch in Mischung mit Benomyl nicht geeignet war (KNUDSEN, 1993). In Frankreich wird mit 1 g Thiram + 1 g Methylthiophanat oder 0,4 g Benomyl pro kg Eicheln erfolgreich gearbeitet, z.T. sogar statt Thermotheapie (BONNET-MASIMBERT u. MULLER, 1993).

Sehr erfolgversprechend sind in La Joux durchgeführte Versuche mit "Thermonebulisation". Dabei wird das Fungizid Rovral über eine Fog-Anlage in das Lager eingeblasen. Diese Fungizidbehandlung hat sich als effektiv und eichelschonend erwiesen und senkt den Verbrauch an Fungiziden deutlich (BONVICINI, 1993). Versuche in Oerrel mit Benomyl und anderen Zusätzen können noch nicht abschließend beurteilt werden (DELFS-SIEMER, 1993).

Nach der Thermotheapie müssen die Eicheln im Luftstrom oberflächlich gut abgetrocknet werden. Dies erfolgt in Oerrel bei 15-20 °C. Der Samenwassergehalt vor der Einlagerung muß zwischen 42-48 % liegen.

1.4 Lagerung

Bei der Lagerung muß Luftaustausch erfolgen können. In Frankreich und Dänemark werden gelochte Kunststoffkästen (25 kg) verwendet, die eine gute Durchlüftung gewährleisten. In Deutschland (Oerrel) werden nach dem Modell SUSZKA (SUSZKA u. TYLKOWSKI, 1980) 40 kg Eicheln in 60 l Plastiktonnen gefüllt. Ein perforiertes Drainagerohr ermöglicht das Abfließen des entstehenden CO₂. Dabei können in der Tonne allerdings Wassergehaltsgradienten bei den Eicheln auftreten.

Die Lagertemperatur für das Saatgut liegt in allen Ländern bei -1 °C bis -2 °C. Bei -4 °C wird bei konventioneller Saatgutbehandlung die unterste Temperaturgrenze für die Lagerung gesehen. Darunter erfrieren die Eicheln. Um den hohen Wassergehalt während der Lagerung zu gewährleisten, sind Luftfeuchten von 85-95 % r.F. notwendig. Optimal lassen sich Mantelkühlhäuser einsetzen, da durch die Außenkühlung die hohe Luftfeuchte bestehen bleibt und keine Entfeuchtung des Saatgutes erfolgt.

Bei geschilderter optimaler Behandlung kann die Keimfähigkeit von Stiel-Eicheln über 18 Monate, also über zwei Winter, nahezu konstant gehalten werden (Abb. 1). Ein Teil der Eicheln überlebt auch ein weiteres Jahr, doch ist durch zwar langsames aber doch kontinuierliches Wachstum der Keimwurzel und physiologische Alterung durch Respiration und somit Stärkeabbau eine kommerzielle Aussaat nicht mehr gewährleistet (Tab. 1). Bei *Q. petraea* (Abb. 2) wurde eine schnellere Abnahme der Keimfähigkeit beobachtet (GUTHKE, 1992; BONVICINI, 1993).

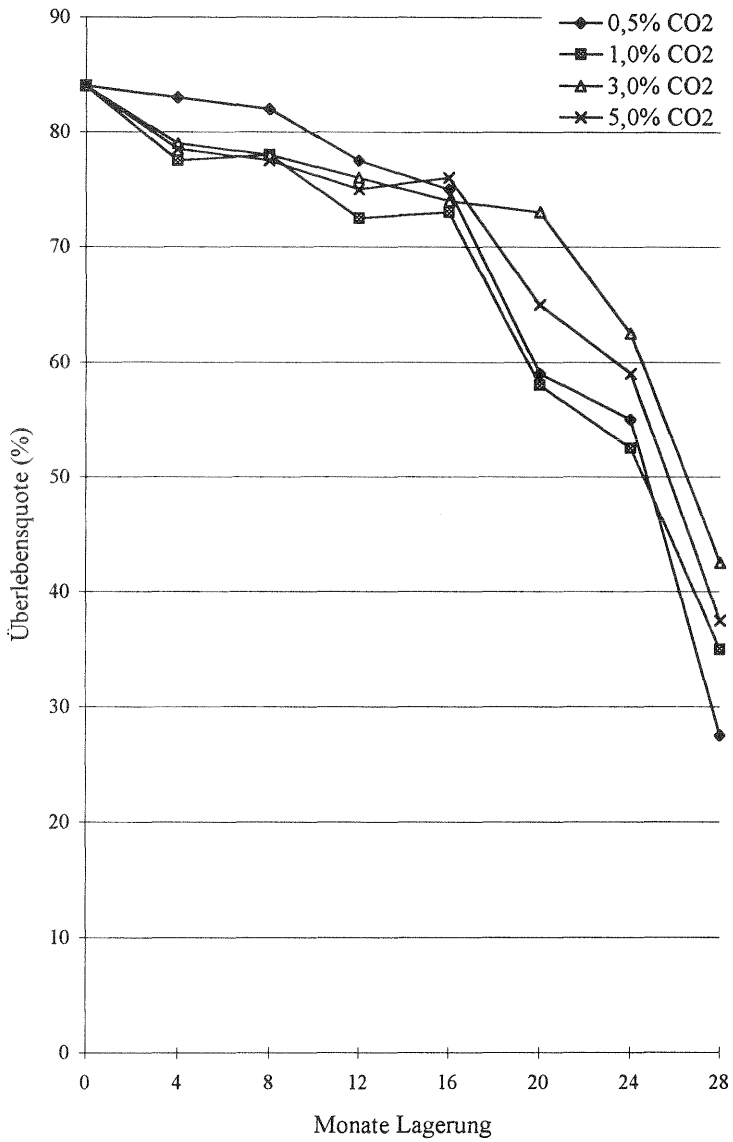


Abb. 1: Überlebensquote von *Quercus robur* "Viersen" nach der Lagerung bei unterschiedlichen CO₂-Konzentrationen (nach GUTHKE 1992)

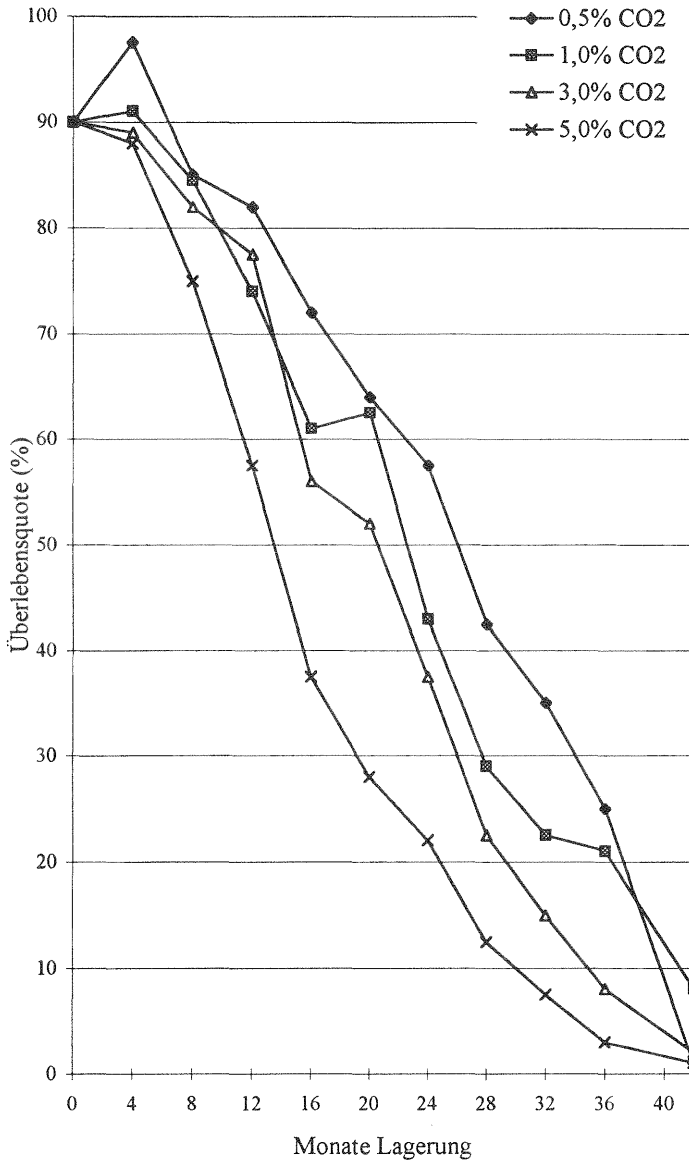


Abb.2: Überlebensquote von *Quercus petraea* "Lüß" nach der Lagerung bei unterschiedlichen CO₂-Konzentrationen (nach GUTHKE 1992)

Tab.1: Physiologische Entwicklung der Herkunft *Quercus robur* "Minden" im Verlauf der Lagerung [Gramm in der Trockensubstanz / 100 Eicheln] (GUTHKE 1992)

Probenahme Monate Lagerung	1	2	3	4	5	6	7
		4	8	12	16	20	24
Kotyledonen- Trockensubstanz	286	276	267	265	264	254	241
Stärke	123	102	100	105	99	82	87
Zucker gesamt	12	17	14	14	11	9	6
Gesamtkohlenhydrate	135	119	115	120	110	91	93
Eiweiß	21	20	19	19	17	18	18
%Aminosäuren	35	34	35	7	26	34	36

2. Versuche zur Erhöhung der Frosthärte

Alle Versuche in Frankreich, Polen, Dänemark und Deutschland haben gezeigt, daß das derzeitige Lagerungsverfahren nicht mehr optimierbar ist, und daß durch physiologische Alterung, Respiration, Wachstum der Keimwurzel und vor allem durch Sekundärpilze bei 18 Monaten eine realistische Lagerdauer für größere Lagermengen erreicht ist.

Ein grundsätzlich neuer Ansatz zur Verlängerung der Lagerung wurde an unserem Institut von GUTHKE (1992) begangen. Ausgehend von der Diskrepanz zwischen der in Versuchen ermittelten unteren Lagertemperatur von -4 °C und den im Freiland von Eicheln tolerierten Tiefsttemperaturen von z.T. weit unter -4 °C wurden ökophysiologische Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurden im Winter 90/91 in einem Eichenbestand des FA Diekholzen bei Tiefsttemperaturen der Luft von -15 °C in der Laubschicht Temperaturen bis -9 °C gemessen. Ohne weitere Behandlung keimten diese Eicheln trotz Pilzbefall im Frühjahr zu 60 %.

Die laufende Untersuchung der Frosthärte² von Eicheln in der Bestandesstreu, im Aussaatbeet und in der Mantelkühlhauslagerung zeigte, daß im Freiland eine **natürliche Härtung** die Frosthärte bis Januar deutlich erhöht, während im Kühlager die erlangte Härtung bei Lager-

² Frosthärtestest: je 300 Eicheln pro Temperaturstufe in Heraeus Präzisions- Keimanlagen gegengeheizt im Tiefkühlraum über 4 Wochen, 200 ausgesät für Keimtest, 100 für Schnittprobe und Analysen.

beginn nahezu unverändert bleibt. Im Frühjahr erfolgt im Freiland eine natürliche Enthärtung³. Eine solche Härtung und Enthärtung von Saatgut war bis jetzt noch nie beobachtet worden.

Ungewöhnlich war die kontinuierliche Wassergehaltszunahme bei den Freilandeicheln, die von 48 % im Herbst auf 65 % im April anstieg⁴. Das widerlegt die Ansätze zur Langzeitlagerung, die nur durch Absenkung des Samenwassergehaltes eine erhöhte Frosthärte und damit verbesserte Lagerung erwarteten.

Um den Härtungseffekt für die künstliche Erhöhung der Frosthärte zu nutzen, wurde der Temperaturverlauf im Herbst als Modell genommen und die Eicheln mit 12 h bei 0 °C und 12 h bei +5 °C im Wechsel mehrere Monate gehärtet und die Veränderung der Frosthärte gemessen. Die Frosthärte nahm deutlich zu. Die Ausgangshärte LT 10⁵ von -4 °C im November erhöhte sich schon nach 9 Wochen auf -6 °C. Die LT 50 erhöhte sich im gleichen Zeitraum von -5 °C auf -8 °C und nach 16 Wochen bis fast -10 °C⁶.

Während der Härtung nimmt der Stärkegehalt ab, der Gehalt an löslichen Zuckern deutlich zu. Während im allgemeinen der Saccharose eine entscheidende Rolle bei der Frosthärtung von Pflanzen zugeschrieben wird, konnte für Eiche auch eine Korrelation von Glucose und Fructose im Zellsaft nachgewiesen werden. Veränderungen wurden auch bei den Aminosäuren festgestellt: Glutamin, Prolin, Histidin sind im Januar deutlich erhöht, Arginin und Taurin vermindert.

Diese Ergebnisse eröffnen die Möglichkeit einer Lagerung von Eicheln bei Temperaturen von -6 °C und möglicherweise auch darunter. Dabei wären Pilzwachstum, Respiration und physiologische Alterung auf ein absolutes Minimum reduziert und die Möglichkeit einer Langzeitlagerung über mehrere Jahre gegeben.

Wegen des Fehlens einer Mast 1993 und 1994 konnte noch kein Versuch für die Verifizierung der These der Langzeitlagerung nach Härtung eingeleitet werden.

3. Mögliche Strategien einer Langzeitlagerung

Wie könnten die dargestellten neu aufgedeckten Härtungsreaktionen der Eicheln eingesetzt werden, um Eicheln längerfristig einlagern zu können?

Ziel der Langzeitlagerung sollte die Überbrückung zwischen zwei Vollmastjahren sein, also ca. 4-6 Jahre. Teilmasten sollten aus schon genannten Gründen nicht für das aufwendige Langzeitlagerverfahren verwendet werden. Für die Langzeitlagerung sollte nur qualitativ bestes Saatgut

³ s. GUTHKE und SPETHMANN „Verbesserung der Lagerfähigkeit von Eicheln durch kontrollierte Abhärtung“, Abb. 1 in dieser Schrift.

⁴ Abb. 3 in GUTHKE und SPETHMANN (s. Fußnote 3)

⁵ LT 10 = 10% der Eicheln sterben ab.

⁶ Abb. 2 in GUTHKE und SPETHMANN (s. Fußnote 3)

von Vollmasten vorgesehen werden. Neben der besseren physiologischen und genetischen Qualität sind die Sammelkosten pro Gewichtseinheit erheblich geringer als bei Teilmasten.

Dabei könnte im optimalen Fall folgenderweise vorgegangen werden: Ausschluß der frühfallenden, meist unreifen oder von Insekten befallenen Eicheln, falls möglich durch Einsatz von Netzen erst ab zweitem Drittel des Fruchtfalls, Verbleib der Eicheln für ca. 4 Wochen am Waldboden, Sammlung, schneller Transport bei 0 °C bis +5 °C zur Vorbehandlung, Reinigung im Tauchverfahren, Thermotheapie, Fungizidbehandlung gegen Sekundärpilze, Härtung bei 0 °C/+5 °C über 5-6 Monate, Lagerung bei -6/-8 °C. Ein Absieben kleiner Eicheln könnte die Qualität des zu lagernden Saatgutes nochmals erhöhen und helfen, die benötigte Lagerkapazität möglichst klein zu halten. Die Thermotheapie ist notwendig, um *Ciboria*-Pilzwachstum während der Härtung zu minimieren.

Das geschilderte Verfahren ist sehr aufwendig. Denkbar sind auch extensivere Verfahren, die jedoch ebenfalls ein Einfrieren ermöglichen (Tab. 2).

Tab. 2: Mögliche Strategien einer Langzeitlagerung

1. Nach Thermotheapie

Einsatz des **künstlichen Härtungsverfahrens**

0 °C/+5 °C über 5-6 Monate

Lagerung bei -6 °C/-8 °C.

2. Nutzung der natürlichen Härtung im Freiland

Zwischenlagerung konventionell gesammelter Eicheln
im Freiland

Schutz vor Tierfraß, Vernässung bei Regen, Austrocknung

Im **Januar** Höhepunkt der natürlichen Härtung

Einlagerung bei -6 °C/-8 °C

Einsatz der Thermotheapie möglicherweise nicht notwendig.

3. Sammeln der Eicheln

nach Abschluß der natürlichen Härtung

Maschinenernte (Jan.)

Fraß verhindern

Einlagerung bei -6 °C/-8 °C direkt nach der Ernte

1. Die Nutzung der natürlichen Härtung im Freiland wäre möglich, indem konventionell gesammelte Eicheln im Freiland zwischengelagert werden. Schutz vor Tierfraß, Vernässung bei Regen, Austrocknung muß dabei gewährleistet sein. Ob Lagerung am oder im Boden eingesenkt oder in Verschlägen erfolgen sollte, müßte noch geprüft werden. Im Januar hat die na-

türliche Härtung ihren Höhepunkt, dann sollte bei $-6\text{ }^{\circ}\text{C}/-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ eingelagert werden. Der Einsatz der Thermotheapie ist möglicherweise nicht notwendig, da bei Bodenlagerung die Antagonisten am Boden das *Ciboria*-Wachstum in Grenzen halten.

2. Das Sammeln der Eicheln nach Abschluß der natürlichen Härtung per Hand ist aufgrund der (unkalkulierbar) tiefen Temperaturen kaum möglich. Eine Maschinenernte ist jedoch denkbar. Fraß durch Wildschweine muß verhindert werden. Eine Einlagerung bei $-6\text{ }^{\circ}\text{C}/-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ kann direkt nach der Ernte im Januar erfolgen.

Während beim intensiven Verfahren regulierbare Härtungskammern (Steuerbare Kühllager) notwendig sind, können bei Extensivvariante 1 kostengünstigere Freilandenschutzmaßnahmen eingesetzt werden, bei Variante 2 entfallen auch diese. Ein Praxis-Vergleich der genannten Strategien wird die Effektivität erkennen lassen.

4. Zusammenfassung

Während der Phase von der Ernte bis zur Vorbehandlung/Einlagerung kann durch falsche Behandlung ein erheblicher Verlust von Keimfähigkeit erfolgen. Das Verfahren der Vorbehandlung durch Thermotheapie ist praxisreif. Sekundärpilze sollten durch Fungizide bekämpft werden. Eine optimierte konventionelle Lagerung ermöglicht 18 Monate Erhalt hoher Keimprozentage.

Die Reaktion von Eicheln auf natürliche und künstliche Härtung durch Wechseltemperaturen wird vorgestellt. Die Frosttoleranz kann durch Härtung auf $-6/-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ gesenkt werden. Dadurch eröffnen sich Möglichkeiten einer Langzeitlagerung bei tiefen Temperaturen. Mehrere intensive oder extensive Strategien werden vorgestellt.

5. Literatur

- BONNET-MASIMBERT, M. & MULLER, C. (1993): Storage of acorns: Limits and recent breakthroughs. Internationales Symposium über Forstsaatgut 8.-11. Juni 1993, Munster / Uelzen, Proceedings p. 119-130
- BONVICINI, M.-P. (1993): Presentation of the Tree Seed Center "La Joux" (France) - Results about storage of acorns on a large scale - Chemical protection during storage: interests and limits. Internationales Symposium über Forstsaatgut 8.-11. Juni 1993, Munster / Uelzen, Proceedings: 193-209
- DELATOUR, C. & M. MORELET (1979): La pourriture noire de glands. Rev.For.Fr. **31**:101-115

- DELFS-SIEMER, U. (1993): Ergebnisse zur Thermotherapie von Eicheln und Bucheckern. Allgemeine Forstzeitschrift 48 (18): 927-930
- GUTHKE, J. (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut - Probleme und Möglichkeiten. Dissertation, Universität Hannover.
- GUTHKE, J. & W. SPETHMANN (1993): Physiological and pathological aspects of long-term-storage of acorns. Annales Sciences Forestieres 50 (Suppl. 1): 384-387
- KLEINSCHMIT, J. (1976): Untersuchungen über Fallzeitpunkt und Eichelgewichte bei Stiel- und Traubeneiche. Fortschritte des Forstlichen Saatgutwesens III. Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung Bd. 14. p. 52-63
- KNUDSEN, H. G. (1993): Acorns and beechnuts. Handling and storage at the Tree Improvement Station in Denmark. Internationales Symposium über Forstsaatgut 8.-11. Juni 1993, Munster / Uelzen, Proceedings: 131-144
- LÖFFLER, J. (1986): Mögliche Pflanzenmengen aus einheimischem Saatgut und tatsächlicher Pflanzenbedarf im Vergleich. Allgemeine Forstzeitschrift 41: 611-615
- SUSZKA, B. & T. TYLKOWSKI (1980): Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1-5 winters. Arboretum Kornickie 25: 199-229

Jörg Guthke und Wolfgang Spethmann

Institut für Obstbau und Baumschule, Fachbereich Gartenbau, Universität Hannover, Sarstedt.

Verbesserung der Lagerfähigkeit von Eicheln durch kontrollierte Abhärtung¹

Einleitung und Problemstellung

Zum Themenkomplex der Langzeitlagerung von Eichensaatgut werden am Institut für Obstbau und Baumschule der Universität Hannover in Sarstedt seit 1988 intensive Untersuchungen durchgeführt (GUTHKE, 1992; GUTHKE und SPETHMANN, 1992). Diese Untersuchungen haben gezeigt, daß selbst moderne Langzeitlagerungsverfahren bei -2 °C, erhöhten CO₂-Gehalten in der Lageratmosphäre und Mantelkühlraumbedingungen generell nicht mehr optimierbar sind. Die Stoffwechselaktivität der Eicheln bleibt auch bei -2 °C noch zu hoch. Durch den erforderlichen hohen Wassergehalt der Eicheln und deren hohe Frostempfindlichkeit war bisher keine weitere Temperaturabsenkung möglich.

Die begrenzenden Faktoren der Langzeitlagerung waren die physiologische Alterung der Eicheln und ihr Befall mit Mikroorganismen, wobei den Mikroorganismen eine Schlüsselfunktion zukam. Denn auch durch die physiologische Alterung des Saatgutes wurden wiederum Schwächeparasiten (*Cylindrocarpon didymum* (Hartig) Wollenw.) (WERRES et al., 1992) begünstigt. Die Lagerungsbedingungen: hohe relative Luftfeuchtigkeit, erhöhte CO₂- Gehalte und eine relativ hohe Lagerungstemperatur (-2 °C) waren dem mikrobiellen Wachstum ihrerseits zuträglich. Dieser Komplex soll hier jedoch nicht weiter vertieft werden (s. GUTHKE, 1992).

Vielmehr soll hier auf die Ansätze eingegangen werden, die zu grundlegend neuen Lagerungsverfahren führen können.

- Einerseits konnte gezeigt werden, daß Eicheln nicht nur zur Frosthärtung imstande sind, sondern daß durch dieses Verfahren auch eine weitere Reduktion der Lagerungstemperaturen möglich ist.

- Andererseits zeigten die erwähnten Untersuchungen auch, daß dem Erhalt bzw. der Verbesserung der Qualität des Ausgangsmaterials in der Zeit zwischen Ernte und Einlagerung größte Beachtung beigemessen werden muß. Qualitätserhaltende Maßnahmen in der Zeit bis zur Einlagerung sollten im Prinzip zwar selbstverständlich sein, aber es zeigte sich immer wieder, daß sie praktisch kaum Beachtung finden und zwar in keinem Land.

¹ Überarbeitete Fassung eines Vortrages beim Internationalen Symposium über Forstsaatgut 8.-11.6.1993 in Munster/Uelzen

Umfangreiche neue Untersuchungen zur Frage der Qualitätserhaltung stehen wohl aus Frankreich an. In La Joux werden bereits Untersuchungen zur Optimierung der Eichelqualität während der Lagerung durchgeführt (Fungizidbehandlungen; BASTIEN, 1992). Vielversprechend scheint besonders die Methode der Thermonebulisation zu sein, bei der Fungizide im Lager vernebelt werden (COME, DELATOUR, 1993, pers. Mitt.).

An dieser Stelle soll nun die Frosthärtung von Eichensaatgut als erfolgreiche Methode zur Reduzierung der Lagerungstemperatur vorgestellt werden. Denn gerade die Lagerungstemperatur hat im wesentlichen Einfluß auf die Stoffwechselaktivität sowohl des Lagergutes, als auch der Mikroflora, die es umgibt.

Methodik

Das Abhärtungsverfahren wurde an 300 kg Saatgut von *Quercus petraea* aus Diekholzen (1989/90) und Rohrbrunn (1990/91, 20 kg) untersucht und die Konditionierungsversuche 1991/92 mit 220 kg Eicheln von *Quercus robur* aus den Niederlanden durchgeführt.

Für die ökophysiologischen Abhärtungsuntersuchungen in den Wintern 1989/90 und 1990/91 wurden die Eicheln am natürlichen Standort (Hildesheimer Wald in Diekholzen) belassen bzw. in einer Forstbaumschule (H. DEUTSCHLE, Burgstemmen) praxisüblich ausgesät oder in einem kalten Kasten und einem Mantelkühlraum eingelagert (Institut für Obstbau und Baumschule, Sarstedt). Regelmäßig wurden Proben analysiert und Frosthärte- und Keimtests unterzogen (s. GUTHKE, 1992). Die kontrollierte Abhärtung erfolgte im Winter 1991/92, nach Thermotherapie, in einem Kühlraum des Institutes. Hierbei wurde die Temperatur 12 Stunden auf +5 °C gehalten und weitere 12 Stunden auf 0 °C, so daß die Eicheln, bis zu 18 Wochen lang, zweimal täglich einem Wechsel der Temperatur ausgesetzt waren. Auch hier wurden regelmäßig Proben analysiert und Frosthärte- und Keimtests unterzogen (GUTHKE, 1993).

Ergebnisse und Diskussion

Es konnte gezeigt werden, daß **Eicheln in der Natur eine natürliche Abhärtung im Herbst und Enthärtung im Frühjahr durchlaufen, wie sie von überwinternden Pflanzen bekannt ist, aber bisher nicht von Saatgut.** Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Letaltemperaturen von *Quercus petraea* Eicheln aus dem Forstamt Diekholzen im Winter 1989/90. Dargestellt sind hier die jeweiligen Temperaturen, bei denen 10 - 90 % der untersuchten Eicheln erfroren sind (=> LT 10=10 % sind erfroren und 90 % haben überlebt, LT 90 = 90 % sind erfroren und 10 % haben überlebt).

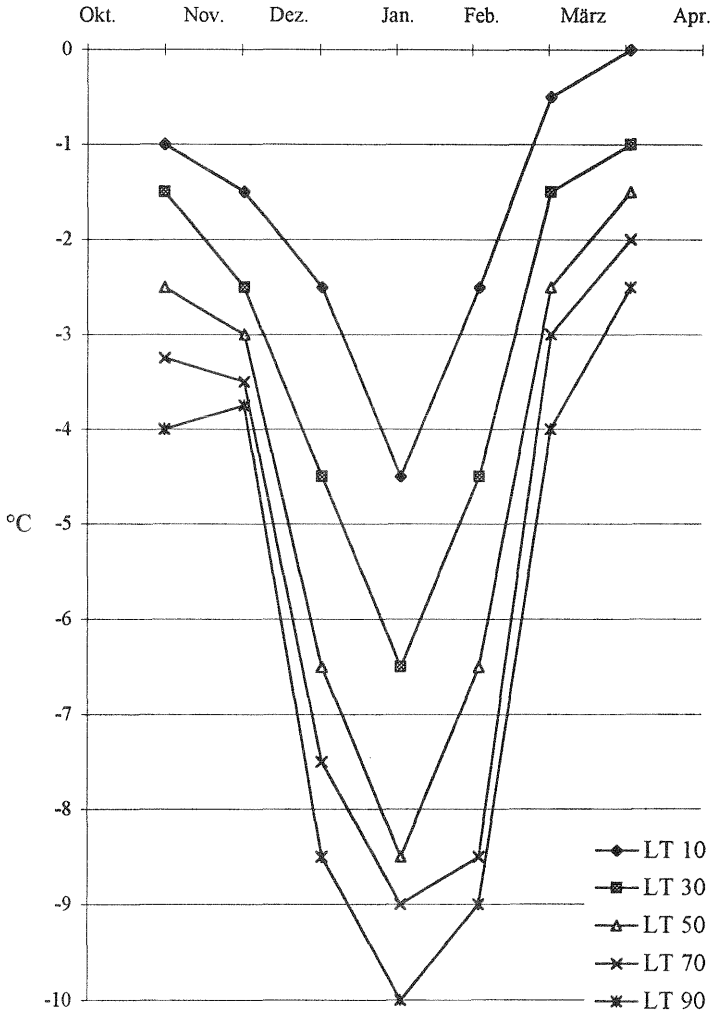


Abb.1:
 Entwicklung der Letaltemperaturen von *Quercus petraea* Eicheln
 aus Diekholzen im Winter 1989/90,
 Durchschnitt der Freilandvarianten (nach GUTHKE 1993)

Bemerkenswert ist zunächst die Abhärtung der Eicheln unter die bislang als Limit der tiefsten Lagertemperatur angesehenen $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zum Maximum der Frosthärte, im Januar 1990, überlebten 90 % der untersuchten Eicheln dieser $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Interessant ist dabei besonders, daß es in diesem Winter fast keine Fröste gegeben hat. Die Abhärtung erfolgt somit nicht durch direkte Anpassung an die tiefen Temperaturen, sondern durch präventive physiologische Umstellungen bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt. Am wichtigsten für die weiteren Untersuchungen und die Aussicht auf Tieftemperaturlagerung war vor allem, daß 50 % der Eicheln sogar $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ überlebt haben.

Die Mantelkühlraumvariante (konstant -1 bis $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$) bildete keine Frosthärte aus und war bis Weihnachten 1989 an einer *Ciboria batschiana* Infektion zusammengebrochen - aus versuchs-technischen Gründen wurde auf die Thermoerapie bei diesem Versuch zunächst verzichtet. Hieran zeigt sich auch, daß die Toleranz der Eicheln im Freiland erheblich höher gegenüber Lagerkrankheiten war, da hier kaum *Ciboria* auftrat. Um eine Enthärtung und die starke Keimung der Eicheln im Freiland zu verhindern, wurde im zweiten Schritt kontrolliert abgehärtet (Abb. 2). Dazu wurden Wechseltemperaturen simuliert, wie sie in den Jahren zuvor auch im Freiland beobachtet wurden.

Es konnte gezeigt werden, daß während des Versuchszeitraumes von 18 Wochen noch kein Maximum der Frosthärte erreicht wurde. Vielmehr überlebten nach diesen 18 Wochen 50 % der untersuchten Eicheln sogar nahezu $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Weitere Aufmerksamkeit verdient der Ausgangspunkt der Frosthärte bei Woche 0. Hier zeigt sich, daß das Material (*Quercus robur* aus den Niederlanden) zum Versuchsbeginn schon deutlich vorgehärtet war, was darauf hindeutet, daß dieses Material bis zu seinem Eintreffen Mitte November, bereits längere Zeit den induzierten Wechseltemperaturen ausgesetzt gewesen sein muß, z.B. durch den langen Transport und wahrscheinlich relativ ungeschützte Zwischenlagerung.

Abb. 2 macht vor allem deutlich, daß es möglich ist, Eichensaatgut kontrolliert abzuhärten. Dies ist der grundlegende Ansatzpunkt für die weitere Entwicklung einer neuen Langzeitlagerungsmethode bei wesentlich reduzierten Temperaturen.

Bei den chemischen Analysen war zunächst zu beobachten, daß im Jahr 1989/90 der Wassergehalt der Freilandvarianten kontinuierlich angestiegen ist (Abb.3), was bedeutet, daß die Eicheln auch während der Abhärtung einen aktiven Stoffwechsel aufrecht erhalten. Die Erwartung, daß die Frosthärte umso größer sei, je niedriger der Wassergehalt ist, hatte hier also zunächst keine Gültigkeit. Erst weitere Untersuchungen ergaben beim Vergleich der Wassergehalte erfrorener und überlebender Eicheln, daß die Wassergehalte überlebender Eicheln im direkten Vergleich niedriger waren als die Wassergehalte erfrorener Eicheln und daß die Wassergehalte umso geringer waren, je größer die Frosthärte der Eicheln war (Tab.1). Diese Zusammenhänge waren jedoch erst **nach Eintritt eines Frostereignisses** (hier Frosthärtetest) zu beobachten. Trotzdem ist generell ein deutlicher Anstieg des Wassergehaltes nach Beginn der Abhärtung zu verzeichnen.

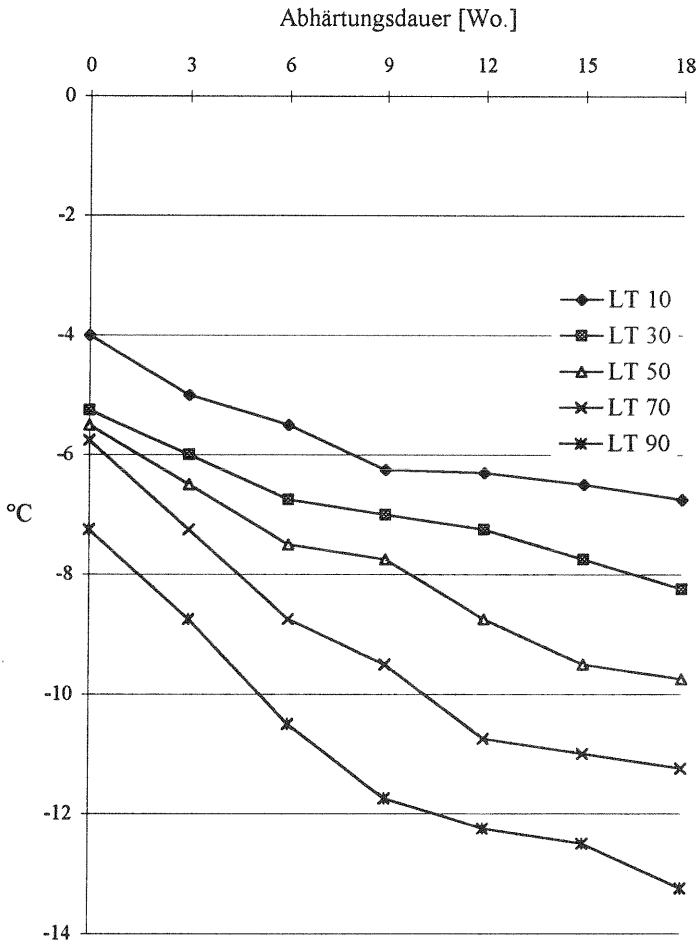


Abb.2: Entwicklung der Letaltemperaturen bei kontrollierter Abhärtung bei +5°C / 0°C, *Quercus robur* NL, 1991/92 (nach GUTHKE 1993)

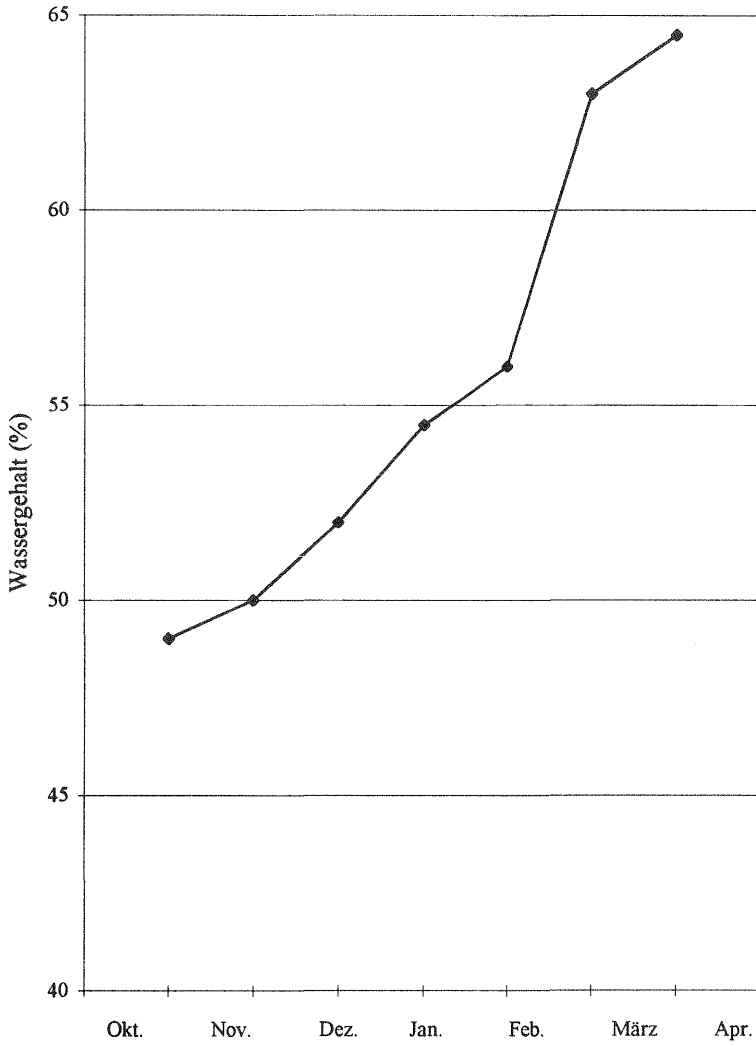


Abb.3: Entwicklung des Wassergehaltes (%) von *Quercus petraea* "Diekholzen", Durchschnitt der Freilandvarianten, Winter 1989/90 (nach GUTHKE 1993)

Tab.1: Beziehung zwischen Frosthärte und Wassergehalt bei Eicheln von *Quercus petraea* aus Rohrbrunn, Probenahme 11.02.1991 (aus GUTHKE, 1993)

Temperatur im FHT	Eicheln im Frosthärtetest * ...		
	...überlebend	...geschädigt**	...erfrozen
	% Wassergehalt		
vor FHT	58,1		60,3
-5°C	55,3	55,0	56,6
-9°C	51,8	52,4	56,0
-11°C			55,0
-14°C			54,9

Wassergehalt in % des Frischgewichtes

FHT = Frosthärtetest

* = Auswertung im Schnitttest

** = geschädigt aber nicht erfrozen

Die Eicheln haben im Laufe ihrer Abhärtung zunächst also die Fähigkeit erworben, bei Bedarf die Frosthärte zu entwickeln. Während dieser Zeit haben die Eicheln ihre volle Stoffwechselaktivität aufrecht erhalten und Wasser aufgenommen. Eine Trocknung würde diesen Abhärtungsprozeß vielleicht schon deshalb verhindern, weil sie die Stoffwechselaktivität reduziert.

Deutlich reagierten auch die Gehalte der Zucker, als sog. Schutzstoffe. Die Gehalte der Zucker, Glucose und Fructose im Zellsaft korrelierten deutlich mit der Entwicklung der Frosthärte (Abb.4).

Die Gehalte der Zucker Saccharose und Raffinose, denen allgemein eine besonders ausgeprägte Frostschutzwirkung zugesprochen wird, veränderten sich dagegen im Laufe des Winters nur wenig. Erst mit Eintritt des Frostereignisses (Frosthärtetest) zeigte sich auch hier wieder eine deutliche Reaktion, was darauf hinweist, daß während der Konditionierung der Eicheln wahrscheinlich erst die Fähigkeit zur Abhärtung erworben wurde, die eigentliche Reaktion allerdings wieder erst in Verbindung mit einem Frostereignis stattfindet (Tab.2).

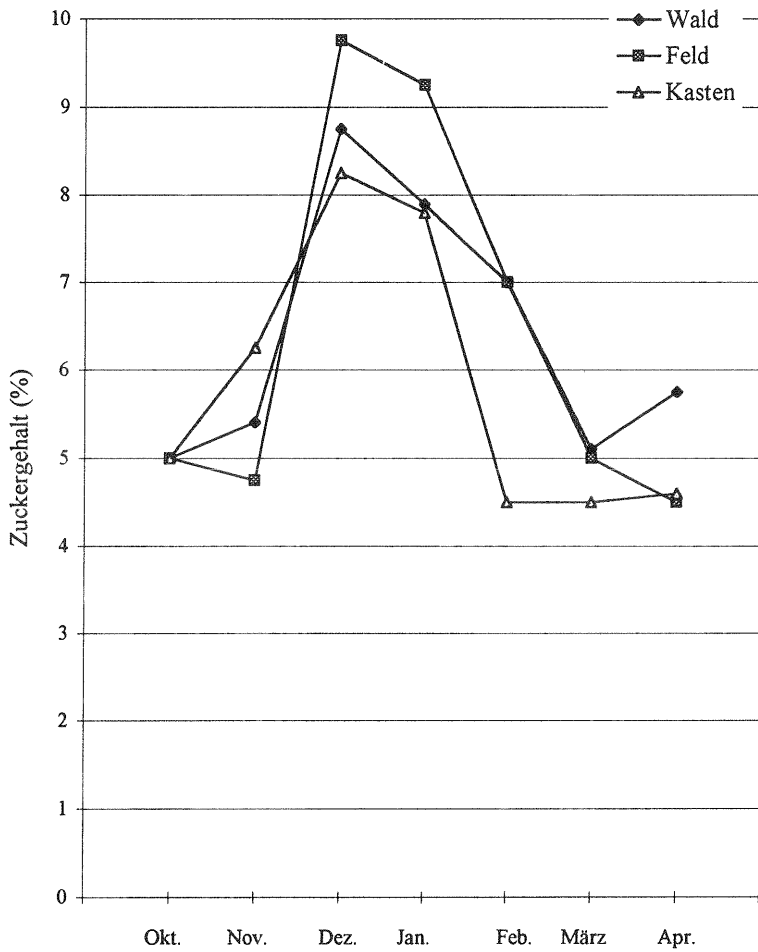


Abb.4: Entwicklung des Zuckergehaltes (%) im Zellsaft von Eicheln von *Quercus petraea* aus Diekholzen, im Winter 1989/90, div. Freilandvarianten (nach GUTHKE 1993)

Tab.2: Beziehung zwischen Frosthärte und Zuckergehalt bei Eicheln von *Quercus petraea* aus Rohrbrunn, Probenahme 11.02.1991 (aus GUTHKE 1993)

Temperatur im FHT	Eicheln im Frosthärtetest * ...		
	...überlebend	...geschädigt**	...erfrozen
	% Gesamtzucker im Zellsaft		
vor FHT	4,8		5,4
-5°C	7,8	7,3	4,4
-9°C	9,1	6,4	5,4
-11°C			6,0
-14°C			5,5
	% Saccharose im Zellsaft		
vor FHT	0,46		0,4
-5°C	3,78	2,45	0,87
-9°C	3,45	1,86	0,76
-11°C			0,63
-14°C			0,39

* = Auswertung im Schnitttest

** = geschädigt aber nicht erfrozen

Resümee

Ziel der Untersuchungen war es, zunächst anhand von ökophysiologischen Untersuchungen zu klären, wie Eichensaatgut am natürlichen Standort überwintert bzw. auf Frost reagiert. Diese Ergebnisse sollten zur Optimierung von Langzeitlagerungsmethoden genutzt werden.

Es konnte gezeigt werden, daß Eicheln generell eine Frosthärte aufbauen und auch kontrolliert abgehärtet werden können. Und das schon mit einfachsten Mitteln. Eine Absenkung der Lagerungstemperaturen bis auf -6 °C und darunter scheint somit ohne weiteres möglich zu sein. Damit ist endlich eine Möglichkeit gegeben, den Stoffwechsel von Eicheln und ihrer Mikroflora wirksam zu minimieren. Desweiteren eröffnen sich damit **erstmalig Aussichten auf eine mehrjährige Lagerung von Eicheln.**

Weitere Untersuchungen zur Persistenz der Frosthärte, zu den Auswirkungen auf die Sämlinge und zu den genotypischen Unterschieden werden nun dringend benötigt.

Es sei allerdings auch noch einmal klargestellt, daß die beste Lagerungsmethode nicht helfen kann, schlechtes Ausgangsmaterial langfristig einzulagern. Alle Bemühungen müssen zu einem kompletten System von der Ernte der Eicheln über ihren Transport, die Zwischenlagerung und Aufbereitung, bis hin zur ständigen Kontrolle des bereits eingelagerten Materials führen, um letzten Endes eine erfolgreiche mehrjährige Einlagerung zu ermöglichen.

Literatur

- BASTIEN, Y. (1992): Acorn treatment and long-term storage at the seed center of La Joux. (Poster) INRA-Congress "Génétique des Chênes", Nogent sur Vernisson, 01. - 06.09.1991
- GUTHKE, J. (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut - Probleme und Möglichkeiten. Dissertation, Universität Hannover.
- GUTHKE, J. & W. SPETHMANN (1992): Physiological und pathological aspects of long term storage of acorns. Proceedings IUFRO-Working Party S2 02 22INRA-Congress "Génétique des Chênes", Nogent sur Vernisson, 01. - 06.09.1991 Annales des Sciences Forestières 50, (Suppl. 1): 384-387
- GUTHKE, J. (1993): Abhärtung von Eichensaatgut. Allg. Forstzeitschrift 48: 932-933
- WERRES, S.; H. NIRENBERG & R. KEHR (1992): *Cylindrocarpon didymum* (Hartig) Wollenw., ein bei der Lagerung von Eichensaatgut bisher unbekannter Erreger. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 44: 238-242.

Irmtraud Zaspel und K. Kessler

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg
 Institut für Forstpflanzenzüchtung Waldsiedersdorf

Lagerung, Keimung und Wachstum von Nachkommen wertvoller Einzelbäume von *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. und *Quercus robur* L.

Einleitung

Im Rahmen von Arbeiten zur Untersuchung genetischer Strukturen in Eichenbeständen wurde 1993 bei ausgewählten Bäumen von *Quercus petraea* und *Q. robur* einzelstammweise Saatgut gewonnen. Dabei handelt es sich um sehr alte Bäume mit einem geschätzten Alter von 300 bis 600 Jahren, die die Reste einer autochthonen Population in der Schorfheide (Brandenburg) sind und eine wertvolle Genressource darstellen. Sie zeichnet sich durch eine große genetische Vielfalt und das Vorkommen einer Reihe seltener Allele aus, die in jüngeren untersuchten Eichenbeständen nicht nachgewiesen werden konnten (KESSLER, 1994).

Neben einem Schutz- und Verjüngungskonzept dieser uralten Bäume, die das Ergebnis eines sehr langen Selektionsprozesses sind, bot sich über die Einzelstammabsaaten die Möglichkeit der Schaffung von Ausgangsmaterial für Nachkommenschaftsprüfungen. Die Ergebnisse der Einsammlung und Lagerung der Saatgutpartien sowie des Jungpflanzenwachstums bis zum 2. Jahr sollen im Folgenden dargestellt werden.

Material und Methodik

Sammlung und Lagerung

Die Sammlung der Eicheln von 182 ausgewählten Einzelbäumen erfolgte in der Zeit vom 28.9. bis 6.11.1993. Pro Baum wurden im Durchschnitt 150 Früchte im gesunden Zustand gesammelt, in Einzelfällen auch mehr. Erschwerend auf das Sammelergebnis wirkten der fortgeschrittene Keimprozeß der Eicheln in dem relativ warmen Herbst 1993 insbesondere bei *Q. petraea*, der Befall der Eicheln mit dem Eichelrüssler (*Curculio glandium* Marsh.), des Eichelwicklers (*Cydia splendana* Hb.), der Schwarzen Eichelhäule (*Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald) sowie räumlich eingeschränkte Sammelmöglichkeiten, um die Herkunft des Saatgutes ausschließlich vom gewünschten Mutterbaum garantieren zu können. Grundsätzlich wurde versucht, nur gesundes Saatgut einzulagern. Deshalb wurde auch jede Partie sorgfältig geprüft und befallenes Saatgut eliminiert. Alle Eichelpartien lagerten in Kunststofföpfen mit Luftlöchern, die in abgedeckten Holzkisten abgestellt wurden, in einem Kühlraum bei +1 °C (0 ° bis + 2 °C) und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80 % (75 % bis 85 % rel. LF) bis zur Aussaat Anfang Mai 1994. Die Kontrolle der Luftfeuchtigkeit erfolgte täglich.

Zu Beginn der Einlagerung fand die Ermittlung des 100-Eichelgewichtes statt. Außerdem wurde von jeder Nachkommenschaft eine Trockenmassebestimmung zur Berechnung des Wassergehaltes der Eicheln durchgeführt, die im Dezember des Jahres 1993 wiederholt wurde. Durch regelmäßiges Nachwiegen war so eine Kontrolle des Wassergehaltes der Samen, der nicht unter 40 % sinken sollte, möglich.

Um das Auftreten von Schimmelpilzen in einigen Partien einzudämmen, wurden zu Beginn der Lagerung die Eicheln mit einer 0,1 %igen Fongamil-Lösung (Wirkstoff: Metalaxyl) besprüht. Besseren Erfolg brachte die spätere Behandlung mit einer 0,5 %igen Euparen-Lösung (Wirkstoff: Dichlofluanid), nach der keine Verpilzung der Früchte mehr beobachtet wurde.

Aussaat

Die Aussaat der Einzelbaum-Nachkommenschaften fand am 2. und 3.5.1994 im Pflanzgarten des Instituts in Waldsieversdorf in vorbereiteten Beeten bei einem Reihenabstand von 20 cm und einem Abstand in der Reihe von 10 cm statt. Der späte Termin wurde bewußt gewählt, um Pflanzenverluste durch Spätfröste zu vermeiden. Vorher wurden die Eicheln nochmals verlesen und der äußerlich sichtbare Befall mit *C. batschiana* nach folgendem Schema bonitiert:

- 1 = ohne Befall
- 2 = 1 - 5 befallene Eicheln pro Partie
- 3 = 6 - 30 befallene Eicheln pro Partie
- 4 = mehr als 30 Eicheln pro Partie befallen

Auflauf und Wachstum

Die auflaufenden Pflanzen wurden nachkommenschaftsweise wöchentlich gezählt und die Aufgangsratesowie die Geschwindigkeit des Auflaufens der Nachkommenschaften ermittelt. Im Oktober 1994 sowie im November 1995 erfolgte die Ermittlung aller Pflanzenhöhen. Darüber hinaus wurden 1995 die Austriebszeit (5.5.95) und die Spätfrostschäden (24.5.95) der jungen Pflanzen bonitiert. Die Bewertung der Nachkommenschaften erfolgte durch die Zählung der ausgetriebenen Pflanzen bzw. der Pflanzen mit sichtbaren Frostschäden.

Austrieb:

- 1 = > 50 % der Pflanzen ausgetrieben zum Termin
- 2 = < 50 % der Pflanzen ausgetrieben zum Termin
- 3 = > 10 % der Pflanzen mit stark gestreckten Terminalknospen
- 4 = > 90 % der Pflanzen mit fest geschlossenen Knospen

Frost:

- 1 = keine Schädigung
- 2 = bis 5 % der Pflanzen geschädigt
- 3 = 6 bis 10 % der Pflanzen geschädigt
- 4 = 11 bis 25 % der Pflanzen geschädigt
- 5 = mehr als 25 % der Pflanzen geschädigt

Alle gewonnenen Daten wurden mit dem „Statistical Analysis System“ (SAS Institute Inc.) ausgewertet.

Ergebnisse

Saatgut

Das mittlere Eichelgewicht unterschied sich zwischen beiden Arten beträchtlich, schwankte aber auch stark zwischen den einzelnen Nachkommenschaften innerhalb einer Art. Bei *Q. robur* betrug die Schwankungsbreite 390 %, bei *Q. petraea* sogar 540 % zwischen größtem und kleinstem mittlerem Eichel-Gewicht (Abb.1). Im Herbst 1993 wurde die Samenernte durch den Eichelrüssler und den Eichelwickler stark beeinträchtigt, wobei *Q. petraea* stärker betroffen war. Bei den Mutterbäumen, die erst im November besammelt wurden, waren die Verluste durch diese beiden Schadinsekten geringer.

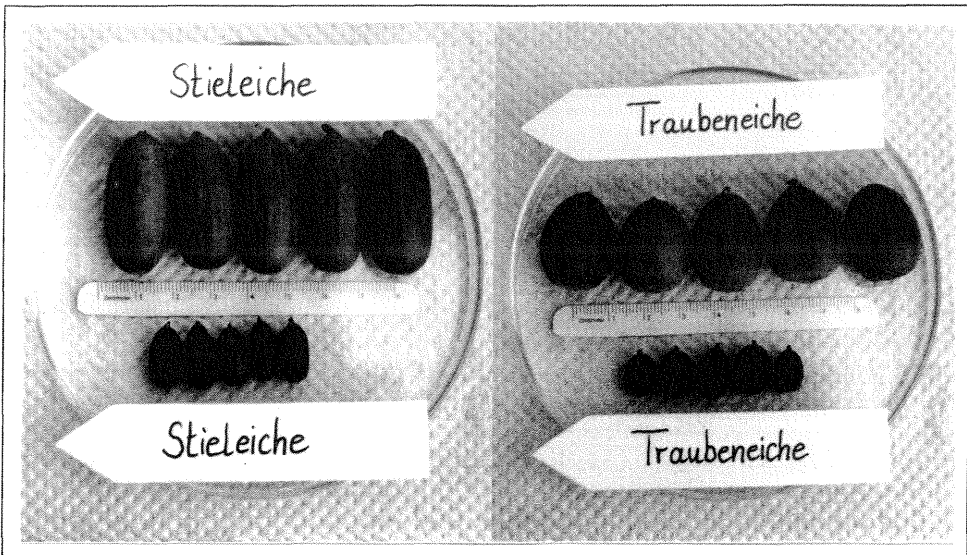


Abb. 1: Größenvergleich von Eicheln verschiedener Mutterbäume

Vor der Aussaat wurde der *Ciboria*-Befall, der sich während der Lagerung entwickelt hatte, bonitiert. Generell zeigten die Trauben-Eichen-Nachkommenschaften einen höheren Befall mit diesem Schadpilz (Tab. 1). Bei beiden Baumarten kamen allerdings Partien vor, die sehr starken wie auch überhaupt keinen Befall aufwiesen. Ein Zusammenhang zwischen *Ciboria*-Befall und Eichelgewicht konnte nicht ermittelt werden ($r = 0,1198$).

Tab. 1: Vergleich der Mittelwerte verschiedener Merkmale zwischen den Nachkommenschaften von *Q. petraea* und *Q. robur*

Merkmal	Trauben-Eiche n = 147	Stiel-Eiche n = 33	p (Kruskal-Wallis-Test)
100-Eichel-Gewicht (g)	281,6	320,6	n. s.
Wassergehalt der Eicheln nach Lagerung (%)	46,6	41,8	0,0001***
<i>C. batschiana</i> -Befall	2,62	1,81	0,0004***
Aufgangsrate (%)	62,8	78,7	0,0007***
Anzahl Nachkommen pro Mutterbaum	51,1	94,5	0,0012**
Pflanzenhöhe Herbst 1994 (cm)	9,8	13,9	0,0021**
Pflanzenhöhe Herbst 1995 (cm)	29,8	46,1	0,0001***
mittlerer Austrieb	2,14	3,0	0,0001***
mittlere Spätfrost- schädigung	3,23	1,72	0,0001***

Die mittleren Wassergehalte der Nachkommenschaften schwankten nach der mehrmonatigen Lagerung beträchtlich. Für die Stiel-Eiche wurden Werte zwischen 35 % und 50 % und für die Trauben-Eiche zwischen 37 % und 58 % ermittelt. Bei *Q. petraea* lag der Mittelwert nach der Lagerung um fast 5 % über dem Wert von *Q. robur*.

Ein gewisser Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt der Eicheln und dem *Ciboria*-Befall drückt sich im Korrelationskoeffizienten nach SPEARMAN mit $r = 0,376$ ($p = 0,0001$) für beide Arten gemeinsam aus, das heißt, daß Nachkommenschaften, die nach der Lagerung einen höheren Wassergehalt aufweisen, auch stärker mit *C. batschiana* befallen sind.

Verlauf und Rate des Pflanzenaufgangs

Der Aufgang der Pflanzen begann 3 Wochen nach der Aussaat und setzte sich bis Ende August fort. Generell war bei den Nachkommen von *Q. petraea* ein schnellerer Aufgang der Pflanzen zu beobachten; der Aufgang der Stiel-Eichen-Nachkommenschaften setzte später ein und lag am Ende der Vegetationsperiode bei dieser Baumart um 15 % höher als bei den Trauben-Eichen-Nachkommen (Tab. 2).

Während die Nachkommen der meisten Trauben-Eichen-Mutterbäume eine Aufgangsrate zwischen 30 und 90 % besitzen, sind von über 95 % der Stiel-Eichen-Mutterbäume 50 % bis 100 % aller Nachkommen aufgelaufen. Von allen Stiel-Eichen-Nachkommenschaften konnten Jungpflanzen gewonnen werden, wogegen von zwei Trauben-Eichen-Mutterbäumen keine Eicheln aufliessen. Als Ursache hierfür wird der starke Befall mit *Ciboria batschiana* verantwortlich gemacht.

Ein Einfluß des Sammelzeitpunktes auf die Höhe des Aufgangs ließ sich besonders für *Q. petraea* nachweisen. Allerdings muß berücksichtigt werden, daß durch das zweimalige Handverlesen des Saatgutes die Unterschiede zwischen den Sammelzeitpunkten künstlich verringert worden sind.

Tab. 2: Einfluß des Sammelzeitpunktes auf die Aufgangsrate der Eicheln von *Q. petraea* und *Q. robur*

Sammelzeitpunkt	Trauben-Eiche	Stiel-Eiche
bis 7.10.93	54,1 %	76,3 %
nach 7.10.93	70,6 %	80,3 %

Neben dem verschiedenen Aufgungsverlauf beider Arten wurden innerhalb der Nachkommenschaften einzelner Mutterbäume sehr große Unterschiede im Aufgang beobachtet. Im August waren unter den Nachkommen ein und desselben Mutterbaums Pflanzen mit voll entwickelten Johannistrieben, Pflanzen ohne Johannistrieb und gerade erst auflaufende Eicheln bzw. Jungpflanzen zu verzeichnen.

Ein Einfluß des Eichelgewichts auf den Prozeß des Aufgangs bzw. die Aufgangsrate läßt sich nicht erkennen. Bei der Art *Q. petraea* deutet sich eine negative Beziehung zwischen dem Wassergehalt der Früchte nach der Lagerung und der Auflauftrate an. Auch der Korrelationskoeffizient nach PEARSON für beide Arten gemeinsam von $r = -0,200$ ($p = 0,011$) zeigt, daß ein höherer Wassergehalt in den Früchten nicht zwingend eine Förderung des Aufgangs zur Folge hat.

Höhenwachstum, Austrieb und Frostempfindlichkeit in der Baumschule

Beide Eichenarten unterschieden sich deutlich in ihrem Wachstum in der Baumschule, wobei sich die Stiel-Eichen-Nachkommenschaften erwartungsgemäß als die wüchsigeren erwiesen (Tab. 1). Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten nach PEARSON läßt eine deutliche Abhängigkeit des Höhenwachstums vom Eichelgewicht erkennen, wobei der Zusammenhang bei *Q. petraea* auch nach der zweiten Vegetationsperiode noch enger ist als bei *Q. robur* (Tab. 3).

Im Austriebszeitpunkt unterschieden sich beide Arten ebenfalls deutlich. Während 74 % der Trauben-Eichen-Nachkommenschaften sehr früh bzw. früh austrieben, war das bei den Stiel-Eichen-Nachkommenschaften nur zu 34 % der Fall. Allerdings waren bei beiden Arten auch Nachkommenschaften vertreten, die sehr früh bzw. sehr spät austrieben.

Tab. 3: Wechselwirkungen zwischen Merkmalen des Saatgutes und der Nachkommenschaften (Korrelation nach PEARSON bei metrischen bzw. Rangkorrelation nach SPEARMAN bei ordinal skalierten Merkmalen)

Wechselwirkung	Art	Korrelationskoeffizient r	p (Kruskal-Wallis- Test)
100-Eichel-Gewicht - Auflaufrate	SEI	- 0,121	n.s.
	TEI	0,161	n.s.
100-Eichel-Gewicht - Auflaufgeschwindigkeit	SEI	- 0,003	n.s.
	TEI	- 0,193	0,025*
100-Eichel-Gewicht - Pflanzhöhe 1994	SEI	0,506	0,0027**
	TEI	0,630	0,0001***
100-Eichel-Gewicht - Pflanzhöhe 1995	SEI	0,470	0,0058**
	TEI	0,574	0,0001***
<i>C. batschiana</i> -Befall - Auflaufrate	SEI	- 0,485	0,0042**
	TEI	- 0,261	0,0014**
Eichel-Wassergehalt - Auflaufrate	SEI	0,029	n.s.
	TEI	- 0,249	0,0035**
Eichel-Wassergehalt - Auflaufgeschwindigkeit	SEI	- 0,198	n.s.
	TEI	- 0,027	n.s.
Eichel-Wassergehalt - <i>C. batschiana</i> -Befall	SEI	0,146	n.s.
	TEI	0,304	0,0003***

Die Frostanfälligkeit korrespondierte gut mit dem Austriebsverhalten der Jungpflanzen. Bei 84 % der Stiel-Eichen-Nachkommen wurden keine oder nur leichte Schäden nach mehreren Spätfrostnächten zwischen 21. und 25.5.95 mit Temperaturen bis -4 °C festgestellt. Demgegenüber wiesen nur 25 % der *Q. petraea*-Nachkommenschaften keine und 47 % stärkere bis

starke Schäden auf. Diese Wechselwirkung zwischen beiden Merkmalen drückt sich auch in dem Korrelationskoeffizienten nach SPEARMAN für beide Arten gemeinsam mit $r = -0,508$ ($p = 0,0001$) aus.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, daß der Erfolg der Pflanzenanzucht bei den einheimischen Eichenarten sowohl von Merkmalen, die durch den Genotyp des Mutterbaumes festgelegt werden, als auch von den Ernte- und Lagerungsbedingungen maßgeblich abhängt. Das in unserem Fall untersuchte Material stammte von 300- 600jährigen Mutterbäumen unterschiedlicher Vitalität, die trotz ihres hohen Alters gut fruktifizierten und Saatgut mit guter Keimfähigkeit hervorbrachten. Wegen der geringen Mengen von Eicheln pro Nachkommenschaft wurde auf die Bewertung der Keimfähigkeit nach der Lagerung mittels eines Keimtests verzichtet, sondern statt dessen die Aufgangsrate und letztlich die Entwicklung eines gesunden Sprosses als Maß für den Reproduktionserfolg der einzelnen Mutterbäume gewertet.

Die Faktoren Sammelzeitpunkt, Eichelgewicht, Wassergehalt der Früchte und die Infektion mit *C. batschiana* erwiesen sich, wie auch schon mehrfach in der Literatur beschrieben, als wichtige Parameter, die die Aufgangsrate und das nachfolgende Wachstum bestimmen (STEINHOFF, 1993). Der Vergleich der Nachkommenschaften der beiden untersuchten Eichenarten zeigt, daß bei *Q. petraea* größere Ausfälle während der Lagerprozesse und der Anzucht im Saatbeet als bei *Q. robur* zu verzeichnen sind.

Der erhöhte Befall der Trauben-Eicheln mit dem Erreger der Schwarzen Eichelfäule wird auf den bei unserem Material im Untersuchungsjahr auftretenden früheren Reifezeitpunkt der Früchte dieser Eichenart sowie günstige Infektionsbedingungen für den Pilz während dieser Zeit zurückgeführt. Das Temperaturregime von 0 ° bis +1 °C als Lagertemperatur ermöglichte eine Weiterentwicklung der Infektion in dieser Zeit. Wie bereits von v. SCHÖNBORN (1964) und GUTHKE (1992) festgestellt, variierte der Wassergehalt der Früchte nach der Lagerung zwischen den Nachkommenschaften erheblich und schließt eine Zunahme bei einzelnen Partien während der Lagerung nicht aus. Dieses läßt auf eine unterschiedliche physiologische Ausreife als phänotypisches Merkmal des Mutterbaums schließen. Eine Korrelation zum Fruchtgewicht ließ sich bei unserem Material allerdings nicht nachweisen. Die negative Korrelation zwischen dem Wassergehalt der Früchte und der Aufgangsrate bei *Q. petraea* verwundert zunächst, da bekannt ist, daß die Viabilität bei Wassergehalten unter 40 % stark zurückgeht. Wahrscheinlich muß dieser Befund im unmittelbaren Zusammenhang mit dem *Ciboria*-Befall gewertet werden. Hier ließ sich zumindest für *Q. petraea* ein Zusammenhang nachweisen (Tab. 3). Daraus kann man schließen, daß bei Vorliegen einer Infektion mit dem Pilz und günstigen Entwicklungsbedingungen für das Pathogen im Lager möglicherweise ein hoher Wassergehalt in den Früchten den Befall fördert. Ebenso ist auch denkbar, daß die höheren Wassergehalte eine Folge des Fäulnisvorgangs in den infizierten Saatgutpartien sind. Um diese Frage zu klären, bedarf es allerdings weiterer Untersuchungen.

Der Einfluß des Eichelgewichts auf das Höhenwachstum wurde bereits von HEISEKE (1984) beschrieben. Auch bei unseren Untersuchungen korrelierte das Wachstum gut mit dieser Größe, bei der Traubeneiche war die Beziehung sogar noch straffer als bei der Stieleiche. Möglicherweise ist die Ursache dieses Ergebnisses in den unterschiedlichen Durchschnittsgewichten der Eicheln beider Arten zu suchen. Die kleineren Traubeneicheln können das zusätzliche Nährstoffangebot großer Keimblätter in stärkeres Höhenwachstum umsetzen. Ab einem bestimmten Gewicht, daß als Optimum gewertet werden kann, erfolgt diese Umsetzung nicht mehr in diesem Maße. Dieses Optimum wird von den im Mittel schwereren Stieleicheln offenbar häufiger erreicht bzw. überschritten.

Eine praktische Bedeutung hat diese Wechselwirkung bei der Größensortierung von Pflanzen in Baumschulen, wo Teilpopulationen mit unterschiedlichen genetischen Strukturen durch Ausortieren von kleinen Pflanzen entstehen können und seltene Genotypen unter Umständen in bestimmten Teilpopulationen nicht mehr vertreten sein können (BEHM & KONNERT, 1996).

Nach unseren Untersuchungen kann nicht verallgemeinert werden, daß schwereres Saatgut eine höhere Viabilität besitzt. Auch Nachkommen von Mutterbäumen mit kleinen Früchten sind innerhalb einer Bestandesabsaat geeignet, zum Fortbestand einer Population beizutragen.

Generell muß man davon ausgehen, daß während der Lagerung von Saatgut Selektionsprozesse stattfinden, die zu Populationsentmischungen führen können. Diese scheinen für die Art *Q. petraea* stärker zu wirken als für *Q. robur*. Aus genetischer Sicht ist es deshalb erforderlich, neben der Beerntung einer ausreichenden Zahl von Mutterbäumen die Lagerungsverluste so gering wie möglich zu halten und eine möglichst hohe Aufgangsrate zu sichern.

Literatur

- BEHM, A. & M. KONNERT (1996): Biodiversität und nachhaltige Forstwirtschaft. AFZ/ Der Wald 51: 236-243.
- GUTHKE, J. (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut - Probleme und Möglichkeiten. Diss., Univ. Hannover: 188 S.
- HEISEKE, D. (1984): Untersuchungen über Eichelmasten und Pflanzenausbeuten in der Gohrde. Forst- und Holzwirt 39: 107-113.
- KESSLER, K. (1994): Untersuchungen zur genetischen Struktur der Alteichenpopulation der Schorfheide. Bericht Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin, Eberswalde: 56 S.
- SCHÖNBORN, A. v. (1964): Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. BLV-Verlagsgesellschaft, München: 158 S.
- STEINHOFF, S. (1993): Untersuchungen zur Einlagerung von Eicheln in Escherode. Forst und Holz 48: 192-197.

Diskussion

Wulf begrüßt die Teilnehmer und gibt eine Einführung in das Thema. Er betont, daß das Interesse an der Nachzucht von Eichen nach wie vor sehr hoch ist, auch durch die neuen Waldbau-richtlinien, und daß es weiterhin bei der Langfristlagerung der Eicheln große Probleme gibt. Die Arbeitsgruppe hat das Ziel, die auf dem Gebiet der Langfristlagerung von Eicheln forschenden Arbeitsgruppen zusammenzuführen, auf der Suche nach einem integrierten Ansatz, aber auch eventuell die Suche nach Geldgebern für spätere Projekte zu erleichtern.

Zum Vortrag von **J. Suszka** fragt **Gille**, wie die Fungizide appliziert wurden. **J. Suszka** antwortet, daß sie als Pulver in Wasser aufgelöst wurden und die Eicheln dann darin getaucht wurden. Pro kg/Saatgut kam jeweils 2 g Fungizid zur Anwendung. **Spethmann** fragt nach dem Auftreten von Sekundärpilzen außer *Ciboria batschiana* bei den polnischen Versuchen und insbesondere, ob *Cylindrocarpon*-Arten aufgetreten seien. **J. Suszka** antwortet, daß insbesondere Vertreter der Gattungen *Mucor* und *Penicillium* als Sekundärpilze auf dem Lagergut beobachtet wurden. **Natzke** stellt fest, daß das Referat von **J. Suszka** sich überwiegend mit *Quercus robur* befaßt hat und fragt, wie die Ergebnisse mit *Quercus petraea* sind. **B. Suszka** antwortet, daß *Quercus petraea* allgemein schwieriger zu handhaben sei, da sie früher auskeime und somit gegen verschiedene Einflüsse wie z. B. auch Fungizide empfindlicher als *Quercus robur* reagieren könnte.

Zu den Vorträgen von **Kehr**, **Schröder** und **Natzke** entsteht eine Diskussion, ob die Lagerung wegen der Austrocknungsgefahr des Saatgutes eventuell in geschlossenen Beuteln bei ca. $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**Natzke**) erfolgen könnte. **Kehr** hält dies bei einer Temperatur von $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ für nicht durchführbar, da Pilze bei dieser Temperatur immer noch zu aktiv seien. Das Ziel müsse sein, zunächst die Bedingungen für die Lagerung bei kälteren Temperaturen zu erforschen. Dann könnte man durchaus, ähnlich wie bei der Buche, die Eicheln probeweise in Beutel verschweißen und eine längere Lagerung ausprobieren. **B. Suszka** erwähnt, daß in Polen die Eicheln in den Tonnen zusätzlich oberseits mit Fließ oder perforiertem Aluminium abgedeckt werden, weil sonst die obere Schicht der Früchte austrockne. Er sieht die Tonnenlagerung mit der zentralen CO_2 -Ableitung als optimal an, weil die Eicheln sich ein eigenes CO_2 -Lagerklima einstellen.

Zum Vortrag von **Gille** fragt **Kehr**, ob die für den Versuch benutzten Eichelpartien vergleichbar waren. **Gille** bestätigt, daß die Partien untereinander absolut vergleichbar waren, so daß Unterschiede in der Keimrate mit und ohne Thermotherapie bzw. Fungizid eindeutig auf die Behandlung selber zurückgehen müssen. In Niedersachsen scheint bei den betroffenen Forstämtern der *Ciboria*-Besatz des Saatgutes so hoch zu sein, daß eine Thermotherapie in jedem Fall zu empfehlen ist. **Natzke** berichtet, daß in Sachsen-Anhalt die Situation bezüglich *Ciboria* noch nicht so gravierend ist und daß die Thermotherapie nur bei ca. $\frac{1}{4}$ der behandelten Partien zu einem deutlich positiven Effekt geführt hat. Wünschenswert ist daher aus seiner Sicht ein Schnelltest zur zweifelsfreien Erkennung von *Ciboria batschiana*. **Röder** fragt, ob man mit der Temperatur bei der Thermotherapie nicht wie bei Getreide auf ca. $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ gehen könne. **Gille** antwortet, daß bei dieser Temperatur insbesondere die angekeimten Eicheln Vitalitätsverlust

aufweisen. **Kehr** regt dennoch an, nochmals wissenschaftlich zu überprüfen, inwieweit höhere Temperaturen vielleicht noch mehr Sekundärpilze erfassen könnten, da die ursprüngliche Thermotheapie allein gegen *Ciboria batschiana* entwickelt wurde.

Zum Vortrag von **Gödde** betont **Natzke**, daß die vorgestellte Eichelsammelmaschine zwar aus ökologischen und ökonomischen Gründen sicherlich in der dargestellten Form nicht anwendbar sei, man aber darüber nachdenken könnte, sie zur Reinigung größerer Mengen im Netz gesammelter Eicheln einzusetzen. **Gödde** stimmt zu, daß die Maschine insbesondere trockenes Saatgut zu sortieren vermag. **B. Suszka** ergänzt außerdem, daß man in Polen ein neues Ernteverfahren ausprobiert habe, bei dem mittels Hubschrauber die Eicheln aus den Kronen gerüttelt werden und auf darunterliegende Netze fallen. Die Ergebnisse seien sehr ermutigend und sicherlich günstiger als der Einsatz von Rüttlern.

Zur Notwendigkeit der Heißwasserbehandlung betont **Natzke**, daß es außerordentlich wichtig ist, einen Schwarzfäule-Befall rechtzeitig zu erkennen, da nur Partien von höchster Qualität für die langfristige Lagerung in Frage kommen. **B. Suszka** sagt, daß in Frankreich ein Test auf *Ciboria* zusätzlich zu den normalen Keimtests entwickelt wurde, bei dem die Testa entfernt wird. Zum möglichen Test auf *Ciboria*-Befall erwähnt **Kehr**, daß man für den Test die Vitalität des Saatgutes reduzieren müsse, weil normal vitale Eicheln während des Keimvorgangs ergrünen und an Vitalität zunehmen können. Daher sollten, eventuell im Rahmen einer Diplomarbeit, verschiedene Varianten eines Schnelltests auf *Ciboria* durchgeführt werden, mit dem in ca. 7 - 14 Tagen über die Notwendigkeit einer Heißwasserbehandlung entschieden werden könnte.

Spethmann nimmt Stellung zur bisherigen Diskussion und meint, daß alle Ansätze sich auf die konventionelle Lagerung beziehen, daß man aber die langfristige Lagerung angehen müßte. Dazu gehört, die Einflüsse der Thermotheapie zu erforschen. Vermutlich eigne sich nur allerbestes Saatgut höchster Vitalität und ohne *Ciboria*-Befall für diese langfristige Lagerung, und daher ist eine Methode notwendig, wie man im Rahmen der von den Forstämtern durchgeführten Ernte das besonders gute Material abtrennen könnte. **Natzke** ist der Meinung, daß man gerade für diese Zwecke vielleicht doch eine Maschine einsetzen könnte. **Gödde** sagt dazu, daß der Grad der Verunreinigungen durch die Maschine bei der Arbeit mit Netzen sehr viel geringer ist und daß die von ihm vorgestellte Maschine eventuell dafür in Frage käme. **B. Suszka** ist der Meinung, daß die Maschine überwiegend kleine Eicheln sammelt. **Gödde** widerspricht und interpretiert das relativ geringe Tausendkorngewicht in seinen Versuchen mit der Maschine als Ergebnis insgesamt geringerer Tausendkorngewichte dieser Versuchsbestände. **Natzke** weist aber darauf hin, daß bei der Handsammlung die Sammler schon dazu neigen, die größeren Früchte zu nehmen und daß nach seiner Erfahrung die Maschine tatsächlich einen sehr hohen Anteil kleiner Früchte einsammelt.

Natzke fragt, wie die Aggressivität der *Ciboria* eingeschätzt werden könnte und ob es tatsächlich, wie von **B. Suszka** postuliert, Rassenunterschiede bei *Ciboria* gebe. **B. Suszka** äußert sich dahingehend, daß sich möglicherweise derzeit ein aggressiver Stamm der *Ciboria* von

Westen nach Osten ausbreitet. Er betont aber, daß es eine Reihe zu milder Winter gegeben hat und daß die massiven *Ciboria*-Probleme auch daran liegen könnten. Nach dem vergangenen Winter, der wieder sehr hart gewesen sei, müsse man abwarten, wie stark die *Ciboria*-Schäden in diesem Jahr würden. **Kehr** weist auf die prinzipielle Möglichkeit hin, an der BBA die Rapid-PCR-Methode zu benutzen, um eine Rassendifferenzierung der *Ciboria*-Isolate aus Polen, Deutschland, Frankreich und anderen Ländern zu erreichen. Dafür fehlen jedoch noch die potentiellen Geldgeber. **J. Suszka** ergänzt, daß eine solche Arbeit durchaus auch kurzfristig möglich wäre, da in seinem Institut eine große Sammlung verschiedener *Ciboria*-Stämme vorhanden sei.

Zum Vortrag von **Chmielarz** fragt **Kehr**, wie lange nach Auffassung des Referenten Eicheln die kritische Temperatur von ca. -7 bis -9 °C aushalten könnten. **Chmielarz** antwortet, daß in seinen Versuchen die jeweils tiefste Temperatur immer nur 15 Min. gehalten wurde und daß ein längeres Halten dieser tiefen Temperatur selbstverständlich zu stärkeren Schäden führen müßte. Seiner Meinung nach sind aber, nach vorangegangener leichter Trocknung und einer möglichen Abhärtung, vielleicht -7 °C Dauerlagertemperatur verträglich. **Spethmann** weist darauf hin, daß die Eicheln für die Versuche von **Chmielarz** aus der Oktoberernte stammen und durch ihre einfache Lagerung (vier Wochen in Beuteln) wahrscheinlich keine Chance zu einer Frosthärtung hatten. Er betont, daß die Ergebnisse eventuell noch besser sein könnten, wenn man solche Eicheln vorher härtet, was **Chmielarz** bestätigt. **Zaspel** fragt nach dem Medium für die Regeneration der Embryoachsen und welchen Einfluß dieses Medium hätte. **Chmielarz** antwortet darauf, daß es sich um 0,8 % WPM (woody plant medium) handelt, bei dem die Regeneration keine großen Schwierigkeiten bereitet.

Zum Vortrag von **Schlegel** fragt **Kehr**, wie die vom Klimaraum produzierte Kälte tatsächlich in den Eicheln verteilt wird bzw. welcher Temperaturgang in der Eichel selbst herrscht. **Kehr** vermutet, daß die großen Eicheln sich eventuell gerade dadurch schlechter abgehärtet haben, weil sie größer sind und somit die Temperaturschwankungen stärker nivellieren. **Schlegel** ergänzt, daß Messungen in der Schicht der zu behandelnden Eicheln einen gewissen Nachlauf in der Temperatur ergeben haben, die vom Kühlraum produzierte Temperatur aber tatsächlich innerhalb der einzelnen Temperaturphasen bei den Eicheln ankommt. In der Eichel sei aber nicht gemessen worden. Nach seinen Beobachtungen keimen kleine Eicheln schneller, sie härten sich schneller ab und enthärten sich auch schneller. Große Eicheln härten sich langsamer ab, erfrieren daher eventuell sogar früher, wenn die Temperatur zu schnell gesenkt wird. Eindeutig seien naturgehärtete Früchte bisher frosthärter als die künstlich gehärteten, aber im Verlaufe der jetzigen Versuche deutet sich an, daß hier noch Verbesserungen möglich sind. **B. Suszka** fragt, seit wann diese Abhärtungsbehandlung durchgeführt wird. **Schlegel** antwortet, daß die Eicheln seit November in der Abhärtungsphase sind und sich ein Teil bis jetzt im Schwankungsbereich $+5/0$ °C, ein anderer Teil seit Februar im Schwankungsbereich -3 °C/ $+3$ °C befindet.

Spethmann betont, daß das Ziel der Forschungsarbeit die Langzeitlagerung ist und daß weitere Abhärtungsvarianten unbedingt getestet werden müssen. Insbesondere müsse der Frage

nachgegangen werden, ob es besser sei, die Temperatur kontinuierlich zu reduzieren, wie in den Versuchen von **Natzke** und **Schröder**, oder mit der Temperatur zu schwingen. Bei der Temperaturschwingung gehe es darum, zu ergründen, ob man von dem positiven Temperaturbereich in den Minusbereich schwingen müsse oder ob man bei etwas tieferen Temperaturen schwingen könnte, damit es zu geringeren Pilzschäden kommt. Im übrigen weist **Spethmann** darauf hin, daß Frostereignisse zu einer genetischen Entmischung führen und daß es normal sei, daß bei tiefen Temperaturen ein Teil der Früchte absterbe. Dies sei in der Natur sicherlich auch so. Er weist auf eine z. Zt. in Escherode laufende Arbeit über die Effekte von solchen Streßereignissen auf die Populationsgenetik hin. **Pusch** bestätigt, daß bei verschiedenen Streßeinflüssen immer eine genetische Entmischung des Saatgutes zu erwarten sei. Er betont, daß die Umsetzung der Wechseltemperaturen für die Praxis für größere Mengen Eicheln nicht machbar sei. **Natzke** erwähnt, daß aus diesem Grunde seiner Meinung nach eine Frosthärtung auch ohne Schwankung in Frage komme, so daß man in der Praxis die Kühlraumtemperatur einfach ständig absenken könnte. **Kehr** weist darauf hin, daß aus mykologischer Sicht natürlich eine schnellere Abhärtung und eine schnellere Absenkung der Temperatur wünschenswert ist, weil Pilze einfach zu aktiv in den Bereichen um 0 °C sind. **Schlegel** antwortet, daß durch eine Aussortierung der schlechten und verpilzenden Eicheln diesem Problem zumindest auf Versuchsebene begegnet werden könnte. Für die Praxis komme eine solche aufwendige Behandlung natürlich nicht in Frage. **Kehr** und **Spethmann** betonen, daß dennoch zunächst die wissenschaftlichen Grundlagen für die Abhärtung erforscht werden müßten, egal ob sie später in die Praxis umsetzbar seien oder nicht, weil es darauf ankomme, zunächst neue theoretische Ansätze für die langfristige Lagerung zu ergründen. Im Zusammenhang mit der Lagerung bei tieferen Temperaturen müßte dann auch noch die Frage der Lagergefäße überprüft und z.B. das von **Natzke** geforderte luftdichte Einschweißen in Plastikbeutel getestet werden. **Schlegel** weist darauf hin, daß derzeit Traubeneicheln bei -6 °C in verschweißten Beuteln lagern und daß die Ergebnisse in ca. einem Jahr zur Verfügung stehen werden. **Gille** erwähnt in diesem Zusammenhang, daß bei Bucheckern mit einem hohen Wassergehalt um 30 % keine Lagerung unter -5 °C möglich ist und daß daher aus seiner Sicht bei der Eiche, die einen hohen Wassergehalt behalten müsse, kaum eine dauerhafte Lagerung unter -5 °C vorstellbar ist.

Kehr geht nochmals darauf ein, daß die Temperatur im Innern des Saatguts bzw. des Lagerbehälters ein Hauptproblem bei der Definition der Lagertemperatur ist und daß insbesondere zu Beginn der Lagerung durch die verstärkte Atmung der Früchte erheblich höhere Temperaturen in den Tonnen als im Kühlraum entstehen könnten. **B. Suszka** bestätigt, daß die Eicheln bei seiner Lagermethode nach zwei Monaten noch Werte um +2 °C bis +3 °C haben, obwohl der Kühlraum auf -3 °C eingestellt ist. **Gille** erwähnt, daß diese zu Beginn der Lagerung entstehende hohe Feuchtigkeit und Wärme zu der starken Verpilzung in den Tonnen führen. **Spethmann** betont, daß auch aus seiner Sicht die Verpilzung das Hauptproblem ist und daß wichtige phytopathologische Begleituntersuchungen stattfinden müssen, insbesondere was das Antagonistenpotential angeht. **Wulf** und **Kehr** betonen, daß gerade dazu der von dem FEP entwickelte ETS-Prozess gut geeignet sei, weil er das Perikarp von Pilzen befreien und so den Ansatz von Antagonisten erleichtern könnte. Es sei daher wichtig, daß bei der Lagerung von

Eicheln im integrierten Sinne gearbeitet werde, d. h. daß von der Ernte bis zur Lagerung in verschiedenen Schritten mehrere lagerungsverbessernde Methoden zum Einsatz kämen. **B. Suszka** hat Bedenken, daß solche Verfahren wie der ETS-Prozess eventuell auch die Mykorrhiza auf der Oberfläche der Samenkörner zurückdrängen könnten. **Schröder** weist aber darauf hin, daß ohnehin in einigen Baumschulen inzwischen zur gezielten Mykorrhizierung der Jungpflanzen übergegangen werde, und daß man die Mykorrhizapilze daher erneut an die Keimlinge bringen könnte, zumal man mit dem ETS-Prozess den in diesem Bereich problematischen Einsatz von Fungiziden vermeidet.

Schröder fragt die Teilnehmer, ob sie sich vorstellen können, daß während des Thermosterapieprozesses Pilzsporen insbesondere von *Mucor* spp. im Wasser verschleppt werden und somit das Saatgut kontaminiert werden könnte. Seine Frage an die Praxis lautet daher, wie oft das Wasser gewechselt wird bzw. ob irgendwelche desinfizierenden Maßnahmen getroffen werden. **B. Suszka** antwortet, daß in Frankreich das Wasser jeweils drei- bis viermal benutzt, in Polen jedoch nach jeder Therapie gewechselt wird. **Spethmann** schlägt vor, eventuell Fungizide dem Wasser beizumischen. **Schlegel** regt an, eventuell das Wasser mit UV zu desinfizieren und **Kehr** erwähnt, daß man das Problem vielleicht auch durch zwischenzeitliches Hoherhitzen des Wassers lösen könnte. **Gille** antwortet, daß Fungizide bei den höheren Temperaturen der Thermo-therapie eher zu phytotoxischen Problemen führen, auch weil ein Teil der Eicheln angekeimt und somit sehr empfindlich ist. **Wulf** ergänzt, daß außerdem dann antagonistische Pilze nicht mehr einsetzbar wären, weswegen ihm der Einsatz von Fungiziden nicht so günstig erscheine wie die Kombination von Heißwasserbehandlung, ETS-Prozess und dem Einsatz von antagonistischen Mikroorganismen. **Gille** und **Natzke** weisen darauf hin, daß auch die Kontamination der Kühl- und Lagerräume ein Problem ist und fragen, was man dagegen tun könne. **Wulf** betont, daß auch hier natürlich die Grundsätze der Hygiene eingehalten werden müßten und daß man mit Fungiziden oder anderen desinfizierenden Substanzen selbstverständlich die Räume und Lager behandeln müsse. **Natzke** bittet in diesem Zusammenhang um Unterstützung durch die BBA. **Schröder** weist darauf hin, daß in Kühlräumen bereits erfolgreich Hanau-Lampen (starke UV-Strahlung) zur zwischenzeitlichen Desinfektion eingesetzt worden sind.

Zum Ende des Kolloquiums sind sich die Teilnehmer einig, die dargestellten Ergebnisse und die Anregungen aus der Diskussion zu veröffentlichen, damit sie auch den Praktikern zugänglich sind. Die Beiträge könnten in Teilen als Entscheidungshilfen dienen und eventuell den einen oder anderen zur aktiven Mitarbeit in dieser Arbeitsgruppe animieren. **Wulf** schlägt dazu ein Sonderheft aus der Reihe „Mitteilungen aus der BBA“ vor, was die Zustimmung der Teilnehmer findet.

In seinem Resümee geht **Wulf** kurz darauf ein, daß darüber hinaus die Ergebnisse des Treffens nur dann einen Sinn haben, wenn der Kontakt unter den Teilnehmern erhalten bleibt und die interessierten Mitglieder der Arbeitsgruppe sich gelegentlich zum Austausch treffen und sich auch in der Zwischenzeit gegenseitig über neue Entwicklungen ihrer Forschung informieren.

**Teilnehmer des Kolloquiums zur
„Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut“
am 24.04.1996 im Institut für Pflanzenschutz im Forst
der BBA Braunschweig**

Chmielarz, Pawel	Institut für Dendrologie der Polnischen Akademie der Wissenschaften	PL-62035 Kornik Polen
Ebinger, Thomas	Staatliches Forstamt Nagold Staatsklenge	Calwer Str. 10 72202 Nagold
Gille, Klaus	Forstsaatgutberatungsstelle Staatliches Forstamt Oerrel	Forstweg 5 29633 Munster
Gödde, Martin	FH Hildesheim/Holzminden Fachber. Forstwirtschaft	Bogenstr. 19 34431 Marsberg
Kappenberg, Knut	BBA Braunschweig Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Kehr, Rolf, Dr.	BBA Braunschweig Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Knappe, Uwe	FEP Technikum Helmsdorf	Fabrikstraße 8 01833 Stolpen/Helmsdorf
Natzke, Ehlert, Dr.	Forstliche Landesanstalt sachsen-Anhalt -Abt. Forstliches Versuchswesen-	Behnsdorfer Straße 39345 Flechtingen
Panzer, Siegfried, Dr.	FEP Dresden	Zeppelinstr. 1 01324 Dresden
Pusch	Forstsaatgutberatungsstelle Staatliches Forstamt Oerrel	Forstweg 5 29633 Munster

Röder, Olaf	FEP Technikum Helmsdorf	Fabrikstraße 8 01833 Stolpen/Helmsdorf
Schlegel, Thomas	Institut für Obstbau und Baumschule Abteilung Baumschule	Am Steinberg 3 31157 Sarstedt
Scholz, Diana	BBA Braunschweig Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Schröder, Thomas	BBA Braunschweig Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Spethmann, Wolfgang, Prof. Dr.	Institut für Obstbau und Baumschule Abteilung Baumschule	Am Steinberg 3 31157 Sarstedt
Suszka, Boreslaw, Prof. Dr.	Institut für Dendrologie der Polnischen Akademie der Wissenschaften	PL-62035 Kornik Polen
Suszka, Jan	Institut für Dendrologie der Polnischen Akademie der Wissenschaften	PL-62035 Kornik Polen
Tesche, M., Prof. Dr.	Fakultät für Naturwissenschaften und Mathematik Institut für Botanik	Mommsenstr. 13 01062 Dresden
Volk	Forstamt Wolfgang	Rodenbacher Chaussee 63457 Hanau
Wulf, Alfred, Dr.	BBA Braunschweig Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Zajonc, Jürgen	BBA Braunschweig Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Zaspel, Irmtraut, Dr.	Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Institut für Forstpflanzenzüchtung	Eberswalder Chaussee 6 15377 Waldsiedersdorf