

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



**Fortschritte bei der Lagerungstechnologie
von Eichensaatgut**

**Recent progress in the storage
technology of acorns**

Symposium am 28. und 29. April 1998
in Braunschweig

bearbeitet von

Dr. Thomas Schröder

und

Prof. Dr. Alfred Wulf

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Berlin und Braunschweig

Heft 365

Berlin 1999

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA)

Präsident: Professor Dr. Fred Klingauf, Messeweg 11/12, D-38104 Braunschweig

Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), deren Entstehung auf die 1898 gegründete Biologische Abteilung am Kaiserlichen Gesundheitsamt in Berlin zurückgeht, ist eine selbständige Bundesoberbehörde und Bundesforschungsanstalt im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Ihre Aufgaben sind im Pflanzenschutz-, Gentechnik- und Bundesseuchengesetz festgelegt und umfassen u. a.:

Forschungen auf dem Gesamtgebiet des Pflanzen- und Vorratsschutzes,

Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln,

Eintragung und Prüfung von Pflanzenschutzgeräten,

Mitwirkung bei der Genehmigung zur Freisetzung und dem Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen einschließlich Forschung zur biologischen Sicherheit,

Beteiligung bei der Bewertung von Umweltchemikalien nach dem Chemikalienrecht.

Die Forschungsarbeiten der BBA schaffen Grundlagen für Entscheidungshilfen zur Ernährungs-, Land- und Forstwirtschaftspolitik sowie zur Verbraucherpolitik. Über 900 Mitarbeiter, davon 300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, sind bei der BBA beschäftigt.

The Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA)

President: Professor Dr. Fred Klingauf, Messeweg 11/12, D-38104 Braunschweig

The Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), which originates from the Biological Division at the Empirical Health Office, founded in Berlin in 1898, is a federal authority in its own right and federal research centre in the jurisdiction of the Federal Ministry of Food, Agriculture and Forestry (BML). Its tasks are mainly defined by the Plant Protection Act as well as the Genetechnology Act and include among others:

research in the whole field of plant protection and stored products protection,

examination and authorization of plant protection products,

registration and examination of plant protection equipment,

participation in authorizing genetically modified organisms deliberately released and issued, including investigations on biosafety,

cooperation in assessing chemicals of environmental relevance according to the Chemicals Act.

The research work of the BBA is providing decisional foundations not only in the political field of food, agriculture and forestry but also for consumer policy. There are more than 900 employees, including 300 scientists, who work at the BBA.

Anschrift für **Tauschsendungen**:

Please address **exchanges** to:

Adressez **échanges**, s'il vous plaît:

Para el **canje** dirigirse por favor a:

Bibliothek der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Königin-Luise-Straße 19, D-14195 Berlin (Dahlem)

Postanschrift: 14191 Berlin

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



**Fortschritte bei der Lagerungstechnologie
von Eichensaatgut**

**Recent progress in the storage
technology of acorns**

Symposium am 28. und 29. April 1998
in Braunschweig

bearbeitet von

Dr. Thomas Schröder
und
Prof. Dr. Alfred Wulf

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Berlin und Braunschweig

Heft 365

Berlin 1999

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

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3249-0

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut:

Symposium am 28. und 29. April 1998 in Braunschweig = Recent progress in the storage technology of acorns / hrsg. von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Bearb. von Thomas Schröder und Alfred Wulf. – Berlin: Parey, [in Komm.], 1999.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 365)

ISBN 3-8263-3249-0

© 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.

1999 Kommissionsverlag Parey Buchverlag Berlin, Kurfürstendamm 57, 10707 Berlin. Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin.

INHALTSVERZEICHNIS		Seite
A. Wulf	Vorwort _____	7
	Tagungsprogramm _____	8
 <i>Ernte und Thermotheapie</i> 		
N. Schumann	Maschinelle Eichelernte unter Verwendung von Netzen _____	11
K. Gille	Eichelthermotheapie mit Warmluft _____	17
T. Schröder D. v. Hörsten R. Kehr	Thermotheapie von Traubeneicheln mit Mikrowellenenergie ____	23
 <i>Eichellagerung – Lagerungsverfahren</i> 		
B. Suszka	Die bisherigen polnischen Eichellagerungsversuche (fungizidfreie Kühlhauslagerung) _____	39
P. Chmielarz	Somatische Embryogenese von <i>Quercus robur</i> L. und Kryokonservierung somatischer Embryonen in flüssigem Stick- stoff _____	49
E. Natzke	Die Lagerung von Eicheln in einer modifizierten Atmosphäre und das Wachstum des Schwarzfäulepilzes <i>Ciboria batschiana</i> (= <i>Sclerotinia pseudotuberosa</i>) _____	61
W. Schmalen J. Herget	Eichellagerung - Erfahrungen aus der Praxis _____	69
Z. Procházková A. Sikorová	Mycoflora associated with acorns in the Czech Republic _____	73

<i>Eichellagerung - Frosthärteinduktion</i>		Seite
T. K. Schlegel W. Spethmann	Induktion und Persistenz der Frosthärte bei <i>Quercus robur</i> und <i>Quercus petraea</i> -Saatgut _____	81
R. Junge H.-J. Muhs G. v. Wühlisch	Prüfung der Frosthärte von Eicheln mittels der Differenz-Temperatur-Analyse (DTA) _____	105
J. Suszka	Die ersten polnischen Versuche über die Abhärtung von Eicheln der Stieleiche _____	117
T. Schröder R. Kehr E. Natzke	Frosthärteinduktion bei Eicheln durch kontinuierliche Tempera- tursenkung _____	125
<i>Chemische Beizung</i>		
J. Suszka	Kühlhauslagerung von nach der Thermotherapie fungizidbehan- delten Eicheln der Stieleiche _____	141
K.-H. Berendes, G. Preußendorff	Zur Problematik des Einsatzes von Fungiziden an Forstsaatgut nach Inkrafttreten de novellierten Pflanzenschutzgesetzes _____	149
	Diskussionsprotokoll des Symposiums _____	153
	Teilnehmerverzeichnis _____	157

CONTENTS

Page

A. Wulf	Preface _____	7
	Programme _____	8
<i>Harvest and thermotherapy</i>		
N. Schumann	The use of nets for the mechanical harvest of acorns _____	11
K. Gille	Thermotherapy with warm air _____	17
T. Schröder D. v. Hörsten R. Kehr	Microwave treatment of acorns of sessile oak _____	23
<i>Storage of acorns – methods of preservation</i>		
B. Suszka	Experiments on acorn storage in refrigerated chambers without fungicide treatment, conducted in Poland so far. _____	39
P. Chmielarz	Somatic embryogenesis of <i>Quercus robur</i> L. and cryopreservation of somatic embryos in liquid nitrogen _____	49
E. Natzke	Storage of oak seeds in a modified atmosphere and the growth from fungus <i>Ciboria batschiana</i> (= <i>Sclerotinia pseudotuberosa</i>) _____	61
W. Schmalen J. Herget	Storing of acorns - practical experiences _____	69
Z. Procházková A. Sikorová	Mycoflora associated with acorns in the Czech Republic _____	73

<i>Storage of acorns – frost hardiness</i>		Page
T.K. Schlegel W. Spethmann	Induction and persistence of frostharness in acorns of <i>Quercus robur</i> and <i>Quercus petraea</i> _____	81
R. Junge H.-J. Muhs G. v. Wühlisch	Testing the frost tolerance of acorns by differential thermal analysis (DTA) _____	105
J. Suszka	First polish investigations on the hardening of acorns of pedunculate oak _____	117
T. Schröder R. Kehr E. Natzke	Induced frost hardiness of acorns with contineous lowering of temperature _____	125
 <i>Chemical seed treatment</i> 		
J. Suszka	Cold-room storage of acorns of pedunculate oak after thermotherapy and fungicide treatment _____	141
K.-H. Berendes	Problems with the use of fungicides on forest seeds following amendment of the plant protection act _____	149
	Discussion _____	153
	List participants _____	157

VORWORT

Die zunehmende Bedeutung der Lagerungs- und Konservierungsmöglichkeiten von schwerem Laubholzsaatgut für die Forstwirtschaft, insbesondere zur Realisierung der neuen, auf Laub- oder Laubmischwälder ausgerichteten Waldumbauprogramme, war der Grund für die Etablierung dieses Arbeitsschwerpunktes am Institut für Pflanzenschutz im Forst, zumal pathogene Pilze in diesem Zusammenhang eine herausragende Rolle spielen können. Vor diesem Hintergrund war das erste Kolloquium zum Themenbereich "Forstsaatgut" im April 1996 durchgeführt worden. Die Aufarbeitung der Ergebnisse des damaligen Treffens erfolgte in Heft 329 der Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Die besondere Bedeutung des Forschungsbereiches ist bei der Einführung zu jenem Heft ausführlich dargestellt worden und muß an dieser Stelle nicht wiederholt werden.

Die starke konstruktive Resonanz auf das damalige Kolloquium und die Publikation des dazugehörigen Tagungsbandes hat dazu geführt, daß die Organisation einer Folgeveranstaltung mit einer Erweiterung des Themenspektrums dringend geboten schien. Dieses zweite Symposium zum Thema Forstsaatgut, bei dem die Eiche wegen ihrer besonderen Rolle wiederum im Vordergrund stand, hat nun unter zunehmender internationaler Beteiligung (Polen, Tschechien, Frankreich, Dänemark) am 28. und 29. April 1998 erneut in Braunschweig stattgefunden. Dabei sind nicht nur beachtliche Forschungsfortschritte bzw. neue wissenschaftliche Erkenntnisse vorgestellt und diskutiert worden, sondern es wurden auch Bereiche eingebunden, denen zunächst weniger Aufmerksamkeit gewidmet worden war.

Einer dieser Bereiche ist die Beizung von Forstsaatgut, wobei nicht nur anwendungstechnische, sondern mehr noch rechtliche Fragen im Mittelpunkt der Erörterungen standen. Nach altem Recht wurde die Zulassung der Pflanzenschutzmittel zum Vertrieb ausgesprochen, so daß ohne strikte Regelungen zur Anwendung die Behandlung von forstlichem Saatgut mit den auf dem Markt befindlichen Beizmitteln möglich war. Mit der Umstellung der rechtlichen Situation und Einführung der sogenannten "Indikationszulassung" werden die Anwendungsmodalitäten nunmehr streng geregelt. Das bedeutet, daß der relativ kleine Kreis von Beizmittel-Anwendern im Forstbereich, für den die Entwicklung spezifischer Mittel bzw. Zulassungen bislang nicht lohnend und zwingend notwendig war, jetzt keine Mittel zur legalen Behandlung von forstlichem Saatgut mehr zur Verfügung hat. Hier ist ein dringender Handlungsbedarf deutlich geworden. Bezüglich dieser Konfliktsituation und möglicher Lösungsansätze wird auf den Beitrag von BERENDES und PREUBENDORFF in diesem Heft verwiesen.

Der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Biologischen Bundesanstalt sei an dieser Stelle wiederum für die finanzielle Unterstützung des Symposiums durch Reisemittel für externe Referenten gedankt. Weiterhin danken die Herausgeber allen Referenten für die lückenlose und umfassende Ausarbeitung der Manuskripte sowie Uta Scheidemann für ihre bewährte professionelle Hilfe bei der Redaktionsarbeit.

Braunschweig im Juli 1999

Alfred Wulf
Institut für Pflanzenschutz im Forst der BBA

Kolloquium
„Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut“
im Institut für Pflanzenschutz im Forst
der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
am 28. und 29. April 1998

Beginn: Dienstag 13:00 Uhr

Ende: Mittwoch: 14:00

Tagesordnung
Dienstag, 28. April 1998

13:00 – 13:15 Uhr **Begrüßung und Einführung**
Prof. Dr. A. Wulf, Braunschweig

Schwerpunkt Ernte

13:15 – 13:35 Uhr **Maschinelle Eichelernte unter Verwendung von Netzen**
N. Schumann, Bülstringen

13:35 – 13:55 Uhr **Erfahrungen zur Thermotherapie mit Luft**
K. Gille, Oerrel

13:55 – 14:15 Uhr **Thermotherapie von Traubeneicheln mit Mikrowellenenergie**
T. Schröder, Braunschweig

14:15 – 15:10 Uhr **Diskussion und Pause**

Schwerpunkt Eichel-Lagerung

15:10 – 15:30 Uhr **Die bisherigen polnischen Eichellagerungsversuche (fungizidfreie Kühlhauslagerung)**
Prof. Dr. B. Suszka, Kornik

15:30 – 15:50 Uhr **Frosthärteinduktion bei Eicheln unter Wechseltemperaturbedingungen**
T. Schlegel, Sarstedt

15:50 – 16:10 Uhr **Prüfung der Frosttoleranz von Eicheln mittels der Differenz-Temperatur-Analyse**
R. Junge, Prof. Dr. H.J. Muhs & Dr. G.v. Wühlisch, Großhansdorf

16:10 – 16:30 Uhr **Die ersten polnischen Versuche über die Abhärtung von Eicheln der Stieleiche**
J. Suszka, Kornik

16:30 Uhr **Diskussion**

17:00 Uhr **Führung durch das Institut für Pflanzenschutz im Forst**

Mittwoch, 29. April 1998

Schwerpunkt Eichel-Lagerung

- 08:30 – 08:50 Uhr **Mycoflora associated with acorns in the Czech Republic**
Dr. Z. Prochazkova, Uherske Hradiste
- 08:50 – 09:10 Uhr **Somatic embryogenesis of *Quercus robur* L. and cryopreservation of somatic embryos in liquid nitrogen**
Dr. P. Chmielarz, Kornik
- 09:10 – 09:30 Uhr **Möglichkeit zur Frosthärteinduktion bei Eicheln mittels kontinuierlicher Temperatursenkung**
T. Schröder, Braunschweig
- 09:30 – 09:50 Uhr **Erste Ergebnisse zur Untersuchung der genetischen und phytopathologischen Selektionsprozesse bei Saatgut von *Quercus petraea* bei ein- und zweimaliger Überwinterung**
D. Schneck, H. Hertel & Dr. I. Zaspel, Waldsiefersdorf
- 09:50 – 10:10 Uhr **Mehrjährige Lagerung von Eicheln unter der Bedingungen der Hypoxie**
Dr. E. Natzke, Flechtingen & Dr. I. Rutkowski, Puschkino
- 10:10 – 10:50 Uhr Diskussion & Pause

Schwerpunkt Chemische Beizung

- 10:50 – 11:10 Uhr **Kühlhauslagerung fungizidbehandelter Eicheln der Stieleiche über einen, zwei und drei Winter**
J. Suszka, Kornik
- 11:10 – 11:30 Uhr **Anwendungsmöglichkeiten von chemischen Beizmitteln im harmonisierten EU-Pflanzenschutzrecht**
K.-H. Berendes, Braunschweig

Erfahrungsberichte zur Lagerung von Eichensaatgut

- 11:30 – 11:50 Uhr **Erfahrungsbericht über Eichellagerung in den Betrieben der Bayerischen Landesanstalt**
W. Schmalen, Teisendorf

Abschlußdiskussion

- 11:50 - offen **Diskussion**

Nils Schumann

Staatliches Forstamt Haldensleben, Landesforstbaumschule Sachsen-Anhalt, Bülstringen

Maschinelle Eichelernte unter Verwendung von Netzen

The use of nets for the mechanical harvest of acorns

Zusammenfassung

Während der Eichelernte 1997 erfolgte in einem Traubeneichenbestand im Staatlichen Forstamt Pölsfeld ein Vergleich von maschineller Netzernte und Handsammlung der Eicheln. Dabei ergaben sich für die Handsammlung u.a. folgende Vorteile: Witterungsunabhängigkeit, höhere Saatgutqualität, keine Notwendigkeit von Vorarbeiten und Investitionen. Als vorteilhaft für die maschinelle Netzernte erwiesen sich: geringer Arbeitskräftebedarf, ergonomisch günstigere Arbeitshaltung, kein direkter Kontakt der Eicheln mit dem Waldboden sowie die Tatsache, daß die Erntekosten in bezug auf die Erntefläche und nahezu unabhängig von der erzielten Erntemenge anfallen. Dadurch wird die Netzernte vor allem bei einer guten Mast zu einem effektiven Ernteverfahren, das der Handsammlung von Eicheln überlegen sein kann.

Stichwörter: Eichelernte, Erntenetze, Reinigungsmaschine, Handsammlung, Erntekosten, Erntequalität

Abstract

During the acorn harvesting in 1997 a comparison between the manual collection of acorns and the harvesting and refinement by machines was made. The advantages of the manual collection are: independence from the weather, better seed quality, no preparation and investment are necessary. The advantages of acorn harvesting by machines are: less workers, less manual work and less contact of acorns with mould. That are the reasons, why harvesting by machines becomes more effective than manual collection, especially in years with a very good profit of acorns.

Key words: acorn harvesting, harvesting nets, refinement machine, manual collection, harvesting costs, harvesting quality

Einleitung

Neben Rotbuche und Kastanie gehören die Eichenarten zu den wenigen schwersamigen Laubhölzern, die erst nach dem Abfallen der Samen am Boden geerntet werden.

Während bei der Rotbuche die Netzernte zum Standardverfahren schlechthin geworden ist, werden jedoch die Eicheln noch fast ausschließlich manuell vom Boden aufgesammelt. Nachdem in den letzten Jahrzehnten mehrere Versuche zur Entwicklung von Maschinen zur Ei-

chelernte gestartet, aber jeweils nicht bis zur Praxisreife zu Ende geführt wurden, schien mit der "Entdeckung" von Olivenerntemaschinen für die Eichelerte in Deutschland Anfang der 90er Jahre der Durchbruch geschafft. Nach anfänglicher Euphorie bei den Betreibern der Erntemaschinen traten doch einige Mängel dieser Technologie ans Tageslicht. Diese bestehen vor allem in:

1. großer Witterungsabhängigkeit, d.h. bei feuchter Witterung, die im Oktober/November oft herrscht, verstopfen ständig die Reinigungskammern und -kanäle mit feuchtem Laub;
2. Zerstörung des Oberbodengefüges durch die starke Saugkraft der Anlage;
3. mangelnder Effektivität des Verfahrens, vor allem bei geringer Mast, da unabhängig von der Eicheldichte nur eine bestimmte Flächengröße pro Tag beerntet werden kann.
4. Zur Überwindung dieser Probleme bot sich eine Kombination der maschinellen Ernte mit dem Netzverfahren an, da:
 - beim Absaugen der Netze der Waldboden nicht beeinträchtigt wird;
 - durch das Zusammenschütteln der Netze das Erntegut vorkonzentriert wird (von ca. 5 Netzen à 30 m² Fläche auf 1 Netz mit ca. 3-4 m² abzusaugender Fläche);
 - dadurch eine relativ kurze Erntedauer erreicht wird, so daß man mit der Beerntung der Netze auf günstige (trockene) Witterung warten kann.

Ablauf der Eichelerte

Nach einem geringen Eichelaufkommen in den Jahren 1994 und 1995 und einer kompletten Fehlmasse 1996 fiel auch die Eichelertepronose 1997 für Sachsen-Anhalt zunächst negativ aus. Erfreulicherweise trafen jedoch ab Mitte August noch Meldungen von Forstämtern aus dem südlichen Bereich Sachsen-Anhalts ein, die zumindest bei der Traubeneiche eine Sprengmasse versprochen.

Nach Überprüfung der Prognosen wurde festgelegt, im Bestand mit dem besten Eichelansatz versuchsweise die Netzernte durchzuführen. Dieser befand sich im Forstamt Pölsfeld, Revier Bayernaumburg, Abt. 515 a im südöstlichen Harzvorland.

Als erster Arbeitsschritt erfolgte am 1. Oktober die Auswahl und Kennzeichnung der Bäume mit dem besten Eichelansatz. Das erwies sich als relativ schwierig, da bei der Traubeneiche die Eicheln überwiegend oben auf den Zweigen sitzen. Dadurch ist eine sichere Ansprache des Eichelansatzes im Bestand auch mit gutem Fernglas nur bedingt möglich. Parallel dazu wurden vom 1. bis 3. Oktober die Erntenetze ausgelegt, je nach Kronengröße und -form 4 bis 6 Netze à 30 m² je Baum. Insgesamt wurden 1.200 Netze eingesetzt. Das entspricht einer Fläche von 3,6 ha.

Noch während des Auslegens der Netze am 2. Oktober war infolge starken Windes schon ein erhebliches Abfallen von noch überwiegend grünen Eicheln zu verzeichnen. Auf Grund der westexponierten Lage des Bestandes und des fehlenden Waldmantels herrschten auch im Bodenbereich so starke Winde, daß ein Teil der Netze zwischen 3. und 10. Oktober nachkorrigiert werden mußten.

Da nicht unter allen masttragenden Bäumen Netze ausgelegt werden konnten, erfolgte ab 9. Oktober die manuelle Beerntung des Restbestandes. Dieser wies eine Größe von ca. 7 ha auf, war also etwa doppelt so groß wie der mit Netzen ausgelegte Teil des Bestandes. Das Abfal-

len der Eicheln verlief in etwa 3-4 Intervallen jeweils bei starkem Wind und war am 15. Oktober beendet. Die Dauer des intensiven Eichelfalls betrug also ca. 14 Tage. Am 17. Oktober wurde die Handsammlung beendet. Die Erntemenge betrug 2.016 kg.

Vom 22. bis 24. Oktober erfolgte bei günstiger trockener Witterung die Beerntung der ausgelegten Netze. Dabei wurden die Erntenetze zunächst zusammengenommen und der Netzinhalt von ca. 5-6 Netzen auf 1 Netz zusammengeschüttet. Anschließend wurden die vollen Netze zum nächsten Weg gezogen. Da der Laubanteil auf den Netzen sehr hoch war, erfolgte hier zunächst eine grobe manuelle Vorreinigung des Netzinhaltes. Diese bestand aus einem Schütteln der Netze und anschließendem Abschöpfen des obenaufliegenden Laubes. Dadurch konnte der Netzinhalt auf ca. 25 % der Ausgangsmenge reduziert werden, so daß auch die anschließende Reinigung mit der Olivenerntemaschine nur etwa 1/4 der sonst notwendigen Zeit in Anspruch nahm.

Die maschinelle Reinigung erfolgte durch Aufsaugen des Netzinhaltes direkt vom Netz oder von einem festen Weg. Wir benötigten zur Reinigung etwa 8 Stunden reine Arbeitszeit und erzielten dabei ein Erntergebnis von 1.650 kg. Dabei ist zu beachten, daß ein erheblicher Anteil der Netze auf Grund der unsicheren Prognosemöglichkeiten kaum Eicheln beinhalten. Weiterhin ist festzustellen, daß bei einer guten Vollmast auf gleicher Netzfläche die 3-5fache Erntemenge erzielt werden könnte, ohne daß die Erntekosten erheblich steigen würden.

Abschließend bleibt festzustellen, daß die Saatgutqualität bei gut eingewiesenen Handsammlern eindeutig höher ist, da nach der Maschinenreinigung immer ca. 2 % bis 5 % Fremdbestandteile, in erster Linie Hütchen, im Erntegut verbleiben und der Anteil wurmstichiger Eicheln höher ist.

Betriebswirtschaftlicher Vergleich der Ernteverfahren

1. Netzernte/Maschinelle Reinigung

Arbeitsschritt	Arbeitszeitbedarf in Std.	Arbeitskosten in DM (Kostensatz: 40.- DM/Std.)
Auslegen der Netze	94,0	3.760,00
Nachkorrigieren der Netze nach starkem Wind	48,0	1920,00
Zusammennehmen der Netze und maschinelle Reinigung	241,0	9.640,00
Summe:	383,0	15.320,00 DM
+ Arbeitskosten Traktor + Tonutte: 8,0 Std. x 70,00.- DM/Std.		560,00 DM
= Gesamtkosten		15.880,00 DM
+ Erntemenge		1.650,00 kg
= Erntekosten		9,62 DM/kg

2. Handsammlung

Arbeitsaufwand:	606,0 Std. x 40,00 DM/Std. =	24.240,00 DM
	+ Erntemenge	2.016,00 kg
	= Erntekosten	<u>12,02 DM/kg</u>

Bezogen auf die Erntemenge liegen die angefallenen Erntekosten bei der Netzernte etwas günstiger. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Mehrzahl der guten Erntebäume mit Netzen ausgelegt war, so daß die Ausgangsbedingungen für das Netzernteverfahren etwas günstiger waren.

Die beim manuellen Ernteverfahren angefallenen Kosten in Höhe von 12,02 DM/kg liegen erheblich über dem normalen Kostensatz. Beim sonst üblichen Einsatz von Hilfskräften werden durchschnittlich 5,00 DM/kg als Sammlerlohn ausgezahlt, ohne daß dabei Nebenkosten anfallen. Unsere Handsammlung wurde hingegen ausschließlich mit Stammarbeitskräften realisiert, für die bei hohem Lohnniveau noch ca. 120 % Lohnnebenkosten anfallen.

Der Kostensatz für die Netzernte würde bei einer guten Vollmast erheblich niedriger liegen. Werte zwischen 3,- und 4,- DM/kg sind durchaus realistisch.

Vergleich der Eichelernteverfahren

Arbeitsschritte\ Ernteverfahren	Netzernte und maschinelle Reinigung	Handsammlung
<ul style="list-style-type: none"> • notwendige Vorarbeiten 	<ul style="list-style-type: none"> - Ankauf der Netze (ca. 6.000,- DM/ha), falls nicht für Bucheckern-ernte bereits vorhanden - bei maschineller Netzreinigung: Ankauf einer Reinigungsmaschine (ca. 15.000,- DM) und Bereitstellung eines Traktors mit Zapfwelle - Auswahl und Kennzeichnung der Erntebäume im Bestand - Auslegen der Erntenetze - Kontrolle der Netze auf richtige Lage nach stärkerem Wind sowie auf Annehmen durch Schwarzwild 	<ul style="list-style-type: none"> - Ernteprognose im Bestand prüfen

Arbeitsschritte\ Ernteverfahren	Netzernte und maschinelle Reinigung	Handsammlung
<ul style="list-style-type: none"> • Durchführen der Ernte 	<p><u>Variante 1: manuelles Absammeln der Netze</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - je nach Fallen der Eicheln 3 bis 5maliges Zusammenschütteln des Netzinhaltes - manuelles Absammeln der so vor-konzentrierten Netze bis Ernteab-schluß <p>Die Anwendung dieser Variante wird erforderlich bei hoher Schwarzwild-dichte, da die Sauen i.d.R. nach wenigen Tagen die Scheu vor den Ernetnetzen verlieren und diese nach Eicheln absu-chen und zusammenschieben</p> <p><u>Variante 2: maschinelle Reinigung der Netze</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - nach Ende des Abfallens der Eicheln erfolgt Zusammenlegen der Netze - Zusammenschütteln des Netzinhaltes von ca. 4-5 Netzen auf 1 Netz und Herausziehen der Netze an Wege und Bestandesränder - manuelle Vorreinigung durch Schütteln der Netze und Abschöpfen von Laub und Zweigen - Absaugen des vorgereinigten Netz-inhaltes und Reinigung durch Oli-venerntemaschine "Tonutti" 	<ul style="list-style-type: none"> - manuelles Aufsammeln der Eicheln im Bestand - ab beginnendem Fall der Früchte, i.d.R. durch Aus-hilfskräfte - monotone Arbeit in ergo-nomisch sehr ungünstiger Haltung - bei zum Erntetermin meist herrschender feucht-kalter Witterung besteht hoher und schneller Durchnäs-ungsgrad, da Rücken meist zum Himmel ge-richtet - günstigste Arbeitshaltung ist noch, auf "allen Vieren" im Bestand zu sammeln
<ul style="list-style-type: none"> • Zwischenla-gerung der Eicheln 	<p>Die Reinigung der Netze dauert meist nicht länger als 1-2 Tage, so daß die aufwendige Zwischenlagerung der Ei-cheln entfallen kann. Im Anschluß an die maschinelle Reinigung werden die Ei-cheln in PVC-Gitterkisten, 60x40x30cm, verpackt und direkt zur weiteren Bear-beitung transportiert. Die weitere Be-handlung der Eicheln läuft in folgenden Arbeitsschritten ab:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abschwemmen der Eicheln - Thermotherapie - Fungizidbehandlung 	<p>Eine Zwischenlagerung der Eicheln in der Nähe des Ern-teortes ist notwendig, da über den gesamten Erntezeit-raum täglich kleinere Mengen anfallen.</p> <p>Nach Abtransport des zwischengelagerten Erntegutes erfolgt die weitere Behand-lung wie bei den Eicheln aus der Netzernte</p>

Arbeitsschritte/ Ernteverfahren	Netzernte und maschinelle Reinigung	Handsammlung
	<ul style="list-style-type: none"> - Rücktrocknung der Eicheln auf 45-48 % FWG (bei 20°C ca. 8 bis 10 Stunden Dauer) - Einlagerung in Kühlcontainer bei zunächst 3°C und 95 % Luftfeuchte - danach schrittweises Absenken der Temperatur auf -1°C bis -2°C - Reduzierung der Luftfeuchtigkeit auf 80-85 %, da ansonsten die Verdampfer der Kälteaggregate ständig vereisen - Lagerung unter diesen Bedingungen bis zum nächsten Frühjahr (FWG der Eicheln nach 5 Monaten Lagerung: 42 bis 45 %) 	

Vorteile der jeweiligen Ernteverfahren

Netzernte/Maschinelle Reinigung	Handsammlung
<ul style="list-style-type: none"> - effektives Ernteverfahren vor allem bei guter Mast, da die Kosten in Bezug auf die Erntefläche anfallen, nahezu unabhängig von der erzielten Erntemenge - relativ geringer Bedarf an Arbeitskräften - kein direkter Kontakt der Eicheln mit dem Waldboden, dadurch verringerte Infektionsgefahr mit <i>Ciboria batschiana</i> - keine aufwendige Zwischenlagerung der Eicheln erforderlich, Eicheln liegen auf Netzen in Laubgemisch optimal und werden erst kurz vor dem Abtransport und zur weiteren Bearbeitung aus den Netzen entnommen - ergonomisch günstigere Arbeitshaltung 	<ul style="list-style-type: none"> - kaum Vorarbeiten und Investitionen notwendig - bei entsprechender Einweisung der Arbeitskräfte hohe Saatgutqualität - nicht so anfällig gegen Schäden durch Schwarzwild, da täglich Menschen auf der Erntefläche - weniger Witterungsabhängig

Klaus Gille

Nieders. Forstamt Oerrel, Forstsaatgut – Beratungsstelle, Oerrel

Eichelthermotherapie mit Warmluft

Thermotreatment of acorns with warm air

Zusammenfassung

Die Thermobehandlung von Stiel- und Traubeneicheln mit warmer Luft ist eine erfolgreiche und schonende Methode, den Schwarzfäulepilz (*Ciboria batschiana*) zu bekämpfen. Die Versuchsergebnisse zeigen ein gutes Abschneiden dieser Behandlungsvariante im Vergleich zur Thermobehandlung mit Wasser und anschließender Fungizidbehandlung.

Stichwörter: Eicheln, Thermobehandlung, Schwarzfäule, *Ciboria batschiana*

Abstract

The thermotreatment of acorns in a warm air stream is a successfully and spare methode to fight the fungus *Ciboria batschiana*. The cause results show a good come out of this treatmentvariants as against the treatment with water and following fungustreatment.

Key words: acorns, thermotreatment, lack rot mumification, *Ciboria batschiana*

Seit 1992 erzielt die Forstsaatgut – Beratungsstelle (fsb), Oerrel mit der Thermobehandlung (THB) von Eicheln in warmem Wasser gute Erfolge. Die Behandlung dient der Abtötung des Schwarzfäulepilzes (*Ciboria batschiana*), mittels einer Temperatur von 41 °C über 2 Stunden. Unter diesen Bedingungen wird der Pilz vollständig abgetötet. Eine exakte Temperaturführung ist notwendig, da schon bei einer geringfügig erhöhten Temperatur, insbesondere bei Traubeneicheln, Schäden auftreten können.

1995 wurde in der fsb die erste Thermobehandlung mit Warmluft (THB-Luft) durchgeführt. Ziel war es, zu untersuchen, ob sich der Schwarzfäulepilz auch mit Hilfe dieser Behandlungsmethode abtöten läßt und ob dieses Verfahren weiteren Einfluß auf die Keimfähigkeit der Eicheln hat. Es wurden sowohl Trauben- als auch Stieleicheln behandelt.

Die Warmluftbehandlung der Eicheln wurde in einem Klimaschrank durchgeführt, der auf eine Temperatur von 41 °C erwärmt werden kann. Die befeuchteten Eicheln garantierten eine hohe Luftfeuchtigkeit im Schrank. Ein Warmluftstrom erwärmte die Eicheln in ca. 2 Stunden auf 41° C, ca. 2 weitere Stunden wurde die Temperatur konstant gehalten. Nach dieser Behandlung waren die Eicheln äußerlich vollständig abgetrocknet, der Wassergehalt hatte sich

aber nur geringfügig verringert. Die Pilzuntersuchungen ergaben, daß bei den Eicheln noch vereinzelt Schwarzfäule vorhanden war. Die Keimergebnisse sind in Abb. 1 aufgeführt.

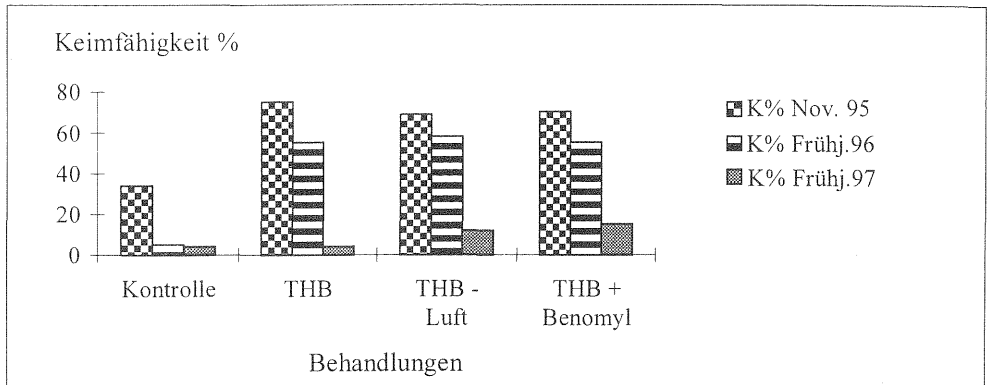


Abb. 1: Keimfähigkeit von Traubeneicheln 1995 bis 1997.

Die Abb. 1 zeigt 4 Behandlungsvarianten mit den Keimprozenten aus den Jahren 1995 bis 1997. Deutlich ist der Erfolg einer Thermobehandlung im Vergleich zur Kontrollvariante zu erkennen. Dabei unterscheiden sich die Ergebnisse der Behandlungsvarianten nur unwesentlich. Nach zweimaliger Überwinterung fällt allerdings die Keimfähigkeit der Thermobehandlung im Wasserbad im Vergleich zur Thermobehandlung mit Warmluft deutlich ab.

Die Abb. 2 gibt die Auflaufzahlen im Praxisversuch wieder, der im Kamp der forstlichen Versuchsanstalt in Escherode angelegt wurde.

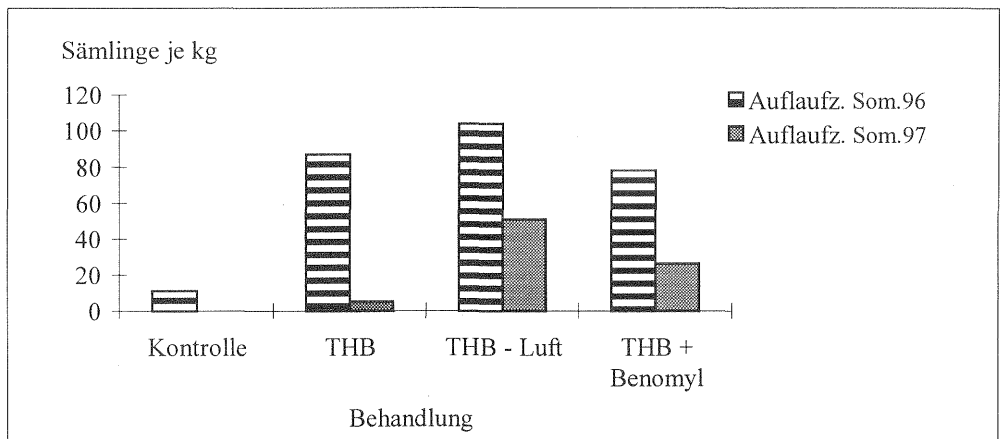


Abb. 2: Auflaufzahlen von Traubeneicheln 1996 und 1997.

Die Abb. 2 zeigt die Aussaatergebnisse, Pflanzenausbeute je kg Saatgut, aus 1996 und 1997. Sowohl nach einer einmaligen als auch zweimaligen Überwinterung der Traubeneicheln, zeigt sich im Auflaufergebnis eine deutliche Überlegenheit der Thermobehandlungsvariante mit Warmluft.

Die Abb. 3 zeigt 5 Behandlungsvarianten der Stieleiche mit den Keimprozenten aus den Jahren 1995 bis 1998.

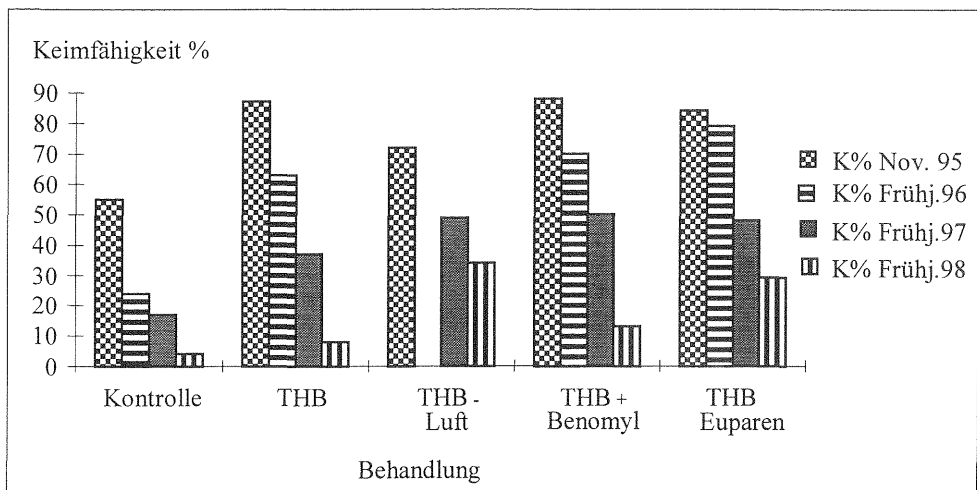


Abb. 3: Keimfähigkeit von Stieleicheln 1995 – 1998.

Die Varianten Thermobehandlung im Wasser mit anschließender 0,25 %iger Fungizidbehandlung schneiden sehr gut ab, dicht gefolgt von der Thermobehandlung mit Warmluft, deren Stärke und Überlegenheit sich aber erst nach einer dreimaligen Überwinterung zeigt.

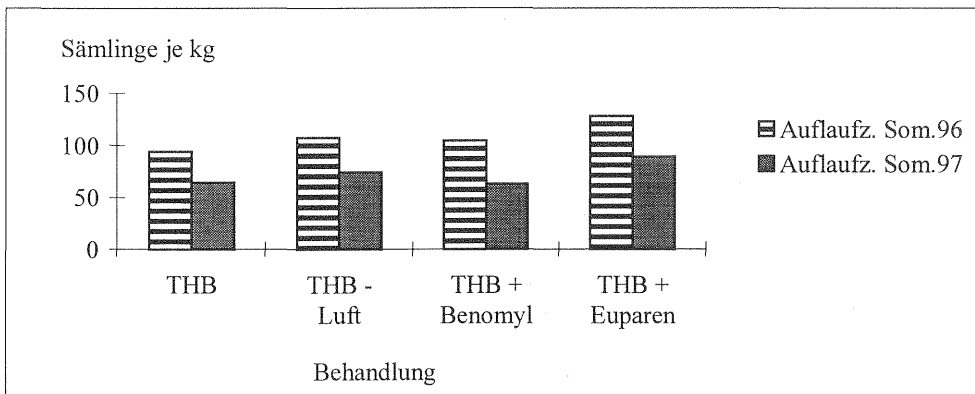


Abb. 4: Auflaufzahlen von Stieleicheln 1996 und 1997

Im Keimtest war keine Überlegenheit der Variante Thermobehandlung mit Warmluft zu erkennen. Neue Ergebnisse zeigen aber eine deutlich höhere Pflanzenausbeute dieser Variante bei der Aussaat 1998. 50 Sämlinge je kg Saatgut bei der Thermobehandlung mit Luft, gefolgt von der Variante Thermobehandlung plus Benomyl mit 35 Sämlingen.

Alles in allem ein gutes Abschneiden der Thermobehandlung mit Warmluft, obwohl die Behandlung nicht zu einer kompletten Abtötung des Schwarzfäulepilzes ausreichte. Besonders

für eine längerfristige Lagerung von Eicheln schien dies eine schonende Behandlungsmethode zu sein.

Aufgrund dieser positiven Erfahrung hat die fsb im Herbst 1997 in einem Klimaraum zwei Partien Traubeneicheln von insgesamt ca. 700 kg mit Warmluft behandelt. Die Thermobehandlung verlief ähnlich, wie schon beschrieben. Die befeuchteten Eicheln wurden mit Warmluft durchströmt. Der Aufwärmvorgang dauerte nicht so lange wie 1995 im Klimaschrank.

Die Klimadaten der Warmluftbehandlung bezüglich Temperatur und Feuchtigkeitsverlauf ist in Abb. 5 dargestellt.

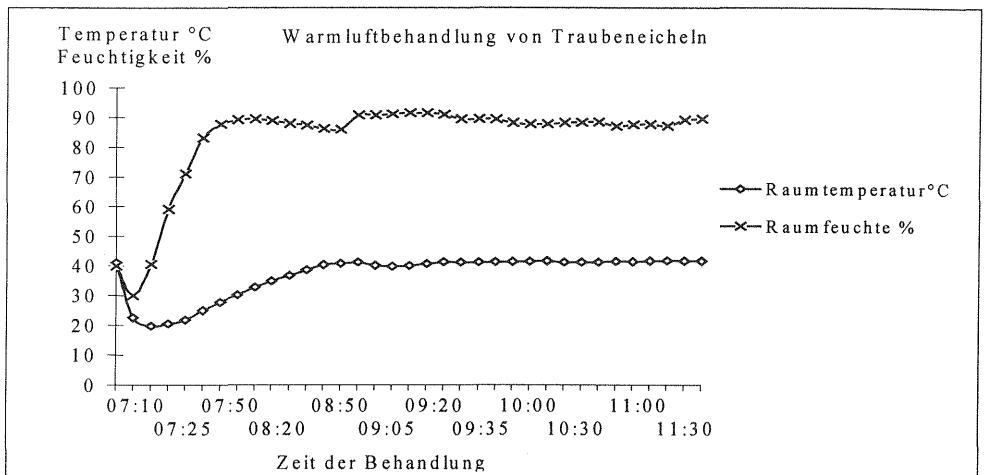


Abb. 5: Verlauf der Raumtemperatur und -feuchte während der Warmluftbehandlung von Traubeneicheln.

Nachfolgend sind wichtige Daten im Ablauf der Warmluftbehandlung aufgeführt:

- Erwärmung des Klimaraumes auf 41 °C, ca. 40 % relative Feuchtigkeit (F).
- Befüllung mit befeuchteten Eicheln, starten der Durchströmungsluft.
- Abfall der Temperatur auf ca. 20 °C und 30 % F. Dann langsamer Anstieg der Temperatur in 1,5 Std. auf 41 °C. Steiler Anstieg der rel. Feuchtigkeit auf 80 - 90 %.
- Nachbefeuchtung der Eicheln 8:55 Uhr.
- Raumtemperatur sehr konstant 40 – 41 °C.
- Kontrollmessungen in den Eichelpartien (Meßwerte in Klammern) ergaben zu unterschiedlichen Zeiten Werte zwischen 40 und max. 41,4 °C.
- 9:30 Uhr Beginn der Behandlungsdauer, 41,1 °C (40,0 °C).
- 11:40 Uhr Ende der THB mit Warmluft, 41,6 °C (41,2 / 41,4 °C)

Die Tab. 1 zeigt die Keimprozentage der Traubeneichelpartie aus Elmstein vom Nov. 1997 zur Einlagerung und März 1998 nach Überwinterung. Als Vergleich die Ausgangsprobe ohne Behandlung.

Tab. 1: Keimprozent Traubeneicheln Elmstein. (K%: Keimprozent; WG%: Wassergehalt in %; ZLK: Zahl lebensfähiger Keime; THB: Thermobehandlung).

Traubeneiche 81808, Elmstein, SHK Pfälzerwald						
	K% Nov.97	ZLK je kg	WG%	K% März 98	ZLK je kg	WG%
Ausgangsprobe	60	169	47,0			
THB	70	214	45,1	64	212	43,7
THB - Luft	66	209	47,6	76	254	49,8

Bei der normalen Thermobehandlung im Wasser kommt es zu einem leichten Keimverlust. Die Thermobehandlung mit Warmluft zeigt im März 1998 bessere Keimergebnisse als im Nov. 1997. Dies ist nicht ohne weiteres zu erklären, würde aber, geht man von annähernd gleichbleibenden Ergebnissen aus, für eine Thermobehandlung mit Warmluft sprechen.

Bei den Traubeneicheln aus Bocklingen (Tab. 2) handelte es sich um eine sehr stark pilzbefallene Partie, die erst Ende November 1997 behandelt wurde.

Tab. 2: Keimprozent Traubeneicheln Bocklingen. (K%: Keimprozent; WG%: Wassergehalt in %; ZLK: Zahl lebensfähiger Keime; THB: Thermobehandlung)

Traubeneiche 81803, Bocklingen, SHK Heideeiche						
	K% Nov.97	ZLK je kg	WG%	K% März 98	ZLK je kg	WG%
Ausgangsprobe	41	131	45,7			
THB	65	196	46,4	51	169	48,9
THB - Luft	64	208	44,1	25	86	42,5

Auch hier wieder die Keimprozent im Nov. 1997 und März 1998. Man sieht annähernd gleiche Keimprozent bei den thermobehandelten Eicheln, aber deutlich schlechtere Keimprozent bei der Ausgangsprobe. Dies spricht für eine kurative Wirkung der Thermobehandlung. Aber schon nach einer Überwinterung kommt es zu einem starken Keimverlust. Bei den Eicheln mit Warmwasserbehandlung vermindert sich die Keimfähigkeit auf 50 % und die mit Warmluft behandelten Eicheln fallen sogar auf 25 % Keimfähigkeit ab. Leider gab es keine Kontrollvariante ohne Behandlung zur Überprüfung nach einer Überwinterung. Neue Ergebnisse aus der Freilandaussaat bestätigen diese schlechten Keimprozent allerdings nicht. Die Baumschule, die diese Partien ausgesät hat, ermittelte eine Ausbeute von ca. 180 Pflanzen je kg Eicheln. Ein nennenswerter Unterschied zwischen den beiden Varianten Thermobehandlung und Thermobehandlung mit Warmluft bestand bei der Praxisausaat nicht.

Eine Kontrolle der Pilzinfektion im März 1998 ergab bei der Bocklinger Partie 9% Schwarzfäulebefall bei den mit Warmluft behandelten Eicheln und eine vollständige Abtötung des Pilzes bei der Wasserbehandlung. *Ciboria batschiana* konnte nur bei Eicheln mit Nekrosen nachgewiesen werden. Der Schwächepilz *Mucor* sp. war mit ca. 40% bei der Thermobehandlung mit Luft und mit ca. 70% bei der Thermobehandlung mit Wasser vertreten.

Thomas Schröder¹, Dieter v. Hörsten² und Rolf Kehr¹

¹) Institut für Pflanzenschutz im Forst, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig

²) Institut für Agrartechnik, Georg-August-Universität, Göttingen

Thermotherapie von Traubeneicheln mit Mikrowellenenergie

Microwave treatment of acorns of sessile oak

Zusammenfassung

Als Alternative zur Thermotherapie mit Warmwasser wurde die Anwendbarkeit der Mikrowellenbehandlung bei Eichensaatgut mit einer im Institut für Agrartechnik der Universität Göttingen für Getreidesaatgut entwickelten Laboranlage überprüft. Die Wirksamkeit der Mikrowellenbehandlung beruht wie die Thermotherapie mit Wasser auf thermischen Effekten in den Zellen der Mikroorganismen, wobei die Art der Erwärmung unterschiedlich ist. Es konnte der Nachweis erbracht werden, daß der Pilz *Ciboria batschiana*, der Erreger der Schwarzen Eichelfäule, bei einer einstündigen Behandlung zu 100 % abgetötet werden kann, ohne daß die Keimfähigkeit beeinflusst wird.

Stichwörter: Eichel, *Quercus robur*, *Quercus petraea*, Thermotherapie, Mikrowelle, samenbürtige Mikropilze, *Ciboria batschiana*

Abstract

The microwave treatment of acorns was tested as an alternative to the conventionally used thermotherapy treatment with warm water. The microwave facility was developed at the „Institut für Agrartechnik“ of the Georg-August-Universität Göttingen. The efficacy of both microwave treatment and thermotherapy is based on thermal effects on the cells of the microorganisms. The results of the investigations showed that it is possible to eliminate the fungus *Ciboria batschiana*, which causes black-rot mummification in acorns, with a microwave treatment without reduction of the germination percentage.

Keywords: acorns, *Quercus robur*, *Quercus petraea*, thermotherapy, microwave treatment, seedborne fungi, *Ciboria batschiana*

Einleitung

Die „Thermotherapie“ der Eicheln, ein Bad in 41 °C warmem Wasser, ist auf Grund ihres hohen Zeitbedarfes von zwei Stunden Behandlungszeit zuzüglich einer mehrstündigen Rücktrocknung eine sehr aufwendige phytosanitäre Maßnahme. Gegenwärtig ist zudem unklar, ob es nicht auch negative physiologische Effekte des langen Verweilens des Saatgutes im Wasser bei einer Temperatur von 41 °C gibt (siehe SCHRÖDER et al. in diesem Heft). Im Thermosterapiewasser konnten lebensfähige Schimmelpilze vor allem der Gattung *Penicillium* und *Mucor* nachgewiesen werden (WULF & SCHRÖDER 1997, SCHRÖDER 1999). Es ist möglich, daß mit Zunahme der Nutzungszeit „gebrauchten“ Thermosterapiewassers (in der Praxis zwischen

Vor allem dieses letzte Keimergebnis der Traubeneicheln aus Bocklingen bestätigt die bis dahin positiven Erfahrungen der Thermobehandlung mit Warmluft nicht. Die Baumschulaus-
saat steht diesen schlechten Keimergebnissen gegenüber, so daß diese als nicht repräsentativ
gewertet werden können. Trotzdem sind weitere Untersuchungen notwendig, um die positiven
Aspekte der Thermobehandlung mit Warmluft zu untermauern. Dieses Verfahren vereinfacht
das „Handling“ während der Behandlung. Größere Mengen Eichensaatgut können so kosten-
günstiger therapiert werden. Die Pilzuntersuchungen zeigen uns weiterhin, daß vermutlich
eine Warmluftbehandlung der Eicheln deutlich schonender ist als die herkömmliche Thermo-
behandlung.

einem und mehreren Tagen) eine Anreicherung von Sporenmaterial und dadurch eine potentielle Infektionsquelle mit sekundär pathogen wirkenden Schimmelpilzen geschaffen wird. Bei der Auflistung der „Nachteile der Thermotherapie“ soll jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß die Thermotherapie mit Warmwasser z.Zt. die einzige praxistaugliche phytosanitäre Maßnahme ist, um den Erreger der Schwarzen Eichelfäule „*Ciboria batschiana*“ wirksam bekämpfen zu können. Die Arbeiten anderer Autoren zu Alternativverfahren wie die Thermotherapie mit Warmluft (MIDDELMANN 1997a, 1997b sowie GILLE in diesem Heft) scheinen jedoch die Notwendigkeit zur Suche nach Alternativen zu unterstreichen.

In Zusammenarbeit des Instituts für Pflanzenschutz im Forst der BBA mit dem Institut für Agrartechnik der Universität Göttingen wurde die Anwendbarkeit einer Mikrowellenbehandlung zur Abtötung des Pilzes *Ciboria batschiana* überprüft. Die für diese Versuche genutzte Anlage wurde im Institut für Agrartechnik entwickelt und wird im Labormaßstab zur Behandlung v.a. von Getreidesaatgut eingesetzt (LÜCKE 1992, HÖRSTEN 1994, HÖRSTEN et al. 1994). In der Hauptsache wurden mit Mikrowellenanlagen anderer Arbeitsgruppen bislang Versuche zur Abtötung von Insekten im Saatgut durchgeführt: SHARP (1996) an Mango und Avocado, CROCKER et al. (1987) an Eicheln (*Quercus virginiana*). Im letzten Beispiel zeigten die Eicheln und die Insektenlarven die gleiche Empfindlichkeit gegenüber der Mikrowellenerwärmung, so daß eine Reduktion der Larven auch ein Absinken der Keimfähigkeit der Eicheln bedeutete. Weitere Untersuchungen beschäftigten sich mit dem Abtöten von Bakterien an Saatgut (HANKIN & SANDS 1977) sowie der Bekämpfung von Mikropilzen (CAVALCANTE & MUCHOVEJ 1993; v. HÖRSTEN 1994).

Die Mikrowellenbehandlung ist ein physikalisch-thermisches Verfahren. Die Frequenz der genutzten Mikrowellenanlage betrug 2.450 MHz. Dieses elektrische Wechselfeld regt chemische Verbindungen mit einer asymmetrischen Ladungsverteilung und damit Dipoleigenschaften¹ (z.B. Wasser) zu Schwingungen an. Die Moleküle versuchen daher, sich entlang der elektrischen Feldlinien des Wechselfeldes auszurichten. Die Schwingungen erfolgen mit der Frequenz des Mikrowellenfeldes (2.450 MHz bewirken 2.450 Mio. Schwingungen pro Sekunde; CHIPLEY 1980). Nachbarmoleküle behindern sich bei ihrer Schwingbewegung gegenseitig. Dadurch kommt es zu einer Umwandlung der elektrischen Energie in Wärmeenergie im behandelten Material (WHITE 1973 zitiert in HEINDL 1993). Die Vorteile der Mikrowellenerwärmung gegenüber herkömmlichen thermischen Behandlungen sind daher:

- die im Produkt erfolgende Wärmeentwicklung (SPRENG 1973; SCHUBERT & GRÜNEWALD 1983) und
- die durch die schnellere Durchwärmung reduzierbare Behandlungsdauer.

Material und Methoden

Mikrowellenanlage zur Saatgutbehandlung

Grundlage der Mikrowellenversuchsanlage im Institut für Agrartechnik der Universität Göttingen bildet das Gehäuse einer handelsüblichen Haushaltsmikrowelle. Die technische Ausstattung einer Haushaltsmikrowelle hat jedoch den Nachteil, daß die Feldstärke des Mikrowellenfeldes im Garraum großen Schwankungen unterliegt und daher keine gleichmäßigen, reproduzierbaren Behandlungen ermöglicht. Für dieses Ziel ist die Meßtechnik einer Haus-

¹Dipolmolekül, besteht aus einem positiven und einem negativen Ion, die zusammen einen elektrischen Dipol bilden (Ionenbindung, polare Bindung)

haltsmikrowelle ebenfalls ungeeignet. Aus diesem Grund wurden alle jene Elemente, die die Hochfrequenzerzeugung, die Wellenleitung sowie die Meß- und Dokumentationstechnik beeinflussen ersetzt und auf den speziellen Bereich der Saatgutbehandlung abgestimmt.

Innerhalb des Garraumes befindet sich ein aus Teflon gefertigter Probensteller, gekoppelt mit einer Drehvorrichtung. Zusätzlich zur Mikrowellenbehandlung kann die Atmosphäre im Garraum durch Zuführung von Wasserdampf oder die aktive Zu- und Abführung von Luft verändert werden. Die Außenwände des Garraumes können mit Heißluft umströmt werden, um Wärmestrahlungsverluste des Behandlungsgutes an die Garraumwand zu reduzieren.

Messung der Eicheltemperatur

Für die Mikrowellenversuche wurde als Grundlage eine Behandlungstemperatur von 41 °C gewählt. Dieser Wert ist aus der Bekämpfung des Pilzes *Ciboria batschiana* bekannt und bietet die Gewähr, keine phytotoxischen Auswirkungen auf die Eichel zu haben. Die Prozeßsteuerung erfolgte über die Messung der Oberflächentemperatur des Saatgutes während der Mikrowellenbehandlung mittels berührungsloser Infrarotmeßtechnik. Der Nachteil dieser Meßmethode besteht darin, daß lediglich Aussagen über die Oberflächentemperatur der Eicheln, nicht deren inneren Teile, gemacht werden können. Da Mikrowellen von Innen heraus erwärmen, ist dies allerdings besonders bei feuchten Samen wie der Eichel (m.c. > 40 %) von großem Interesse. Es galt herauszufinden, welche Oberflächentemperatur die Keimfähigkeit nicht beeinflußt.

Erst in der letzten Untersuchungsphase stand ein Gerät zur faseroptischen Temperaturmessung zur Verfügung. Mittels Drehkupplung konnte mit einem flexiblen Meßfühler (Ø 1 mm), der in eine Eichel gesteckt wurde, der Temperaturverlauf innerhalb einer Eichel über die gesamte Behandlungszeit dokumentiert werden.

Vorversuche zur Variation der Oberflächentemperatur der Eicheln

Im ersten Variantenkomplex wurden Stieleicheln aus dem Forstamt Elmstein (Herk.: 817 07, Ernte 1996) verwendet. Die Versuche wurden im Frühjahr 1997 durchgeführt und dienen der Ermittlung der optimalen Oberflächentemperatur, ausgehend von dem vorgewählten Wert von 40 °C. Verschieden hohe Temperaturen wurden durch unterschiedlich hohe Mikrowellenenergie erreicht. Ziel war eine hohe phytosanitäre Wirkung ohne negativen Einfluß auf die Keimfähigkeit. Darüber hinaus wurden verschiedene Zusatzbehandlungen wie die Kombination mit Abluft oder die Zufuhr von Dampf in den Garraum bei gleicher Behandlungsdauer (5 Minuten) und vorgegebener maximaler Oberflächentemperatur (40 °C) untersucht. Die Zeitnahme erfolgte ab dem Zeitpunkt, an dem die vorgegebene Oberflächentemperatur erstmals erreicht wurde. Der Begriff „Anfangsleistung“ charakterisiert die Mikrowellenleistung, die zum Erreichen der gewünschten Oberflächentemperatur nötig war. Ab diesem Zeitpunkt wurde die Oberflächentemperatur konstant gehalten, wobei zur Aufrechterhaltung dieses Wertes nicht kontinuierlich Mikrowellenleistung appliziert wurde, sondern zeitweise keine oder nur eine verringerte Mikrowellenleistung.

Die Wirksamkeitsprüfung erfolgte mittels Keimtest nach ISTA Vorschriften (ISTA 1993) mit reduzierter Samenzahl sowie einer mykologischen Untersuchung von jeweils 20 Eicheln. Für die mykologische Überprüfung wurden die Eicheln vorbereitend einer Oberflächensterilisation unterzogen. Dazu wurden die Samen nacheinander 1 min. in 70 %igem Ethanol, 5 min. in 4 %igem Natriumhypochlorit (NaOH) sowie ½ min. in 96 %igem Ethanol getaucht und da-

nach zweimal in sterilem Wasser gewaschen. Die Oberflächensterilisation wurde durchgeführt, da nur solche Pilzarten in den Kulturschalen auswachsen sollten, die sich fest in der Eichel etabliert hatten. Die Inokulation erfolgte auf 2 % Malz-Agar Petrischalen (\varnothing 5,5 cm; 10 ml Agar) mit 50 mg Streptomycin pro Liter Agar (Herstellung in Anlehnung an KREISEL & SCHAUER, 1987). Die Inkubation erfolgte bei 20 °C und Beleuchtung in 12 stündigem Wechsel. Im Anschluß erfolgte eine Anregung der Sporulation der Kulturen unter Schwarzlicht (Philips UVA 40W/08) bei einer Raumtemperatur von 15 °C für mindestens 14 Tage.

Als Boniturkriterium wurde der „Wirkungsgrad² gegen Pilze“ herangezogen. In diesem Wert sind die Kulturschalen aufgenommen worden, aus deren Impfstücken kein Pilz ausgewachsen ist. Der Wirkungsgrad RW_{II} errechnet sich wie folgt (BBA 1984):

$$RW_{II} \% = \frac{U - B_i}{U} * 100$$

wobei B_i der Mittelwert der i -ten Behandlung und U den Mittelwert der Bezugsbehandlung darstellt. RW_{II} sollte durch die Behandlung abnehmen. Die Bestimmung des Feuchtegehaltes wurde nach ISTA Vorschrift (1993) mit der Trockenschrankmethode durchgeführt. Die Angaben beziehen sich daher auf das Frischgewicht der Eicheln.

Behandlungszeiten

Zur Überprüfung des Einflusses unterschiedlicher Behandlungszeiten bei ansonsten konstanten Parametern wurde Traubeneicheln untersucht. Der Wechsel zu Traubeneicheln wurde durchgeführt, da diese deutlich kleiner waren als die Stieleicheln und somit mehr Material pro Probensteller und Versuchsdurchlauf zur Verifizierung der Ergebnisse zur Verfügung stand. Darüber hinaus sind Traubeneicheln weniger tolerant gegen Temperaturextreme, so daß ein Verfahren, welches keine Schäden an Traubeneichen-Saatgut hervorruft, leichter auf Stieleicheln übertragen werden kann, als das umgekehrt der Fall sein würde.

Das Saatgut stammte aus dem Forstamt Müllrose (Herk.: 818 04 m.h.A., Ernte 1996); die Versuchsdurchführung erfolgte nach ca. 6monatiger Lagerung bei -3 °C. Die Behandlungsvariante mit Zuführung von Dampf wurde nicht mehr durchgeführt. In die Untersuchung wurden jeweils 250 g Traubeneicheln (\approx 124 Stck.) einbezogen. Bei konstanter Anfangsleistung von 300 Watt sowie einer Oberflächentemperatur von 40 °C wurde eine Mikrowellenbehandlung von 5 min., 10 min., 30 min und 60 min. durchgeführt. In einer zweiten Variante wurde bei gleichen Mikrowellenparametern und Behandlungszeiten von 5 min., 10 min. und 30 min. während der Behandlung ein geringer Teil der Garraumluft abgesaugt.

Die Wirksamkeit der Mikrowellenbehandlung wurde quantitativ und qualitativ anhand des Pilzbefalls an jeweils 20 Eicheln überprüft. Dazu wurden Impfstücke aus der Mitte des Perikarps und der Kotyledonen entnommen. Es wurden die Sterilrate und das Pilzartenspektrum bestimmt. Die verbleibenden Eicheln wurden einem Keimtest unterzogen.

Messung der Eichelinnentemperatur

Um noch sicherere Ergebnisse bezüglich der Keimfähigkeit zu bekommen erfolgte, im Gegensatz zu den vorhergehenden Versuchen, vor der Behandlung eine manuelle Auslese der

²Wirkungsgrad: Def. nach AUST et al. (1993): Kriterium zur Bewertung einer Pflanzenschutzmaßnahme, die den Befallsrückgang oder die Schadensminimierung in % angibt.

Eicheln, die offensichtlich nicht mehr keimen würden. Die Behandlung erfolgte Ende Juli 1997 und es war bereits zu erkennen, daß durch starken Pilzbefall mit mehr als 50 % Keimreduktion gerechnet werden mußte. In dieser Versuchsserie wurde neben zwei Anfangsleistungen eine neue Zusatzvariante in Form einer Aufheizung der Garraumaußenwände gleichzeitig zur Mikrowellenbehandlung durchgeführt. Die Probenmenge von 250 g Eicheln (\approx 140 Stck.) wurde bei 40 °C Oberflächentemperatur und 10 min. Behandlungsdauer mit Anfangsleistungen von 150 Watt und 300 Watt jeweils mit und ohne beheizten Garraumwänden behandelt.

Durch eine Anlagenmodifizierung war es nun möglich, exemplarisch für eine Eichel die Innentemperatur mittels eines faseroptischen Temperaturfühlers mit Einstechfühler zu dokumentieren. Am Ende der Behandlung wurde die Temperatur im Inneren von 20 Eicheln außerhalb des Garraumes mittels vier solcher Temperaturmesser dokumentiert.

Ergebnisse

Einfluß der Oberflächentemperatur auf Wirkungsgrad und Keimfähigkeit

Die untersuchten Eicheln von *Quercus robur* wiesen zu Versuchsbeginn einen mittleren Feuchtegehalt von 41,6 % auf, der während der Behandlung im Mittel um 1,1 Prozentpunkte sank. Die Wasserdampfabgabe nahm von niedrigen zu hohen Temperaturen zu. Mit zunehmender Oberflächentemperatur konnte eine Reduktion des Pilzbefalls und damit eine Erhöhung der Sterilrate beobachtet werden, jedoch auch eine Verringerung der Keimrate.

Die Abb. 1 zeigt am Beispiel der Temperaturreihe der Varianten Mikrowelle in Kombination mit Dampfapplikation die Beziehung zwischen Wirkungsgrad, Oberflächentemperatur und Keimrate.

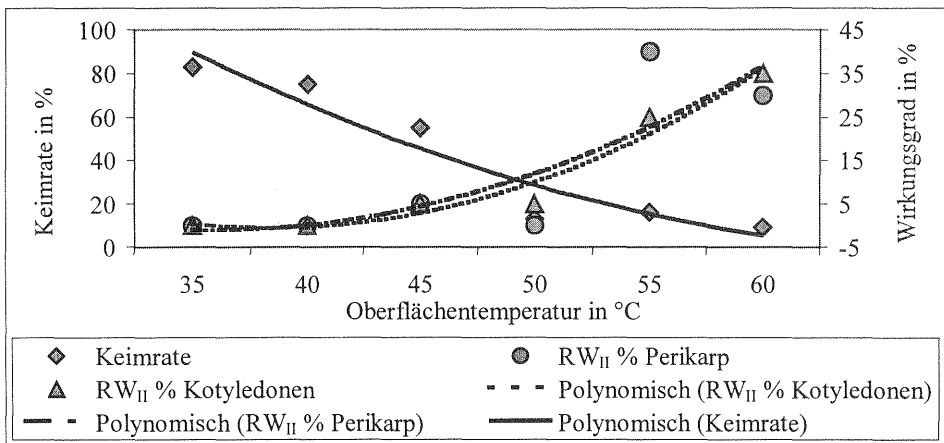


Abb. 1: Wirkungsgrad gegen Pilze auf Perikarp- und Kotyledoneninokula von Stieleicheln sowie Keimrate nach Mikrowellenbehandlung mit Dampfapplikation bei unterschiedlichen Eicheloberflächentemperaturen. Polynom-Regression. Wirkungsgrad Perikarp: $y=1,6071x^2-3,6786x + 1$, $R^2=0,6927$; Wirkungsgrad Kotyledonen: $y=1,6943x^2-6,6071x+5$, $R^2=0,9571$; Keimrate: $y=1,7321x^2-28,954x+116,9$, $R^2=0,914$. ($n = 400$ g entspr. ca. 82 Stck.; MW-Leistung = 300 Watt für <45 °C, MW-Leistung = 450 Watt ab 45 °C).

Als Optimalvariante aus dieser Vorversuchsserie und damit Grundlage für die Versuche mit Traubeneicheln wurde eine maximale Oberflächentemperatur von 40 °C bei 300 Watt Ausgangsleistung als Grundlage gewählt. Der Wirkungsgrad (RW_{II} %) wurde außer acht gelassen, da die Vermeidung phytotoxischer Schäden zuerst überprüft werden sollte.

Einfluß verschiedener Mikrowellenbehandlungszeiten auf Keimung und Wirksamkeit

Die an Stieleicheln ermittelten Parameter sollten über eine Zeitreihe sowie Änderung der Garraumatmosfera (geringe Luftabsaugung) bei Traubeneichensaatgut verifiziert werden.

Der Feuchtegehalt der Traubeneicheln (frisches Saatgut) lag bei 53 %. Der Feuchteverlust lag zwischen 0,7 Prozentpunkten (5 min. ohne Abluft) und 3,8 % Prozentpunkten (60 min. ohne Abluft). Die Abluftvarianten wiesen einen höheren Wasserverlust auf: 1,0 Prozentpunkte bei 5 Minuten und 3,3 Prozentpunkte bei 30 Minuten. Die Ergebnisse der untersuchten Varianten sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tab. 1: Wirkungsgrad gegen Pilze auf Perikarp- und Kotyledoneninokula sowie Keimrate von Traubeneicheln nach Mikrowellenbehandlung mit unterschiedlicher Behandlungsdauer sowie Zusatzbehandlungen. „*“: signifikante Unterschiede zwischen Kontrolle und Behandlungen (χ^2 -Test für die Keimrate, n = 99 bis 123, Exakter Test von FISCHER für die mykologische Untersuchung n = 20, p ≤ 0,05).

Behandlung bei 40 °C Oberfl.-Temp.		mykologische Untersuchung					Keimrate
Dauer	Anfangsleistung / Zusatzbehandlung	Perikarp-pilzrate in %			Kotyledonen-pilzrate in %		
		Pilz	sign.	RW _{II}	Pilz	sign.	RW _{II}
Kontrolle		95	--		75	--	47,0
5 min	300 Watt	70		26,3	35	53,3	47,0
10 min	300 Watt	55		42,1	20	* 73,3	46,0
30 min	300 Watt	55		42,1	45	40,0	50,5
60 min	300 Watt	55		42,1	20	* 73,3	41,5
5 min	300 Watt / Abluft	45	*	52,6	45	40,0	46,0
10 min	300 Watt / Abluft	65		32,6	25	* 66,7	44,0
30 min	300 Watt / Abluft	65		31,6	40	46,7	39,0

Die Keimraten wiesen keine signifikante Veränderung im Bezug auf die unbehandelte Kontrolle auf. Die Wirkungsgrade gegen Pilze waren nur in wenigen Fällen signifikant. Da das Ziel jedoch primär die Abtötung von *Ciboria batschiana* sowie möglichst vieler weiterer Pilze war, wurde das Artenspektrum der nach der Mikrowellenbehandlung lebensfähigen Pilze am Eichensaatgut bestimmt. Eine Übersicht über die in den untersuchten Eicheln siedelnden und nach der Behandlung lebensfähigen Pilze geben Tab. 2 und Tab. 3.

Tab. 2: Pilzartenspektrum (%) von Eicheln (P: Perikarp, K: Kotyledonen) nach einer Mikrowellenbehandlung. *: Summe liegt über 100 %, da z.T. mehrere Pilze aus einem Impfstück wuchsen (n = 20 je Inokulaposition und Zeitvariante).

<i>Quercus petraea</i>	Mikrowellenbehandlung ($t_{\max(\text{Oberfl.})}=40^{\circ}\text{C}$; $P_a=300\text{ W}$)									
	Kontrolle		5 Minuten		10 Minuten		30 Minuten		60 Minuten	
	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K
<i>Aposphaeria</i> sp.							5			
<i>Ascocoryne sarcoides</i>									5	
<i>Aureobasidium</i> sp.		5		5			5			
<i>Botrytis cinerea</i>	10				5				5	
<i>Ceuthospora</i> sp.	5	5			5	5	5		5	
<i>Ciboria batschiana</i>	20	45	5	5		5		10		
<i>Cladosporium</i> sp.			5			5				
<i>Coleophoma cylindrospora</i>	5									
<i>Coleophoma</i> sp.	5									
<i>Coryne</i> sp.							10			
<i>Dendrophoma</i> sp.	5	10	5		15		5	10	5	5
<i>Discula quercina</i>	20	10	10	5	5	5	5	5		5
<i>Epicoccum nigrum</i>					5					
<i>Fusarium</i> sp.			5	5	5					
<i>Libertella</i> sp.					5					
<i>Mucor</i> sp.	10		5	5					10	
<i>Ophiostoma quercus</i>			5							
<i>Penicillium</i> ssp.		5	15	10	5	5	5		20	10
<i>Phialocephala</i> sp.					5					
<i>Phialophora</i> sp.			5							
<i>Phoma</i> sp.							5	10		
<i>Talaromyces</i> sp.									5	
<i>Trichoderma</i> sp.			5				5			
unidentifizierter Basidiomycet	5		5							
unidentifiziertes Myzel	30	5	5	10	20	5	10	5	10	
Gesamt % Pilzarten*	115	85	75	45	75	30	60	40	65	20
Bakterien (ausschließlich)	5	25	30	60	35	45	20	35	10	20
Nematoden (mit Pilzbefall)	5		5		5			5		
sterile Kultur				5	10	35	25	20	35	60
Gesamtauswertung:										
Anzahl der Inokula	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
• prozentualer Pilzbefall	95,0	75,0	70,0	35,0	55,0	20,0	55,0	45,0	55,0	20,0
• Wirkungsgrad gegen Pilze RW _{II} %	--	--	26,3	53,3	42,1	73,3	42,1	40,0	42,1	73,3

Tab. 3: Pilzartenspektrum (%) von Eicheln (P: Perikarp, K: Kotyledonen) nach einer Mikrowellenbehandlung *: Summe liegt über 100 %, da z.T. mehrere Pilze aus einem Impfstück wuchsen (n = 20 je Inokulaposition und Zeitvariante).

<i>Quercus petraea</i>	Kontrolle		Mikrowellenbehandlung ($t_{\max/\text{Oberfl.}}=40^{\circ}\text{C}$; $P_a=300\text{ W}$) mit Abluft					
	P	K	5 Minuten		10 Minuten		30 Minuten	
			P	K	P	K	P	K
<i>Acremonium</i> sp.					5			
<i>Alternaria</i> sp.						5		5
<i>Aureobasidium</i> sp.		5						
<i>Botrytis cinerea</i>	10		5					
<i>Ceuthospora</i> sp.	5	5	10	5	5		15	
<i>Ciboria batschiana</i>	20	45	10	5		5	5	10
<i>Coleophoma cylindrospora</i>	5							
<i>Coleophoma</i> sp.	5		5					
<i>Coryne</i> sp.			5					
<i>Cystodendron</i> sp.							5	
<i>Dendrophoma</i> sp.	5	10	5		10		5	5
<i>Discula quercina</i>	20	10	10	10	10	5	10	5
<i>Monocillium</i> sp.			5					
<i>Mucor</i> sp.	10						5	
<i>Penicillium</i> ssp.		5	5	25	10	5	5	5
<i>Phialocephala</i> sp.			10		20			
<i>Trichoderma</i> sp.							5	
<i>Tubakia dryina</i>					5			
unidentifizierter Basidiomycet	5						10	5
unidentifiziertes Myzel	30	5	5	5	5	5	10	10
Summe % Pilzarten*	115	85	75	50	70	25	75	45
Bakterien (ausschließlich)	5	25	20	20	15	55	15	15
Nematoden (mit Pilzbefall)	5				5	5	5	
sterile Kultur			35	35	20	20	20	45
Gesamtauswertung:								
Anzahl der Inokula	20	20	20	20	20	20	20	20
• prozentualer Pilzbefall	95,0	75,0	45,0	45,0	65,0	25,0	65,0	40,0
• Wirkungsgrad gegen Pilze RW _{II} %	--	--	52,6	40,0	31,6	66,7	31,6	46,7

Nur wenige Arten zeigten eine deutliche Beeinflussung durch die Mikrowellenbehandlung mit der Zusatzbehandlung „Abluft“. *Ciboria batschiana* wurde nicht vollständig abgetötet, jedoch wurde der Anteil lebensfähigen Myzels stark reduziert.

Bei allen Mikrowellenvarianten lag der Gesamtpilzbefall (Gesamt % Pilzarten) unter dem Wert der unbehandelten Kontrolle. Von besonderem Interesse war der Einfluß der Mikrowellenbehandlung auf den primär pathogenen Pilz *Ciboria batschiana*. Die Anfangsinfektion war mit 45 % befallener Kotyledonen sehr hoch. Durch die Mikrowellenbehandlung konnte dieser Pilz wirksam reduziert und nach einer Behandlungsdauer über 60 Minuten sowohl in den Kotyledonen als auch im Perikarp vollständig abgetötet werden. Das Keimprozent war nach dieser Behandlung im Vergleich zur Kontrolle mit 5,5 Prozentpunkten nicht signifikant reduziert.

Die Behandlungen mit geringer Abluft führten zu höheren Schäden bezüglich des Keimprozentes. Es kann davon ausgegangen werden, daß durch die Abführung von Luft die Oberfläche der Eichel gekühlt wurde und somit im Inneren höhere Temperaturen herrschten, als oberflächlich gemessen wurden.

Einfluß der Eichelinnentemperatur auf Keimfähigkeit und Wirkungsgrad

Ziel dieser Untersuchungen war es, eine gleichmäßigere Aufheizung im Saatgut und gleichmäßigere Erwärmung der gesamten Saatgutcharge durch Erhitzung der Garraumwände zu erzeugen. Die Ergebnisse dieser Behandlung sind in Tab. 4 zusammengefaßt. Der Feuchteverlust während der 10minütigen Mikrowellenbehandlung ist mit durchschnittlich 0,87 % zu vernachlässigen.

Im Perikarp war der höhere Wirkungsgrad gegen Pilze bei den Varianten ohne beheizte Wände zu finden (Ausnahme 150 Watt, beh. Wände) wohingegen die Varianten mit beheizten Wänden einen höheren Wirkungsgrad gegen Pilze in den Kotyledonen aufwiesen. Die Keimrate wies bis auf die 150 Watt Variante ohne Wandheizung keine signifikante Reduktion auf.

Tab. 4: Wirkungsgrad gegen Pilze auf Perikarp- und Kotyledoneninokula sowie Keimrate von Traubeneicheln nach Mikrowellenbehandlung mit unterschiedlicher Anfangsleistung sowie Zusatzbehandlung in Form beheizter Wände „*“: signifikante (sign.) Unterschiede zwischen Kontrolle und Behandlungen (χ^2 -Test für Keimrate, n = 113 bis 123; Exakter Test v. FISCHER für mykologische Untersuchung, n = 20, p \leq 0,05).

Behandlung bei 40 °C Oberfl.-Temp:		mykologische Untersuchung				Keimrate	
Dauer	Anfangsleistung / Zusatzbehandlung	Perikarp-Pilzrate in %		Kotyledonen-Pilzrate in %			
		Pilz	sign.	RW _{II}	Pilz	sign.	
	Kontrolle	100	--		75	--	62
10 min	150 Watt	75		25,0	70		39 *
10 min	300 Watt	80		20,0	70		52
10 min	150 Watt, beh. Wände	90		10,0	35 *	53,3	55
10 min	300 Watt, beh. Wände	60	*	40,0	45	40,0	59

Die mit einer glasfaseroptischen Temperatursonde gemessene Innentemperatur in einer Traubeneichel (Abb. 2) lag bis auf die Variante mit einer Anfangsleistung von 150 Watt ohne Wandheizung über weite Teile der Behandlung über dem angestrebten 40 °C-Wert. Die Temperaturkurven der Varianten mit Wandheizung bewegten sich auf einem Temperaturniveau um 42 °C, wogegen die Varianten ohne Wandheizung deutlich von diesem Wert abwichen.

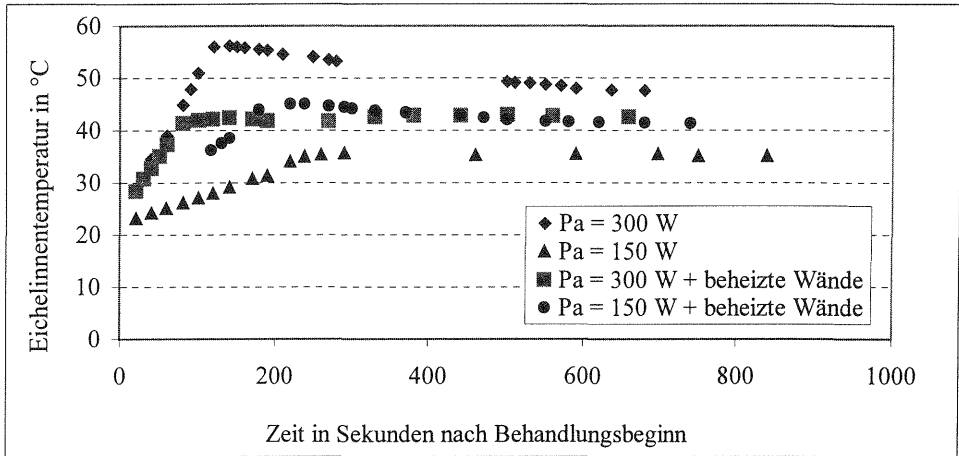


Abb. 2: Temperaturverlauf (°C) im Inneren einer Traubeneichen- Eichel je Variante bei konstanter Oberflächentemperatur von 40 °C über die gesamte Behandlungsdauer, d.h. mit Aufheizphase ($P_a=300$ W: Mikrowellenanfangsleistung 300 Watt; $P_a=150$ W: Mikrowellenanfangsleistung 150 Watt; + beheizte Wände: die Garraumaußenwände wurden mit heißer Luft umströmt).

Die Tab. 5 beinhaltet die Werte der Temperaturmessungen in der einzelnen Eichel unmittelbar nach Ende der Behandlung. Die mittleren Temperaturwerte überschritten bei keiner Behandlung den kritischen Wert von 41 °C. Allerdings wurden Maximalwerte gemessen, die mit 49 °C extrem über diesem Wert lagen.

Tab. 5: Ergebnisse der Temperaturmessung unmittelbar nach der Mikrowellenbehandlung mit Anfangsleistungen (P_a) von 150 Watt und 300 Watt sowie mit und ohne beheizten Garraumwänden (+ beh. Wände).

°C	$P_a = 150$ W	$P_a = 300$ W	$P_a = 150$ W + beh. Wände	$P_a = 300$ W + beh. Wände
	n = 21	n = 24	n = 23	n = 23
Arith. Mittel \bar{x}	38,05	38,38	40,57	36,96
Minimum	32,00	33,00	32,00	35,00
Maximum	48,00	44,00	49,00	49,00
Standardabw. [s]	3,32	3,79	3,16	3,64
VarKoeff [V%]	8,74	9,87	7,79	9,84

Einfluß morphologischer und physikalischer Merkmale der Eichel

Die Mittelwerte der Faktoren Gewicht vor und nach der Behandlung, Trockengewicht, absoluter Wasserverlust während der Behandlung, absoluter Wassergehalt, Breite und Länge der Eicheln sowie Formzahl FZ (Länge/Breite) im Einzelnen unterschieden sich zwischen den Behandlungen nur wenig voneinander. Auf der Grundlage dieser Daten wurde die Abhängigkeit der Eichelinnentemperatur mit Hilfe des SPEARMAN'SCHEN Rangkorrelationskoeffizienten überprüft (die Daten der Eichelinnentemperatur waren nicht normalverteilt).

Zwischen der Eichelinnentemperatur und der Formzahl bestand kein signifikanter Zusammenhang. Dieses gilt auch für den absoluten Wasserverlust während der Behandlung. Die

stärkste Korrelation war bei dem absoluten Feuchtegehalt und dem Ausgangsgewicht festzustellen. Eine deutliche Korrelation einer einzelnen Variablen mit der Eichelinnentemperatur ließ sich aus den Daten jedoch nicht entnehmen.

Diskussion

Die Eichel ist auf Grund ihres hohen Wassergehaltes und des Dipolcharakters des Wassers für die Erwärmung mittels Mikrowellen besonders gut geeignet, da die Erwärmungsgeschwindigkeit mit der Zunahme des Wassergehaltes im Behandlungsgut zunimmt (MUDGETT 1986). Die günstigere Wärmeübertragung bei der Mikrowellenerwärmung im Gegensatz zur Thermotherapie mit Wasser spricht darüber hinaus für eine mögliche Behandlungszeitverkürzung. Eine Verkürzung der Behandlungszeit von derzeit 2 Stunden bei der Thermotherapie wäre wünschenswert, da eine solche Behandlung für das Saatgut immer einen Streßfaktor darstellt, der unter bestimmten Umständen besonders bei Traubeneichensaatgut negative Folgen haben kann (u.a. GILLE & NOWAG 1995).

Die meisten Untersuchungen von Mikrowellenbehandlungen zur Abtötung von Mikroorganismen befassen sich mit Lebensmitteln. Hierbei braucht auf die Erhaltung der „Lebensfähigkeit“, wie es für Saatgut unabdingbar ist, keine Rücksicht genommen zu werden. Die Sicherung der Keimkraft bei Saatgut während einer Mikrowellenbehandlung gestaltet sich häufig aus technischen Gründen schwierig. Haushaltsmikrowellengeräte sind für dieses Einsatzgebiet wegen der heterogenen Feldstärkenverteilung im Garraum und damit ungleichmäßigem Erwärmungsprofil im Produkt ungeeignet. Die Reproduzierbarkeit der Behandlungen ist bei einer Haushaltsmikrowellenanlage im Gegensatz zu der hier genutzten Versuchsanlage zur Saatgutbehandlung nicht gegeben.

Mikrowellenanfangsleistung und Oberflächentemperatur der Eicheln

Die in der vorliegenden Untersuchung ermittelte Anfangsleistung von 300 Watt wurde zuvor auch durch v. HÖRSTEN (1994) genutzt, der mit der auch für Eicheln eingesetzten Mikrowellenversuchsanlage *Fusarium culmorum* in Winterweizensaatgut behandelte, obwohl sich die Saatgutarten sowohl von der Anatomie als auch von der Physiologie stark unterscheiden.

In der vorliegenden Untersuchung erwies sich die zusätzliche Dampfbehandlung im Gegensatz zu v. HÖRSTENS Weizenergebnissen (1994) bereits bei 40 °C Oberflächentemperatur als signifikant schädigend auf die Keimrate der Eicheln. Möglicherweise war das bessere Abschneiden der Eicheln bei der reinen Mikrowellenbehandlung im unbelüfteten Garraum durch den hohen Wassergehalt (41,6 %) bedingt (Weizen: 15 %). Darüber hinaus kam es bei v. HÖRSTENS et al. (1994) Weizenbehandlungen im unbelüfteten Garraum zu Austrocknungserscheinungen des Saatgutes, was für Eicheln nicht beobachtet werden konnte.

Zeitvarianten

Der Pilz *Ciboria batschiana* konnte bereits nach einer Stunde Behandlungszeit nicht mehr nachgewiesen werden. Für eine Mikrowellenbehandlung ist das eine relativ lange Behandlungszeit. In Bezug auf die derzeit als Standard durchgeführte Thermotherapie ist dies jedoch eine Halbierung. Bereits nach einer 10minütigen Mikrowellenbehandlung der Eicheln konnte ein signifikanter Rückgang von *Ciboria batschiana* festgestellt werden. Eine Optimierung der Mikrowellentechnik könnte gegebenenfalls die Behandlungszeit von einer Stunde zur 100 %igen Abtötung von *Ciboria batschiana* noch verringern. Möglicherweise ist die

andersgelagerte Erwärmungsart des Behandlungsgutes als Grund für die kürzere Behandlungszeit zu sehen, so daß die Kombination von letaler Temperatur und Zeit in allen Bereichen des Saatgutes früher erreicht wird als bei der Thermotherapie mit Wasser.

Einfluß der Temperatur auf den Behandlungserfolg

Die Oberflächentemperatur von 40 °C erwies sich als ausreichende Steuergröße, um signifikante Keimungsreduktionen bei Behandlungszeiten bis zu 60 Minuten ausschließen zu können. Der Wert entspricht zwar der Temperatur, die bei der Thermotherapie (u.a. DELATOUR 1977) genutzt wird und während zwei Stunden Behandlungsdauer nicht zu phytotoxischen Schäden an Saatgut der Stiel- und Traubeneiche führt, jedoch ist das Erwärmungsverhalten ein anderes. Die Wärmeübertragung auf das Saatgut erfolgt bei der Thermotherapie durch Konvektion und im Inneren durch Wärmeleitung. Die Erwärmung des Behandlungsgutes bei einer Mikrowellenbehandlung erfolgt dagegen durch die dielektrische Erwärmung im Inneren (REUTER 1979, MUDGETT 1986). Das bedeutet, daß die Eichel-Oberflächentemperatur durch Verdunstung und damit Energieabgabe an die Umgebungsluft niedriger ist als die Eichelinnentemperatur. Dies konnte durch Messungen mit einem Temperaturfühler im Inneren einer Eichel während der Behandlung nachgewiesen werden. Auf Grund des geringen Feuchteverlustes scheinen jedoch die Strahlungsverluste an die Umgebung wichtiger zu sein. Aus diesem Umstand erklärt sich auch die reduzierende Wirkung auf die Keimungsrate bei Absaugen der Umgebungsluft im Behandlungsraum.

Die Ergebnisse machen jedoch deutlich, daß die Oberflächentemperatur als Steuergröße für die Mikrowellenapplikation nicht optimal geeignet ist und eine Steuerung über die Innentemperatur die tatsächlichen Temperaturen wesentlich besser dokumentieren würde.

Die Temperaturmessungen nach der Behandlung in den Eicheln ergaben Werte bis zu max. 49 °C bzw. bei der Einzelmessung während der Behandlung bis zu fast 60 °C. Diese Temperatureinwirkungen wirkten jedoch im Verhältnis zur Gesamtdauer der Behandlung nur kurzzeitig auf die Eicheln ein. Daß die Temperaturen, die höher als die geforderten 40 °C waren, nicht automatisch zu Keimverlusten geführt haben, liegt möglicherweise an dem Zusammenhang zwischen Temperatur und Zeit. BONNER & VOZZO (1987) berichteten, daß Eicheln zur Abtötung von Insektenlarven in 49 °C warmem Wasser für 40 Minuten behandelt wurden, ohne daß Einflüsse auf das Keimprozent beobachtet werden konnten.

Mykoflora

In der Lebensmitteltechnologie, dem Haupteinsatzgebiet der Mikrowellenbehandlung, ist die Keimzahlreduktion das primäre Ziel der Behandlung (ROSENBERG & BÖGL 1982, 1984). Für die Eichel würde bezogen auf *Ciboria batschiana* dieses Vorgehen möglicherweise nicht ausreichen, da die z.Zt. aktuelle Lagerungstemperatur von -3 °C das Infektionspotential nicht ausreichend einschränkt. Der Befall mit *Ciboria batschiana* reduzierte sich zwar bereits nach einer 5minütigen Behandlung mit 300 Watt und 40 °C Oberflächentemperatur von 45 % befallener Kotyledonen auf 5 %. Jedoch wurde erst nach einstündiger Behandlung mit diesen Parametern kein Wachstum der *Ciboria batschiana* mehr beobachtet.

Wenige Pilzarten wurden durch die Mikrowellenbehandlung deutlich reduziert. *Botrytis cinerea* trat nur im Perikarp auf und wurde bei den Abluftvarianten bereits nach einer 10minütigen Behandlung vollständig abgetötet. *Discula quercina* kam sowohl im Perikarp als auch in den Kotyledonen mit 20 % bzw. 10 % häufig vor und wurde nach einstündiger Be-

handlung im Perikarp gar nicht, in den Kotyledonen nur noch zu 5 % nachgewiesen. Im Gegensatz dazu wurde ein Anstieg des *Penicillium*-Befalls nach einer Mikrowellenbehandlung beobachtet. Das Auftreten zeigte sich jedoch unabhängig von der Behandlungsdauer, so daß keine Abhängigkeit erkennbar war. Möglicherweise ist das erhöhte Auftreten von *Penicillium* spp. durch das Wegfallen anderer Pilzarten zu erklären, die ein Wachstum von *Penicillium* spp. u.U. verhindert oder maskiert haben. Ähnliche Beobachtungen wurden auch bei dem alleinigen Auftreten von Bakterien gemacht, die mit zunehmendem Wirkungsgrad gegen Pilze vermehrt auftraten. Da eine Bakterienkontamination während der Behandlung ausgeschlossen werden kann, ist davon auszugehen, daß der Befall bereits an den Eicheln vorhanden war, jedoch durch die Pilze verdeckt wurde. Dieses Phänomen wurde auch für die Thermotherapie bei Eicheln von KEHR & PEHL (1993) beschrieben.

Die prozentuale Gesamtpilzrate wies sowohl bei den Kontrollen als auch bei den mit Mikrowellen behandelten Varianten eine höhere Pilzkontamination im Perikarp auf als in den Kotyledonen. Für die Kontrollen läßt sich der unterschiedliche Befallsgrad durch den Bodenkontakt erklären. Die Bodenpilze infizieren das Saatgut über das Perikarp und sind erst in späteren Stadien in den Kotyledonen nachzuweisen. Nach einer Mikrowellenbehandlung wurde der Pilzbefall jedoch nicht auf ein gleichmäßiges Niveau im Perikarp und den Kotyledonen reduziert. Einige Pilze, die in den Kotyledonen abgetötet wurden, überlebten die entsprechende Temperatur im Perikarp. Diese Beobachtung beschrieben KEHR & PEHL (1993) bereits für die Thermotherapie bei Eicheln und Bucheckern. Der Grund für diese variierende Hitzetoleranz ist möglicherweise im unterschiedlichen Wassergehalt des Siedlungsortes zu sehen. Die Perikarpfeuchte betrug Werte von 14 % bis 20 %, die Kotyledonenfeuchte lag bei über 45 %. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit könnte der nähere Kontakt von Pilzen im Perikarp zu wechselnden Umwelteinflüssen (Temperatur, Feuchte etc.) sein, der eine höhere thermische Resistenz einiger Mikropilze hervorruft. Ein dritter Erklärungsansatz ist in der Eigenart der Mikrowellenerwärmung zu suchen. Die Erwärmung des Gutes erfolgt von innen heraus, so daß die Mikropilze in den Kotyledonen länger einer letalen Temperatur ausgesetzt sind. ROSENBERG & BÖGL (1982) beschrieben diesen Effekt im Vergleich der Wirkung von herkömmlichen Gar- und Aufwärmverfahren und Mikrowellenerhitzung.

Die Zielorganismen der Wirksamkeitsuntersuchung von Lebensmitteln bei Mikrowellenbehandlung sind meist ubiquistisch auf zahlreichen Materialien und Pflanzenarten vorkommende Pilze, die sog. Schimmelpilze (SPICHER 1990, MORE et al. 1992). Die zu dieser Gruppe gehörenden und in den vorliegenden Untersuchungen bonitierten Gattungen *Penicillium* spp. und *Mucor* sp. waren noch bei Behandlungszeiten von 60 Minuten nachzuweisen (Anfangsleistung 300 Watt). *Penicillium* spp. wiesen nach der einstündigen Behandlung ein höheres Vorkommen auf als in der Kontrolle und den zeitlich darunter liegenden Varianten. Hier ist vermutlich der o.a. Maskierungseffekt wieder zu Tage getreten. SPICHER (1990) nannte für die Gruppe der Schimmelpilze und Hefen 60 °C als Letaltemperatur. Dies erklärt auch das bereits oben diskutierte Auftreten dieser Arten im Thermotherapiewasser.

Während der Mikrowellenbehandlungen der Eicheln war ein geringer Feuchteverlust festzustellen. Da die Ausgangsfeuchtwerte jedoch weit über dem kritischen Wert von 40 % lagen, erfolgte durch den Feuchteverlust von maximal 3,8 Prozentpunkten bei 53 % Ausgangsfeuchte kein negativer Einfluß auf die Keimrate. Ein Feuchteverlust vor der Einlagerung auf Werte um 45 % ist sogar erwünscht und wird teilweise aktiv durch schonende Trocknung herbeigeführt. Im Gegensatz dazu nehmen die Eicheln während der zweistündigen Thermo-

therapie bis zu 4 % Wasser auf (SANFTLEBEN 1996). Da die Eicheln nach der Thermobehandlung naß sind, muß ein Trocknungsvorgang erfolgen, der gleichzeitig das Abkühlen der Eicheln bewirken soll. Eine entsprechende Abkühlung wäre auch bei den mikrowellenbehandelten Eicheln nötig, jedoch würde die Trocknung entfallen.

In bezug auf die Grenzen einer Einsetzbarkeit von Mikrowellen als keimreduzierendes Behandlungsverfahren nannten DEHNE & BÖGL (1991) bei Gewürzen den Grad der Keimbelaugung. Hoch verkeimte Gewürze könnten bei Beibehaltung des Geschmacks (bei Saatgut der Keimfähigkeit) etc. nur unzureichend entkeimt werden, was durch eine mögliche Zusatzbehandlung mit Wasserdampf ausgeglichen werden könnte. Diese Feststellung dürfte ähnlich auf Eichensaatgut übertragbar sein. Die Tragweite dieser Feststellung ist bei dem lebenden Material Eichensaatgut jedoch weitaus gravierender. Stark verpilztes Eichensaatgut (festgestellt z.B. im Keimtest) ist immer ein Hinweis auf eine fehlerhafte Behandlung in der Zeit zwischen Ernte und nachfolgender phytosanitärer Behandlung. Das bedeutet, daß ein offensichtlich starker Pilzbefall mit z.B. entsprechenden Nekrosen an den Kotyledonen ein Indiz für physiologisch geschädigtes Eichensaatgut darstellt. In solchen Fällen ist es zweifelhaft, ob eine phytosanitäre Maßnahme noch sinnvoll ist, da zwar die Pilzbelastung reduziert wird, jedoch eine in diesem Fall häufig bereits vorliegende Keimschädigung nicht rückgängig gemacht werden kann. Dieser Umstand betrifft sowohl die Mikrowellenbehandlung als auch die derzeit gängige Thermotheapie. Schließlich darf nicht außer Acht gelassen werden, daß die Thermotheapie für Eichensaatgut nie den Anspruch erhoben hat, sämtliche Mikroorganismen abzutöten, sondern auf dem Prinzip basiert, daß bei bestimmten Grenztemperaturen der primärpathogene Pilz *Ciboria batschiana* abstirbt, während das Saatgut keinen Schaden nimmt. Unter diesem Aspekt kann ein thermisches Verfahren für Eichensaatgut immer dann als erfolgreich angesehen werden, wenn bei Erhalt der Keimkraft *Ciboria batschiana* ausreichend reduziert wird. Dies trifft für das dargestellte Mikrowellenverfahren zu.

Zusammenfassung

Die Thermotheapie mittels 41 °C warmem Wasserbad über eine Dauer von zwei Stunden stellt gegenwärtig in der Praxis die einzige phytosanitäre Maßnahme dar, um den Erreger der Schwarzen Eichelfäule, *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchw., wirksam abzutöten. Dieses Verfahren ist mit einer reinen Behandlungszeit von zwei Stunden an sich bereits sehr zeitaufwendig. Die anschließend nötige Rücktrocknung erhöht diesen Zeitbedarf noch. Verschiedene Schimmelpilze der Gattungen *Penicillium* und *Mucor* können im Thermotheapiewasser überleben und stellen so eine mögliche Infektionsquelle dar. Als eine Alternative zu diesem Verfahren wurde die Mikrowellenbehandlung von Eicheln untersucht.

Die Versuche zur Mikrowellenbehandlung von Saatgut der Eichenarten *Quercus robur* und *Quercus petraea* konnten den Nachweis erbringen, daß eine Abtötung des pilzlichen Hauptschadereggers *Ciboria batschiana* ohne Schädigung der Keimfähigkeit möglich ist. Die Behandlungsdauer betrug im Gegensatz zur Thermotheapie nur eine Stunde (300 Watt Ausgangsleistung, Oberflächentemperatur 40 °C) und stellt damit einen hohen zeitlichen Vorteil dar. Ein weiterer Vorteil einer Mikrowellenbehandlung wäre die Verhinderung einer möglichen Kontamination mit Mikroorganismen über das Thermotheapiewasser.

In den vorliegenden Untersuchungen hat sich die Mikrowellenbehandlung sowohl von Stiel- als auch von Traubeneicheln mit 300 Watt Ausgangsleistung als die günstigste Variante zur

Abtötung von Pilzen bei Erhalt der Keimfähigkeit herausgestellt. Mit Zunahme der Behandlungsdauer reduzierte sich der Befall mit lebensfähigen Mikropilzen, ohne signifikante Verringerung des Keimprozentes. Als Zusatzbehandlung erwies sich die Aufheizung der Garraumwände als wirksam.

Ziel der Untersuchungen war lediglich der prinzipielle Nachweis der Nutzbarkeit dieses Verfahrens. Die Anwendbarkeit für den Massendurchsatz, wobei nur ein kontinuierliches Verfahren wirtschaftlich sinnvoll wäre, konnte mit der kleintechnischen Versuchsanlage nicht eruiert werden und bedarf einer entsprechenden weiteren Entwicklung und Überprüfung.

Danksagung

Den Landesforstverwaltungen des Landes Brandenburg und Niedersachsen gilt unser Dank für die Bereitstellung von Eichensaatgut. Besonders danken wir Frau Dörte Achilles-Franz für ihre technische Assistenz bei der Anlage der Keimtests und den Isolationen für die mykologische Überprüfung.

Literatur

- BBA (1984): Richtlinie für Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen mit Pflanzenbehandlungsmitteln. ACO Druck.
- BONNER, F.T.; VOZZO J.A. (1987): Seed Biology and Technology of *Quercus*. New Orleans US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, General Technical Report SO-66.
- CAVALCANTE, M.J.B.; MUCHOVEJ, J.J. (1993): Microwave irradiation of seeds and selected fungal spores. *Seed Science and Technology*, **21**: 247-253.
- CHIPLEY, J.R. (1980): Effects of Microwave on Microorganisms. *Applied Microbiology*, **26**: 129-145.
- CROCKER, R.L.; MORGAN, D.L.; LONGNECKER, M.T. (1987): Effects of Microwave Treatment of Live Oak Acorns on Germination and on *Curculio* sp. (Coleoptera: Curculionidae) Larvae. *Journal Econ. Entomol.*, **80** (4): 916-920.
- DEHNE, L.I.; BÖGL, K.W. (1991): Möglichkeiten der Entkeimung von Gewürzen. *Bundesgesundheitsblatt*, (4): 166-168.
- DELATOUR, C. (1977): Recherche d'une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald chez les glands. [Untersuchungen zu einer kurativen Methode zur Bekämpfung von *Ciboria batschiana* an Eicheln]. *Eur.J.For.Path.*, (8): 193-200.
- GILLE, K.; NOWAG, A. (1995): Ergebnisse der Lagerung von Eicheln nach dreimaliger Überwinterung. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, **50** (18): 962.
- HANKIN, L.; SANDS, D.C. (1977): Microwave Treatment of Tobacco Seed to Eliminate Bacteria on the Seed Surface. *Phytopathology*, **67**: 794-795.
- HEINDL, A. (1993): Mikrowellenunterstützte Vakuumkonvektionstrocknung. Entwicklung eines kombinierten Trocknungsverfahrens zur Verbesserung der Qualität getrockneter, stückiger Lebensmittel. Dissertation an der Fakultät für Brauwesen, Lebensmitteltechnologie und Milchwissenschaften der Technischen Universität München.
- HÖRSTEN, D. v. (1994): Einsatz von Mikrowellenenergie und anderen thermischen Verfahren zur Abtötung von *Fusarium culmorum* in Winterweizensaatgut. Dissertation am Institut für Agrartechnik der Georg-August-Universität Göttingen, MEG-Schrift 269.

- HÖRSTEN, D. v.; LÜCKE, W.; WOLF, G. (1994): Abtötung von *Fusarium culmorum* in Winterweizensaatgut mit Mikrowellenenergie. In: Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 49. Deutsche Pflanzenschutztagung., Heft 301: 68.
- ISTA (Hrsgb.) (1993): Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Seed Science and Technology, Vol. 21, Supplement 2.
- KEHR, R.D.; PEHL, L. (1993): Fungi in seeds of deciduous trees - new aspects of seed treatment. In: Anonymus (1993): Internationales Symposium über Forstsaatgut. 8.-11.06.1993 Munster/Uelzen Uelzen Proceedings: 169-184.
- KREISEL, H.; SCHAUER, F. (1987): Methoden des mykologischen Laboratoriums. G. Fischer.
- LÜCKE, W. (1992): Mikrowellenbehandlung pflanzlicher Produkte. Habilitationsschrift, Institut für Agrartechnik, Göttingen, unveröffentlicht.
- MIDDELMANN, D. (1997a): Versuche zur Langzeitlagerung von Traubeneicheln. Allgemeine Forst Zeitschrift, (18): 957.
- MIDDELMANN, D. (1997b): Versuche zur Optimierung der Thermotherapie zur Langzeitlagerung von Eicheln der Traubeneiche *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Diplomarbeit im Fachbereich Forstwirtschaft der Fachhochschule Eberswalde.
- MORE, H.G.; MAGAN, N.; STENNING, B.C. (1992): Effect of microwave heating on quality and mycoflora of sorghum grain. J. stored Prod. Res., **28** (4): 251-256.
- MUDGETT, R.E. (1986): Microwave Properties and heating characteristics of food. Food Technology, **40** (6): 84-93.
- REUTER, H. (1979): Das dielektrische Erwärmen von Lebensmitteln Teil 1. Grundlagen. Deutsche Zeitschrift für Lebensmitteltechnologie, **30** (6): 242-246.
- ROSENBERG, U.; BÖGL, W. (1982): Der Einfluß der Mikrowellenerhitzung auf den Keimgehalt von Lebensmitteln. Fleischwirtschaft, **62** (9): 1182-1187.
- ROSENBERG, U.; BÖGL, W. (1984): Keimreduktion in Lebensmitteln durch Mikrowellenbehandlung. Bundesgesundheitsblatt, **27** (7): 206-214.
- SANFTLEBEN, H. (1996): Thermotherapie und Trocknung von Gehölzsaaten. Deutsche Baumschule, Sonderdruck 1996.
- SCHRÖDER, T. (1999): Über die Eignung verschiedener physikalisch-technischer Verfahren zur phytosanitären Behandlung und zur Lagerung von Forstsaatgut unter besonderer Berücksichtigung der Stiel- und Traubeneiche. Mitteilungen der BBA, Heft 360.
- SHARP, J.L. (1996): Heating studies using microwave energy. In: Proceedings of the Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. 4.-6.Nov. 1996, Orlando: 54-1 - 54-2.
- SPICHER, G. (1990): Die Haltbarmachung von Backwaren durch thermische Verfahren. Brot und Backwaren, (6): 188-193.
- SPRENG, H. (1973): Mikrowellen in der Lebensmittelbereitung. Lebensm.- Wiss. u. Technol., **6** (3): 77-85.
- SCHUBERT, H.; GRÜNEWALD, T. (1983): Wärmequellenverteilung in Modellkörpern bei der Mikrowellenerhitzung. Chemie-Ingenieur-Technik, **55** (7): 553-555.
- WULF, A; SCHRÖDER, T. (Bearb.) (1997): Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten. Paul Parey, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 329: 119.

Boleslaw Suszka

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Kórnik, Poland

Die bisherigen polnischen Eichellagerungsversuche (fungizidfreie Kühlhauslagerung)

Experiments on acorn storage in refrigerated chambers without fungicide treatment, conducted in Poland so far.

Zusammenfassung

In den Jahren 1950-1951 wurden in England und 1963-1971 in Polen Versuche über die langfristige Lagerung von Eicheln der Stieleiche in kontrollierten Kühlhausbedingungen begonnen. Der Pilz *Ciboria batschiana* war zu jener Zeit in beiden Ländern noch nicht aggressiv. Trotzdem gelang es nicht die Keimungs- und Auflauffähigkeit von Eichensamen, getestet in Laborbedingungen und in der Baumschule, länger als über 2 Winter, seltener über 3 Winter, ausnahmsweise sogar über 5 Winter (in diesem letzten Fall nur in kleiner Prozentzahl) keimfähig zu erhalten. Heute, nach Einführung der Thermo-therapie und der Bekämpfung von Schimmelpilzen mit Fungiziden vor und während der Lagerung, sind die Ergebnisse der Kühlhauslagerung auf dem selben Niveau geblieben.

Stichwörter: Eichellagerung, Stieleiche, Kühlhausbedingungen, Wassergehalt, *Ciboria batschiana*

Abstract

In the years 1950-51 in England and in 1963-1971 in Poland experiments were started on storage of acorns of the English oak in controlled cold-room conditions. At that time in both countries the fungus *Ciboria batschiana* was still not aggressiv. In spite of this, germination of seeds and seedling emergence in laboratory and nursery conditions could not be obtained after storage longer than over 2 Winters, seldom over 3 winters (in exceptional cases also over 5 winters but at very low percentages). Today, after introduction of thermo-therapy and application before and during storage of fungicides against mould fungi the results of storage remain at the same level.

Key words: storage of acorns, English oak, cold-room conditions, moisture content, *Ciboria batschiana*

Einleitung

Es ist unsere Absicht, einen Rückblick auf Lagerungsversuche zu werfen, die in einer Zeit durchgeführt wurden, als es noch keine ernste Bedrohung der Eicheln der Stieleiche (*Quercus robur* L.) durch den Pilz *Ciboria batschiana* gab. Man dachte auch nicht ernst daran, in der forstlichen Praxis Eicheln unter Kühlhausbedingungen zu lagern. Fungizide zur Bekämpfung von schädlichen Schimmelpilzen fanden damals noch keine Anwendung.

Demonstriert werden hier die Leistungen jener Zeit aus dem Institut für Dendrologie in Kórnik (Polen) (SUSZKA & TYLKOWSKI 1980). Zum Vergleich werden auch Ergebnisse von Versuchen präsentiert, die in der Saatgutabteilung in Alice Holt Lodge, Forestry Commission (England) einige Jahre früher erzielt worden sind (HOLMES & BUSZEWICZ 1956).

In beiden Labors war das Forschungsobjekt das selbe: Eicheln der Stieleiche, die unter kontrollierten Temperaturbedingungen gelagert werden sollten, wobei eine Lagerung länger als bis zum ersten Frühjahr nach der Ernte geplant war.

Die Anordnung der später in der Zeitfolge in Kórnik durchgeführten Versuche basierte auf den früheren Ergebnissen aus Alice Holt Lodge. In Kórnik wurde dabei für die Lagerung der Temperaturbereich berücksichtigt, der in den Versuchen in Alice Holt Lodge fehlte. Es handelte sich um Lagerungstemperaturen unter 2° und über -4°C. Nicht zuletzt spielten auch die freundlichen und engen Beziehungen zu Gwidon Buszewicz eine bedeutende Rolle, einem Absolvent der Forstlichen Fakultät an der Universität in Poznań, später dem Leiter der Saatgutabteilung in Alice Holt. Diese Beziehungen machten es möglich, die Gedanken und Ergebnisse auszutauschen, die Grundideen der damaligen Versuche zu diskutieren und sie in Kórnik weiter zu entwickeln.

Ergebnisse der Versuche aus Alice Holt Lodge, begonnen 1950 und 1952

In Alice Holt wurde im Jahre 1950 eine Analyse vieler bis zu jener Zeit durchgeführten Versuche aus verschiedenen Ländern der nördlichen, gemäßigten klimatischen Zone durchgeführt und daraus wurden Schlüsse für die Anordnung neuer Versuchsarbeiten gezogen. Es zeigte sich dabei, daß in der Vielfalt von Arbeiten nur PRAVDIN & FILIMONOVA (1952) aus Rußland für die Lagerung von Eicheln der Stieleiche ein breites Spektrum kontrollierter Temperaturen in Betracht genommen hatten. Leider dauerte die gleichzeitige Lagerung in allen Versuchsvarianten dieses Spektrums nur 3-4 Monate nach der Ernte.

Es werden hier nur Varianten präsentiert, die in Alice Holt Logde die besten Ergebnisse (hohe Keimzahlen und gleichzeitig die längste Lagerungsdauer) sichern konnten, wobei andere Versuchsvarianten hier nicht berücksichtigt werden:

- 1950 - Lagerung über 4 Winter
- 1952 - Lagerung über 3 Winter

Die Lagerungsdauer war im Jahre 1952 durch die Zahl der zur Verfügung stehenden Eicheln begrenzt. Zum ersten Mal wurden in Eichellagerungsversuchen undicht verschlossene Behälter mit gutem Erfolg verwendet.

- 1950** - Lagerungstemperatur 2,2°C,
 - ein Niveau des Wassergehaltes (45,9%),
 - trockenes Medium (Torf),
 - undicht verschlossene Behälter.
- 1952** - Lagerungstemperatur 2,2°C,
 - trockenes Medium (Torf),
 - eine Wassergehaltsstufe (47, 4%, besser als 44,4% und 50,0%)
 - undicht verschlossene Behälter,

Die Ergebnisse der Optimalvarianten sind in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellt.

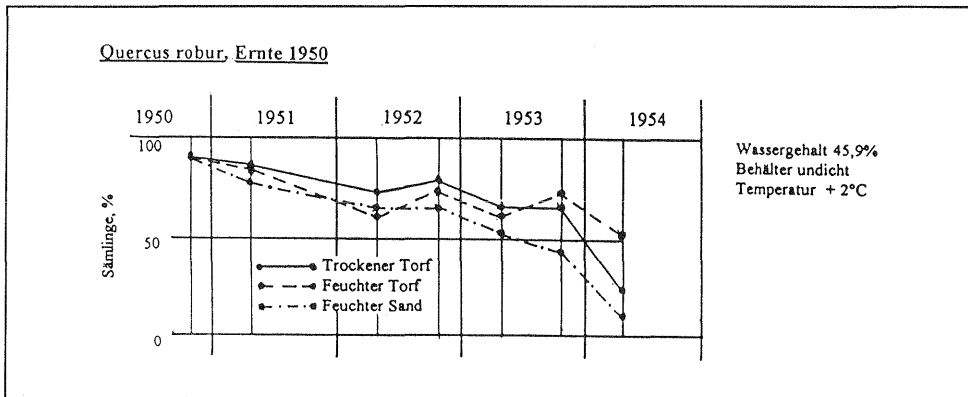


Abb.1: Auflaufen in der Baumschule von Samen der Stieleiche, Ernte 1950, nach Lagerung bei 2,2°C in verschiedenen Medien über 1-4 Winter. (Alice Holt Lodge).

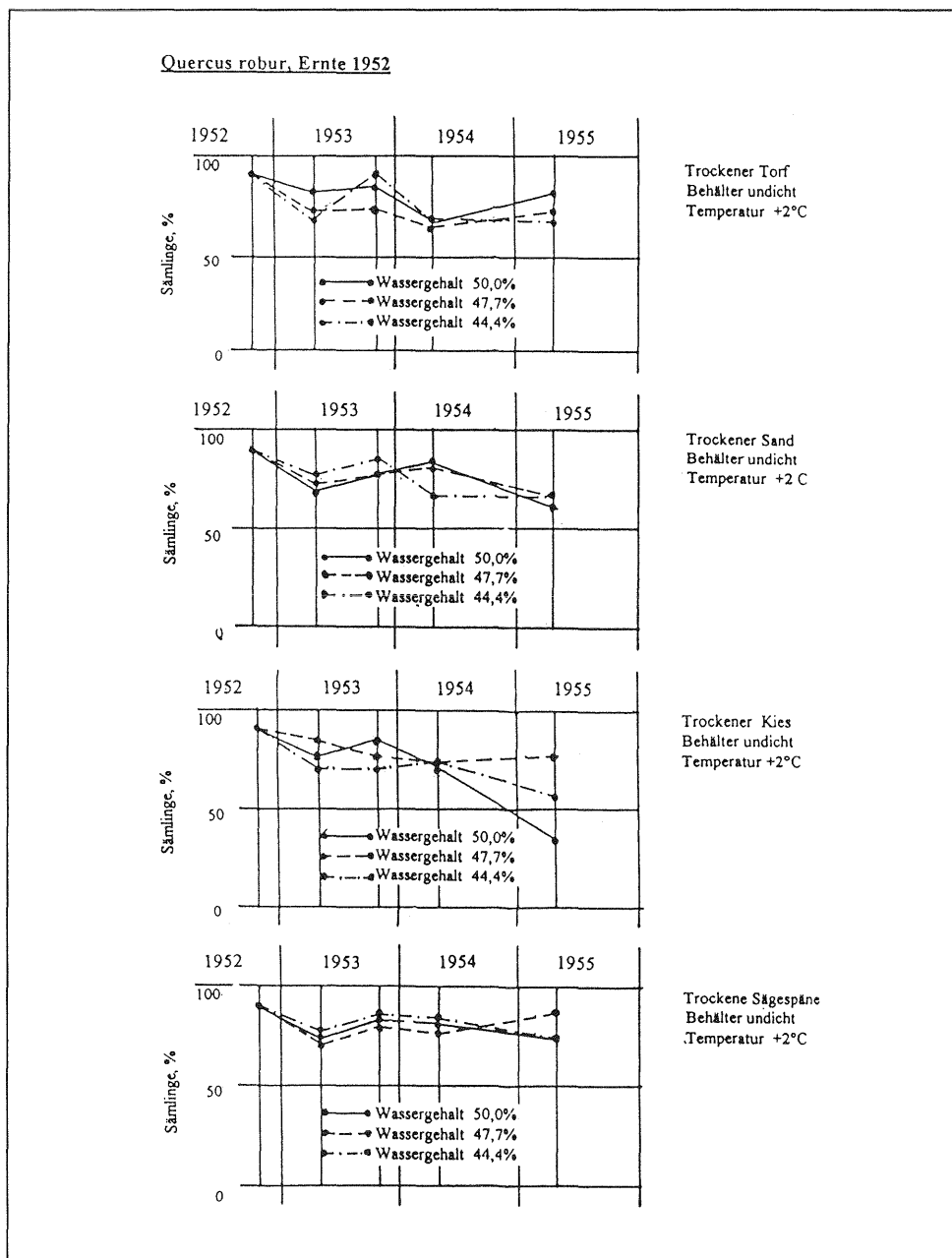


Abb. 2: Auflaufen in der Baumschule von Samen der Stieleiche, Ernte 1952, in der Baumschule nach Lagerung bei 2,2°C über 1-3 Winter bei verschiedenen Wassergehaltsstufen und in verschiedenen Medien. (Alice Holt Lodge).

Ergebnisse der Versuche aus Kórnik, begonnen 1963, 1970 und 1971

Im Jahre 1963, nach einer neuen, eigens durchgeführten und nach ein paar Jahren wiederholten Durchsicht der Literaturquellen (SUSZKA & TYLKOWSKI 1980) stellten wir fest, daß in den Jahren seit 1950 sehr spärliche neue Literaturangaben über positive Ergebnisse von Lagerungsversuchen hinzugekommen sind. Allen diese Daten konnte nur die hier besprochene Arbeit von HOLMES & BUSZEWICZ (1956) als ein Beispiel positiver Lösungen entgegengestellt werden.

In den 3 Versuchsserien, die in Kórnik begonnen wurden (1963, 1970 und 1971) wurden Versuchsziele definiert und folgende Bedingungen der Experimente berücksichtigt:

1963: Das Ziel der Versuche war es, die optimalen thermischen Bedingungen für die Keimung und den Triebwuchs im feuchten Medium zu finden. Es handelte sich um eine Standardisierung der Testbedingungen, in denen der Effekt der Lagerung geprüft werden sollte. Folgende Versuchsvarianten wurden durchgeführt:

- eine Herkunft aus Polen, frisches Saatgut
- ein Wassergehalt der Eicheln (43,7%)
- ein feuchtes Testmedium (Sand +Torfmull)
- 7 konstante Testtemperaturen (1°, 3°, 5°, 10°, 15°, 20° u. 25°C)

In jeder Temperaturvariante verliefen die Keim- und Triebwuchstests 10 Wochen ununterbrochen (Subvariante 1) oder nach 5 Wochen wurde die gegebene Temperatur einheitlich auf 20°C erhöht oder erniedrigt und bei dieser Temperatur wurden die Tests weitere 5 Wochen fortgesetzt (Subvariante 2).

Die Ergebnisse des Versuches aus dem Jahre 1963 sind in der Abb. 3 dargestellt. Als optimal für den Wurzelwuchs (Keimung) und den Triebwuchs (Auflaufen) hat sich die Temperatur von 20°C erwiesen.

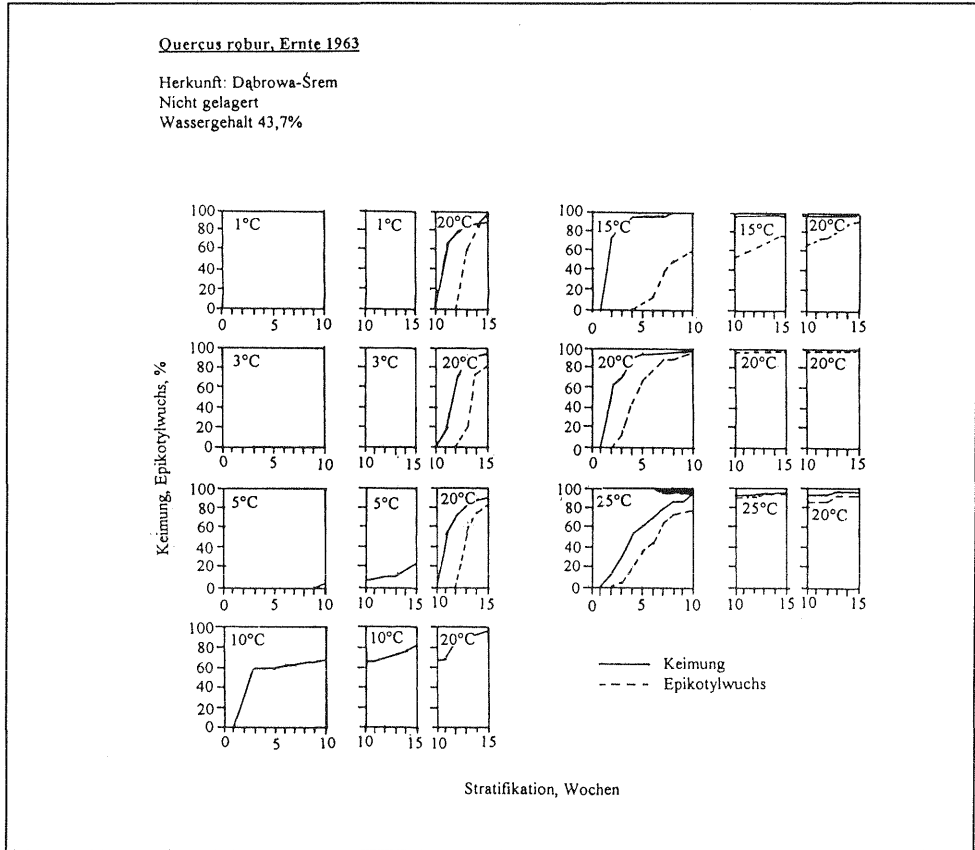


Abb. 3: Keimung und Epikotylwuchs von Samen der Stieleiche, Ernte 1963, bei 1°, 3°, 5°, 10°, 15°, 20° und 25 °C. Testdauer 15 Wochen. Ein Teil der Eicheln jeder Temperaturvariante wurde nach 10 Wochen in die Temperatur von 20 °C verlegt. Saatgut nicht gelagert. (Kórnik).

1970: Im Herbst dieses Jahres wurden an mehreren Saatgutprovenienzen die Testbedingungen nochmals geprüft. Die früher gefundenen optimalen Testbedingungen für den Wurzel- und Triebwuchs sollten nochmals am breiteren Material überprüft werden. Folgende unveränderliche und variable Testvarianten wurden untersucht.

- 4 Herkünfte aus Polen, frisches Saatgut
- Wassergehalt der Eicheln je nach der Herkunft (zwischen 40,8 und 51,1 %)
- Ein feuchtes Testmedium (Sand + Torfmoß)
- 5 konstante Testtemperaturen (5°, 10°, 15°, 20° und 25 °C)
- Die Testtemperatur wurde bis zum Abschluß der Tests (60-70 Tage) nicht geändert.

In diesem Versuch wurden die Ergebnisse des Jahres 1963 bestätigt. Optimaltemperatur für die Keim- und Triebwuchstests war für alle Herkünfte 20 °C (Abb. 4).

Quercus robur, Ernte 1970
Nicht gelagert

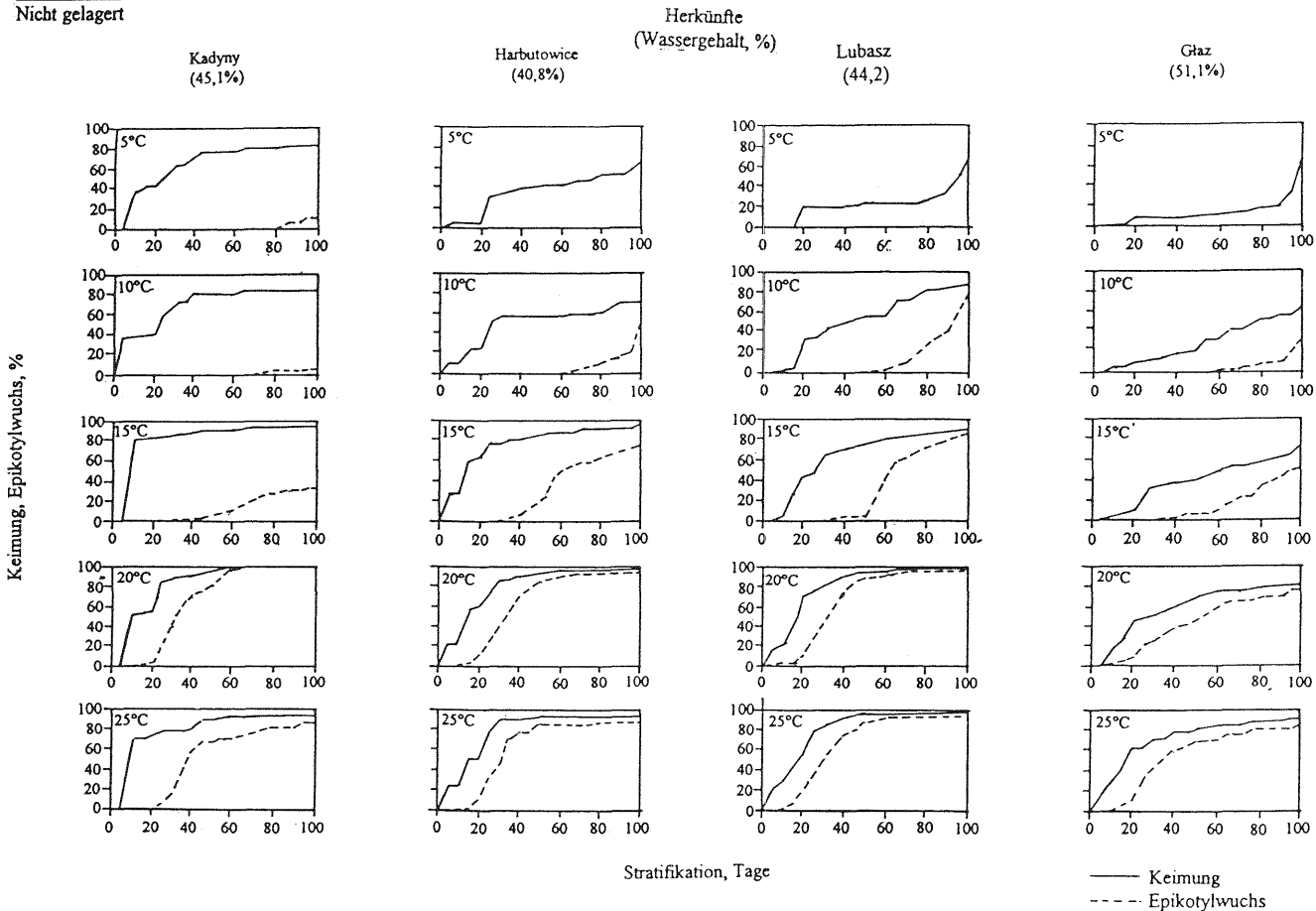


Abb. 4: Keimung und Epikotylwuchs von Samen von 4 Herkünften der Stieleiche Ernte 1970, bei 5°, 10°, 15°, 20° und 25°C, während der Stratifikation im feuchten Medium. Saatgut nicht gelagert. (Kornik).

1971: Nach der Ernte des Jahres 1971 wurde der mehrjährige Lagerungsversuch begonnen. Der Versuch umfaßte folgende Faktoren:

- 3 Herkünfte aus Polen, 12-21 Tage im kühlen Eichellager
- 3 trockene Lagerungsmedia (Torf, Sand, Sägespäne)
- 3 Lagerungstemperaturen (1°, -1°, -3°C)
- Labortests bei 20°C: (jedes Frühjahr und jeden Herbst, Wurzel- und Triebwuchs, 4 x 50 Eicheln)
- Baumschulaussaaten (jedes Frühjahr, Anfang April, gleichzeitig mit den Labortests, beobachtet wurde das Auflaufen, 5 x 100 Eicheln)
- Lagerungsdauer: bis zum 3., 4. oder 5. Frühjahr, je nach der verfügbaren Eichelmenge.

Dieser Versuch lieferte die in der Abb. 5 dargestellten Ergebnisse. Es zeigte sich, daß das Verhalten der Eicheln und ihre Lagerungsfähigkeit stark von der Herkunft abhängig waren. Als optimale Lagerungstemperatur hat sich -1°C erwiesen, doch bei -3°C kam es niemals zu einer vorzeitigen Keimung der Eicheln. Nach der Lagerung über den 2. oder auch über den 3. Winter beobachteten wir je nach der Herkunft guten Triebwuchs im Labor und das Auflaufen in der Baumschule nach der Frühljahrsaussaat. In einzelnen Versuchsvarianten konnten auch nach einer Lagerung über den 5. Winter Eicheln beobachtet werden, die nach der Freilandausaat in der Baumschule noch Sämlinge lieferten. Der Wuchs der Triebe dieser Eicheln war jedoch stark gehemmt. Die Lagerung in undicht verschlossenen Behältern hat sich als eine Notwendigkeit erwiesen. In den hier beschriebenen Versuchen wurde nur die Lagerung in verschiedenen Medien (1:1 mit den Eicheln vermischt) untersucht. Trockener Torf hat sich dabei als ein besseres Medium erwiesen, als trockene Sägespäne. In jeder Versuchsvariante sinkt die Keim- und Auflauffähigkeit im Laufe der Lagerung ab. Nach der Lagerung soll die Keimfähigkeit und der Triebwuchs bei 20°C getestet werden.

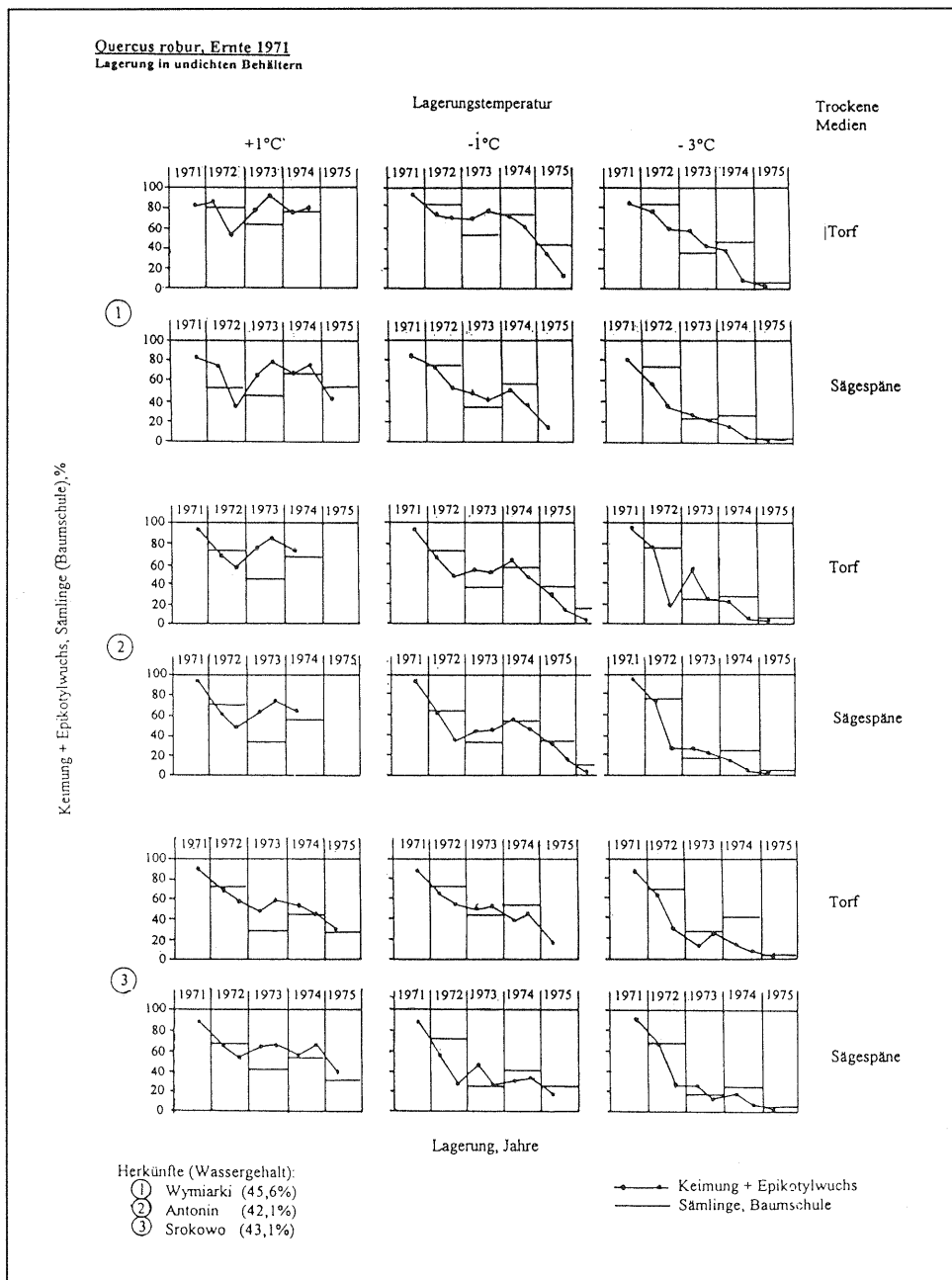


Abb. 5: Keimung und Epikotylwuchs von Samen von 3 Herkünften der Stieleiche, Ernte 1971, die Tests wurden bei 20°C im Labor in jedem Frühjahr und Herbst durchgeführt. Auflaufen von Sämlingen in der Baumschule (Herbstzählung) nach Frühjahrsaussaat. Die Lagerung bei 1°, -1° und -3°C dauerte über 1-4, ausnahmsweise über 5 Winter. (Kórnik).

Ein Rückblick und die Beurteilung des heutigen Standes der Eichellagerung

Heute, 25 Jahre nach dem Abschluß der polnischen Versuche über die Lagerung von Eicheln unter kontrollierten Bedingungen, welche früheren Versuchen aus England folgten und ihre Ideen weiter entwickelten, stehen wir vor einer sehr veränderten Situation. Inzwischen hat sich eine aggressive Form des Pilzes *Ciboria batschiana* in den meisten europäischen Ländern (einschließlich England und Polen) verbreitet und verursacht in den Baumschulen sehr große Verluste in frischgeerntetem Saatgut, das im Herbst gesät oder kurzfristig gelagert wurde. Eine Lagerung, auch über nur einen Winter ist ohne besondere Maßnahmen unmöglich geworden, denn derselbe Pilz vernichtet die gelagerten Vorräte schon während des ersten Winters.

Eine Lösung wurde in der französischen Methode des Thermoerapie (DELATOUR 1978) gefunden, doch trotz der vollständigen Beseitigung dieses Pathogens werden während der Lagerung Schimmelpilze aktiv, was eine Fungizidbehandlung der thermoerapierten Eicheln nötig macht. Trotz all dieser Maßnahmen ist es bis heute nicht gelungen, die Keimfähigkeit gelagerter Eicheln länger als über 2, seltener auch über 3 Winter zu erhalten. In Italien gelang es jedoch GRADI (1986) die Eicheln von *Quercus cerris* nach einer Lagerung über 4 Winter in undicht verschlossenen Behältern bei -1°C keimfähig zu erhalten, wobei er sich auf unsere Ergebnisse stützte. Inzwischen wurden in Polen die Methoden der Eichellagerung insofern geändert, daß man jetzt auf die Lagerung in trockenen Medien verzichtet. Verschiedene Fungizide wurden auf ihre Fähigkeit Schimmelpilze nach der Thermoerapie zu bekämpfen untersucht und einige positiv beurteilt. Die Lagerung so behandelter Eicheln in undicht verschlossenen, aber bis zum Behälterboden gelüfteten Großbehältern (bis 100-120 Liter) bei -2° bis -3°C wird vor allen anderen Methoden bevorzugt.

Literatur

- DELATOUR, C. (1978): Recherche d'une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald chez le gland. Eur. J. For. Pathology **8** (4): 193-210.
- GRADI, A. (1986): Lagerung von Eicheln verschiedener Eichelarten. Polnische Methode auch in Italien bewährt. Allgemeine Forst Zeitschr. **40**: 990.
- HOLMES, G.D. & BUSZEWICZ, G. (1956): Forestry Commission. Report on forest research for the year ended march 1955.: 88-94.
- PRAVDIN, L.F. & FILIMONOVA, V.D. (1952): Der Einfluß tiefer Temperatur auf die Vitalität von Eicheln (russ.). Dokl. Akad. Nauk U.S.S.R. **85** (4): 921-924.
- SUSZKA, B. & TYLKOWSKI, T. (1980): Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1-5 winters. Arboretum Kórnickie **25**: 199-229.

Pawel Chmielarz

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, 62-035 Kórnik, Parkowa 5, Poland

Somatic embryogenesis of *Quercus robur* L. and cryopreservation of somatic embryos in liquid nitrogen

Somatische Embryogenese von *Quercus robur* L. und Kryokonservierung somatischer Embryonen im flüssigen Stickstoff

Zusammenfassung

Untersucht wurden die Induktion der somatischen Embryonen von *Quercus robur* L., ihre Entwicklung zu intakten Pflanzen und die Kryokonservierung dieser Embryonen. Unreife zygotischen Embryonen wurden allwöchentlich in der Zeit zwischen Mai und August gesammelt und auf MS und WPM Medien gezüchtet, die mit 2,4-D 0,5 mg/l und BAP 0,1-1,0 mg/l ergänzt wurden. Nach zwei Wochen der Kultur wurde die Entwicklung von Kallus nur an zygotischen Embryonen induziert, die in der Zeit vom 26. Juli bis zum 1. August gesammelt wurden. Nach 3 Monaten, gezählt vom Anfang der Kultur, wurden embryonale Strukturen am embryogenischen Kallus auf beiden Medien beobachtet. Die Umwandlung von Embryonen zu Pflanzen geschah nur, wenn die Kulturen in Monatsabständen auf frisches Medium übertragen wurden, bei zyklischen (pulsierenden) Änderungen des Zytokininanteils (BAP): im ersten Monat 0,1 mg/l; im zweiten 0,3 mg/l; im dritten 0,5 mg/l; im vierten eine Erniedrigung seines Gehaltes auf 0,1 mg/l, in fünften 0,3 mg/l u.s.w.

Nur sehr kleine (1 mm) somatische Embryonen überlebten eine 24-stündige Aufbewahrung im flüssigen Stickstoff, nach einer teilweisen Entwässerung bis zum Wassergehalt von 30% und einer Behandlung mit Sacharose (0,75 und 1,0 M), wonach Glycerol (0,2 und 5,0 M) verabreicht wurde. Somatische Embryonen, welche das Einfrieren im flüssigen Stickstoff überlebten, produzierten neue somatische Embryonen.

Stichwörter: *Quercus robur*, Embryoachsen, somatische Embryonen, Kryokonservierung, flüssiger Stickstoff.

Abstract

Induction of somatic embryos, their development into whole plants and a method of cryopreservation of somatic embryos of *Quercus robur* L. were investigated. Immature zygotic embryos collected weekly from May till August were cultured on MS and WPM media supplemented with 2,4-D 0.5 mg/l and BAP 0.1 - 1.0 mg/l. After two weeks of culturing callus development was induced only on zygotic embryos collected from July 26th till August 1st. After 3 months since the start of culturing, on both media embryonic structures were observed on the embryogenic callus. Conversion from embryos to plants was achieved when the cultures were transferred once every month onto a fresh medium, with cyclical (pulsatory) changes of the concentration of cytokinin (BAP) (first month 0.1 mg/l; second 0.3 mg/l; third 0.5 mg/l; the fourth month again low concentration 0.1 mg/l; fifth 0.3 mg/l and so on).

Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, H. 365, 1999

Only few very small (1mm) somatic embryos (embrioids) survived 24-hour storage in liquid nitrogen after their pre-treatment by partial desiccation to a moisture content of 30% and treatment with sucrose (0.75 and 1.0 M) followed by glycerol (2.0 and 5.0 M). Somatic embryos which survived freezing in liquid nitrogen produced new somatic embryos.

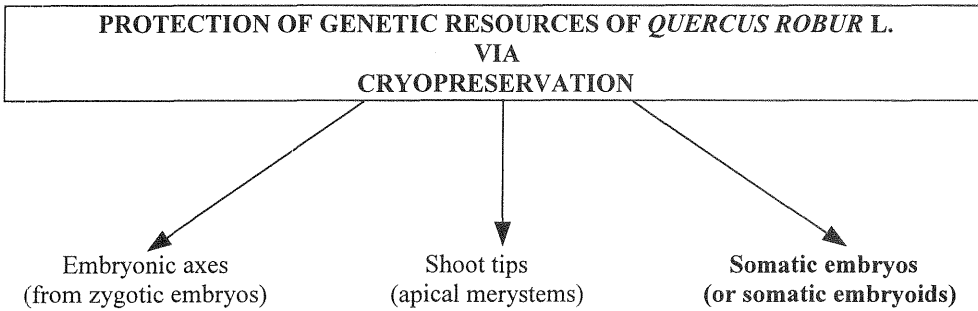
Key words: *Quercus robur*, embryonic axes, somatic embryos, cryopreservation, liquid nitrogen.

Introduction

In the Institute of Dendrology in Kórnik, investigations on cryopreservation (storage of the biological material at a very low temperature, usually in liquid nitrogen (LN₂), -196°C) to preserve *ex situ* genetic resources of *Quercus robur* have been conducted since 1990. At first embryonic axes excised from zygotic embryos (CHMIELARZ 1997) were taken for cryopreservation. Embryonic axes are more tolerant to partial dehydration than whole acorns (FINCH SAVAGE 1992), but after some years of investigations we had to realise that they are still very difficult to be cryopreserved without loss of viability .

Promising results of cryopreservation of genetic resources in the form of somatic embryos are reported for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq., DUMET *et al.*, 1993), for walnut (*Juglans* sp., de BOUCOUD *et al.*, 1994), for carrot (*Daucus carota* L., LECOUEUX *et al.*, 1991), for coffee (*Coffea canephora*, TESSERAU *et al.*, 1991), (*Coffea arabica* L. BERTRANDE-DESBRUNAIS *et al.*, 1988) and for sweet orange (*Citrus sinensis* L., MARTIN *et al.*, 1988). In our investigations we have tried to cryopreserve somatic embryos of *Quercus robur*. Therefore we had to obtain somatic embryos and induce their conversion into plantlets. It was necessary to convince ourselves that growth and development of plants derived from non-frozen somatic embryos proceeds normally. For this purpose we had to provoke the formation of an embryogenic callus, of somatic embryos, and finally the conversion of the latter into complete plantlets (with shoots and roots).

Some authors have obtained somatic embryos of *Quercus robur*, starting from different explants, usually from immature zygotic embryos (CHALUPA, 1987; CHALUPA, 1990; MANZANERA, 1992; OSTROLUCKA, 1995; HÜBNER *et al.*, 1995; OSTROLUCKA & KRAJMEROVA, 1996). Though our investigations on preservation of genetic resources of oak are running along three different ways: cryopreservation of embryonic axes, cryopreservation of shoot tips and cryopreservation of somatic embryos, only the last way will be presented in this paper.



FIRST METHOD (CRYOPRESERVATION OF EMBRYONIC AXES)

After seven years of study we have obtained *in vitro* plantlets (Fig. 1), just normally growing in pots, from experiment, where 20-27% of embryonic axes have produced viable plumules after 24-hours storage in liquid nitrogen and defrosting in warm water.



Fig. 1: *Quercus robur* L. Plants obtained from embryonic axes (excised from zygotic embryos) stored 24 h in liquid nitrogen.

SECOND METHOD (CRYOPRESERVATION OF SHOOT TIPS)

This method creates a lot of difficulties. There arose many problems with sterilization of the dormant buds collected from trees in March.

Other buds taken from shoots growing in *in vitro* culture did not tolerate desiccation and treatment by cryoprotectants.

Material and methods

THIRD METHOD (CRYOPRESERVATION OF SOMATIC EMBRYOS)

Formation of embryogenic callus and induction of somatic embryos

Still immature acorns (oak fruits) of *Quercus robur* L. were collected in Kórnik near Poznań. Acorns were collected at 7 to 10-day intervals, starting from May, through June, July until August. Oak fruits were collected always from the same tree.

To initiate somatic embryogenesis immature acorns, zygotic embryos and embryonic axes were used as explants. Only from 5 mm long zygotic embryos (Tab. 1) excised from acorns (7 to 13 mm long), taken from the tree from July 26th till August 1st, embryogenic callus was obtained.

Tab. 1: *Quercus robur* L. The embryogenic callus formation from the explants (acorns, zygotic embryos and embryonic axes) at the successive stages of their development.

Collection date of immature acorns	Mean length of acorns, zygotic embryos and embryonic axes. [mm]	Induction of embryogenic callus
13.05.96.	acorns 2-3	-
21.06.96.	acorns 5 zygotic embryos 1	- -
28.06.96.	acorns 5 zygotic embryos 1	- -
04.07.96.	acorns 6 zygotic embryos 1	- -
16.07.96.	acorns (length x width) 6x5 zygotic embryos 1-2	- -
<u>26.07.96.</u>	acorns 7x5 embryonic axes 2-3	+ -
<u>01.08.96.</u>	acorns 13x11 zygotic embryos 8x5	+ -
08.08.96.	acorns 16x13 zygotic embryos 12x6 embryonic axes 1	- - -
19.08.96.	acorns 20x13 zygotic embryos 13x7 embryonic axes 5x2	- - -

Such explants (zygotic embryos) were sterilised in 0.1% mercury chloride HgCl₂ plus few drops of *Twin 20*, for 2.5 minutes and rinsed four times in sterile distilled water for 1 minute.

Zygotic embryos collected after August 8th, were very difficult to be sterilized them. It was due to their seed coat, which has been at this time of development of acorns, tightly connected with the cotyledons. Therefore, on agar media with sterilised explants, a lot of bacterial and fungal contamination were observed.

Immature zygotic embryos were placed in Petri dishes (10 cm diameter, 30 ml medium) sealed with Parafilm[®]. To study the effect of various media on the growth of embryogenic callus, explants were cultured on a MS (MURASHIGE & SKOOG, 1962), and WPM (LLOYD & MCCOWN, 1980) media with sucrose - respectively 30 g/l and 20 g/l, agar 6 g/l. Both media were supplemented with the auxin 2,4-D 0.5 mg/l (2, 4-dichlorophenoxyacetic acid) and the cytokinin BAP 0.1 - 1.0 mg/l (benzyladenine). The pH was adjusted to 5.7 before autoclaving. Media were autoclaved at 120°C for 20 minutes. Explants were cultured in darkness at 28°C.

Results and Discussion

After two weeks of culturing on both media, callus development was induced from immature zygotic embryos. After three months from the start of culturing, embryonic structures were observed on embryogenic callus (Fig. 2).

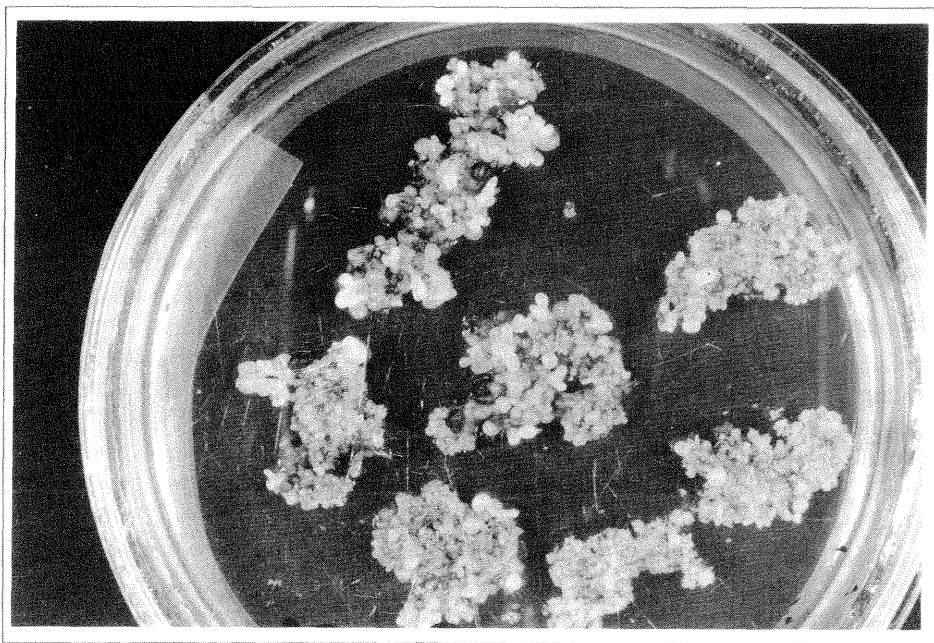


Fig. 2: *Quercus robur* L. Growth of somatic embryos (one embryo about 1 mm) on the embryogenic callus. Somatic embryos are in an early globular stage of their development.

TORIBIO et al. (1995) noticed that somatic embryos on embryogenic callus of *Quercus suber* L. also formed 90 days after inoculation of explants onto a medium. We can distinguish four basic stages of the development of somatic embryos: globular (spherical), torpedo (extended, elongated shape), heart and dicotyledonary stage. Being in an early dicotyledonary stage, somatic embryos that we obtained were glassy - translucent (Fig. 3), with an average length of 3 mm.

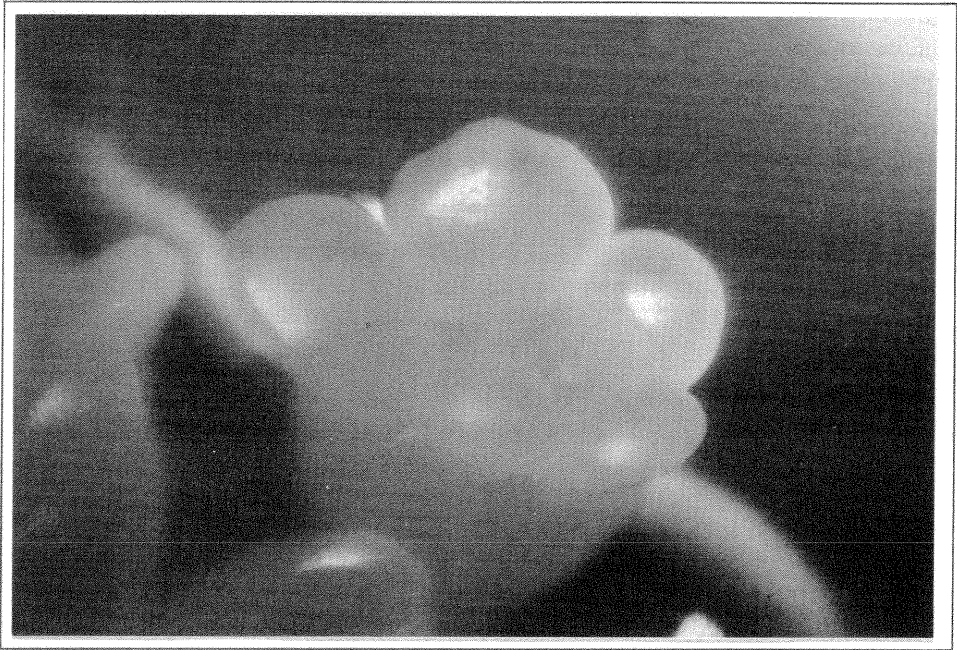


Fig. 3: *Quercus robur* L. Glassy-translucent somatic embryo (1 mm) in an early stage of somatic embryogenesis.

Some of the somatic embryos were connected to each other, up to two or four embryos. Sometimes four cotyledons had only one embryonic axis or the cotyledons did not have an embryonic axis at all. Somatic embryos 1-3 mm long were cultured on the WPM medium, supplemented with cytokinin BAP. Cultures were transferred monthly onto the fresh medium, with cyclical changes of the composition of cytokinin (BAP). First month 0.1 mg/l; second 0.3 mg/l; third 0.5 mg/l; fourth month, again low concentration 0.1 mg/l; fifth 0.3 mg/l and so on) - this was the pulsatory dosing of BAP to obtain conversion from embryos to plants. Cultures in sealed dishes were placed in a growth chamber at a temperature of 25°C in a 16/8 h light/darkness photoperiod, with a Photosynthetic photon flux density (PPFD) $52 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (LF 40W, daylight, Polam, 380-680 nm). Embryogenic lines were maintained by secondary embryogenesis. The cultures of somatic embryos were grown at light for several months, without any germination (and conversion to plants). A visible sign of maturation of somatic embryos were changes of their colour from translucent to milky-white, and differentiation of cotyledons and the embryonic axis from somatic embryos (Fig. 4).

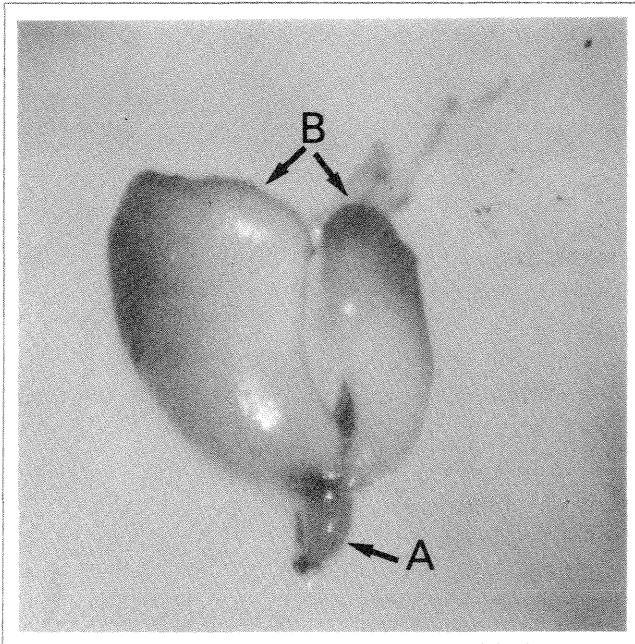


Fig. 4: *Quercus robur* L. Maturation of somatic embryos. The somatic embryo (5 mm) with two cotyledons (B) and the embryonic axis (A).

Another sign of maturation of embryos was the increase of their length even to 15 mm (in average to 7 mm). In the further development of somatic embryos changing of their colour from milky-white to reddish-brown was observed. Most of these embryos generate secondary embryogenesis.

It was observed, as also TORIBIO et al. (1996) described for *Quercus suber*, a great variability of their shape and asynchrony in their development. In this process, some types of embryogenic behaviour could be observed. In most cases, the explanted embryos developed a whitish compact mass of tissue that produced later large number of secondary embryos. This occurs in the hypocotyledonary region. After two weeks a whitish mass covered most of the embryonic axis. After 20-30 days of further culture, cotyledonary primordia can be identified and then (after 40-60 d) translucent secondary embryos become visible (globular stage). These embryos were separated from the tissue mass to be used as starting explants to reinitiate the process of the somatic embryogenesis. Origin of secondary embryos is still poorly understood. Somatic embryogenesis starts either indirectly from callus or directly from cells of organised tissues (TAYLOR & VASIL 1996). EL MAATAOUI et al. (1990) studied somatic embryo formation in callus cultures of *Q. suber*. This author reported that the embryos originated directly from epidermal and the subjacent cells of callus.

Finally, after 9 months of culturing, somatic embryos still growing on the same medium (WPM) with only pulsatory composition of cytokinin for several months started to germinate and after 11 months somatic embryos formed both shoots and roots (Fig. 5)(complete plants). My methods differs from the one TORIBIO et al. (1995) has developed for *Quercus suber*. He has used desiccation and cooling of embryos before their conversion to the plantlets.

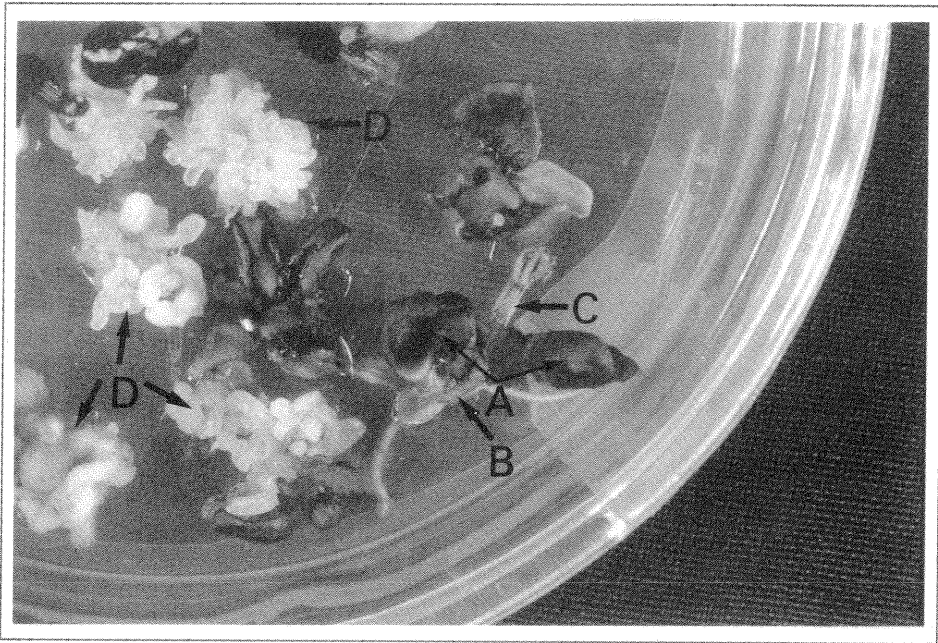


Fig. 5: *Quercus robur* L. Germinated somatic embryo with two cotyledons - A (one 10 mm), showing elongated root - B (20 mm) and shoot - C (8 mm). Somatic embryos showing secondary embryogenesis, producing new, white embryos- D.

Sometimes in the place of a shoot tip, several new green somatic embryos start to arise. In such a case, further growth and development of plantlets with many green embryonic axes on the top of shoots stopped. Such green embryonic axes, inoculated on a fresh medium were useless and could not reinitiate the process of somatic embryogenesis. They were not able to germinate. FERNÁNDEZ-GUIJARRO *et al.* (1994a) states for *Q. suber* that to obtain high conversion rate of normal plants, it is necessary to interrupt secondary embryogenesis, and this is often difficult to achieve. We have confirmed that in our investigations for *Quercus robur*.

Microplants with shoot and root were transferred into the Magenta vessels (Sigma) on a WPM medium without growth regulators and kept in a growth chamber, in the same light and temperature conditions as already described. After 2-3 months of culturing, when microplants with well developed root were about 2-4 cm high, they were transferred to flower-pots. Microplants were planted in a peat + perlite medium (Fig. 6), supplemented with Hoagland liquid medium (HOAGLAND *et al.* 1950).

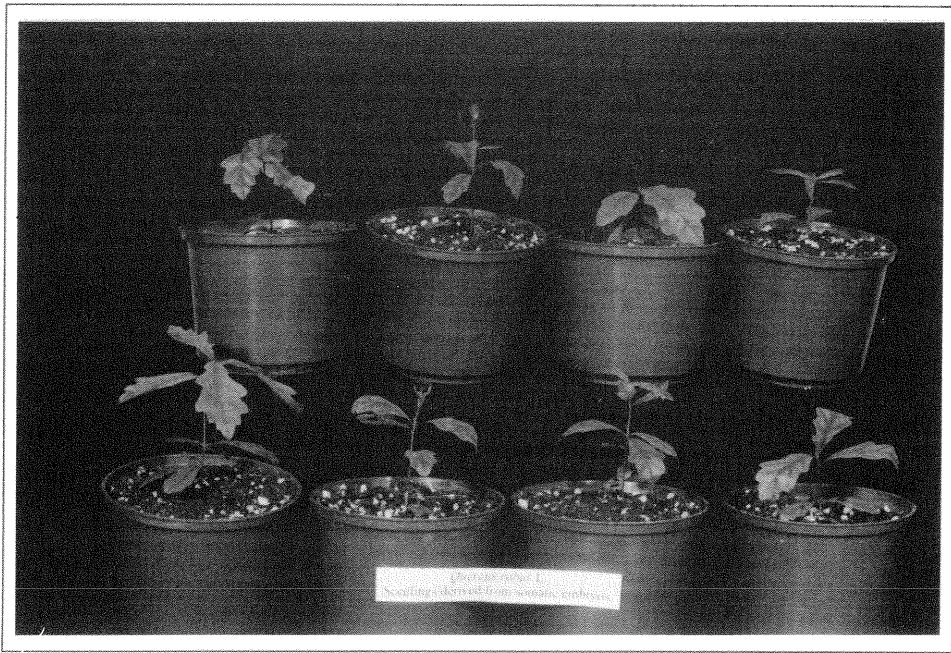


Fig. 6: *Quercus robur* L. Five-month-old plants (3-7 cm) derived from (non frozen in liquid nitrogen) somatic embryos after hardening.

Plants were hardened by a controlled, gradual reduction of relative humidity (RH) of the air (0.5%/day from 99% to 60%) in an illuminated growth thermostatic chamber, RUMED®, Rubarth Apparate GmbH, Germany).

Cryopreservation of somatic embryos

For freezing in LN₂, somatic embryos at different stages of development were used: quite mature embryos with reddish-green cotyledons, the smaller ones with milky-white cotyledons (ca. 5 mm) and very small embryoids 1-2 mm long at the globular or heart stage.

Somatic embryos were treated by cryoprotectants such as sucrose 0.75 and 1.0 M followed by glycerol in 2.0 and 5.0 M concentration. Somatic embryos were partially desiccated from 90 to 30% of moisture content, expressed on the fresh weight basis. Desiccation was carried out in tightly closed jars above saturated water solution of magnesium chloride ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (9 g $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ /3 ml of water) for 3 hours and afterwards for 75 minutes under laminar air flow. So pre-treated samples were plunged into Nunc® vials directly in LN₂ (rapid freezing).

After defrosting of somatic embryos in warm water and culturing *in vitro* their regrowth was observed. Few embryos increased in size, grew and produced new embryos.

To find out the most effective conditions for pre-treatment of somatic embryos of *Quercus robur* before liquid nitrogen storage, further studies will be necessary.

Literature

- BERTRANDE-DESBRUNAIS, A.; FABRE, J.; ENGELMANN, F.; DEREUDDRE, J.; CHARRIER, A.** (1988): Adventive embryogenesis recovery from coffee (*Coffea arabica* L.) somatic embryos after freezing in liquid nitrogen. C.R. Acad. Sci. Paris, Ser. **III**, 307, 795.
- CHALUPA, V.** (1987): Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Picea*, *Quercus*, *Betula*, *Tilia*, *Robinia*, *Fagus*, and *Aesculus*. *Communicationes-Institutii-Forestalis-Cechosloveniae* **15**: 133-148.
- CHALUPA, V.** (1990): Plant regeneration by somatic embryogenesis from cultured immature embryos of oak (*Quercus robur* L.) and linden (*Tilia cordata* Mill.). *Plant-Cell-Reports* **9**: 398-401.
- CHMIELARZ, P.** (1997): Preservation of *Quercus robur* L. embryonic axes in liquid nitrogen. In: (Eds R. H. Ellis, M. Black, A. J. Murdoch and T. D. Hong) *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture Vol. 30*, Basic and Applied Aspects of Seed Biology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.: 765-769.
- DE BOUCOUD, M.Y.; BRISON M.; NEGRIER, P.** (1994): Cryopreservation of walnut somatic embryos. *Cryo-Letters* **15**: 151-160.
- DUMET, D.; ENGELMANN, F.; CHABRILLANGE, N.; DUVAL, D.** (1993): Cryopreservation of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) somatic embryos involving a desiccation step. *Plant Cell Reports*, **12**: 352-355.
- EL MAATAOUI, M.; ESPAGNAC, H.; MICHAUX-FERRIERE, N.** (1990): Histology of callogenesis and somatic embryogenesis induced in stem fragments of cork oak (*Quercus suber*) cultured *in vitro*. *Ann Bot* **66**:183-190.
- FERNÁNDEZ-GUIJARRO, B.; CELESTINO, C.; TORIBIO, M.** (1994a): Somatic embryogenesis in *Quercus suber* L. in Pardos J A, Ahuja M R, Rossello R E, eds. *Biotechnology of trees. Fuera de Serie 4*. INIA, Madrid: 105-110.
- FINCH-SAVAGE, W., E.** (1992): Seed development in the recalcitrant species *Quercus robur* L.: germinability and desiccation tolerance. *Seed Sci. Research*, **2**: 17-22.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I.** (1950): Circular 347, California Agr. Exp. Stat., Berkeley.
- HÜBNER, E.; MÜLLER, K.; HEYDER, J.; SCHMITT, H.P.** (1995): Somatische Embryogenese und Sproßentwicklung in Abhängigkeit von 2,4-D- und BAP- Konzentrationen an zygotischen Embryonen der spätaustreibenden Stieleiche (*Quercus robur* L.). *Silvae-Genetica*. **44**: 5-6, 225-229;
- LECOUTEUX, C.; FLORIN, B.; TESSERA, U. H.; BOLLON, H.; PETIARD, V.** (1991): Cryopreservation of carrot somatic embryos using a simplified freezing process, *Cryolett.* **12**, 319.
- LLOYD, G.; MCCOWN, B.** (1980): Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel. *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture. *Combined Proceedings International Plant propagators' Society* **30**: 421-427.
- MANZANERA, J. A.** (1992): Induction of somatic embryogenesis in oak (*Quercus robur*). *Investigacion-Agraria,-Sistemas-y-Recursos-Forestales.*, **1**: 1, 73-81.
- MARTIN, M. L.; DURAN-VILA, N.** (1988): Survival of somatic embryos and recover of plants of sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Obs.) after immersion in liquid nitrogen, *Plant Cell, Tiss. and Org. Cult.*, **14**, 51.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F.** (1962): A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, **15**: 473-97.

- OSTROLUCKA, M. G.** (1995): Asexual embryogenesis and application of this process in the reproduction of oaks (*Quercus sp.*). *Nauka-za-Gorata*. **32**: 1, 12-18;
- OSTROLUCKA, M. G.; KRAJMEROVA, D.** (1996): Manifestation of embryogenic potential in culture of zygotic embryos of *Quercus robur* L.: Proceedings of the Seventh Conference of Plant Embryologists of Czech Republic, Slovakia and Poland, Lublin, 14-16 September 1995. *Acta-Societatis-Botanicorum-Poloniae*. **65**: 1-2, 37-41.
- TAYLOR, M. G.; VASIL, I.K.** (1996): The ultrastructure of somatic embryo development in pearl millet (*Pennisetum glaucum; Poaceae*). *Am. J. Bot.* **83**:28-44.
- TESSERAU, U. H.; LECOUTEUX, C.; FLORIN, B.; SCHLIENGER, C.; PETIARD, V.** (1991): Use of a simplified freezing process and dehydration for the storage of embryogenic cell lines and somatic embryos. *Rev. Cytol. Biol. Végét.-Bot.*, **14**:297-310.
- TORIBIO, M.; CELESTINO, C.; FERNÁNDEZ-GUIJARRO, B.** (1995): Influence of external factors on secondary embryogenesis and germination in somatic embryos from leaves of *Quercus suber*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **41**: 99-106.
- TORIBIO, M.; MOLINAS, M.; FERNÁNDEZ-GUIJARRO, B.; PUIGDERRAJOLIS, P.** (1996): Origin and early development of secondary embryos in *Quercus suber* L. *Int. J. Plant Sci.* **157**(6):674-684.

Ehlert Natzke

Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt, Forstliches Versuchswesen, Flechtingen

Die Lagerung von Eicheln in einer modifizierten Atmosphäre und das Wachstum des Schwarzfäulepilzes *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*)

Storage of oak seeds in a modified atmosphere and the fungal growth of *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*)

Zusammenfassung

Das Wachstum von *Ciboria batschiana* läßt sich ab -3°C und bei einer modifizierten Atmosphäre mit 20% Kohlendioxid auf ein Minimum reduzieren. Mit Versuchen der Eichellagerung in einer modifizierten Atmosphäre wurde begonnen.

Stichwörter: Lagerung, Eicheln, *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*), modifizierte Atmosphäre

Abstract

The growth of the fungus *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*) can be reduced to a minimum in the case of -3°C and at a modified atmosphere with 20% carbon dioxide. Experiments of storage oak seeds in a modified atmosphere were started.

Key words: Storage, oak seeds, *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudotuberosa*), modified atmosphere

Einleitung

Die Versuche zur Lagerung von Eicheln in einer modifizierten Atmosphäre stellen die Fortsetzung bereits vorgenommener anderer Lagerungsversuche dar (NATZKE 1997). Die aktuellen Arbeiten erfolgten in enger Zusammenarbeit mit Dr. Rolf Kehr von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Forst, Braunschweig und Dr. Peter Quast von der Obstbauversuchsanstalt Jork der Landwirtschaftskammer Hannover. Wesentliche Anregungen für diese Versuche kamen vom russischen wissenschaftlichen Produktionszentrum für Forstliches Saatgutwesen in Puschkino bei Moskau (ZENTRELESSEM), (AVSIEWITSCH 1996; RUTKOWSKI & AVSIEWITSCH 1997).

Mit den durchgeführten Untersuchungen wird angestrebt, unter Ausnutzung der Erkenntnisse zur möglichen Frostabhärtung der Eicheln, tiefe Lagerungstemperaturen für Eicheln anzuwenden. Durch die Nutzung der Erfahrungen zur Obstlagerung bei einer modifizierten Atmosphäre und die des ZENTRELESSEM zur Eichellagerung soll untersucht werden, ob eine generelle Verbesserung und Verlängerung der Lagerung von Eicheln möglich ist. Ein weiteres Ziel

besteht darin, durch Einschränkung des Wachstums von *Ciboria batschiana* die sonst nötige Thermotherapie einzusparen.

Nutzung modifizierter Atmosphären für die Lagerung

Lagerungsverfahren bei einer modifizierten Atmosphäre wurden für Obst entwickelt. Ab 1950 begann in Deutschland die Obstlagerung bei kontrollierter Atmosphäre, meist mit je 3 % O₂ und CO₂. Ab 1990 wurde die Apfellagerung mit Präzisionssteuerungen für die Lageratmosphäre versehen (CA/ULO-Lager), die z. B. O₂ Werte zwischen 1,3 %-1,5 % auf 0,1 % genau regeln (QUAST, 1996). Bis September 1997 waren allein an der Niederelbe ca. 100.000 t CA/ULO-Lagerkapazitäten entstanden.

Die Lagerung von Eicheln bei einer modifizierten Atmosphäre wurde in der Vergangenheit und wird aktuell untersucht. TYLKOWSKI (1977) lagerte Eicheln erfolgreich über 170 Tage bei -1 °C und Varianten mit CO₂-Anteilen von 1 %-5 % und O₂-Anteilen von 2,5 %-10 %.

BONNET-MASIMBERT & MÜLLER (1993) berichten über einen Versuch der Eichellagerung in Polyäthylen-Beuteln, die mit einer CO₂- durchlässigen Membran versehen waren aus dem Jahre 1984. Damit war beabsichtigt, in den Beuteln den CO₂-Anteil zu erhöhen, den Sauerstoffanteil zu verringern und bei zu hoch ansteigender CO₂-Konzentration ein Herausdiffundieren zu ermöglichen. Die Lagerungsergebnisse bei -1 °C nach 18 Monaten wiesen eine Verringerung des Keimprozentes um nur 5 % auf. Die Pilzentwicklung war gehemmt. Trotz dieses guten Ergebnisses wurde diese Arbeitsrichtung nicht weiter verfolgt. Wegen des Zerreißens der Beutel wurde das Verfahren als nicht praktikabel angesehen.

Die Herstellung analoger CO₂- und Sauerstoffverhältnisse ist auch bei der Tonnenlagerung mit Drainagerohr beabsichtigt (SUSZKA et al. 1994).

RUTKOWSKI & AVSIEWITSCH (1997) vom ZENTRLESSEM Puschkino führten Laborversuche in geschlossenen Behältern bei einer Gewährleistung von mindestens 4% O₂ durch, bei denen es durch Eichelatmung zur „Selbstregulierung“ der Lageratmosphäre kam. Dabei entstanden durch die Eichelatmung hohe CO₂-Werte. Nach 30 Monaten Lagerung bei bis +9°C betrug das Keimprozent, den Autoren, zufolge noch 72%. Die Untersuchung der Eichelatmung ergab dabei, daß sich bei einer Reduzierung des Sauerstoffanteils im Eichellager auf 4-7 %, 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. Bei der MA-Lagerung blieb die Atmung bei -1 °C Lagertemperatur bis +9 °C annähernd konstant.

Das Wachstum des Schwarzfäulepilzes *Ciboria batschiana* bei unterschiedlichen Temperaturen und Lageratmosphären

Kulturen von *Ciboria batschiana* (Pilzstamm Ke 49-1 aus der Sammlung des Instituts für Pflanzenschutz im Forst der BBA) wurden auf 2 % Malzagar in Petrischalen aufgeimpft und das Wachstum bei unterschiedlichen Temperaturen sowohl bei Normalatmosphäre als auch bei modifizierten Lageratmosphären beobachtet.

In Tabelle 1 sind die Versuche dargestellt. Die Temperaturen reichen von +19 °C bis -10 °C. Bei der modifizierten Lageratmosphäre ging es vor allem darum, den Einfluß von verschiede-

nen CO₂-Anteilen zu untersuchen. Die Versuche beinhalteten Normalatmosphäre, 0,2% CO₂, 10% und 20% .

Die Laufzeit der Versuche ist in Tabelle 1 in Tagen angegeben. Die relativ kurze Versuchsdurchführung bei den wärmeren Temperaturen von 10, 13 und 26 Tagen ist darauf zurückzuführen, daß der Pilz durch rasches Wachstum bis an den Rand der Petrischale gewachsen war. Weitere Wachstumsmessungen waren dann nicht mehr möglich.

Die Ergebnisse des Wachstums von *Ciboria batschiana* in Abhängigkeit von der Temperatur erlauben bereits wichtige Schlußfolgerungen. So kann das Wachstum auf ein Zehntel reduziert werden, wenn die Eicheln nach der Ernte umgehend in ein Kühllager gebracht werden, da sich das Wachstum je Tag von 3,2 mm bei 19 °C auf 0,3 mm bei -1 °C verringert.

Tab. 1: Wachstum von *Ciboria batschiana* in Petrischalen auf 2 % Malzagar bei unterschiedlichen Temperaturen und verschiedenen CO₂-Anteilen in der Lageratmosphäre

Temperatur	Normalatmosphäre		Verschiedene CO ₂ -Anteile in der Lageratmosphäre					
	Radialzuwachs bei: CO ₂ : 0,035 % O ₂ : 20,95 % N ₂ : 78,08 %		Radialzuwachs bei: CO ₂ : 0,2 % O ₂ : 2,5 % N ₂ : 97,3 %		Radialzuwachs bei: CO ₂ : 10 % O ₂ : 14 % N ₂ : 76 %		Radialzuwachs bei: CO ₂ : 20 % O ₂ : 14 % N ₂ : 66 %	
	Tag	Wachstum/ Tag	Tag	Wachstum/ Tag	Tag	Wachstum/ Tag	Tag	Wachstum/ Tag
19 °C ¹⁾	10	3,2 mm						
13 °C ¹⁾	13	2,5 mm						
5 °C ¹⁾	26	0,9 mm						
-1 °C ²⁾	108	0,3 mm	108	0,4 mm	108	0,05 mm	108	0,007 mm
					343	0,05 mm	343	0,030 mm
-3 °C ¹⁾	265	0,003 mm						
-5 °C ¹⁾	265	0,004 mm						
-10 °C ¹⁾	265	0,003 mm						

- je Versuch wurden 10¹⁾ bzw. 20²⁾ Petrischalen beobachtet.

Das Wachstum kann bei 19 °C fast auf ein Tausendstel reduziert werden, wenn die Frostabhärtung der Eicheln und eine Lagerung bei -3 °C erfolgt (Wachstum je Tag: 0,003 mm). Interessant ist weiterhin, daß unter -3 °C, weder bei -5 °C (0,004 mm), noch bei -10 °C (0,003 mm) eine deutliche Veränderung zu erkennen ist. Erst mehrjährige Untersuchungen werden zeigen, ob es eine Differenzierung gibt oder ob *Ciboria batschiana* bei -3 °C praktisch eingefroren werden kann. Für diese Vermutung spricht, daß die absoluten Meßwerte nach 265 Tagen nur um +1 mm liegen (-3 °C: 0,9 mm, -5 °C: 1,1 mm, -10 °C: 0,8 mm). Da sich die Proben bei den periodischen Messungen kurzzeitig in Zimmertemperatur befanden, kann das „gemessene“ Wachstum auch hierauf zurückgeführt werden.

Die vorgenommene Untersuchung unterstreicht nachdrücklich die bekannte Tatsache, daß über die Qualität der Eicheln weitgehend durch das Forstpersonal entschieden wird, das die

Eicheln vor der Einlagerung in einen Kühlraum betreut bzw. diese nach der Auslagerung zur Saat erhält. Alles spricht dafür, daß sich *Ciboria batschiana* bei Kühlhauslagerung eigentlich nur außerhalb des Kühlhauses wirksam ausbreiten kann. Die Auswirkungen von unsachgemäßer Eichellagerung mit möglichen Erwärmungen bis zu 70 °C (MESSER 1960) sollen hier nicht diskutiert werden, sind aber prognostizierbar.

Die Wachstumsversuche mit *Ciboria batschiana* in Abhängigkeit vom CO₂-Gehalt der Lageratmosphäre haben ebenfalls ein deutliches Ergebnis (Tabelle 1). Die Versuchsdurchführung erfolgte so, daß die beimpften Petrischalen in laufende Obstlager mit modifizierter Atmosphäre bzw. in Eichellagerungsversuche hineingestellt wurden. Beim Versuch mit 0,2 % CO₂ und 2,5 % O₂ wurden Erdbeerpflanzen gelagert. Die Versuche mit 10 % CO₂ und 20 % CO₂ waren Eichellager. Nach 108 Tagen Beobachtungszeit läßt sich ein enger Zusammenhang zwischen dem CO₂-Gehalt der Lageratmosphäre und dem Pilzwachstum feststellen. Bei 20 % CO₂-Gehalt wird von der Größenordnung her die gleiche Wachstumsreduzierung wie bei der Frostlagerung erreicht. Nach 343 Tagen hat sich die Wachstumsreduzierung bei 20% CO₂ allerdings der bei 10% CO₂ wieder angenähert. Damit ist die Frage zu klären, ob beim Vorhandensein von O₂ der Wachstumsreduzierung von *Ciboria batschiana* durch Erhöhung der CO₂-Anteile eine Grenze gesetzt ist.

Aus den bisherigen Untersuchungen würde sich damit eine Lagerungsstrategie mit Frostabhärtung (-3°C) und eine Lageratmosphäre mit mindestens 10 % CO₂ ergeben.

Eichellagerungsversuche

Mit der Durchführung von Eichellagerungsversuchen bei -1 °C in einer modifizierten Atmosphäre wurde begonnen. Erste Keimversuche mit in der Regel 200 Eicheln wurden nach 3-monatiger Lagerzeit vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Danach ergibt sich ein sehr widersprüchliches Bild, das auf den noch vorhandenen Untersuchungsbedarf hinweist. Das interessanteste Ergebnis besteht wohl darin, daß nach 3monatiger Lagerzeit mit 86 % Keimung praktisch ohne Sauerstoff das Keimprozent noch keine Veränderung zur Lagerung bei der Normalatmosphäre (83 %) erkennen läßt. Hieraus kann vermutet werden, daß auch Eicheln bei den im Obstbau üblichen sehr niedrigen O₂-Anteilen (1-2 %) lagerbar sind. In jedem Fall scheint ein großer Spielraum bei der Wahl von verschiedenen Lageratmosphären möglich zu sein, wobei die Langzeitwirkungen noch zu untersuchen sind.

Die hauptsächlich interessierenden Versuche mit 10 % CO₂ bzw. 20 % CO₂ zeigen mit 77 % Keimung ein schlechtes Ergebnis, was im Widerspruch zu den bisherigen Versuchen der eingangs genannten Autoren steht. Als Ursache dafür wird angesehen, daß in den Versuchsbehältern durch große Lufträume um die Eicheln eine Austrocknung einsetzte. Während diese Austrocknung nach Augenschein an den Eicheln erkennbar war, spiegelt sich das in den Stichprobenfeuchtemessungen nicht in dem Umfang wieder. Das Eichellager in Bülstringen mit seiner automatischen Befeuchtungsanlage gewährleistete, bei einem Fruchtwassergehalt von 48,5 % und im Keimversuch (90 %) die beste Eichellagerung.

Als Schlußfolgerung aus diesen Ergebnissen werden neue Versuche mit größeren Eichelmengen je Versuch (ab 60 kg), die den Versuchsraum weitgehend ausfüllen und bei Gewährleistung eines hohen Feuchtegehaltes der Lageratmosphäre durchgeführt.

Tab. 2: Ergebnisse von Eichel-Keimversuchen nach 3monatiger Lagerung der Eicheln in verschiedenen Atmosphären

	Normalatmosphäre		Verschiedene CO ₂ -Anteile in der Lageratmosphäre			
	Eichellager Bülstringen mit automa- tischer Be- feuchtung (7 Monate Lagerung)					
		CO ₂ : 0,035 % O ₂ : 20,95 % N ₂ : 78,08 %	CO ₂ : 0,2 % O ₂ : 2,5 % N ₂ : 97,3 %	CO ₂ : 10 % O ₂ : 14 % N ₂ : 16 %	CO ₂ : 20 % O ₂ : 14 % N ₂ : 66 %	CO ₂ : 0 % O ₂ : 0 % N ₂ : 100 %
Früchtewas- sergehalt der Eicheln [%]	48,5	46,2	45,5	45,6	43,8	41,5
Keimpro- zent [%]	90	83	85	77	77	86

Um der Verzögerung der Keimung der Eicheln nach Frostlagerung zu begegnen, wurde ein Versuch mit dem Wachstumsförderer Ethefon (Wirkstoff: Äthylen) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 enthalten. Wie zu erkennen ist, reduzierte sich das Keimprozent mit zunehmender Konzentration von Ethefon in der Lösung, in die die Eicheln nach der Auslagerung getaucht wurden. Von einem Keimprozent von 92 reduzierte sich das Ergebnis auf 57 bei Behandlung mit 10 % iger Ethefon-Lösung. Die Keimung verzögerte sich darüber hinaus um einen Monat.

Es wurde damit nachgewiesen, daß der Wirkstoff Äthylen keine förderliche Wirkung auf Eicheln ausübt.

Tab. 3: Keimergebnisse nach der Eichelbehandlung mit dem Wachstumsförderer Ethefon

Eichelbehandlung mit Ethefon-Lösung	0	0,1 %-ige Lösung	1 %-ige Lösung	10 %-ige Lösung
Keimprozent [%]	92	88	85	57

Neue Versuchsanstellungen zur Eichellagerung

Aus der Sprengmast von 1998 erfolgten neue Versuche. Bei der Saatguternte wurden verschiedene Varianten des Bodenkontaktes der Eicheln berücksichtigt. Es wurden Eicheln nach den Varianten: vom Boden, vom am Boden liegenden Netz und von einem über dem Boden gespannten Netz, geerntet.

Bei der Vorbehandlung der Eicheln für die Lagerung wurde jeweils ein Teil tfermotherapiert und ein anderer Teil nur abgeschwemmt.

Als Parallelvarianten für die Lagerung in einer modifizierten Atmosphäre erfolgte die Anlage von 4 Versuchen mit je ca. 60 kg Eicheln von Normalatmosphäre, 10 % CO₂, 20 % CO₂ und 40 % CO₂. Der O₂-Gehalt soll dabei gegenläufig bis auf 4 % bei 40 % CO₂ absinken.

Zur Klärung des Problems der Austrocknung der Eicheln bei der Lagerung ist die Ermittlung der Gleichgewichtsfeuchte in der Lageratmosphäre geplant.

Mit Vorversuchen zur Ermittlung von Veränderungen der Stoffwechselprozesse in den Eicheln während der Lagerung wurde begonnen.

Eine Standardkühlzelle mit 7 m³ Inhalt wurde in der Landesforstbaumschule Bülstringen für eine Lagerung bei modifizierter Atmosphäre mit der Präzisionssteuerung für CA/ULO-Lager umgerüstet. Die Kühlzelle besitzt eine automatische Befeuchtungsanlage. In diese Kühlzelle sind 800 kg Eicheln eingelagert worden, die zunächst einer Frostabhärtung unterzogen wurden. Unter Ausnutzung der Atmung der Eicheln vollzieht sich die Erhöhung des CO₂-Anteiles in der Lageratmosphäre und die Reduzierung des O₂-Anteiles. Beim Nachlassen des natürlichen Prozesses (der Selbstregulierung) erfolgt eine Steuerung mit technischen Gasen (CO₂ und N₂).

Zitierte und weiterführende Literatur

- AVSIEWITSCH, N. A. (1996): Nowüe technologii dlitelnowo chanenija scheludee. Nautschno - Proiswodstbennowo Zentra Lesnowo Zemenowodstwa (ZENTRLESSEM), Puschkino, 5 S. Unveröffentlicht.
- BONNET-MASIMBERT, M.; MÜLLER, C. (1993): Storage of acorns: limits and recent breakthroughs. Internationales Symposium über Forstsaagut vom 8. bis 11. Juni 1993 der Niedersächsischen Landesforsten. Munster/Uelzen, S. 119-130.
- KEHR, R.; SCHRÖDER, T. (1997a): Mykologische Aspekte der Lagerung von Eichensaatgut. In: Wulf, A.; Schröder, T. (Bearb.) (1997): Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten. Paul Parey, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 329: 26-32.
- KEHR, R.; SCHRÖDER, T. (1997b): Long-term storage of oak seeds – new aspects and mycological aspects. Proceedings of the ISTA Tree Seed Pathology Meeting, October 9-11, 1996, Opocno, Czech Republik: 50-61.
- 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, S. 253-254.
- NATZKE, E. (1996): Die Lagerung von Eicheln - ein weiterhin ungelöstes Problem. Forst und Holz 49, S. 180-183.
- NATZKE, E. (1997): Die Lagerung von Eicheln - Situation, Versuche, Ausblick -. In: Wulf, A.; Schröder, T. (Bearb.) (1997): Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten. Paul Parey, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 329: 53-66.

- QUAST, P.** (1996): Entwicklung und Bedeutung der Obstlagerung an der Niederelbe. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes, **51**, S. 223-230.
- RUTKOWSKI, I.; AVSIEWITSCH, N.** (1997): Langzeitlagerung von Eicheln in einer regulierten Atmosphäre mit herabgesetzten Sauerstoffanteilen. Puschkino, ZENTRALESSEM. Übersetzung aus dem Russischen. Information vom 28.04.97 an die Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt, 1-3 (unveröffentlicht).
- ROBERTS, E. H.** (1973): Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. & Technol.*, **1**, 499-514.
- 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, S. 255-265.
- SOKOLOWA, E.S.; SEMENKOWA, I.G.** (1981): Mumifikazija scheludee duba. In: Lesnaja fitopatologija, Lesnaja promüchlennost, Moskva, S. 164-165.
- SUSZKA, B.; MÜLLER, C.; BONNET-MASIMBERT, M.** (1994): Nasiona lesnych drzew lisciastych, Wygawnictwo Naukowe PWN-INRA-EDITIONS, Warszawa, 300 S.
- TYLKOWSKI, T.** (1977): Cold storage of *Quercus robur* L. acorns in an atmosphere of increased content of CO₂ and a reduced O₂ level. *Arboretum Kornickie* **22**, S. 275-283.
- WERRES, S.; NIERENBERG, H.; KEHR, R.** (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**: S. 109-111. INRA, Paris.
- WULF, A.; SCHRÖDER, T.** (Bearb.) (1997): Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten. Paul Parey, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 329: 115-119.

Wilhelm Schmalen und Jürgen Herget

Bayerische Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht, Teisendorf

Eichellagerung - Erfahrungen aus der Praxis

Storing of acorns - practical experiences

Zusammenfassung

Eicheln können mit wirtschaftlich noch vertretbaren Keimverlusten unter den nachfolgenden Bedingungen zwischen 2 und 3 Winter gelagert werden:

- Vorreinigung in einem Wasserbad möglichst bald nach der Ernte
- Thermobehandlung in einem Wasserbad T: +41,0 °C; Dauer: 2,5 Std.; Wassergehaltszunahme der Eicheln: 5 - 7 %; Kosten: 1,5 DM/kg
- Einlagerung bei T: -2 °C bis -3 °C; r. F.: 40 % bis 42 %; ohne Medium Fungizid behandelt in Plastikfässern mit perforiertem Innenrohr und Holzdeckel mit Mittelloch zur Belüftung der Früchte
- Kontrolle der Fässer auf Feuchtigkeit und eventuellen Pilzbefall

Vor allem die Thermobehandlung hat in den Betrieben der Landesanstalt dazu geführt, daß die Risiken bei der Lagerfähigkeit der Eicheln für einen Zeitraum von bis zu 2 Jahren deutlich verringert werden konnte.

Stichwörter: Eichel, Saatgut, Thermo-therapie, Eichellagerung

Abstract

Acorns can be stored up to two or three winters under the following conditions:

- Selection of the seeds in cold water as soon as possible after collecting
- Thermo-treatment:
 - Temperature: + 41.0 °C;
 - Time: duration of 2.5 hours;
 - Increase the water content of the seeds: 5 - 7 %;
 - Costs 1,5 DM/kg
- Storage at a temperature -2 °C to -3 °C; Moisture content of the acorns: 40 % to 42 %; Treated without a fungicide, filled in plastic-barrels with a perforated tube in the middle of the barrel and a wooden top with a hole for the ventilation of the seeds
- Inspection of the moisture content and fungal pathogens: every 3 - 4 month

In the facilities of our institute, the risks of storing acorns has been reduced, especially by thermo-treatment.

Key words: acorns, seed, storage, thermot-treatment

Aufgaben der Bayerischen Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht

Aufgabe der Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (einer Sonderbehörde der Bayerischen Staatsforstverwaltung) ist unter anderem, daß sie den Bayer. Staatswald mit Saatgut versorgt. Dies schließt eine ausreichende Bevorratung zur Überbrückung von Fehlmalen und Mangelzeiten mit ein. Wahrgenommen wird diese Aufgabe von den beiden Samenklengen in Bindlach (Bayreuth, Nordbayern) und Laufen a. d. Saalzach (Südbayern).

Verjüngungsverfahren bei Eiche (*Q. robur* und *Q. petraea*)

Auf Grund der günstigeren klimatischen Bedingungen sowie der geographischen Höhenlage sind die beiden Eichenarten an der Baumartenzusammensetzung in Nordbayern (Anteil in Unterfranken ca. 20 %) stärker beteiligt als in Südbayern. Bekannte Verbreitungsgebiete der Eiche sind der Spessart, die Fränkische Platte und der Steigerwald. Traditionell wird in vielen dieser Gebiete die Eiche durch Saat verjüngt. Besonders in Mastjahren (zuletzt 1995) werden Eicheln in großen Mengen durch die örtliche Bevölkerung gesammelt und im gleichen Herbst auf den Kulturfleichen ausgesät (ca. 500 kg/ha).

In Südbayern werden Eichenkulturen (meist Stieleiche) durch Pflanzung begründet (bei den Aufforstungen nach dem Sturm „Wiebke“ rund 1.500 ha); die Pflanzenzahl beträgt je nach Pflanzengröße 2.500 und 5.000 Stück pro ha. Im Pflanzgarten Laufen wurden im Schnitt der letzten Jahre rund 30.000 Pflanzen nachgezogen. Um die Mast bei der Eiche besser auszunützen zu können (zugelassene Fläche für Stieleiche in Südbayern: ca. 600 ha , davon ca. 500 ha im Staatswald), wird das Saatgut bis zu 3 Winter eingelagert.

Saatguternte

Nach wie vor erfolgt die Saatguternte bei Eiche überwiegend durch Handsammlung der örtlichen Bevölkerung; in den letzten Jahren hat sich auch zunehmend die Netzernte etabliert (bei Buche Standardverfahren), auf den Einsatz von Erntemaschinen (Staubsauger, etc.) wird bisher noch verzichtet. Die Handsammlung hat den Vorteil, dass das Saatgut nicht verunreinigt und nur einen geringen Anteil fauler Eicheln enthält. Bei der Netzernte ist folgendes zu beachten:

- Gutes „Timing“ beim Auslegen der Netze, um möglichst viele Früchte zu gewinnen, (der erhöhte Hohlkornanteil unter den Eicheln bei frühem Auslegen kann im Wasserbad fast restlos 'abgefischt' werden.
- Netze nur unter den am besten fruktifizierenden Bäumen auslegen
- Bei laufender Kontrolle ein rechtzeitiges Einholen der Netze vor dem ersten Schneefall. Andernfalls ist mit starkem Mäusefraß sowie Pilzbefall und -ausbreitung zu rechnen.

Da die Netze bei pfleglicher Behandlung öfters verwendet werden können und die Lohnkosten für die Handsammlung immer stärker steigen, gewinnt die Netzernte zunehmend an Bedeutung.

Saatgutlagerung

Vorbehandlung

Nach der Ernte werden die Eicheln möglichst rasch von der Sammelstelle in die Klänge nach Laufen verbracht und dort flach ausgebreitet. Um Fäulnis- oder Pilzbildung zu vermeiden, werden sie alsbald in einem Wasserbad vorgereinigt; dabei werden auch die schlechten Eicheln abgeschöpft.

Thermobehandlung

Seit 1994 werden alle Eicheln mit gutem Erfolg einem Warmwasserbad bei +41,0 °C unterworfen. Bei dem verwendeten Behälter werden jeweils 125 kg für 2,5 Std. in das zur Hälfte gefüllte Sieb des Reinigungsbehälters gegeben. Pro Arbeitstag (8 Std.) sind 2 Füllungen möglich; dies entspricht also einer Leistung von 250 kg Eicheln; die Kosten betragen rund 1,50 DM/kg.

Einlagerung

Vor dem Einfrieren mit ca. 40 % Wassergehalt bei -2 °C bis -3 °C werden die Eicheln zum Abtrocknen in dünner Schüttung noch einige Tage ausgebreitet und täglich umgeschaufelt. Mit einem Fungizid (z.B. Benomyl) behandelt, werden sie als dann ohne weiteres Medium in Fässer gefüllt; durch ein perforiertes Plastikrohr in der Mitte des Fasses und einen Holzdeckel mit Öffnung werden die Eicheln ständig belüftet. Kurz nach Einlagerung und anschließend alle 3-4 Monate werden die Früchte stichprobenartig auf ihre Qualität hin untersucht.

Je nach Ergebnis werden die Eicheln erneut mit einem Fungizid behandelt, leicht befeuchtet oder bei schlechter Qualität für die baldige Aussaat vorbestimmt.

Ergebnisse

Bereits vor der Einführung der Thermobehandlung wurden Eicheln nach dem oben beschriebenen Verfahren eingelagert. Die Einlagerungsergebnisse waren dabei sehr unterschiedlich:

- Ernte 1986 im Forstamt Landshut, Einlagerungsmenge (Versuch): 35 kg
Keimprozent bei Einlagerung: 86 %, Feuchte: 42,5 %, Temperatur +1 °C;
Keimprozent im Mai '88 vor der Aussaat: 35 %,
Ausbeute verkaufsfertiger Pflanzen 2+0 im Herbst '89: 59 Stück/kg
- Ernte 1992 im Forstamt Wasserburg, Einlagerungsmenge: 166 kg (Tab. 1)
Schnittprozent: 74 %,
Keimfähigkeit vor Aussaat im Frühjahr '94: 69 %;
Ausbeute verkaufsfertiger Pflanzen 2+0 im Herbst '95: 74 Stück/kg
- Ernte 1993 im Eicht (Traunstein/ Oberbayern), Erntemenge: 807 kg (Tab. 1)
Schnittprozent bei Ernte: 75 %
Aussaatmenge im Frühjahr 1994: 292 kg,
Ausbeute verkaufsfertiger Pflanzen 2+0 im Herbst '95: 18 Stück/kg.

Tab. 1: Ergebnisse aus Eicheleinlagerung der Jahre 1992 und 1993

Ernteort und Reifejahr	Einlagerungs-		Schnitt-% (S) Keim-%(K)	Jahr	Pflanzenausbeute 2+0	
	jahr	menge			Jahr	Stück/kg
Wasserburg/Oberbayern 1992	11.92	166 kg	74 % S 69 % K	05.94	Herbst 95	74
Traunstein/Oberbayern 1993	11.93 05.94	807 kg 292 kg	75 % S		Herbst 95	18
Traunstein/Oberbayern 1995	11.95	300 kg	85 % (K)	01.96	1997	89 Stück

Im Herbst 1994 wurden aus einer Eichenbeerntung im Forstamt Traunstein erstmalig Eicheln mit Thermobehandlung eingelagert. Um den Effekt dieser Behandlung besser einschätzen zu können, wurden in einem Praxisversuch behandelte bzw. unbehandelte Früchte bei $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ eingefroren. In Tab. 2 sind die ersten Ergebnisse aufgeführt.

Tab. 2: Erste Ergebnisse der Eicheleinlagerung 1994

Ernteort und Reifejahr	Thermobehandlung	Keim-% (K)	Jahr
		Schnitt-% (S)	
Traunstein/Oberbayern 1994	ja	85 % (K)	01.95
		95 % (S)	05.96
		83 % (K)	05.96
	nein	83 % (K)	01.95
		61 % (S)	05.96

Zdenka Procházková and Alice Sikorová

Forestry and Game Management Research Institute, Research Station Uherske Hradiste,
686 04 Kunovice, Czech Republic

Mycoflora associated with acorns in the Czech Republic**Abstract**

This paper reviews the occurrence of fungi on the acorns of *Quercus robur* and *Q. petraea* in the Czech Republic since 1986. More than 99 fungus species were identified from acorns. Among the most prevalent saprophytic fungi were species of *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus stolonifer*, *Trichothecium roseum*, *Trichoderma*, *Alternaria alternata*, *Arthrobotrys*, *Doratomyces* and others. As to pathogens, mainly *Ciboria batschiana*, then *Cytospora intermedia*, *Phomopsis quercella*, *Botrytis cinerea*, *Pestalotia* sp. and several species of *Fusarium* were observed as were species in the genus *Ophiostoma* (*Ceratocystis* sensu lato). Usually the wet chamber method was used to determine the mycoflora of acorns, but sometimes agar media such as malt agar or various selective media were used to detect specific pathogens such as species of *Fusarium*, and *Cylindrocarpon*.

Key words: seed-borne fungi, pedunculate and sessile oaks, health testing of acorns

Introduction

Oak species (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) are the second most important broadleaves grown in the Czech Republic, accounting for about 7% of annual seedling production. Since the 1960s research has focused on determining the occurrence and pathogenicity of external and internal seed-borne fungi of acorns and the possibilities of protecting acorns against pathogens during storage, germination and seedling emergence (UROŠEVIČ 1956, 1957, 1961). UROŠEVIČ (1961) made detailed studies on the mycoflora of acorns, isolating 99 fungus species. He divided the acorn mycoflora into two main groups: (i) parasites such as *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald (syn. *Sclerotinia pseudotuberosa* Rehm.), and semi-parasites including *Ophiostoma* spp. (e.g. *O. valachicum* G.T.B.), *Gloeosporium quercinum* West., *Phomopsis quercella* Died., *Cytospora intermedia* Sacc., *Botrytis cinerea* Pers., and *Pestalotia* spp. (e.g. *Pestalotia quercina* Guba, *P. truncata* Lév.), and (ii) saprophytes or facultative pathogens including *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria*, and *Trichoderma*. The occurrence of fungi and, in turn, acorn viability was thought to be closely related to acorn moisture content. The specialised parasite *Ciboria batschiana* attacks stored acorns with a high moisture content (the optimum moisture content of stored acorn is 46-48%) at temperatures above zero (+3 °C) when all stored acorns can be totally destroyed. A lower moisture content of 45-35% favours development of semi-parasitic fungi such as *Ophiostoma valachicum*, *Sclerotinia libertiana* Fuck, *Gloeosporium quercinum*, *Cytospora intermedia*, *Phomopsis quercella*, *Pestalotia quercina* and others. When the moisture

content drops below 35% there is a serious decrease in germination and the parasitic and semi-parasitic fungi are replaced by species such as *Alternaria*, *Stemphylium*, and *Trichoderma*. When the moisture content decreases further, typical saprophytic fungi such as species of *Penicillium*, *Sporotrichum*, *Trichothecium*, *Mucor*, *Rhizopus* and *Aspergillus* colonise acorns.

UROŠEVIČ (1961) also provided instructions for health testing of acorns, including a key for identifying fungi from acorns. He recommended that the health of acorns be determined by removing their pericarp and then placing seeds with evidence of biotic or abiotic damage in a wet chamber or on to malt agar. Studies from 1988-1991 (PROCHÁZKOVÁ 1988, 1989, 1991) dealt with the mycoflora of all forest tree seeds whose quality was determined in the seed testing laboratory, and methods for seed health testing. That research set the standards for establishing new seed health testing methods for forest tree seeds in the Czech Republic (PROCHÁZKOVÁ 1997, ANONYMUS 1997).

In the past Czech nurseries commonly sowed acorns immediately after collection in the fall because only a limited amount of acorns of domestic and foreign provenances were available each year. By using this practice nursery managers avoided storage problems. Only in certain cases were small amounts of acorns stored at individual nurseries or forest enterprises. In 1992, a new facility with capacity for storing 100 tones of broadleaf seeds (mainly *Fagus sylvatica* L.) was built at the state Tree Seed Plant in Tyniste nad Orlici. In 1994, when the acorn crop was heavy, 117,000 kg of *Q. robur* and *Q. petraea* acorns were collected. From this 13,418 kg of acorns with a moisture content of 45% were successfully stored in open boxes, without medium, at -3 °C.

This paper summarises the information on the incidence of seed-borne fungi on acorns in the Czech Republic since 1986 and gives a brief description of the most important pathogens of acorns (appendix).

Materials and Methods

Seeds

Acorn quality and fungus occurrence, as well as quarantine tests of imported acorns, have been determined in the ISTA seed testing laboratory at the Forestry and Game Management Research Institute, Research Station Uherske Hradiste. Most of the seeds assayed for fungi between 1986 and 1991 were brought to the Seed Testing Station, for seed quality tests, from the Tree Seed Plant in Tyniste nad Orlici, or directly from forest enterprises. Acorns were assayed before storage or fall sowing. From 1994 - 1996 only acorns imported from east Slovakia were assayed for seed-borne fungi, mainly for quarantine purposes. In 1997, four samples were assayed, three of them came from a national reservation just after collection and the fourth one contained acorns sown in the fall 1996, just after collection, and which emergence was very low in spring, 1997.

Mycoflora examination

Assays were done by incubating seeds in a wet chamber and/or by using a growing-on test in conjunction with germination tests. Two hundred, non-sterilised seeds with their seedcoats removed (pericarp and testa) were placed on water-moistened filter paper (three pieces of Filtrak No.389 or 390) in Petri dishes and incubated in the dark or in the laboratory at ambient day light at 20-24 °C. The first observations for fungi were made after 7 and 10 days incubation, and then after 14 and 28 days, respectively. Seeds with a high incidence of Mucorales are surface sterilised (10 minutes in 1% NaOCl, then rinsed two or three times in sterile, distilled water).

A growing-on test (germination in sand) is used for acorns. The symptoms or signs of diseases, especially of tracheomycosis caused by *Ophiostoma* species, such as blackening and dying of shoots were recorded. After this germination test, ungerminated acorns were washed with running water and surface sterilised (a 1% solution of sodium hypochlorite was usually used) and then placed in a wet chamber. Fungi whose identity was not determined by microscopic observation were grown in pure culture for later identification.

The initial incidence of *Ciboria batschiana* was determined when preparing seeds for germination tests or directly by cutting acorns. The number of "mummified" seeds was determined visually based on cotyledon appearance. To confirm the diagnosis, the mummified acorns, and all *C. batschiana*-infected seeds with lesions, were put in a wet chamber.

Results

The results are given in Table 1. The most abundant fungi detected were saprophytes or semi-parasites such as *Penicillium* Link ex Fr. (e.g., *P. expansum* (Link et Thom) S.F.Gray, *P. luteoviride* Biour.), *Trichothecium roseum* Link, *Trichoderma* Pers. ex Fries (mainly *T. viride* Pers. ex Fr.), *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, *Aspergillus* Micheli (mostly *A. niger* van Tieghem, *A. glaucus* agg., *Aspergillus flavus* agg.), *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb. ex Fr.) Vuill., and other Mucorales, especially *Mucor globosus*.

The most important specialised parasite of acorns, *Ciboria batschiana* was found in 45.8% of the samples where up to 42% of the acorns per sample were infected. Between 1986 and 1991, species of *Fusarium* (e.g. *F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. were isolated from 31% of the samples. Although *Cylindrocarpon* species were found only in two samples in 1997 up to 4.5% of acorns were infected. *Cytospora* spp. and *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr. both occurred on acorns in 12% of the samples. The tracheomycotic fungi *Ophiostoma* spp. and one of its *Graphium* anamorphs were found on acorns in 67 and 33% of the samples, respectively.

Table 1. Percent acorn samples yielding various fungi and total number of *Quercus* seed samples examined between 1986 and 1997.

Fungi	1986-1991	1994 ¹	1995 ¹	1996 ¹	1997
<i>Acremonium strictum</i>	6			11	
<i>Acrospeira atra</i>			20		
<i>Alternaria alternata</i>	12	x	10		
<i>Aspergillus</i> spp.	19				
<i>Botrytis cinerea</i>	14	x	70	x (1,3) ²	x (2,5)
<i>Ciboria batschiana</i>	38	x	50 (8.2)	83 (11.7)	x (33)
<i>Cylindrocarpon</i> sp.					x (4.5)
<i>Cytospora intermedia</i>	12		40	78 (4.0)	x (1)
<i>Fusarium</i> spp.	31	x	20	11 (1.0)	
<i>Gliocladium roseum</i>	16				
<i>Gonatobotrys</i> sp.	3				
<i>Graphium</i> sp.	12	x		33 (2.75)	
<i>Mucor</i> spp.	12	x	50	94	x
<i>Ophiostoma</i> spp.	29		10	67 (3.7)	
<i>Papulaspora</i> spp.	12		10	20	x
<i>Penicillium</i> spp.	94	x	100	100	x
<i>Pestalotia</i> sp.	3	x			
<i>Phomopsis quercella</i>	3	x			
<i>Rhizopus stolonifer</i>	34	x	10	11	x
<i>Sordaria fimicola</i>	3				
<i>Trichoderma</i> spp.	28		30	56	x
<i>Trichothecium roseum</i>	44	x	40	30	
Total samples / fungus species	32/27	3/10	10/14	18/13	4/8

¹ Acorns imported from Slovakia.

² Average number of seeds infected in a sample.

x Present in minuscule levels.

Discussion

Studies in the Czech Republic have shown that acorns are often contaminated with saprophytes or weak pathogens such as *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus stolonifer*, *Trichothecium roseum*, and *Trichoderma* (UROŠEVIČ 1956, 1957, 1961, 1980, PROCHÁZKOVÁ 1988, 1991, 1994, 1997). Identification of total mycoflora by the wet chamber technique helps to explain the cause of unexpected germination failure resulting from improper processing or storage. Also, seeds damaged by heat or frost are colonised by saprophytes and thus information is needed on which fungi are present. In 1997, one sample of acorns was assayed after sowing, i.e. the acorns were sown in the fall 1996, but since in the next spring emergence was very low, the acorns were sent to the seed laboratory for diagnosis. As in 1992-93 mostly saprophytic or semi-saprophytic fungi such as *Penicillium*, *Gliocladium roseum*, *Botrytis cinerea*, *Graphium* sp., *Cytospora intermedia* and *Ophiostoma* sp. were detected as was frost

damage (PROCHÁZKOVÁ 1994). This led to the wet chamber method being adopted as an overall technique in our national rules for health test of forest seeds (ANONYMUS 1997). However, some pathogens (e.g. *Fusarium*, *Cylindrocarpon*, *Verticillium*) can be overlooked by this method as they are overgrown by fast growing saprophytes including species of *Mucorales*. The use of selective agar media for isolating and identifying specific pathogens or groups of pathogens is more expensive, but the greatest advantage is its rapidity and accuracy (PROCHÁZKOVÁ 1997).

Oaks are the second most important species among our broadleaves. Information on which seed-borne fungi occur on stored acorns is especially important. The incidence of *Ciboria batschiana*, which can destroy nearly all stored acorns, is easy to detect by an acorn cutting test and the wet chamber method (UROŠEVIČ 1961). Tracheomycosis, caused by seed-borne *Ophiostoma* species, destroys many oak seedlings and so its detection is crucial. The same applies to the occurrence of other pathogenic fungi, e.g. *Cytospora*, and *Phomopsis* species.

Seed health tests are made at the request of customers. However, imported seeds must be examined not only for quarantine fungi, but also for other important pathogens such as those in the genera *Fusarium*, *Cylindrocarpon*, *Verticillium*, *Phomopsis*, and *Cytospora*. When the quality and health of seeds is known, effective protective measures can be taken against pathogens which enable the nursery manager to avoid such unpleasant surprises as destruction of the stored seeds or dangerous nursery diseases (PROCHÁZKOVÁ 1997).

Acknowledgement

We thank Dr. Jack Sutherland for helping revise our paper. Ing. Zdenka Hlavová (Forests of the Czech Republic, State-Owned Company, Tree Seed Plant, Tyniště nad Orlicí) provided information about the Tree Seed Plant.

Literature

- ANONYMUS (1997): ČSN 48 1211. Lesní semenářství. Sběr, jakost a zkoušky jakosti plodů a semen. (Czech technical rules 48 1211. Forest seeds. Collection and quality tests of forest tree fruits and seeds). Český normalizační institut. Praha, 56 pages.
- DELATOUR, C., MULLER, C., & M. BONET-MASIMBER (1980): Progress in acorn treatment in a long term storage prospect. In: Proc. IUFRO Int. Symp. Forest Tree Storage, PNFI, Ontario, Canada. 126-133.
- KLIKA, J. (1923): Z biologie a ekologie hlízenek. (Biology and ecology of *Sclerotinia*). Věda přírodní 4:145-147, 201-204.
- PROCHÁZKOVÁ Z. (1988): Zdravotní kontrola lesního osiva. (Health control of forest tree seeds). Zprávy lesn. výzkumu 33: 16-19.
- PROCHÁZKOVÁ, Z. (1989): Mykoflóra semen a plodů některých listnatých dřevin. (Mycoflora of seeds and fruits of some broadleaves). Ph. D. thesis. Jíloviště-Strnady, 113 pages.
- PROCHÁZKOVÁ Z. (1991): The occurrence of seed-borne fungi on forest tree seeds in the years 1986-1991. Communicationes Instituti Forestalis Cechoslovaca 17: 107-123.
- PROCHÁZKOVÁ, Z. (1994): Abiotic damage of fall sown acorns in forest nurseries in the Czech Republic. Pages 113-115. In Diseases and insects in forest nurseries. R. Perrin and

- J.R. Sutherland (editors). Dijon (France), October 3-10, 1993. Les Colloques n°68. INRA, Paris. 113-115.
- PROCHÁZKOVÁ, Z.** (1995): Mykoflóra žaludů (Literární přehled). (Mycoflora of acorns. (A literature review.))- *Zprávy lesn. výzkumu* **40**: 3-5.
- PROCHÁZKOVÁ, Z.** (1997): Health testing of forest tree seeds in the Czech Republic. Pages 81-97. - In Proceedings of the ISTA Pre-Congress Seminar on Seed Pathology. S.B. Mathur and C.N. Mortensen (editors). Seed Health Testing in the Production of Quality Seed. Copenhagen, Denmark. June 5, 1995.
- UROŠEVIČ, B.** (1956): Výskyt černé hniloby žaludů v Československu. (Occurrence of black decay of acorns in Czechoslovakia). *Lesnická práce*, **35**: 420-426.
- UROŠEVIČ, B.** (1957): Mykoflóra skladovaných žaludů. (Mycoflora of stored acorns). *Práce VÚL ČR* **13**: 149-200.
- UROŠEVIČ, B.** (1961): Mykoflóra žaludů v období dozrávání, sběru a skladování. (Mycoflora of acorns during maturation, collection, and storage). *Práce VÚL ČR* **21**: 81-203.
- UROŠEVIČ, B.** (1964): More important seed-born diseases of Czechoslovak forest trees. - FAO/IUFRO Symposium on internationally dangerous forest diseases and insects, Oxford, 20-30 July, 1964.
- UROŠEVIČ, B.** (1980): Ochrana semen dubu a buku proti houbovým chorobám. (Protection of oak and beech seeds against fungus diseases). - In: Sborník přednášek "Biológia semien lesných drevín - uskladňovanie semien lesných drevín". Prešov: 93-99.
- UROŠEVIČ, B.** (1983): Tracheomycotic diseases in oak. *Communicationes Instituti Forestalis Cechoslovaca* **13**: 85-100.

Appendix: The most important seed-borne fungi of acorns in the Czech Republic

Ciboria batschiana (Zopf) Buchwald (syn. *Sclerotinia pseudotuberosa* Rehm, anamorph *Myrioconium castanae* (Bainier) Morelet)

is an Ascomycete fungus causing "black rot - mummification" of acorns of *Quercus robur* and *Q. petraea*. The pathogen can spread from affected to unaffected acorns even at low temperatures (-1 °C), thus the entire crop may be destroyed during the first winter of storage (UROŠEVIČ 1956). In our country the occurrence of the pathogen was mentioned for the first time by KLIKA (1923). Ascospores of the fungus can quickly infect acorns after they fall to the forest floor. Initially, numerous orange or yellow-orange spots surrounded by a black-brown margin appear on the cotyledons. Later these spots coalesce, and become green-brown. Under moist conditions, such as in a wet chamber or during acorn storage at temperatures above 0 °C, grey mycelium develops. In the latter stages the entire content of acorns becomes a black mass of "pseudosclerotia" consisting of fungal hyphae and the remainder of the cotyledon tissue and the seedcoat is cracked. Such "mummified" acorns are very light weight and most of them can be removed by flotation (DELATOUR *at al.* 1980).

Black decay of acorns caused by *Ophiostoma*

Tracheomycosis has been one of the most important diseases of both seeds and seedlings. Fungi in the genus *Ophiostoma* Syd. cause blue-staining of conifers and tracheomycosis of various hardwoods including elm and oak. Besides *Ophiostoma*, some fungi such as *Cylindrocarpum*, *Fusarium*, *Verticillium*, and *Graphium* can cause the diseases, but species of *Ophiostoma* are the most important (UROŠEVIČ 1983). In Czechoslovakia, for the first time was the fungus isolated from acorns imported from Yugoslavia and then also on domestic acorns was found (UROŠEVIČ 1956). The pathogen was determined as *Ophiostoma valachicum* GTB and produced one anamorph - *Rhinotrichum valachicum* GTB. Infection trials with *Ophiostoma* isolated from infected acorns confirmed the pathogenicity of the fungus as 80% of seedlings produced typical symptoms and signs of the disease (UROŠEVIČ 1956). Seed health tests showed that *Ophiostoma* spp. was present in 29 % of all acorn samples. However, *Ophiostoma* was rare in seeds of other species of forest trees. All imported acorns are tested for tracheomycotic fungi. When they are found, importation is prohibited. *Ophiostoma* species produce black, irregular lesions on cotyledons of acorns. These lesions increase in size until the entire cotyledon becomes black and soft (UROŠEVIČ 1956). When the embryo is not invaded, acorns germinate and the disease occurs on seedling shoots, forming annual lesions around the stem which grow larger and kill the shoot. Frequently, new shoots grow and are killed so that several dead black shoots are present, a characteristic sign of the disease. Gradually the roots are attacked too, killing the seedlings. Perithecia of *Ophiostoma* are present on seeds, stems, roots or seedling leaves. Beside causing mortality and damage to seeds and seedlings, tracheomycosis can be transferred to older stands via diseased nursery seedlings (UROŠEVIČ 1993).

Diaporthe insularis Nitschke (anamorph *Phomopsis quercella* Died.)

Acorns are attacked at the time of their maturation in forest. Attacked cotyledons turn black and appear burnt. Often only one cotyledon fails and is covered with pycnidia, while the other cotyledon remains healthy. The fungus develops further on the germinating seedlings and plants (UROŠEVIČ 1980). Later the shallow brown lesions coalesce and small pycnidia develop on them. In contrast to *Ophiostoma* and *Gnomonia* infection attacked tissues are not distinct from healthy tissues. Pycnidia are often covered by whitish or creamish-mycelium. The fungus does not spread among stored acorns because it does not develop neither aerial mycelium, such as occurs with *Botrytis cinerea* and *Ciboria batschiana*, or air-borne conidia as occur, for example, with *Trichothecium* and *Penicillium*. Between 1960 and 1963 this pathogen killed, via vascular wilt, an average of 20%, of the nursery-grown oak seedlings, but sometimes losses were as high as 82% (UROŠEVIČ 1964).

Valsa intermedia Nitschke (anamorph *Cytospora intermedia* Sacc.)

Cytospora intermedia produces the same symptoms and signs as *Phomopsis quercella* but the conidia are different. *Cytospora* species are found more frequently on acorns than is *Phomopsis*.

Gnomonia quercina Kleb. (anamorph *Gloeosporium quercinum* West.)

The pathogen causes anthracnose of acorns. On acorn cotyledons the fungus produces black lesions with a distinct light brown margin. Later cotyledons become dry and black on the surface while inside tissues turn brown. In the wet chamber a white, later grey-brownish mycelium appears on lesions. On infected cotyledons small, flat acervuli containing two kinds of conidia occurred. The pathogen can destroy acorns and also can cause anthracnose on seedling leaves, shoot and branch tips (UROŠEVIČ 1961).

Thomas Karl Schlegel und Wolfgang Spethmann

Abt. Baumschule - Institut für Zierpflanzenbau, Baumschule und Pflanzenzüchtung (IZBP)
Universität Hannover

Induktion und Persistenz der Frosthärte bei *Quercus robur* und *Quercus petraea*-Saatgut

Induction and persistence of frostharness in acorns of *Quercus robur* and *Quercus petraea*

Zusammenfassung

Frosthärte läßt sich mit unterschiedlichen Konditionierungsmethoden in Eicheln induzieren, dabei beschreibt die Entwicklung der Frosthärte einen Kurvenverlauf. Ausgehend von einer niedrigen Gefriertoleranz im Oktober / November erreicht die Frosthärte ihren Höhepunkt im Januar / Februar, um danach wieder abzubauen. In Abhängigkeit von den Konditionierungsbedingungen kann sich nach Verlust der Frosthärte eine Rückhärtung anschließen. Diese Rhythmik der Frosthärte ließ sich an preparierten Eicheln aus natürlichen und künstlichen Konditionierungsbedingungen beobachten. Als Einflußfaktoren auf das Ausmaß der erreichbaren Frosthärte sowie auf die Geschwindigkeit und Dauer, mit welcher das maximale Maß der Frosthärte erreicht und gehalten wird, können offenbar die Eichenart, die Saatgutherkunft und die im Konditionierungslager herrschenden Klimabedingungen auftreten. Aufgrund der vermutlich endogen kontrollierten Rhythmik der Frosthärte gelang es nicht, die einmal erlangte Frosthärte der Eicheln längerfristig zu konservieren bzw. die Vitalität des Saatgutes aufrecht zu erhalten.

Stichwörter: Frosthärterhythmik, Gefriertoleranz, Konditionierungsbedingungen, Saatgutherkunft, Eichenart

Abstract

Frostharness in acorns is induceable by means of different conditioning methods. The development of frostharness represents a rhythmical curvecourse starting with low freezing tolerance in October / November, reaching the climax of freezing tolerance in approx. January / February and closing with a following breakdown of frostharness. Afterwards a rehardening may occur in dependence on the conditioning methods. These rhythms of frostharness were observed in acorns prepared at natural conditions as well as in acorns prepared at artificial conditions. As it seems the extend of attainable frostharness, the period it takes to reach the climax of frostharness as well as the duration to which the frostharness can be kept are influenced by the factors oak species, seed provenance and the climatical conditions during conditioning. Because of the rhythm of frostharness, which is supposed to be endogenous controlled, it was not possible to preserve the once obtained frost resistance for a prolonged period or maintain the vigour of acorns respectively.

Key words: Rhythm of frostharness, freezing tolerance, conditioning methods, seed provenance, oak species

Einleitung

Die Langzeitlagerung von Eichensaatgut ist seit 1988 ein Forschungsgebiet der Abt. Baumschule des Instituts für Zierpflanzenbau, Baumschule und Pflanzenzüchtung, IZBP (bis 1997 Institut für Obstbau und Baumschule IOB), das bislang im Rahmen von zwei Projekten bearbeitet wurde.

Im Rahmen des ersten Projektes konnte GUTHKE (1992) zeigen, daß Eicheln in der Natur eine natürliche Abhärtung im Herbst und Enthärtung im Frühjahr durchlaufen, wie sie von überwinternden Pflanzen bekannt ist, aber nicht von Saatgut. Unter Ausschluß der natürlichen Umweltbedingungen konnte GUTHKE (1993) außerdem zeigen, daß es möglich ist, diesen Abhärtungsprozeß mit Hilfe von Temperaturschwankungen im Kühlraum künstlich zu induzieren. Innerhalb eines 18wöchigen Konditionierungsversuches (Mitte November bis Anfang April) zeichnete sich eine stetige Zunahme der Frosthärte ab, so daß am Versuchsende ca. 50% der getesteten Eicheln Temperaturen von -10°C überlebten.

Basierend auf diesen Beobachtungen wurde das zweite, seit November 1995 als BML-Forschungsauftrag geförderte Projekt initiiert, mit dem Ziel, die Wirkung unterschiedlicher Wechseltemperaturkonditionierungen auf die Frosthärteentwicklung und die längerfristige Lagerbarkeit von Eichensaatgut zu untersuchen und anderen Konditionierungsmethoden gegenüberzustellen. Außerdem soll untersucht werden in wieweit die Eichenart, die Saatgutherkunft und die saatgutliefernden Mutterbäume einen Einfluß auf die vom Saatgut erreichbare Frosthärte ausüben.

Parallel zu den Arbeiten bei der Abt. Baumschule des IZBP werden durch den Projektpartner BFH-Großhansdorf, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, im Rahmen eines weiteren BML-Forschungsauftrages DTA-Untersuchungen an in Hannover konditioniertem Saatgut durchgeführt und die Ergebnisse aus beiden Instituten miteinander verglichen. Das Ziel dieser Kooperation liegt neben der Entwicklung einer Schnelltestmethode zur Erkennung von Frosthärte in pflanzlichem Gewebe auch darin, die am IZBP durch „störungsanfällige“ Methoden (Schnitttest, Keimtest) ermittelten Ergebnisse zur Frosthärteentwicklung bei Eichensaatgut mit Hilfe einer gegenüber subjektiven Fehlern und biologischen Fehlfunktionen weniger anfälligen Methode zu hinterfragen und ihren Aussagewert zu überprüfen.

Material und Methode

Saatgut

Für die Durchführung der Konditionierungsversuche wurde Saatgut von *Quercus petraea* und *Quercus robur* aus unterschiedlichen Herkünften verwendet, welches sofort nach der Ankunft am Institut unter Konditionierungsbedingungen eingelagert und zum nächst möglichen Termin einer Thermoerapie an der Forstsaatgut-Beratungsstelle in Oerrel unterzogen wurde.

Vor der Durchführung der Thermoerapie und vor Aufteilung der Eicheln in unterschiedliche Konditionierungslager wurde das Saatgut vor und nach dem Abschwemmen unter dem Kriterium des Einzelkorngewichts als Population erfaßt, um durch Aufteilung des Saatgutes in vier Gewichtsklassen die Variabilität des Materials und damit möglicherweise verbundene unterschiedliche Reaktionen auf die Konditionierungsbehandlungen berücksichtigen zu können. Dazu wurden Eicheln vor und nach dem Abschwemmen als Zufallsstichproben der Grundge-

samtheit entnommen und einzeln gewogen. Die aus diesen Meßwerten abgeleitete Verteilungskurve diente als Grundlage für die Aufteilung der vier Gewichtsklassen.

Im Rahmen der Versuchsauswertung wird jede Gewichtsklasse als eine Wiederholung aufgefaßt, so daß in dem aus vier Wiederholungen gebildeten Mittelwert eines Untersuchungstermins einer Versuchsvariante alle vier Gewichtsklassen berücksichtigt werden. Die Stichprobengröße je Wiederholung beträgt 25 Korn, je Untersuchungstermin und Variante werden 100 Korn in vier Wiederholungen geprüft. Können in einer Gewichtsklasse nicht ausreichend Eicheln für einen Versuchsabschnitt bereitgestellt werden, so fällt diese Gewichtsklasse als Wiederholung aus, der Stichprobenumfang einer Variante beträgt dann 75 Korn je Untersuchungstermin. Dies traf in den beschriebenen Versuchen zu für die Gewichtsklasse IV (Eicheln ab 6,00 g), ab dem vierten Termin bei der „G-Klasse“ (s. Abb. 9) in der Variante mit stufenweiser Abkühlung im Versuchsjahr 1997 / 1998.

Zusammen mit der Gewichtsklassensortierung wurde eine Qualitätssortierung vorgenommen, um von vornherein einen möglichst hohen phytosanitären Qualitätsstandard im Lager zu erhalten.

Frosthärteinduktion und Frosthärteprüfung

Konditionierungslagerung

Die Versuche zur Frosthärteinduktion unter unterschiedlichen Konditionierungsbedingungen erfolgten in RUMED-Klimakammern, auf welche das Saatgut gleichmäßig aufgeteilt und zufallsverteilt in den Prüfräumen eingestellt wurde. Die Sollwertvorgabe für die relative Luftfeuchtigkeit betrug in allen Konditionierungslägern 85% - 95%, mit Ausnahme der Variante „stufenweises Abkühlen“, welche in einer bezüglich der relativen Luftfeuchtigkeit nicht steuerbaren RUMED-Klimakammer untergebracht wurde. In diesem Lager wurde das Saatgut nach 69 Tagen Konditionierungsdauer nach erneutem Abschwemmen durch Folienhauben über den Lagerbehältern vor weiterem zu starkem Wasserverlust geschützt.

Um eine Vereisung der Kühlanlagen in den Klimakammern mit steuerbarer Luftbefeuchtung zu vermeiden, betrug die untere Temperaturgrenze für den Einsatz der Luftbefeuchtungsanlagen +2°C, d.h. bei Temperaturen unter +2°C nimmt die relative Luftfeuchtigkeit in der jeweiligen Klimakammer durch Ausfrieren des Wassers an den Kühlelementen ab, z.B. im Zuge einer Temperaturnachtabsenkung. Durch eine an die Kühlanlage gekoppelte, übergeordnet geschaltete Abtauheizung werden die Kühlelemente eisfrei und damit funktionsfähig gehalten. Die dabei am Lüfterausgang (Meßort der Temperatur) trotz stillstehender Ventilation zu messenden warmen „Abtaupeaks“ entstehen durch Konvektion und dringen nicht ins Lagergut vor (Abb. 1). Die für die Konditionierungsversuche verwendeten Temperaturbereiche sind in Tab. 1 – Tab. 3 dargestellt. Zum Erfassen der Temperatur im Lagergut (zwischen den Früchten) wurde ein zusätzlicher Temperatursensor in einem Lagergefäß in der Raummitte der Klimakammer untergebracht.

Als Lagergefäße für das Saatgut in den Klimakammern dienten während der Konditionierungslagerung zunächst gelochte bzw. geschlitzte Kunststoffkisten mit dem Grundmaß 600 x 300 mm, wodurch ein gleichmäßiges Einstellen des Lagerklimas an allen Saatgutpartien sichergestellt werden sollte. Nach der Sortierung wurde das Saatgut in am Boden gelochten, oberseits offenen Kunststoffcontainern mit den Kantenmaßen 180 x 180 x 180 mm gelagert.

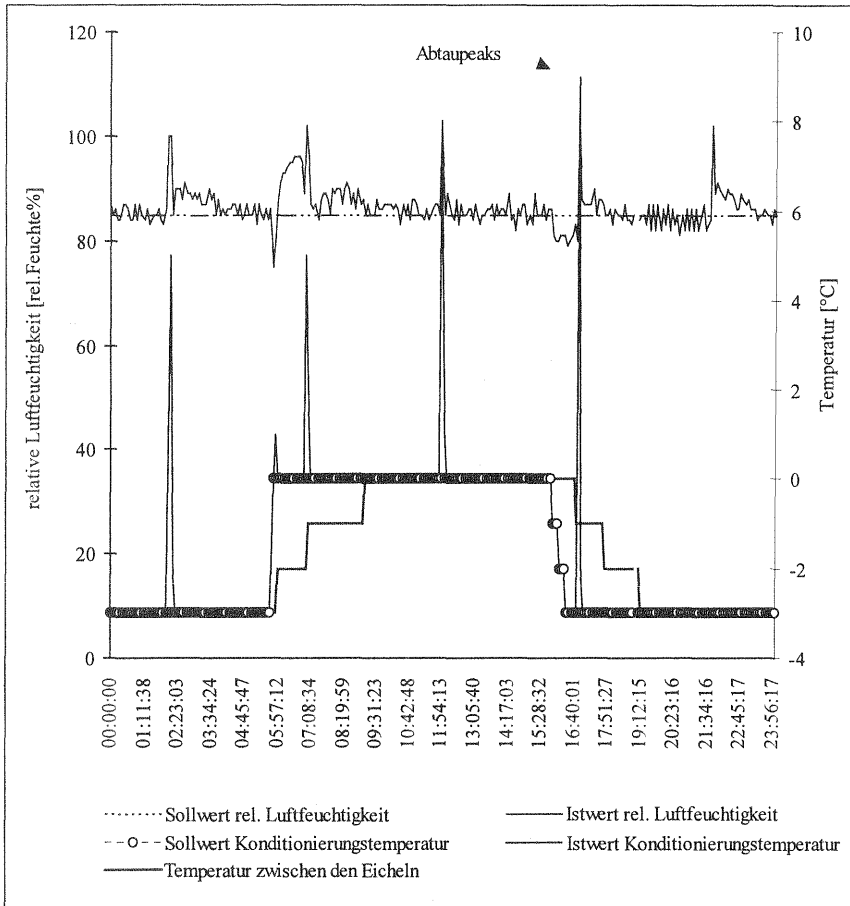


Abb. 1: Bsp. für einen Klimaverlauf im Tagesgang einer Konditionierung bei 0°C Tag / -3°C Nacht (01.02.1998).

Fig. 1: Example for a climatic course at the conditioning treatment 0°C day / -3°C night (1st Febr. 1998).

Neben den Konditionierungsversuchen in den Klimakammern wurde im Versuchsjahr 1997/1998 ein Freilandversuch in einer Laubmiete durchgeführt, um Eicheln als Vergleich zu den Klimakammerversuchen unter natürlichen Klimabedingungen (Abb. 2 - 5) zu konditionieren. Hierzu wurden die in halb gefüllten Gitterkisten gelagerten Eicheln zunächst mit einem luft- und wasserdurchlässigen Synthetikvlies und darüber mit einer ca. 10 cm dicken Sandschicht abgedeckt. Die nebeneinander auf Paletten stehenden Kisten wurden dann rundum mit einer ca. 50 cm dicken Laubschicht eingedeckt. Die Laubdecke enthielt keine Eichenblätter. Unter den Paletten konnte Luft zirkulieren, soweit es die über den Palettenrand hinausreichende Laubabdeckung zuließ.

Tab. 1: Temperaturführung (Tag / Nacht) während der Konditionierungsbehandlungen von Eichensaatgut 1995 / 1996 unterschiedlicher Herkünfte von *Quercus petraea* und *Quercus robur*.

Temperature regimes (day / night) during conditioning treatments of oak seeds 1995 / 1996 of different provenances of *Quercus petraea* and *Quercus robur*.

	Variante 1	Variante 2
07.11.1995 bis 07.06.1996	+5°C / 0°C	
07.11.1995 bis 14.02.1996		+5°C / 0°C
14.02.1996 bis 07.06.1996		+3°C / -3°C

Tab. 2: Temperaturführung (Tag / Nacht) während der Konditionierungsbehandlungen von Eichensaatgut im Versuchsjahr 1996 / 1997, *Quercus robur* 'Elmstein' konditioniert bei unterschiedlichen Wechseltemperaturbedingungen.

Temperature regimes (day / night) during conditioning treatments of oak seeds 1996 / 1997 of *Quercus robur* 'Elmstein' prepared at different variants of alternating temperatures.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
22.10.1996 bis 07.11.1996	+3°C / 0°C	+3°C / 0°C	+3°C / 0°C
07.11.1996 bis 03.12.1996	+3°C / 0°C	+3°C / -2°C	+3°C / 0°C
03.12.1996 bis 24.02.1997	+3°C / 0°C	0°C / -4°C	+2°C / -2°C
24.02.1997 bis 21.04.1997	+2°C / -2°C	0°C / -4°C	+2°C / -4°C

Im Lagergut in der Mitte der Miete wurde ein Temperatur- und ein Feuchtesensor untergebracht, um die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Lagergut (zwischen den Früchten) zu messen. Ein Temperatursensor wurde direkt über der Laubdecke installiert. Die Konditionierung im Freiland erfolgte von Mitte Oktober 1997 bis Anfang April 1998. Danach wurden die verbliebenen Eicheln des Freilandversuches abgeschwemmt und gereinigt in eine Klimakammer unter Wechseltemperaturbedingungen überführt. Der beim Abschwemmen entstandene Verlust in Form auftreibender Eicheln betrug ca. 3% des Gesamtlagerbestandes und wurde verworfen.

Die Erhebung und Speicherung der Klimadaten aus den einzelnen Lägern erfolgt mit Hilfe einer auf die Meßsensoren abgestimmten RUMED-rcs-Software im 300 sec. Intervall. Aufgrund eines technischen Defektes sind die Freiland-Klimadaten des Dezembers 1997 leider nicht verfügbar.

Zur Prüfung der erzielten Frosthärte wurde konditioniertes Saatgut in ca. vierwöchigem Abstand aus den Klimakammern entnommen und einem Frosthärtetest unterzogen.

Tab. 3: Temperaturführung (Tag / Nacht) während der Konditionierungsbehandlungen von Eichensaatgut im Versuchsjahr 1997 / 1998, *Quercus robur* 'Quickborn' konditioniert mit Hilfe unterschiedlicher Konditionierungsmethoden.

Temperature regimes (day / night) during conditioning treatments of oak seeds 1997/1998 of *Quercus robur* 'Quickborn' prepared by means of different conditioning methods (alternating temperatures, step by step dropping temperatures, field study).

	Variante 1 Wechseltemperaturen	Variante 2 stufenweises Absenken der Temperatur	Variante 3 Freilandbedingungen
14.10.1997 bis 11.11.1997	+2°C / 0°C		
11.11.1997 bis 17.11.1997	+2°C / -1°C		
17.11.1997 bis 02.12.1997	+2°C / -2°C		
02.12.1997 bis 15.01.1998	+2°C / -3°C		
15.01.1998 bis 19.03.1998	0°C / -3°C		
19.03.1998 bis 28.08.1998 ¹	0°C / -3°C (+2°C) / -3°C ²		
14.10.1997 bis 01.11.1997		0°C	
01.11.1997 bis 17.11.1997		-1°C	
17.11.1997 bis 02.12.1997		-2°C	
02.12.1997 bis 28.08.1998 ¹		-3°C	
01.11.1997 bis 01.04.1998			Freilandbedingungen
01.04.1998 bis 28.08.1998 ¹			0°C / -3°C (+2°C) / -3°C ²

¹: Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen

The tests are still continued

²: +2°C werden als 30 minütiger Einschub in der 0°C-Phase zur Luftbefeuchtung gegeben.

+2°C given as a 30 minute slide-in for increasing of atmospheric humidity

Frosthärtetests

Das Konditionierungsergebnis wurde durch Frosthärtetests in RUMED-Kühlbrutschränken überprüft, bei denen das in Polyethylenbeuteln eingeschweißte Saatgut der jeweiligen Stichproben für die Dauer von 21 Tagen Frosttemperaturen im Bereich von -2°C bis -8°C ausgesetzt wurde. Der erste Frosthärtetest wurde zur Erfassung des Ausgangszustandes des Versuchsmaterials direkt nach Anlieferung und Thermoerapie des Saatgutes durchgeführt.

Zusammen mit der Saatgutentnahme für einen Frosthärtetest wurde Saatgut aus dem Konditionierungslager entnommen, um den physiologischen und phytopathologischen Zustand des nicht durch Dauerfrost belasteten Ausgangsmaterials zu charakterisieren.

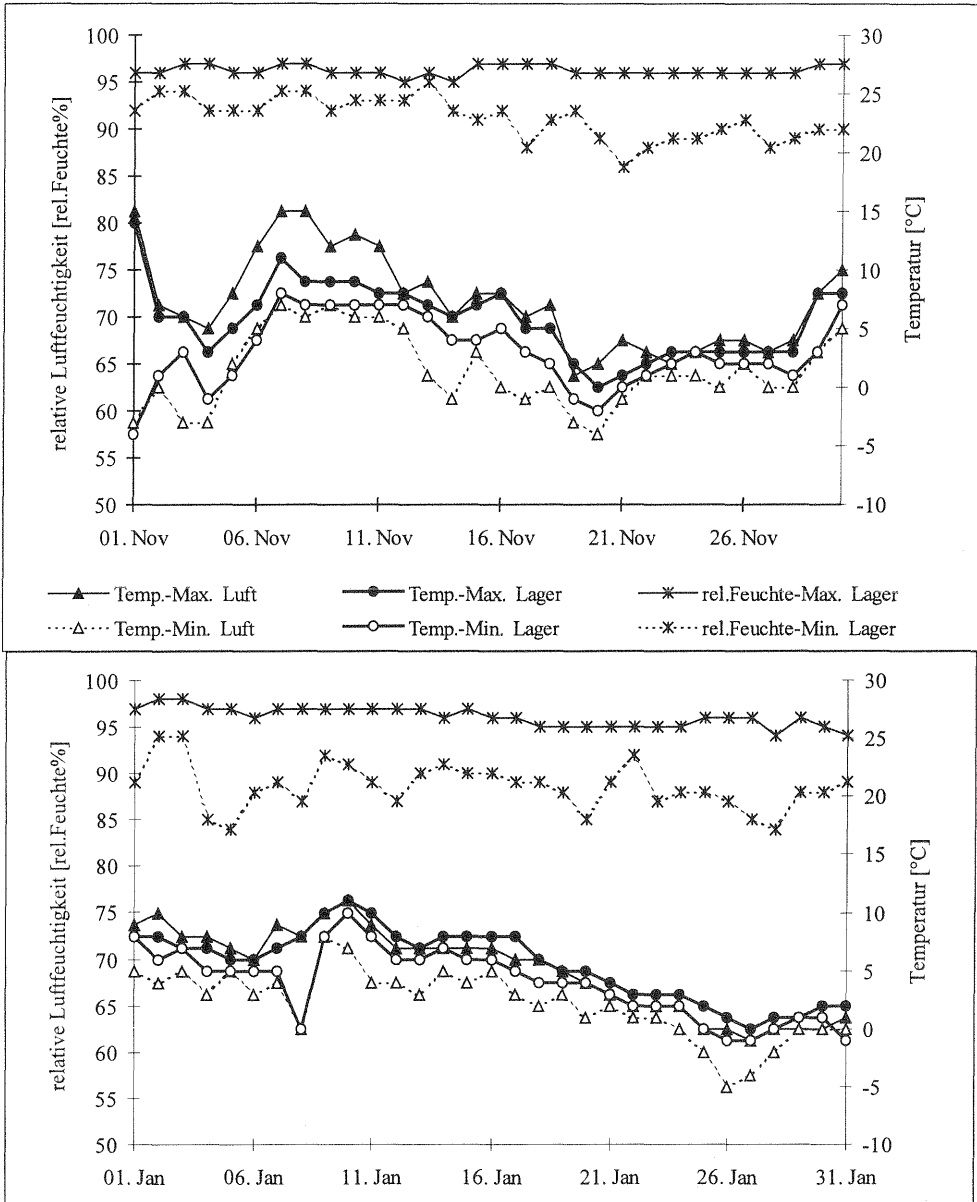


Abb. 2: (oben) und 3 (unten):

Verlauf der Maximum- und Minimumwerte für die Lufttemperatur direkt über dem Freilandlager sowie für die relative Luftfeuchtigkeit und die Temperatur im Lagerbestand, November 1997 und Januar 1998.

Fig. 2: (above) and 3 (below):

Changes of maximum and minimum values for air temperature right above the outdoor acorn store as well as for relative humidity and temperature among the acorn store, Nov. 1997 and Jan. 1998.

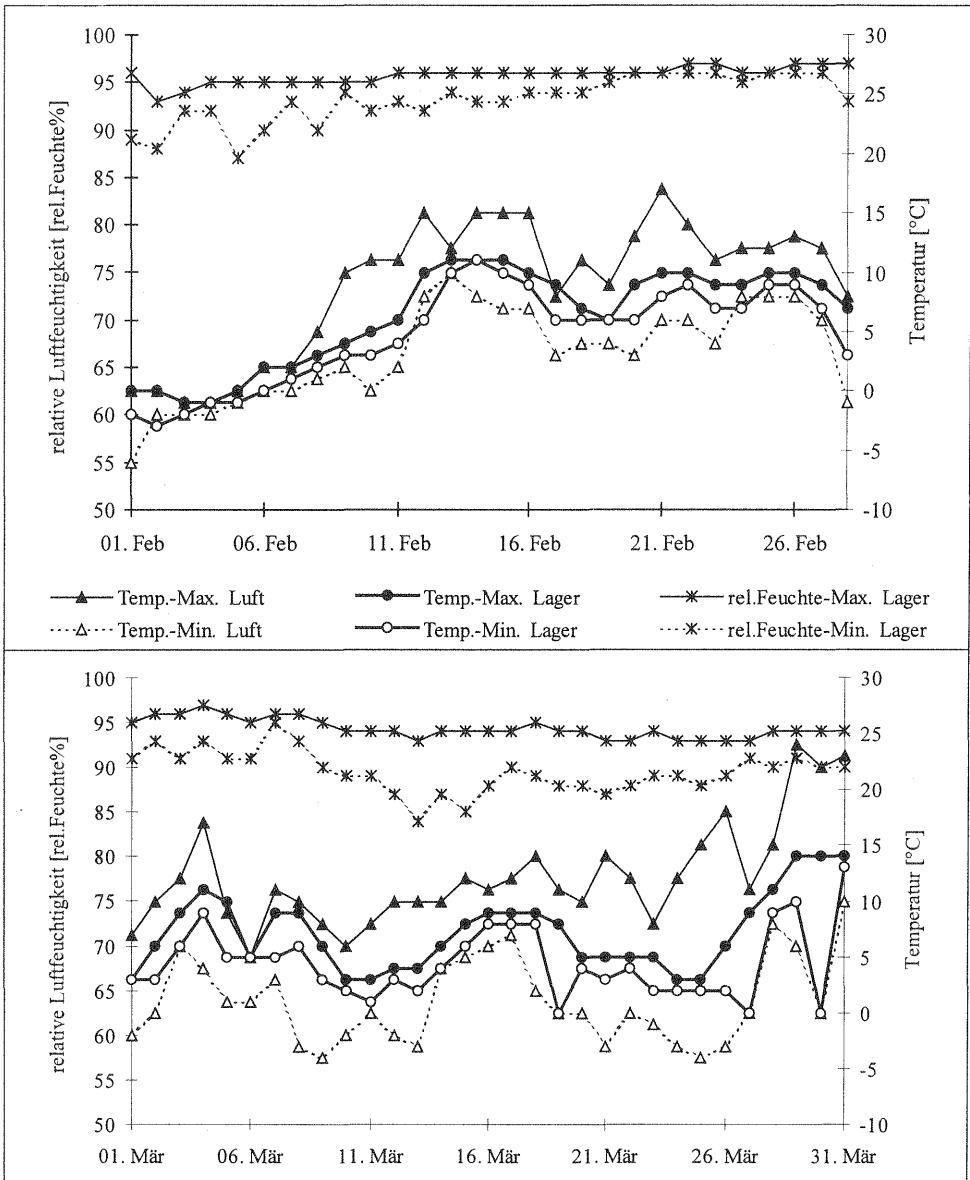


Abb. 4: (oben) und 5 (unten):
Verlauf der Maximum- und Minimumwerte für die Lufttemperatur direkt über dem Freilandlager sowie für die relative Luftfeuchtigkeit und die Temperatur im Lagerbestand, Februar 1998 und März 1998.

Fig. 4: (above) and 5 (below):
Changes of maximum and minimum values for air temperature right above the outdoor acorn store as well as for relative humidity and temperature among the acorn store, Febr. 1998 and March 1998.

Längerfristige Lagerung von konditioniertem Saatgut bei konstanter Frosttemperatur

Von dem im Versuchsjahr 1996/1997 in den Konditionierungsversuchen vorbehandelten Saatgut von *Quercus robur* 'Elmstein' konnte für sechs Keim- und Schnitttests je Konditionierungsvariante Saatgut der Gewichtsklassen I, II und III für eine längerfristige Lagerung eingefroren werden. Von diesem Saatgut werden halbjährlich Proben für Keim- und Schnitttests entnommen.

Zusammen mit den Keim- und Schnitttests des letzten Frosthärtetesttermins im April 1997 wurde das danach verbleibende Saatgut aus den Konditionierungslägern zu je 50 Korn in Polyethylenbeuteln eingeschweißt und eingefroren. Das Saatgut der Konditionierungsvarianten 1 und 2 wird jetzt bei -6°C und das der Konditionierungsvariante 3 bei -4°C längerfristig gelagert. Die Wahl der Lagerungstemperatur orientierte sich hierbei an in den Schnitttests ermittelten Werten der Frosthärte. Bei der gewählten, einzustellenden Lagerungstemperatur sollten im Frosthärtetest des letzten Versuches ca. 80% der geprüften Eicheln den entsprechenden Frosthärtetest nach den Kriterien der Schnitttestbonitur überlebt haben.

Charakterisierung des Saatgutzustandes

Keimtests

Die Saatgutstichproben aus den Konditionierungslägern, bzw. die nach den Frosthärtetests und aus der längerfristigen Lagerung erhaltenen Stichproben wurden zur Beurteilung der Saatgutvitalität zu gleichen Teilen dem Keimtest im Gewächshaus und einem Schnitttest zugeführt.

Der Keimtest im Gewächshaus sollte unter möglichst optimalen Keimbedingungen die tatsächliche Vitalität des Saatguts dokumentieren, bonitiert als Anzahl gekeimter Sproßachsen und angegeben als Keimprozent_(Sproß) ($K\%_{(Sp)}$). Ziel war es, hierdurch eine verlässliche Referenz zu den im Schnitttest erhobenen Bonituren der geschätzten Saatgutvitalität zu erhalten.

Als günstigstes Aussaatverfahren erwies sich im Versuchsjahr 1997/1998 die Aussaat der geschälten Früchte in Styroporkisten auf gebranntem Tongranulat unter Fog mit $60\ \mu\text{m}$ Tropfengröße, welcher in 60 sec.-Intervallen für 10 sec. über den Aussaaten niederging bzw. unter Sprühregen, dessen Sprühintervalle durch einen Feuchtesensor gesteuert wurden. Das auf dem Tongranulat ausgelegte Saatgut wurde nicht weiter abgedeckt. Mit dieser Methode konnte eine dauerhafte Befeuchtung der Aussaaten gewährleistet werden bei gleichzeitigem Schutz der Eicheln vor Überhitzung in den Sommermonaten. Durch das große Porenvolumen des Blähtons und den Wasserabzugslöchern in den Aussaatbehältern wurde trotz der intensiven Wasserzufuhr das Auftreten von Staunässe verhindert.

Alle anderen Aussaatverfahren (Aussaat mit oder ohne Perikarp in Torf-Sand im Versuchsjahr 1995/1996 nach GUTHKE (1992), Aussaat ungeschälter Eicheln unter Fog im Versuchsjahr 1996/1997) waren weniger erfolgreich und somit ungünstig für die Beurteilung der tatsächlichen Vitalität nach der Konditionierungslagerung bzw. nach Einwirken einer Froststreiblastung.

Während der Wintermonate lag die Gewächshaustemperatur zwischen 15°C und 20°C , während der Frühjahrs- und Sommermonate betrug die Temperatur im Gewächshaus am Tag häufig mehr als 30°C .

Die Keimtests wurden in den Versuchsjahren 1995/1996 und 1996/1997 für ca. 12 - 13 Wochen beobachtet, im Versuchsjahr 1997/1998 konnte der Beobachtungszeitraum aufgrund der raschen Keimung der Sproßachsen auf sieben Wochen verkürzt werden.

Einmal wöchentlich wurde die Keimung der Sproßachsen bonitiert. Um das Ergebnis nicht zu verzerren, wurden bei der Bonitur die auftretenden Mehrlinge als eine gekeimte Eichel behandelt.

Schnitttest

Der Schnitttest diente der visuellen Bonitur des Kotyledonen- und Embryozustandes an im Verlauf der Längsachse halbierten Früchten. Die dabei anfallenden halbierten, nach makroskopisch-visuellen Kriterien als „lebend“ oder „erfroren“ bonitierten Eicheln wurden für die weitere Laboranalytik aufbereitet. Durch die Laboranalytik sollten stoffwechselphysiologische Charakteristika der lebenden und erfrorenen Eicheln ermittelt werden. Die Anzahl und das Gewicht der als „tot durch Pathogenbefall“ bonitierten Früchte wurden erfaßt, eine weitere laboranalytische Untersuchung dieses Schnitttestmaterials wurde jedoch nicht vorgenommen, da im Vordergrund der Untersuchungen die physiologischen Unterschiede zwischen den keimfähigen, lebenden und den, aus biotisch-phytopathologischer Sicht zwar keimfähigen, letztlich jedoch erfrorenen Eicheln standen. Die Boniturstandards für den Schnitttest wurden wie in Tab.2 aufgeführt charakterisiert.

Die Ergebnisse der Schnitttests werden angegeben als Schnittprozent_(lebend) ($S\%_{(lebend)}$), d.h. nach Abzug der als „tot durch Pathogenbefall“ bonitierten Eicheln von der jeweiligen Gesamtstichprobe werden die verbliebenen Eicheln gleich 100% gesetzt und lebende gegen erfrorene abgerechnet. Das als $S\%_{(lebend)}$ angegebene Ergebnis gibt hier den prozentualen Anteil lebender, nicht erfrorener Eicheln wieder, die Differenz zu 100% den prozentualen Anteil der erfrorenen Eicheln. Die Angabe Schnittprozent_(gesamt) ($S\%_{(gesamt)}$) zeigt den als „lebend“ bonitierten Anteil der Gesamtstichprobe, die Differenz zu 100% ergibt sich hier aus der Summe der erfrorenen und der als „tot durch Pathogenbefall“ bonitierten Eicheln der jeweiligen Stichprobe.

Beispiel: Stichprobengröße $n = 100$ Eicheln
 Anzahl als lebend bonitierter Eicheln im Schnitttest, $n_1 = 75$ Eicheln
 Anzahl „tot durch Pathogenbefall“, $n_2 = 10$ Eicheln
 Anzahl erfrorener Eicheln, $n_3 = 15$ Eicheln

Für $S\%_{(gesamt)}$ gilt: $S\%_{(gesamt)} = (n_1 / n) \times 100 = 75\%$,

d.h. 75% der Ausgangsstichprobe sind potentiell keimfähige Eicheln, die restlichen 25% sind bedingt durch Frost und/oder Krankheit als Ausfall zu werten

Zur weiteren Gegenüberstellung des Anteils frostharter gegenüber erfrorener Eicheln wird die Anzahl der „tot durch Pathogenbefall“ bonitierten Eicheln (n_2) von der Gesamtstichprobe abgezogen,

$$n - n_2 = n_1 + n_3 = n_4 = 90 \text{ Eicheln,}$$

das Ergebnis ist die Anzahl der potentiell keimfähigen, biotisch-phytopathologisch gesunden Eicheln aus der Ausgangsstichprobe.

Setzt man $n_4 = 100\%$, dann gilt für $S\%_{(\text{lebend})}$:

$$S\%_{(\text{lebend})} = (n_1 / n_4) \times 100 = 83,33\%.$$

Das ist der Anteil der im Schnitttest als lebend und somit als keimfähig bonitierten Eicheln von den potentiell keimfähigen Eicheln, nach Abzug der durch einen Pathogenbefall bedingten Saatgutverluste. Die restlichen 16,67% stellen den Anteil der erfrorenen Eicheln dar, bezogen auf die bereinigte Stichprobe n_4 .

Tab. 2: Boniturkriterien für den Schnitttest.
Criteria for valuation of the cuttingtest.

Boniturklasse	Charakterisierende Merkmale:
1: potentiell keimfähig, biotisch-phytopathologisch gesund, nicht erfroren	Embryo weiß, nicht verfärbt, mindestens ein Drittel der Kotyledonensubstanz um den Embryo ist frei von Läsionen, kein Zellsaftaustritt bei leichtem Druck auf die Kotyledonen
2: biotisch-phytopathologisch gesund, erfroren bzw. frostgeschädigt, vermutlich nicht mehr keimfähig	wie 1., aber Zellsaftaustritt aus den geschädigten Zellen schon bei leichtem Druck auf die Kotyledonen, dunkel hervorgehobene Frostringe im Tangentialschnitt, glasige Embryoachsen, bei starker Schädigung gleichmäßiges Verbräunen der Kotyledonen wobei die Frostringe erkennbar bleiben
3: biotisch-phytopathologisch geschädigt Pilz- und Schädlingsbefall (soweit makroskopisch erkennbar)	Kotyledonen von Fraßgängen durchzogen, Läsionen an den Kotyledonen betreffen mehr als zwei Drittel der Frucht, schwarz-braune Verfärbung des Embryos durch Pilz-/Bakterienbefall, vertrockneter bzw. durch Schädlingsaktivität in Mitleidschaft gezogener Embryo

Ergebnisse

Einfluß der Art auf die Frosthärteentwicklung

Die in Abb. 6 dargestellten Schnitttestergebnisse zeigen, daß die Eichenarten *Quercus petraea* und *Quercus robur* im Verlauf der Konditionierungslagerung unter Wechseltemperaturbedingungen 1995/1996 qualitativ gleichsinnig, quantitativ jedoch auf unterschiedlichem Niveau auf die Konditionierungsbehandlung (s. Tab. 1) reagierten. Dabei zeigten die Früchte von *Quercus robur* mit z.B. 100% überlebender Eicheln nach einem -6°C Frosthärtetest zum Zeitpunkt der maximalen Frosthärte nach 43 Tagen Konditionierungsdauer das größere Maß an Frosthärte. Die maximale Frosthärte gegen -8°C wurde von den Früchten von *Quercus robur* zwar später ausgebildet als von den *Quercus petraea*-Eicheln. Gemessen am Prozentsatz überlebender Eicheln nach dem Frosthärtetest stellten sich die Eicheln von *Quercus robur* jedoch auch gegen -8°C als die frosthärteren Früchte heraus.

Nach der bei *Quercus petraea*-Eicheln vergleichsweise stärker ausfallenden Enthärtung zeigten die Eicheln von *Quercus robur* eine ausgeprägtere Rückhärtung. Während bei *Quercus petraea* nur die Eicheln aus der kälteren Konditionierungsvariante eine Rückhärtung aufwiesen, trat dieser Vorgang bei den *Quercus robur*-Eicheln aus beiden Konditionierungsvarianten auf, bei den Früchten aus der kälteren Konditionierung jedoch deutlich stärker ausgeprägt als bei denen aus der wärmeren Konditionierung.

Die Reaktionen auf die Konditionierungsbedingungen erfolgten bei den Eicheln von *Quercus robur* insgesamt träger, d.h. die Eicheln von *Quercus robur* erreichten in diesem Versuchsjahr mit zunehmender Frosttiefe später das Maximum an Frosthärte als die Eicheln von *Quercus petraea*.

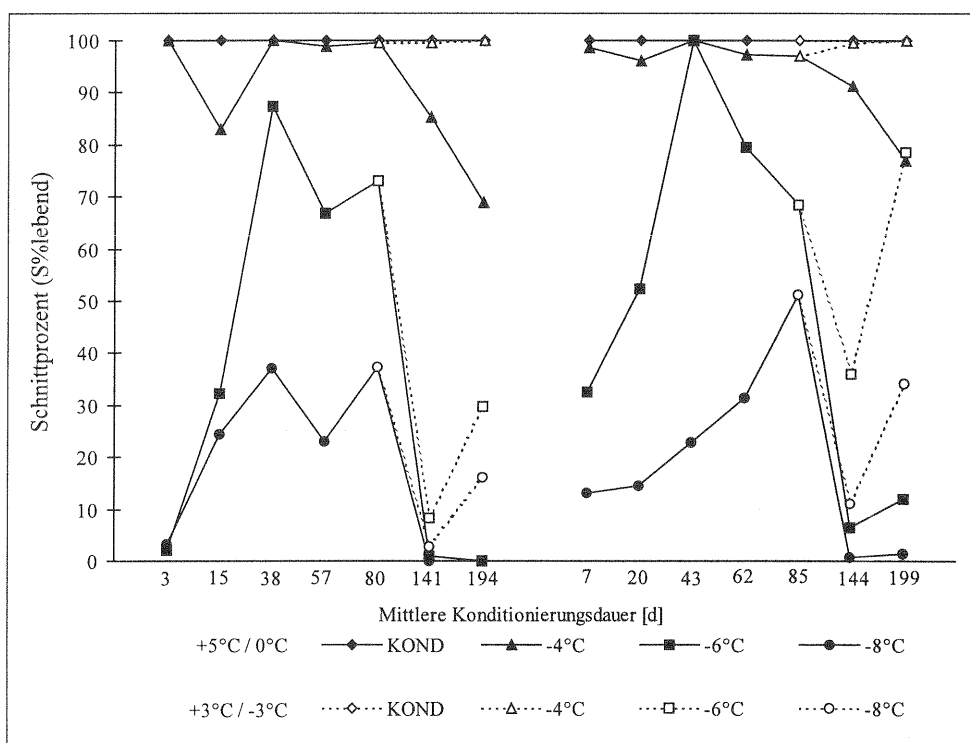


Abb. 6: Frosthärteentwicklung bei Eicheln von *Quercus petraea* (links) und *Quercus robur* (rechts), Mittelwerte der Schnitttestbonitur (S%/lebend) im Verlauf der Konditionierungslagerung (KOND) und nach anschließenden Frosthärtetests, 1995 / 1996.

Fig. 6: Development of frosthardness in acorns of *Quercus petraea* (left) and *Quercus robur* (right), mean of cuttingtest valuation (S%/lebend) during conditioning treatment (KOND) and following tests on frosthardness, 1995 / 1996.

Einfluß der Saatgutherkunft auf die Frosthärteentwicklung

Am Beispiel von *Quercus petraea* soll in Abb. 7 gezeigt werden, daß die Eicheln einer Art aus unterschiedlichen Herkunftsgebieten unterschiedlich auf gleiche Konditionierungsbedingungen reagieren können. Die Schnitttestergebnisse zeigen, daß, dem beobachteten Artunterschied entsprechend, die Herkünfte *Quercus petraea* 'Arnsberg' und *Quercus petraea*

'Wolfgang' im Verlauf der Konditionierung unter Wechseltemperaturbedingungen 1995/1996 qualitativ gleichsinnig, quantitativ jedoch auf unterschiedlichem Niveau auf die Behandlung (s. Tab. 1) reagierten.

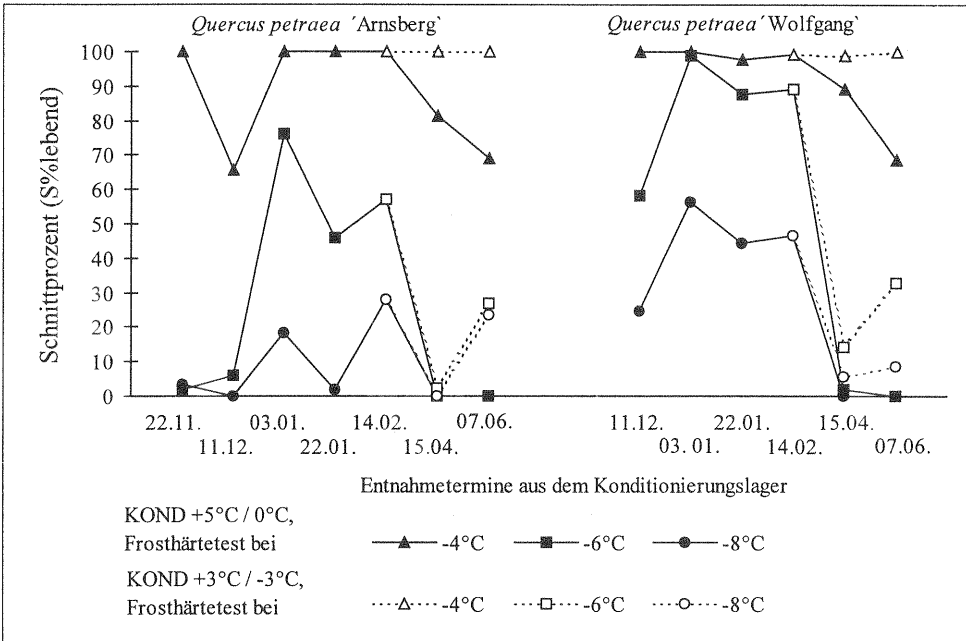


Abb. 7: Frosthärteentwicklung bei Eicheln zweier Herkünfte von *Quercus petraea*, Mittelwerte der Schnitttestbonitur (S% lebend) nach Frosthärte-tests, 1995 / 1996.

Fig. 7: Development of frosthardness in acorns of two provenances of *Quercus petraea*, mean of cuttingtest valuation (S% lebend) following tests on frosthardness, 1995 / 1996.

Die Früchte der Herkunft 'Arnsberg' zeigten ein geringeres Maß an Frosthärte als die von *Quercus petraea* 'Wolfgang'. Beim Saatgut von *Quercus petraea* 'Wolfgang' konnte zum Zeitpunkt der stärksten Ausprägung der Frosthärte Anfang Januar eine Überlebensquote von fast 100% gegenüber einer Testtemperatur von -6°C beobachtet werden, während das Saatgut der Herkunft 'Arnsberg' zum gleichen Zeitpunkt im Frosthärtemaximum lediglich eine Überlebensrate von unter 80% gegenüber der Testtemperatur -6°C aufwies. Die bei beiden Herkünften nach dem Frosthärtemaximum einsetzende Enthärtung erfolgte bei *Quercus petraea* 'Arnsberg' deutlich ausgeprägter als bei der Herkunft 'Wolfgang'. Bei beiden Herkünften ließ sich am letzten Boniturtermin eine Rückhärtung nach dem fast völligen Verlust der Frosthärte gegen -6°C und -8°C Mitte April beobachten, welche jedoch nicht annähernd den Wert der höchsten Frosthärte Anfang Januar erreichte. Diese Rückhärtung trat nur bei den Früchten auf, welche seit Mitte Februar den kälteren Konditionierungsbedingungen unterworfen wurden.

Einfluß der Konditionierungsmethode auf die Frosthärteentwicklung

Im Versuchsjahr 1997/1998 konnte im Schnitt- und Keimtest gezeigt werden, daß die Frosthärteentwicklung bei Saatgut von *Quercus robur* 'Quickborn' unabhängig von der angewendeten Konditionierungsmethode (Wechseltemperatur, stufenweises Senken der Konditionierungstemperatur oder Konditionierung im Freiland, s. Tab. 3, Abb. 2 - 5) in jedem Versuch nach dem Grundmuster - Abhärtung - Frosthärtemaximum - Enthärtung - verlief, an das sich z.T. eine Rückhärtungsphase anschließen konnte.

Zunächst war zu beobachten, daß sich für die nicht zusätzlich durch Frost gestreßten Eicheln und für diejenigen aus den -4°C Frosthärtetests in der Zeit der ersten 111 Tage Konditionierungsdauer annähernd gleiche Keimergebnisse innerhalb der jeweiligen Konditionierungsvarianten bei den unter Wechseltemperaturbedingungen und den im Freiland konditionierten Eicheln einstellten. Gemessen an der Anzahl gekeimter Sproßachsen, war in diesem Zeitraum ein deutlicher Vitalitätsverlust beim Saatgut aus der Freilandvariante zu beobachten (Abb. 8).

Ein weiterer Vergleich der Ergebnisse dieser Konditionierungsvarianten zeigt, daß bei den Eicheln aus der Konditionierungsvariante mit den Wechseltemperaturbedingungen nach den ersten 111 Tagen Konditionierungslagerung die vergleichsweise schnellere und tiefere Abhärtungsreaktion auf die einwirkende Konditionierung zu beobachten war als bei den Eicheln aus der unter Freilandbedingungen erfolgten Konditionierung (Abb. 8). Ausgehend von der größeren Frosthärte zu Versuchsbeginn nach 30 Tagen Konditionierungsdauer mit 58% und 20% gekeimter Sproßachsen nach einem -6°C bzw. -8°C Frosthärtetest konnten nach 111 Tagen Konditionierungsdauer im Anschluß an diese Frosttemperaturen 92% bzw. 55% gekeimter Sproßachsen bonitiert werden.

Diese hohe Zunahme in der Keimrate konnte beim Saatgut aus dem Freilandversuch nach den Frosthärtetests nicht beobachtet werden. Bei dieser Variante zeichnete sich nach 111 Tagen Konditionierungsdauer ein Verlust der Frosthärte ab, vergleichbar mit dem Ausgangsniveau gegen die Prüftemperaturen -6°C und -8°C , mit Keimraten von 38% bzw. 3% gekeimter Sproßachsen. Die Zunahme der im Freilandversuch beobachteten Frosthärte vom ersten Prüftermin nach 30 Tagen zum zweiten Prüftermin nach 69 Tagen Konditionierungsdauer erreicht nicht das unter Wechseltemperaturbedingungen erreichte Maß an Frosthärte.

Bei den Eicheln aus der Wechseltemperaturkonditionierung war nach dem Frosthärtemaximum nach 111 Tagen Konditionierungsdauer eine stetige Abnahme der Keimergebnisse bis zum Versuchsende zu verzeichnen. Am letzten Prüftermin nach 188 Tagen Konditionierungsdauer unterschieden sich die Ergebnisse der einzelnen Frosthärteteststufen nicht mehr wesentlich voneinander (53% - 55% gekeimter Sproßachsen) und von dem an nicht durch Froststreß belasteten Eicheln erzielten Ergebnis mit 58 % gekeimter Sproßachsen.

Dem entgegen stieg die beobachtete Keimrate bei den im Freiland konditionierten Eicheln vom dritten zum fünften Testtermin stetig an. Noch unter Freilandbedingungen erfolgte die erste Rückhärtung auf das bereits nach 69 Tagen Konditionierungsdauer erreichte Frosthärteniveau. Nach der Überführung der Eicheln in eine Klimakammer setzte sich die beobachtete Rückhärtung fort und erreichte nach 188 Tagen Konditionierungsdauer einen Wert von 75 % gekeimter Sproßachsen nach einem -6°C und von 52 % gekeimter Sproßachsen nach einem -8°C Frosthärtetest. Daß auch durch ein stufenweises Absenken einer im Tagesverlauf konstanten Konditionierungstemperatur eine Frosthärteinduktion beim Eichensaatgut erzielt werden konnte, zeigt Abb. 9. Gegen die Prüftemperaturen -6°C und -8°C konnte vom ersten zum

zweiten Testtermin eine deutliche Zunahme des Keimergebnisses beobachtet werden, von 25% auf 55% gegen -6°C und von 15% auf 49% gegen -8°C . Gleichzeitig sank jedoch das Keimergebnis bei den Eicheln, welche direkt nach der Konditionierung bzw. nach einem -4°C Frosthärtetest ausgesät wurden von 95% auf 57% bzw. von 89% auf 45,33%. Dieser Vitalitätsverlust, offenbar in Verbindung mit dem beobachteten drastischen Austrocknen des Saatguts dieser Konditionierungsvariante, wurde zum Anlaß dafür genommen, das Saatgut dieser Variante nach dem zweiten Testtermin (69 Tage Konditionierungsdauer) abzuschwemmen und in die Klassen G (auf den Beckengrund gesunkenes Saatgut) und S (schwimmendes Saatgut) zu unterteilen. Die beiden Klassen wurden, unter Folienhauben gegen weiteres Austrocknen im Klimaschrank geschützt, getrennt weiter beobachtet und in gleich großen Stichproben geprüft, obwohl sie nach dem Abschwemmen nicht zu gleichen Teilen vorlagen. Den deutlich kleineren Anteil stellten die auf den Grund gesunkenen Eicheln mit 24%.

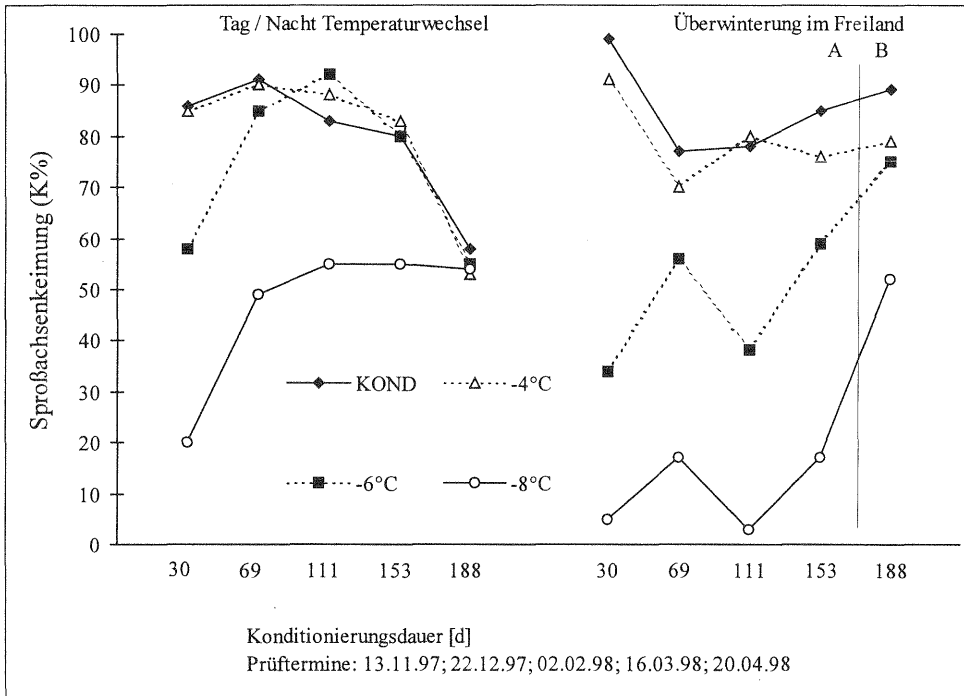


Abb. 8: Sproßachsenkeimung (K%) bei *Quercus robur* 'Quickborn' nach Konditionierung (KOND) unter Wechseltemperaturbedingungen (links) und unter Freilandbedingungen (rechts A) mit anschließender Überführung in eine Klimakammer mit Wechseltemperaturbedingungen (rechts B). Zu jeder Variante sind die Ergebnisse der jeweiligen Frosthärtetests aufgezeigt, 1997 / 1998.

Fig. 8: Germination of shoots (K%) in acorns of *Quercus robur* 'Quickborn' after conditioning treatment (KOND) by means of alternating temperatures (left) and at natural outdoor conditions (fieldstudy right A) followed by a transfer to alternating temperatures (right B). For every variant the results of tests on frosthardness are shown, 1997 / 1998.

Beim Keimtest nach 111 Tagen Konditionierungsdauer zeigte sich deutlich die stärkere Vitalität des Saatgutes der „G-Klasse“. Die Vitalität des nicht durch Frosthärtetests belasteten Saatgutes konnte vom dritten Prüftermin bis zum letzten Prüftermin nach 188 Tagen Konditionierungsdauer auf einem Niveau von etwa 80% gekeimter Sproßachsen im Keimtest gehalten werden. Gegen die Prüfteremperaturen -4°C und -6°C baute sich eine Frosthärte auf, die in der Phase der stärksten Ausprägung zu Keimergebnissen führte, welche mit denen aus der Konditionierung unter Wechseltemperaturbedingungen vergleichbar sind.

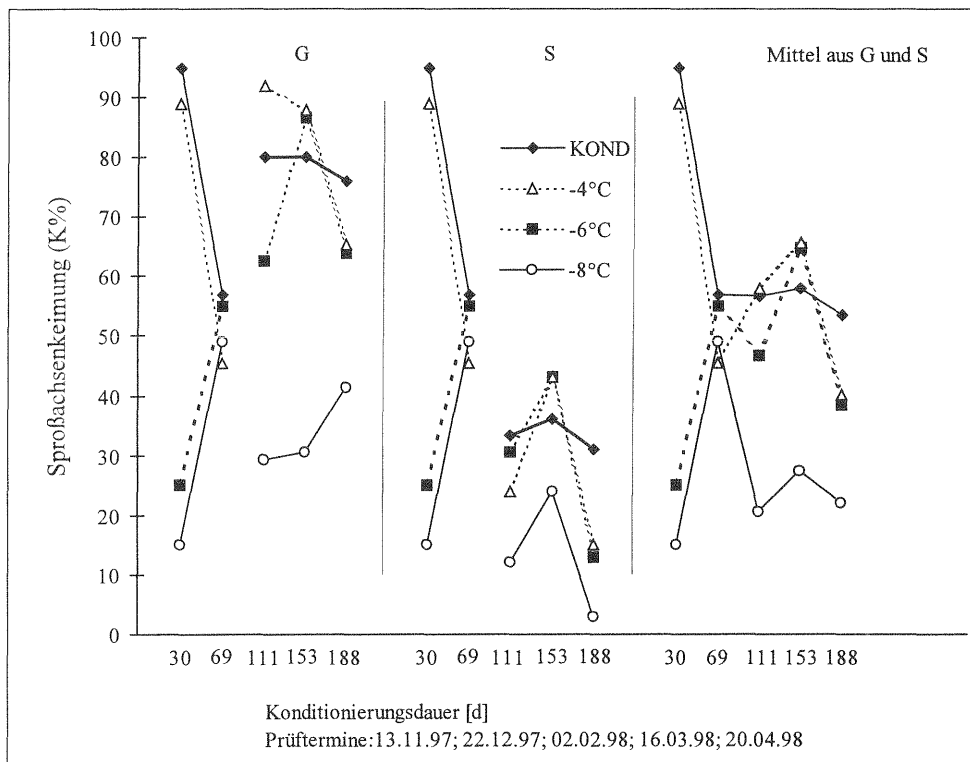


Abb. 9: Sproßachsenkeimung (K%) bei *Quercus robur* 'Quickborn' nach Konditionierung (KOND) mit stufenweise abgesenkter, im Tagesverlauf gleichbleibender Temperatur und nach Frosthärtetests, Sproßachsenkeimung bei: Links: Saatgut, welches beim Abschwemmen auf den Beckengrund sank (G); Mitte: Saatgut, welches beim Abschwemmen an der Wasseroberfläche trieb (S); Rechts: Mittelwerte der Sproßachsenkeimung aus G und S, 1997 / 1998.

Fig. 9: Germination of shoots (K%) in acorns of *Quercus robur* 'Quickborn' after conditioning treatment (KOND) by means of step by step dropped down temperatures and following tests on frosthardness, shoot germination at: Left: seeds sunk to the ground (G); Middle: seeds floated (S); Right: mean values from G and S, 1997 / 1998.

Diese Ergebnisse wurden im Rahmen der Konditionierung mit stufenweise gesenkter Temperatur jedoch später erreicht. Nach Erreichen des Frosthärtemaximums schloß sich eine Enthärtung an. Gegen die Prüfterperatur -8°C wurde vom dritten Prüftermin bis zum letzten

Prüftermin nach 188 Tagen Konditionierungslagerung kontinuierlich Frosthärte aufgebaut, von 29,33% auf 41,33% gekeimter Sproßachsen nach dem Frosthärtetest.

Die Eicheln der „S-Klasse“ machten eine prinzipiell ähnliche Entwicklung durch wie die Eicheln der „G-Klasse“, jedoch auf niedrigerem Niveau, gemessen an der Anzahl gekeimter Sproßachsen. Bei den Eicheln dieser Klasse konnte die Vitalität des nicht durch Frosthärtetests belasteten Saatgutes auf einem Niveau zwischen 31% und 36 % gekeimter Sproßachsen gehalten werden. Gegen die Prüftemperaturen -4°C , -6°C und -8°C zeigte sich vom dritten zum vierten Prüftermin nach 153 Tagen Konditionierungslagerung eine Zunahme der Sproßachsenkeimung nach den Frosthärtetests. Nach den Frosthärtetests zum fünften Prüftermin nach 188 Tagen Konditionierungslagerung zeigte sich eine erneute Abnahme der Sproßachsenkeimung, deutlich unter das Niveau, welches direkt nach dem Abschwemmen ermittelt wurde.

Faßt man die in der „G-“ und der „S-Klasse“ gewonnenen Keimergenergebnisse zum Mittelwert der Stichproben ohne Rücksicht auf die anteilige Verteilung am Gesamtlagerbestand für die Methode „stufenweises Absenken der Konditionierungstemperatur“ zusammen, so erhält man ein Konditionierungsergebnis, nach dem die Höchstwerte für die erzielte Frosthärte gegen die Prüftemperaturen -6°C (64,83% Sproßachsenkeimung nach 153 Tagen Konditionierungsdauer) und -8°C (49% Sproßachsenkeimung nach 69 Tagen Konditionierungsdauer) zwischen denen der Methoden „Konditionierung unter Wechseltemperaturbedingungen“ und „Konditionierung unter Freilandbedingungen“ angesiedelt sind.

Einfluß unterschiedlicher Wechseltemperaturbedingungen auf die Frosthärteentwicklung

Das Saatgut von *Quercus robur* 'Elmstein' durchlief in allen drei Konditionierungsvarianten (s. Tab. 2) des Versuchsjahres 1996/1997 die Phase der Abhärtung bis zu einem Frosthärtemaximum und die anschließende Phase der Enthärtung. Das Ausmaß der Abhärtung, die Persistenz der erreichten Frosthärte und der Grad der anschließenden Enthärtung sowie letztlich eine Rückhärtung waren offenbar abhängig von den klimatischen Bedingungen während der Konditionierungslagerung (Abb. 10).

Das Saatgut aus den Konditionierungsvarianten 1 und 2 zeigte sowohl im Konditionierungslager unter Wechseltemperaturbedingungen mit nächtlichem Frost als auch bei den Frosttests bei -2°C und -4°C eine beständige Frosthärte. Nach einer 21 tägigen Dauerfrostbelastung von -6°C konnte am Saatgut der Konditionierungsvariante 1 zumindest zeitweise eine 100%ige Frosthärte bonitiert werden. Für das Saatgut aus der Konditionierungsvariante 2 wurde diese Frosthärte ab dem vierten Testtermin nach 97 Tagen Konditionierungsdauer durchgehend festgestellt. Das Saatgut aus der Konditionierungsvariante 3 erwies sich als weniger frosthart. Hier traten ab dem fünften Testtermin nach 125 Tagen Konditionierungsdauer Frostschäden nicht erst an den Eicheln aus Frosthärtetests auf, sondern schon an den nicht gesondert frosthärtegeprüften Eicheln des Konditionierungslagers waren diese Schäden zu beobachten. Für -6°C und -8°C konnte am Saatgut der Konditionierungsvariante 3 entsprechend eine deutlich geringere Frosthärte festgestellt werden als für das Saatgut der Varianten 1 und 2. In der Konditionierungsvariante 1 erreichte das Saatgut nach 97 Tagen Konditionierungsdauer ein Frosthärtemaximum, das sich bei -8°C im Frosthärtetest durch eine Überlebensrate von 94,94% nicht geschädigter Eicheln auswies. Für das Saatgut der Konditionierungsvariante 2 konnte zum gleichen Zeitpunkt nach 21 Tagen -8°C eine Überlebensrate von 88,17% nicht durch

Dauerfrost geschädigter Eicheln ermittelt werden. Eine Frosthärte dieser Größenordnung konnte am Saatgut der Konditionierungsvariante 3 nach 69 Tagen Konditionierungsdauer und anschließenden 21 Tagen bei -6°C beobachtet werden (Überlebensrate 86,55%), die maximale Frosthärte gegen -8°C stellte sich hier nach 97 Tagen Konditionierungsdauer ein, bei 32,37% im 21 tägigen Dauerfrost nicht geschädigter Eicheln.

Eine Enthärtung erfolgte beim Saatgut aller Konditionierungsvarianten und konnte spätestens mit der Entnahme des fünften Testtermins nach 125 Tagen Konditionierungsdauer festgestellt werden.

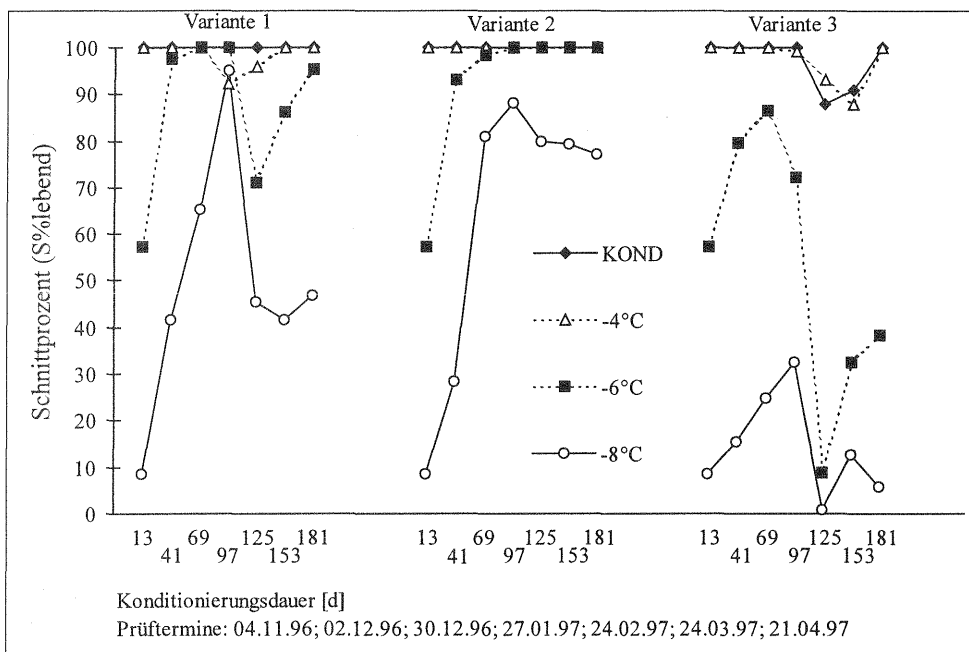


Abb. 10: Konditionierung unter Wechseltemperaturbedingungen, Frosthärteentwicklung bei Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' in Abhängigkeit unterschiedlicher Klimaführungen, Mittelwerte der Schnitttestbonitur (S%lebend) im Verlauf der Konditionierungslagerung (KOND) und nach anschließenden Frosthärtetests; 1996 / 1997.

Fig. 10: Conditioning at alternating temperatures, development of frosthardness in acorns of *Quercus robur* 'Elmstein' depending on different climatic regimes, mean of cuttingtest valuation (S%lebend) during conditioning treatment (KOND) and following tests on frosthardness, 1996 / 1997.

Die stärkste Enthärtung zeigte das Saatgut der Konditionierungsvariante 3 mit einem fast völligen Frosthärteverlust im -8°C Frosthärtetest nach 125 Tagen Konditionierungsdauer. Die Frosthärte gegen -6°C lag hier bei 8,95% nicht geschädigter Eicheln gegenüber 86,55% im dritten Frosthärtetest nach 69 Tagen Konditionierungsdauer. Die Frosthärte sank damit in der Konditionierungsvariante 3 unter den Ausgangswert des ersten Frosthärtetests. Die nach 153 Tagen Konditionierungsdauer beobachtete Rückhärtung konnte die nach 69 Tagen gegen -6°C bzw. nach 97 Tagen gegen -8°C aufgebaute Frosthärte nicht wieder erreichen. Gegen -8°C wurde nach 181 Tagen Konditionierungsdauer eine erneute Enthärtung festgestellt. Die Lagerbedingungen der Konditionierungsvarianten 1 und 2 konnten einen Verlust der aufgebau-

ten Frosthärte ebenfalls nicht verhindern. Während das Saatgut aus der Konditionierungsvariante 1 in der Zeit vom 125. bis zum 181. Tag die abgebaute Frosthärte gegen -6°C fast vollständig wieder aufbaute, konnten die Früchte ihre Frosthärte gegen -8°C nicht auf den Wert des Frosthärtemaximums vom 97. Konditionierungstag zurück entwickeln. Die Eicheln der Konditionierungsvariante 2 zeigten im Untersuchungszeitraum nur gegen -8°C einen Abbau des Frosthärtemaximums. Verglichen mit den Konditionierungsvarianten 1 und 3 war der Verlust der Frosthärte hier jedoch schwächer ausgeprägt, sowohl hinsichtlich der Geschwindigkeit als auch des Ausmaßes der Enthärtung. Vom Frosthärtemaximum am 97. Tag der Konditionierungslagerung sank die Frosthärte um nur 11,04% von 88,17% auf 77,13% als lebend bonitierter Eicheln nach 181 Tagen Konditionierungslagerung.

Einfluß einer längerfristigen Lagerung bei konstanter Frosttemperatur auf die Saatgutvitalität

Die Betrachtung der Schnitttestergebnisse zeigt, daß auch unter gleichbleibenden Temperaturbedingungen im Dauerfrost die Frosthärte der eingelagerten Früchte im Verlauf einer längerfristigen Lagerung gegenüber der im letzten Frosthärtetest bei gleicher Temperatur ermittelten Frosthärte abnimmt (Abb. 11).

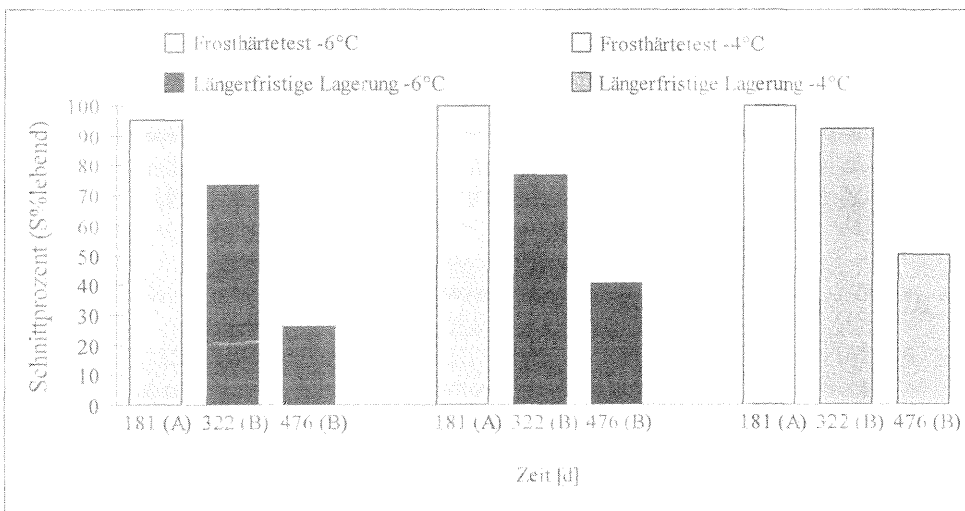


Abb. 11: Ergebnisse der Schnitttestbonituren (S%lebend) an Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein', ermittelt nach einem Frosthärtetest im Anschluß an 181 Tage Konditionierungsdauer ((A) 21.04.1997) sowie nach 322 und 476 Tagen Gesamtlagerdauer einschließlich Konditionierung (B), 1996 / 1997.

Fig. 11: Results from a cuttingtest valuation on acorns of *Quercus robur* 'Elmstein', determined after a test on frosthardness following 181 days of conditioning treatment ((A) 21.04.1997) as well as after 322 and 476 days storeduration including conditioning (B), 1996 / 1997.

Dieses Verhaltensmuster zeigt sich unabhängig von den Bedingungen der vorhergehenden Konditionierung und unabhängig von der nachfolgenden Lagertemperatur. Tendenziell war dieses Verhalten bei den Eicheln aus der Lagerung bei -4°C und der vorhergehenden Konditionierungsvariante 3 schwächer ausgeprägt als bei den Früchten der -6°C Lagerung mit den

davor einwirkenden Konditionierungsbedingungen der Varianten 1 und 2. Von den letztgenannten erwies sich das Material aus der vorhergehenden Konditionierungsvariante 2 als geringfügig frosthärter.

Entsprechend der Schnittestergesamtergebnisse, wurde in den Keimprüfungen nach 322 Tagen und 476 Tagen Gesamtlagerdauer das höchste Keimergebnis mit Eicheln aus der -4°C Lagerung und der davor erfolgten Konditionierung unter den Bedingungen der Variante 3 realisiert. Insbesondere das Saatgut der -6°C - Variante 2 erlitt einen deutlich stärkeren Vitalitätsverlust als das Saatgut der bei -4°C gelagerten Variante 3.

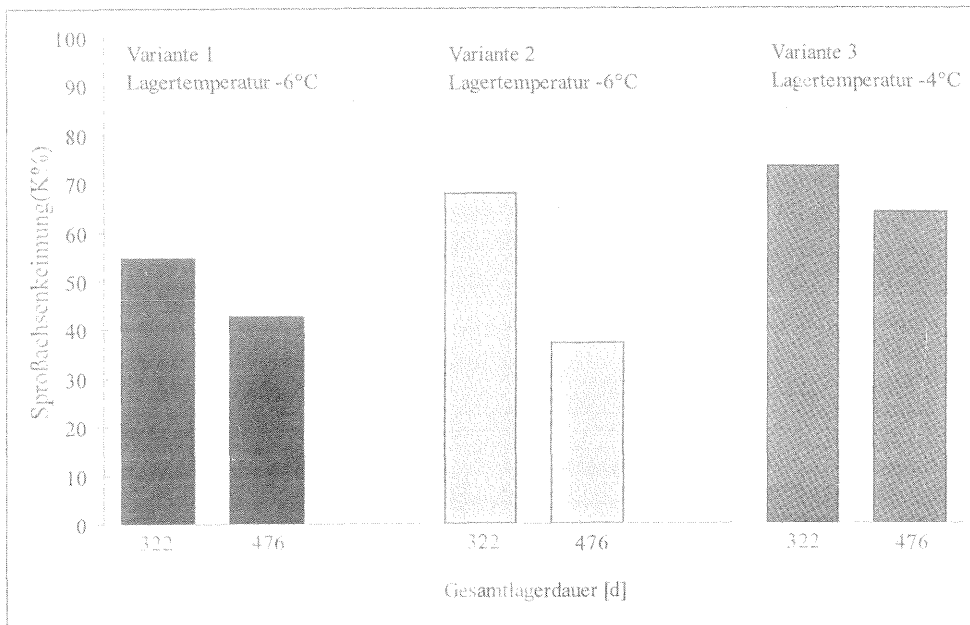


Abb. 12: Sproßachsenkeimung (K%) bei Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' nach längerfristiger Lagerung bei konstanter Frosttemperatur, die Gesamtlagerdauer schließt 181 Tage Konditionierungsdauer ein, 1996 / 1997.

Fig. 12: Germination of shoots (K%) from acorns of *Quercus robur* 'Elmstein' after a prolonged period of storage at constant freezing temperatures, the total duration of storage includes the time of conditioning treatment, 1996 / 1997.

Diskussion

Ziel der Untersuchungen war es, anhand von Klimakammerversuchen zu klären, bis zu welchem Grad das von GUTHKE (1992) beobachtete Vermögen der Eicheln, sich gegen Frosttemperaturen abzuhärten, für eine Optimierung von Langzeitlagerungsmethoden genutzt werden kann. Im Vordergrund standen hierbei Untersuchungen zur Frosthärteinduktion durch Wechseltemperaturbehandlungen, da den Beobachtungen von GUTHKE (1992) zufolge von derartigen Temperaturwechseln eine stärkere Stimulans zur Frosthärteentwicklung ausgeht als sie von konstanten Temperaturen auf das Eichensaatgut ausgeübt wird. Dies scheint nach GUTHKES (1992) Beobachtungen auch dann zu gelten, wenn Durchschnittstemperatur und die Temperatursumme niedriger ausfallen als bei der Wechseltemperatur. Unter den Bedingungen

einer künstlichen Wechseltemperatur bei +5°C Tag und 0°C Nacht konnte GUTHKE (1993) die Abhärtbarkeit von Eicheln im Lager zeigen.

Mit den vorliegenden, sowohl in den Schnitt- wie auch den Keimtests ermittelten Ergebnissen konnte gezeigt werden, daß die von GUTHKE (1992) beschriebene und in diesem Projekt ebenfalls von Oktober 1997 bis April 1998 im Freilandversuch beobachtete natürliche Abhärtung im Herbst und Enthärtung im Frühjahr unter Ausschluß natürlicher Umwelteinflüsse in Klimakammern ähnlich abläuft.

Der wesentlicher Unterschied zu den von GUTHKE (1993) beschriebenen Beobachtungen zur kontinuierlichen Abhärtung von Eicheln gegen Frosttemperaturen bis zum Maximum der Frosthärte liegt also darin, daß nach eben dieser maximalen Frosthärte eine Enthärtung einsetzt, was einen begrenzenden Faktor für die beabsichtigte längerfristige Lagerung von Eichensaatgut bei Temperaturen zwischen -5°C und -10°C darstellt. Bestätigt werden konnte diese Beobachtung mit Hilfe der an der BFH gewonnenen DTA-Ergebnisse, welche dort die Schlußfolgerung zuließen: „Die induzierte Frosthärte ist nicht beständig. Sie folgt einer endogenen Rhythmik, so daß die größte Frosthärte im Januar / Februar erreicht wird.“ (MUHS et al. 1998). Die auf die Früchte einwirkenden klimatischen Konditionierungsbedingungen konnten in den hier beschriebenen Versuchen lediglich das Reaktionsniveau beeinflussen, d.h. das Maß bis zu welchem eine Frosthärte aufgebaut wird, die Geschwindigkeit mit welcher dies geschieht sowie das Maß und die Geschwindigkeit der Enthärtung. Für das Versuchsjahr 1997 / 1998 konnten JUNGE et al. (1998) signifikante Unterschiede in der Frosthärte zwischen der Freilandvariante und den unter künstlichen Bedingungen konditionierten Eicheln beobachten. Die Effekte der Behandlungsvarianten „stufenweises Abkühlen“ und „Wechseltemperaturbehandlung“ konnten laut JUNGE et al. (1998) mit Hilfe der DTA-Methode jedoch nicht eindeutig voneinander unterschieden werden. Am IZBP zeigte sich die Konditionierung unter Wechseltemperaturbedingungen gegenüber der Konditionierung unter Freilandbedingungen sowie gegenüber der Konditionierung durch stufenweises Absenken der Lagertemperatur als vorteilhafter, da die Frosthärteinduktion schneller erfolgte und das Maß der erreichten Frosthärte größer war, gemessen an der in Schnitt- und Keimtests bonitierten Vitalität.

Die Rhythmik des Auf- und Abbaus der Frosthärte vollzog sich letztlich jedoch unabhängig davon, mit welcher Methode die Eicheln konditioniert wurden. Eine Konservierung der einmal erlangten Frosthärte bzw. das Aufrechterhalten einer hohen, im Keimtest „meßbaren“ Vitalität gelang weder durch das Einwirken konstanter Frosttemperaturen noch durch im Tagesverlauf schwingende Temperaturen. Hieraus folgt, daß sich das avisierte Ziel einer nicht die Früchte schädigenden Langzeitlagerung von Eichensaatgut im Dauerfrost bei Temperaturen zwischen -5°C und -10°C mit den beschriebenen Methoden nicht erreichen läßt.

Um das gesteckte Ziel einer Langzeitlagerung von Eichensaatgut erreichen zu können, müssen sich die weiteren Forschungsbemühungen stärker als zuvor den Grundlagen der Fruchtphysiologie, insbesondere auf biochemischer Ebene bei *Quercus robur* und *Quercus petraea* zuwenden. So müssen z.B. die Fragen nach den Ursachen für die Rhythmik der Frosthärte und die nur geringe Trocknungstoleranz der Eicheln geklärt werden, um gezielt in den Stoffwechsel der sich entwickelnden oder, was realistischer erscheint, der lagernden Eicheln eingreifen zu können. Forschungsarbeiten, welche sich mit der Aufnahme möglicher „Hilfsstoffe der Eichellagerung“ in die Frucht und der Verteilung der applizierten Stoffe innerhalb der Eichel beschäftigen sind dazu unerlässlich.

Zumindest mittelfristig werden also die Baumschulgärtner aufgrund der Reaktionsnorm der Eicheln ihr Eichensaatgut auch weiterhin nur über ein, in Ausnahmefällen auch über zwei Winter im Kühllager mit akzeptablem Erfolg halten können. Dafür ist es offenbar nicht unbedingt notwendig, Eicheln einer Wechseltemperaturbehandlung zu unterziehen, um eine Frosthärteentwicklung einzuleiten (s. Abb. 8 u. 9). Eine Konditionierung der Eicheln gegen Temperaturen von -2°C bis -4°C durch stufenweises Abkühlen erwies sich für die Ausbildung einer ausreichenden Frosthärte als hinreichend (s. Abb. 9, Abb. 12).

In diesem Temperaturbereich dürfte die Saatgutherkunft innerhalb Deutschlands sowie die Artzugehörigkeit keine die Lagerung beeinflussende Größe darstellen (s. Abb. 6 und 7), was jedoch noch durch weitere Art- und Herkunftsvergleiche untersucht werden sollte.

Der hohe technische Aufwand und der Energieaufwand, welcher betrieben werden müßte, um große Mengen an Saatgut durch Wechseltemperaturbehandlungen abzu härten (s. hierzu die Reaktionsträgheit der Eicheln bei Abkühlen und Erwärmen im Tagesverlauf, Abb. 1), ist nach den vorliegenden Ergebnissen allein für das Induzieren einer der Lagerung genügenden Frosthärte jedenfalls noch nicht zu rechtfertigen, da die vorhandenen Möglichkeiten zur Zeit mit einfacheren Mitteln ausgeschöpft werden können.

Als eine nicht zu unterschätzende Stärke der Konditionierung unter Wechseltemperaturbedingungen erwies sich jedoch die damit gewonnene Möglichkeit, in den „Warmphasen“ den Feuchtigkeitsgehalt der Lageratmosphäre durch kalten Dampf (Hochfrequenzzerstäubung von Wasser) zu erhöhen, ohne die Klimakammer und das Saatgut zu vereisen. Im Versuchsjahr 1997 / 1998 traten zwar auch hier Trocknungsschäden auf, jedoch nicht annähernd in dem Ausmaß, wie es bei den Versuchen zur stufenweisen Abkühlung der Fall war. Hier ließ sich erneut und völlig unbeabsichtigt die hohe Sensibilität der Eicheln gegenüber einer zu starken Trockenstreßbelastung bestätigen, in diesem Fall herbeigeführt durch Frosttrocknung in einer Klimakammer ohne zusätzliche Befeuchtung der umgewälzten Lagerluft bei konstanter Frosttemperatur. Es konnte im Projektverlauf jedoch ebenso beobachtet werden, daß zu hohe Wassergehalte im Saatgut die Abhärtung gegenüber Frosttemperaturen erschweren bzw. verhindern und sich somit die Einstellung eines optimalen Eichelwassergehaltes als ein ständiger Balanceakt erwies, bei dem es äußerst schwierig ist, ein Gleichgewicht aus einer Frosttoleranz ermöglichenden Trockenheit und vitalitätserhaltender Feuchtigkeit in der Lageratmosphäre und den gelagerten Eicheln herzustellen.

Ein an der Praxis orientierter Hinweis kann darum zur Zeit nur allgemein gehalten dahin gehen, daß die Lagerbehälter, z.B. Tonnen die Eicheln einerseits gegen übermäßigen Wasserverlust schützen sollen, andererseits durch Löcher im Boden einen Abzug des bei frisch eingelagertem und „warm“ (-1°C - 0°C +) gelagertem Saatgut frei werdenden Wassers gewährleisten müssen. Die im Projektverlauf gewonnenen Ergebnisse zum Zusammenspiel von Wassergehaltsentwicklung im Eichensaatgut und dem Vermögen der Eicheln, Frosthärte zu entwickeln, sollen Gegenstand einer späteren Veröffentlichung sein.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung des Projektes „Frosthärteinduktion bei Eicheln“.

Des weiteren gilt unser Dank den Mitarbeitern der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Herrn Dipl.-Ing.agr. Rainer Junge für die Bearbeitung des Kooperationsprojektes sowie Herrn Prof. Dr. Hans-J. Muhs und Herrn Dr. Georg von Wühlisch für ihre beratende Projektbetreuung.

Wir danken außerdem den Mitarbeitern der Forsts Saatgutberatungsstelle des Niedersächsischen Forstamts Ebstorf Herrn FOAR Günter Reichwaldt und Herrn Klaus Gille für das Ermöglichen und die Unterstützung bei der Durchführung der Thermoanalyse in Oerrel.

Letztlich gilt unser Dank allen, die uns auch in knappen Jahren mit Eicheln für unsere Versuche versorgt haben, namentlich vom Forstamt Rantzau Herrn FI Thomas Schultz und seiner Familie.

Literatur

GUTHKE, J. (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut - Probleme und Möglichkeiten. Dissertation, Universität Hannover.

GUTHKE, J. (1993): Abhärtung von Eichensaatgut. *Allg. Forstzeitschrift* **48**: 932 - 933

JUNGE, R.; WÜHLISCH, G. von & MUHS, H.-J. (1998): Prüfung der Frosttoleranz von Eicheln mittels der Differenz-Temperatur-Analyse (DTA) Kolloquium „Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut“ Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Braunschweig, 28. und 29. April 1998

MUHS, H.-J.; WÜHLISCH, G. von & JUNGE, R. (1998): Prüfung der Frosthärte von Eicheln mittels Differenztemperaturanalyse (DTA). Arbeitsbericht zum BML-Projekt, 2. Zwischenbericht (01.04.1997 - 30.03.1998).

Rainer Junge, Hans-J. Muhs, Georg von Wühlisch

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Großhansdorf

Prüfung der Frosthärte von Eicheln mittels der Differenz-Temperatur-Analyse (DTA)

Testing the Frost Tolerance of Acorns by Differential Thermal Analysis (DTA)

Zusammenfassung

Die Langzeitlagerung von Eicheln unter niedrigen Temperaturen (Kryolagerung) ist infolge der recalcitranten Eigenschaften der Eichel bisher nicht möglich gewesen, obwohl unter natürlichen Bedingungen Eicheln in der Lage sind, kalte Temperaturen zu überleben. Die Differenz-Temperatur-Analyse bietet eine Methode an, die Frosttoleranz von Eicheln zu bestimmen, weil die exotherme Reaktion (Temperaturabgabe) bei der Kristallisation von Zellwasser zum Zeitpunkt des Gefrierens aufgezeichnet werden kann. Das Ziel der Studie sollte es sein die Anwendbarkeit dieser Methode zu untersuchen und die Frosttoleranz von Eicheln (*Quercus robur* L.) zu bestimmen. Die Eicheln wurden während der Lagerung auf verschiedene Weise vorbehandelt, um eine bessere Frosthärte zu induzieren. Eine Variante von Eicheln wurde im Lager abwechselnden Tag/Nacht-Temperaturen ausgesetzt, die zu Beginn der Versuche nach der Ernte Mitte Oktober bei Temperaturen von +2 (Tag)/ 0°C (Nacht) gelagert wurden. Im Laufe der Untersuchungen wurden die Lagertemperaturen in monatlichen Abständen bis auf 0 C/ - 3°C (bis Mitte Januar) stufenweise reduziert. Eine zweite Variante von Eicheln wurde einer schrittweisen Abkühlung ausgesetzt, wobei die Lagertemperatur in monatlichen Schritten von 0°C (Tag und Nacht) bis auf -3°C Mitte Januar abgesenkt wurde. Eine Kontrollvariante wurde im Freiland unter einer 40 cm mächtigen Laubschicht gelagert. Insgesamt wurden 18 unterschiedliche Einzelbaumabsaaten, bzw. Absaaten von kleinen Baumgruppen untersucht. Eine Einzelbaumabsaat wurde in vier verschiedene Gewichtsklassen unterteilt, um den Effekt der Größe der Eicheln auf die Frosttoleranz zu testen. An fünf unterschiedlichen Terminen (11. November, 9. Dezember, 29. Januar, 10. Februar, und 27. März) wurden stichprobenartig Eicheln von alle Varianten entnommen und auf ihre Frosttoleranz hin analysiert. Die Analyse zeigte, daß bis Ende Januar die Frosttoleranz allgemein angestiegen ist und daß nach Januar die Frosttoleranz abnahm (endogene Rhythmik). Beide Varianten der Vorbehandlung (abwechselnde Nacht/Tag Rhythmus und die stufenweise Abkühlung) zeigten einen positiven Effekt auf die Bildung einer verbesserten Frosttoleranz. Im Vergleich dazu verzeichnete die Kontrollvariante mit den Eicheln unter einer 40 cm mächtigen Laubschicht im Freiland erwartungsgemäß die geringsten Frosttoleranzen. Zwischen den Gewichtsklassen konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden. Deshalb ist die Differenz-Temperatur-Analyse allgemein geeignet für die Frosttoleranzbestimmung von Eichensaatgut. Die Methode kann jedoch noch weiterentwickelt und verbessert werden.

Stichwörter: Differenz-Temperatur-Analyse, DTA, Frosthärte, induzierte Frosthärte, Saatgutherkünfte, Konditionierung

Abstract

The storage of acorns at low temperatures has not been possible due to their recalcitrant nature, although under natural conditions acorns are able to survive cold temperatures. Differential thermal analysis (DTA) offers a method to detect the temperature at which acorns freeze, because the exothermic crystallization energy in the moment of freezing is recorded. The aim of the study was to investigate the applicability of this methodology to record the freezing temperature of acorns of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). The acorns tested were preconditioned in different ways prior to the storage to initiate frosthardness. One set of acorns were exposed to alternating day/night temperatures starting after harvest in middle of October from +2 (day) / 0°C (night) and reducing the temperature in monthly intervals to 0/–3°C until middle of January. A second set of acorns were exposed to a stepwise reduction of temperature starting from 0°C (day and night) and reducing the temperature in monthly steps to –3°C and keeping this temperature until middle of January. For control acorns were placed outdoor under a 40 cm cover of leaves. The acorns were kept in different lots which originated from 18 different single oaks or small groups of oaks. One lot of acorns was divided into four different weight classes to test the effect of acorn size on frost tolerance. At five different times (11th of November, 9th of December, 29th of January, 10th of February, and 27th of March) acorns were removed from the different lots and their frost tolerance was analysed. The analysis showed that until end of January the frost tolerance generally increased and that after January, the frost tolerance decreased. Both, the preconditioning with alternating night/day and stepwise reduction of temperatures had a significantly positive effect on induction of frost tolerance in comparison to the acorns placed under a 40 cm cover of leaves under field conditions. Between the weight classes no difference was found. Therefore it is concluded that generally the differential temperature analysis is suitable for studies such as this one. The method can be improved further.

Keywords: Differential-Thermal-Analysis, frost tolerance, seed provenance, oak species

Einleitung

Eine Langzeitlagerung von Eichensaatgut, die zur Überbrückung von Engpässen bei der Saatgutversorgung beitragen könnte, ist bisher noch nicht zufriedenstellend realisiert worden (SUSZKA 1998). Die Saatgutgewinnung bei der Eiche ist geprägt von schwankenden Saatgutmengen innerhalb von unregelmäßig auftretenden Mastperioden, die in Abhängigkeit von der Eichenart, den klimatischen Bedingungen und dem Standort der Eichen nur alle 5 bis 10 Jahre auftreten (SUSZKA et al. 1996). Es ist daher dringend notwendig, geeignete Lagerungsmethoden zu entwickeln.

Die Gründe für eine unzureichende Langzeitlagerung von Eichel sind einerseits deren Assimilationsverluste während langer Lagerperioden und der Befall an Schaderregern, insbesondere von Pilzen. Die biochemischen Prozesse in den Zellen der Eichel und die Entwicklung von Lagerpilzen, wie z.B. *Ciboria batschiana* und *Cylindrocarpon didymum* könnten durch Kühlung des Saatgutes zumindest in ihrem Ausmaß begrenzt werden und damit zu einer längeren Lagerfähigkeit beitragen.

Einen Hinweis für eine erfolgreiche Kryokonservierung zeigt die Langzeitlagerung von Buchensamen, wie sie bereits erfolgreich in der Praxis eingesetzt wird (SUSZKA 1993).

Die Lagerung von Eichensaatgut erwies sich bisher dagegen als sehr problematisch, da das recalcitrante Verhalten der Eichel eine langfristige Konservierung durch Trocknung ausschließt und bei der Kühlung der Verlust durch Frosteinwirkung der Wahl einer möglichst tiefen Lagerungstemperatur entgegensteht. Eine reversible Blockierung von Wachstums- bzw. Lebensfunktionen ist wünschenswert und durch Kälteeinwirkung zu erreichen. Dagegen sind irreversible Schäden (hervorgerufen durch Frosttrocknung) an wichtigen Zellbestandteilen, wie z.B. den Zellmembranen und den Enzymen zu vermeiden (VON CUBE et al. 1997).

Die für eine lange Haltbarkeit erwünschte Herabsetzung der Lagerungstemperaturen erfordert daher eine Frosthärteinduktion bei den Eicheln, die durch gezielte Temperaturvorbehandlungen, nach GUTHKE (1992) eingeleitet werden kann.

Am Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Großhansdorf wurden seit April 1996 Frosthärteuntersuchungen an Eichensaatgut unter Anwendung der Differenz-Temperatur-Analyse (DTA) durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem Institut für Zierpflanzen, Baumschule und Pflanzenzüchtung (IZBP), Abteilung Baumschule (ehemals Institut für Obstbau und Baumschule) der Universität Hannover, die unterschiedliche Vorbehandlungen zur Abhärtung durchgeführt und 18 verschiedene Einzelbaumabsaaten (gelagert unter einheitlichen Abhärtungsbedingungen) bereitgestellt haben. Das Untersuchungsmaterial wurde vom IZBP einer Temperaturbehandlung zur Abhärtung (Konditionierung) unterzogen, die das Ziel hat, eine Frosthärte zu induzieren, die eine niedrige Lagerungstemperaturen ermöglicht.

Zur Überprüfung der induzierten Frosthärte wurden die vom IZBP behandelten Saatgutherkünfte über einen Zeitraum von November 1997 bis April 1998 am Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Großhansdorf untersucht.

Die DTA-Methode wurde angewendet, weil damit Frostereignisse in Eicheln dargestellt werden können und eine einheitliche Untersuchungsmethode gewährleistet ist. Während der Messung erfolgt eine programmgesteuerte Abkühlung (reproduzierbare Kühlraten), die einen Vergleich von unterschiedlichen Einzelbaumherkünften und verschiedenen Vorbehandlungen ermöglicht.

Als Ergebnis der Untersuchungen sollte festgestellt werden, inwieweit eine Vorbehandlung zur Verbesserung der Lagerungsbedingungen (Temperaturbehandlung durchgeführt vom IZBP) eine Auswirkung auf die Frosttoleranz von Eicheln hat. Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob Unterschiede zwischen verschiedenen Einzelbaumabsaaten und verschiedenen Gewichtsklassen innerhalb einer Baumgruppe dargestellt werden können.

Material und Methode

Material

Das Untersuchungsmaterial wurde vom IZBP zur Verfügung gestellt, bzw. eingesammelt und im Lager konditioniert. Dabei handelte es sich um vollständige Eicheln (incl. Perikarp) von *Quercus robur*. Die Eicheln wurden unterschieden nach Einzelbaumabsaat ("Herkunft"), Gewichtsklassen innerhalb einer Einzelbaumabsaat und den Vorbehandlungen, d.h. den Temperaturregimen bei der Lagerung, die zur Konditionierung angewendet wurden.

Zur Untersuchung gelangten Eicheln von insgesamt 18 Einzelbaumabsaaten aus dem Raum Quickborn (ca. 80 km nördlich von Hamburg), aus dem Georgengarten in Hannover Herren-

hausen (unmittelbar in der Nähe von der Universität Hannover, aus dem Gelände des Fachbereiches für Gartenbau), aus Hannover Sarstedt (ca. 30 km südlich von Hannover am IZBP) und aus dem Arboretum des Institutes für Forstgenetik in Großhansdorf (ca. 25 km östlich von Hamburg). Bei einer ausgewählten Absaat von einer Baumgruppe aus Quickborn wurden Größenklassen nach Gewicht in vier Stufen eingeteilt: I (bis 3,99g), II (4,00-4,99g), III (5,00-5,99g) und IV (ab 6,00g).

Methoden

Funktionsweise der Differenz- Temperatur- Analyse

Für die Messung der Gefriervorgänge von Wasser im Gewebe der Kotyledonen der untersuchten Eicheln wurde das **Differenztemperatur- Analyse- Gerät** KRYOSCAN 3.0 eingesetzt. Diese Meßeinrichtung erlaubt es, mehrere kleine Objekte (in diesem Fall bis zu 16 Schnittproben aus gleichen oder verschiedenen Eicheln bzw. Gewebetypen) in einem Temperaturbereich von etwa +45 bis -45 °C über einen beliebig langen Zeitraum hinweg programmgesteuert zu temperieren. Die Messung wird nach einer Akklimatisation bei einer Temperatur von +1 °C gestartet (entspricht der Lagerungstemperatur, die bei der Zwischenlagerung in einem Kühlraum eingestellt wurde) und bei Kühlraten von 30 °C / h bzw. 60 °C / h (Temperaturerniedrigung pro Stunde) bis zum Gefrieren der letzten Probe durchgeführt.

Das Meßprinzip beruht auf der Freisetzung von innerer, latenter Energie des Wassers, die beim Phasenwechsel von "flüssig" (Zellwasser) nach "fest" (Eis) freigesetzt wird. Damit ist es möglich, den äußerlich unsichtbaren Vorgang der Kristallisation von Zellwasser im Pflanzen Gewebe darzustellen. Die Messung erfolgt mit einem Thermoelement, das die kurzfristige Temperaturerhöhung der Probe gegenüber ihrer Umgebung (Blocktemperatur) erfaßt (Differenztemperatur). Die beim Phasenwechsel abgegebene Energie in Form von Wärme wird als Exotherme bezeichnet. Die im folgenden dargestellte Exothermenreaktionstemperatur bestimmt also diejenige Temperatur, bei der eine Eiskristallisation von Zellwasser stattfindet, die bei einer bestimmten Umgebungstemperatur angeregt wird.

Probenvorbereitung

Die zu untersuchenden Stichproben des Eichensaatgutes wurden aus den laufenden Lagerungsversuchen des IZBP 1997/ 1998 entnommen und in einem Kühlbehälter von Hannover-Sarstedt nach Großhansdorf gebracht, um eine Erwärmung des Probenmaterials zu verhindern. Bis zur DTA- Untersuchung verblieben die Eicheln in dem Kühlbehälter der in einem Kühlraum bei konstanter Temperatur von +1 °C aufbewahrt wurde. Die Untersuchungen wurden unmittelbar nach der Anlieferung durchgeführt.

Die Probenvorbereitung wurde für alle Varianten einheitlich durchgeführt, damit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet ist.

Die Eicheln für die DTA-Analyse wurden vom Perikarp und der die Kotyledonen umgebenden Testa befreit. Von den beiden Kotyledonenhälften wurden möglichst gleich große Schnittproben gewonnen, die eine Stärke von ca. 3 mm aufwiesen. Die Schnitte wurden so durchgeführt, daß möglichst geringe Schnittflächen entstanden, um die Effekte der Schnittflächen (austretende Zellflüssigkeit gefriert als Oberflächenwasser und initiiert Gefriervorgang, Dehydratation (Entwässerung) während des Meßvorganges wird begünstigt) auf die Meßergebnisse zu minimieren. Unmittelbar danach wurden diese Schnittproben in die Probenbehäl-

ter des DTA- Gerätes gebracht und dort bei Temperaturen von +1°C für 5 Minuten akklimatisiert, denn die Probe muß die Temperatur des Gerätes annehmen (s.o. Differenzmessung).

Aufgrund der relativ klein dimensionierten Probenbehälter (zylinderförmig mit 9 mm Durchmesser und 10 mm Höhe) waren zu dieser Zeit keine Messung der gesamten Eichel möglich. Daher wurden von den unterschiedlichen Größenklassen der Eicheln möglichst gleich große Schnittproben der Kotleledonen (ca. 5 mm x 5 mm in 3 mm Stärke) entnommen. Die Probengröße variiert daher innerhalb und zwischen den verschiedenen Größenklassen aufgrund der unterschiedlichen Form jeder einzelnen Eichel.

Konditionierungsvarianten

Die Temperaturvorbehandlungen wurden in den Klimaschränken am IZBP in Hannover- Sarstedt durchgeführt. Dazu wurden Eicheln in Klimaschränken bei verschiedenen Temperaturen gelagert. Der hier dargestellte Konditionierungsversuch begann am 10. Oktober 1997.

Es wurden 2 Konditionierungsvarianten unterschieden:

1. Konditionierungsvariante 1: mit wechselnden Temperaturen als Tag-Nacht-Wechseltemperaturbehandlung bezeichnet und
2. Konditionierungsvariante 2: mit schrittweise verringerten Temperaturen, als stufenweise Abkühlung bezeichnet.

Ferner wurde eine Kontrollgruppe unter Freilandbedingungen gelagert.

Die Temperaturkombination zu Beginn der Untersuchung war einheitlich für alle Konditionierungsvarianten und lag bei +2 (Tagestemperatur) und 0 °C (Nachttemperatur). Die Tab. 1 gibt Auskunft über die zur Anwendung gekommenen Temperaturregime und den Zeitpunkt ihrer Anwendung im Verlauf der gesamten Lagerungsdauer.

Tab. 1: Anwendungszeiträume und Änderung der Varianten bei der Lagerungskonditionierung 1997/1998 am IZBP in Hannover-Sarstedt zur Induzierung von Frosthärte bei Eicheln von *Quercus robur*. Die Temperaturbehandlung erfolgte durch eine Kombination von je einem oberen und einem unteren Temperaturwert, der für jeweils 12h pro Tag und 12h pro Nacht konstant angewendet wurde und einer Variante mit stufenweiser Temperaturabnahme. Eine Kontrollvariante wurde im Freiland belassen.

Table 1: Treatments imposed on acorns of *Quercus robur* to induce a higher frost tolerance. One set of acorns were exposed to alternating day/night temperatures starting after harvest in middle of October from +2 (day) / 0°C (night) and reducing the temperature in monthly intervals to 0/-3°C until middle of January. A second set of acorns were exposed to a stepwise reduction of temperature starting from 0°C (day and night) and reducing the temperature in monthly steps to -3°C and keeping this temperature until middle of January. For control acorns were placed outdoor under a 40 cm cover of leaves.

Lagerungsvarianten	Zeitpunkt für die Veränderung der Lagerungstemperaturregime durchgeführt am Institut für Obstbau und Baumschule/ Hannover-Sarstedt (Temperaturkombinationen angegeben für jeweils 12h pro Tag und 12h pro Nacht, der Temperaturwechsel erfolgte innerhalb 1h)				
	ab 10.10.1997 (ab Einlagerung)	ab 1.11.1997	ab 17.11.1997	ab 2.12.1997	ab 15.01.1998
Wechselnde Tag-Nachttemperaturen	+2°C / 0°C	+2°C / -1°C	+2°C / -2°C	+2°C / -3°C	0°C / -3°C
Stufenweise Abkühlung	0°C	-1°C	-2°C	-3°C	
Freiland	Temperaturen unter Freilandbedingung, Eicheln unter Laubbedeckung (40cm Auflage)				

Die im Vergleich der Lagerungsvarianten gewonnenen Erkenntnisse vom Vorjahr wurden bei der Wahl der Wechseltemperaturbehandlung berücksichtigt. Die Lagerungstemperatur für die Variante der Wechseltemperaturbehandlung wurde zu Beginn der Lagerung auf +2°C bei Tag und 0°C bei Nacht eingestellt. Im weiteren Verlauf der Konditionierung erfolgte eine stufenweise Absenkung der Temperaturen bis auf 0°C bei Tag und -3°C bei Nacht, die bis in den Mai 1998 beibehalten wurde. Diese Lagerungstemperaturen gelten sowohl für die Einzelbaumabsaaten als auch für die Proben der Variante mit Tag- Nacht- Wechseltemperaturbehandlung, die der Variante mit stufenweiser Abkühlung gegenübergestellt wurde.

Bei der Variante mit stufenweiser Abkühlung wurden die Lagerungstemperaturen tageweise konstant gehalten (keine Temperaturwechsel) und über den gesamten Untersuchungszeitraum schrittweise abgesenkt. Die Absenkung der Temperaturen erfolgte von 0°C zu Beginn der Einlagerung auf die tiefste Temperatur von -3°C im Mai 1998.

Für die DTA wurden aus dem laufenden Versuch Stichproben entnommen und in einem Kühlbehälter zur Untersuchung zum Institut für Forstgenetik nach Großhansdorf gebracht.

Eine Kontrolle wurde erreicht durch die Lagerung einer Variante unter natürlichen Freilandbedingungen. Dazu wurde die Eicheln unter einer ca. 40 cm dicken Laubschicht im Freiland überwintert.

Ergebnisse

Der Einfluß von Probenvorbereitung und Meßmethode auf die Ergebnisse

In Vorversuchen zur Bestimmung der Abkühlungsrate wurde ein geeignetes Temperaturprogramm ermittelt mit dem einerseits zügige Meßzyklen als auch die notwendige Präzision erzielt werden konnte. Die Problematik bei der Untersuchung von Schnittproben besteht darin, daß durch die Schnittflächen der relativ kleinen Proben eine Verdunstung von Zellflüssigkeit einsetzt, die durch die Absenkung der Temperatur während des Versuchs noch verstärkt wird (Frosttrocknung). Dieser Verlust von Zellflüssigkeit kann zu einer verzögerten Auslösung der Exothermenreaktion führen und damit eine erhöhte Frosttoleranz vortäuschen, besonders dann, wenn lange Abkühlphasen gewählt werden. Daher wurde eine möglichst rasche Abkühlung angestrebt. Die Abkühlungsraten von 60 °C/h, bei einer Starttemperatur von +1°C hat sich in den Vorversuchen als geeignet erwiesen, zumal bei den Ergebnissen nur geringe Unterschiede zu einer Abkühlungsrate von 30 °C/h bestanden. Andererseits sind sehr schnelle Kühlraten zu vermeiden, da für die Differenzmessung angenommen wird, daß die Proben-temperatur und die Blocktemperatur (Umgebungstemperatur der Probe im Gerät) gleich seien bzw. kontinuierlich und gleichmäßig abgekühlt werden müssen.

Im Hinblick auf die Bewertung der absoluten Temperaturen liegt ein systematischer Fehler vor, der jedoch bei der vergleichenden Untersuchung von unterschiedlichen Herkünften bzw. Behandlung in den Hintergrund tritt.

In vorher durchgeführten Versuchen wurden bei mit Wasser angefeuchteten Filterpapier Exothermen beobachtet, die auf eine geräteeigene Besonderheit der Untersuchungsmethode hindeuten. Die Gefriertemperatur des feuchten Filterpapier lag bei -7,5 °C bis -8,6 °C. Aufgrund dieser Ergebnisse können die ermittelten Gefriertemperaturen bei den untersuchten Eicheln nur im Zusammenhang mit den Gefriertemperaturen des angefeuchteten Filterpapiers betrachtet werden, da aufgrund der methodischen Auswahl der Versuchsbedingungen (schnelle Abkühlung, Verwendung von kleinen, aus dem Gewebe entnommenen Proben) eine Verschiebung der tatsächlichen Gefriertemperatur im Verhältnis zur gemessenen Exothermenreaktion nicht auszuschließen ist.

Konditionierung und Frosttoleranz

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Differenz-Temperatur-Analyse zeigt die Abb. 1. Für die Reihenfolge einer nach der Höhe der Exothermenreaktionstemperatur (und damit der vermuteten geringsten "Frosthärte") sortierten Darstellung der Ergebnisse wurden der erste Untersuchungstermin am 11.11.1997 (Termin 1) gewählt. Die Balkendiagramme zeigen die Abweichungen der Mittelwerte der nachfolgenden Untersuchungstermine (Termine 2 bis 5: 9.12.97; 29. 1.98; 10.2.98; 27.3.98) in Bezug auf den ersten Termin. Ferner zeigt die Grafik in Gegenüberstellung zur einzelbaumweisen Untersuchung zwei Varianten unterschiedlicher Temperaturvorbehandlungen (WT – Wechseltemperaturbehandlung, sA – stufenweise Abkühlung und F – Freiland, als Kontrollvariante unter Freilandbedingungen), die in 4 verschiedenen Gewichtsklassen (1 bis 4) unterteilt wurden. Diese Untersuchung basiert auf einer Herkunft aus dem Raum Quickborn mit einem großem Stichprobenumfang (insgesamt 300 kg Eicheln, somit sind auch eine größere Anzahl von Einzelbäumen darin vertreten). Für die Varianten Freiland und stufenweise Abkühlung wurde ab dem zweiten Termin eine Unterschei-

dung in 4 Gewichtsklassen vorgenommen, so daß für diese Varianten am ersten Termin die Ergebnisse einer Mischprobe aus allen Größenklassen, also aus der unsortierten Grundgesamtheit vorliegen.

Der Großteil der untersuchten Einzelbäume bzw. kleine zusammenhängende Baumgruppen (in Abb. 1 als "E" bezeichnet) zeigen bei den Terminen 2 bis 5 gegenüber dem Termin 1 generell niedrigere Exothermenreaktionstemperaturen (negative Differenztemperaturen), die im Verlauf der Lagerung auf eine zunehmende Härtung hinweisen. Die allgemein höchste Härtung wurde am dritten Termin (29.01.1998) gemessen. Ferner ist andeutungsweise ein Trend der Abhärtung von E1 bis E17 zu beobachten. Die zu Beginn der Lagerung schwach toleranten Herkünfte ließen sich im Verlauf der Konditionierung stärker abhärten (höhere Differenztemperaturen), während anfänglich stärker tolerante Herkünfte einen geringeren Zuwachs an Abhärtung (niedrigere Differenztemperaturen) oder sogar eine Enthärtung (E1 – positive Differenztemperatur) zeigten.

Die positiven Abweichungen (der Differenztemperaturen), d.h. ein Verlust an Frosthärte, sind besonders innerhalb der Größenklassen in den Konditionierungsvarianten "Wechseltemperaturbehandlung" und "stufenweise Abkühlung" an den Terminen 2, 4 und 5 auffallend, während auch hier am dritten Termin für alle Varianten die höchste Frosthärtung gemessen wurde.

Innerhalb der Konditionierungsvariante mit stufenweiser Abkühlung und hier am dritten Termin (29.01.1998) sind die niedrigsten Exothermenreaktionstemperaturen gemessen worden (Größenklasse 1: -9,5 °C und Größenklasse 2: -18,5 °C).

Die Unterschiede in der Frosttoleranz zwischen den Temperaturbehandlungsvarianten und zwischen den Einzelbaumabsaaten, sowie ein Trend im Verlauf einer anfänglichen Härtung und einer anschließenden Enthärtung konnte wie bei vorangegangenen Untersuchungen im Vorjahr dargestellt werden. Die Ergebnisse harmonieren mit den am IZBP gewonnen Erkenntnissen aus den Schnittproben tests, obwohl aus methodischen Gründen eine zeitliche Übereinstimmung des Untersuchungstermines nicht erreicht wurde. Die Unterschiede in der Frosthärte bezogen auf die Temperaturbehandlungsvarianten gegenüber der Kontrolle (unbehandelt) sind signifikant, während die Unterschiede zwischen den Temperaturbehandlungsvarianten innerhalb der Streuung der Mittelwerte liegen.

Der Trend der auf eine Härtung bzw. Enthärtung im Januar/Februar hindeutet, konnte deutlicher als bei vergleichbaren Untersuchungen im Vorjahr dargestellt werden, da die Streuung der Meßwerte (Standardfehler, s. Abb. 2) gering und die Unterschiede im Temperatur- und Zeitverlauf während der Frosthärteentwicklung deutlicher erkennbar waren.

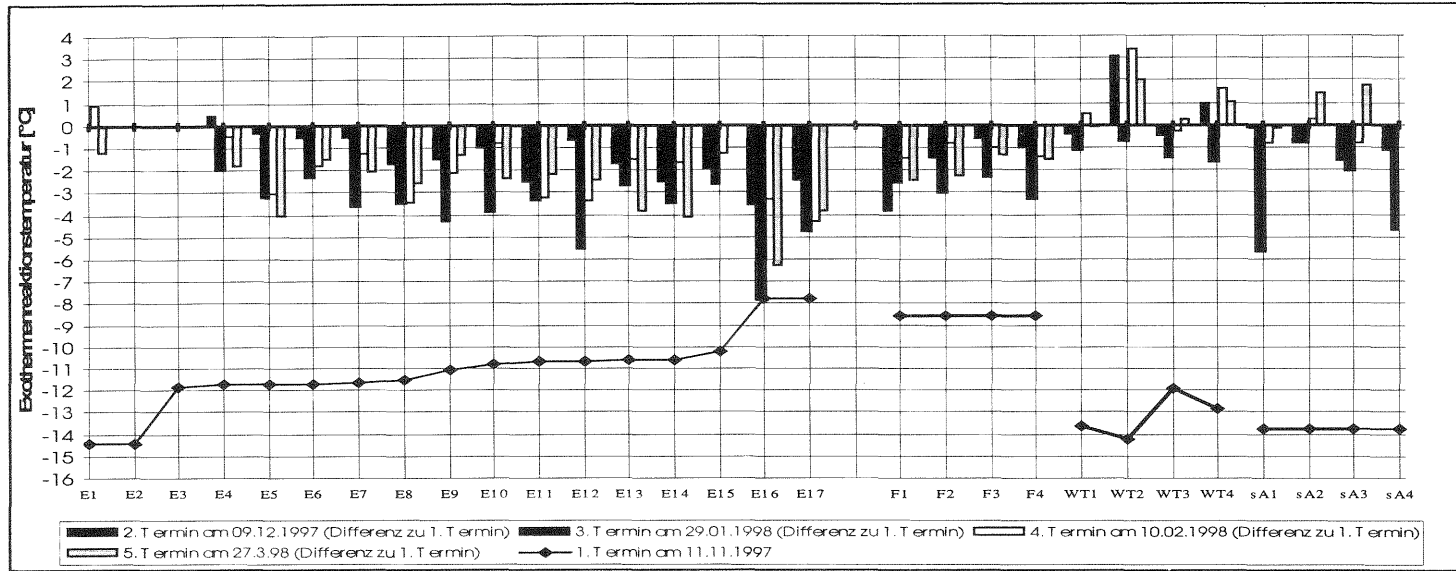


Abb. 1: Prüfung der Frosthärtigkeit mittels DTA an Eicheln von *Quercus robur* an 5 Untersuchungsterminen im Verlauf der Konditionierungslagerung 1997/1998. Untersucht wurden 17 Einzelbaumabsaaten bzw. Absaaten von kleinen Baumgruppen (E1 – E17). Zusätzlich wurde die Auswirkung von 2 Temperaturbehandlungsvarianten (Wechseltemperaturbehandlung = WT, stufenweise Abkühlung = sA, Freiland = F) sowie Unterschiede zwischen 4 Gewichtsklassen (1 – 4) in einer Baumgruppe geprüft. Die Temperaturen zu Beginn der Lagerung (10.10.1997) waren für die Wechseltemperaturbehandlung und für die Einzelbaumabsaaten $+2^{\circ}\text{C}/0^{\circ}\text{C}$ (Tag- / Nachttemperatur) und wurden bis zum Mai 1998 auf $0^{\circ}\text{C} / -3^{\circ}\text{C}$ abgesenkt (Konditionierung 1). Die stufenweise Abkühlung erfolgte von 0°C zu Beginn der Behandlung auf -3°C im Mai (Konditionierung 2). Eine Sortierung nach Gewichtsklassen in der Konditionierungsvariante "stufenweise Abkühlung" und "Freiland" wurde ab dem zweiten Termin vorgenommen (es handelt sich hierbei um eine Mischprobe aller Größenklassen; sA1 – sA4, F1 – F4).

Fig. 1: Determination of the freezing temperatures of acorn tissues by DTA. The diamonds connected by the solid line show the freezing temperatures at November 11th and the bars show the deviating freezing temperatures determined in December, January, February and March as opposed to the temperatures determined on November 11th. E1 to E17 refers to acorns originating from 17 different single trees or small groups of trees. The seeds collected from another tree (no. 18) was divided into four weight classes, which were subjected to outdoor conditions under 40 cm cover of leaves (F1 - F4), to alternating day/night temperatures which were reduced from $+2/0^{\circ}\text{C}$ in October to $0/-3^{\circ}\text{C}$ in January (WT1 – WT4), and stepwise reduction of temperatures starting from 0°C in October to -3°C in January (sA1 – sA4). Among the bars, the black one shows that frost tolerance has developed most at January 29th and was reduced again by February 10th.

Die Ausprägung von Schwankungen der Frosthärte im Verlauf der Konditionierungslagerung (Abbildung 2), die auf einen endogenen Rhythmus hindeuten, konnte deutlicher dargestellt werden als in den vorangegangenen Untersuchungen. Die Ergebnisse vom IZBP weichen insofern davon ab, als die Härtung bzw. Enthärtung zu anderen Zeitpunkten eintraten. Diese Abweichung beruht wahrscheinlich auf der Tatsache, daß das Material für den Schnitttest einer längeren Frostapplikationszeit unterworfen wurde, die die Vorbedingungen geändert haben.

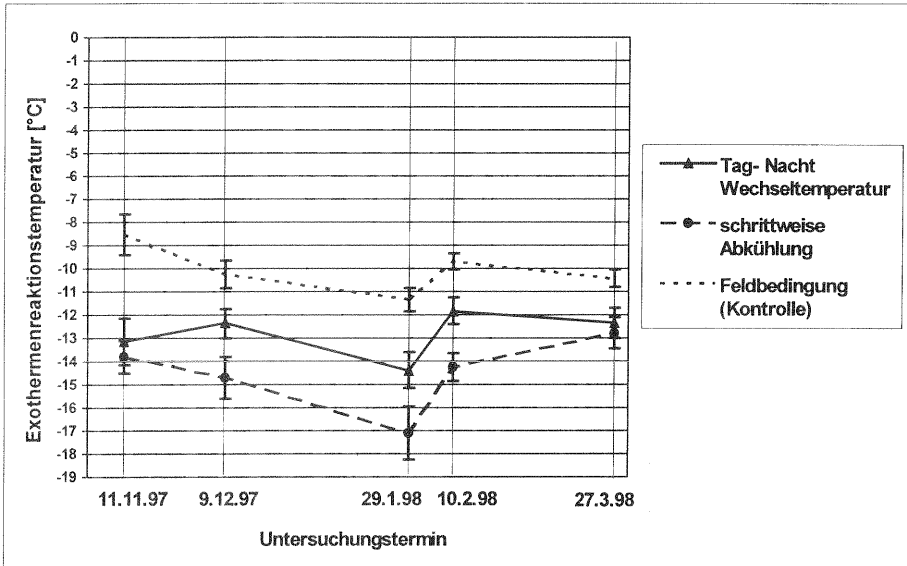


Abb. 2: Differenz-Temperatur-Analyse bei Eicheln von *Quercus robur* zur Bestimmung der Gefriertemperatur von Zellwasser in Abhängigkeit von der Präkonditionierung (Temperaturvorbehandlung) in der Lagerung 1997/1998. Die Temperaturen bei der Lagerung unter Tag-Nacht-Wechselbedingungen waren zu Beginn $+2^{\circ}\text{C}/0^{\circ}\text{C}$ (Oktober 1997). Zum Ende der Untersuchung erfolgte eine Absenkung der Temperaturen auf $0^{\circ}\text{C} / -3^{\circ}\text{C}$ (Mai 1998). Die Temperaturen für die Variante der schrittweisen Abkühlung waren anfänglich 0°C und im Mai 1998 -3°C .

Fig. 2: Determination of the freezing temperatures of acorn tissues by DTA. Shown is the development of the freezing temperatures from November 11th to March 27th of acorns of *Quercus robur* which were exposed to alternating day/night temperatures starting after harvest in middle of October from $+2/0^{\circ}\text{C}$ (day/night) and reducing the temperature in monthly intervals to $0/-3^{\circ}\text{C}$ (solid line), acorns exposed to a stepwise reduction of temperature starting from 0°C (day and night) and reducing the temperature in monthly steps to -3°C (broken line), and control acorns kept outdoor under a 40 cm cover of leaves (dotted line).

Gewicht und Frosttoleranz

Bei der Untersuchung der Konditionierungsvarianten (Freiland = FR, Wechseltemperaturbehandlung = WT und stufenweise Abkühlung = sA) erfolgte ab dem zweiten Untersuchungstermin zusätzlich eine Unterscheidung von insgesamt 4 Gewichtsklassen (in der Abbildung 1 als FR1 – FR4, WT1 – WT4 und sA1 – sA4 bezeichnet) in

- Gewichtsklasse 1: bis 3,99 g,
- Gewichtsklasse 2: 4,0 g bis 4,99 g,
- Gewichtsklasse 3: 5,0 g bis 5,99 g und
- Gewichtsklasse 4: über 6,0 g (s. Abbildung 1).

Bei der Wechseltemperaturbehandlung und bei der Kontrollgruppe im Freiland zeigten die Gewichtsklassen keine eindeutigen Unterschiede. Die Exothermenreaktionstemperaturen schwankten in einem Bereich von -10,8 °C bis -14,9 °C bei der Wechseltemperaturbehandlung und in der Kontrollgruppe zwischen -8,5 °C und -12,4 °C. Bei der stufenweisen Abkühlung zeigten Eicheln der Gewichtsklasse 1 (-19,5 °C) und der Gewichtsklasse 4 (-18,5 °C) die niedrigsten Exothermenreaktionstemperaturen im ganzen Versuch, die wiederum nur am dritten Untersuchungstermin (29. 01. 1998) gemessen wurden.

Diskussion

Die Möglichkeit einer Frosthärteinduktion für Eichensaatgut durch Konditionierung unter Anwendung einer Temperaturvorbehandlung konnte durch die Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt werden. Bei dem Vergleich von 17 Einzelbaumabsaaten wurde gegenüber der ersten DTA- Messung am 11.11.1997 eine deutliche Erniedrigung der Exothermenreaktionstemperatur am dritten Untersuchungstermin (29.01.1998) um bis zu 7,8 °C festgestellt.

Bei der Untersuchung von zwei unterschiedlichen Temperaturvorbehandlungen während der Lagerung zeigte die Variante mit stufenweiser Abkühlung eine stärkere Zunahme der Frosthärte als die Variante der Tag- Nacht- Wechseltemperaturbehandlung, wenn auch diese Ergebnisse auf eine methodische bedingte Ursache zurückgeführt werden könnten. Denn die vom Gesamtbild der Temperaturverteilung erheblich abweichenden Ergebnisse in der Variante mit stufenweiser Abkühlung [am dritten Untersuchungstermin (29.01.1998) in den Gewichtsklassen 1 (bis 3,99 g) und 4 (über 6,0 g)] beruhen möglicherweise darauf, daß während der Frostlagerung eine anhaltende Austrocknung der Proben stattgefunden hat. Da der Wassergehalt mit der Exothermenreaktionstemperatur sehr eng korreliert ist (trockenere Proben = tiefere Exothermenreaktionstemperatur) sind diese Abweichungen vorstellbar, zumal sie bei der Wechseltemperaturbehandlung geringer ausfallen.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß der große Stichprobenumfang bei der Untersuchung zur Temperaturvorbehandlung (300 kg Eicheln von mehreren Einzelbäumen einer kleineren Gruppe) bei der Sortierung in die Größenklassen eine ungewollte Selektion eines frosttoleranten Einzelbaumes zur Folge hatte, der nicht dem Mittel der Grundgesamtheit entspricht. Die teilweise geringen Größen- bzw. Gewichtsunterschiede von Eicheln bei Einzelbäumen könnten ein Hinweis dafür sein.

Der Vorteil einer täglich wechselnden Temperaturbehandlung zeigt sich deutlich bei dem Vergleich der 17 Einzelbäume, da hier mit zwei Ausnahmen alle untersuchten Eicheln eine Abhärtung erfuhren. Die teilweise enthärteten Ausnahmen waren diejenigen, die schon zu Beginn der Untersuchungen am 1. Termin der DTA-Messung nach ca. einem Monat Lagerung die höchsten Frosttoleranzen aufwiesen und somit den Anschein erwecken, daß eine Steigerung der Abhärtung nur schwer zu erzielen ist. In diesem Zusammenhang können auch

Enthärtungsprozesse in der Variante der Wechseltemperaturbehandlung (WT1 – WT4) erklärt werden, da auch hier zu Beginn des 1. Termins der DTA- Messung eine hohe Frosttoleranz vorlag. Wenn einerseits eine Eichel grundsätzlich schon sehr früh ein hohes Maß an Abhärtung erfahren hat, werden Enthärtungsprozesse wahrscheinlicher. Auf der anderen Seite zeichnen sich, die zu Beginn der Untersuchung schwach toleranten Herkünfte im nachhinein durch die höchsten Zuwachsraten bei der Abhärtung aus.

Der Vorzug dieser Wechseltemperaturbehandlung könnte auch darin begründet sein, daß die Eicheln bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt (positive Tagestemperatur) zuvor durch Frosttrocknung (Frost in der Nacht) entzogenes Wasser wieder aufnehmen können. Somit würde es nicht zu einem Verlust der Keimfähigkeit aufgrund von Trockenstreß kommen können, wie sie bei einer Dauerfrostbehandlung wahrscheinlicher ist (Recalcitranz). Wenn die Perioden zwischen einem Temperaturwechsel (Tag – Nacht) kurz genug sind, kann das Zellwasser nicht an der Oberfläche der Eichel oder im Lagerraum in Form von Eis dauerhaft festgelegt oder sogar akkumuliert werden. Es ist wahrscheinlich, daß es durch eine andauernde Eisbildung bei der stufenweisen Abkühlung zu einer stärkeren Frosttrocknung bis ins innere der Eichel kommen wird.

Die Auswirkungen einer ständigen Frostbehandlung scheinen sich mit der DTA-Analyse als deutlich positive Härtung messen zu lassen. Diese Härtung mag in diesem Fall auf der Frosttrocknung beruhen, die aufgrund geringer Wassergehalte in den Zellen zu deutlich niedrigeren Exothermenreaktionstemperaturen führen (bis zu $-19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), so daß im Endeffekt die Wechseltemperaturbehandlung durchaus bessere Ergebnisse bringen könnte insbesondere im Hinblick auf die Keimfähigkeit nach derartigen Lagerungsbedingungen. Die Keimfähigkeit kann jedoch durch zu großen Wasserverlust verschlechtert werden und muß nicht zwangsweise auf einer reinen Frosteinwirkung beruhen (z.B. intrazelluläre Eiskristallbildung und mechanische Beschädigungen). Der Schnitttest liefert in diesem Punkt ein Ergebnis, das mit dem des Keimtestes vergleichbar ist.

In dieser Untersuchung zeigte sich, daß die DTA geeignet ist, eine zügige Frosttoleranzprüfung bei Eichensaatgut durchzuführen. Die Ergebnisse weisen aber daraufhin, das sowohl in der Meßmethode selbst als auch bei der Wahl der Lagerungsmethode die Besonderheiten der Kryolagerung und die Auswirkungen von Frost zu berücksichtigen sind. Zur Verbesserung der Präzision bei der Messung und zur Steigerung der Aussagekraft ist es vorteilhaft, die DTA im Hinblick auf die Eignung als Schnelltestmethode bei der Frosttoleranzprüfung von Eichensaatgut weiterzuentwickeln.

Literatur

- CUBE, H.L. von, STEIMLE, F., LOTZ, H., KUNIS, J.** (1997): Lehrbuch der Kältetechnik. Band 2, 4. Auflage. Heidelberg, Müller Verlag, S. 911 ff.
- GUTHKE, J.** (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut – Probleme und Möglichkeiten. Dissertation, Universität Hannover
- SUZKA, B.** (1993): Wissenschaftliche Grundlagen der Bucheckern-Langzeitlagerung. AFZ 48, S. 922-926.
- SUZKA, B.** (1998): Vortrag „Die bisherigen polnischen Eichellagerungsversuche“ (In diesem Tagungsband).
- SUSZKA, B., MULLER, C., BONNET-MASIMBERT, M.** (1996): Seeds of forest broadleaves. translated by Gordon, A.; INRA, Paris

Jan Suszka

Polnische Akademie der Wissenschaften, Institut für Dendrologie, Kórnik, Polen

Die ersten polnischen Versuche über die Abhärtung von Eicheln der Stieleiche

First Polish investigations on the hardening of acorns of pedunculate oak

Zusammenfassung

Die Möglichkeit einer Erhöhung der Frosthärte von Eicheln der Stieleiche (*Quercus robur* L.) durch Abhärtung wurde experimentell geprüft. Der Prozeß der Abhärtung verlief unter äußeren, natürlichen Bedingungen, bei konstanter Temperatur von -3°C und bei einer Temperatur, die graduell von 3°C bis -9°C gesenkt wurde. Der Prozeß der Abhärtung von Eicheln ist sicherlich eine Tatsache. Er verläuft sowohl in natürlichen wie in künstlich geschaffenen Bedingungen. In unserem Versuch wurde die höchste Wirksamkeit der Abhärtung durch die graduelle Senkung der Temperatur erreicht, wobei der Prozentanteil von Eicheln, die gegen die Wirkung von -7°C widerstandsfähig waren im Vergleich zu frischgeernteten Eicheln um das Dreifache stieg.

Stichwörter: Abhärtung, Frostresistenzproben, Stieleiche, Eicheln

Abstract

In our investigations the possibility of increasing frost hardiness of acorns of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) through hardening was tested. The process of hardening was conducted in natural outside conditions, at a constant temperature of -3°C and in conditions of a gradual decrease of temperature from 3° to -9°C . The process of hardening of oak seeds (within acorns) occurs under natural conditions as well in the artificially created ones. The highest effectiveness of hardening was achieved through gradual decrease of temperature of their storage. The percentage of so treated acorns able to resist -7°C increased threefold compared to freshly collected acorns.

Key words: Hardening, frost resistance test, pedunculate oak, acorns

Einleitung

Der Gegenstand dieses Referates sind Ergebnisse unserer ersten Versuche über die Abhärtung von Eicheln der Stieleiche.

Die Notwendigkeit der Schaffung der Reserven des Eichensaatgutes, im Zusammenhang mit der Periodizität der Eichelernnte, führte zu Forschungsarbeiten über Lagerungsmethoden unter kontrollierten Temperaturbedingungen (HOLMES & BUSZEWICZ 1956, SUSZKA & TYLKOWSKI

1980). Die steigende Bedrohung der Eicheln während ihrer Lagerung durch pathogene Pilzarten und die Notwendigkeit einer Verlängerung der Lagerungsdauer wurde zur unmittelbaren Ursache von Forschungsarbeiten über die Wirksamkeit der Thermotheapie (DELATOUR 1978) und die Anwendung von Fungiziden (DELATOUR et al. 1980). Die große Frostempfindlichkeit der Eichensamen gab Anlaß zu experimentellen Studien über ihre Frosthärte (SCHÖNBORN 1964) und Abhärtung (GUTHKE 1992).

Die hier präsentierte Arbeit hatte zum Ziel eine optimale Methode der Erhöhung der Frosthärte von Eichensamen (als Eicheln) zu finden, Dies sollte zu einer erfolgreichen Lagerung führen, wenigstens über 1 Winter, und dies bei einer Temperatur tiefer als -3°C , wenn möglich ohne Anwendung von Fungiziden.

Material und Methoden

Nach der Ernte im Jahre 1996 in Chelm Lubelski wurden die Eicheln mittels Thermotheapie behandelt, wonach sie bis Ende November bei $+3^{\circ}\text{C}$ und einem Wassergehalt von 44 % kurzfristig gelagert wurden.

Die Abhärtung wurde in 3 verschiedenen Versuchsvarianten durchgeführt:

Variante a: (Abhärtung unter natürlichen Bedingungen)

Die Eicheln lagen in flachen, mit einem Deckel und einem Plastiknetz (zur Beschattung) bedeckten Plastikkästchen, die 3 cm in den Boden vertieft waren. Registriert wurde laufend die Temperatur auf der Bodenoberfläche und zwischen den Eicheln in den Kästchen. Alle 2 Wochen wurden aus der Partie Samenproben entnommen, die zu den Keimungs- und Auflauf-tests, sowie zu Frostresistenzproben benutzt wurden.

Variante b: (Abhärtung bei konstanter Temperatur -3°C)

Die Eicheln lagerten im Kühlraum in undicht verschlossenen Behältern bei -3°C . Alle Tests wurden genau so durchgeführt, wie in der Freilandvariante (a), wobei die Keim- und Auflauf-fähigkeit, wie auch die Frostresistenz auf dieselbe Weise getestet wurden.

Variante c: (Abhärtung bei graduell erniedrigter Temperatur)

Gleichzeitig mit den schon beschriebenen Varianten (a und b) begann die Abhärtung der Eicheln bei nacheinanderfolgenden Temperaturen von -1°C bis -9°C , wobei jede Abhärtungsstufe um 2°C kälter war und in jedem Fall 2 Wochen dauerte. Vor jeder Temperatursenkung wurden dieselben Tests, wie schon oben beschrieben, durchgeführt.

Unabhängig von den Abhärtungsvorgängen untersuchten wir auch in den selben 2-wöchigen Zeitabständen die Keim- und Auflaufsfähigkeit bei 20°C im Sand:Torfmull-Medium bei 10 Std. Beleuchtung/Tag. Gleichzeitig wurde auch die Frostresistenz getestet, wobei die Eicheln bei -7°C zwei Wochen gelagert wurden, wonach die Keimungs- und Auflaufstests durchgeführt wurden.

Ergebnisse

Variante a: (Abhärtung unter natürlichen Bedingungen. Abb.1)

Vier Wochen nach Anfang des Versuchs (Dezember) fiel die Auflauffähigkeit der Eicheln, die dem Frostresistenztest bei -7°C nicht unterlagen, von 84% auf 55%. Bei Eicheln, deren Frostresistenz bei -7°C getestet wurde stieg sie von 21% vor der Abhärtung (nach vorläufiger Lagerung bei +3°C) bis 53% nach 4 Wochen des Abhärtungsvorganges.

Zwischen Ende Dezember und Mitte Januar verursachte eine Frostperiode mit Temperaturfall bis -16°C sehr viele Frostbeschädigungen der Eicheln. Sie keimten danach vor dem Frostresistenztest in 6%, nach dem Test in 13%. Nach weiteren 2 Wochen stieg die Auflaufszahl wieder, auf 22%. Man könnte annehmen, das in den Eicheln Regenerationsprozesse stattfinden.

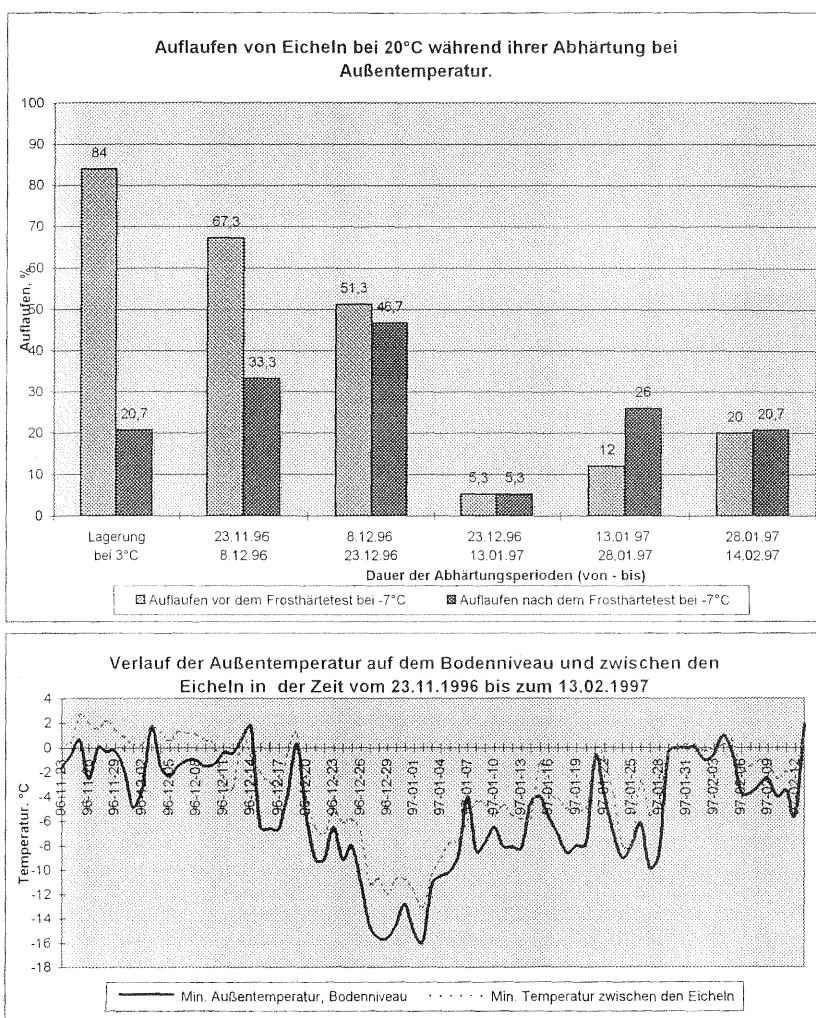


Abb. 1: *Quercus robur* L. Partie 1106, Ernte 1996. Auflaufen von Eicheln bei 20°C und Verlauf der Temperatur während ihrer Abhärtung bei Außentemperatur.

Variante b: (Abhärtung bei konstanter Temperatur -3°C . Abb.2)

Die Eicheln, die bei -3°C 2 Wochen lang abgehärtet wurden, keimten auf einem relativ ausgeglichenen Niveau von 80%. Dagegen diejenigen, die nach der Lagerung bei $+3^{\circ}\text{C}$ direkt dem Frostresistenztest unterlagen, liefen nur in 21% auf. Nach 2 Abhärtungsperioden bei -3°C (4 Wochen insgesamt) stieg das Auflaufen bis auf 71%. Der danachfolgende Rückgang der Auflauffähigkeit läßt sich kaum erklären, denn nach insgesamt 10 Wochen stieg er wieder auf 65%.

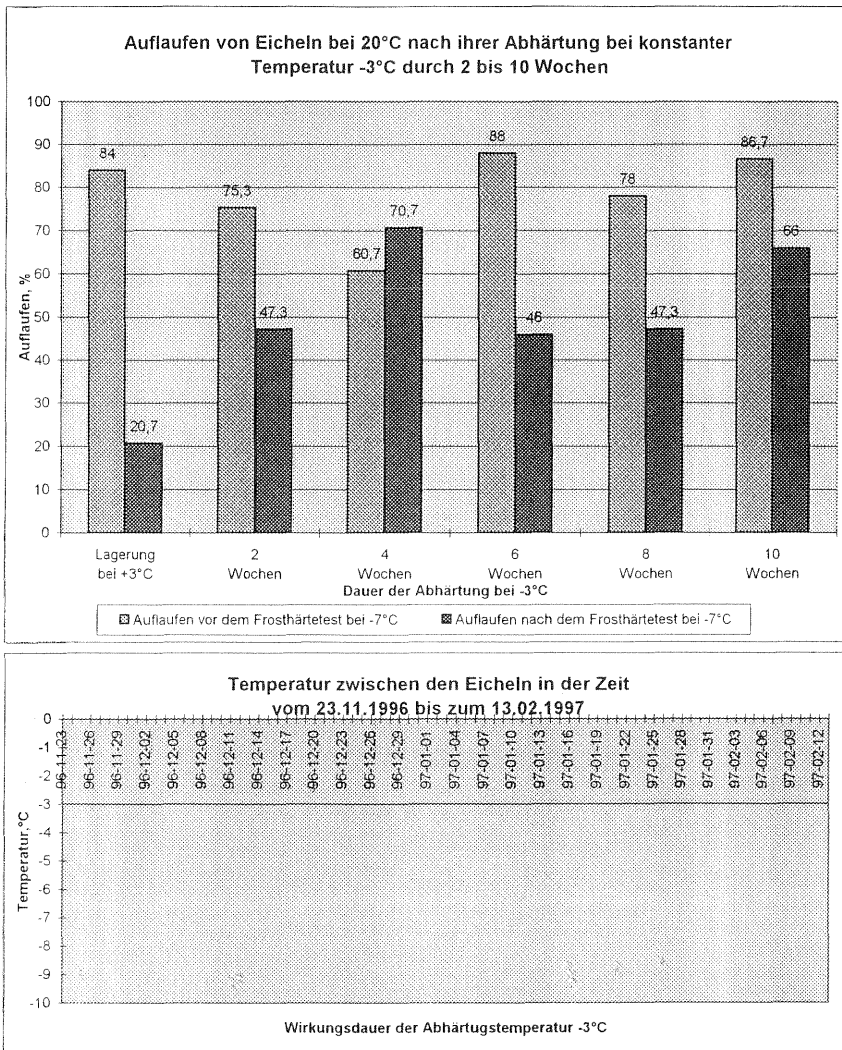


Abb. 2: *Quercus robur* L. Partie 1106. Ernte 1996. Auflaufen von Eicheln bei 20°C und Verlauf der Temperatur während ihrer Abhärtung bei konstanter Temperatur von -3°C .

Variante c: (Abhärtung bei graduell erniedrigter Temperatur, Abb. 3) .

Die Ergebnisse sind in dem Diagramm dargestellt (Abb. 3). Eicheln, deren Frostresistenz bei -7°C noch nicht getestet wurde, liefen am Ende der Abhärtung bei -5°C ungefähr in 80% auf, und nach den nächsten 2 Wochen der Abhärtung bei -7°C und weiteren 2 Wochen bei -9°C fielen die Auflaufwerte auf 70% im ersten, und auf 35% im zweiten Fall.

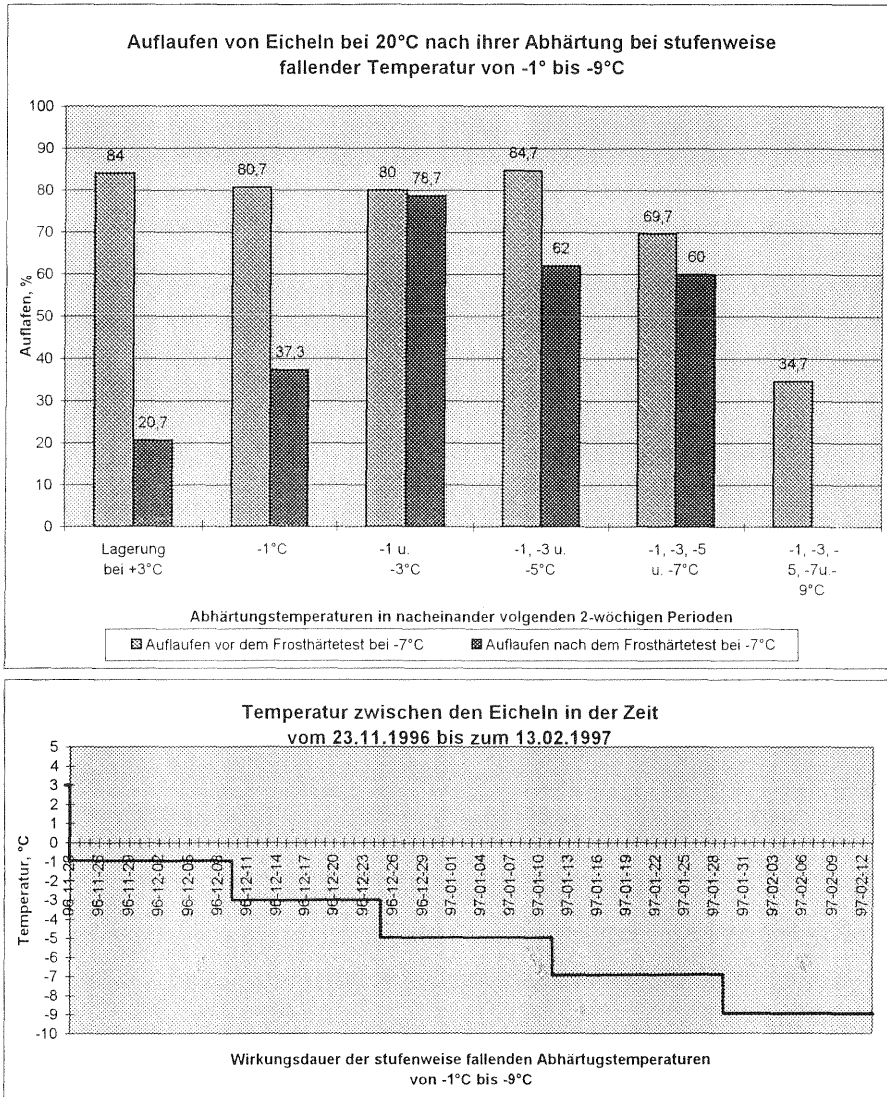


Abb. 3: *Quercus robur* L. Partie 1106. Ernte 1996. Auflaufen von Eicheln bei 20°C und Verlauf der Temperatur während ihrer Abhärtung bei graduell sinkender Temperatur.

Eicheln, abgehärtet bei nacheinanderfolgenden Temperaturen von -1°C bis -9°C , die dann noch dem Frostresistenztest bei -7°C ausgesetzt waren, liefen um 10-20% höher auf, als in der Variante b, z.B.: nach Abhärtung bei nacheinander -1°C und -3°C und dem Frostresistenztest bei -7°C , liefen die Eicheln in 79% auf (vorige Variante 71%). Wenn weiter abgehärtet bei -5°C , liefen sie immer noch gut auf. Wenn der Frostresistenztest bei -7°C durchgeführt wurde fiel das Auflaufen auf 63%. Nach weiterer Abhärtung bei -7°C und dem Frostresistenztest bei der selben Temperatur (insgesamt 4 Wochen bei -7°C) liefen die Eicheln immer noch in 60% auf. Sogar Eicheln, die den ganzen Zyklus der Abhärtung durchliefen und dann noch 2 Wochen bei -9°C gelagert wurden, liefen immer noch zu 35% auf.

Diskussion

Aufgrund der präsentierten Ergebnisse kann man folgern, daß nach der hier beschriebenen Methode der Abhärtung von Eicheln sowohl bei konstanter Temperatur von -3°C wie nach gradueller Senkung von 3°C bis -7°C ein Frosthärteniveau erreicht wird, das ein Überleben einer nicht unbedeutenden Prozentzahl von Eicheln bei -7°C ermöglicht. Im Falle der Abhärtung bei konstanter Temperatur von -3°C , schwankte der Prozentanteil der überlebenden Eicheln nach dem Test bei -7°C zwischen 50-70 %. Nach der Abhärtung bei graduell gesenkter Temperatur waren die Ergebnisse noch besser und das Überleben schwankte im Bereich von 60-80%. Eine Senkung der Temperatur bis zu -9°C verursachte eine starken Abnahme der Vitalität der Samen bis ungefähr 30%. Das stimmt mit Ergebnissen anderer Forscher überein (GUTHKE 1992). Als ein Mangel der hier beschriebenen Versuche muß die kurze Dauer der Lagerung bei -7°C (max. 4 Wochen) betrachtet werden, was als Beweis für die Schaffung einer länger anhaltenden Widerstandsfähigkeit gegen diese Temperatur nicht betrachtet werden darf.

Wir wissen nicht, wie sich der endgültige Verlauf der Abhärtung unter natürlichen Freilandbedingungen weiter entwickeln würde, wenn es keinen Frost bis -16°C gegeben hätte. Der im Winter immer mögliche Temperaturfall ist aber das beste Argument gegen die Praxis der Herbstsaussaat von Eicheln, wenigstens in den klimatischen Bedingungen Polens. Wenn ein sehr frostiger und dazu noch schneeloser Winter kommt, kann man sicher sein, daß die im Herbst ausgesäten Eicheln durch die niedrigen Temperaturen vernichtet werden.

Zitierte und weiterführende Literatur

- CHMIELARZ, P.** (1997): Frost resistance of *Quercus robur* L. acorns. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin- Dahlem (329): 76-81.
- DELATOUR, C.** (1978): Recherche d'une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald chez le gland. Eur. J. For. Pathology 8 (4): 193-210.
- DELATOUR, C., MULLER, C. & BONNET- MASIMBERT, M.** (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.
- GUTHKE, J.** (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut - Probleme und Möglichkeiten. Dissertation, Universität Hannover: 76-91.
- GUTHKE, J & SPETHMANN, W.** (1997): Verbesserung der Lagerfähigkeit von Eicheln durch kontrollierte Abhärtung. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin- Dahlem (329): 97-106.
- HOLMES, G.D. & BUSZEWICZ, G.** (1956): Forestry Commission. Report on forest research for the year ended march 1955.: 88-94.
- NATZKE, E.** (1997): Die Lagerung von Eicheln - Situation, Versuche, Ausblick. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin- Dahlem (329): 53-66.
- SCHÖNBORN, A.** (1964): Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. Bayerischer Landwirtschaftsverlag München.
- SCHRÖDER, T.** (1997): Integriertes Verfahren zur Behandlung von Saatgut der Eiche. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin- Dahlem (329): 33-45.
- SUSZKA, B & TYLKOWSKI, T.** (1980): Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1-5 winters. Arboretum Kórnickie (25): 199-229.

Thomas Schröder¹, Rolf Kehr¹, Ehlert Natzke²

¹) Institut für Pflanzenschutz im Forst, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig

²) Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt, Flechtingen

Frosthärteinduktion bei Eicheln durch kontinuierliche Temperatursenkung

Induced frosthardeness of acorns with contineous lowering of temperature

Zusammenfassung

In den Wintern 1994/95 bis 1996/97 wurden im Institut für Pflanzenschutz im Forst in Zusammenarbeit mit der Landesforstbaumschule des Landes Sachsen-Anhalt umfangreiche Untersuchungen zur Frosthärteinduktion in Eichensaatgut mit kontinuierlicher Temperatursenkung durchgeführt. Ziel war es, Eicheln unterhalb der derzeit als Minimaltemperatur geltenden $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu lagern, um damit die Voraussetzung einer Lagerung über mehrere Jahre zu schaffen.

Stieleicheln wiesen nach der künstlichen Frosthärtung eine größere Toleranz gegen Frost auf als Traubeneicheln. Der kritische Wert nach Härtung der Stieleicheln lag bei $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, bei den Traubeneicheln bei $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Unterhalb dieser Werte sank die Keimrate signifikant ab. Nicht gekeimte Eicheln bauten häufig eine höhere Frosthärte auf als angekeimte. Thermotherapierte Eicheln beider Arten wiesen bis zu einer Temperaturstufe von $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ein höheres Keimprozent auf als nicht thermotherapierte Eicheln. Unterhalb dieses Temperaturwertes änderte sich das Verhältnis, und die Eicheln ohne Thermotherapie keimten anschließend besser.

Schlagwörter: Forstsaatgut, Eicheln, *Quercus robur*, *Quercus petraea*, Frosthärte, Thermo-therapie, Lagerung

Abstract

During the winter of 1994/95 and 1996/97 the Institute for Plant Protection in Forests of the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry carried out extensive trials on low-temperature long-term storage of acorns in collaboration with the state forest nursery of Sachsen-Anhalt. The aim was to store acorns below the temperature of $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, currently the lower limit for standard storage, using the continuous reduction in storage temperatures in order to induce frost hardiness.

Acorns of *Quercus robur* showed a higher tolerance for low temperatures than acorns of *Quercus petraea*. The critical storage temperature was $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ for *Quercus robur* acorns and $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ for *Quercus petraea* acorns. Below these temperatures the germination percentage decreased significantly. In most cases, closed acorns were able to survive lower temperatures than germinated ones. For acorns with thermotherapy treatment prior to storage, both *Quercus robur* and *Quercus petraea* showed a higher germination percentage up to $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ than acorns without thermotherapy. Below $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, however, acorns without thermotherapy germinated better.

Continuous lowering of storage temperatures is well suited for inducing artificial frost hardiness in acorns. The authors recommend using only acorns of good quality and high germination capacity for long-term storage at temperatures below $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Harvest and good pre-storage treatment (superficial drying, prevention of heating and fungal growth after harvest etc.) are essential for the success of the method.

Key words: forest tree seed, acorns, *Quercus robur*, *Quercus petraea*, frost hardiness, thermotherapy, storage

Einleitung

Eicheln bereiten als rekalzitrannte Samen auf Grund hoher Stoffwechselaktivität und beginnender Keimungsprozesse bezüglich der Lagerung große Schwierigkeiten (KING & ROBERTS 1980; FINCH-SAVAGE 1992; POULSEN 1992; PAMMENTER et al. 1994; FINCH-SAVAGE et al. 1992 und 1996). Während der gesamten Lagerungsdauer ist der Feuchtegehalt des Saatgutes auf über 40 % zu halten. Die Lagerungstemperatur beträgt dabei derzeit minimal $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. In der Praxis erfolgt eine Eichellagerung maximal über einen Winter. Eine langfristige Lagerung ist mit diesen Parametern unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht möglich.

Bereits 1913 beschrieb OPPERMANN, daß Stieleicheln, die in einem Netzbeutel im Freien aufbewahrt wurden und damit dem „immer zunehmenden Frost ausgesetzt“ waren, nach einer Temperatur von $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ noch zu 69 % keimten. Damit wurde erstmals das für Pflanzen bekannte Phänomen der Erhöhung der Frosttoleranz im Verlauf des Winters auch bei Eicheln beschrieben. 1964 schilderte NEMKY, daß reifere Eicheln (d.h. Eicheln, die schon länger auf dem Waldboden lagen) widerstandsfähiger gegen Frost seien, da sie „schrittweise eine gewisse Frostbeständigkeit erlangt“ hätten. Die erste wissenschaftliche Überprüfung der Frosthärtung von Eicheln wurde von GUTHKE (1992) im Institut für Obstbau und Baumschule der Universität Hannover durchgeführt. Er fand unter natürlichen Bedingungen eine ausgeprägte Entwicklung der Frosthärte der Eicheln im Verlauf des Winters. Der Autor zog aus seinen Untersuchungen den Schluß, daß die tageszeitlichen Wechseltemperaturen für die Induktion der Frosthärte verantwortlich sind. Am selben Institut erfolgte die Überprüfung dieser These durch künstliche Frosthärteinduktion in Klimaschränken bei Saatgut der Stieleiche (GUTHKE 1992, WINTJES 1993; siehe auch SCHLEGEL & SPETHMANN in diesem Heft).

Auf Grundlage der Ergebnisse von GUTHKE (1992) wurde im Winter des Jahres 1994/95 in einem Gemeinschaftsprojekt zwischen dem Institut für Pflanzenschutz im Forst der BBA und der Landesforstbaumschule Sachsen-Anhalt die erste Umsetzung des Verfahrens einer künstlichen Frosthärteinduktion durch Wechseltemperaturen mit über 200 kg Eichensaatgut in die Praxis durchgeführt (SCHRÖDER 1995, NATZKE 1997). Die Ergebnisse von GUTHKE konnten jedoch nicht wiederholt werden. Bereits nach der ersten Härtungsphase und anschließendem Frosthärtetest bei $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ sank das Keimprozent bei allen Varianten sehr stark und erreichte nach der zweiten Härtungsphase ein wirtschaftlich nicht mehr zu vertretendes Niveau (SCHRÖDER 1995, 1997, 1999). Da Eicheln, die bei $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ in Tonnen gelagert wurden, eine höhere Frosthärte aufwiesen als die künstlich gehärteten, wurde vermutet, daß es möglich sein könnte, Eicheln durch langsame Gewöhnung an Frost in tiefere Temperaturen zu verbringen - die Frosthärteinduktion mittels kontinuierlicher Temperatursenkung.

Im folgenden sollen zuerst zusammenfassend die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe im Winter 1995/96 dargestellt werden, um danach ausführlich auf die Durchführung und Ergebnisse der Untersuchungen 1996/97 einzugehen.

Die Ergebnisse der kontinuierlichen Temperatursenkung im Winter 1995/96 bis zu einer Temperatur von -9 °C bzw. -10 °C zeigten den prinzipiellen Erfolg dieses Verfahrens. Es wurden Keimraten von 80 % nach -9 °C (Ausgang: 98,5 %) bei Stieleicheln und 18 % (mit Thermotherapie; Ausgang: 82 %) bzw. 28,5 % (ohne Thermotherapie; Ausgang: 75 %) bei Traubeneicheln erzielt (SCHRÖDER 1997, 1999). Die Überprüfung des Härtungserfolges in Abhängigkeit der Vorbehandlung physiologischem Zustand sowie der Größe bestätigte diese Tendenz. Nach der Temperatur von -10 °C keimten Stieleicheln ohne Thermotherapie im Mittel noch zu 44,5 % (Ausgang: 93 %), solche mit Thermotherapie noch zu 37,5 % (Ausgang: 94 %). Traubeneicheln mit und ohne Thermotherapie keimten nach -8 °C noch zu 29,5 % (Ausgang: mit Thermo: 82 %, ohne Thermo 63 %). Geschlossene Eicheln beider Arten wiesen ein höheres Keimprozent auf als angekeimte. Die Größe stellte sich als uneinheitlicher Einflußfaktor dar.

Material und Methoden der Frosthärteversuche 1996/97

Für die Versuche wurden Spezialkühlschränke (Fa. Liebherr, Steuerung: Fa. Carel, Serie IR32) mit folgenden Vorgaben genutzt: Herabsetzung der Luftumwälzung zur Verhinderung der Austrocknung durch die Umluft bei gleichmäßiger Temperatur im Kühlschrank; Stufenlose Temperaturregelung von $+10\text{ °C}$ bis -10 °C mit einer Abweichung von maximal $\pm 0,5\text{ °C}$.

Es wurden Stieleicheln (Herk.: 81707, FoA Elmstein, Ernte 1996) und Traubeneicheln (Herk.: 81804 m.h.A., FoA Müllrose, Ernte 1996) unsortiert und sortiert nach Größe (groß, klein), Vorbehandlung (mit oder ohne Thermotherapie) und dem physiologischen Zustand (angekeimt, nicht angekeimt) an tiefere Temperaturen gewöhnt. Die Größensortierung erfolgte visuell in zwei Größenklassen. Als angekeimt wurden solche Eicheln gewertet, deren Radicula bereits sichtbar war. Nicht gekeimte Eicheln zeichneten sich durch ein geschlossenes Perikarp aus und werden daher im folgenden als geschlossen bezeichnet. Das Saatgut wurde zu Beginn der Untersuchung zu je 100 Eicheln für die sortierten Varianten und zu je 200 Eicheln für die unsortierten Varianten in gelochte PE-Beutel verpackt.

Der Beginn der Abhärtung erfolgte nach Thermotherapie am 13. November 1996, mit einer Temperatur von $+2\text{ °C}$. Zu Beginn wurde eine rasche Absenkung der Lagertemperatur auf -3 °C angestrebt, die drei Wochen nach Beginn realisiert wurde. Der Temperaturgang sowohl für die sortierten als auch für die unsortierten Varianten ist in Abb 1 dargestellt.

Nach den Temperaturstufen -3 °C , -4 °C , -5 °C , -7 °C und -9 °C wurde der Feuchtegehalt der Eicheln in den unsortierten Kollektiven anhand von zwei mal 10 Eicheln je Messung mit Hilfe der Trockenschrankmethode nach ISTA-Vorschrift (1993) bestimmt, um die Änderung des Wassergehaltes im Vergleich zum Ausgangsfeuchtegehalt zu dokumentieren.

Die Kontrolle des Frosthärtungserfolges erfolgte mittels Keimtests gemäß ISTA (1993), indem jeweils nach Durchlaufen der Temperaturstufen unterhalb von -3 °C das Perikarp der Eicheln entfernt wurde und diese in feuchtem Sand ausgelegt wurden. Der Stichprobenumfang betrug für die unsortierten Varianten 200 Eicheln und für die sortierten Varianten 100 Eicheln.

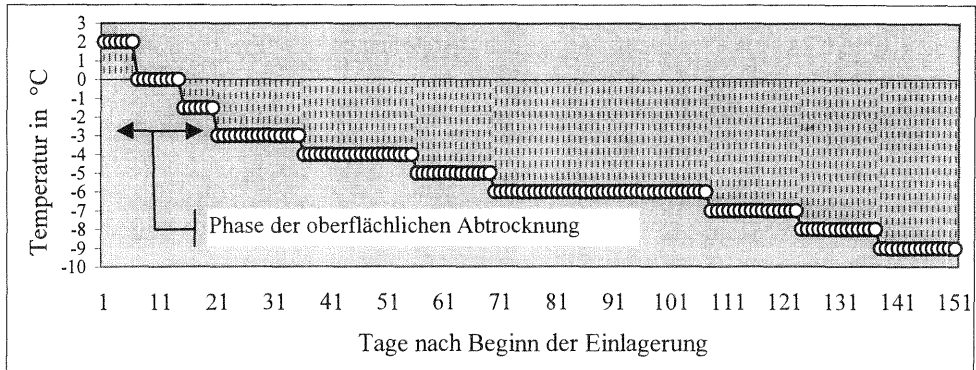


Abb. 1: Temperaturverlauf der Abhärtung (bis -3°C in Kühlzelle, ab -3°C in Präzisionskühl-schrank) von Stiel- und Traubeneicheln. Tage ab Thermotheapie am 13. Nov. 1996.

Überprüfung des Härteerfolges im Vergleich zu -3°C Lagerung

Um nachzuweisen, daß durch die kontinuierliche Temperatursenkung tatsächlich eine Frost-härte induziert werden konnte, wurden Eicheln aus der herkömmlichen -3°C Tonnenlagerung (entsprechend der unsortierten Varianten) Mitte Februar 1997 für 14 Tage einer Temperatur von -8°C ausgesetzt. Dieser Versuch wurde bewußt mit gelagertem Saatgut durchgeführt, da zum einen für frisches Saatgut aus der Literatur bekannt ist, daß derartig tiefe Temperaturen zu Keimreduktionen führen, zum anderen überprüft werden sollte, ob möglicherweise eine gleichmäßige Temperatur von -3°C eine ähnliche Frosthärte induzieren kann.

Ergebnisse

Traubeneichensaatgut, welches parallel zu den Versuchen (1995/96) in Tonnen bei -3°C ge-lagert wurde, wies im Durchschnitt drei Wochen nach Einlagerung (28.11.1995) eine Tempe-ratur von $+1,75^{\circ}\text{C}$ auf. Das Saatgut wurde darauf hin flach (10 cm hoch) bei einer Raumtem-peratur von -3°C ausgebreitet und täglich gewendet. Die Abb. 2 zeigt den Temperaturverlauf dieser Eicheln so lange, bis das arithmetische Temperaturmittel unter 0°C lag.

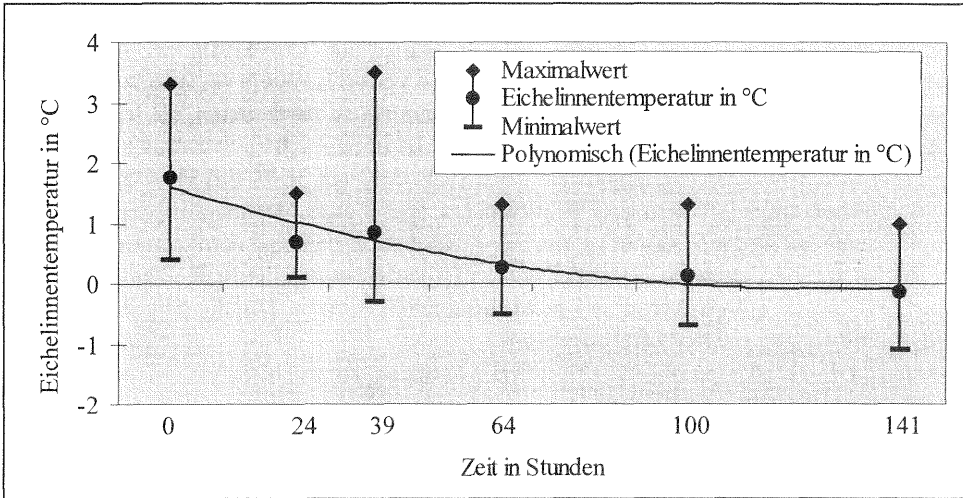


Abb. 2: Innentemperatur von Traubeneicheln x Stunden nach Entnahme aus Tonnen und 10 cm hoher Ausbreitung bei $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ Raumtemp.; Polynom-Regression: $y=0,0001x^2-0,0267x+1,5986$, $R^2=0,9217$ (Klimaraumtemp.: $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$; Stunde „0“ ist der Ausgangswert 3 Wochen nach Beginn der Lagerung in Tonnen bei $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$; $n = 20$ je Meßpunkt).

Abhärtung ohne Größensortierung

Die Stieleicheln mit Thermotheapie wiesen ein um 15,5 % signifikant höheres Ausgangskeimprozent auf als jene ohne Thermotheapie (Abb. 3). Innerhalb des Behandlungskollektives ohne Thermotheapie war über den gesamten Versuch kein signifikanter Einfluß der Temperatur auf das Keimprozent zu verzeichnen. Bei den Stieleicheln mit Thermotheapie konnte dies bis einschließlich der $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ Stufe beobachtet werden. Danach sank die Keimrate signifikant ab.

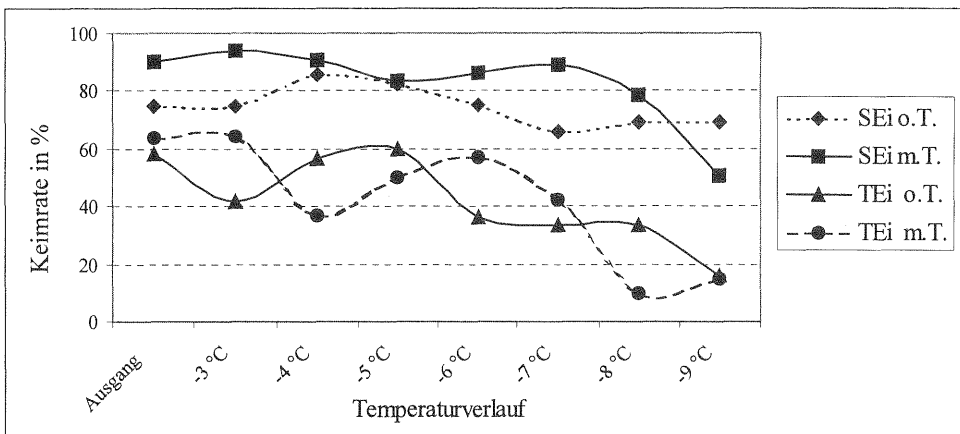


Abb. 3: Keimraten von Stieleicheln (SEi) und Traubeneicheln (TEi) ohne (o.T.) und mit Thermotheapie (m.T.) nach Frosthärtung bis $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($n = 200$ je Variante).

Die Traubeneicheln wiesen im Ausgangskeimprozent keinen signifikanten Unterschied der thermotherapierten und nicht thermotherapierten Samen auf. Der Erfolg der Frosthärtung stellte sich jedoch sehr inhomogen dar. Bereits nach der -3 °C Stufe (o.T.) bzw. der -4 °C Stufe (m.T.) war eine signifikante Reduktion der Keimrate zu verzeichnen, die jedoch in den folgenden zwei bzw. drei Temperaturstufen nicht mehr zu beobachten war. Das Keimprozent der Traubeneicheln ohne Thermotherapie sank nach -6 °C auf 36 % und blieb bis -8 °C auf diesem Niveau, um bei -9 °C auf 16 % abzusinken. Dieser starke Keimverlust stellte sich bei den Varianten mit Thermotherapie bereits bei -8 °C ein. Vergleichbar dem Verlauf der Keimrate der Stieleicheln lagen die Traubeneicheln mit Thermotherapie bis zu der Temperaturstufe von -7 °C über den Keimwerten der nicht therapierten Eicheln. Für die Stufen -8 °C und -9 °C wurde der gegenteilige Effekt beobachtet.

Abhärtung mit Größensortierung

Die Keimergebnisse der Untersuchungen zum Einfluß einer Sortierung nach physiologischem Zustand, der Größe und Thermotherapie auf die Fähigkeit der Eicheln eine Frosthärte aufzubauen sind in den Tab. 1 und Tab. 2 aufgeführt. Das Ausgangskeimprozent war das gleiche wie bei den Versuchen ohne Sortierung.

Bei den Stieleicheln blieben die Keimwerte bis zur Temperaturstufe von -6 °C innerhalb der Sortierung der thermotherapierten Eicheln etwa auf dem gleichen Niveau. Es war jedoch eine geringe aber ständig fortschreitende Reduktion der Keimrate festzustellen. Bei -7 °C blieb dieses relativ hohe Niveau der Stieleicheln bis auf die kleinen geschlossener Eicheln erhalten. Nach Durchlaufen der -8 °C Stufe wurde ein starker Rückgang der Keimfähigkeit bonitiert, wobei die großen geschlossenen Stieleicheln ihre Ausgangskeimfähigkeit erhielten.

Die sortierten Traubeneicheln hatten sowohl mit als auch ohne Thermotherapie im Dezember 1996 eine etwa gleich hohe Keimkraft. Nach Durchlaufen der -5 °C Stufe blieb dieses Niveau erhalten, danach traten Differenzierungen bezüglich der Frosthärte zutage. Das Keimprozent der Traubeneicheln ohne Thermotherapie wurde bis auf die großen geschlossenen Eicheln stark reduziert, die ihre Keimfähigkeit von über 50 % von Anbeginn bis zum Ende der -8 °C Stufe behielten.

Thermotherapierte Traubeneicheln wiesen bei kleinen geschlossenen Eicheln schon früh eine starke Keimreduktion auf und bildeten mit lediglich 26 % Keimfähigkeit nach Durchlaufen der -7 °C Stufe die Ausnahme, da alle anderen thermotherapierten Traubeneichenvarianten nach dieser Stufe noch zu über 50 % keimten. Nach der -8 °C Stufe war ein deutlicher Einbruch der Frostresistenz zu verzeichnen, der von einem vergleichweisen Totalausfall bei den großen angekeimten Eicheln bis zu einer 50 %igen Reduktion der Keimrate im Vergleich zur Kontrolle bei den großen geschlossenen Eicheln reichte. Letztere stellten wie bei den nicht thermotherapierten Traubeneicheln das beste Ergebnis nach -8 °C dar.

Wie bereits bei den sortierten Stieleicheln und den Versuchen mit unsortiertem Material beobachtet wiesen Traubeneicheln mit Thermotherapie bis zur Temperaturstufe von -7 °C das höhere Keimprozent auf. Nach Durchlaufen der -8 °C Phase kehrte sich dieser Vorteil um.

Tab. 1: Keimraten von Eicheln der Stieleiche (SEi) sortiert nach Vorbehandlung (mit/ohne Thermotherapie), physiologischem Zustand (angekeimt/geschlossen) sowie Größe (groß/klein) nach Durchlaufen von Temperaturstufen bis zu -8 °C (Ausgangskeim%: Dez. 1996).

Baumart	Thermotherapie	angekeimt/ geschlossen	Größe	Ausgangs- keim%	Keim% bei -3 °C	Keim% bei -4 °C	Keim % bei -5 °C	Keim% bei -6 °C	Keim% bei -7 °C	Keim% bei -8 °C	
SEi	ohne	angekeimt	groß	} 74,5 %	76	70	81	73	72	73	
			klein		78	81	77	73	77	52	
		geschlossen	groß		72	80	81	77	78	73	
			klein		73	75	73	72	71	68	
	mit	angekeimt	groß		} 90,0 %	94	97	87	85	93	44
			klein			93	82	91	84	82	49
		geschlossen	groß			90	86	88	87	85	89
			klein			76	87	88	84	70	64

Tab. 2: Keimraten von Eicheln der Traubeneiche (TEi) sortiert nach Vorbehandlung (mit/ohne Thermotherapie), physiologischem Zustand (angekeimt/geschlossen) sowie Größe (groß/klein) nach Durchlaufen von Temperaturstufen bis zu -8 °C (Ausgangskeim%: Dez. 1996).

Baumart	Thermotherapie	angekeimt/ geschlossen	Größe	Ausgangs- keim%	Keim% bei -3 °C	Keim% bei -4 °C	Keim % bei -5 °C	Keim% bei -6 °C	Keim% bei -7 °C	Keim% bei -8 °C	
TEi	ohne	angekeimt	groß	} 58,5 %	47	50	47	16	12	25	
			klein		39	55	65	35	14	37	
		geschlossen	groß		56	57	61	51	51	52	
			klein		48	42	54	26	39	33	
	mit	angekeimt	groß		} 63,5 %	70	61	78	68	55	4
			klein			63	69	73	48	52	28
		geschlossen	groß			46	53	60	46	57	29
			klein			41	31	52	27	26	13

Feuchtegehalt während der Abhärtung 1996/97

Die Feuchte der Eicheln bzw. deren Feuchteverlust stellt einen Ansatzpunkt zur Klärung möglicher Ursachen für Keimverluste. Daher wurde der Feuchtegehalt über alle Temperaturstufen getrennt nach Stiel- und Traubeneichel sowie mit und ohne Thermotherapie bonitiert und in Abb. 4 grafisch dargestellt. Der Feuchtegehalt der Traubeneicheln lag während der gesamten Versuchsdauer über dem Wert der Stieleicheln. Innerhalb der Arten wiesen die thermotherapierten Varianten jeweils den höheren Feuchtegehalt auf. Der Feuchtegehalt aller Eicheln blieb im Durchschnitt über dem kritischen Wert von 40 %.

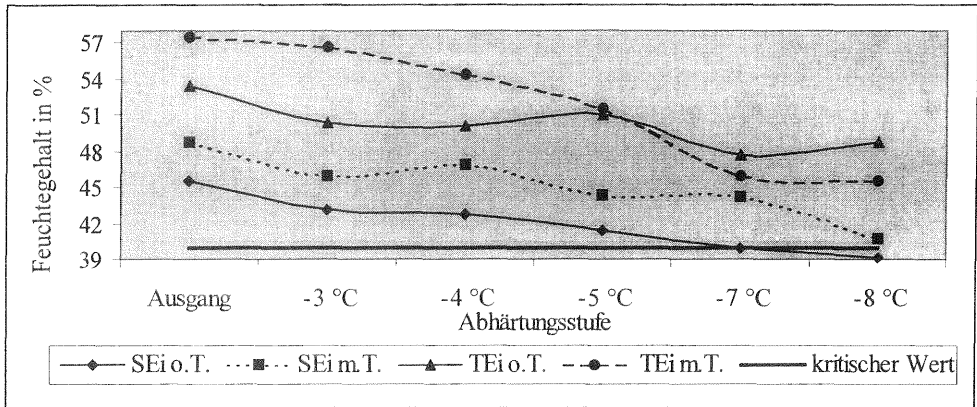


Abb. 5: Feuchteverlauf von Stiel- (SEi) und Traubeneicheln (TEi) mit (m.T.) und ohne Thermotherapie (o.T.) während der Abhärtung 1996/97. Als Bezugsgröße ist der kritische Feuchtegehalt von 40 % aufgezeigt (n = 10 mit 2 Wdh.).

Frosthärte von Eicheln aus -3°C Standardlagerung

Zur Überprüfung, ob die kontinuierliche Temperatursenkung im Vergleich zur Standardlagerung einen positiven Effekt auf die Frosttoleranz von Eicheln hat, wurden bei -3 °C in Tonnen gelagerte Eicheln für drei Wochen einer Temperatur von -8 °C ausgesetzt (Abb. 5).

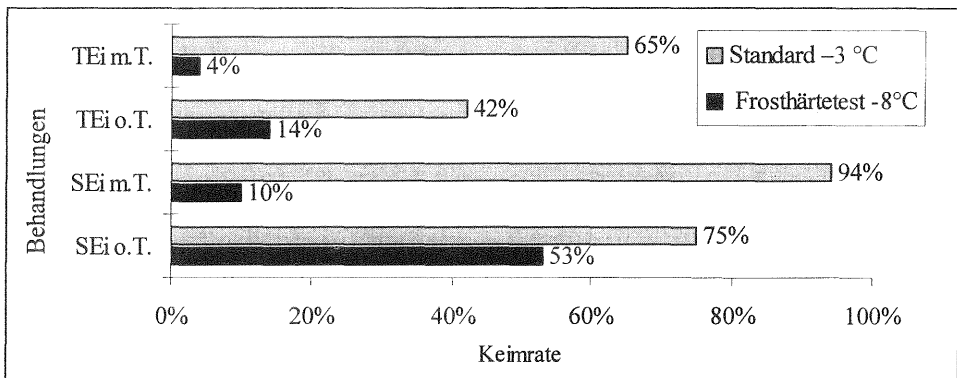


Abb. 5: Keimraten nach Standardlagerung bei -3 °C bis zum 18.02.1997, gefolgt von -8°C Frosthärtestet für drei Wochen (n = 200 je Variante).

Besonders auffallend war auch bei diesem Versuch, daß Eicheln ohne Thermotheapie eine signifikant höhere Frosttoleranz nach der -8 °C Stufe aufwiesen als Eicheln mit Thermotheapie.

Diskussion

Die kontinuierliche Temperatursenkung im Eichellager zur Gewöhnung des Saatgutes an tiefere Temperaturen ist, wie die Frosthärteinduktion mittels Wechseltemperaturen nach GUTHKE (1992), ein Verfahren, welches dem natürlichen Temperaturgang im Winter nachempfunden ist.

Zu Beginn der Lagerungsversuche 1995/96 wiesen die Traubeneicheln, die nach Thermotheapie und zweistündigem Aufenthalt in einem Trockenschrank in Tonnen eingelagert wurden, noch nach über drei Wochen in den Kotyledonen eine mittlere Temperatur von $+1,75\text{ °C}$ auf. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zur Innentemperatur von Eicheln aus Tonnenlagerung lassen den Schluß zu, daß in den ersten Wochen dieser Lagerungsart die in der Praxis genutzte Lagerungstemperatur von -3 °C lediglich die Raumtemperatur wiedergibt. Die Eichelinnentemperatur liegt für eine gewisse Zeit sogar über dem Gefrierpunkt. Das bedeutet, daß die potentielle Frostresistenz der Eicheln von -3 °C gar nicht voll genutzt wird. Eine Temperatur von -3 °C in den Eicheln wird erst erreicht, wenn sich der Stoffwechsel der Eicheln reduziert hat. Das impliziert, daß bis dahin Reservestoffe, die für eine längerfristige Lagerung benötigt würden, bereits in Wärmeenergie umgewandelt und somit unnötig verbraucht wurden. Möglicherweise könnte eine Temperatursteuerung der Lagerräume, die nicht statisch abläuft, sondern sich an der Temperatur in den Eicheln orientiert, die Lagerungsbedingungen wesentlich verbessern. Bei der Massenlagerung von Eicheln in großen Containern, wie sie beispielsweise im Forest Seed Centre La Joux in Frankreich durchgeführt wird, versucht man eine Umgebungstemperatur der Eicheln von -1 °C zu erreichen, indem man -7 °C kalte Luft in den Lagerraum verbläst (PRENEY 1996, mündl. Mitteilung).

Bei unzureichender oberflächlicher Abtrocknung, und somit „Vorbereitung“ der Eicheln vor der Einlagerung wird also erhöhter Reservestoffverbrauch und Pilzbefall in den Lagergefäßen riskiert. In den vorliegenden Versuchen konnten solche Probleme bei Stieleicheln, die vor der Thermotheapie über mindestens zwei Wochen in einer Lagerhalle auf Betonböden zwischengelagert und täglich gewendet wurden, also oberflächlich trocken waren, nicht mehr beobachtet werden. Sie blieben auch in den Tonnen trocken. In den vorliegenden Versuchen wurde diese Abtrocknung mit Erfolg direkt in Kühlräumen durchgeführt und erst danach mit der Härtung begonnen.

Die Erkenntnis der Notwendigkeit des oberflächlichen Abtrocknens ist nicht neu und wurde schon von mehreren Autoren gefordert (STEINHOFF 1993, GUTHKE 1993, PRENEY 1994, SUSZKA et al. 1996, GUTHKE & SPETHMANN 1997). In der Praxis kann jedoch beobachtet werden, daß man diesem Aufarbeitungsschritt nicht genügend Bedeutung beimißt. Der Grund dürfte sicherlich in Zeit- und Lagerkapazitätsdefiziten liegen – letztlich eine Kostenfrage. Zusatzbehandlungen wie der Einsatz von Fungiziden beispielsweise als Beizung vor der Einlagerung (in Deutschland nach dem PFLANZENSCHUTZGESETZ von 1998 nicht mehr möglich: siehe BERENDES in diesem Heft) oder die Thermonebulisation im „Forest Seed Centre La Joux“ in Frankreich zur Verhinderung der Pilz Ausbreitung während der Lagerung bekämpfen nur die Symptome und nicht die Ursache.

Letale Frostgrenzen ohne und mit künstlicher Frosthärtung

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten, frostgehärteten Eicheln überlebten Temperatureinwirkungen, die deutlich unterhalb der mit -3°C angegebenen Grenze lagen, die derzeit für frisches Saatgut in der Literatur angegeben wird. Mit Hilfe von Widerstandsmessungen ermittelte v. SCHÖNBORN (1964) die Temperaturwerte, bei denen in den Eicheln ein Temperatursprung durch Eiskristallbildung stattfindet. Zusammenfassend kam v. SCHÖNBORN zu der Aussage, daß Eicheln mit einem Feuchtegehalt von über 40 % bei -2°C keine Frostschäden aufweisen würden. Eine Temperatur von -10°C würde dagegen zum Totalausfall durch Erfrieren führen. Mit Abnahme der Feuchte auf 30 % würde die kritische Grenze von -2°C auf -8°C sinken, und bei 25 % Feuchtigkeit würden Gefriererscheinungen erst bei -14°C auftreten. CHMIELARZ (1997) ermittelte bei Stieleicheln einen Temperaturwert von -7°C , bis zu dem bei einem Feuchtegehalt der Eicheln von 42 % keine Eiskristallbildung in den Kotyledonen beobachtet werden konnte. Ab einer Temperatur von -9°C konnte er Temperatursprünge nachweisen, die auf Eiskristallbildung schließen ließen.

Zur Reduktion des Feuchtegehaltes von Eicheln und dessen Auswirkung gab es jedoch zwischenzeitlich mehrere Untersuchungen (ANCAK 1973, SUSZKA 1979, GOSLING 1989). Sie kamen insgesamt zu dem Schluß, daß eine Trocknung von Eicheln unter einen Feuchtegehalt von 40 % ausgeschlossen ist, wenn man deren Keimfähigkeit erhalten will. Lagerungsversuche mit unterschiedlichen Temperaturen wurden mit Festtemperaturen durchgeführt, d.h. das frische Saatgut wurde ad hoc den vorgewählten Temperaturen ausgesetzt (DELAVAN 1915, HOLMES & BUSZEWICZ 1955, SUSZKA 1979). Dadurch manifestierte sich ein kritischer Wert von -3°C . In der vorliegenden Untersuchung (Winter 1995/1996 mit Sortierung) überlebten jedoch 44,5 % der nicht thermotherapierten Stieleicheln und 37,5 % der therapierten Eicheln eine Temperatur von -10°C . PRAVDIN & FILIMONOVA (1952, zitiert bei CHMIELARZ 1997) stellten hingegen bei der Einlagerung von Stieleicheln bei -10°C nach vier Monaten einen Totalausfall fest. Bei höheren Temperaturen (-5°C und -7°C) stellten die Autoren immerhin eine höhere Frosthärte der nicht angekeimten Eicheln fest. Dieser Effekt konnte in der vorliegenden Arbeit sowohl für thermotherapierte als auch für nicht thermotherapierte Stiel- und Traubeneicheln in beiden Versuchsjahren beobachtet werden. Auch v. SCHÖNBORN (1964) beschrieb, daß Eicheln mit geschlossener Fruchtschale eine höhere Frosthärte aufwiesen als aufgeplatzte Eicheln. NEMKY (1964) stellte fest, daß Eicheln im Zustand der Keimung, besonders wenn die Radikulä erst 2 mm bis 4 mm lang ist, sehr frostempfindlich seien. Für die Einlagerung unter Praxisbedingungen birgt dieses Ergebnis einige Probleme, da insbesondere die Traubeneicheln häufig schon angekeimt vom Baum fallen.

Der in der vorliegenden Arbeit erzielte Erfolg bezüglich der erreichten Tiefsttemperaturen ist wohl vorwiegend auf eine effektive Frosthärtung zurückzuführen. Im Gegensatz zur These der Notwendigkeit von Wechseltemperaturen (GUTHKE 1992) beweisen die hier präsentierten Ergebnisse, daß die Frosthärtung auch mit kontinuierlicher Temperaturabsenkung durchgeführt werden kann. Dadurch kann die durch Wechseltemperaturen geförderte starke Verpilzung des Saatgutes weitgehend reduziert werden, was für die Praxis von entscheidender Bedeutung ist.

Thermotherapie und Frosthärtung

Während der vorliegenden Abhärtungsversuche konnte bis zu einer Temperatur von -8°C bei beiden Eichenarten ein Vorteil der Thermotherapie bezüglich der Keimrate beobachtet wer-

den. Unterhalb dieser Temperatur drehte sich das Verhältnis um und Eicheln ohne Thermo-therapie keimten besser.

In diesem Zusammenhang muß auf den Einfluß der Thermo-therapie auf die Zusammensetzung der Zellinhaltsstoffe Stärke und Gesamtzucker-gehalt eingegangen werden. Für Eichensaatgut liegen keine direkt vergleichenden Untersuchungen vor. WELLS & PAYNE (1980) ermittelten jedoch bei Eßkastanien (*Castanea mollissima*) eine Zunahme des Stärkeanteils und eine Abnahme des Gesamtzucker-gehaltes während einer einstündigen Warmwasserbehandlung. Da Kastanien und Eichen zu der Familie der Fagaceae gehören und das Saatgut ähnlich aufgebaut ist (Kotyledonen, stärkehaltig, rekalzitran-ge) könnte der Effekt bei Eichensaatgut ähnlich sein. Im Gegensatz dazu stellte GUTHKE (1993) eine Zunahme des Gesamtzucker-gehaltes und eine Abnahme des Stärke-gehaltes mit zunehmender Frosthärte der Eicheln fest. Das würde bedeuten, daß die Behandlungen Thermo-therapie und Frosthärtung gegenläufige Wirkungen auf den Zucker- und Stärkehaushalt hätten. Möglicherweise läßt sich aus diesem Gegensatz die leicht erhöhte Frosthärte der nicht thermo-therapierten Versuchsvarianten beider Eichenarten unterhalb einer Temperatur von -8 °C in der vorliegenden Untersuchung erklären.

Die Stieleicheln des Erntejahres 1995 wiesen unmittelbar nach der Ernte eine Keimrate von 100 % auf und keimten nach dreimonatiger Lagerung mit und ohne Thermo-therapie noch zu 93 % bzw. 94 % (Frosthärtung mit Sortierung) und zu 99,5 % bzw. 98,5 % (Frosthärtung ohne Sortierung). Dies läßt darauf schließen, daß zum Erntezeitpunkt kein Befall mit *Ciboria batschiana* vorlag. Unter Berücksichtigung der weiter oben diskutierten Unklarheiten des Einflusses der Thermo-therapie auf die Zellinhaltsstoffe wäre es möglicherweise sinnvoll, für eine künstliche Frosthärtung mit dem Ziel einer langfristigen Lagerung nur Saatgut zu verwenden, das möglichst wenig oder gar keinen *Ciboria*- Befall aufweist und dementsprechend auch keine Thermo-therapie benötigt. Diese Forderung wird prinzipiell auch durch die Feststellung von GILLE (1997) unterstützt, daß die Thermo-therapie physiologisch eine Streßbelastung darstellt und dadurch, wie auch von GUTHKE (1992) gemutmaßt, zu einer raschen Alterung des Eichensaatgutes beitragen könnte.

Während der Thermo-therapie der Eichel für den Lagerungsversuch 1996/97 konnten aus inkubiertem Thermo-therapiewasser auf Malzagarplatten die Pilzgattungen *Mucor* und *Penicillium* isoliert werden. Es ist bekannt, daß die Thermo-therapie nicht alle Pilze am Saatgut abtöten kann (KEHR & PEHL 1993), und dementsprechend können Sporen dieser Pilze, die ins Thermo-therapiewasser gelangen, nicht eliminiert werden. In der gegenwärtigen Praxis wird allenfalls das Thermo-therapiewasser gewechselt. Eine Reinigung der Anlage oder Sterilisierung des Wassers erfolgt nicht (WULF & SCHRÖDER 1997). POULSEN (1992) beschrieb eine Erhöhung des *Mucor*-Befalls im Eichellager von 1 % bei unbehandelten Eicheln auf 16 % an thermo-therapierten Eicheln. Der *Penicillium*- Befall erhöhte sich nach Angabe der Autorin von 50 % in den Kontrollen auf 81 % in den therapierten Varianten. Der Grund der Erhöhung dieser beiden Schimmelpilze könnte zum einen seine Ursache im Wegfallen konkurrierender Arten durch die Thermo-therapie haben, zum anderen in der zusätzlichen Keimbelastung bzw. Kontamination durch verseuchtes Thermo-therapiewasser. Ein starker Schimmelpilzbefall, insbesondere auch durch die Gattung *Mucor*, kann nach RATHBUN-GRAVATT (1931) und GRABOWSKI (1936, beide zitiert bei v. SCHÖNBORN 1964) Samen während der anschließenden Lagerung in ihrer Lebensfähigkeit stark beeinträchtigen und schließlich sogar abtöten. Dieses Problem wird auch durch die Lagerung bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes nicht völlig ausgeschlossen, da Sporen xerophiler Pilze der Gattungen *Aspergillus*, *Penicillium* und

Mucor ihre Keimfähigkeit noch bis zu $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ aufrecht erhalten und erst an einer Temperatur von $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ in ihrem aktiven Wachstum unterbrochen werden (SCHWANTES 1996). Daraus wäre die Empfehlung abzuleiten, daß Eichensaatgut, welches von hoher Qualität ist und keinen *Ciboria*-Befall aufweist, nicht thermotherapiert wird, wenn es einer langfristigen Lagerung und Frosthärtung zugeführt werden soll.

Keimraten der gehärteten Eicheln

Zur Diskussion der Keimraten werden lediglich die gemischten Abhärtungsvarianten betrachtet, um einen Vergleich mit den Ergebnissen von GUTHKE (1992) und WINTJES (1993) herstellen zu können. Im Gegensatz zu den eigenen Untersuchungen führten die Autoren die Frosthärteinduktion mit Wechseltemperaturen durch. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß sich die in der vorliegenden Arbeit angegebenen Keimraten auf alle Eicheln beziehen, die die Härtestufen durchlaufen haben. Das bedeutet, daß auch solche Eicheln mit bonitiert wurden, die durch Pilzbefall abgestorben waren. Die Werte von GUTHKE und WINTJES stellen hingegen um „verpilzte“ Eicheln bereinigte Keimwerte dar. In der eigenen Untersuchung wurden insbesondere bei den Traubeneicheln bis zu 47 % verpilzte Eicheln bonitiert.

Während der Abhärtungsperiode 1996/97 zeigten die Stieleicheln ohne Thermotherapie keine signifikante Keimreduktion über den gesamten Versuchszeitraum bis einschließlich der $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ Stufe (Ausgangskeimprozent 74,5 %). Bei Eicheln mit Thermotherapie lag der Wert mit 10 %iger Reduktion bei $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Temperatur, bei der weniger als 10 % der Stieleicheln erfroren, gab GUTHKE (1993) mit $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ an. Die in der vorliegenden Arbeit erzielten Keimraten bei Stieleicheln zeigen, daß mit dieser Methode eine Frosthärte bis zu einer Temperatur von $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ induziert werden kann, ohne daß es zu einer signifikanten Beeinträchtigung der Keimfähigkeit kommt. Unter der Verwendung von qualitativ hochwertigem Saatgut sollte zuvor auf eine Thermotherapie möglichst verzichtet werden.

Die Traubeneicheln der vorliegenden Arbeit ließen sich deutlich schlechter abhärten als die Stieleicheln. Darüber hinaus wiesen sie ein wesentlich geringeres Ausgangskeimprozent auf, das zwischen 58,5 % (o.T. 1996/97) und 82 % (m.T. 1995/96) lag. Im Versuchsjahr 1996/97 lag der kritische Wert bei Traubeneicheln ohne Thermotherapie bei $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ und bei Eicheln mit Thermotherapie bei $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. In seiner Untersuchung zur Frosthärteentwicklung von Traubeneicheln unter Naturbedingungen ermittelte GUTHKE (1992) bei $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ eine Keimreduktion von 20 % und bei $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ eine Reduktion von 30 % jeweils im Frosthärtemaximum. Im beschriebenen Versuchszeitraum 1996/97 betrug die absolute Keimrate bei $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (o.T.) nur 60 %; im Vergleich zur Ausgangskeimrate lag dieser Wert jedoch 1,5 % höher. Bei der $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ Stufe (m.T.) war eine Keimreduktion im Vergleich zum Ausgang von 6,5 % festzustellen. Ein direkter Vergleich mit GUTHKES (1992) Darstellung seiner Freilanduntersuchungen ist schwierig, da es sich bei seiner Untersuchung zum einen um ein bereinigtes Keimergebnis handelt und zum anderen die Ausgangskeimrate als Vergleichswert fehlt.

Mit Abnahme der Temperatur und damit Verlängerung der Lagerdauer benötigten die Eicheln im Keimtest im Vergleich zu Versuchsbeginn eine längere Zeit, bis sie die gleiche Pflanzengröße erreicht hatten. Ähnliche Beobachtungen machte auch TYLKOWSKI (1982) nach zweijähriger Eichellagerung. Gelegentlich wurde von Praktikern berichtet, daß Eicheln auf Lagerung mit Mehrtriebigkeit reagierten. In der Baumschulpraxis macht dieser Wert bis zu 10 % aus. In den eigenen Keimtests konnte nur vereinzelt Mehrtriebigkeit festgestellt werden, und zwar unabhängig von der Behandlung. Alle Keimtests erfolgten jedoch nach Entfernung des

Perikarps. Möglicherweise ist die Mehrtriebigkeit nicht primär auf eine Lagerung oder Temperatureinwirkung zurückzuführen., sondern hat ihre Ursache in der Beschädigung der Apikalzellen beim Durchbrechen des Perikarps. Eventuell ist dieser Effekt auch auf eine Kombination von Lagereinfluß und Perikarp zurückzuführen.

Zusammenfassung

Durch die kontinuierliche Temperatursenkung im Laufe der Eichellagerung konnte in den Versuchszeiträumen 1995/96 und 1996/97 sowohl bei Stiel- als auch bei Traubeneicheln eine höhere Frosthärte induziert werden, als dies unmittelbar nach der Ernte und nach mehrmonatiger Lagerung bei $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ der Fall war. Der kritische Temperaturwert bei dieser Art der Frosthärteinduktion lag bei Stieleicheln bei $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ und bei Traubeneicheln bei $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bis zu diesen Werten konnte keine starke Reduktion der Keimrate im Vergleich zum Keimprozent zu Beginn der Härtung beobachtet werden. Eine Frosthärtung unmittelbar nach der Ernte führte zu besseren Ergebnissen als ein Härtungsbeginn nach einer Lagerdauer von zwei Monaten bei $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bei Temperaturen von $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ bzw. $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ wiesen Eicheln ohne Thermoerapie eine höhere Keimrate auf als Eicheln, die unmittelbar nach der Ernte thermotherapiert wurden. Geschlossene Eicheln bauten eine höhere Frosthärte auf als angekeimte Eicheln, deren Radikula bereits das Perikarp durchbrochen hatte. Die Eichelgröße zeigte unter Einbeziehung beider Versuchszeiträume augenscheinlich keinen Einfluß auf den Härtungserfolg.

Die besten Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen wurden mit Saatgut erreicht, welches ein hohes Ausgangskeimprozent aufwies und dementsprechend gesund und von guter Qualität war. Daher scheint eine Langzeitlagerung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur sinnvoll zu sein, wenn derart hochwertiges Ausgangsmaterial eingelagert wird. Diese Forderung ist nicht neu, sie wird bereits von vielen Autoren erhoben (STEINHOFF 1993, GUTHKE 1993, PRENEY 1994, SUSZKA et al. 1996, GUTHKE & SPETHMANN 1997). Die Erfahrungen aus dem dargestellten Projekt lassen es jedoch nötig erscheinen, nochmals auf diesen Umstand hinzuweisen. Der für eine kontinuierliche Frosthärtung nötige technische Aufwand ist in der Praxis auch nur dann ökonomisch sinnvoll, wenn entsprechend hohe Keimzahlen nach der Lagerung die Produktion hoher Pflanzenzahlen zulassen.

Für Stieleicheln scheint eine Verbringung in Temperaturen von $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ möglich zu sein, bei Traubeneicheln liegt die Grenze bei $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Wie sich derart tiefe Temperaturen auf die Lebensfähigkeit der Eicheln während einer länger andauernden Lagerungsphase auswirken, konnte in dem durchgeführten Projekt auf Grund der zeitlichen Beschränkung nicht überprüft werden. Weiterer Forschungsbedarf besteht bei Verfahren zur Erhaltung des Feuchtegehaltes der Eicheln von über 40 % nach Erreichen der angestrebten Lagerungstemperaturen.

Danksagung

Den Landesforstverwaltungen der Bundesländer Sachsen-Anhalt und Brandenburg sei für die Überlassung von Eichensaatgut gedankt. Für die Unterstützung bei der Durchführung der Lagerungsversuche danken wir Herrn FI Schumann und Frau Ruhloff von der Landesforstbauschule Sachsen-Anhalt. Besonderer Dank gebührt Frau Dörte Achilles-Franz vom Institut für Pflanzenschutz im Forst der BBA für die umfangreiche Hilfe bei der Vorbereitung und Anlage der Keimtests.

Literatur

- ANCAK, J.** (1973): Storage of oak seed. IUFRO Working Party S2.01.06. Vol. I – Paper No. 20. International Symposium on Seed Processing Bergen, Norway 1973.
- BGBL** (1979): Zweites Gesetz zur Änderung des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut. Bundesgesetzblatt Teil I Z 5702 AX.
- CHMIELARZ, P.** (1997): Frost resistance of *Quercus robur* L. acorns. In: Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 239: 76-81.
- DELAVAN, C.C.** (1915): The relation of the storage of the seeds of some of the oaks and hickories to their germination. Michigan Academy of Science, 17th Rep.: 161-163.
- FINCH-SAVAGE, W.E.** (1992): Embryo Water Status and Survival in the Recalcitrant Species *Quercus robur* L.: Evidence for Critical Moisture Content. Journal of Experimental Botany, 43 (250): 663-669.
- FINCH-SAVAGE, W.E.; CLAY, H.A.; BLAKE, P.S.; BROWNING, G.** (1992): Seed Development in the Recalcitrant Species *Quercus robur* L.: Water Status and Endogenous Abscisic Acid Levels. Journal of Experimental Botany, 43 (250): 671-679.
- FINCH-SAVAGE, W.E.; BLAKE, P.S.; CLAY, H.A.** (1996): Desiccation stress in recalcitrant *Quercus robur* L. seeds results in lipid peroxidation and increased synthesis of jasmonates and abscisic acid. Journal of Experimental Botany, 47 (298): 661-667.
- GILLE, K.** (1997): Erfahrungen mit der Thermo-therapie an Stiel- und Traubeneicheln in der Forstsaatgut – Beratungsstelle Oerrel. In: Wulf, A; Schröder, T. (Bearb.) (1997): Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten. Paul Parey, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 329: 67-73.
- GOSLING, P.G.** (1989): The effect of drying *Quercus robur* acorns to different moisture contents, followed by storage, either with or without imbibition. Forestry, 62: 41-50.
- GUTHKE, J.** (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut. Dissertation am Fachbereich der Universität Hannover.
- GUTHKE, J.** (1993): Abhärtung von Eichensaatgut. AFZ, 48 (18): 932-933.
- GUTHKE, J.; SPETHMANN, W.** (1997): Verbesserung der Lagerfähigkeit von Eicheln durch kontrollierte Abhärtung. In: Wulf, A. ; Schröder, T. (Bearb.) (1997): Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten. Paul Parey 1997, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 239: 97-106.
- HOLMES, G.D.; BUSZEWICZ, G.** (1955): Longevity of acorns with several storage methods. Forestry Commission: 88-94.
- ISTA** (Hrsgb.) (1993): Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Seed Science and Technology, Vol. 21, Supplement 2.
- KEHR, R.D.; PEHL, L.** (1993): Fungi in seeds of deciduous trees - new aspects of seed treatment. In: Anonymus (1993): Internationales Symposium über Forstsaatgut. 8.-11.06.1993 Munster/Uelzen Uelzen Proceedings: 169-184.
- KING, M.W.; ROBERTS, E.H.** (1980): A strategy for future research into the storage of recalcitrant seeds. In: Chin, H.F. (Hrsgb.) (1980): Recalcitrant crop seeds. Kuala Lumpur Tropical Press: 90-110.
- NATZKE, E.** (1997): Die Lagerung von Eicheln – Situation, Versuche, Ausblick -. In: Wulf, A; Schröder, T. (Bearb.) (1997): Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. Situation

- und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten. Paul Parey, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 329: 53-66.
- NEMKY, E. (1964): Einfluß des Wassergehaltes der Eichel auf ihre Frostempfindlichkeit und den Beginn der Keimung. Ungarische Forstwissenschaftliche Umschau: 135-157.
- OPPERMANN, A. (1913): Overwintering of agern. Forstl. forsgskom. Det. forstl. forsogsv., 4: 127-134.
- PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P.; FARRANT, J.M.; SMITH, M.T.; ROSS, G. (1994): Why do stored hydrated recalcitrant seeds die? Seed Science Research, (4): 187-191.
- POULSEN, K.M. (1992): Seed Storage Physiology of Recalcitrant Acorns from Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) and Orthodox Nuts from the European Beech (*Fagus sylvatica* L.). Diss. Department of Agricultural Sciences Section of Horticulture The Royal Veterinary and Agricultural University Frederiksberg Denmark.
- PRENEY, S. (1994): Vertragsangebot zur Lohnlagerung von Eicheln im Forest Seed Centre La Joux, Frankreich.
- SCHÖNBORN, A.V. (1964): Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. BLV Verlagsgesellschaft.
- SCHRÖDER, T. (1995): Aktuelle Forschungsarbeiten zur Behandlung und Lagerung von Saatgut der Eiche und Buche. IWU-Tagungsberichte. Konferenz „Die Erhaltung der genetischen Ressourcen von Bäumen und Sträuchern“: 255-265.
- SCHRÖDER, T. (1997): Integriertes Verfahren zur Behandlung und Lagerung von Saatgut der Eiche. In: Wulf, A ; Schröder, T. (Bearb.) (1997): Behandlung und Lagerung von Eichensaatzgut. Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten. Paul Parey, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 329: 33-45.
- SCHRÖDER, T. (1999): Über die Eignung verschiedener physikalisch-technischer Verfahren zur phytosanitären Behandlung und zur Lagerung von Forstsaatzgut unter besonderer Berücksichtigung der Stiel- und Traubeneiche. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 360.
- SCHWANTES, H.O. (1996): Biologie der Pilze. UTB Ulmer.
- STEINHOFF, S. (1993): Untersuchungen zur Einlagerung von Eicheln in Escherode. Der Forst und Holzwirt, 48, (7): 192-197.
- SUSZKA, B. (1979): Die Aufbewahrung der Eicheln und Bucheln. Proceedings Federation Internationale de Semences. "Rolimpex" Warszawa, 04.-05. April 1979.
- SUSZKA, B.; MULLER, C.; BONNET-MASIMBERT, M. (1996): Seeds of forest broadleaves. techniques and practices. Paris INRA.
- TYLKOWSKI, T. (1982): Height increment of 1-year shoot of the English oak (*Quercus robur* L.) and the northern red oak (*Quercus borealis* Michx.=*Quercus rubra* L.) on 4-year old roots of seedlings raised from acorns stored over 1-5 winters. In Arbor. Kornicki: 357-365.
- WALKENHORST, R. (1984): Die Saatgut-Vorbehandlung. AFZ, 36: 890-893.
- WELLS, J.M.; PAYNE, J.A. (1980): Mycoflora and Market Quality of Chestnut Treated with Hot Water to Control the Chestnut Weevil. Plant Disease, 64: 999-1001.
- WINTJES, A. (1993): Einfluß der Abhärtung auf die Frosthärte von Eicheln (*Quercus robur* L.). Diplomarbeit im Fachbereich Gartenbau der Universität Hannover.
- WULF, A; SCHRÖDER, T. (Bearb.) (1997): Behandlung und Lagerung von Eichensaatzgut. Situation und Darstellung aktueller Forschungsarbeiten. Paul Parey, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 329.

Jan Suszka

Institut für Dendrologie, Polnische Akademie der Wissenschaften, Kórnik, Polen

Kühlhauslagerung von nach der Thermotherapie fungizidbehandelten Eicheln der Stieleiche

Cold-room storage of acorns of pedunculate oak after thermotherapy and fungicide treatment

Zusammenfassung

Die Ergebnisse unserer Versuche aus den letzten Jahren bestätigen die Realität der Bedrohung, verursacht durch die Anwesenheit des Pilzes *Ciboria batschiana* auf den Eicheln und die Notwendigkeit der Thermotherapie, die diesen Pathogen in den infizierten Eicheln effektiv beseitigt. Die sich nach der Thermotherapie entwickelnden Schimmelpilze kann man mit Hilfe von Fungiziden wirkungsvoll bekämpfen. Die besten Effekte wurden nach Beizung mit Rovral, Dithane, Funaben und Benlate erzielt. Die Abhängigkeit der Wirkung des Fungizids von der Höhe seiner Dosis war nicht eindeutig. In den meisten Fällen reichte die Dosis von 2g/1kg Eicheln. In allen Versuchen ließ sich ein starker Rückgang der Vitalität der Eichensamen nach Lagerung über 2 Winter beobachten. Das konnte durch den mäßigen Zustand der Eicheln verursacht gewesen sein, die alle in Jahren mit schwacher Eichelernte gesammelt wurden.

Stichwörter: *Ciboria batschiana*, Thermotherapie, Fungizidbehandlung, Kühlhauslagerung

Abstract

The results of our experiments over the last few years confirm the reality of the danger caused by the presence of the fungus *Ciboria batschiana* on acorns and the necessity of thermotherapy eliminating this pathogen in them. The mould fungi activated after thermotherapy can be very effectively controlled by fungicides. The best results were obtained after treating acorns with the fungicides Rovral, Dithane, Funaben and Benlate, in most cases a dose of 2g/1kg of acorns was sufficient. In all experiments we observed a strong decrease of viability of oak seeds after storage over 2 winters. This could have been caused by the initial condition of acorns, collected in all cases in a low mast year.

Key words: *Ciboria batschiana*, thermotherapy, fungicide treatment, cold-room storage

Einleitung

Aufgrund von Arbeiten über die Thermotherapie von Eicheln (DELATOUR 1978; DELATOUR et al. 1980) wie auch nach mehrjähriger Anwendung dieses Verfahrens in der Praxis wurde es einleuchtend, daß die Bekämpfung des Pilzes *Ciboria batschiana* als ein gelöstes Problem

betrachtet werden kann. Die Thermotherapie erwies sich als ein viel wirksameres Mittel gegen diesen Pathogen als chemische Bekämpfungsmethoden allein (BONNET-MASIMBERT & MÜLLER 1993). Ein neues Problem, das während der Lagerung thermotherapierter Eicheln offenbar wurde, war die Anwesenheit vieler Pilzarten auf den Eicheln außer *Ciboria batschiana*, die zum großen Teil auch pathogen wirkten (KEHR & PEHL 1993; SCHRÖDER 1997; KEHR & SCHRÖDER 1997). Die zur Zeit am häufigsten angewandte Methode der Bekämpfung der pathogenen Pilze besteht in der Beizung mit Fungiziden nach der Thermotherapie (BONVICINI 1993; DELFS-SIEMER 1993; GILLE 1997).

In der hier präsentierten Arbeit wurde das Problem der Auswahl des Fungizids, der Höhe seiner Dosis wie sein Einfluß auf die Lagerungsfähigkeit der Eicheln erörtert. Die vorläufigen Ergebnisse, erreicht nach den ersten Etappen unserer Versuche, die schon früher veröffentlicht wurden (SUSZKA 1997), werden hier durch Resultate aus den folgenden Jahren ergänzt und als Endergebnisse dargestellt.

Material und Methoden

Die Anwesenheit des Pilzes *Ciboria batschiana* auf den Eichensamen wurde nach Beseitigung des Eichelperikarps bei 20°C getestet. Es wurden dazu Kunststoffbehälter mit einem transparenten Deckel benutzt, in denen die aus den Eicheln herauspräparierten Kotyledonen 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 zuerst 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. Die Eicheln wurden nach der Behandlung und oberflächlicher Trocknung einen Winter lang in undicht verschlossenen Behältern bei -3°C gelagert (SUSZKA & TYLKOWSKI 1980), wobei der lose aufgelegte Deckel den Gasaustausch zwischen den Eicheln und der Außenluft im Kühlraum ermöglichte. Die Keimungs- und Triebwuchstests wurden im feuchten Sand/Torfgemisch (1:1) 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 mit regelbaren Ventilationsöffnungen zugedeckt und bei 20°C und täglich achtstündiger Beleuchtung (Daylight Leuchtröhren) solange gehalten, bis die Auflaufsummenkurve (Triebwuchs) nicht mehr stieg.

Versuch 1: (*Quercus robur*, Mischpartie 1059, Ernte 1995 in Komorniki)

Im ersten Versuch wurden die Eicheln bis zum dritten Frühjahr nach der Ernte gelagert, wobei 3 Versuchsvarianten berücksichtigt wurden:

- 1) unbehandelte Kontrolleicheln
- 2) Eicheln nach Thermotherapie
- 3) Eicheln nach Thermotherapie und Fungizidbehandlung.

Zur Beizung wurde nur ein Fungizid benutzt (Rovral, 2g/1kg Eicheln).

Versuch 2: (*Quercus robur*, Mischpartie 1086, Ernte 1995 in Bialogard)

Die Versuchsanordnung war ähnlich wie im Versuch 1, die Lagerung dauerte aber nur bis zum zweiten Winter nach der Ernte. In der dritten Versuchsvariante (Thermotherapie, nachher Fungizidbehandlung) wurden verschiedene Fungizide gesondert angewendet (Rovral, Ridomil, Dithane, Euparen, Funaben, Bravo, Benlate).

Versuch 3: (*Quercus robur*, Mischpartie 1109, Ernte 1996 in Jarocin)

In diesem Versuch handelte es sich um den Einfluß verschiedener Dosen der Fungizide auf die Keimung und den Verlauf des Auflaufens (den Triebwuchs). Anwendung fanden sofort nach der Thermotherapie folgende Dosen: 1g, 2g und 4g des Fungizids /1kg Eicheln.

Das Auflaufen der Eicheln wurde nach der Beizung noch im Erntemonat getestet, sowie nach Lagerung über einen und zwei Winter. Die in diesem Versuch verwendeten Eicheln waren nach der Ernte vom Pilz *Ciboria batschiana* absolut frei, dagegen wurden oft Infektionen durch Pilze der Gattungen *Mucor* und *Penicillium* beobachtet.

Ergebnisse**Versuch 1 (Abb.1)**

Im Fall der unbehandelten Eicheln stieg die Infektion, verursacht durch den Pilz *Ciboria batschiana* beträchtlich, von den anfänglichen 5% bis auf 90% nach der Lagerung über den dritten Winter.

Nach der Thermotherapie konnte die Anwesenheit des Pilzes *Ciboria batschiana* nicht festgestellt werden, dagegen wurden die Eicheln oft durch Pilze der Gattungen *Penicillium* und *Mucor* infiziert, was übrigens auch die Kontrolleicheln und die nach der Thermotherapie mit Fungizid behandelten betrifft.

Das Auflaufen der Eicheln nach Thermotherapie und Rovralbehandlung fiel im Laufe der Lagerung von den anfänglichen 71% bis auf 58% nach dem zweiten Winter. In den beiden übrigen Versuchsvarianten (unbehandelte Kontrolle und nur Thermotherapie) war das Auf-
laufprozent weit niedriger. Nach Lagerung über 3 Winter beobachteten wir einen kaum erklärbaren Abstieg der Vitalität der Eicheln in allen 3 Versuchsvarianten.

Versuch 2 (Abb.2)

In der unbehandelten Kontrollvariante wurden die Eicheln während der Lagerung bis zum zweiten Frühjahr durch *Ciboria batschiana* bis zu 75% infiziert. Was das Auflaufen nach der Lagerung über den ersten Winter anbetrifft, erzielten wir die besten Ergebnisse nach Behandlung mit Bravo (86%) und Ridomil oder Rovral (je 81%). Die mit anderen Fungiziden gebeizten Eicheln liefen in niedrigeren Prozenten auf, als die nach der Thermotherapie nicht gebeizten.

Nach der Lagerung über 2 Winter liefen die Eicheln nur nach Thermotherapie in 55% auf, wogegen die zusätzlich mit Fungiziden behandelte sich wieder sehr unterschiedlich verhielten. Besser als nur nach Thermotherapie liefen die mit Funaben (74%), Ridomil (69%), Bravo und Dithane (je 64%) behandelten Eicheln auf. Kein Fungizid beeinflusste den Verlauf und die Zahl der aufgelaufenen Eicheln auf negative Weise.

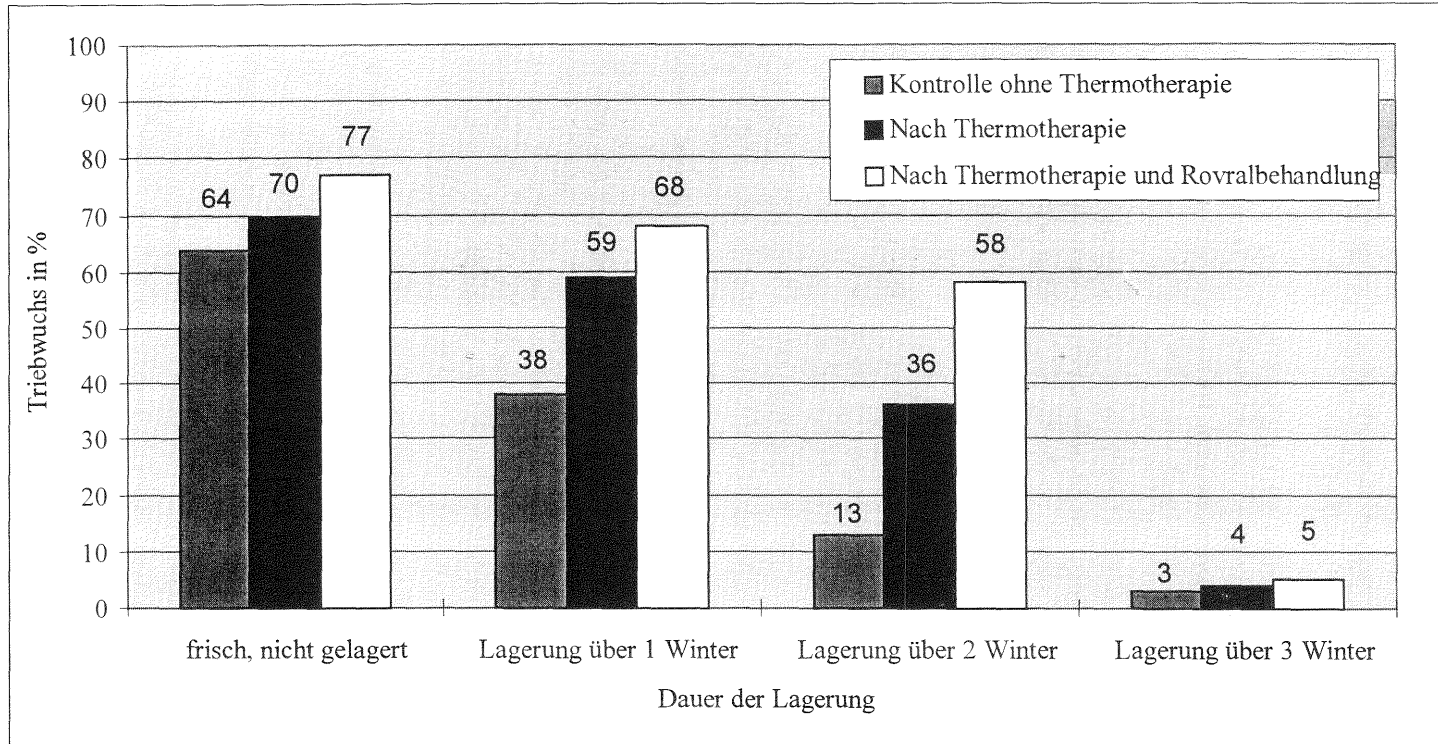


Abb. 1: *Quercus robur* L. Mischpartie 1059, Ernte 1995. Auflaufen bei 20°C nach Thermotherapie und Rovral-Behandlung (2g/1kg Eicheln) und Lagerung bei -3°C über 1, 2 und 3 Winter.

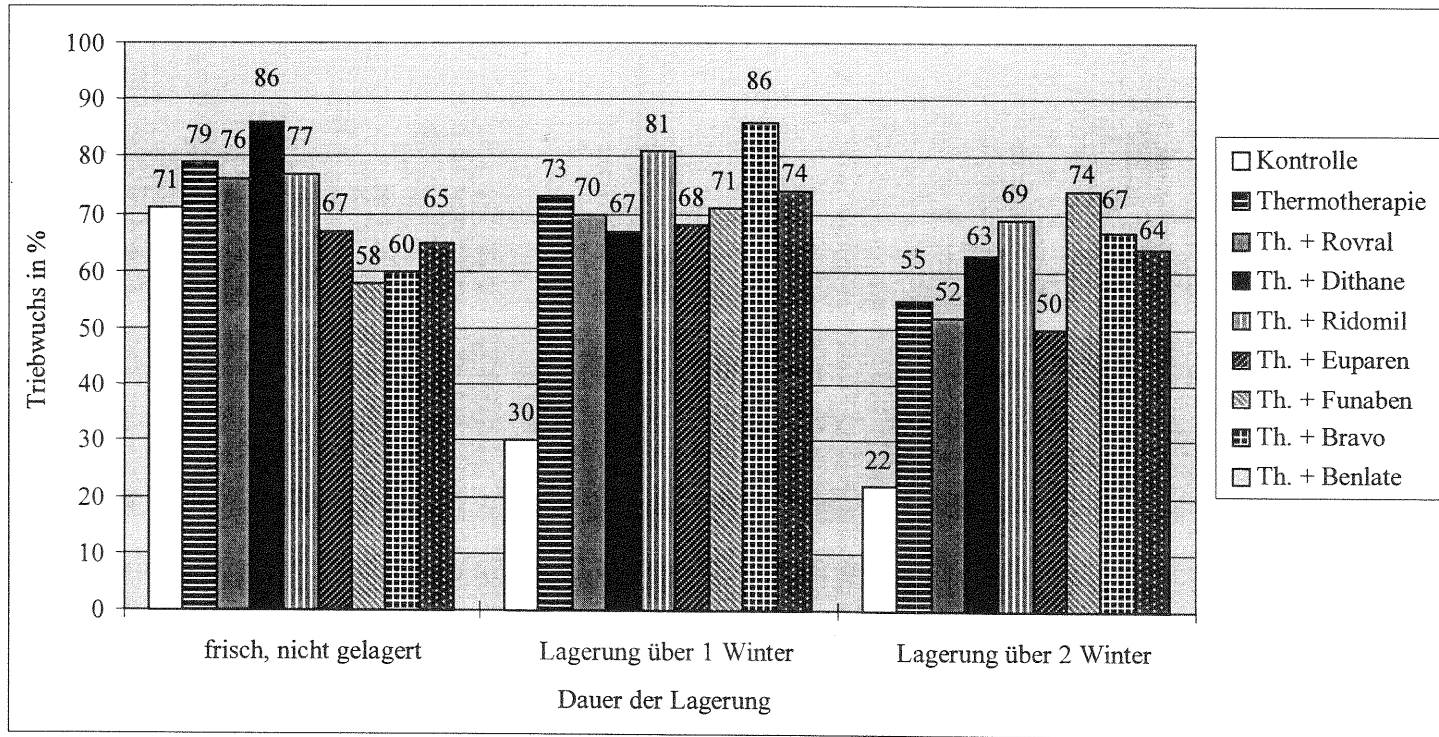


Abb. 2: *Quercus robur* L. Mischpartie 1086, Ernte 1995. Auflaufen bei 20°C nach Thermotherapie, Behandlung mit verschiedenen Fungiziden (2g/1kg Eicheln) und Lagerung bei -3°C über 1, 2 und 3 Winter.

Versuch 3 (Abb.3)

Gleich nach der Ernte, Thermotheapie und Beizung liefen die Eicheln gleichmäßig auf, und praktisch unabhängig vom angewendeten Fungizid. Nach Lagerung über einen Winter liefen die der Thermotheapie unterworfenen und gebeizten Eicheln weit besser auf, als die nur mit Thermotheapie behandelten. Das höchste Niveau des Auflaufens wurde nach Beizung mit 2g/1kg Eicheln mit Rovral festgestellt.

Nach Lagerung über 2 Winter beobachteten wir in allen Varianten einen starken Rückgang der Keimfähigkeit und des Triebwuchses. Eicheln, die mit Rovral (1g und 4g/1kg) und Dithane (2g/1kg) gebeizt wurden, liefen zweimal besser auf (ca 45%) als die nur durch Thermotheapie behandelten (23%), ähnlich verhielten sich die mit Funaben und Benlate gebeizten Eicheln.

Diskussion

Die Notwendigkeit der Thermotheapie bei Eicheln sofort nach der Ernte wurde bestätigt. In Polen sind die durch *Ciboria batschiana* nicht infizierten Eichelpartien zur Zeit eine große Seltenheit.

Die Anwendung der meisten hier angewendeten Fungizide wirkte sich auf den Zustand des gelagerten Eichensaatgutes positiv aus. Die Wirkung wurde um so deutlicher, je länger die Lagerung dauerte.

Die besten Effekte wurden nach Beizung mit Rovral, Dithane, Funaben und Benlate erzielt. Die Abhängigkeit der Wirkung des Fungizids von seiner Dosis war nicht eindeutig. In den meisten Fällen reichte die Dosis von 2g/1kg Eicheln, nicht selten aber auch die noch niedrigere (1g/1kg). Die Anwendung von 4g/1kg konnte nur im Falle von Funaben gerechtfertigt sein. Offen bleibt die Frage nach dem Einfluß der Thermotheapie allein auf den Zustand der gesunden Eicheln. Im Versuch 3 wirkte sie sich doch deutlich negativ auf das Auflaufen der Eicheln aus.

Zu allen 3 Versuchen wurden notwendigerweise Eicheln aus schwachen Samenjahren verwendet, was sich auf die späteren Ergebnisse der Lagerungstests ausgewirkt haben könnte. Im Falle solcher Eicheln kann man auch die Frage stellen, ob man sie länger als über 2 Winter lagern soll.

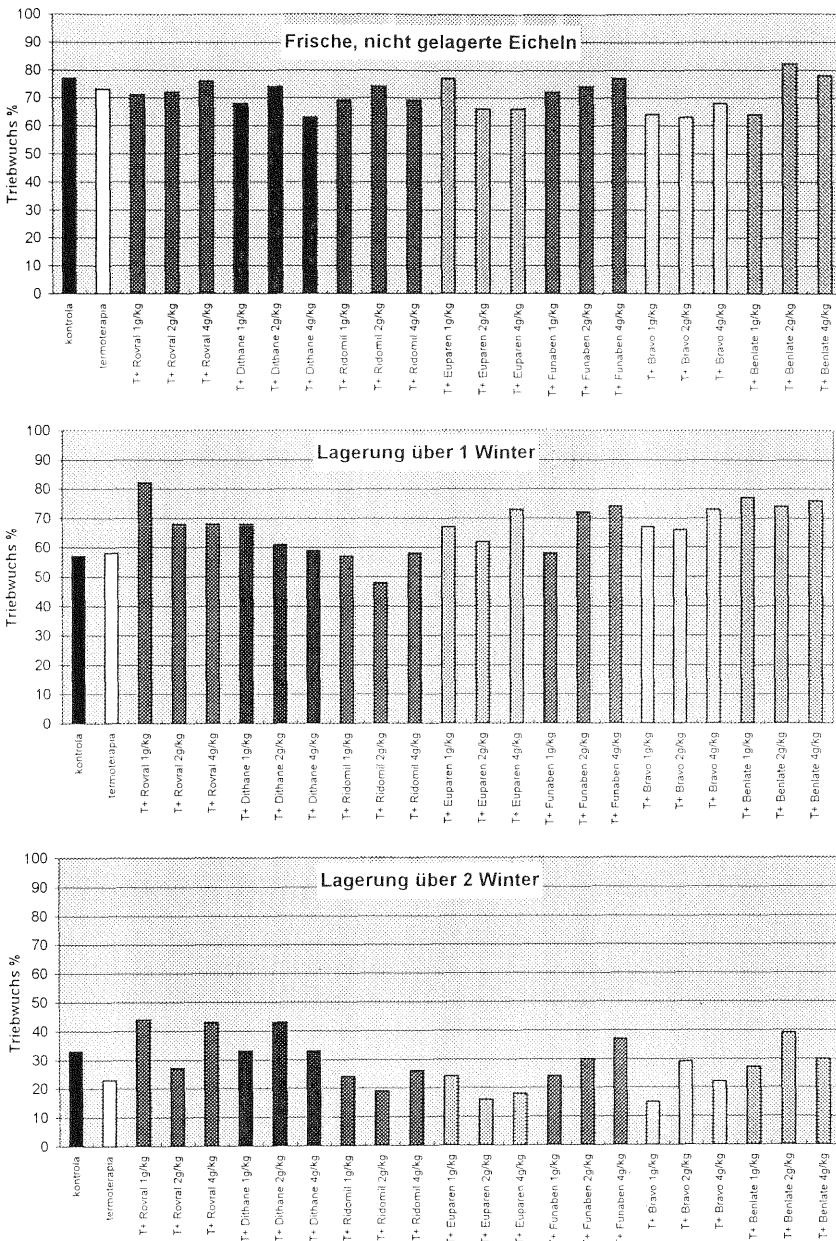


Abb. 3: *Quercus robur* L. Mischpartie 1109, Ernte 1996. Effekt verschiedener Fungizide und ihrer Dosen (1, 2 und 4 g/lkg Eicheln) bei 20°C auf das Auflaufen (Triebwuchs) nach Thermotherapie, Fungizidbehandlung und Lagerung bei -3°C über 0, 1 und 2 Winter.

Literatur

- BONNET-MASIMBERT, M.; MULLER, C.** (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.; MORELET, M.** (1979): La pourriture noire des glands. Rev. For. Fr. **18**: 101-115.
- DELATOUR, C.; MULLER, C.; BONNET-MASIMBERT, M.** (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.** (1997): Erfahrungen mit der Thermotherapie an Stiel- und Traubeneicheln in der Forstsaatgut - Beratungsstelle Oerrel. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem (**329**): 67-73
- KEHR, R.; PEHL, L.** (1993): Fungi in seeds of deciduous trees - new aspects of seed treatment, Internationales Symposium über Forstsaatgut, Uelzen, Juni 8-11, 1993: 169-184.
- KEHR, R.; SCHRÖDER, T.** (1997): Mykologische Aspekte der Lagerung von Eichensaatgut. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem (**329**): 26-32
- 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.** (1997): Integriertes Verfahren zur Behandlung von Saatgut der Eiche. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem (**329**): 33-45
- SUSZKA, B.; TYLKOWSKI, T.** (1980): Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1-5 Winters. Arboretum Kórnickie **25**: 199-229.
- SUSZKA, J.** (1997): Einfluß verschiedener Fungizide auf die Keimung und den Triebwuchs der Stieleiche (*Quercus robur* L.) nach Warmwasserbehandlung, darauffolgender Fungizidbeizung und Lagerung von Eicheln über einen Winter bei -3°C . Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem (**329**): 18-25.

noch eine Übergangsregelung für die Pflanzenschutzmittel bis zum 1. Juli 2001 eingeräumt, die bis zum 1. Juli 1998 zugelassen worden sind oder bis zum Übergangstermin noch zugelassen werden (§ 45 Abs. 1 PflSchG). Nach diesem Termin können Zuwiderhandlungen Bußgelder zur Folge haben (§ 40 Abs. 1 Nr. 4 PflSchG). Die Bußgeldhöhe kann bis zu 100.000 DM betragen (§ 40 Abs. 2 i. V. m. § 6 a PflSchG). Den Bundesländern obliegt die Überwachung der Einhaltung der pflanzenschutzrechtlichen Vorschriften (§ 34 Abs. 1 PflSchG). Hier hat sich also für die forstliche Praxis ein Konfliktbereich entwickelt, der dringend einer Lösung bedarf.

Mögliche Lösungsansätze für die Staatsklengen und Forstbetriebe

Für die forstliche Praxis bieten sich einige Lösungsansätze an. Zur langfristigen Abwehr des Pilzbefalls an Forsts Saatgut wäre es günstig, wenn ein Antragsteller gefunden werden könnte, der die Zulassung für ein Fungizid mit den oben näher beschriebenen Indikationen beantragt. Sollte dies nicht gelingen, besteht die Möglichkeit einer Genehmigung der Anwendung eines bereits zugelassenen Pflanzenschutzmittels in diesem Anwendungsgebiet nach § 18 PflSchG. Diese Genehmigung wird aber nur auf Antrag und unter folgenden Voraussetzungen erteilt:

- An der Anwendung muß ein öffentliches Interesse bestehen (§ 18 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 PflSchG).
- Es müssen Kenntnisse über die Wirksamkeit des Mittels und die möglichen Schäden am Saatgut, das behandelt werden soll, bei der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft vorliegen (§ 18 Abs. 1 Satz 1 Nr. 3 PflSchG).
- Die Anwendung darf ausschließlich an solchen Pflanzen erfolgen, die später nur in geringfügigem Umfang angebaut werden oder deren Anbau von geringfügiger Bedeutung ist (§ 18 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 Buchstabe b PflSchG).

Die Genehmigung kann, außer dem Zulassungsinhaber, u.a. derjenige beantragen, der Pflanzenschutzmittel zu gewerblichen Zwecken oder im Rahmen sonstiger wirtschaftlicher Unternehmungen in einem Betrieb der Landwirtschaft, einschließlich der Forstwirtschaft anwendet (§ 18a Abs. 1 PflSchG).

Ferner besteht die Möglichkeit nach § 18b PflSchG eine Genehmigung im Einzelfall durch die zuständige Landesbehörde zu beantragen, wenn eine Anwendung an Saatgut nur in geringfügigem Umfang vorgesehen ist. Sie kann auch erteilt werden, wenn das Pflanzenschutzmittel gegen Schadorganismen eingesetzt werden soll, die nur in bestimmten Gebieten erhebliche Schäden verursachen. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist aber, dass die vorgesehene Anwendung derjenigen in einem mit der Zulassung festgesetzten Anwendungsgebiet entspricht. Hier könnte man sich bei bereits zugelassenen Beizmitteln orientieren.

Die Biologische Bundesanstalt kann für Versuchszwecke auch das Inverkehrbringen oder die Einfuhr einer bestimmten Menge nicht zugelassener Pflanzenschutzmittel genehmigen (§ 11 Abs. 2 PflSchG), um beispielsweise den Forstschutzdienststellen oder Staatsklengen die Möglichkeit zu eröffnen, Daten über die Wirksamkeit von noch nicht zugelassenen Fungiziden zu erarbeiten. Da solche Versuche erfahrungsgemäß einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen, hat der Gesetzgeber hier die Möglichkeit eingeräumt, von einer sonst üblichen Befri-

stung abzusehen (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 1999). Pflanzenschutzmittel dürfen natürlich zu Versuchszwecken auch nur angewandt werden, wenn die Anwendung keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier oder auf Grundwasser sowie keine sonstigen schädlichen Auswirkungen, insbesondere auf den Naturhaushalt, erwarten lässt. Ferner dürfen sie nur angewandt werden, wenn der Anwender die dafür erforderlichen fachlichen Kenntnisse und Fertigkeiten nachgewiesen hat (§ 10a PflSchG). Bei den Versuchen, die von den zuständigen Behörden der Länder durchgeführt werden, wird aber vorausgesetzt, dass die fachliche Qualifikation von Amts wegen sichergestellt ist (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 1999).

Einfuhr von behandeltem Forstsaatgut

Einen Sonderfall stellt die Einfuhr von Saatgut dar, dem Pflanzenschutzmittel anhaften. Das Inverkehrbringen oder die Einfuhr von Saatgut ist nach § 11 Abs. 3 Satz 1 PflSchG in zwei Fällen möglich. Zum einen, wenn das Pflanzenschutzmittel in einem Mitgliedsstaat der Europäischen Union zugelassen ist, die Zulassung den Anforderungen des Artikels 4 Abs. 1 Buchstabe b bis e der Richtlinie 91/414/EWG des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (ABl. Nr. L 230 S. 1) entspricht und die Anwendung nicht durch Rechtsverordnung verboten ist (§ 11 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1 PflSchG). Zum anderen, wenn die Biologische Bundesanstalt auf Antrag die Identität mit einem in Deutschland zugelassenen Pflanzenschutzmittel festgestellt hat (§ 11 Abs. 3 Satz 1 Nr. 2 PflSchG).

Schlussfolgerung

Die hier dargestellten Zusammenhänge sind in der Praxis bisher offensichtlich nicht hinreichend bekannt und scheinen in der nächsten Zeit erhebliche Schwierigkeiten zu bereiten. Es wäre somit wünschenswert, wenn die skizzierten Ansätze zur Lösung des Problems möglichst bald aufgegriffen würden.

Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN** (1999): Das Pflanzenschutzgesetz. Die wichtigsten Änderungen im Überblick. Gesetzestext und Begründung. Weitere Rechtsvorschriften. Selbstverlag.
- BÜHLER, A.** (1922): Der Waldbau. Bd. II. Stuttgart Verlagsbuchhandlung Eugen Ulmer: 375
- SCHWAPPACH, A.; ECKSTEIN, K.; HERRMANN, E.; BORGMANN, W.** (1902): Neudammer Försterlehrbuch. Neudamm: Verlag I. Neumann.
- ROHMEDER, E.** (1972): Das Saatgut in der Fortwirtschaft. Hamburg und Berlin Verlag Paul Parey.
- GÜNDERMANN, G.** (1998): Das novellierte Pflanzenschutzgesetz. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., **50** (9): 233 – 237.
- SCHRÖDER, T.** (1999): Über die Eignung verschiedener physikalisch-technischer Verfahren zur phytosanitären Behandlung und zur Lagerung von Forstsaatgut unter besonderer Berücksichtigung der Stiel- und Traubeneiche. Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. Berlin-Dahlem H. 360.

Diskussionsprotokoll des Symposiums

Schwerpunkt Ernte und Thermotheapie

Natzke fragt, ob durch Eichelnetzernte die Rate der Infektion mit *Ciboria batschiana* nennenswert zu reduzieren ist bzw. ob über die Infektionshäufigkeit von *Ciboria* bei Netzernte Informationen vorliegen. **Schröder** antwortet, daß die Infektion mit *Ciboria batschiana* überwiegend am Boden stattfindet und daher die Netzernte durchaus zu einer geringeren Kontaminationsrate führen könnte. **J. Suszka** ergänzt, daß nach seinen Erkenntnissen die *Ciboria*-Infektion teilweise noch im unteren Bereich (2 – 3 m) der Bäume erfolgen kann, jedoch im allgemeinen nicht in der Eichenkrone bereits vorliegt. **B. Suszka** berichtet von polnischen Versuchen zur Netzernte, bei denen mittels Hubschrauber die Eicheln von den Bäumen geschüttelt wurden und so ein optimaler Erntetermin mit einem hohen Anteil gesunder Früchte gesichert werden konnte. Bei diesen Versuchen trat kaum *Ciboria*-Befall auf. **Reichwald** führt als Kostenargument an, daß Netze zumindest für die Eichelernte vermutlich viel zu teuer sind. **Schumann** erwidert, daß die Eichelnetzernte nur dann ökonomisch sinnvoll ist, wenn die Netze ohnehin zur Bucheckernernte angeschafft wurden und in dem betreffenden Jahr keine Buchenmast vorliegt, so daß die Netze für die Eicheln genutzt werden können. **Kehr** macht darauf aufmerksam, daß der *Ciboria*- Pilz sich auch bei einer geringen Ausgangsrate durch Netzernte bei nicht optimalen Lagerungsbedingungen im Lager ausbreiten kann, so daß unter Umständen trotz geringer Infektionsrate eine Thermotheapie bei längerer anschließender Lagerung notwendig wird. Dazu berichtet **Gille**, daß nach Thermobehandlung mit Luft trotz eines *Ciboria*-Restbefalls von bis zu 9 % der Eicheln dennoch keine nennenswerte Ausbreitung der Krankheit im Lager stattfand, was er unter anderem auch auf sorgfältig kontrollierte und ideale Lagerbedingungen zurückführt. **Natzke** fragt, ob die in der Praxis beobachtete, sehr unterschiedliche Ausbreitungsneigung von *Ciboria* im Lager damit zusammenhängen könnte, daß es sich in manchen Fällen um weniger aggressive Rassen handelt. **Wulf** bestätigt, daß es durchaus Pathogenitätsunterschiede geben könnte und daß dies ein wichtiges Untersuchungsthema für die Zukunft wäre.

Zum Vortrag über die Mikrowellenbehandlung wird die Frage aufgeworfen, warum Eicheln die hohen Temperaturen überstanden haben, obwohl für die Thermobehandlung normalerweise 41 °C als Grenze angegeben werden. **Schröder** antwortet, daß hier der Zeitfaktor die entscheidende Rolle spielt. Offenbar sind Eicheln in der Lage, kurzzeitig sehr viel höhere Temperaturen zu überstehen. Der Vorteil der Mikrowellenbehandlung besteht in der relativ kurzen Expositionszeit in Verbindung mit höheren Temperaturen. **B. Suszka** fragt, ob sich bei den Sämlingen nach der Mikrowellenbehandlung Auffälligkeiten gezeigt haben. Laut **Schröder** waren keinerlei negative Auswirkungen bei den Sämlingen vorhanden, wobei die Bonitierung nach dem ISTA-Keimtest nach 10 Wochen Wachstum erfolgte. In diesem Zusammenhang regt **Schlegel** an, daß man sich auf einen einheitlichen Keimtest für die Versuche zur Lagerung von Eicheln verständigen sollte. Einige Teilnehmer beschreiben daraufhin das bei ihnen angewendete Verfahren. Generell läßt sich feststellen, daß die ISTA-Methode zumindest standardisiert ist, wenn sie auch nicht unbedingt zu Auflaufergebnissen führt, wie sie der Baumschulpraxis entsprechen.

Schwerpunkt Eichel-Lagerung

Zu den ersten Frosthärtungsversuchen von **J. Suszka** fragt **Gille**, wie lange die Eicheln der Temperatur von –7 °C ausgesetzt waren. **J. Suszka** antwortet, daß dies 14 Tage lang der Fall war und 5 kg Eicheln pro Variante zur Verfügung standen. Zur Anmerkung von **B. Suszka**, daß in Polen größere Probleme mit dem Ausfall von Herbstsaaten in kalten Wintern entste-

hen, erläutert **Gille**, daß nach seiner Erfahrung die Herbstsaat auch Temperaturen von minus 25 °C überstehen kann, wenn sie tief genug (5 cm) gesät und abgedeckt wird. **B. Suszka** bestätigt, daß in Einzelfällen bestimmte Partien bis – 20 °C überstehen, aber andere Partien bereits bei Wintertemperaturen von –10 °C nach Herbstsaat erfrieren. **Schmalen** bestätigt für Oberfranken, daß die Herbstsaat auch bei tiefen Wintertemperaturen erfolgreich ist, wenn 5 cm bis 10 cm Rindenmulch über die Saat gedeckt werden.

Natzke fragt zum Vortrag von **Junge**, ob nach dessen Versuchen die Stufenabhärtung die besten Ergebnisse bringt. **Junge** antwortet, daß dies möglicherweise nur vorgetäuscht wird, weil bei der Stufenabhärtung der Wassergehalt der Eicheln stärker reduziert wird, was bei der Meßmethode eine höhere Frosthärte suggeriert. Auch **Schlegel** bestätigt, daß die stufenweise Abkühlung eher zur Austrocknung führt und daher in späteren Stufen unter Umständen durch Abschwemmen die guten von den schlechten Eicheln abgetrennt werden müssen. **Natzke** berichtet von seinen Erfahrungen, daß bei der Anwendung von Wechseltemperaturen durch die zusätzlich notwendige Befeuchtung der Klimakammer Vereisungsprobleme entstehen. Er fragt daher, ob die Teilnehmer für dieses Problem eine Lösung haben bzw. Erfahrung damit haben. **Schlegel** antwortet, daß unter normalen Bedingungen Vereisung eigentlich keine Rolle spielen dürfte.

Zur möglichen Anwendung von modifizierter Atmosphäre (CA-Lagerung) für die Lagerung von Eicheln ruft **Spethmann** zur Vorsicht auf, da in den Versuchen von **Guthke** auch erst nach längeren Lagerungszeiträumen bei CO₂ die Probleme durch den Pilz *Cylindrocarpon didymum* auftraten. Er hält die CA-Lagerung prinzipiell zwar für einen guten Ansatz, zumal die klassischen Ansätze der Eichellagerung bereits hinreichend erforscht und wenig erfolgversprechend seien, aber er regt an, daß diesbezüglich langjährige Versuche durchgeführt werden müssen. **Kehr** weist auf den auffälligen Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt der Eichel und Frosttoleranz hin, wobei die Traubeneicheln in den Versuchen von **Schlegel** einen durchweg höheren Wassergehalt in Verbindung mit einer niedrigeren Frosttoleranz hatten. **Kehr** fragt, ob möglicherweise auch die Neigung zu einem höheren Wassergehalt für die schlechtere Lagerbarkeit der Traubeneichel mitverantwortlich sein könnte. **Schlegel** antwortet, daß tatsächlich der Wassergehalt sehr stark mit der Frosttoleranz korreliert und Werte wesentlich oberhalb von 40 % zu niedrigerer Frosthärte führen. Nach seinen Erfahrungen induziert die Thermoerapie höhere Wassergehalte der Eicheln, da der Stoffwechsel angeregt wird und die Stärkevorräte unter anderem zu Wasser abgebaut werden. Daher erscheint aus seiner Sicht besonders die langsame Abkühlung therapeutierter Partien wichtig, damit man nicht zu früh in den Bereich um –3 °C kommt, bei dem angesichts hoher Eichelwassergehalte durchaus Frostschäden auftreten könnten. Frau **Zimmermann** fragt, wie die Verhältnisse in der Natur sind, z.B. wie sich Wassergehalt, Temperatur usw. der Eicheln in der Streu entwickeln. **Spethmann** antwortet, daß Freilandbeobachtungen ja gerade die Basis für die Versuche von **Guthke** gebildet haben und die Bedingungen bei natürlicher Lagerung bekannt seien. Ab Januar gibt es in der Natur den peak der Härtung, danach folgt eine Enthärtung. **Schlegel** ergänzt, daß die Korrelation zwischen Abhärtung und Temperaturverlauf in der Natur noch nicht abschließend klar ist. **Kehr** fragt, inwieweit man die Eichel überhaupt „überlisten“ kann, weil sie physiologisch auf eine einzige Überwinterung eingerichtet ist und fragt, ob dieses Ziel der Überlistung evtl. mit der modifizierten Atmosphäre möglich ist. **Schlegel** äußert die Hoffnung, daß es möglich ist, Eicheln mehrfach nacheinander abzuhärten; d.h. nach der Enthärtung bereits eine weitere Phase der Härtung anzuschließen. **Schneck** fragt, wie lange der reine Frosttest dauert und wie lange die Auftauphase ist. **Schlegel** antwortet, daß der Bereich von –6 °C bis 0 °C im Verlaufe einiger Tage erreicht wird. In den Versuchen von **Schröder** wurde der Bereich von –6 °C bis +3 °C über 11/2 Tage erreicht, wonach die

Eicheln in 10 °C warmen Leitungswasser ca. 48 Std. vorgequollen wurden, um den Keimtest nach ISTA durchzuführen.

Kohlstedt richtet aus Sicht der Praxis die Bitte an die Wissenschaft, praktikable, einfache Verfahren für die Behandlung und Lagerung größerer Mengen Eicheln zu schaffen. Er ist der Meinung, daß die bisher dargestellten Konzepte nicht zur Bewältigung großer Mengen (bis ca. 20 t pro Saatgutstelle) geeignet sind. **Kehr** weist darauf hin, daß es ähnlich wie bei der Lagerung von Obst, Getreide etc. nur durch Forschung und modernere Technik gelingen wird, einen gewissen Fortschritt zu erzielen und daß dazu leider auch für den Praktiker der Einsatz dieser Technik notwendig sein wird. **Spethmann** stimmt dem zu und äußert die Überzeugung, daß es vermutlich zur langfristigen Eichellagerung keine für die Praxis einfache Möglichkeit geben wird, weil die in der Vergangenheit erprobten einfachen Verfahren an ihre Grenzen gestoßen sind. **Suszka** gibt zu bedenken, daß es immerhin mit Hilfe der Thermotherapie und der von ihm entwickelten Lagerungsmethode bereits in Polen gelingt, Eicheln in der Größenordnung von 100–150 t pro Jahr zu behandeln und zu lagern. Insofern ständen für die Praxis bereits praktikable und akzeptable Verfahren zumindest der mittelfristigen Lagerung zur Verfügung. Die restlichen Verbesserungen für Lagerzeiten über 5 Jahre müßten natürlich durch neue Verfahren erbracht werden. **Spethmann** beklagt auch das Problem, daß keine kontinuierliche Forschung möglich ist, weil die meisten Projekte über Doktorandenverträge mit 2–3 Jahre Laufzeit finanziert werden. Gerade im Bereich der Eichellagerung seien längerfristige Forschung und Kooperation nötig. **Wulf** bestätigt diese Aussagen und bekräftigt, daß die Arbeitsgruppe unter anderem besteht, damit genügender Austausch zwischen den Teilnehmern existiert und Synergieeffekte genutzt werden können.

Hoffmann weist auf die fehlende Standardisierung der Keimtests im Rahmen der Lagerungsversuche hin. Frau **Eicke** erläutert den ISTA-Keimtest und berichtet, daß dieser Keimtest die Keimrate etwas überschätzt, was zu Problemen der Praxis führen kann, wenn dort in der Baumschule nicht so viele Eicheln auflaufen. Daher ist **Eicke** dazu übergegangen, für die Betriebe auf Wunsch zusätzlich einen Keimtest mit ungeschälten Eicheln durchzuführen. Thermobehandlung erhöht nach Meinung von **Eicke** den Anteil anomal gekeimter Eicheln, insbesondere wenn sie, wie im Falle der Traubeneiche, schon angekeimt waren. **Suszka** berichtet, daß in seinen Versuchen im Prinzip der ISTA-Test angewendet wird, die Eicheln aber nicht geschält werden und somit die Sproßbildungsfähigkeit etwas kritischer hinterfragt wird. **Schröder** berichtet, daß für seine Versuche der reguläre ISTA-Test über 28 Tage und zusätzlich eine ungeschälte Variante in Erde/Sandgemisch über 4 Monate gefahren wurden. **Schlegel** gibt zu bedenken, daß es einen Unterschied macht, ob der Test für Praktiker oder für die Wissenschaft angewendet wird. Für Praktiker sei sicherlich der Test mit Pericarp besser. **Eicke** sagt, daß der ISTA-Test letztendlich nur ein gewisser Schnelltest auf Lebensfähigkeit ist, aber daß er immerhin eine Vereinheitlichung ermögliche und es ja nur um vergleichbare Ergebnisse gehe. Aus Sicht der Praxis ist nach Meinung von **Eicke** eine kritische Auswertung des Tetrazolium-Tests ebenso gut geeignet und liefert Ergebnisse, wie sie in etwa von derselben Partie in der Baumschule gezeigt werden.

Zum Problem der fehlenden Eichenblüte bzw. des Einflusses von Insektenbefall auf die Mast fragt **Schröder**, warum es eine solch große Diskrepanz zwischen dem gemeldeten Blütenansatz und dem Ernteaufkommen an Eicheln gibt. **Schröder** vermutet, daß Insektenfraß am Fruchtansatz und während der Blütezeit eine wichtige Rolle spielt. **Schmalen** gibt zu bedenken, daß die Blühdaten nur grob erhoben werden, und dies wird auch von **Eicke** dahin gehend bestätigt, daß man Blühansatz und Ernte kaum hinsichtlich der Daten vergleichen kann. **Suszka** wirft ein, daß auch im Obstbau Blühstärke und Fruchtansatz nicht unbedingt korreliert sind. **Natzke** jedoch bestätigt, daß zumindest in Sachsen-Anhalt die Eichenfraßgesellschaft aus Sicht der Forstverwaltung eine sehr wichtige, mastentscheidende Rolle spielt und

daher gelegentlich eine Bekämpfung auch nötig ist, um die Mast zu sichern. **Hewicker** erwähnt, daß die Beziehung zwischen Blüte und Mast für die Eiche für sehr lange Zeiträume zurückverfolgt werden kann. **Schröder** greift diesen Punkt auf und bestätigt, daß man für den Raum Unterfranken über die letzten 350 Jahre Daten zur Blüte und zur Mast der Eiche hat, die nachweisen, daß im Durchschnitt alle 5,4 Jahre eine Mast auftritt. **Müller** erwähnt, daß im Rhein-Main-Gebiet Insektenfraß zwar eine Notblüte anregt und es somit zu einer starken Blüte kommt, diese aber in den letzten Jahren meist durch Insektenfraß wieder vernichtet wurde. Aus seiner Sicht spielt somit Insektenfraß durchaus eine wichtige Rolle für die Stärke der Mast. **Voigt** ergänzt, daß in Sachsen im letzten Jahr auf 80 ha mit Pflanzenschutzmitteln gegen Eichenwickler behandelt wurde und auf diesen Flächen 10 t Eicheln geerntet werden konnten, während unbehandelte Bestände praktisch keine Mast geliefert hatten. Dies ist ein deutlicher Beweis dafür, daß die Eichenfraßgesellschaft mastentscheidend sein kann. **Schlegel** meint, die Sicherung der Eichenmast sei sicher ein wichtiges Anliegen und Grund genug für Insektizidanwendungen im Rahmen eines integrierten Pflanzenschutzes im Forst. **Wulf** bestätigt dies, gibt aber zu bedenken, daß solche Pflanzenschutzmaßnahmen natürlich nicht auf sehr großer Fläche durchgeführt werden können, aber im Einzelfall in wertvollen Beständen durchaus sinnvoll und vertretbar wären.

Bezüglich der genetischen Aspekte bei der Sortierung und Lagerung von Eicheln regt **Schlegel** an, daß eine Sortierung ähnlich wie im Obstbau durchgeführt werden sollte, um nur die gesündesten, am besten lagerbaren Früchte langfristig einzulagern. Seiner Meinung nach sind keine schwerwiegenden genetischen Argumente vorhanden. Frau **Schneck** erwidert, daß aus ihrer Sicht eine Sortierung regelrecht gefährlich wäre, da dann vermutlich eine genetische Entmischung stattfinden würde. **B. Suszka** bestätigt, daß es je nach Einzelbaum erhebliche Unterschiede in der Eichelgröße und in bestimmten Eicheleigenschaften gibt. Eine Sortierung würde sehr viele Bäume mit u.U. großem holzwirtschaftlichem Wert und anderen positiven Eigenschaften von der Nachzucht ausschließen.

Abschließend fragt **Wulf** die Teilnehmer, ob eine Publikation der Ergebnisse dieses Treffens wünschenswert ist. Er verweist auf die bereits vorliegenden Ergebnisse des ersten Treffens (Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft Nr. 329, 1997). Aus dem Auditorium wird dieser Vorschlag allgemein begrüßt, wobei **Schlegel** anregt, aus Gründen der Internationalität vielleicht jedem Artikel einen englischen Abstract voranzustellen sowie die Tabellen und Grafiken zumindest mit einem englischen Titel zu versehen. **Natzke** stellt in Aussicht, Beiträge von den leider zu diesem Treffen nicht erschienenen russischen Forschern aufzubereiten, die so durch die schriftliche Publikation ihrer Ergebnisse die Chance hätten, ihre Untersuchungen darzustellen, was sicherlich für die anderen Teilnehmer und für den internationalen Informationsaustausch in diesem Arbeitsgebiet wichtig wäre.

Abschließend dankt **Wulf** für die rege Teilnahme am Kolloquium, äußert seine Zuversicht, daß die Arbeitsgruppe weiterhin erfolgreich arbeitet und wünscht den Teilnehmern eine gute Heimreise.

**Teilnehmer des Kolloquiums zur
„Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut“
am 28. und 29. April 1998 im Institut für Pflanzenschutz im Forst
der BBA Braunschweig**

Berendes, Karl-Heinz, WOR	BBA Braunschweig Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Bohnens, Jürgen, FR	Hess. Landesanstalt für Forsteinrichtung Waldforschung und Waldökologie	Prof.- Oelkers-Str. 6 34346 Hann. Münden
Cafourek, Josef, Ing.	Forest Nursery Nurseries Budisov	67503 Budisov Czech Republik
Chmielarz, Pawel, Dr.	Institut für Dendrologie der Polnischen Akademie der Wissenschaften	Parkowa 5 PL-62-035 Kornik Polen
Ebinger, Thomas	Staatliches Forstamt Nagold, Staatsklengle	Calwer Str. 10 72202 Nagold
Eicke, Giesela, Dr.	Bayer. Landesanstalt für Wald und Forst- wirtschaft Amtliche Prüf stelle für Forstliches Saatgut	Am Hochanger 11 85354 Freising
Filschke, Gerhard, Fm.	Staatliches Forstamt Annaburg Forstsaatgut-Beratungsstelle und Landesdarre Sachsen-Anhalt	Forstwiesenweg 2 06925 Annaburg
Gille, Klaus	Forstsaatgutberatungsstelle Niedersächsisches Forstamt Ebsdorf	Forstweg 5 29633 Munster
Hanisch, B., Dr.	Staatliches Forstamt Nagold	Calwer Str. 10 72202 Nagold
Hewicker, Hans-A, FD	Forstamt Rantzau	Zum Forstamt 1 25355 Bullenkuhle
Hlavova, Zdenka, Ing.	Forests of the Czech Republic Seed Plant	Za Drahou 199 51721 Tyniste n.O.
Hoffmann, Dietrich, Dr.	Niedersächsische Forstliche Versuchs- anstalt, Abt. C-Forstpflanzenzüchtung	Forstamtsstr. 6 34355 Staufenberg- Escherode
Junge, Rainer, Dipl.-Ing.agr.	Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Institut für Forstgenetik	Sieker Landstraße 2 22927 Großhansdorf
Kappenberg, Knut Dipl. Forstw.	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
Knudsen, Henrik Gade	Danish State Forest Tree Improvement Station	Krogerupvej 21 3050 Humlebeak Dänemark
Kohlstedt, Elger	Thüringer Forstamt Leinefeld Forstsaatgutberatungsstelle Tabarz	Halle-Kasseler-Str. 38 37327 Leinefeld
Kotrla, Pavel, Ing.	Lesy ceske Republika s.p.	Premyslova 1106 50168 Hradec Kralove
Küchemann, Kerstin FI	Forstsaatgutberatungsstelle Niedersächsisches Forstamt Ebsdorf	Forstweg 5 29633 Munster
Muller, Claudine, Dr.	Ministre de l'Agriculture I.N.R.A. Institut National de la Recherche Agro- nomique Centre de Recherches de Nancy Laboratoire des semences Forestieres	F- 54280 Champenoux Frankreich
Müller, Dieter, Dr.	Forstamt Wolfgang	Rodenbacher Chaussee 63457 Hanau
Natzke, Ehlert, Dr.	Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt	Behnsdorfer Straße 39345 Flechtingen
Nowag, Andrea	Forstsaatgutberatungsstelle Niedersächsisches Forstamt Ebsdorf	Forstweg 5 29633 Munster
Prochazkova, Zdenka, Dr.	Forestry and Game Management Research Station	Uherske Hradiste 68604 Kunovice
Quast, Peter, Dr.	Landwirtschaftskammer Hannover Obstbauversuchsanstalt	Westerminnerweg 22 21635 Jork
Reichwaldt, Günter, FOAR	Forstsaatgutberatungsstelle Niedersächsisches Forstamt Ebsdorf	Forstweg 5 29633 Munster
Rogge, Martin, OFR	Landesanstalt für Ökologie, Bodenord- nung und Forsten/ Landesamt für Agrarordnung Nordrhein- Westfalen	Obereimer 2a 59821 Arnsberg
Schlegel, Thomas Karl, Dipl.-Ing.	Institut für Obstbau und Baumschule, Abteilung Baumschule	Am Steinberg 3 31157 Sarstedt
Schmalen, Wilhelm	Bayer. Landesanstalt f. forstl. Saat- und Pflanzenzucht	Forstamtsplatz 1 83317 Teisendorf
Schneck, Dagmar	Forstl. Forschungsanstalt Eberswalde e.V. Abt. Angewandte Forstpflanzenzüchtung	Eberswalder Chaussee 3 15377 Waldsiedersdorf

Schröder, Thomas, Dipl.-Forstw.	BBA Braunschweig Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Schröter, Kerstin	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat 613	Rochusstr. 1 53123 Bonn
Schultz, Thomas, FI	Forstamt Rantzau Kontrollstelle für forstliches Saat- und Pflanzgut	Hauptstraße 108 25462 Rellingen
Schumann, Nils	Landesforstbaumschule Sachsen-Anhalt Forstamt Haldensleben	Zernitz 2 39345 Bülstringen
Spethmann, Wolfgang, Prof. Dr.	FB Gartenbau Universität Hannover Abt. Baumschule und Pflanzenzüchtung	Herrenhäuser Str. 2 30419 Hannover
Steiner, Wolfgang	Samenklänge und Pflanzgarten Bindlach	Ziegelhüttenweg 3 95463 Bindlach
Suszka, Boreslaw, Prof. Dr.	Institut für Dendrologie der Polnischen Akademie der Wissenschaften	PL-62-035 Kornik Polen
Suszka, Jan,	Institut für Dendrologie der Polnischen Akademie der Wissenschaften	PL-62-035 Kornik Polen
Voigt, Frieder, FR	Forstsaatgut-Beratungsdienst und Staatsdarre Flöha	Am Park 4 09557 Flöha
Volk	Forstamt Wolfgang	Rodenbacher Chaussee 63457 Hanau
Wühlisch, Georg v., Dr.	Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Institut für Forstgenetik	Sieker Landstraße 2 22927 Großhansdorf
Wulf, Alfred, Prof. Dr.	BBA Braunschweig Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Zaspel, Irmtraut, Dr.	Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Institut für Forstpflanzenzüchtung Waldsiefersdorf	Eberswalder Chaussee 3 15377 Waldsiefersdorf
Zimmermann, Helga	Amt für Forstwirtschaft Templin Landesforstbaumschule	Vietmannsdorfer Str. 39 17268 Templin
Zühlsdorf, Anita	Samendarre Jatznick	Rothemühler Chaussee 1 17309 Jatznick

100 Jahre Pflanzenschutzforschung

- Heft 349, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Aktuelle Forschungsschwerpunkte im Forst- und Rebschutz. Zusammengestellt von Prof. Dr. Alfred Wulf. 117 S., 21 Abb., 3 Tab., DM 33,--
- Heft 350, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Geschichte der Institute und Dienststellen der Biologischen Bundesanstalt. Teil III. Zusammengestellt von Prof. Dr. Wolfrudolf Laux. 99 S., 20 Abb., 1 Tab., DM 29,--
- Heft 351, 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Verschiedene Themen. Zusammengestellt von Dr. Hans Becker. 62 S., 5 Abb., 1 Tab., DM 19,--
- Heft 352, 1998: Die Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft und die Entstehungsgeschichte eines reichseinheitlichen „Pflanzenschutzgesetzes“ (1914 bis 1937). Von Dr. phil. habil. Ulrich Sucker. DM 41,--
- Heft 353, 1998: Chronik zum 100-jährigen Jubiläum der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Ergänzt und fortgeführt von Prof. Dr. Wolfrudolf Laux. 106 S., 146 Abb., 1 Tab., DM 28,--

- Heft 354, 1998: Datenanforderungen und Entscheidungskriterien der Europäischen Union und der Bundesrepublik Deutschland im Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel. 156 S. DM 37,--
- Heft 355, 1998: Analytik von Pflanzenschutzmitteln in Luft. Kurzfassungen von Methoden. Bearbeitet von Dr. W. Rödel und Dr. J. Siebers. 229 S., DM 53,--
- Heft 356, 1998: Egg Parasitoids. 5th International Symposium. International Organisation for Biological Control. Cali, Colombia, Marsh 1998. Edited by Dr. S. A. Hassan. 197 S., 42 Abb., 60 Tab. DM 49,--
- Heft 357, 1998: 51. Deutsche Pflanzenschutztagung in Halle/Saale, 5.-8. Oktober 1998. Bearb. von Prof. Dr. Wolfrudolf Laux. 464 S., 51 Abb., 47 Tab., DM 64,--
- Heft 358, 1998: Data requirements and criteria for decision-making in the European Union and the Federal Republic of Germany for the authorization procedure of plant protection products. 158 S., DM 37,--
- Heft 359, 1998: Studien zum Befall des Weizens mit *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) von Arx et Oliver var. *tritici* Walker unter Berücksichtigung der Sorten- und Artenanfälligkeit sowie der Bekämpfung des Erregers. Von Dr. Horst Mielke. 140 S., 61 Tab., DM 30,--
- Heft 360, 1999: Über die Eignung verschiedener physikalisch-technischer Verfahren zur phytosanitären Behandlung und zur Lagerung von Forstsaatgut unter besonderer Berücksichtigung der Stiel- und Traubeneiche. Von Dipl.-Forstw. Thomas Schröder. 241 S., 50 Abb., 65 Tab., 6 Tafeln, DM 44,--
- Heft 361, 1999: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Festveranstaltung zum 100-jährigen Jubiläum der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft am 08. Juni 1998 in Berlin. Zusammengestellt von Prof. Dr. Fred Klingauf. 60 S., 1 Abb., DM 19,50
- Heft 362, 1999: Forstschutzprobleme in Nationalparks und Naturschutzgebieten. Forest Protection Problems in National Parks and Nature Reserves. Symposium am 12. und 13. Mai 1998 in Braunschweig. Bearbeitet von Prof. Dr. Alfred Wulf und Dipl.-Forstwirt Karl-Heinz Berendes. 154 S., 53 Abb., 24 Tab., DM 39,--
- Heft 363, 1999: Arbuskuläre Mykorrhiza in der Pflanzenproduktion: Praxisbeispiele und Perspektiven. Arbuscular Mycorrhiza in Plant Production: Examples and Perspectives for Practical Application. Bearbeitet von Dr. Georg F. Backhaus und Dr. Falko Feldmann. 106 S., 25 Abb., 22 Tab., DM
- Heft 364, 1999: Analytik von Pflanzenschutzmitteln im Boden. Kurzfassungen von Methoden. Analysis of pesticides in soil. Abstracts of methods. Bearbeitet von Dr. Wolfgang Rödel, Ralf Fischer, Dr. Ralf Hänel und Dr. Johannes Siebers. 347 S., DM
- Die „Bibliographie der Pflanzenschutzliteratur“ ist die gedruckte Version der Datenbank PHYTOMED. Zuletzt erschien Neue Folge Band 31, Heft 4, 1996, bearbeitet von Prof. Dr. W. Laux u. Mitarb.

Anschrift für Tauschsendungen:

Please address exchanges to:

Adressez échanges, s'il vous plaît:

Para el canje dirigirse por favor a:

Bibliothek der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Königin-Luise-Straße 19, D-14195 Berlin (Dahlem)

Postanschrift: 14191 Berlin