

INSTITUT FÜR
NACHHALTIGE TECHNIKEN
UND SYSTEME

*WISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNG ZUR
BEURTEILUNG DER BIOINHIBITORISCHEN
WIRKUNG VON ZIRBENHOLZ*

ENDBERICHT

*E. STEINLECHNER
CH. RINESCH
P. TRINKAUS*

INSTITUT FÜR
NACHHALTIGE TECHNIKEN
UND SYSTEME

*WISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNG ZUR
BEURTEILUNG DER BIOINHIBITORISCHEN
WIRKUNG VON ZIRBENHOLZ*

ENDBERICHT

*E. STEINLECHNER
CH. RINESCH
P. TRINKAUS*

März 2003

JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme – JOINTS
Fachbereich Chemisch-Technische Pflanzennutzung
Elisabethstraße 16, A-8010 Graz, AUSTRIA
Tel.: +43 316 876 – 2411, Fax: +43 316 876 - 2430
Email: nts-ctp@joanneum.at
Web: www.joanneum.at/nts

Institutsleitung: ao. Univ.-Prof. Dipl. Ing. Dr. Hans Schnitzer

Projektleitung und -bearbeitung: Dr. Elisabeth Steinlechner, Joanneum Research

Durchgeführt im Auftrag der Landwirtschaftskammer für Tirol

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Problemstellung.....	6
2.	Ziele der Arbeit.....	9
3.	Material.....	10
3.1	Versuchstiere.....	10
3.2	Versuchsgefäße und Zirbenöl.....	13
4.	Methodik.....	15
4.1	Untersuchung der Wirkung verschiedener Holzarten auf die Testorganismen.....	16
4.2	Vergleichende Untersuchungen der Wirkung von Zirbenholz und Zirbenöl.....	18
5.	Ergebnisse.....	19
5.1	Untersuchung der Wirkung verschiedener Holzarten auf die Testorganismen (1. Durchgang)19	
5.2	Vergleichende Untersuchungen der Wirkung von Zirbenholz und Zirbenöl (2. Durchgang) ..	24
6.	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse.....	30
6.1	Diskussion des 1. Versuchsdurchganges.....	30
6.2	Diskussion des 2. Versuchsdurchganges.....	31
7.	Literatur und Quellenverzeichnis.....	33

Tabellen

Tabelle 1: Anzahl der adulten Motten.....	19
Tabelle 2: Anzahl der Mottenlarven {m}.....	20
Tabelle 3: Anzahl der Mottenlarven {a}.....	21
Tabelle 4: Biomasse [mg] der Altlarven.....	22
Tabelle 5: Gewichtsverlust [g] infolge Mottenfraß.....	23
Tabelle 6: Anzahl der adulten Motten.....	25
Tabelle 7: Anzahl der Mottenlarven {m}.....	26
Tabelle 8: Anzahl der Mottenlarven {a}.....	27
Tabelle 9: Biomasse [mg] der Altlarven.....	28
Tabelle 10: Gewichtsverlust infolge Mottenfraß.....	29

Abbildungen

Abbildung 1: Lärchen-Zirbenwald (Larici-Cembretum).....	6
Abbildung 2: Zirbenholzstube.....	7
Abbildung 3: Fraßschäden auf einem Kleidungsstück.....	9
Abbildung 4: Adulte Kleidermotten und Puppenköcher.....	10
Abbildung 5: Larven und Larvenköcher.....	11
Abbildung 6: Entwicklungszyklus der Kleidermotte.....	11
Abbildung 7: Zuchtgefäß mit Inhalt.....	12
Abbildung 8: Versuchsgefäße aus Holz; Leinöl; Ätherisches Zirbenöl.....	13
Abbildung 9: Rohmaterial für die Gewinnung von Zirbenöl.....	14
Abbildung 10: Klimaschrank Außen- und Innenansicht.....	15
Abbildung 11: Individuenzahlen.....	20
Abbildung 12: Reduktion der mittleren Individuenzahlen im Vergleich zum Mittelwert der Kontrolle.....	20
Abbildung 13: Individuenzahlen.....	21
Abbildung 14: Reduktion der mittleren Individuenzahlen im Vergleich zum Mittelwert der Kontrolle.....	22
Abbildung 15: Biomasse der Altlarven [mg].....	23
Abbildung 16: Fraßverlust [g].....	24
Abbildung 17: Relativer Gewichtsverlust des Füllmaterials im Vergleich zur Kontrolle.....	24
Abbildung 18: Individuenzahlen.....	26
Abbildung 19: Individuenzahlen.....	27
Abbildung 20: Biomasse der Altlarven [mg].....	28
Abbildung 21: Fraßverlust [g].....	29

WISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGEN ZUR BEURTEILUNG DER BIOINHIBITORISCHEN WIRKUNG VON ZIRBENHOLZ

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Zirbe (*Pinus cembra* L.), auch Arve genannt, gehört wie Fichte und Tanne in die Familie der Kieferngewächse und ist ein Charakterbaum der alpinen Hochlagen. Sie ist ein sehr robuster, langsamwüchsiger Baum. Auf durchschnittlichen Standorten erreicht sie mit 10 Jahren erst 20 bis 40 cm Höhe, mit 20 Jahren 60 - 90 cm. Ihr Höhenwachstum ist mit einem Alter von 200 - 300 Jahren meist abgeschlossen, wobei sie eine Größe von 20 m erreichen kann. Das Dickenwachstum endet erst mit dem Absterben des Baumes. Unter günstigen Bedingungen erreicht die Zirbe ein Alter von 700 bis 1000 Jahren und einen Stammdurchmesser von ca. 2 m. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt im inneralpinen Bereich. Sie ist ein Hochgebirgsbaum (1300 – 2750 m), der entweder Reinbestände bildet oder mit Lärche (Lärchen- Zirbenwald = Larici-Cembretum), seltener mit Latsche oder Fichte vergesellschaftet ist. Nach der Höhenverbreitung ist die Zirbe der höchststeigende Baum, der in Höhenlagen, wo sonst kein Baum mehr existieren kann, in geschlossenen Beständen als Schutzwaldbaum für den menschlichen Siedlungsraum unersetzlich ist.



Abbildung 1: Lärchen-Zirbenwald (Larici-Cembretum)

Neben seinem unschätzbaren ökologischen Wert im Hochgebirge weist dieser Baum weitere vielfältige Vorzüge auf, welche auch unseren Vorfahren bekannt waren und entsprechend genutzt wurden. So lässt sich Zirbenholz aufgrund seiner geringen Härte leicht verarbeiten und wurde insbesondere als Möbelholz, nicht zuletzt auch wegen seines guten und jahrzehntelang anhaltenden Duftes, sehr geschätzt¹. Außerdem war Zirbenholz ein bevorzugtes Holz für Schnitzereien und Holzbildhauereien. Speziell aus Gröden in Südtirol wurde um die Jahrhundertwende sehr viel Holz in Form von geschnitzten Kunstwerken in die ganze Welt exportiert (KURATORIUM "RETTET DEN WALD" 1999). Auch als Brennmaterial, zur Beheizung von Sudhäusern, fand das Zirbenholz Verwendung. Neben dem Holz war und ist die Gewinnung von qualitativ hochwertigem Harz und von Zirbenöl aus den Zirbennadeln, sowie die Gewinnung von essbaren Kernen (Zirbelnüsse) und von Zirbengeist (aromatischer Schnaps aus Zirbelnüssen) ein wirtschaftlicher Faktor.



Abbildung 2: Zirbenholzstube

In manchen Gegenden wurde die Zirbe durch schonungslose und großräumige Nutzung in ihrem Bestand stark dezimiert. Ein Umdenken in der Bewirtschaftung der Zirbenbestände setzte erst aufgrund von Hochwasser - und Lawinenkatastrophen ein (KURATORIUM "RETTET DEN WALD" 1999). Umfassende Schutzbestimmungen haben seither bewirkt, dass diese Baumart in den Alpen wieder Fuß fassen konnte. Eine fachgerechte und nachhaltige Holznutzung beziehungsweise eine umsichtige Schutzwaldpflege trägt nun wesentlich zur Bestandessicherung der Zirben bei.

Ein besonderes Charaktermerkmal von Zirbenholz ist seine „Astigkeit“, die ihm ein Rustikalimage verleiht. Das ist mit ein Grund dafür, dass derzeit die Nachfrage nach Zirbenholz bei der Innenraumausstattung stagniert. So wird in Österreich lediglich ein Anteil von 15 Prozent des Zirbenholzzuwachses genutzt (KURATORIUM "RETTET DEN WALD" 1999). Vor einer ähnlich unbefriedigenden Situation steht auch die Forstwirtschaft in Südtirol.

¹ <http://www.schnitzstubn.com/material.htm>

Eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Vermarktung von Zirbenholz könnte sich durch das Aufzeigen beziehungsweise den Nachweis besonderer Eigenschaften des Zirbenholzes, wie zum Beispiel einer abwehrenden oder auch bioziden Wirkung gegenüber Materialschädlingen, wie der Kleidermotte, ergeben.

Die Kleidermotte (*Tineola bisselliella* H.) gehört zu den bedeutendsten Textilschädlingen Mitteleuropas. In Stoff- und Teppichgeschäften kann Kleidermottenbefall empfindliche ökonomische Verluste verursachen (HAMMERS 1987). *Tineola bisselliella* wird auch als ernsthafte Bedrohung für wertvolle Museumsexponate betrachtet. Sie vernichtet nicht nur Wollstoffe, Pelze, Teppiche und Waren, die Vogelfedern enthalten, sondern beschädigt auch Materialien, die sie selbst nicht verdauen kann (WUDTKE 2000, PINNIGER 1994).

Produkte, aus dem aus Nadeln und Zweigen gewonnenen ätherischen Öl der Zirbe werden im Fachhandel bereits als Mottenschutzmittel angeboten. Für die Repellentwirkung beziehungsweise die biozide Wirkung ist vor allem das Monoterpen α -Pinen (Summenformel: $C_{10}H_{16}$), das in hoher Konzentration im ätherischen Zirbelkiefernöl vorhanden ist, verantwortlich (GILDEMEISTER & HOFFMANN 1929; ROTH & KORMANN 1997, ZIMMERMANN 1998; SCHNITZER & BÖCHZELT 2003; ORGANIC RESEARCH.COM 1998).

Über das ätherische Öl im Stammholz der Zirbe ist in der Literatur nichts bekannt. Es dürfte jedoch in den Nadeln und Zweigspitzen konzentrierter vorkommen, während im Stammholz das Harz eher überwiegt (RIEGER G. & RIBUL M. 2000). Ein Hinweis darauf findet sich auch bei GILDEMEISTER & HOFFMANN 1929: „Um die Bildung und Umwandlung des ätherischen Öls der sibirischen Ceder zu erforschen, untersuchten G.W. Pigulewski, W.W. Wladimirowa und A.A. Markow während zweier Vegetationsperioden die Nadeln mehrerer Bäume auf Gewicht, Trockengewicht, Ölgehalt und Ölzusammensetzung.....Im Laufe der Zeit nahm die Rechtsdrehung des Öls zu, was auf ein Verschwinden des Cadinens zugunsten des Pinens hinwies; ältere Teile (die Spitzen) der Nadeln gaben ein stärker rechtsdrehendes Öl als die jüngeren Teile. Die Verfasser vermuten, dass Cadinen sich in Harzsäuren umwandelt.“(Zitat)

2. ZIELE DER ARBEIT

Die vorliegende Arbeit hat folgende Ziele:

- a) Durch vergleichende Untersuchungen verschiedener Holzarten in ihrer Wirkung auf die Entwicklungsbiologie der Kleidermotte (*Tineola bisselliella* H.), welche als bedeutendster Textilschädling Mitteleuropas gilt² (BLUM 1998, PLARRE et al. 1999), sollte der Nachweis für die besondere Eignung von Zirbenholzmöbeln zur mottensicheren Aufbewahrung von Textilien erbracht werden.



Abbildung 3: Fraßschäden auf einem Kleidungsstück

Bei der Auswahl der verschiedenen Holzarten spielte der Aspekt der Konkurrenzfähigkeit des Zirbenholzes eine wesentliche Rolle. Deshalb wurde darauf geachtet, derzeit im Möbelbau favorisierte heimische Holzarten (MÖBEL LUTZ 2000) in den Versuch einzubeziehen.

- b) Durch vergleichende Untersuchungen von Zirbenholz und ätherischem Zirbenöl in ihrer Wirkung auf die Entwicklungsbiologie der Kleidermotte sollte untersucht werden, ob mit Zirbenholz ein, der aus der Literatur (nichtwissenschaftliche Apothekenzeitungen und ÖKO-Magazine; INFORMATIONSSYSTEM NACHWACHSENDE ROHSTOFFE- ITADA-Projekt B2 www.inaro.de) bekannten Wirkung des ätherischen Zirbenöls³, vergleichbares Resultat erzielt werden kann.

Als zusätzliche Frage interessierte, inwiefern durch eine Oberflächenbehandlung des Zirbenholzes mit ätherischem Zirbenöl eine Effizienzsteigerung erreicht werden kann.

Im Zusammenhang mit der Untersuchung der biologischen Entwicklung der Kleidermotte sind folgende Fragen von Bedeutung:

- Ist eine Wirkung erkenn - beziehungsweise nachweisbar? (Unterschiede zwischen den Varianten; Vergleich zur Kontrollvariante)
- Auf welches Entwicklungsstadium erfolgt die Wirkung und wie lässt sie sich beschreiben?

² Theoretisch bringt ein Kleidermottenweibchen pro Jahr (bei vier Generationen) bis zu 470.000 Nachkommen hervor, die bis zu 30 kg Wolle vertilgen können (WEIDNER 1975).

³ Das aus den Nadeln und Zweigspitzen der Zirbe gewonnene ätherische Öl ist für seine insektenabweisende Wirkung bekannt (ÖKOTEST 1997) und hat sich auch bereits als natürliches Abwehrmittel (Repellent) gegen Kleidermotten im Fachhandel etabliert (zB Fa. Aries, www.aries-online.de)

3. MATERIAL

3.1 Versuchstiere

Das Tiermaterial (Eier der Kleidermotte) wurde von der BUNDESANSTALT für MATERIALFORSCHUNG und -PRÜFUNG Berlin (BAM) bezogen und entstammt der Dauerzucht des Institutes für Vorratsschutz. Für die Versuchsanordnung wurden Mottenlarven benötigt, die am Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme - JOINTS aus den Eiern gezüchtet wurden.

3.1.1 Beschreibung des Versuchstieres (*Tineola bisselliella*)

Ausgewachsenes Insekt: Kleine, 5 bis 9 mm lange Motten (Ordnung Lepidoptera) mit dachartig über dem Rücken gefalteten Flügeln. Die vordere Flügelhälfte ist gelb, fettig glänzend, die hintere graugelb gefärbt und bewimpert. Die Weibchen sind etwa doppelt so groß wie die Männchen. Ein sicheres Unterscheidungsmerkmal sind die abdominalen Haarbüschel des Männchens, die dem weiblichen Tier fehlen. Fliegende Falter sind gewöhnlich Männchen, da die Weibchen wegen dem Gewicht der Eier am Boden bleiben. Die Männchen haben überdies eine um 60 % bis 160 % größere Flügelfläche als die Weibchen (DETTNER & PETERS 1999).



Abbildung 4: Adulte Kleidermotten und Puppenköcher

Larven: 1 bis 10 mm lange, gelbweiße Raupen mit dunkelbraunem Kopf. Der Thorax (Brust) weist drei sehr kurze Beinpaare auf und am Abdomen (Hinterleib) befinden sich weitere vier Extremitätenpaare. Mit Spinndrüsen, die am Unterkiefer münden, werden feine Gespinste, sogenannte Köcher, an den Fraßstellen gebildet (BÄHRMANN 1995).



Abbildung 5: Larven und Larvenköcher

Entwicklung der Kleidermotte

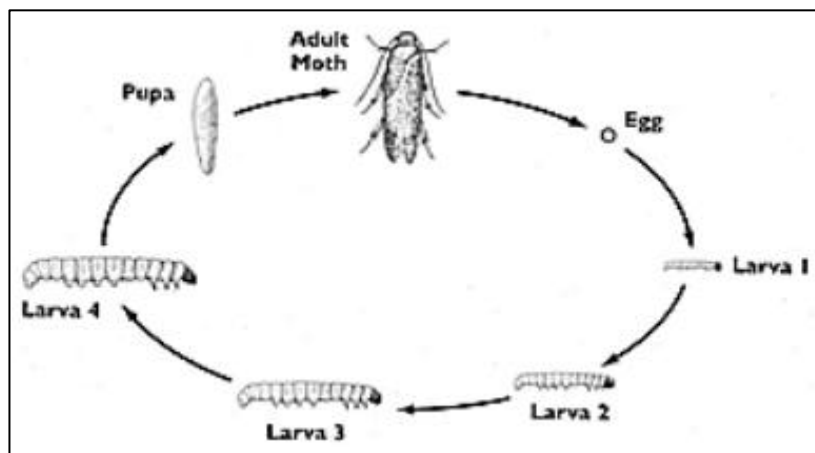


Abbildung 6: Entwicklungszyklus der Kleidermotte

Die Entwicklung der Kleidermotte führt, wie bei allen Schmetterlingen, über vier Stadien: Ei, Larve, Puppe, Falter. Die Männchen sind sofort nach dem Schlüpfen geschlechtsreif und vollziehen die Paarung. Die weiblichen Motten legen einige Tage nach der Kopulation 0,6 mm kleine Eier einzeln oder in Gruppen an raue Oberflächen, Vertiefungen oder Falten in der Nähe von Textilien ab⁴. Da die Motte lichtscheu ist, werden dunkle geschützte Stellen an den Kleidern oder Materialien bevorzugt. Gegenüber ungünstigen Umwelteinflüssen sind die Eier sehr empfindlich. Die zuerst ca. 1 mm langen, gelblich weißen Larven der Kleidermotte schlüpfen nach ca. 11 - 14 Tagen. Sie fressen an den Tierhaaren (Wolle, Fell, Pelz etc.). Aus feinen Fäden, Materialresten und Kot werden Köcher geformt, die ihnen zum Schutz dienen. Nach mehreren Häutungen (4 - 10), die jeweils mit einem Wachstumsschub verbunden sind, spinnen die ausgewachsenen Larven in den Textilien einen Kokon, um sich zu verpuppen.

⁴ Das Geschlechtsverhältnis ist unter normalen Umständen 1:1, verschiebt sich aber bei zunehmender Populationsdichte zugunsten der Männchen (WUDTKE 2002).

Die Larvenentwicklung, vom Zeitpunkt des Schlüpfens der Larve bis zum Falterstadium, dauert unter optimalen Bedingungen (geeignete Nahrung, optimale Luftfeuchtigkeit und Temperatur, Populationsdichte) ca. drei Monate.

Die im unbeweglichen Puppenstadium stattfindende Umwandlung zum geflügelten Falter (Motte) dauert unter optimalen Bedingungen⁵ ca. 10 bis 14 Tage. Die Weibchen legen nach der Kopulation in ihrer Lebenszeit von ca. 14 Tagen ihre Eier. Die Anzahl der abgelegten Eier ist abhängig vom Nahrungsangebot der Larven. Die Falter können wegen ihrer rückgebildeten Mundwerkzeuge keine Nahrung aufnehmen und richten somit keinen direkten Schaden an.

Sinnesphysiologie

Die Geruchsorgane, Sensillen, liegen auf den Antennen der adulten Tiere und auf Borsten oder „Riechhaaren“ bei den Larven. Die Sensillen bestehen aus Sinneshaaren auf denen sich Rezeptoren befinden. Den Männchen dienen die Geruchsorgane vor allem der Wahrnehmung weiblicher Sexuallockstoffe, den Weibchen hauptsächlich zur Ortung von Futterdüften (KÖHLER 2001; GEWECKE 1995).

3.1.2 Mottenzucht

Die von der BUNDESANSTALT für MATERIALFORSCHUNG und -PRÜFUNG Berlin (BAM) bezogenen Motteneier wurden samt dem mitgelieferten Wollstoff in Zuchtgefäße aus Plastik mit ventilierten Verschlüssen überführt.

Als Zuchtsubstrat wurden, entsprechend der Auskunft von Dr. R. PLARRE 2000 in einer gesättigten Hefe-Wasser-Lösung getränkte Hühnerfedern verwendet. Die Hefe diente dabei als Vitamin B-Lieferant. Obwohl Kleidermottenlarven zu den wenigen Ausnahmereischeinungen im Tierreich gehören, die Keratin verdauen können, fressen sie auf reinem Keratin, ohne Vitamin B, jahrelang ohne sich zu verpuppen (WUDTKE 2002, COLMAN 1932). Vitamin B stimuliert zudem die Eiablage (TRAYNIER et al. 1994).

Außerdem wurde, je nach Bedarf, zusätzlich Wollstoff eingesetzt⁶. Um optimale Zuchterfolge zu gewährleisten, beziehungsweise Mottenlarven in ausreichender Zahl verfügbar zu haben, wurde die Zucht in einem Zuchtraum mit Temperatur- und Feuchtigkeitsregelung, bei 25°C und 65 % Luftfeuchtigkeit, in Dunkelheit gehalten.



Abbildung 7: Zuchtgefäß mit Inhalt

⁵ Die Puppenruhe ist temperaturabhängig

⁶ Kleidermotten lassen sich an allen Materialien ziehen, die Keratin enthalten (PLARRE 2000).

3.2 Versuchsgefäße und Zirbenöl

3.2.1 Versuchsgefäße

Die Versuchsgefäße aus Holz wurden vom Auftraggeber (TIROLER WALDBESITZERVERBAND, Innsbruck) zur Verfügung gestellt. Sie wiesen folgende Maße auf: Höhe 12,5 cm, Breite und Tiefe 9 cm. Die Kontrollgefäße aus Kunststoff hatten einen Durchmesser von 9 cm und waren ebenfalls 12,5 cm hoch. Alle Gefäße hatten einen abnehmbaren Deckel mit Gazeeinsatz (Müller-Gaze; Maschenweite: 250µm) für den Luftaustausch. Auf ein Zusammenleimen der Einzelbestandteile der Kästchen wurde verzichtet, um einen Einfluss von in Leim enthaltenen Stoffen auf die Kleidermotten zu verhindern. Um einem Entkommen der Larven aus den Versuchsgefäßen vorzubeugen⁷, wurden die kritischen Stellen der Versuchsgefäße (aneinanderstoßende Holz-Einzelteile) mit Gaze abgedichtet.



Abbildung 8: Versuchsgefäße aus Holz; Leinöl; Ätherisches Zirbenöl.

3.2.2 Zirbenöl

Für den zweiten Versuchsdurchgang, in welchem die Wirkung von Zirbenholz und Zirbenöl miteinander verglichen, beziehungsweise der Effekt einer Oberflächenbehandlung des Zirbenholzes mit ätherischem Zirbenöl getestet wurde, wurde der Innenraum von je 15 Kästchen mit 3%-igem und von je 15 Kästchen mit 6%-igem Zirbenöl⁸ eingelassen. Als Trägersubstanz diente Lackleinöl. Die Kombination Leinöl + ätherisches Zirbenöl wurde gewählt, um die Beständigkeit der Wirksubstanzen des Zirbenöls zu verstärken (OBENGOFORI et al. 1998) Die Aufwandmenge der Tränklösung betrug 0,1l/m² Holz (ELBMARSCH ÖLMÜHLE GmbH 2001).

Das ätherische Zirbenöl und das als Trägersubstanz dienende Leinöl, wurden von der AURO Naturfarben GmbH, Kärnten bezogen.

⁷ Die Kopfkapselgröße der frisch geschlüpften Mottenlarven beträgt 0,15 mm. Deshalb können sie leicht durch feine Ritzen schlüpfen.

⁸ Das ätherische Zirbenöl betrug 3 % bzw 6 % der Tränklösung. Bei der Wahl der Konzentrationen orientierte ich mich an den Untersuchungen von O.WÄLCHLI 1978.

Ätherisches Zirbenöl

Das Zirbenöl wird durch Wasserdampfdestillation aus den Nadeln und Zweigspitzen der Zirbe (Arve, Zirbelkiefer, sibirische Zeder; *Pinus cembra* L.) gewonnen (AURO Naturfarben GmbH: www.auro.at). Nadeln und Zweige beziehungsweise Äste der Zirbe weisen unterschiedliche Zusammensetzungen des ätherischen Öls auf: Während das Öl der Nadeln hauptsächlich aus α -Pinen besteht, ist in Zweigen und Ästen ein Öl mit einem höheren 1-Cadinen Anteil als in den Nadeln zu finden (GILDEMEISTER & HOFFMANN 1929).



Abbildung 9: Rohmaterial für die Gewinnung von Zirbenöl

4. METHODIK

Im Untersuchungsdesign fand die Standard Arbeitsanweisung für die biologische Prüfung von Dämmstoffen aus Wolle gegen Textilinsekten (SOP 002`092) der EIDGENÖSSISCHEN MATERIALPRÜFUNGS- und FORSCHUNGSANSTALT (EMPA 1997) Berücksichtigung.

Um möglichst gleichbleibende, optimale Umweltbedingungen (Temperatur: $24\pm 1^{\circ}\text{C}$, Luftfeuchtigkeit: $65\pm 5\%$ rF) für die Tiere zu schaffen, wurden die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen in Klimaschränken⁹ unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt.



Abbildung 10: Klimaschrank Außen- und Innenansicht

STATISTISCHE AUSWERTUNG:

Zum Vergleich der verschiedenen Versuchsvarianten dienten bei der Auswertung der Individuenzahlen und der Fraßverluste die ANOVA (Einfache Varianzanalyse) und der auf der Bildung homogener Gruppen beruhende LSD-Test (lowest significant differences – siehe SACHS 1984). Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit dem Statistikprogramm StatGraphics 4.

Beim ersten Versuchsdurchgang wurden die Varianten „Zirbenholz“, „Birkenholz“, „Fichtenholz“, „Spanholz“ und „Kunststoff“ statistisch miteinander verglichen.

⁹ Um eine Duftwirkungsüberlagerung der einzelnen Varianten zu vermeiden, war es notwendig sie in getrennten Klimaräumen zu deponieren.

Beim zweiten Durchgang beschäftigte sich die statistische Auswertung mit dem Vergleich folgender Versuchsvarianten: „Zirbenholz kombiniert mit 6 % Zirbenöl“, „Zirbenholz kombiniert mit 3 % Zirbenöl“, „Zirbenholz mit Holzspänen“, „Zirbenholz“ und „Kunststoff“.

Die im Text als signifikant angegebenen Unterschiede sind bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 5 % gegeben (siehe auch RAMM & HOFMANN 1982).

4.1 Untersuchung der Wirkung verschiedener Holzarten auf die Testorganismen

In je zehn, mit quadratischen Wollflecken (81 cm²) aus naturbelassener, nicht entfetteter Schafwolle (=“Füllmaterial“) ausgelegten Kästchen aus den Holzarten Zirbe, Fichte, Birke und aus Spanholz, sowie aus Kunststoff (=Kontrollvariante) wurden 35 ausgewachsene Larven¹⁰, kurz vor ihrer Verpuppung, eingebracht. Um eine gute Entwicklung zu gewährleisten, wurde noch zusätzlich eine geringe Menge Zuchtsubstrat (mit Hefe versetzte Hühnerfedern) beigefügt.

Der Entwicklungsverlauf in Abhängigkeit der Holzausdünstung wurde beobachtet, dokumentiert und statistisch ausgewertet.

Untersucht wurden folgende Faktoren:

Entwicklung der Raupen und adulten Kleidermotten

Parameter:

- Individuenzahl (bei allen drei Kontrollterminen)
- Biomasse der Altlarven (bei Versuchsende)
- Körpergröße (visuelle Beurteilung- beim zweiten und dritten Kontrolltermin)

Fressaktivität

Parameter: relativer Masseverlust des Füllmaterials (=Fraßverlust) im Vergleich zur Kontrolle (bei Versuchsende)

4.1.1 Entwicklung der Raupen und adulten Kleidermotten¹¹

Das Einsetzen der Larven erfolgte vom 14. bis 19. August 2002. Circa vier Wochen nach der Inkubation, vom 11. bis 13. September, wurden die Gefäße geöffnet und die Anzahl der adulten Kleidermotten bestimmt. Ungefähr sechs Wochen nach der ersten Kontrolle, vom 23. bis 25. Oktober erfolgte die Bestimmung der Anzahl und Größe der Larven. Nach erfolgter Untersuchung wurden die Tiere in die entsprechenden Kästchen zurückgegeben.

Nach weiteren fünf Wochen, vom 2. bis 4. Dezember, wurde der Versuch abgebrochen und folgende Parameter bestimmt: Anzahl, Körpergröße und Biomasse der Altlarven sowie der relative Masseverlust des Füllmaterials.

Um Aussagen hinsichtlich der Entwicklungsbiologie im Larvenstadium treffen zu können, wurden die Larven zwei Entwicklungsabschnitten zugeordnet (mittel [m]= 8 ± 2 mg/15 Larven und alt [a]= 15 ± 2 mg/15 Larven).

¹⁰ In Anlehnung an die ISO Norm 3998 (1977) wurden Altlarven der Insekten eingesetzt.

¹¹ Den Versuchen waren Vorversuche zur biologischen Entwicklung der Kleidermotte unter den gewählten Bedingungen vorausgegangen. Das Ansetzen der jeweiligen Kontrolltermine basiert auf den daraus gewonnenen Ergebnissen.

4.1.2 Fressaktivität

Zur Bestimmung des Fraßverlustes ist es notwendig, die während des Versuches aufgenommene Feuchtigkeit mit zu berücksichtigen. Deshalb wurde das Füllmaterial „akklimatisiert“.

Zur Akklimatisation des Füllmaterials wurde dieses vor Beginn des Tieransatzes 10 Tage bis zur Gewichtskonstanz im Klimaschrank bei $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ und $65 \pm 5\%$ relativer Luftfeuchtigkeit gelagert. Das Endgewicht der Wollflecken wurde festgehalten. Bei Versuchsabbruch wurde das Gewicht der Wollflecken nach wiederum 10 Tagen Akklimatisation im Klimaschrank bestimmt.

4.2 Vergleichende Untersuchungen der Wirkung von Zirbenholz und Zirbenöl

In je 15, mit Wollflecken aus naturbelassener, nicht entfetteter Schafwolle ausgelegten Kästchen aus unbehandeltem Zirbenholz, Zirbenholzkästchen mit feinen Zirbenholzspänen (zur Verbesserung des Oberflächenkontaktes Tier-Holz), oberflächenbehandelte Zirbenholzkästchen (Lasur mit ätherischem Zirbenöl in 2 unterschiedlichen Konzentrationen) sowie Kunststoffgefäßen (= Kontrollvariante) wurden 35 ausgewachsene Larven eingebracht. Um eine gute Entwicklung zu gewährleisten, wurde zusätzlich eine geringe Menge Zuchtsubstrat beigefügt.

Der Entwicklungsverlauf der Kleidermotten wurde dokumentiert und statistisch ausgewertet.

Untersucht wurden folgende Faktoren:

Entwicklung der Raupen und adulten Kleidermotten

Parameter:

- Individuenzahl (bei allen drei Kontrollterminen)
- Biomasse der Altlarven (bei Versuchsende)
- Körpergröße (visuelle Beurteilung - beim zweiten und dritten Kontrolltermin)

Fressaktivität

Parameter: relativer Masseverlust des Füllmaterials (=Fraßverlust) im Vergleich zur Kontrolle (bei Versuchsende)

4.2.1 Entwicklung der Raupen und adulten Kleidermotten

Das Einsetzen der Larven erfolgte vom 20. bis 22. November 2002. Cirka vier Wochen nach der Inkubation, vom 18. bis 20. Dezember, wurden je Variante zehn Gefäße geöffnet und die Anzahl der adulten Kleidermotten bestimmt. Ungefähr sechs Wochen nach der ersten Kontrolle, vom 29. bis 31. Jänner 2003, erfolgte die Bestimmung der Anzahl und Größe der Larven wieder bei zehn Versuchsgefäßen jeder Variante. Nach erfolgter Untersuchung wurden die Tiere in die entsprechenden Kästchen zurückgegeben. Die restlichen 5 Kästchen jeder Variante wurden bis zum Versuchsabbruch ungestört gelassen, um den durch das Öffnen der Kästchen möglicherweise gegebenen Störeinfluss abschätzen und bei der Auswertung berücksichtigen zu können.

Nach weiteren fünf Wochen, vom 10. bis 12. März 2003, wurde der Versuch abgebrochen und folgende Parameter bestimmt: Anzahl, Körpergröße und Biomasse der Altlarven sowie der relative Masseverlust des Füllmaterials.

Um Aussagen hinsichtlich der Entwicklungsbiologie im Larvenstadium treffen zu können, wurden die Larven zwei Entwicklungsabschnitten zugeordnet (mittel $\{m\} = 8 \pm 2\text{mg}/15$ Larven und alt $\{a\} = 15 \pm 2\text{mg}/15$ Larven).

4.2.2 Fressaktivität

Bezüglich Fraßverlust siehe Punkt 4.1.2

5. ERGEBNISSE

5.1 Untersuchung der Wirkung verschiedener Holzarten auf die Testorganismen (1. Durchgang)

5.1.1 1. Kontrolltermin

Die erste Kontrolle wurde vom 11. bis 13. September 2002 durchgeführt.

Hinsichtlich der Zahl, der aus den Larven entstandenen adulten Kleidermotten lassen sich zu diesem Zeitpunkt keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Varianten feststellen (siehe Tabelle1). Die visuelle Beurteilung der Falter hinsichtlich eventueller Missbildungen ergibt ebenfalls keine Unterschiede. Alle Falter sind normal entwickelt.

Tabelle 1: Anzahl der adulten Motten

11.-13.9. 2002	1.Kontrolle		
Varianten	Individuenzahl / Variante		
	Mittelwert	SE	MEDIAN
Zirbenholz	34,4	0,7	34,5
Spanholz	34,1	0,9	34,0
Birkenholz	34,3	0,7	34,0
Fichtenholz	33,9	0,9	34,0
Kunststoff	34,3	0,7	34,0

5.1.2 2. Kontrolltermin

Die zweite Kontrolle wurde vom 23. bis 25. Oktober 2002 durchgeführt. Bestimmt wurden die Körpergrößen (visuelle Beurteilung) sowie die Anzahl der Larven, die dem Entwicklungsstadium {m} zuordenbar waren¹².

A) Körpergröße der Larven

Hinsichtlich der Größe der Larven {m} lassen sich keine Unterschiede zwischen den Varianten erkennen.

B) Individuenzahlen

Die stärkste biozide Wirkung zeigt das Zirbenholz. Die Individuenzahlen liegen signifikant niedriger als bei Fichtenholz, Spanholz, Birkenholz und Kunststoff (siehe Abbildung 11).

Die zweithöchste Wirkung weist das Fichtenholz auf. Die Individuenzahlen liegen signifikant niedriger als beim Birkenholz, beim Spanholz und beim Kunststoff.

Die Individuenzahlen beim Spanholz liegen signifikant niedriger als beim Kunststoff, während sich Birkenholz weder von Kunststoff noch von Spanholz signifikant unterscheidet.

Die Bestimmung der Reduktion der mittleren Larvenzahlen im Vergleich zur Kontrolle ergibt für Birkenholz und Spanholz gleichermaßen 4 %, für Fichtenholz 9 % und für Zirbenholz 21 % (siehe Abbildung 12).

¹² Zu diesem Zeitpunkt konnten in allen Varianten neben den Entwicklungsstadien {m} auch noch nicht so weit entwickelte Larven gefunden werden.

Tabelle 2: Anzahl der Mottenlarven {m}

23.-25.10. 2002	2.Kontrolle		
Varianten	Individuenzahl / Variante		
	Mittelwert	SE	MEDIAN
Zirbenholz	127,2	7,0	130,0
Spanholz	153,7	6,3	154,5
Birkenholz	156,3	6,2	155,5
Fichtenholz	146,8	2,9	146,5
Kunststoff	160,5	5,9	158,5

Box-and-Whisker Plot

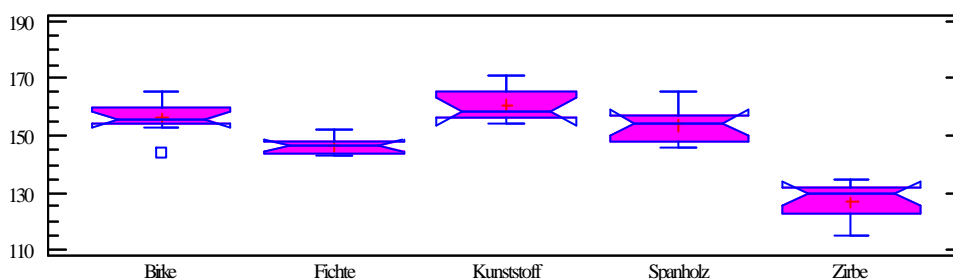


Abbildung 11: Individuenzahlen

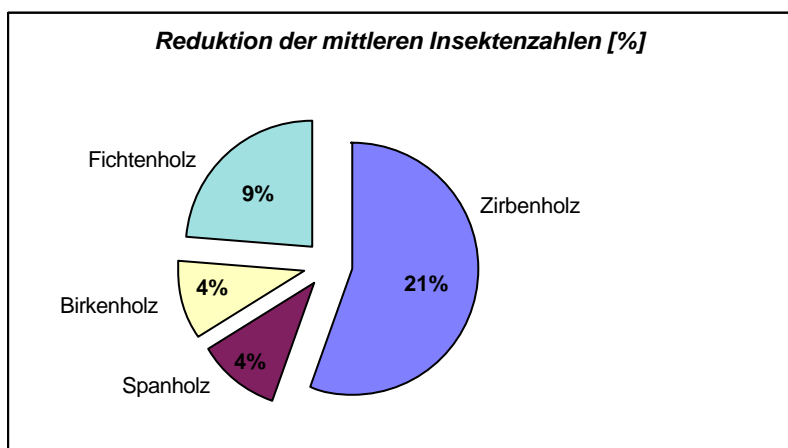


Abbildung 12: Reduktion der mittleren Individuenzahlen im Vergleich zum Mittelwert der Kontrolle

5.1.3 3. Kontrolltermin (Versuchsabbruch)

Der erste Versuchsdurchgang wurde zwischen 2. und 4. Dezember 2002 beendet. Die Untersuchungen an diesem Termin umfassten die visuelle Beurteilung der Körpergrößen, die Bestimmung der Individuenzahl und der Biomasse der Altlarven sowie die Bestimmung des Fraßverlustes.

A) Körpergröße der Larven

Hinsichtlich der Größe der Larven {a} lassen sich auch an diesem Termin keine Unterschiede zwischen den Varianten erkennen. Gleich wie beim zweiten Kontrolltermin, finden sich aber in

allen Untersuchungsvarianten einige wenige Entwicklungsstadien, die noch nicht der Zielgruppe Altlarven zugeordnet werden können. Unterschiede zwischen den Varianten hinsichtlich der Anzahl dieser kleineren Larven fallen nicht auf.

B) Individuenzahlen

Die stärkste biozide Wirkung zeigt wie beim zweiten Kontrolltermin das Zirbenholz. Die Individuenzahlen liegen signifikant niedriger als bei Fichtenholz, Spanholz, Birkenholz und Kunststoff (siehe Abbildung 13).

Die zweithöchste Wirkung weist wieder das Fichtenholz auf, mit Individuenzahlen, die signifikant niedriger liegen als beim Birkenholz, beim Spanholz und beim Kunststoff.

Im Gegensatz zum zweiten Kontrolltermin sind zu diesem Zeitpunkt keine signifikanten Unterschiede zwischen Birkenholz, Spanholz und Kunststoff festzustellen.

Die Bestimmung der Reduktion der mittleren Larvenzahlen im Vergleich zur Kontrolle ergibt für Birkenholz 9 %, für Spanholz 8 %, für Fichtenholz 36 % und für Zirbenholz 48 % (siehe Abbildung 14). Zwischen den Varianten Fichtenholz und Zirbenholz lassen sich hinsichtlich der Reduktion der mittleren Larvenzahlen im Vergleich zum Mittelwert der Kontrolle die gleichen Unterschiede, wie beim zweiten Kontrolltermin feststellen. Zu beiden Terminen beträgt der Unterschied zwischen diesen beiden Varianten 12 %.

Tabelle 3: Anzahl der Mottenlarven {a}

2. - 4.12. 2002	3.Kontrolle		
Varianten	Individuenzahl / Variante		
	Mittelwert	SE	MEDIAN
Spanholz	51,3	5,1	49,5
Birkenholz	50,0	8,7	49,0
Fichtenholz	35,2	5,0	34,5
Kunststoff	54,7	5,5	55,0
Zirbenholz	29,1	4,7	29,5

Box-and-Whisker Plot

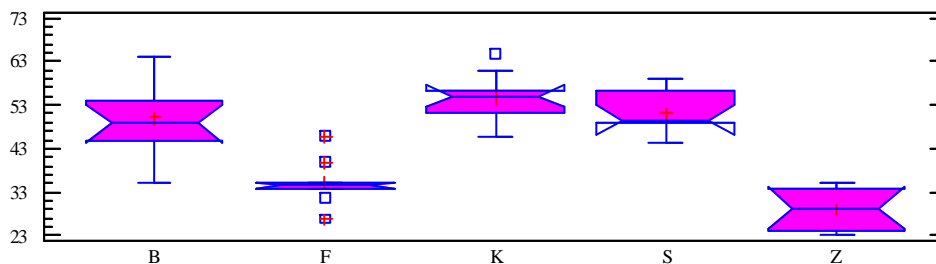


Abbildung 13: Individuenzahlen

(Legende: B – Birkenholz; F – Fichtenholz; K – Kunststoff; S – Spanholz; Z – Zirbenholz)

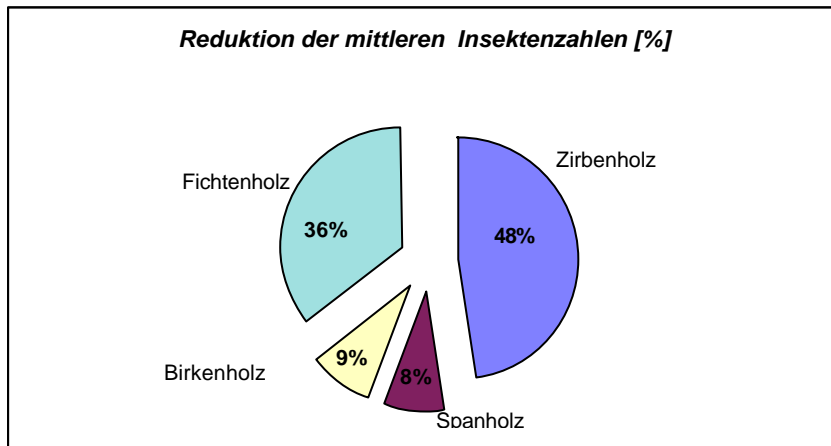


Abbildung 14: Reduktion der mittleren Individuenzahlen im Vergleich zum Mittelwert der Kontrolle

C) Biomasse der Altlarven

Die Werte der Biomasse der Altlarven entsprechen im Wesentlichen der Larvenzahl {a} (vergleiche Tabellen 3 und 4 und Abbildungen 13 und 15).

So zeigt die stärkste biozide Wirkung auch hier das Zirbenholz. Die Biomasse ist signifikant niedriger als bei Fichtenholz, Spanholz, Birkenholz und Kunststoff (siehe Abbildung 15).

Die zweitstärkste Wirkung weist das Fichtenholz auf. Die Biomassen liegen signifikant niedriger als beim Birkenholz, beim Spanholz und beim Kunststoff.

Es sind jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen Birkenholz, Spanholz und Kunststoff festzustellen.

Tabelle 4: Biomasse [mg] der Altlarven

2. - 4.12. 2002	3.Kontrolle		
	Biomasse / Variante [MG]		
Varianten	Mittelwert	SE	MEDIAN
Zirbenholz	27,4	4,8	28,0
Spanholz	51,9	5,5	50,0
Birkenholz	49,7	7,6	48,5
Fichtenholz	33,7	4,9	33,5
Kunststoff	54,6	5,7	54,5

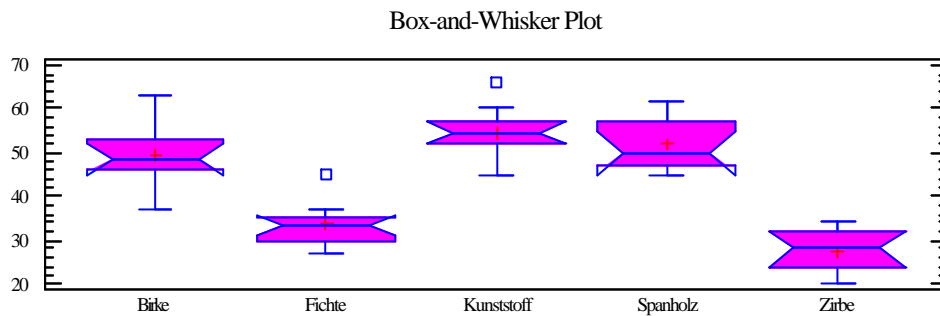


Abbildung 15: Biomasse der Altlarven [mg]

D) Fraßverlust

Ein Vergleich der Varianten hinsichtlich der Gewichtsreduktion des Füllmaterials infolge Fressaktivität der Mottenlarven bestätigt die Ergebnisse im Zusammenhang mit den Individuenzahlen und der Biomasse der Altlarven (siehe oben).

Die stärkste biozide Wirkung zeigt das Zirbenholz. Die Fraßverluste sind signifikant niedriger als bei Fichtenholz, Spanholz, Birkenholz und Kunststoff (siehe Abbildung 16). Die zweitstärkste biozide Wirkung weist das Fichtenholz auf. Die Fraßverluste liegen signifikant niedriger als beim Birkenholz, beim Spanholz und beim Kunststoff.

Die Varianten Spanholz, Birkenholz und Kunststoff weisen sehr ähnliche Ergebnisse, das heißt keine signifikanten Unterschiede, auf. Der Unterschied der drei Varianten zur Wirkung des Fichtenholzes entspricht dem Wirkungsunterschied zwischen Fichtenholz und Zirbenholz.

Die Bestimmung des relativen Gewichtsverlustes des Füllmaterials im Vergleich zur Kontrolle ergibt für das Zirbenholz rd. 56 %, für Birkenholz rd. 99 %, für Spanholz rd. 103 %, und für Fichtenholz rd. 82 % (siehe Abbildung 17).

Tabelle 5: Gewichtsverlust [g] infolge Mottenfraß

2. - 4.12. 2002	3.Kontrolle		
Varianten	Fraßverlust / Variante [G]		
	Mittelwert	SE	MEDIAN
Zirbenholz	0,47	0,10	0,46
Spanholz	0,87	0,18	0,91
Birkenholz	0,84	0,15	0,88
Fichtenholz	0,69	0,10	0,69
Kunststoff	0,85	0,09	0,84

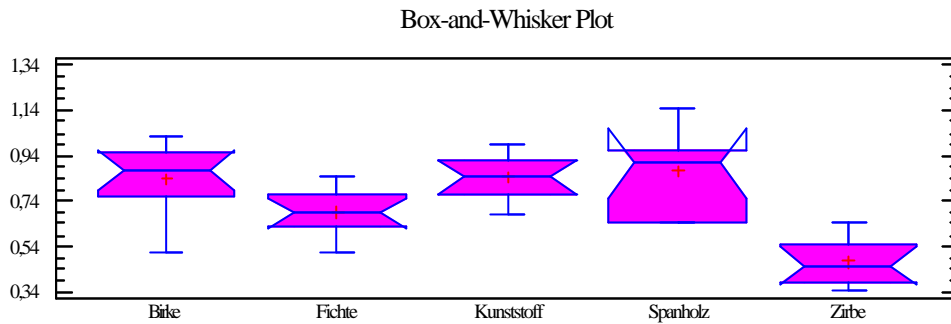


Abbildung 16: Fraßverlust [g]

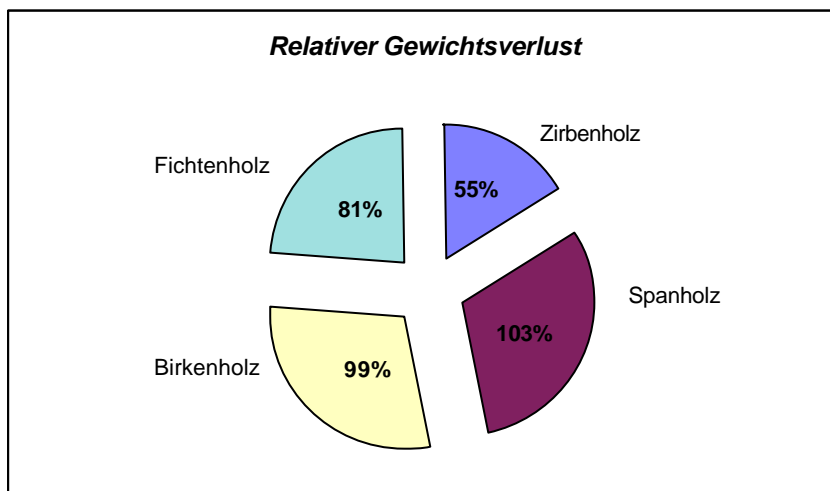


Abbildung 17: Relativer Gewichtsverlust des Füllmaterials im Vergleich zur Kontrolle

5.2 Vergleichende Untersuchungen der Wirkung von Zirbenholz und Zirbenöl (2. Durchgang)

5.2.1 Kontrolltermin

Die erste Kontrolle wurde vom 18. bis 20. Dezember 2002 durchgeführt.

Hinsichtlich der Individuenzahl der adulten Motten fallen keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Varianten auf (siehe Tabelle 6). Auch die visuelle Beurteilung der Falter hinsichtlich eventueller Missbildungen ergibt keine Unterschiede.

Tabelle 6: Anzahl der adulten Motten

18.12.-20.12. 2002	1.Kontrolle		
Varianten	Individuenzahl / Variante		
	Mittelwert	SE	MEDIAN
Zirbenholz	33,7	1,7	34,5
Zirbenholz + Zirbenöl 3%-ig	33,5	1,4	34,0
Zirbenholz + Zirbenöl 6%-ig	34,0	0,7	34,0
Zirbenholz + Zirbenholzspäne	34,2	0,4	34,0
Kunststoff	34,4	0,7	34,5

5.2.2 2. Kontrolltermin

Die zweite Kontrolle wurde vom 29. bis 31. Jänner 2003 durchgeführt. Bestimmt wurden die Körpergrößen (visuelle Beurteilung) sowie die Anzahl der Larven, die dem Entwicklungsstadium {m} zugeordnet werden konnten.

A) Körpergröße der Larven

Hinsichtlich der Größe der Larven {m} lassen sich keine Unterschiede zwischen den Varianten erkennen.

B) Individuenzahlen

Die Individuenzahlen bei der Variante „Zirbe + 6 % Öl“, welche sich signifikant von den Varianten „Zirbe + Späne“, „Zirbe“ und „Kunststoff“ unterscheidet, sind bei diesem Termin am niedrigsten. Auch die Werte der zweitwirksamsten Variante „Zirbe + 3 % Öl“ liegen signifikant niedriger als die der Varianten „Zirbe“ und „Kunststoff“ (siehe Abbildung 18).

Die Individuenzahlen der drittwirksamsten Variante „Zirbe + Späne“ liegen signifikant niedriger als die Individuenzahlen der Varianten „Zirbe“ und „Kunststoff“.

Die Bestimmung der Reduktion der mittleren Larvenzahlen im Vergleich zur Kontrolle ergibt für „Zirbe“ 36 %, für „Zirbe + Späne“ 39 %, für „Zirbe + 3 % Öl“ 40 % und für „Zirbe + 6 % Öl“ 42 %.

Tabelle 7: Anzahl der Mottenlarven {m}

29.1.-31.1. 2003	2.Kontrolle		
Varianten	Individuenzahl / Variante		
	Mittelwert	SE	MEDIAN
Zirbenholz	126,1	5,0	126,0
Zirbenholz + Zirbenöl 3%-ig	118,7	4,0	117,0
Zirbenholz + Zirbenöl 6%-ig	116,1	3,1	117,0
Zirbenholz + Zirbenholzspäne	121,3	5,0	118,5
Kunststoff	198,5	6,0	199,0

Box-and-Whisker Plot

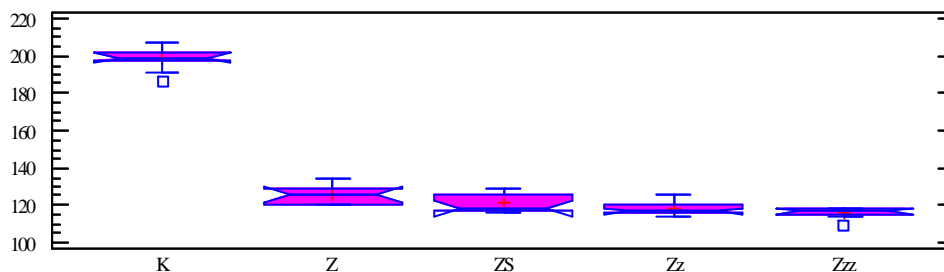


Abbildung 18: Individuenzahlen

(Legende: K – Kunststoff; Z – Zirbenholz; ZS – Zirbenholz + Späne; Zz – Zirbenholz + Zirbenöl 3%-ig; Zzz – Zirbenholz+ Zirbenöl 6%-ig)

5.2.3 3. Kontrolltermin (Versuchsabbruch)

Der zweite Versuchsdurchgang wurde zwischen 10. und 12. März 2003 beendet. Die Untersuchungen an diesem Termin umfassten, wie beim ersten Durchgang, die visuelle Beurteilung der Körpergrößen, die Bestimmung der Individuenzahl und der Biomasse der Altlarven sowie die Bestimmung des Fraßverlustes.

A) Körpergröße der Larven

Hinsichtlich der Größe der Larven {a} lassen sich keine Unterschiede zwischen den Varianten erkennen. Gleich wie im ersten Versuchsdurchgang beschrieben, fanden sich in allen Untersuchungsvarianten einige wenige, noch nicht so weit entwickelte Larvenstadien.

B) Individuenzahlen

Bei diesem Kontrolltermin sind die Individuenzahlen bei der Variante „Zirbe + 6 % Öl“, welche sich signifikant von den Varianten „Zirbe + Späne“, „Zirbe“ und „Kunststoff“ unterscheiden, wieder am niedrigsten. Auch die Werte der Variante „Zirbe + 3 % Öl“ liegen, gleich wie beim zweiten Termin, signifikant niedriger als die der Varianten „Zirbe“ und „Kunststoff“.

Die Individuenzahlen der drittwirksamsten Variante „Zirbe + Späne“ liegen signifikant niedriger als die der Variante „Kunststoff“, jedoch im Gegensatz zum zweiten Termin, nicht signifikant niedriger als die Individuenzahlen der Variante „Zirbe“ (siehe Abbildung 19).

Die Bestimmung der Reduktion der mittleren Larvenzahlen im Vergleich zur Kontrolle ergibt für „Zirbe“ 51 %, für „Zirbe + Späne“ 55 %, für „Zirbe + 3 % Öl“ 60 % und für „Zirbe + 6 % Öl“ 65 %. Im Vergleich zum zweiten Kontrolltermin fällt auf, dass die Unterschiede zwischen den Varianten bei Versuchsabbruch größer sind.

Tabelle 8: Anzahl der Mottenlarven {a}

10.3.-12.3. 2003	3.Kontrolle		
Varianten	Individuenzahl / Variante		
	Mittelwert	SE	MEDIAN
Zirbenholz	28,3	5,8	29,0
Zirbenholz + Zirbenöl 3%-ig	21,9	3,8	24,0
Zirbenholz + Zirbenöl 6%-ig	19,3	3,4	18,0
Zirbenholz + Zirbenholzspäne	25,1	7,1	24,0
Kunststoff	55,4	5,8	56,0

Box-and-Whisker Plot

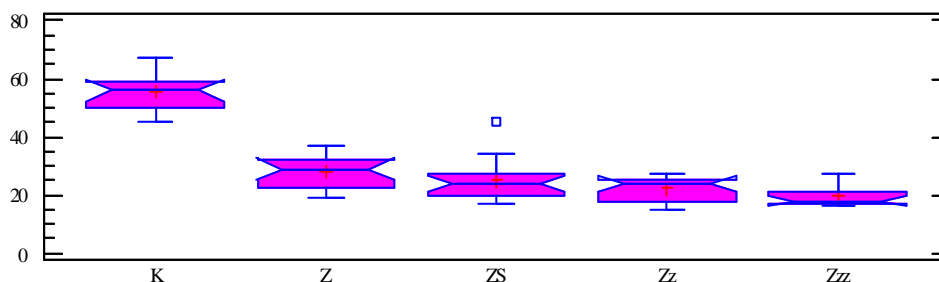


Abbildung 19: Individuenzahlen

(Legende: K – Kunststoff; Z – Zirbenholz; ZS – Zirbenholz + Späne; Zz – Zirbenholz + Zirbenöl 3%-ig; Zzz – Zirbenholz+ Zirbenöl 6%-ig)

C) Biomasse

Die geringste Biomasse weisen die beiden Varianten „Zirbe + 6 % Zirbenöl“ und „Zirbe + 3 % Zirbenöl“ auf, deren Mittelwerte fast ident sind und die sich signifikant von allen anderen Varianten unterscheiden. Keine signifikanten Unterschiede sind zwischen den beiden Varianten „Zirbe + Späne“ und „Zirbe“ festzustellen. Beide weisen aber signifikant geringere Biomasse auf als die Variante „Kunststoff“ (siehe Abbildung 20).

Tabelle 9: Biomasse [mg] der Altlarven

10.3.-12.3. 2003	3.Kontrolle		
Varianten	Biomasse/ Variante [MG]		
	Mittelwert	SE	MEDIAN
Zirbenholz	26,9	5,8	27,0
Zirbenholz Zirbenöl 3%-ig +	20,6	3,7	20,0
Zirbenholz Zirbenöl 6%-ig +	19,1	3,3	18,0
Zirbenholz Zirbenholzspäne +	25,9	7,2	27,0
Kunststoff	50,1	4,7	48,0

Box-and-Whisker Plot

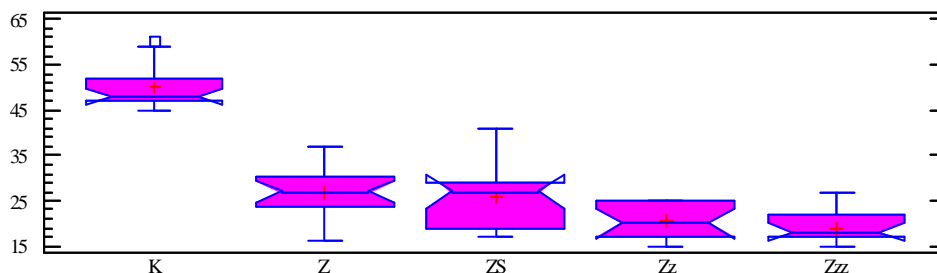


Abbildung 20: Biomasse der Altlarven [mg]

(Legende: K – Kunststoff; Z – Zirbenholz; ZS – Zirbenholz + Späne; Zz – Zirbenholz + Zirbenöl 3%-ig; Zzz – Zirbenholz+ Zirbenöl 6%-ig)

D) Fraßverlust

Die geringsten Fraßverluste weisen die beiden Varianten „Zirbe + 6 % Zirbenöl“ und „Zirbe + 3 % Zirbenöl“ auf, die fast idente Mittelwerte aufweisen und sich signifikant von allen anderen Varianten unterscheiden. Keine signifikanten Unterschiede sind zwischen den beiden Varianten „Zirbe + Späne“ und „Zirbe“ festzustellen. Beide weisen aber signifikant geringere Fraßverluste auf als die Variante „Kunststoff“ (siehe Abbildung 21).

Die Bestimmung des relativen Gewichtsverlustes des Füllmaterials im Vergleich zur Kontrolle ergibt für „Zirbe“ rd. 60 %, für „Zirbe + Späne“ 57 %, für „Zirbe + 3 % Zirbenöl“ 47 % und für „Zirbe + 6 % Zirbenöl“ 46 %.

Tabelle 10: Gewichtsverlust infolge Mottenfraß

10.3.-12.3. 2003	3.Kontrolle		
Varianten	Fraßverlust / Variante [G]		
	Mittelwert	SE	MEDIAN
Zirbenholz	0,50	0,06	0,49
Zirbenholz + Zirbenöl 3%-ig	0,40	0,04	0,39
Zirbenholz + Zirbenöl 6%-ig	0,39	0,04	0,39
Zirbenholz + Zirbenholzspäne	0,48	0,05	0,48
Kunststoff	0,84	0,10	0,85

Box-and-Whisker Plot

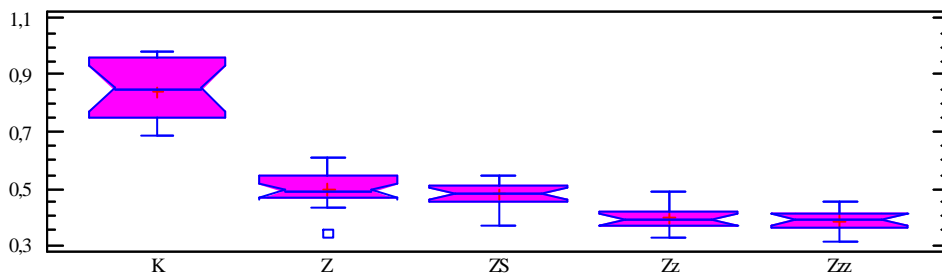


Abbildung 21: Fraßverlust [g]

6. ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION DER ERGEBNISSE

In dieser Arbeit konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass eine die Larvenentwicklung beeinträchtigende Wirkung durch Zirbenholz gegeben ist und dass sich diese Wirkung signifikant von der Wirkung der anderen getesteten Holzarten unterscheidet. Die mit Zirbenholz erzielten Resultate hinsichtlich Reduktion der Insektenlarven und Fraßverlust waren mit Abstand besser als jene, die die anderen in den Versuch einbezogenen Holzarten aufweisen konnten.

Außerdem konnte gezeigt werden, dass eine zusätzliche Behandlung des Holzes mit ätherischem Zirbenöl geeignet ist, diese Wirkung zu verstärken. Am Markt hat sich die Idee, ätherische Öle als natürlichen Holzschutz einzusetzen, bereits etablieren können: Zum Beispiel verwenden Hersteller von Naturfarben (Sehestedter Naturfarben <http://www.chito.com/>; AURO- Naturfarben GmbH <http://www.biomilan.at/rohstoffe.html>; Jobeck GmbH http://www.jobeck.de/holzschutz_info.html) ätherische Öle, unter anderem auch Zirbenöl, als Holzschutzkomponente in ihren Farben.

Der Unterschied zwischen der Wirkung des unbehandelten Zirbenholzes und des mit einer Lasur von ätherischem Zirbenöl ausgestatteten Holzes war durchaus beachtlich. So konnte mit 6%-igem Zirbenöl gegenüber der unbehandelten Zirbenholzvariante eine Effizienzsteigerung sowohl hinsichtlich der Reduktion der Larvenzahlen als auch der Fraßverluste um das 1,3-fache erreicht werden. Eine solche Zusatzbehandlung des Zirbenholzes könnte im Zusammenhang mit der Vergrämung (Abwehr) von adulten Kleidermotten interessant sein. Im Zusammenhang mit der Bekämpfung der Larven stehen effizientere Methoden bzw. Produkte auf natürlicher Basis zur Verfügung (PLARRE 2002).

Die Variante „Zirbe + Späne“ sollte zu einem intensiveren Kontakt der Larve mit dem Zirbenholz beitragen. Der Einfluss dieser Variante auf die Entwicklung der Mottenlarven war zwar etwas stärker als der des unbehandelten Zirbenholzes, reichte aber nicht an die Wirkung der mit Zirbenöl behandelten Varianten heran. Der Körperkontakt zum Zirbenholz wirkte demnach nicht so stark beeinträchtigend auf die Entwicklung der Mottenlarven, wie der Zirbenholzduft.

Die Frage, auf welches Stadium der Larvenentwicklung die Wirkung am stärksten ist, lässt sich aufgrund der Ergebnisse nicht beantworten. Dazu wären Untersuchungen mit empfindlicheren Methoden notwendig (PLARRE et al. 1999; GERARD & RUF 1995). Deutlich erkennbar war jedoch eine zunehmende Beeinträchtigung der Larven mit fortschreitender Entwicklungsdauer beziehungsweise fortdauernder Einwirkung des Zirbenholzduftes.

Ziel der Untersuchungen war es, den Einfluss von Zirbenholz resp. ätherischem Zirbenöl auf die Entwicklung der Kleidermottenlarven im Vergleich zu anderen (Holz)-Varianten und zur Kontrolle (Kunststoffgefäß) zu dokumentieren. Dieser Fragestellung liegt die Überlegung zugrunde, dass sich entwicklungsfähige Mottenstadien bereits im Inneren des Zirbenholzmöbels befinden.

Für die Beantwortung der Fragestellung der Repellentwirkung von Zirbenholz, das heißt einer Wirkung, die Motten im Falterstadium davon abhält in das entsprechende Möbel einzudringen, wurden in dieser Arbeit keine adäquaten Versuche durchgeführt. Diesbezügliche Untersuchungen sind jedoch im Rahmen eines Folgeprojektes vorgesehen.

6.1 Diskussion des 1. Versuchsdurchganges

Die Varianten „Zirbenholz“, „Fichtenholz“, „Birkenholz“ und „Spanholz“, sowie „Kunststoff“ (=Kontrollvariante) wurden in ihrer Wirkung auf die Entwicklung der Kleidermotte (*Tineola bisselliella* H.) miteinander verglichen. Zur Dokumentation der biologischen Entwicklung der Kleidermotten, wurden die Anzahl der Adulten (ca. 4 Wochen nach dem Einsetzen der Altlarven), die Larvenzahlen und die Körpergrößen zu zwei unterschiedlichen

Entwicklungsabschnitten (mittel [m]= 8 ± 2 mg/15 Larven und alt [a]= 15 ± 2 mg/15 Larven), und die Biomasse der Altlarven bestimmt. Als zusätzlicher Parameter wurde der Fraßverlust des Füllmaterials (Wollflecken) bei Versuchsabbruch bestimmt.

Während sich bei den adulten Tieren noch keine Unterschiede zwischen den Varianten zeigten, war bereits beim zweiten Kontrolltermin eine stärkere beeinträchtigende Wirkung des Zirbenholzes auf die Entwicklung der Kleidermotte, verglichen mit den anderen Holzarten, nachweisbar: Die Individuenzahlen der Zirbenholzvariante lagen signifikant niedriger als bei allen anderen Varianten.

Mit fortschreitender Versuchsdauer vergrößerte sich der Abstand der Zirbenholzvariante zur Kontrollvariante, aber auch zu den Varianten „Birkenholz“ und „Spanholz“ hinsichtlich der Individuenzahlen: War beim zweiten Kontrolltermin das Verhältnis Junglarvenzahlen der Variante „Zirbenholz“ im Vergleich zur Kontrolle noch ca. 1:1,3 so wies bei Versuchsabbruch die Variante „Zirbenholz“ nur mehr rund die Hälfte der Individuenzahlen der Kontrollvariante auf. Daraus lässt sich ableiten, dass mit fortdauernder Einwirkung des Zirbenholzduftes eine zunehmende Beeinträchtigung der Entwicklung der Kleidermotten einhergeht.

Mottenlarven haben statt der Fühler Borsten und „Riechhaare“, mit denen sie Gerüche wahrnehmen. WUDTKE 2002 konnte in Laborversuchen unter Einsatz von ätherischem Teebaum-, Lavendel-, Nelken-, und Zedernöl nachweisen, dass Mottenlarven äußerst empfindlich auf diese ätherischen Öle reagierten.

Die Biomassewerte der Altlarven spiegelten bei der Kontrollvariante und den Varianten „Spanholz“ und „Birkenholz“ im Wesentlichen die Ergebnisse bezüglich Larvenzahlen der Altlarven wider. Laut EMPA 1997 und entsprechend der Ergebnisse eigener Untersuchungen weisen gut entwickelte Altlarven ein Gewicht von ca. 1mg auf.

Bei den Varianten „Zirbenholz“ und „Fichtenholz“ lagen die Werte unter den Werten der entsprechenden Larvenzahlen. Das könnte auf einen im Vergleich zu den Altlarven der anderen Varianten schlechteren Entwicklungszustand der Larven in den Varianten „Zirbenholz“ und „Fichtenholz“ hinweisen.

Ein Vergleich der Varianten hinsichtlich der Gewichtsreduktion des Füllmaterials infolge Fressaktivität der Mottenlarven bestätigte die Ergebnisse im Zusammenhang mit den Individuenzahlen und der Biomasse der Altlarven: Die Bestimmung des relativen Gewichtsverlustes des Füllmaterials im Vergleich zur Kontrolle ergab für das Zirbenholz mit rd. 56 % das mit Abstand beste Resultat im Vergleich der Holzvarianten (Fichtenholz rd. 82 %, Birkenholz rd. 99 %, Spanholz rd. 103 % relativer Gewichtsverlust).

WUDTKE 2002 berichtet im Zusammenhang mit der Anwendung einer speziellen Niem-Lösung¹³ (NeemAzal-T/S) zur Bekämpfung der Kleidermotte, von einem relativen Gewichtsverlust des Füllmaterials im Vergleich zur Kontrolle, von rd. 23 %. Der Vergleich der Wirkung eines solch effizienten Fraßgiftes mit der Wirkung von Zirbenholz, soll die beachtliche Wirkung von Zirbenholz noch einmal unterstreichen.

6.2 Diskussion des 2. Versuchsdurchganges

Im zweiten Versuchsdurchgang wurden die Varianten „Zirbenholz“, „Zirbenholz kombiniert mit 6 % Zirbenöl“, „Zirbenholz kombiniert mit 3 % Zirbenöl“, „Zirbenholz mit Holzspänen“, sowie „Kunststoff“ (=Kontrollvariante) in ihrer Wirkung auf die Entwicklung der Kleidermotte (*Tineola bisselliella* H.) miteinander verglichen. Zur Dokumentation der biologischen Entwicklung der Kleidermotten, wurden auch im zweiten Versuchsdurchgang die Anzahl der Adulten, die Larvenzahlen und Körpergrößen sowie die Biomasse der Altlarven, wie oben beschrieben, bestimmt. Als zusätzlicher Parameter wurde der Fraßverlust des Füllmaterials bei Versuchsabbruch bestimmt.

Durch die Oberflächenbehandlung mit 6%-igem Zirbenöl konnte gegenüber der unbehandelten Zirbenholzvariante eine Effizienzsteigerung hinsichtlich der Reduktion der

¹³ Niem ist ein äußerst wirksames Fraßgift für Insekten

Larvenzahlen um das 1,3-fache, bei der Variante „Zirbe + 3 % Öl“ um das 1,2-fache erreicht werden.

Es zeigte sich, dass die Individuenzahlen in den mit Zirbenöl behandelten Zirbenholzkästchen („Zirbe + 6 % Öl“, „Zirbe + 3 % Öl“) sowohl beim zweiten Kontrolltermin als auch bei Versuchsabbruch signifikant niedriger lagen, als bei den Varianten „Zirbe“ und „Kunststoff“. Die Variante „Zirbe + 6 % Öl“ zeigte überdies zu beiden Kontrollterminen signifikant niedrigere Larvenzahlen als die Variante „Zirbe + Späne“. Beim zweiten Kontrolltermin wies auch die drittwirksamste Variante „Zirbe + Späne“ signifikant niedrigere Individuenzahlen auf, als die Varianten „Zirbe“ und „Kunststoff“. Bei Versuchsabbruch konnten in den Kästchen der Variante „Zirbe + Späne“ keine signifikant niedrigeren Individuenzahlen als bei der Variante „Zirbe“ mehr gefunden werden.

Wie beim ersten Versuchsdurchgang, vergrößerte sich mit fortschreitender Versuchsdauer der Abstand aller Zirbenholzvarianten zur Kontrollvariante. Ebenso vergrößerte sich der Abstand der mit ätherischem Zirbenöl behandelten Varianten deutlich zur Variante „Zirbenholz“. Beim zweiten Termin war beispielsweise das Verhältnis bezüglich Individuenzahlen zwischen den Varianten „Zirbe + 6 % Öl“ und „Zirbe“ 1:1,1 und bei Versuchsabbruch 1:1,5.

Die Werte der Biomasse der Altlarven spiegelten, wie beim ersten Versuchsdurchgang, im Wesentlichen die Ergebnisse bezüglich Altlarvenzahlen wider. Im Gegensatz zum ersten Versuchsdurchgang unterschied sich das Körpergewicht der Altlarven der einzelnen Zirbenholz-Varianten jedoch nicht von jenem der Altlarven der Kontrollvariante.

Auch die Auswertung der Fraßverluste zeigte die geringsten Werte bei den beiden Varianten „Zirbe + 6 % Zirbenöl“ und „Zirbe + 3 % Zirbenöl“, die fast idente Mittelwerte aufwiesen und sich signifikant von allen anderen Varianten unterschieden. Keine signifikanten Unterschiede waren hingegen, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen bezüglich Individuenzahlen der Altlarven, zwischen den beiden Varianten „Zirbe + Späne“ und „Zirbe“ festzustellen. Beide Varianten wiesen aber signifikant geringere Fraßverluste auf als die Variante „Kunststoff“. Die Bestimmung des relativen Gewichtsverlustes des Füllmaterials im Vergleich zur Kontrolle erbrachte für die Varianten „Zirbe + 6 % Zirbenöl“ mit rd. 46 % und „Zirbe + 3 % Zirbenöl“ mit rd. 47 % das beste Ergebnis im Vergleich der Varianten. Unbehandeltes Zirbenholz wies bei diesem zweiten Versuchsdurchgang einen relativen Gewichtsverlust von rd. 60 % auf.

Aus den oben dargestellten Ergebnissen lässt sich erkennen, dass durch eine zusätzliche Behandlung des Zirbenholzes mit ätherischem Zirbenöl eine beachtliche Steigerung der bioziden Wirkung gegenüber Kleidermotten erreicht wird.

Einige Anbieter (z.B. Sehestedter Naturfarben; AURO- Naturfarben GmbH, Jobeck GmbH) verwenden ätherische Öle, unter anderem auch Zirbenöl, als Holzschutzkomponente bei der Farbenherstellung.

Die biozide Wirkung des ätherischen Öls von Vertretern der Gattung Pinus ist in der Fachliteratur vielfach dokumentiert (zB: SCHULZ et al. 1998; RICHMOND 1985; DAUGAVIETIS M. 2001; WÄLCHLI 1978). Verantwortlich für die biozide Wirkung ist der hohe Anteil an Monoterpenen und Sesquiterpenen, im Zirbenöl vor allem der hohe Anteil an a-Pinen (GILDEMEISTER & HOFFMANN 1929; ROTH L. & KORMANN K. 1997).

7. LITERATUR UND QUELLENVERZEICHNIS

- BÄHRMANN R. 1995: Bestimmung wirbelloser Tiere. 3. Auflage. G.Fischer Verlag, Jena Stuttgart
- BLUM S. 1998: What should you do when Webbing Clothes Moths „materialize” in an Account?. Pest Control 66, 70-73
- COLMAN W. 1932: Effect of yeast on clothes moth larvae. Journal of Economic Entomology 25, 1242
- DAUGAVIETIS M. 2001: Experience of Pine and Spruce Needle´s Extractives using for Plant Protection. In: Proceedings of the international workshop Estonia, Tartu 24-25 January 2001
- DETTNER K. & PETERS W. 1999: Lehrbuch der Entomologie. G. Fischer, Stuttgart
- EIDGENÖSSISCHE MATERIALPRÜFUNGS- und FORSCHUNGSANSTALT (EMPA) 1997: Motten- und Käferrechtheit von Dämmstoffen. Standard Arbeitsanweisung (SOP). St. Gallen
- ELBMARSCH ÖLMÜHLE GmbH 2001: Leinöl- Holzschutz. Bleckede/Brackede
<http://www.elbmarsch-oelmuehle.de/Page10091/Holzschutz/holzschutz.html>.
- FALBE J. & REGLITZ M. 1995: Römpp Chemie Lexikon. Thieme Verlag
- GERARD P.J. & RUF L.D. 1995: The Effectiveness of Tebufenozide for Control of five Commodity Insect. NZPPS proceedings; The New Zealand Plant Protection Society Incorporated
- GEWECKE M. 1995: Physiologie der Insekten, G. Fischer, Stuttgart
- GILDEMEISTER E. & HOFFMANN F. 1929: Die ätherischen Öle.- 2. Bd., 3. Aufl., Verlag der Schimmel & Co. AG, Leipzig.
- HAMMERS J. 1987: Neue Beiträge zum Abbau von Wolle durch Motten- und Käferlarven (New contributions to the destruction of wool by moth and beetle larvae). Schriftenreihe des Deutschen Wollforschungsinstitutes 100, 1-92.
- INARO (Informationssystem Nachwachsende Rohstoffe- ITADA-Projekt B2) 2001: „Arvenöl“-relevante Einträge; http://www.inaro.de/Deutsch/Suche_index.htm
- ISO 3998. 1977: Textiles- Determination of resistance to certain insect pests
- KÖHLER J. 2001: Galenische Entwicklung eines Insektenrepellents mit verbesserter Haftfestigkeit. Dissertation, Friedrich- Wilhelms-Universität, Bonn
- KURATORIUM „RETTET DEN WALD” 1999: Die Zirbe, Baum des Jahres 1999
www.wald.or.at
- MÖBEL LUTZ 2000: Die gängigsten Hölzer, die für Möbel verarbeitet werden.
<http://www.wohningformation.de/moebelkunde/german/materialien/holz.html>
- OBENG-OFORI D., REICHMUTH C. H., BEKELE A. J. & ASSANALI A. 1998: Toxicity and protectant potential of camphor, a major component of essential oil of Ocimum kilimandscharicum, against four stored product beetles. International Journal of Pest Management 44/ 4: 203 - 209
- ÖKOTEST1997: Testurteil Mottenöl; Testurteil Kleidermottenfallen-Arven Mottenschutz, Sonderheft Kosmetik, Heft 23/1997
- ORGANIC-RESEARCH. COM 1998: Database of Organic Standards in the EU - Plant Protection Products and other Products
http://www.organic-research.com/LawsRegs/db/db_protection_int.asp
- PINNIGER D.B. 1994: Insect Pests in Museums. Archetype Press, London

- PLARRE R., LIEBER K., BURKHOLDER W. & PHILLIPS J. 1999: Host and host instar preference of *Apanteles carpatus* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) a possible parasitoid for biological control of clothes moths (Lepidoptera: Tineidae). *Journal of Stored Products Research* 35. 197-213
- PLARRE R. 2000: Tipps zur Kleidermottenzucht. Mündl. Auskunft, Berlin
- RAMM B. & HOFMANN G. 1982. Biomathematik.- Stuttgart.
- RICHMOND C.E. 1985: Effectiveness of two Pine oils for protecting lodgepole pine from attack by the mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae). *Can. Entomol.*117: 1445-1446
- RIEGER G. & RIBUL M. 2000: TIPPS zur Isolierung sekundärer Inhaltsstoffe aus Stammholz. Mündl. Auskunft, Graz
- ROTH L. & KORMANN K. 1997: Duftpflanzen – Pflanzendüfte. Ätherische Öle und Riechstoffe. Ecomed Verlagsges. AG Co.KG, Landsberg
- SACHS L. 1984. Angewandte Statistik.- 6. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo.
- SCHNITZER H. & BÖCHZELT H. 2003: Innovative Nutzung von Pflanzen – INNUPLANT. Abschlussbericht.- Joanneum Research, Graz
- SCHULZ, V., R. HÄNSEL, V.E. TYLER. 1998: Rational Phytotherapy: A Physicians Guide to Herbal Medicine. New York: Springer.
- WÄLCHLI O. 1978: Untersuchungen zur Wirkung von Zedernholzöl und Chinesischem Pinusöl in: www.chito.com/informationen/npdrogen.html
- WEIDNER H. 1970: Die Kleidermotte *Tineola bisselliella* (Hummel, 1823), *Praktische Schädlingsbekämpfung* 22, 70-76
- WUDTKE A. 2002: Möglichkeiten des Methodentransfers vom Vorratsschutz zum Materialschutz- Bekämpfung von Museumsschädlingen am Beispiel der Kleidermotte *Tineola bisselliella* (Hum. 1823), Lepidoptera: Tineidae. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin
- ZIMMERMANN E. 1998: Aromatherapie für Pflege- und Heilberufe- Ein Kursbuch zur Aromapraxis. Johannes Sonntag Verlagsbuchhandlung GmbH, Stuttgart

ANHANG**1. Versuchsdurchgang****1. Kontrolltermin: 11.9.2002- 13.9.2002****Individuenzahl der adulten Kleidermotten**

Zirbenholz		Spanholz		Kontrolle	
Versuchsgefäß	Individuen	Versuchsgefäß	Individuen	Versuchsgefäß	Individuen
11	35	41	35	1	35
12	34	42	32	2	35
13	33	43	34	3	34
14	35	44	34	4	34
15	34	45	34	5	34
16	35	46	34	6	35
17	34	47	34	7	34
18	35	48	35	8	35
19	35	49	34	9	33
20	34	50	35	10	34
MW	34,4	MW	34,1	MW	34,3
Median	34,5	Median	34	Median	34
SE	0,7	SE	0,9	SE	0,7

Birkenholz		Fichtenholz	
Versuchsgefäß	Individuen	Versuchsgefäß	Individuen
21	34	31	34
22	34	32	34
23	34	33	35
24	35	34	32
25	35	35	33
26	35	36	35
27	35	37	34
28	34	38	34
29	34	39	34
30	33	40	34
MW	34,3	MW	33,9
Median	34	Median	34
SE	0,7	SE	0,9

2. Kontrolltermin: 23.10.2002 -25.10.2002**Individuenzahl der Mottenlarven [m]**

Zirbenholz		Spanholz		Kontrolle	
Versuchsgefäß	Individuen	Versuchsgefäß	Individuen	Versuchsgefäß	Individuen
11	134	41	146	1	168
12	123	42	153	2	155
13	131	43	157	3	158
14	135	44	148	4	156
15	132	45	148	5	171
16	132	46	166	6	166
17	118	47	157	7	154
18	129	48	158	8	161
19	115	49	156	9	159
20	123	50	148	10	157
MW	127,2	MW	153,7	MW	160,5
Median	130	Median	154,5	Median	158,5
SE	7,0	SE	6,3	SE	5,9

Birkenholz		Fichtenholz	
Versuchsgefäß	Individuen	Versuchsgefäß	Individuen
21	155	31	144
22	154	32	146
23	144	33	144
24	157	34	152
25	160	35	147
26	153	36	151
27	156	37	146
28	164	38	147
29	166	39	148
30	154	40	143
MW	156,3	MW	146,8
Median	155,5	Median	146,5
SE	6,2	SE	2,9

3. Kontrolltermin: 2.12.2002 - 4.12.2002**Individuenzahl der Mottenlarven [a]**

Zirbenholz		Spanholz		Kontrolle	
Versuchsgefäß	Individuen	Versuchsgefäß	Individuen	Versuchsgefäß	Individuen
11	35	41	49	1	56
12	34	42	56	2	55
13	23	43	44	3	46
14	32	44	49	4	51
15	34	45	50	5	49
16	32	46	59	6	61
17	24	47	45	7	53
18	27	48	56	8	56
19	24	49	49	9	65
20	26	50	56	10	55
MW	29,1	MW	51,3	MW	54,7
Median	29,5	Median	49,5	Median	55
SE	4,7	SE	5,1	SE	5,5
Birkenholz		Fichtenholz			
Versuchsgefäß	Individuen	Versuchsgefäß	Individuen		
21	63	31	27		
22	35	32	32		
23	47	33	46		
24	54	34	34		
25	44	35	34		
26	45	36	35		
27	50	37	40		
28	48	38	34		
29	50	39	35		
30	64	40	35		
MW	50	MW	35,2		
Median	49	Median	34,5		
SE	8,7	SE	5,0		

Biomassen der Mottenlarven {a}

Zirbenholz		Spanholz		Kontrolle	
Versuchsgefäß	Biomasse [mg]	Versuchsgefäß	Biomasse [mg]	Versuchsgefäß	Biomasse [mg]
11	32	41	50	1	55
12	34	42	57	2	57
13	21	43	45	3	45
14	30	44	49	4	52
15	29	45	47	5	50
16	32	46	62	6	60
17	20	47	47	7	52
18	24	48	57	8	54
19	25	49	50	9	66
20	27	50	55	10	55
MW	27,4	MW	51,9	MW	54,6
Median	28	Median	50	Median	54,5
SE	4,8	SE	5,5	SE	5,7
Birkenholz		Fichtenholz			
Versuchsgefäß	Biomasse [mg]	Versuchsgefäß	Biomasse [mg]		
21	60	31	27		
22	37	32	30		
23	44	33	45		
24	50	34	32		
25	46	35	30		
26	47	36	34		
27	51	37	37		
28	46	38	34		
29	53	39	33		
30	63	40	35		
MW	49,7	MW	33,7		
Median	48,5	Median	33,5		
SE	7,6	SE	4,9		

Fraßverlust [g]

Kontrolle			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
1	1,4520	0,6244	0,83
2	1,6880	0,9284	0,76
3	1,6350	0,7194	0,92
4	1,7061	0,9384	0,77
5	1,9867	0,9934	0,99
6	1,9454	1,0116	0,93
7	1,8147	0,9255	0,89
8	1,5321	0,6741	0,86
9	1,7689	0,9375	0,83
10	1,4399	0,7631	0,68
		MW	0,85
		Median	0,84
		SE	0,09

Zirbenholz			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
11	1,5326	0,8889	0,64
12	1,5613	1,1710	0,39
13	1,7982	1,3846	0,41
14	1,4239	1,0394	0,38
15	1,3498	0,9989	0,35
16	1,7113	1,1123	0,60
17	1,8693	1,3646	0,50
18	1,1045	0,7290	0,38
19	1,4732	0,9576	0,52
20	1,9801	1,4257	0,55
MW			0,47
Median			0,46
SE			0,10

Birkenholz			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
21	2,0560	1,0897	0,97
22	2,1023	1,1563	0,95
23	1,8934	0,8710	1,02
24	1,4376	0,7476	0,69
25	1,6890	0,8783	0,81
26	1,6770	0,7882	0,89
27	1,0943	0,5800	0,51
28	1,7986	0,9353	0,86
29	1,3884	0,6248	0,76
30	1,9876	1,0534	0,93
MW			0,84
Median			0,88
SE			0,15

Spanholz			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
41	1,8245	0,8575	0,97
42	2,2017	1,1449	1,06
43	2,1745	1,0220	1,15
44	1,5784	0,9313	0,65
45	1,8764	1,0695	0,81
46	1,3772	0,7299	0,65
47	2,0512	1,1076	0,94
48	1,4367	0,7902	0,65
49	1,9888	1,0143	0,97
50	1,8664	0,9892	0,88
MW			0,87
Median			0,91
SE			0,18

Fichtenholz			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
31	1,3875	0,8741	0,51
32	1,3812	0,7458	0,64
33	1,9213	1,0759	0,85
34	1,5661	0,8770	0,69
35	1,5342	0,8131	0,72
36	1,9786	1,2861	0,69
37	1,3897	0,7643	0,63
38	1,7444	0,9769	0,77
39	1,2870	0,6821	0,60
40	2,1021	1,3033	0,80
		MW	0,69
		Median	0,69
		SE	0,10

2. Versuchsdurchgang

1. Kontrolltermin: 18.12.2002-20.12.2002

Individuenzahl der adulten Kleidermotten

Kontrolle		„Zirbe+Öl 3%ig“		„Zirbe“	
Versuchsgefäße	Individuen	Versuchsgefäße	Individuen	Versuchsgefäße	Individuen
1*	35	1..3	35	1..a	35
2*	35	2..3	35	2..a	33
3*	35	3..3	32	3..a	30
4*	34	4..3	31	4..a	35
5*	34	5..3	34	5..a	34
6*	35	6..3	33	6..a	32
7*	33	7..3	34	7..a	35
8*	34	8..3	35	8..a	35
9*	34	9..3	34	9..a	33
10*	35	10..3	32	10..a	35
MW	34,40	MW	33,50	MW	33,70
Median	34,5	Median	34	Median	34,5
SE	0,70	SE	1,43	SE	1,70

„Zirbe+Öl 6%ig“		„Zirbe + Späne“	
Versuchsgefäße	Individuen	Versuchsgefäße	Individuen
1..6	33	1..s	34
2..6	34	2..s	34
3..6	35	3..s	34
4..6	34	4..s	34
5..6	34	5..s	35
6..6	34	6..s	34
7..6	33	7..s	34
8..6	34	8..s	34
9..6	34	9..s	35
10..6	35	10..s	34
MW	34,00	MW	34,20
Median	34	Median	34
SE	0,67	SE	0,42

2. Kontrolltermin: 29.1.2003- 31.1.2003**Individuenzahl der Mottenlarven [m]**

Kontrolle		„Zirbe+Öl 3%ig“		„Zirbe“		„Zirbe+Öl 6%ig“	
Versuchsgefäße	Individuen	Versuchsgefäße	Individuen	Versuchsgefäße	Individuen	Versuchsgefäße	Individuen
1*	206	1..3	119	1..a	129	1..6	117
2*	201	2..3	117	2..a	133	2..6	109
3*	191	3..3	114	3..a	126	3..6	118
4*	197	4..3	116	4..a	126	4..6	117
5*	198	5..3	125	5..a	120	5..6	115
6*	197	6..3	117	6..a	128	6..6	118
7*	200	7..3	120	7..a	120	7..6	119
8*	186	8..3	117	8..a	125	8..6	114
9*	207	9..3	126	9..a	134	9..6	117
10*	202	10..3	116	10..a	120	10..6	117
MW	198,50	MW	118,70	MW	126,10	MW	116,10
Median	199	Median	117	Median	126	Median	117
SE	6	SE	4	SE	5	SE	3
„Zirbe + Späne“							
Versuchsgefäße	Individuen						
1..s	126						
2..s	118						
3..s	129						
4..s	125						
5..s	116						
6..s	118						
7..s	119						
8..s	117	MW	121,30				
9..s	117	Median	118,5				
10..s	128	SE	5				

3. Kontrolltermin: 10.3.2003-12.3.2003**Individuenzahl der Mottenlarven [a]**

Kontrolle		„Zirbe+Öl 3%ig“		„Zirbe“		„Zirbe+Öl 6%ig“	
Versuchsgefäße	Individuen	Versuchsgefäße	Individuen	Versuchsgefäße	Individuen	Versuchsgefäße	Individuen
1*	54	1..3	22	1..a	36	1..6	18
2*	57	2..3	24	2..a	34	2..6	19
3*	45	3..3	26	3..a	32	3..6	17
4*	49	4..3	19	4..a	31	4..6	18
5*	61	5..3	18	5..a	28	5..6	18
6*	56	6..3	18	6..a	19	6..6	17
7*	55	7..3	20	7..a	23	7..6	17
8*	55	8..3	25	8..a	29	8..6	24
9*	50	9..3	24	9..a	30	9..6	17
10*	62	10..3	17	10..a	20	10..6	21
11*	57	11..3	24	11..a	29	11..6	25
12*	48	12..3	27	12..a	30	12..6	16
13*	67	13..3	25	13..a	19	13..6	27
14*	56	14..3	15	14..a	28	14..6	17
15*	59	15..3	25	15..a	37	15..6	19
MW	55,40	MW	21,93	MW	28,33	MW	19,33
Median	56	Median	24	Median	29	Median	18
SE	5,75	SE	3,77	SE	5,77	SE	3,37

„Zirbe + Späne“	
Versuchsgefäße	Individuen
1..s	34
2..s	45
3..s	25
4..s	28
5..s	24
6..s	24
7..s	24
8..s	25
9..s	17
10..s	20
11..s	25
12..s	18
13..s	27
14..s	17
15..s	24
MW	25,13
Median	24
SE	7,07

Biomassen der Mottenlarven {a}

Kontrolle		„Zirbe+Öl 3%ig“		„Zirbe“	
Versuchsgefäße	Biomasse [mg]	Versuchsgefäße	Biomasse [mg]	Versuchsgefäße	Biomasse [mg]
1*	57	1..3	17	1..a	36
2*	59	2..3	25	2..a	29
3*	48	3..3	25	3..a	30
4*	52	4..3	17	4..a	28
5*	47	5..3	18	5..a	26
6*	48	6..3	19	6..a	16
7*	47	7..3	18	7..a	24
8*	49	8..3	25	8..a	26
9*	45	9..3	20	9..a	30
10*	47	10..3	17	10..a	22
11*	48	11..3	20	11..a	27
12*	47	12..3	25	12..a	29
13*	60	13..3	24	13..a	17
14*	48	14..3	15	14..a	26
15*	50	15..3	24	15..a	37
MW	50,13	MW	20,60	MW	26,87
Median	48,00	Median	20,00	Median	27,00
SE	4,72	SE	3,66	SE	5,77

„Zirbe + Späne“		„Zirbe+Öl 6%ig“	
Versuchsgefäße	Biomasse [mg]	Versuchsgefäße	Biomasse [mg]
1..s	37	1..6	17
2..s	41	2..6	17
3..s	23	3..6	16
4..s	28	4..6	18
5..s	32	5..6	17
6..s	27	6..6	15
7..s	29	7..6	19
8..s	27	8..6	24
9..s	18	9..6	17
10..s	17	10..6	19
11..s	20	11..6	22
12..s	19	12..6	22
13..s	29	13..6	27
14..s	17	14..6	19
15..s	25	15..6	17
MW	25,93	MW	19,07
Median	27	Median	18
SE	7,21	SE	3,31

Fraßverlust [g]

Kontrolle			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
1*	0,9204	0,2004	0,72
2*	1,4047	0,5547	0,85
3*	1,035	0,1850	0,85
4*	0,9895	0,1195	0,87
5*	1,6978	0,7378	0,96
6*	0,7203	0,0303	0,69
7*	0,873	0,1230	0,75
8*	1,9395	0,9595	0,98
9*	0,7389	0,0289	0,71
10*	1,0106	0,0406	0,97
11*	0,9529	0,0529	0,80
12*	0,9029	0,0129	0,89
13*	0,764	0,0140	0,75
14*	0,9564	0,1564	0,80
15*	0,9925	0,0125	0,98
	MW		0,84
	Median		0,85
	SE		0,10

„Zirbe“			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
1..a	0,6724	0,1624	0,51
2..a	0,6932	0,2232	0,47
3..a	0,8938	0,2838	0,61
4..a	0,8701	0,3901	0,48
5..a	0,7871	0,2571	0,53
6..a	0,8467	0,3067	0,54
7..a	0,7115	0,2215	0,49
8..a	0,8294	0,3594	0,47
9..a	0,8048	0,4648	0,34
10..a	0,6063	0,1763	0,43
11..a	0,6114	0,0614	0,55
12..a	0,8812	0,3912	0,49
13..a	0,7969	0,3269	0,47
14..a	0,5469	0,0169	0,53
15..a	0,6778	0,1078	0,57
	MW		0,50
	Median		0,49
	SE		0,06

„Zirbe + Öl 3%ig“			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
1..3	0,6312	0,2212	0,41
2..3	0,8609	0,4909	0,37
3..3	0,9733	0,5333	0,44
4..3	0,7015	0,3115	0,39
5..3	0,6637	0,2637	0,40
6..3	0,6136	0,2536	0,36
7..3	0,7283	0,3483	0,38
8..3	0,9032	0,4832	0,42
9..3	0,7705	0,4105	0,36
10..3	0,6973	0,2073	0,49
11..3	0,6512	0,3212	0,33
12..3	0,6864	0,2664	0,42
13..3	0,6416	0,2616	0,38
14..3	0,8206	0,4306	0,39
15..3	0,6266	0,1966	0,43
		MW	0,40
		Median	0,39
		SE	0,04

„Zirbe + Öl 6%ig“			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
1..6	0,7359	0,3559	0,38
2..6	1,2592	0,9092	0,35
3..6	0,5767	0,1267	0,45
4..6	0,7778	0,3778	0,40
5..6	1,0253	0,7153	0,31
6..6	1,0732	0,6732	0,40
7..6	0,8229	0,4529	0,37
8..6	1,1417	0,7817	0,36
9..6	1,1017	0,7317	0,37
10..6	1,1689	0,7589	0,41
11..6	1,0165	0,5865	0,43
12..6	1,3966	1,0566	0,34
13..6	0,8362	0,4462	0,39
14..6	0,8972	0,4872	0,41
15..6	1,2011	0,7811	0,42
		MW	0,39
		Median	0,39
		SE	0,04

„Zirbe + Späne“			
Versuchsgefäße	Ausgangsgewicht	Endgewicht	Abnahme
1..s	0,8159	0,2659	0,55
2..s	0,5351	0,1651	0,37
3..s	0,8366	0,3866	0,45
4..s	0,7556	0,2156	0,54
5..s	1,1217	0,6217	0,50
6..s	0,596	0,0760	0,52
7..s	0,6984	0,2084	0,49
8..s	0,8177	0,3577	0,46
9..s	0,649	0,2090	0,44
10..s	0,6863	0,1763	0,51
11..s	0,6509	0,1609	0,49
12..s	0,6622	0,1822	0,48
13..s	0,8953	0,4253	0,47
14..s	0,8255	0,3955	0,43
15..s	0,6751	0,2051	0,47
		MW	0,48
		Median	0,48
		SE	0,05