

Bibliotheek Hoofdkantoor TNO
's-Gravenhage 9/2-61

Die schimmelfeste Ausrüstung von Baumwolle
mit Pentachlorphenol
und Laurylpentachlorphenol

von

H. J. HUECK und J. LA BRIJN

TNO

Zentrallaboratorium T.N.O., Julianalaan 134.

Sonderdruck aus der „Textil-Rundschau“ 1960, Heft 9.

Die schimmelfeste Ausrüstung von Baumwolle mit Pentachlorphenol und Laurylpentachlorphenol

von Dr. H. J. Hueck und J. La Brijn (Zentrallaboratorium TNO, Delft)

677.862.532:66.062.551

Einleitung

Pentachlorphenol und verwandte Verbindungen gehören in den Niederlanden zu den meistgebrauchten Fungiziden für Textilien. Während über Pentachlorphenol (PCP) oder dessen Natriumverbindung regelmäßig Angaben in der Literatur zu finden sind (siehe SIU [1951], Greathouse & Wessel [1954]), ist dies bei Laurylpentachlorphenol (LPCP) nicht der Fall. Der Fabrikant schreibt der letzteren Verbindung einen größeren Auslaugewiderstand zu, als dies bei der ersteren der Fall ist. Unsere eigenen praktischen Erfahrungen ergaben noch wechselnde Resultate mit LPCP, die nicht gleich günstig für dieses Mittel ausfielen (HUECK [1953]). Die Folge davon ist, daß wir im allgemeinen eine höhere Konzentration für den Gebrauch anraten (1,5 bis 2%), um gute Resultate sicherzustellen. Diese Meinung war nicht nur auf unsere eigenen Versuche begründet, sondern auch auf die Resultate, erhalten von den uns eingesandten Mustern aus der Praxis. Die Art der Imprägnation sowie die Zufügung wasserabstoßender Mittel schienen dabei wichtig zu sein. Auch die englische Standardspezifikation BS 2087 (1954) verlangt einen höheren Prozentsatz (1,7%) von diesem Fungizid. Es entstand das Bedürfnis nach einer ausgedehnten Untersuchung zum Vergleich von PCP und LPCP als Textilfungiziden mit dem Ziel, einen besseren Einblick in die sich dabei ergebenden Schwierigkeiten zu erlangen. Begonnen wurde mit einem einfachen Vergleich der beiden Fungizide, wenn diese nach Vorschrift der respektiven Fabrikanten gehandhabt wurden. Nachfolgend

wurden der Einfluß von wasserabstoßenden Mitteln sowie der Einfluß des Abkochens des Textilmaterials untersucht.

Vergleich der Vorschriften

Material und Methode

Baumwollene Gewebe mit einem Quadratmetergewicht von 340 g und einer Zerreißfestigkeit von 120 kg/5 cm werden während 4 Std. mit 1%iger NaOH abgekocht. Nachfolgend werden die Stücke auf dem Laboratoriumjigger mit PCP bzw. LPCP in der Weise imprägniert, daß Konzentrationen von 0,5, 1 und 2% des Gewebegewichts erhalten werden. Beim Imprägnieren werden die von den Fabrikanten empfohlenen Zusatzmittel zugefügt.

Unter Beachtung eines Abquetscheffektes von 60% waren die Vorschriften wie folgt:

- a) PCP (Preventol PN von NV Defa in Arnheim, Natriumpentachlorphenolat techn. Qualität)

Für die Konzentration von 0,5% wird das Bad wie folgt zusammengestellt:

Preventol PN	58,3 g
Alkalifreie Seifenflocken (FFA-Gehalt etwa 85%)	21 g
Destilliertes Wasser bis zu Volumen	7 Liter

Das Baumwollgewebe wird darin während 10 Min. unter fortwährender Bewegung bei etwa 60°C imprägniert. Nach dem Abpressen wird bei 70°C getrocknet. Nachher wird während 10 Min. im folgenden Bad nachbehandelt:

Aluminiumtriformiat	830 g
Kupferformiat	125 g
Destilliertes Wasser	10 Liter

Nach dem Abpressen wird bei 70°C getrocknet. Für die Konzentrationen 1 und 2 % PCP werden 116,6 g bzw. 233,2 g Preventol PN bei übrigens gleichbleibender Vorschrift verwendet*.

b) LPCP (Mystox LS von NV Keyser & Mackay in Amsterdam)

Dieses Präparat enthält etwa 25 % LPCP.

Für die Konzentration von 0,5 % wird das Bad wie folgt zusammengestellt:

Mystox LS	238,5 g
Mystolene W (wasserabstoßendes Mittel)	467 g
Ameisensäure	17,5 g
Aluminiumtriformiat	52,5 g
Destilliertes Wasser bis zu	7 Liter

Das Baumwollgewebe wird während 10 Min. bei fortwährender Bewegung imprägniert. Nach dem Abpressen auf etwa 60 % des lufttrockenen Gewichts wird bei etwa 70°C getrocknet. Für die Konzentrationen 1 und 2 % LPCP werden 467 g bzw. 634 g Mystox LS bei sonst gleichbleibender Vorschrift verwendet**.

Die Hälfte von 6 derart hergestellten Mustern werden nachfolgend, jedes separat, nach ASTM-Vorschrift D-862 45T-1950 während 36 Std. mit strömendem Leitungswasser ausgelaugt. Die ausgelaugten wie auch die nicht ausgelaugten Muster werden einer Erdvergrabung nach Vorschrift Vitno Bio AI unterworfen. Dazu werden alle Muster in je 20 Streifen von 5 × 25 cm mit gezacktem Rand geschnitten. 10 Streifen jeder Versuchsreihe wurden 14 Tage bei 30°C und 90 % rel. Luftfeuchtigkeit eingegraben. Die Erde bestand aus gleichen Teilen Lauberde, Sand und altem Pferdemist von etwa 25 % Feuchtigkeit; auf diese Weise wurde die Fäulnisfestigkeit bestimmt.

Nach der Beendigung der Behandlung und Konditionierung wird sowohl bei den behandelten als auch bei den unbehandelten Proben die Zerreißfestigkeit mit dem Zwick-Dynamometer bestimmt.

* Es ist klar, daß nach der Nachbehandlung mit Kupfersalz in der Tat das Kupfersalz des PCP auf der Faser anwesend sein muß.

** Nach Mitteilung des Importeurs wird diese Vorschrift nur für Gewebe bis etwa 180 g Quadratmetergewicht empfohlen und würde der Zufügung eines Seifenbades vorgezogen werden. Die befriedigenden Resultate, welche trotzdem erhalten wurden, gaben jedoch keine Veranlassung, auf diesen Punkt zurückzukommen.

Zur Kontrolle der Aktivität der Erde wurden Versuche mit Streifen eines nicht imprägnierten Gewebes durchgeführt, die eine Woche eingegraben wurden – desgleichen mit Streifen eines mit 0,9 % Cu-Naphtenat imprägnierten Baumwollgewebes, die zwei Wochen eingegraben wurden.

Resultate

Die Vergleichsresultate sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Die Restfestigkeit in dieser Tabelle wird als Zerreißfestigkeit des eingegrabenen Streifens in Prozenten der Zerreißfestigkeit des nicht vergrabenen Streifens angegeben. Eine Restfestigkeit von 100 % bedeutet daher, daß keine Schädigung eingetreten ist.

Tabelle 1
Restfestigkeit von Baumwolle, behandelt mit PCP und LPCP, nach 14tägigem Eingraben

Schutzmittel 1	Konzentration Prozent 2	Verbleibende Festigkeit	
		direkt 3	Nach Auslaugung 4
PCP	0,5	102	88
PCP	1,0	101	97
PCP	2,0	99	99
LPCP	0,5	95	99
LPCP	1,0	98	99
LPCP	2,0	97	99
Cu-Naphtenat	0,9	97	—
O-Kontrolle	—	17	17

Diskussion

Die Resultate deuten an, daß bei sachgemäßer Behandlung mit beiden Fungiziden gute Resultate zu erreichen sind. Bei LPCP gilt dies schon von 0,5 % an, bei PCP auf jeden Fall schon ab 1 %; doch sind die Resultate von 0,5 % davon kaum verschieden.

Bei beiden Fungiziden ist der Widerstand gegenüber Verrottung sehr beträchtlich. Wohl muß dabei in Betracht gezogen werden, daß im vorliegenden Fall ein ziemlich schweres Gewebe verwendet wurde, das, wenn gleichmäßig imprägniert, immer günstigere Resultate nach dem Vergrabungsversuch liefert als ein dünneres Gewebe, das mit dem gleichen Fungizid imprägniert ist. Für einen zweckmäßigen Vergleich der beiden Fungizide sind derartige praktische Vorschriften ungeeignet, da deren Fixierung mit nicht vergleichbaren Mitteln erhalten wurde. Die Nachbehandlung mit einem Cu-Salz bei PCP ist von

ganz anderer Art als die wasserabstoßende Ausrüstung bei LPCP. In einer nachfolgenden Versuchsreihe wird darum für beide Fungizide das gleiche Fixiermittel gewählt.

Der Einfluß von wasserabstoßenden Mitteln

Material und Methode

Von den vorerwähnten Fixierungsmethoden sind diejenigen, bei welchen ein wasserabstoßendes Mittel verwendet wurde, vorzuziehen, weil bei denselben die Imprägnierung mit Fungizid + wasserabstoßendem Mittel in einem Bad geschehen kann. Die Nachbehandlung mit einem Kupfersalz, obwohl sehr wirksam, verlangt zwei Bäder und eine Zwischentrocknung. Gewählt wurde darum eine Untersuchung über den Effekt zweier wasserabstoßender Mittel auf die Schimmelfestigkeit, welche durch PCP und LPCP nach der Auslaugung erhalten wird. Um sowohl für PCP als auch für LPCP möglichst gleiche Bedingungen zu erhalten, erschien es besser, die Fixierung bei diesem Versuch als Nachbehandlung anzuordnen. Dies ist in der Praxis nicht immer nötig. Es wurde wie folgt verfahren:

Baumwollgewebe, wie zuvor beschrieben, wurde mit 0,5 %, 1 % und 2 % PCP behandelt und in gleicher Weise mit LPCP. Die Bäder bestanden aus destilliertem Wasser mit den Fungizidzusätzen in den erforderlichen Mengen unter Beachtung des Abquetscheffektes von 60 % hinsichtlich LPCP. Dem PCP-Bad wurden zudem 0,1 % Seifenflocken zugefügt. Für die wasserabstoßende Behandlung wurden die folgenden Bäder benützt, nachdem ein Teil des Baumwollgewebes als Kontrolle zurückbehalten worden war:

a) Mystolene W

Mystolene W	467 g
Ameisensäure	17,5 g
Aluminiumtriformiat	52,5 g
Destilliertes Wasser bis	7 Liter

Die Proben werden darin 10 Min. getränkt, auf 60 % des Lufttrockengewichts abgepreßt und bei etwa 60°C getrocknet.

b) Resistol (W. A. Scholten's Chemische Fabrieken, Foxhol [Gr.])

Resistol	245 g
Destilliertes Wasser bis	7 Liter

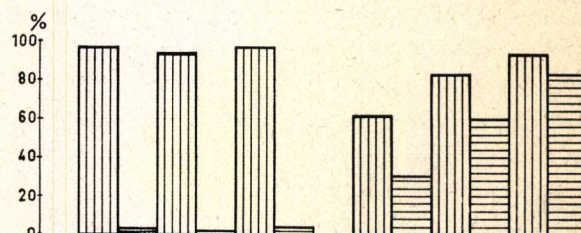
mit Essigsäure auf p_H etwa 5 eingestellt. Abgepreßt wird auf 60 % und bei 60°C getrocknet.

c) Ein Teil der Versuchsmuster wird wiederum ausgelaut, und die 36 Proben werden, wie früher erwähnt, vergraben. Der Versuch wird 10fach ausgeführt.

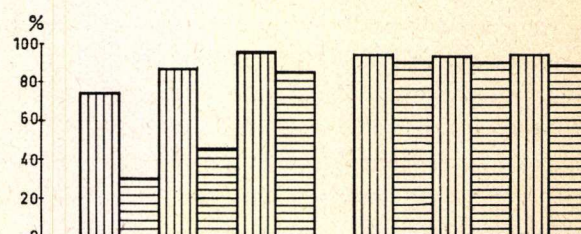
Tabelle 2

Mittel	Konzentration %	Restfestigkeit Prozent					
		direkt			nach Auslaugung		
		Kontrolle 3	Mystolene 4	Resistol 5	Kontrolle 6	Mystolene 7	Resistol 8
PCP	0,5	97	75	80	3	31	29
PCP	1,0	94	87	94	2	45	39
PCP	2,0	97	95	95	4	85	57
LPCP	0,5	62	94	77	29	90	58
LPCP	1,0	85	93	97	60	90	96
LPCP	2,0	93	94	97	82	88	99

a) Nicht fixiert



b) Mit Mystolene



c) Mit Resistol

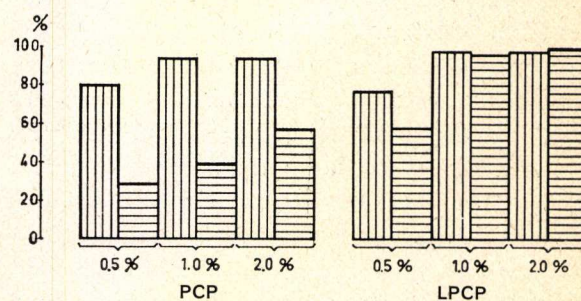


Fig. 1

Verbleibende Festigkeit nach 14tägiger Eingrabung

Resultate

Die mittleren Restfestigkeiten sind in Tabelle 2 und Fig. 1 angegeben.

Diskussion

Die Zugabe eines wasserabstoßenden Mittels hat vor allem bei LPCP eine sehr gute Wirkung. Auch ohne Auslaugung nimmt bei 0,5 % und 1 % LPCP die Schimmelbeständigkeit unter dem Einfluß von Mystolene und Resistol zu. Bei 0,5 % PCP ist es eher angezeigt, von einem schädlichen Einfluß zu reden (Tabelle 2, Kolonnen 4 und 5).

Die gute Löslichkeit von PCP kann hier eine Rolle gespielt haben, wobei in der Nachbehandlung PCP weggelöst worden ist. Der Widerstand gegen Auslaugung wird bei PCP durch die gebrauchten Mittel beträchtlich weniger erhöht, als dies bei LPCP der Fall ist, obwohl das Resultat mit 2 % PCP und Mystolene als gut bezeichnet werden kann. Resistol scheint in dem Versuch etwas weniger wirksam zu sein als Mystolene. Es ist jedoch nicht sicher, ob die Behandlungen optimal gewesen sind. Dieser Umstand ruft nach einer näheren Untersuchung hinsichtlich der Aufstellung einer Vorschrift. Wohl kann festgestellt werden, daß die qualitative Wirkung von Resistol derjenigen von Mystolene gleichzustellen ist. Auf Grund der in Tabellen 1 und 2 enthaltenen Werte möchte man annehmen, daß 1 % LPCP + Mystolene schon ein recht befriedigendes Resultat ergibt. Doch kann die Übernahme dieser Konzentration durch die Praxis nicht ohne weiteres empfohlen werden; denn erstens hat man es mit Proben zu tun, welche im Laboratorium gleichmäßig imprägniert wurden. Bei der praktischen Imprägnierung müssen größere Streuungen erwartet werden, so daß eine größere Sicherheitsgrenze wünschbar ist. Ferner zeigen die verschiedenen Resultate, daß Zutaten zum Gewebe die Schimmelfestigkeit sehr stark beeinflussen können. Sofern nicht die Wirkung der einen oder anderen Behandlung neben der fungiziden bekannt ist, was selten zutrifft, muß immer etwas höher dosiert werden.

Für die Imprägnation von Baumwolle wird gewöhnlich empfohlen, vorab das Gewebe mit Lauge abzukochen, um eine bessere Ausrüstung zu erhalten. Es scheint nützlich, diesen Einfluß auf die Schimmelfestigkeit zu studieren, dies namentlich angesichts der Vermutung, daß für die Imprägnierung Gleichmäßigkeit von hervorragender Bedeutung ist. Eine diesbezügliche Versuchsreihe wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

Einfluß des Kochens

Material und Methode

Für den Vergleich der Schimmelfestigkeit unter dem Einfluß des vorangehenden Abkochens wird ein Baumwollmuster der selben Art wie vorstehend verteilt in zwei Proben, wovon die eine 4 Std. mit 1 % NaOH gekocht wird, die andere Probe unbehandelt bleibt. Beide Stücke werden wie vorgängig beschrieben mit 0,5 % und 1 % PCP bzw. LPCP imprägniert. Die Hälfte der so erhaltenen 8 Proben wird ausge-

Tabelle 3

Zerreißeigigkeit und Restfestigkeit von gekochten und nicht gekochten Baumwollproben während einer Vergrabungsprüfung von 14 Tagen

Imprägniermittel 1	Konzentration % 2	ausgelaugt 3	nicht gekocht			gekocht		
			Tvor 4	Tnach 5	R 6	Tvor 7	Tnach 8	R 9
PCP	0,5	—	110	104	95	107	108	101
PCP	1,0	—	108	105	97	110	107	97
PCP	0,5	+	112	3	3	111	—	—
PCP	1,0	+	105	3	3	114	—	—
LPCP	0,5	—	111	63	57	107	97	91
LPCP	1,0	—	113	91	81	103	107	104
LPCP	0,5	+	112	20	18	112	55	49
LPCP	1,0	+	118	62	52	111	101	91

T vor = Zerreißeigigkeit in kg vor dem Eingravingsversuch
T nach = Zerreißeigigkeit in kg nach dem Eingravingsversuch
R = Restfestigkeit in Prozent

Tabelle 4

Normalschwankungen der Zerreißeigigkeiten aus Tabelle 3

Imprägniermittel 1	Konzentration % 2	ausgelaugt 3	nicht gekocht		gekocht	
			Tvor 4	Tnach 5	Tvor 6	Tnach 7
PCP	0,5	—	4,3	10,1	3,3	5,4
PCP	1,0	—	9,0	11,4	3,5	4,4
PCP	0,5	+	4,2	—	3,9	—
PCP	1,0	+	9,5	—	3,5	—
LPCP	0,5	—	6,4	18,0	4,5	16,4
LPCP	1,0	—	6,2	15,4	4,4	7,9
LPCP	0,5	+	5,0	19,1	3,0	29,3
LPCP	1,0	+	4,3	31,0	4,4	10,4

T vor = Zerreißeigigkeit in kg vor dem Eingravingsversuch
T nach = Zerreißeigigkeit in kg nach dem Eingravingsversuch
R = Restfestigkeit in Prozent

laugt, die andere nicht. Alle 16 Proben werden wie schon erwähnt vergraben und hierauf auf Schimmelfestigkeit geprüft. Die Prüfung wird 10fach ausgeführt.

Resultate

In Tabelle 3 sind die gefundenen Zerreifestigkeiten wie auch die Restfestigkeiten angegeben, während Tabelle 4 die Normalschwankungen der einzelnen Proben angibt. Eine Übersicht ist in der graphischen Darstellung 2 wiedergegeben.

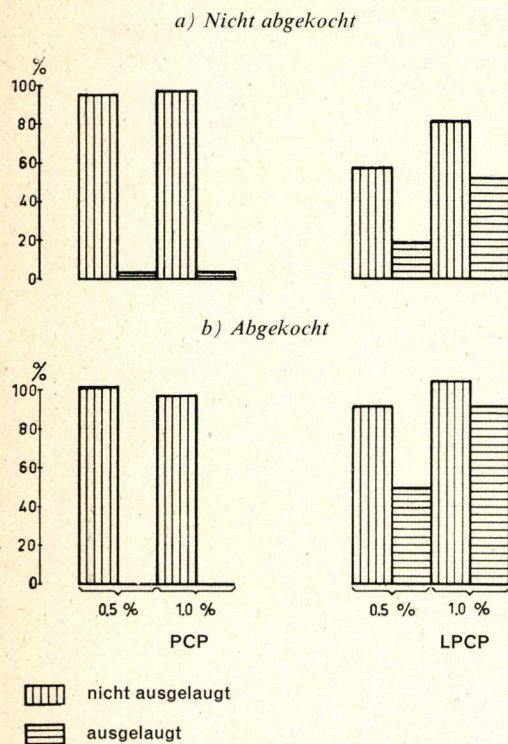


Fig. 2
Restfestigkeit nach 14tgiger Eingrabung

Besprechung

Wenn in Tabelle 3 die Kolonnen 6 und 9 verglichen werden, wird ohne weiteres deutlich, daß das Kochen besonders für die Imprägnierung mit LPCP wichtig ist. Sowohl die ursprüngliche Schimmelfestigkeit als auch diejenige nach der Auslaugung werden verbessert. Dies ist bei PCP nicht der Fall, wobei die Möglichkeit besteht, daß der Einfluß des Kochens deshalb nicht zum Ausdruck kommt, weil die gefundenen Restfestigkeiten allein schon extrem sind. Der Einfluß des Kochens macht sich nicht allein in einer verbesserten Schimmelfestigkeit bemerkbar, sondern es wird auch die Gleichmäßigkeit dadurch verbessert.

Vergleicht man in Tabelle 4 die Kolonnen 5 und 7, dann sieht man, daß im allgemeinen die Normalschwankung nach dem Kochen kleiner wird. Merkwürdigerweise ist dies auch der Fall hinsichtlich der Zerreifestigkeiten vor dem Eingrabungsvoruch, wo man eigentlich nur einen geringen Einfluß durch die Imprägnierung erwartet. Eine Ausnahme scheint LPCP 0,5 % nach dem Auslaugen zu sein, wo die Streuung durch das Kochen größer zu werden scheint. Daher muß daran gedacht werden, daß tatsächlich Normalschwankungen allein auf dem gleichen Niveau der Zerreißfestigkeit vergleichbar sind, da die Normalschwankung stark von der Restfestigkeit abhängt.

Die Normalschwankungen von PCP 0,5 % und 1 % und LPCP 1 %, nicht ausgelaut, haben darum mehr Beweiskraft. Die Wirkung ist hier deutlich sichtbar. Auffallend ist, daß, obwohl bei PCP die absolute Höhe der Schimmelfestigkeit nicht anzugeben ist, die Gleichmäßigkeit durch das Abkochen verbessert wird.

Aus den Kolonnen 4 und 7 der Tabelle 3 ergibt sich, daß die angewandte Methode des Kochens für das Gewebe nicht schädlich ist, sondern, wie aus Tabelle 4 ersichtlich ist, die Gleichmäßigkeit verbessert. Diese Wirkung ist nicht ohne weiteres zu erklären. Es ist bekannt, daß das Kochen mit Lauge eine Anzahl sekundärer Bestandteile der Baumwolle zum Verschwinden bringt, u. a. Hemicellulose, Pektine und wachsartige Bestandteile.

Man nimmt an, daß die Entfernung des Wachses das Eindringen von Imprgnierungsmitteln fördert, waseine gleichmäßigere Imprägnierung mit Emulsion (LPCP) wahrscheinlich macht. Auch ist es darum nicht unmöglich, daß die Wirkung einer wässerigen Lösung (PCP) weniger ausgesprochen sein kann als mit einer Emulsion. Es ist weiter bekannt (BASU & BOSE [1956]), daß die Entfernung der Hemicellulose und des Pektins die verbleibende Cellulose etwas weniger empfindlich macht gegen die Mikroorganismen, so daß auch diese Erscheinung eine Rolle gespielt haben kann. Keine der beiden Tatsachen gibt hingegen eine Erklärung für die größere Gleichmäßigkeit der nicht eingegrabenen Baumwollproben. Es ist denkbar, daß die Erklärung in der Tatsache liegt, daß durch das Kochen der Aufbau der Faser vereinfacht wird, so daß extreme Abweichungen vermieden werden.

Der beobachtete Einfluß des Kochens auf die Qualität der Imprägnierung mit LPCP gibt eine vernünftige Erklärung für die in der Praxis beobachte-

ten unregelmäßigen Resultate, auf welche einleitend hingewiesen wurde. Während 1% LPCP auf nicht abgekochter Baumwolle in unserem Versuch ein ungenügendes Resultat ergibt, ist dieses mit der selben Vorschrift bei abgekochter Baumwolle in jeder Beziehung annehmbar. Wohl wird in der Praxis gewöhnlich abgekochte Baumwolle verwendet; aber die Qualität solcher Baumwolle ist variabel. Vorstehend wurde schon festgestellt, daß diese Art von Imprägnierung auch sehr empfindlich ist gegenüber der Mitverwendung von wasserabstoßenden Mitteln.

Die Schlußfolgerung scheint denn auch gerechtfertigt, daß für eine gute Schimmelfestigkeit die erwünschte Konzentration von LPCP (und in geringerem Maße PCP) nur eine Richtlinie sein kann, daß aber zusätzliche Faktoren, wie die besprochenen, von durchschlagender Bedeutung sein können. Aus der Praxis ist uns beispielsweise bekannt, daß leichtere Gewebe einen höheren Prozentsatz an Fungizid verlangen, um die gleiche Schimmelfestigkeit zu erreichen, was in die gleiche Richtung zeigt. Die Folge ist, daß man auf Grund des auf chemische Weise bestimmten Prozentsatzes an LPCP das Resultat der biologischen Prüfung nicht voraussagen kann.

Zusammenfassung und Schluß

1. Die Textilfungizide Na-Pentachlorphenolat (PCP) und Laurylpentachlorphenol (LPCP) wurden auf Grund praktischer Vorschriften auf schwere Baumwollgewebe angewendet und deren Wirksamkeit nach einem Vergrabungsversuch von 14 Tagen und nachfolgender Auslaugung geprüft.

2. Mit beiden Fungiziden wurden bei Konzentrationen von 0,5% bis 2% gute Resultate erhalten.

3. Wasserabstoßende Mittel scheinen die Schimmelfestigkeit, welche mit LPCP erhalten wird, merklich zu verbessern und den Widerstand gegen Auslaugung von PCP und LPCP zu erhöhen.

4. Um eine genügende Auslaugungsbeständigkeit zu erhalten, ist die Mitverwendung eines wasserabstoßenden Mittels für PCP allein schon genügend bei einer Konzentration von etwa 2%. Die Fixierung durch eine Nachbehandlung mit einem Kupfersalz gibt schon ein gutes Resultat bei geringerer Konzentration von PCP. – Bei LPCP ist die Zufügung eines wasserabstoßenden Mittels allein schon genügend.

5. Vorangehendes Abkochen der zu imprägnierenden Baumwolle mit Lauge erscheint nötig, um eine annehmbare Imprägnierung mit LPCP zu erhalten, während bei PCP als auch bei LPCP ein günstiger Einfluß auf die Gleichmäßigkeit der Imprägnierung in Erscheinung tritt.

6. Infolge der Empfindlichkeit der Schimmelfestigkeit gegenüber zusätzlichen Faktoren bei der Imprägnierung ist der Prozentsatz von LPCP und von PCP nicht ausschlaggebend für ein gutes Schimmelfestigkeitsresultat bei der biologischen Prüfung auf Grund des Vergrabungsversuches.

Literatur

- BASU, S. N., und BOSE, R. G.: Decomposition of jute and cellulose with aerobic bacteria. *J. Text. Inst.* 47 (1956) 6, S. 410.
 British Standard Institution, Chemical requirements for treated textiles. Specification B.S. 2007 (1954).
 GREATHOUSE, G. A., und WESSEL, C. J.: Deterioration of Materials. Reinhold Publishing Co., New York (1954).
 HUECK, H. J.: Wat doen we tegen het «weer». *Kampeerkampion* 12 (11) (1953), S. 422–425.
 STU, R. G. H.: Microbial decomposition of cellulose. Reinhold Publ. Co., New York (1951).