

PROJEKTBERICHT

FÖRDERUNG DES WASSERLACKEINSATZES IM SCHREINERHANDWERK DURCH OPTIMIERTE TROCKNUNGSSYSTEME

ERSTELLT DURCH

***UMWELTZENTRUM FÜR HANDWERK UND
MITTELSTAND E.V.
BISMARCKALLEE 6, 79098 FREIBURG***

IM AUFTRAG DES

***MINISTERIUMS FÜR UMWELT UND VERKEHR
BADEN-WÜRTTEMBERG***

MÄRZ 2000

Abteilung
Industrie und
Gewerbe



VOC-Emissionen

Projektbericht

„Förderung des Wasserlackeinsatzes im Schreinerhandwerk durch optimierte Trocknungssysteme“

erstellt durch

Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V.
Bismarckallee 6, 79098 Freiburg

in Zusammenarbeit mit

Fraunhofer – Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung
Nobelstraße 12, 70568 Stuttgart

im Auftrag des

**Ministeriums für Umwelt und Verkehr
Baden-Württemberg**

- März 2000 -

Inhaltsverzeichnis:	Seite
1. Einleitung	
1.1 Ausgangslage und Problemstellung	3
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	4
2. Konzeptionierung des Trocknungssystems	
2.1 Bisherige Entwicklungsansätze – Auswahl des Lösungsansatzes	5
2.2 Erstellung des Anforderungsprofils	6
2.3 Bau und Erprobung des Prototyps	7
3. Erprobung des Hordenwagenbelüftungssystems	
3.1 Trocknungsversuche – Vorgehen und Begriffsdefinition	9
3.2 Ergebnisse und Interpretation	10
3.3 Möglichkeiten der Optimierung	14
4. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	17
5. Anhang	19

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Ausgangspunkt für dieses Projekt stellen die Ergebnisse dar, die im vorangegangenen Projekt „Nutzbarmachung des VOC-Minderungspotentials im Schreinerhandwerk“ erarbeitet wurden. Dort ging es darum, das komplexe Faktorengewebe aufzuarbeiten, welches bei der Einführung lösemittelreduzierter Oberflächensysteme in Schreinereibetrieben – hier speziell für die Wasserlacke – eine Rolle spielt. Letztendlich soll über einen erleichterten Einstieg in die Anwendung solcher Systeme ein Anreiz geschaffen werden, um möglichst viele Schreinereibetriebe zu deren Einsatz zu bewegen. Damit kann ein Beitrag zur Reduzierung der VOC-Emissionen und der letztendlich mit diesen verbundenen Problematik des „Sommersmogs“ erreicht werden.

Die Ergebnisse und Erfahrungen dieses vorangegangenen Projektes zeigen deutlich, dass das Trocknungsverhalten der Wasserlacke einen wesentlichen hemmenden Faktor für den Einsatz von Wasserlacken in Schreinereien darstellt. Probleme entstehen hierbei z.B. durch

- den vermehrten Platzbedarf zur Trocknung,
- Staubeinschlüsse vor der oberflächlichen Lacktrockenheit,
- Zeitprobleme bei der Auftragsabwicklung,
- Verformungen der Lackoberfläche beim Zusammenbau der Möbel, bedingt durch die unzureichende Durchtrocknung.

Gleichzeitig zeigte sich bei begleitend zur Praxisphase durchgeführten Praxis- und Laborversuchen des Fraunhofer IPA, dass sich mit Hilfe eines einfachen Gebläselüfters, der (erwärmte) Luft über die Teileoberfläche bläst, eine erhebliche Verkürzung der Trockenzeiten erzielen lässt, die Luftströmung direkt an der Oberfläche des Werkstücks also ein wesentlicher Einflussfaktor ist. Es zeigte sich, dass die Verkürzung der Trockenzeiten am deutlichsten ausgeprägt ist, wenn die Luftströmungsgeschwindigkeit mindestens 0,5 m/s, die relative Luftfeuchte im Bereich von 30 - 70 % und die Lufttemperatur mindestens bei 18 °C liegt.

Derzeit einzige Möglichkeit für Schreinereien, diesen Effekt in der betrieblichen Praxis zu nutzen, ist die Aufstellung der Hordenwagen mit den frisch lackierten Teilen im Lackierbereich zwischen Zuluftdecke und Absaugwand. Damit ist aber zum einen der Lackierbereich für weitere Lackierarbeiten blockiert und zum anderen der Energiebedarf (Luftvorwärmung, Gebläse) nicht unerheblich. Zudem haben viele der typischerweise kleinen Schreinereien nicht die dazu notwendigen räumlichen und technischen Möglichkeiten. Hinzu kommt, dass der

Förderung des Wasserlackeinsatzes durch optimierte Trocknung

beladene Hordenwagen sich in diesem Fall strömungstechnisch wie ein Block verhält, also nur in den Randbereichen eine relevante Verkürzung der Trocknungszeiten erzielt werden kann.

Abhilfe wäre hier eine, möglichst universell in Schreinereien einsetzbare Trocknungseinrichtung, die eine optimierte Trocknung in Verbindung mit den in den vielfach verwendeten Hordenwägen ermöglicht.

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Ausgehend von dieser Problemlage und den bereits im vorangegangenen Projekt erarbeitenden Ergebnissen ist es Hauptziel dieses Projektes ein solches praxistaugliches Trocknungssystem zu entwickeln und dadurch eines der wesentlichsten Hemmnisse für den Wasserlackeinsatz in Schreinereien abzubauen.

Dies wurde über folgende Arbeitsschritte umgesetzt:

1. Recherche zu schon vorhandenen Lösungsansätzen
2. Erstellung eines Anforderungsprofils für das Trocknungssystem
3. Bewertung der recherchierten Lösungsansätze und Festlegung des Prototyps für die Trocknungsversuche
4. Grundlegende Untersuchungen zur Gestaltung der Luftzufuhr für konstante und gleichmäßige Anströmbedingungen; Optimierung des Prototyps
5. Durchführung von Trocknungsversuchen mit wasserlackbeschichteten Werkstücken.
6. Bewertung der Versuchsergebnisse vor dem Hintergrund des Praxiseinsatzes in Schreinereibetrieben

Partner des Umweltzentrums für Handwerk und Mittelstand e.V. bei der Durchführung dieses Projektes waren das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) sowie der Landesverband Holz und Kunststoff Baden-Württemberg, beide in Stuttgart.

2. Konzeptionierung des Trocknungssystems

2.1 Bisherige Entwicklungen - Auswahl des Lösungsansatzes

Im Vorfeld der geplanten Versuche zur Optimierung der Trocknung wurde von Seiten des Fraunhofer IPA zunächst eine Recherche durchgeführt um in Erfahrung zu bringen, welche Systeme für den avisierten Anwendungsbereich sich derzeit schon auf dem Markt befinden und gegebenenfalls als Ausgangsbasis für die Trocknungsversuche dienen könnten.

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass im Bereich der Druck-Branche, speziell von den Firmen Graffiti (Reutlingen) und Steinmann (Stuttgart), Geräte angeboten werden, mit denen ausdunstende Lösemittel von frisch bedruckten Oberflächen abgesaugt werden können. Diese Geräte ähneln den in Schreinereien verwendeten Hordenwagen und besitzen zusätzlich eine Absaugvorrichtung. Die Absaugvorrichtungen werden bauseits an eine vorhandene Absauganlage angeschlossen, so dass bei der Trocknung aus den Papieren austretende Lösemitteldämpfe über diese Absaugung erfasst und abgeführt werden.

Eine Bewertung dieser Lösung vor dem Hintergrund der Zielsetzung des Projektes ergibt folgendes Bild: Mit Geräten dieser Bauart wird die Luft aus dem Umfeld des Hordenwagens angesaugt und über die Teileoberfläche bewegt. Für die Schreinerbetriebe würde das bedeuten, dass mit dieser Luft im Regelfall auch Schleifstaub aus dem Werkstattbereich über die frisch lackierten Teile gesaugt wird. Das würde zu einer Beeinträchtigung der Lackierung durch Staubpartikel führen. Darüber hinaus ist die Geschwindigkeit der Luftbewegung an der Teileoberfläche wesentlich durch die Absaugleistung beeinflusst. Die aus Vorversuchen bekannte Mindestgeschwindigkeit für die Luftströmung an der Werkstückoberfläche von 0,5 m/s würde hier überschlagsmäßig eine Absaugleistung von ca. 10.000 m³/h erfordern. Dies bedeutet einen hohen anlagentechnischen und energetischen Aufwand bedeuten, zumal die in handwerklichen Schreinereien installierten Absauganlagen diese Leistungen in vielen Fällen nicht aufweisen.

Eine weitere auf dem Markt angebotene Lösung sind die Blaspistolen („Dry Jet“) der Fa. SATA. Diese wurden für die schnelle Trocknung von Lackoberflächen bei der Kfz-Reparaturlackierung konzipiert und werden inzwischen auch im Holzbereich angeboten. Diese Blaspistolen werden an die Druckluftversorgung angeschlossen und erzeugen einen konstanten, kräftigen Luftstrom.

Eine Bewertung dieser Lösung vor dem Hintergrund der Zielsetzung des Projektes ergibt folgendes Bild: In Laborversuchen wurden, im Rahmen des vorhergehenden VOC-Projektes, mit Wasserlack lackierte Holzoberflächen angeblasen und das Trocknungsverhalten beobachtet.

Förderung des Wasserlackeinsatzes durch optimierte Trocknung

Für Wasserlacke ist ein Gerät dieser Art jedoch nur geeignet, wenn die Luftströmungsgeschwindigkeit nicht größer als 2 m/s wird. Dazu musste die Zuluft bis auf 1 bar reduziert und ein Abstand zwischen Blaspistole und Werkstück von >2 m gewählt werden. Abgesehen vom nötigen Platzbedarf ist dieses System somit zwar für einzeln ausliegende Teile interessant und erzeugt eine ausreichende Gleichmäßigkeit der Trocknung, bei Teilstapeln, wie sie üblicherweise in Hordenwagen vorkommen, ist dies jedoch nicht mehr der Fall.

Zusammenfassend wurde auf der Basis der Rechercheergebnisse deutlich, dass es zum Erreichen der gesetzten Ziele notwendig war, ein neuartiges Belüftungssystem - direkt auf der Basis der in den Schreinereien gebräuchlichen Hordenwagen - zu entwickeln.

2.2 Erstellung des Anforderungsprofils

Ausgehend von den Erfahrungen bzw. Ergebnissen des vorangegangenen Projektes, den Rechercheergebnissen sowie Gesprächen mit Personen aus dem Schreinereibereich wurde ein erstes Anforderungsprofil für die zu entwickelnde Trocknungshilfe erarbeitet. Dabei wurde zwischen rein technischen Aspekten und Aspekten der Handhabung in der Praxis unterschieden.

Für den technischen Part wurden die folgenden Anforderungen festgelegt.

- a) Aufbau kompatibel mit gängigen Hordenwagentypen
- b) Gezielte Zu- und Abluftführung; möglichst ohne zusätzliche technische Anlagen
- c) Möglichkeit zur Konditionierung der Zuluft (staubfrei, Volumen regelbar, möglichst trocken)
- d) Option für die Wärmezufuhr für den Trocknungsprozess (Zuluft, ggfs. Werkstück)
- e) Gleichmäßige Beaufschlagung der lackierten Werkstückoberfläche mit Trocknungseffekt
- f) Luftverbrauch maximal in der Größenordnung einer gebräuchlichen Lackierpistole (= 400 L/min.)

Bzgl. der Handhabung der Trocknungshilfe in der betrieblichen Praxis wurden zusätzlich folgende Anforderungen vorgegeben:

- a) Aufbau möglichst einfach, mit der Option eines Eigenbaus durch die Schreiner
- b) Betrieb möglichst mit den in Schreinereien vorhandenen Einrichtungen/ Gegebenheiten (Hordenwagen, Druckluft, Platzverhältnisse)
- c) Materialkosten unter 1000.-DM
- d) Sichere Funktionsfähigkeit innerhalb der in Schreinereien typischerweise vorkommenden Bedingungen (rel. Luftfeuchte 15-70%, Lufttemperatur 15-40°C).

Zusammenfassend sollte der zu entwickelnde Prototyp der Trocknungshilfe die üblichen Hordenwagen nur derart modifizieren, dass diese weiterhin genutzt werden können, gleichzeitig aber die erforderlichen Abluftbedingungen mit ausreichender Sicherheit erzeugt werden und eine deutliche Verkürzung der Trocknungszeiten erreicht wird.

2.3 Bau und Erprobung der Trocknungshilfe

Auf der Basis dieses Anforderungsprofils wurde zunächst ein Modellhordenwagen entsprechend den in der Praxis gängigen Geräten gebaut und dieser als Träger für die Konzeption und den Bau eines zusätzlichen Belüftungsmoduls benutzt. Dieser Prototyp der Hordenwagenbelüftung besteht aus einer Rahmenkonstruktion als Träger, die an der Rückwand des Hordenwagens durch einfaches Aufstecken befestigt werden kann.. Diese Grundkonstruktion ist auf der folgenden Abbildung dargestellt.



Abb.1: Prototyp der Hordenwagenbelüftung; Hordenwagen mit (aufgeklappter) Rückwand und daran befestigten Luftverteilungsschläuchen

Förderung des Wasserlackeinsatzes durch optimierte Trocknung

An diese Trägerkonstruktion wurde eine regelbare Druckluftversorgung angebaut, die die erforderliche Regelung der Zuluft für die Erzeugung der gewünschten Ablüftbedingungen ermöglicht. Mit dieser Grundkonzeption wurden erste Ablüftversuche hinsichtlich der Festlegung von Größe, Anzahl und erforderlichen Abständen der Luftaustrittsöffnungen durchgeführt. Dabei ging es darum, an der Oberfläche der Werkstücke eine möglichst laminare und in der Fläche gleichmäßige Strömung zu erzeugen. Die Überprüfung der jeweiligen Strömungsverhältnisse erfolgte dabei mit Rauch- bzw. Strömungsprüfungsröhrchen. Das Trockenverhalten der lackierten Holzplatten wurde visuell bewertet, um Art, Größe, Menge, Form, Ausrichtung und Verteilung der Luftbohrungen zu bestimmen.

Als Ergebnis dieser ersten Versuche wurden folgende Variationen vorgenommen bzw. Festlegungen getroffen:

- a) Platzierung der Luftaustrittsöffnungen an den Druckluftschläuchen ca. 25 mm über der Werkstückoberfläche um Verwirbelungen an den Stirnseiten der Werkstücke zu vermeiden.
- b) Festlegung des notwendigen Mindestabstands zwischen Bohrung (Luftaustrittsöffnung) und dem Werkstück auf ca. 200 mm um eine vertretbar gleichmäßige Ablüftung der Lackschicht über die gesamte Fläche sicherzustellen.
- c) In die einzelnen Fächer des Hordenwagens wurden, zur Reduzierung von Luftwirbelbildungen in der Ablüftzone oberhalb der Teile, Einlegeböden eingebracht.
- d) Ergänzung der Hordenwagenbelüftung auf der Rückseite durch eine Filtermatte (Kategorie EU 3). Diese verhindert weitgehend, dass staubbeladene Raumluft auf die frisch lackierten Teile geblasen wird

Abschließend wurde der Luftverbrauch des Geräts gemessen, um die Größenordnung der notwendigen Druckluftversorgung festzustellen. Die Konstruktionsskizzen des Prototyps der Hordenwagenbelüftung sind in Anlage 1 und 2 dargestellt.

Der für die Trocknungsversuche verwendete Prototyp der Hordenwagenbelüftung wies, nach Abschluss der Vorversuche, folgende technischen Daten auf:

Fläche der Hordenwagenrückwand	1,6 m ²
Anzahl der luftführenden Kunststoffschläuche	4
Horizontaler Abstand der luftführenden Kunststoffschläuche	max. 350 mm
Anzahl der Ebenen im Hordenwagen	6
Vertikaler Abstand der Ebenen	ca. 250 mm
Anzahl der Bohrungen (Durchmesser ca. 1 mm) je Ebene und Belüftungsschlauch	1
Luftbedarf bei 0,5 bar Überdruck	ca. 250 NL/min

3. Erprobung des Hordenwagenbelüftungssystems

3.1 Trocknungsversuche - Vorgehensweise und Begriffsdefinitionen

Mit dem oben beschriebenen Prototyp der Hordenwagenbelüftung wurden dann die Trocknungsversuche im Technikum des Fraunhofer IPA durchgeführt. Zum Verständnis und als Hilfe zur Beurteilung des Trocknungsverhaltens werden im Folgenden zunächst die zugrundegelegten Definitionen für die Begriffe Staubfestigkeit, Grifffestigkeit, Schleifbarkeit und Blockfestigkeit erläutert:

Staubfestigkeit:

Sobald eine frisch aufgetragene Lackschicht an ihrer Oberfläche soweit abbindet, dass darauf fallender Staub nicht mehr einsinken kann, ist die Staubfestigkeit erreicht. Bei den Versuchen wurde mit Seidenmattlack gearbeitet. Dieser Lack ist nach dem Auftrag nass und glänzend. Sobald der Glanz einer deutlich sichtbaren Mattierung weicht, haftet kein Staub mehr an. Dieser Effekt wurde zur Bestimmung der Staubtrockenzeit benutzt.

Grifffestigkeit:

Sobald eine aushärtende Lackschicht mit den Fingern vorsichtig berührt werden kann, ohne dass erkennbare Markierungen bleiben, ist die Grifffestigkeit erreicht. Bei den Versuchen wurden während dem Ablüften Grifftests durchgeführt, die Lackschicht visuell bewertet, und die Zeit bis zur Grifffestigkeit festgehalten.

Schleifbarkeit:

Sobald eine aushärtende Lackschicht mit einem Schleifblatt, Körnung 220, geschliffen werden kann, ohne dass das Schleifblatt verklebt und die Lackschicht verschmiert, ist die Schleifbarkeit erreicht. Bei den Versuchen wurden Schriffe während des Ablüftens durchgeführt, das Schleifblatt und die Lackschicht visuell bewertet, und die Zeit bis zur Schleifbarkeit festgehalten.

Blockfestigkeit:

Nach dem Aushärten der Lackschicht muss diese entsprechend ihrer Spezifikation belastbar sein. Eine Art der Belastung ist das Aufeinanderstapeln von lackierten Holzplatten über einen bestimmten Zeitraum. Sobald beim Trennen dieser Stapel die lackierten Flächen nicht mehr verkleben, ist die Blockfestigkeit erreicht. Hierzu wurden keine Versuche durchgeführt.

Zur Bestimmung des Trocknungsverhaltens wurden 15 Versuchsreihen durchgeführt, bei denen folgende Einflussgrößen variiert wurden:

Förderung des Wasserlackeinsatzes durch optimierte Trocknung

- Luftströmungsgeschwindigkeit an der Teileoberfläche (im Bereich 0 - 4 m/s),
- relative Luftfeuchte (im Bereich 10 - 70 %),
- Lufttemperatur (im Bereich 12 - 60 °C)

Als Werkstücke wurden Buche furnierte Dreischichtplatten der Größe 600 x 200 x 15 mm verwendet. Diese wurden mit 1-K Wasserlack lackiert (Auftragsmenge ca. 140 g/m²) und den unterschiedlichen Ablüftbedingungen ausgesetzt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit der Ablüftbedingungen bei den unterschiedlichen Versuchen wurde angestrebt, immer Lackfilme mit vergleichbar großer Schichtdicke zu erzeugen. Der Grund hierfür liegt darin, dass bereits eine Veränderung der Auftragsmenge um mehr als 10 % die Ablüftzeiten deutlich beeinflusst (siehe Anlage 5 sowie Bericht zum Projekt „Nutzbarmachung des VOC-Minderungspotentials im Schreinerhandwerk“).

In vorher festgelegten Zeitintervallen wurden die ablüftenden Holzplatten auf einer Waage mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1\text{g}$ gewogen, um Aussagen über das Trocknungsverhalten der Lackschicht auf den Holzplatten zu erhalten. Die Ergebnisse dieser Testreihen sind in Anlage 4 aufgeführt.

3.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Daten der Trocknungsversuche wurden im Folgenden, anhand der in Kapitel 3.1 aufgeführten Beurteilungsgrößen, ausgewertet um die wesentlichen Einflussfaktoren und deren Effekte auf den Trocknungsverlauf herauszuarbeiten. Grundsätzlich war festzustellen, dass das Holz der Werkstücke durch die Aufnahme eines Teils des im Lackfilm enthaltenen Wassers die Verlaufslinien der Wasserabdunstung bzw. der Trocknung beeinflusst. Das aufgesaugte Wasser bleibt zunächst im Holz und verschiebt die Kennlinie der Trocknung mit zunehmender Zeit nach oben, so dass ein nicht-linearer Verlauf entsteht.

Nachfolgend werden anhand von Diagrammen die wesentlichen Ergebnisse aus den Trocknungsversuchen dargestellt. In den Diagrammen sind jeweils die Kennlinien zur Staubfestigkeit, Griffestigkeit und Schleifbarkeit eingetragen.

Die erste Abbildung zeigt den Vergleich zwischen dem Trocknungsverhalten unter ungünstigen, aber in der betrieblichen Praxis möglichen, Bedingungen (ohne Belüftung, hohe Luftfeuchtigkeit, Zimmertemperatur) und bei optimierten Belüftungen (Belüftung, niedrige Luftfeuchtigkeit, Luftvorwärmung). Hiermit sollte gezeigt werden, welche Verkürzungen der Zeiten bestenfalls erzielt werden können.

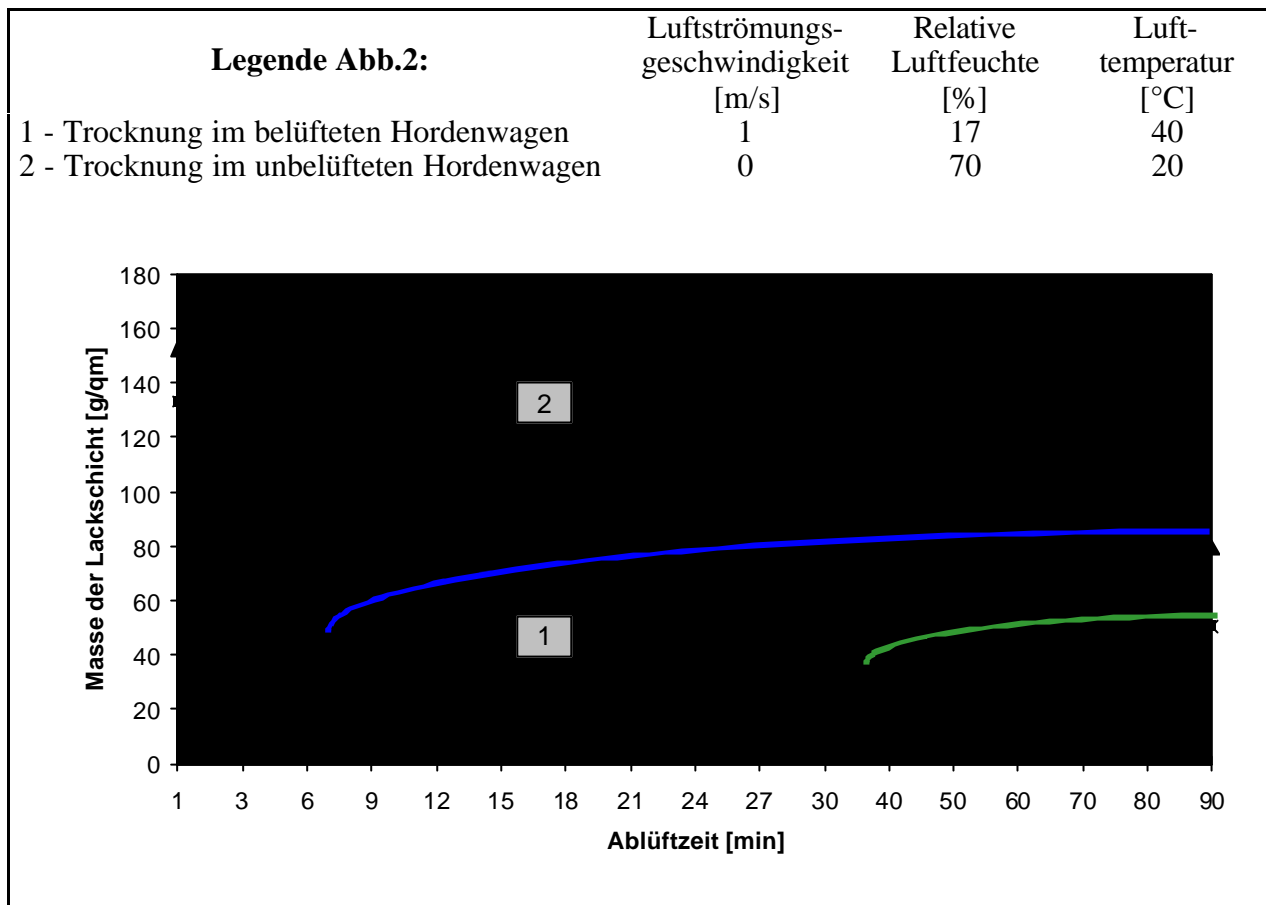


Abb. 2: Vergleich Trocknungsverhalten im Hordenwagen unter optimierten/schlechten Bedingungen

Im Ergebnis wurde die Zeit bis zur Staub- und Griffestigkeit im optimierten Fall etwa um den Faktor 5 (von 25 auf 5 min) und die Zeit bis zur Schleifbarkeit mindestens um den Faktor 3 (auf ca. 40 min) verkürzt. Dieser Vergleich zeigt in etwa den Effekt, der in einer Schreinerei bei ungünstigen Trocknungsbedingungen durch den Einsatz der Hordenwagenbelüftung erzielt werden kann, sofern diese durch eine Luftvorwärmung unterstützt wird.

Ergänzt werden diese Feststellungen durch die zusammengestellten Trocknungsverläufe der Versuche ohne Belüftung der Werkstücke, wie sie in Anlage 5 zu sehen sind. Deutlich lässt sich an diesem Diagramm erkennen, dass innerhalb des Versuchszeitraumes von 90 min das Kriterium der Schleifbarkeit in den meisten Fällen nicht erreicht wird; und dies selbst bei geringsten Luftfeuchtigkeiten von unter 20%. Somit ist klar, dass die Luftfeuchtigkeit alleine nicht den entscheidenden Ansatzpunkt zur Verkürzung der Trocknungszeiten darstellt.

Die nächste Abbildung zeigt das Trocknungsverhalten innerhalb eines „Prozessfensters“ für die verschiedenen Einflussparameter, welches für den Betrieb der Hordenwagenbelüftung als geeignet anzusehen ist. Die Festlegung der Grenzen des Prozessfensters erfolgte auf der Basis eigener Beobachtungen (z.B. Rissbildung bei zu hoher Luftgeschwindigkeit), auf Erfahrungen

Förderung des Wasserlackeinsatzes durch optimierte Trocknung

aus der betrieblichen Praxis sowie auf Erfahrungen von Herstellerseite (z.B. bzgl. der Temperaturstabilität und der Mindestfilmbildungstemperatur).

Die Variationen erfolgten dabei in folgenden Grenzen:

- Luftströmungsgeschwindigkeit 0,5 – 1,5 m/s
- Relative Luftfeuchte 15 – 70 %
- Temperatur Trocknungsluft 20 – 40°C

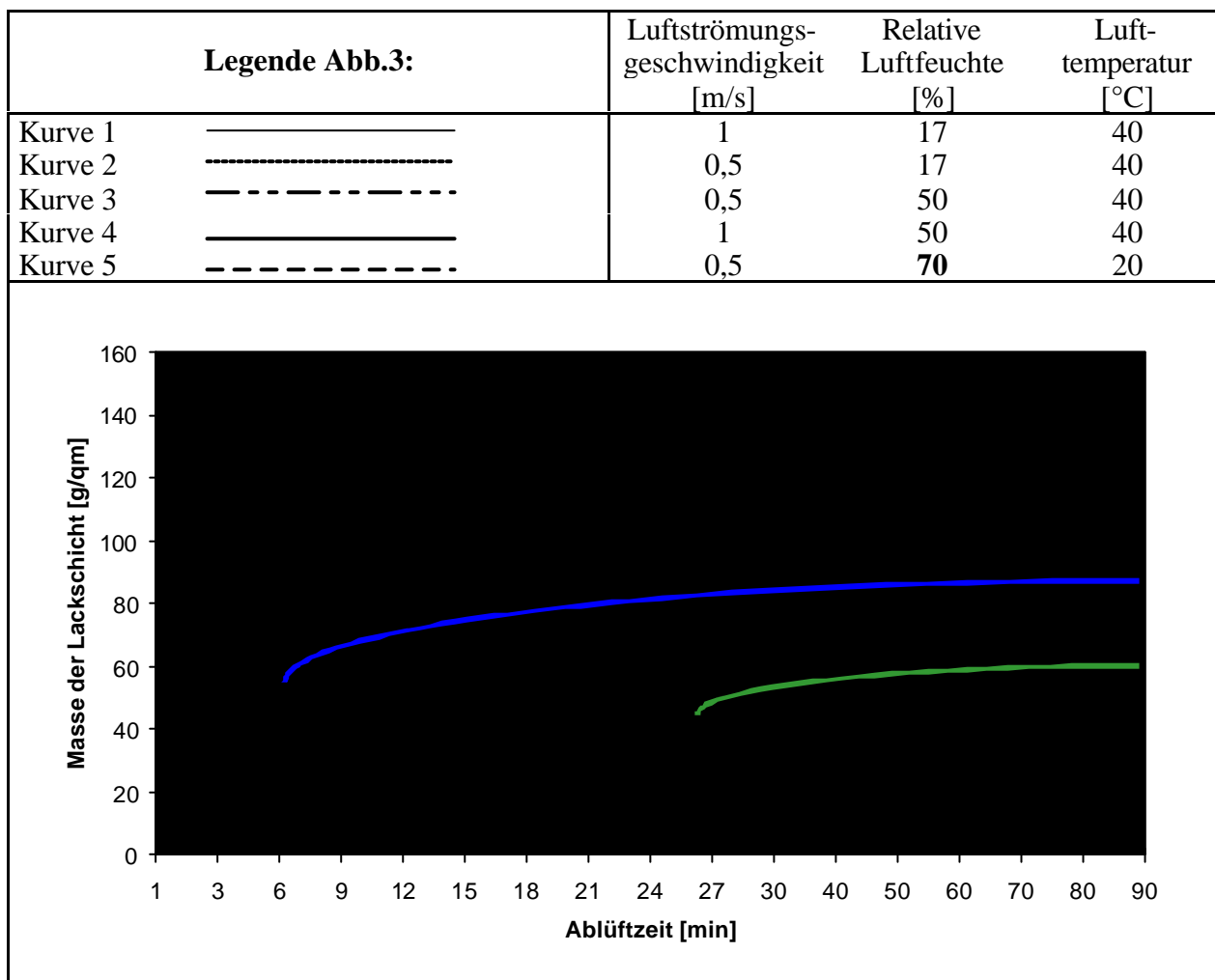


Abb. 3: Trocknungsverhalten innerhalb des sinnvollen „Prozessfensters“

Innerhalb dieses Prozessfensters, welches die vor Ort durch die Hordenwagenbelüftung praktisch einstellbaren Bedingungen wiedergibt, wird eine - gegenüber den optimierten Bedingungen der Abb. 2 vergleichbare - Verkürzung der Trocknungszeiten bis zur Staub- und Grifffestigkeit (unter 10 min) und die Verkürzung der Zeit bis zur Schleifbarkeit (unter 50 min) erreicht.

Die Effekte, die bei Verlassen dieser Betriebsbedingungen hinsichtlich der Staub-, Grifffestigkeit und Schleifbarkeit auftreten können verdeutlicht die folgende Abbildung:

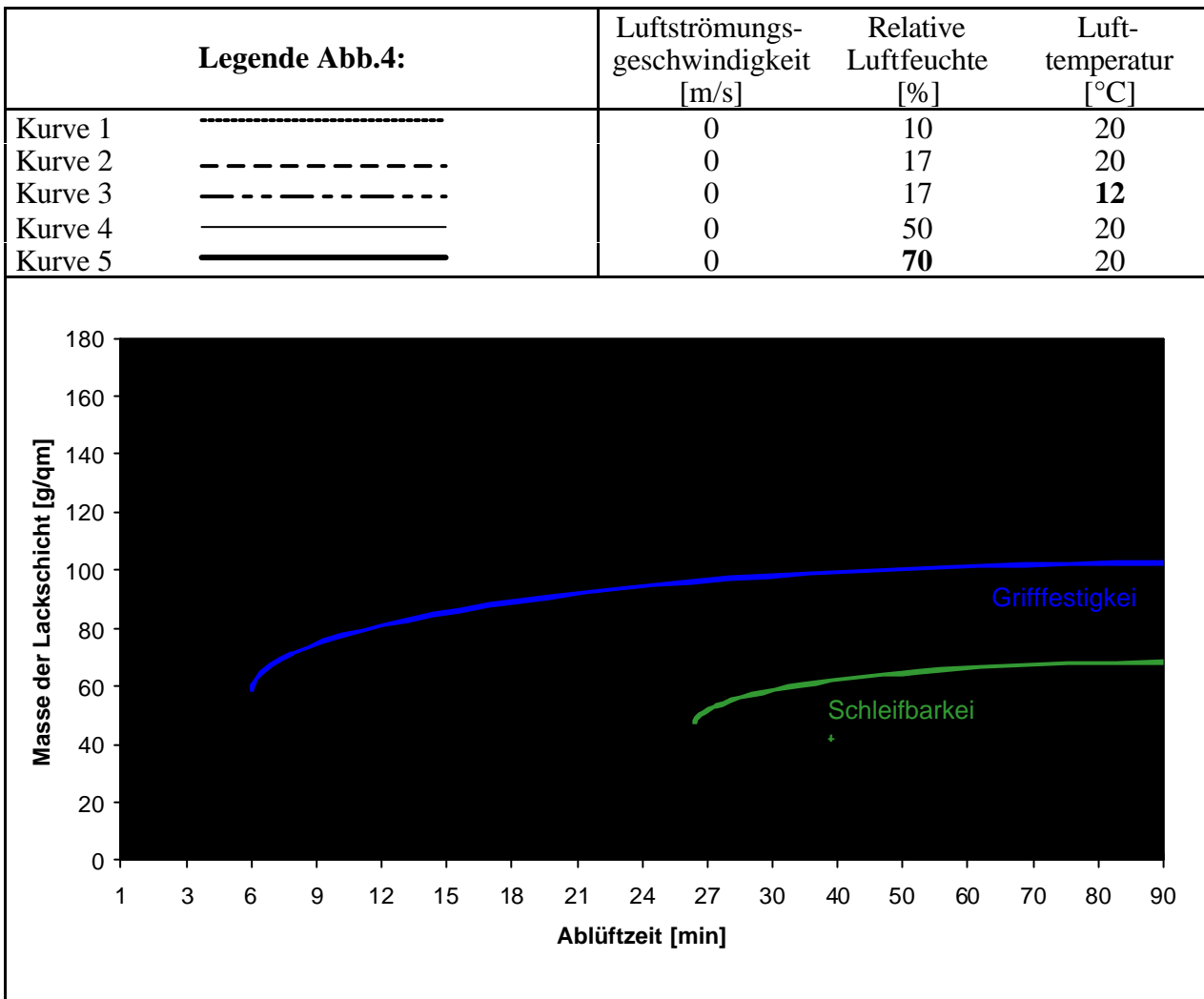


Abb. 4: Störungen bei ungünstigen Bedingungen für die Trocknung im Hordenwagen

Je nachdem welche Prozessbedingungen ungünstig gewählt wurden, treten folgende nachteilige Effekte auf:

- Bei abgestellter Luftströmung verlängern sich die Zeiten bis zur Staub- und Grifffestigkeit stark. (s.o.).
- Bei Lufttemperaturen deutlich unter 20 °C (hier 12 °C) wird die Schleifbarkeit erst nach ca. 120 min erreicht, obwohl die Staub- und Grifffestigkeit innerhalb 10 min erreicht ist. Grund hierfür ist, dass die sog. Mindestfilmbildungstemperatur unterschritten wird, d.h. die chemische Reaktion der Filmbildung und des Aushärtens läuft nur noch stark verlangsamt ab.

Förderung des Wasserlackeinsatzes durch optimierte Trocknung

- Bei sehr hohen Luftgeschwindigkeiten (hier 4 m/s) sind sehr schnell Rissbildungen im Lackfilm zu beobachten und die Zeit bis zur Schleifbarkeit ist wesentlich länger (ca. 90 min) als innerhalb des Prozessfensters. Der Grund für diese Rissbildung ist das Entstehen einer Lackhaut an der Oberfläche der Lackschicht, mit der Folge des ungleichmäßigen Durchtrochnens des Lackes und dadurch auftretenden Spannungen.

Nicht zuletzt steigt mit der Erhöhung der Luftgeschwindigkeit auch der Druckluftbedarf für die Trocknung an.

Letztendlich wurde noch untersucht, ob die Hordenwagenbelüftung auf das Aushärten der Lackschicht einen relevanten Einfluss hat. Das ist gleichbedeutend damit, ob in der betrieblichen Praxis die Hordenwagenbelüftung bereits nach Erreichen der Grifffestigkeit oder erst nach Erreichen der Schleifbarkeit abgeschaltet wird.

Im Ergebnis konnte bei den Versuchen festgestellt werden, dass der Zeitunterschied bis zum Erreichen der Schleifbarkeit nur ca. 10 min betrug. Dies legt den Schluss nahe, dass sich der positive Effekt der Hordenwagenbelüftung hauptsächlich im Zeitraum bis zur Grifffestigkeit auswirkt, in dem es hauptsächlich um die Abführung des im Lack enthaltenen Wassers geht. Für das spätere Ausreagieren des Wasserlackes ist dagegen eher die Temperatur der entscheidende Faktor, da er unmittelbar die Geschwindigkeit dieses weitgehend chemischen Vorgangs bestimmt.

Damit kann in der betrieblichen Praxis die Hordenwagenbelüftung bei Erreichen der Grifffestigkeit (nach ca. 10 min) abgeschaltet, vom Hordenwagen abgehängt und für weitere Trocknungsvorgänge verwendet werden. Dies hat den Vorteil der Druckluft- und damit auch Kosteneinsparung und ermöglicht zudem bei größeren Werkstückzahlen eine schnelle Arbeitsweise im Lackierbereich.

3.3 Möglichkeiten der Optimierung

Ausgehend von den bei den Trocknungsversuchen gemachten Erfahrungen sowie im Hinblick auf die betriebliche Praxis sollen im Folgenden noch zwei Möglichkeiten der Variation bzw. Optimierung der Hordenwagenbelüftung vorgestellt werden, die aufgrund von gerätetechnischen Problemen und aus zeitlichen Gründen im Rahmen dieses Projektes nicht erprobt werden konnten:

a) Hordenwagenbelüftung mit größerer Zahl an Luftdüsen

Bei dieser Variante wird, auf der Basis des gleichen Luftbedarfs, die Zahl der Luftaustrittsöffnungen verdoppelt. Dies wird durch eine Verdoppelung der Anzahl der

Druckluftschläuche sowie durch die Halbierung des Durchmessers der Austrittsöffnungen erreicht. Damit sehen die technischen Daten für diese Variante wie folgt aus (Änderungen in Fettschrift):

Fläche der Hordenwagenrückwand	1,6 m ²
Anzahl der luftführenden Kunststoffschläuche	8
Horizontaler Abstand der luftführenden Kunststoffschläuche	175 mm
Anzahl der Ebenen im Hordenwagen	6
Vertikaler Abstand der Ebenen	ca. 250 mm
Anzahl der Bohrungen (Durchmesser 0,5 mm) je Ebene und Belüftungsschlauch	2
Luftbedarf bei 0,5 bar Überdruck	ca. 250 NL/min

Zusätzlich dazu kann die Gleichmäßigkeit der Luftströmung durch den Einsatz von speziellen Luftdüsen anstelle der Bohrungen noch wesentlich verbessert werden. Hier gibt es Düsen mit 0,5 mm Durchmesser im Handel, die auf Wunsch zusätzlich noch mit bewegbaren Düsenköpfen ausgestattet sein können.

Zudem bietet diese Variante noch die Möglichkeit, die zwei Luftaustrittsöffnungen pro Ebene in unterschiedlichen Höhen anzubringen und die Stränge getrennt schaltbar auszustatten. Damit wäre die Hordenwagenbelüftung flexibler, was unterschiedliche Werkstückdicken betrifft.

b) Belüftung mittels Gebläselüfter

Eine weitere mögliche Variante wäre der Ersatz der Druckluftversorgung durch einen handelsüblichen Gebläselüfter mit Temperatureinstellung (vergleichbar mit einem Föhn). Diese Geräte weisen mit Luftvolumina bis zu 1000L/min und einem Überdruck von bis ca. 0,8 bar die nötigen Eingangsvoraussetzungen auf. Zudem hätten sie gegenüber der Situation bei der Druckluftversorgung den Vorteil der einfacheren Vorwärmung der Trocknungsluft.

Die Zuluftöffnung der Gebläselüfter müsste dabei mit einem Filter versehen werden um Staubprobleme durch die angesaugte Raumluft zu vermeiden. Außerdem müsste die Luftverteilung auf die einzelnen Stränge mit den Luftdüsen konstruktiv anders gelöst werden..

Vorteile hätte diese Version auch für Betriebe, die bzgl. der Auslegung ihrer Kompressoranlage bereits an der Leistungsgrenze angelangt sind.

Förderung des Wasserlackeinsatzes durch optimierte Trocknung

Insgesamt gesehen könnten die Ergebnisse zum Trocknungsverhalten von Wasserlacken, die mit dem bestehenden Prototyp erzielt wurden, durch geeignete Versuchsreihen noch detailliert und die Konstruktion der Hordenwagenbelüftung noch weiter optimiert werden. Diese Versuchsreihen erfordern jedoch zusätzlichen gerätetechnischen und personellen Aufwand, der in einem Realisierungsprojekt z.B. in Zusammenarbeit mit einem Gerätehersteller abgewickelt werden kann.

Abschließend noch eine kurze Betrachtung des Kostenaspektes für die Hordenwagenbelüftung: Die Materialkosten für die Bauteile des Prototyps lagen bei ca. 800 DM. Dabei ist zu berücksichtigen, dass beim Bau eher hochwertige Materialien verwendet wurden (siehe auch Materialliste in Anlage 6). Nach Rücksprache mit einem Hersteller für Lackieranlagen würden sich, nach dessen Einschätzung, bei der Herstellung solcher Geräte in größeren Stückzahlen andere Werkstoffe (z.B. Schweißkonstruktion aus Stahlhohlprofilen) und Bauteilkonstruktionen (z.B. gekantetes Blech) einsetzen lassen. Die Kosten für Schreinereien könnten dadurch, je nach Ausführungsvariante und Stückzahl, nochmals um bis zu ca. 50% reduziert werden. Damit wäre ein attraktives Kosten-Nutzen-Verhältnis geschaffen, welches sehr gute Voraussetzungen für eine weite Verbreitung in Betrieben mit Oberflächenbehandlung von Holzwerkstücken ermöglicht.

4. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Ausgangsbasis dieses Projektes waren die Ergebnisse des vorangegangenen Projektes „Nutzbarmachung des VOC-Minderungspotentials im Schreinerhandwerk“, welches sich schwerpunktmäßig mit der Situation der Wasserlacke befasste. Den Ergebnissen zufolge waren die teilweise sehr langen Trocknungszeiten ein wesentlicher hemmender Faktor für die Anwendung der Wasserlacke in den Schreinereien.

Ziel des hier beschriebenen Projektes war es, eine praxistaugliche Trocknungshilfe für den Einsatz in Schreinereien zu entwickeln, damit dieses wesentliche Hemmnis zu beseitigen und eine Akzeptanzerhöhung bei den Wasserlacken zu erreichen.

Da, im Ergebnis zunächst durchgeführter Recherchen, derzeit auf dem Markt noch kein geeignetes Gerät als Basis für die Trocknungsversuche gefunden werden konnte, wurde eigens ein Prototyp in Form einer Hordenwagenbelüftung entwickelt und gebaut. Nach einer ersten Optimierung dieses Prototyps durch Vorversuche, wurden die eigentlichen Trocknungstests im Technikum des Fraunhofer IPA durchgeführt.

Im Ergebnis zeigte sich, dass mittels der Hordenwagenbelüftung die Trocknungszeiten von mit 1K-Wasserlack beschichteten Holzplatten um ca. den Faktor 5 verkürzt werden konnten. Dadurch wurden für die Beurteilungskriterien Staubtrockenheit, Grifffestigkeit und Schleifbarkeit folgende Zeiten erreicht:

- Staubtrockenheit unter 10 min,
- Grifffestigkeit unter 12 min,
- Schleifbarkeit unter 50 min.

Aus den Trocknungsversuchen und den vorliegenden Erfahrungen aus anderen Anwendungsbereichen heraus wurde zudem ein „Prozessfenster“ für die Betriebsbedingungen der Hordenwagenbelüftung entwickelt. Bei Einhaltung dieses Prozessfensters werden Probleme wie z.B. Rissbildung oder Schädigungen der Lacke sicher vermieden.

Der Luftverbrauch des getesteten Prototyps lag mit ca. 250 L/min im Bereich gebräuchlicher Applikationsgerät, so dass in der Praxis keine Kapazitätsprobleme zu erwarten sind. Die Materialkosten für den Prototyp der Hordenwagenbelüftung lagen bei ca. 800.- DM, beinhalten jedoch noch deutliche Reduzierungspotenziale.

Über den getesteten Prototyp hinaus wurden noch zwei Ansätze für sinnvolle Variationen gemacht, die z.B. über die Verwendung eines Gebläselüfters eine einfache Möglichkeit der Temperierung der Trocknungsluft ermöglichen.

Förderung des Wasserlackeinsatzes durch optimierte Trocknung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit der hier durchgeführten Entwicklung und Erprobung der Hordenwagenbelüftung eine wirksame und, vom Kosten-Nutzen-Verhältnis her, attraktive Lösung für die Verkürzung der Trocknungszeiten wasserlackbeschichteter Holzteile in Hordenwagen zur Verfügung steht. Dieser Prototyp sollte als Basismodell für weitere Entwicklungen in dieser Richtung, z.B. von interessierten Geräteherstellern und für die Untersuchungen mit weiteren Lacksystemen zur Verfügung stehen. Durch die damit erzielbare weitere Optimierung hinsichtlich Variabilität, Materialien, Konstruktion und letztlich auch der Kosten, ist eine weitere Nutzensteigerung zu erwarten.

Im Ergebnis dieses Projektes sind somit alle grundlegenden Voraussetzungen geschaffen um die angestrebte Reduzierung des hemmenden Faktors „Trocknungszeiten wasserlackbeschichteter Oberflächen“ und damit die gewünschte Akzeptanzerhöhung bzgl. des Einsatzes von Wasserlacken in den Schreinereien zu erreichen.

Verzeichnis Anlagen:

- Anlage 1 - Konzeptionsskizze Versuchs-Hordenwagen
- Anlage 2 - Konzeptionsskizze Hordenwagenbelüftung
- Anlage 3 - Bilder Prototyp
- Anlage 4 - Ergebnistabelle Trocknungsversuche
- Anlage 5 - Ablüftverhalten ohne Hordenwagenbelüftung
- Anlage 6 - Materialliste Prototyp Hordenwagenbelüftung