

Wasserfarben: Ökologisch drucken und mikrowelltrocknen

TROCKNUNG. Wasserbasierte Druckfarben trocknen, ohne den Bedruckstoff gleich mitzuerhitzen – vielleicht bald gängig und Stand der Technik. Denn ein von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördertes Entwicklungsprojekt der Firma Muegge-Electronic hatte die Anwendung von wasserbasierenden Farben in Kombination mit der Mikrowellentrocknung zum Gegenstand und mündete in den Bau eines industrie-tauglichen Mikrowellen-Trockners. Das Projekt ist Gegenstand einer Dissertation im Fachgebiet Druck- und Medientechnologie (DMT) der Bergischen Universität Wuppertal (BUW).

Die Dissertation von Dr. Ashraf Abd El-Rahman Elsayed Saad entstand aus der Zielsetzung heraus, ein Gesamtkonzept zur umweltverträglichen Erzeugung von Verpackungsmaterialien zu entwickeln, das den Rahmenbedingungen eines (nicht nur aber auch) Entwicklungslandes Rechnung trägt, in dem Standards etwa zur Immission von Schadstoffen nicht ausreichend gesetzt sind oder nicht in der nötigen Konsequenz eingehalten werden.

Daraus ergab sich als Grundidee die Erzeugung von Verpackungsmaterialien aus Papier (nachhaltig aus nachwachsenden Rohstoffen mit gegebenenfalls hohem Recyc-

lackschicht (Dispersions-Bindemittel) nötig. Bei der Trocknung der Druckfarben würde ausschließlich Wasser freigesetzt und bei der Trocknung des Wasserlackes auch etwas Ammoniak, der gegebenenfalls mit Wäschern einfach aus der Abluft zu entfernen wäre.

WAS MUSS TROCKNUNG KÖNNEN?

Forderungen an die Trocknung sind, dass diese möglichst noch vor einer nennenswerten Wasseraufnahme des Bedruckstoffes erfolgen sollte und im Idealfall die Wärmeabgabe des Trockners nur an die Farbe, nicht aber an das Papier, erfolgt.

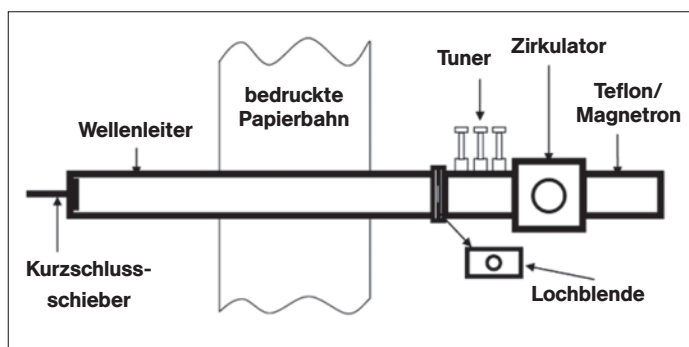


Abbildung 1: Grundprinzip des Aufbaus zur Mikrowellentrocknung. Die Bahn läuft von unten nach oben durch Schlitze im Wellenleiter.

linganteil produziert), bedruckt mit Wasserfarben ohne Anteile von organischen Lösemitteln. Letztere sind zum Beispiel im Dekortiefdruck mit Bindemitteln auf Kaseinbasis heute schon Stand der Technik.

Zur Herstellung der Gebrauchstüchtigkeit eines so erzeugten Verpackungsgrundmaterials ist dann gegebenenfalls die Kaschierung einer Folie auf der Verpackunginnenseite möglich und ein Schutz der Farbschicht durch eine irreversibel trocknende Wasser-

Besonders die letzte Forderung legt den Einsatz von Mikrowellen zur Energieeinkbringung nahe. Sowohl Papier als auch die Druckfarbe enthalten Wasser, jedoch mit dem bedeutenden Unterschied, dass die Wassermoleküle im Papier nicht frei beweglich sind, wie in der Farbe, sondern an die Bestandteile des Papiers gebunden etwa zur Papierfestigkeit durch Wasserstoffbrückenbindung beitragen. Daraus ergibt sich, dass die in der Farbe frei beweglichen polaren



Abbildung 2: Zur Demonstration wurde an der stehenden Papierbahn das Substrat ohne Kühlung überhitzt, um den Versatz der paarweise angeordneten Wellenleiter um eine viertel Wellenlänge zu zeigen.

Wassermoleküle dem elektromagnetischen Wechselfeld durch Drehung folgen können (wobei über Reibung Wärme entsteht), die im Papier gebundenen jedoch praktisch kaum. Die Trocknungsenergie wird also selektiv dort eingebracht, wo sie erwünscht ist und eine übermäßige Papiererwärmung mit nachteiligen Schrumpfungen/Verwerfungen unterbleibt.

BESONDERHEITEN. Der Einsatz von Mikrowellen zur Erwärmung von wasserhaltigen Materialien ist aus der weiten Verbreitung von Mikrowellenherden jedermann bekannt. Trotz verschiedener Entwicklungsversuche und Ankündigungen von Mikrowellentrocknern gelangten diese aber nicht in die Anwendung. Das an der BUW entwickelte und von Dr. Saad/Prof. Rodriguez verfolgte Konzept weist zwei Besonderheiten auf, die möglicherweise in der Vergangenheit nicht entsprechend berücksichtigt wurden, nämlich:

- die konvektive Ergänzung der Mikrowellen-Bestrahlung unter Berücksichtigung strömungstechnischer Gesichtspunkte und in Bezug auf die Temperatur, sowie
- die Hochtransformierung der elektrischen Felder zur Erreichung einer wirkungsvollen Energieabgabe entsprechend den Erfordernissen der Farbschichtdicke.

KONVEKTION ALS ERGÄNZUNG. Die Mikrowellenstrahlung wird in dem entwickelten Trockner über preiswerte Magnetronen (wie im Mikrowellenherd) erzeugt und über eine aufgabenangepasste Strahlführung in Hohlleiter mit Rechteckquerschnitt (Resonator) eingespeist und als stehende Welle dem Bedruckstoff zugänglich gemacht. In einem bestimmten, stabil erzeugbaren Wellenaufbau (dem so genannten H10-Mode) laufen dabei elektrische Ströme an der Innenwand parallel zum Resonator, sodass Schlitze in Resonatorlängsrichtung (wie zum Durchleiten der Bedruckstoffbahn erforderlich, siehe Abbildung 1), den Stromfluss und damit das eingeschlossene elektromagnetische Feld nicht behindern. Die konvektive Ergänzung der Mikrowellenstrahlung (über ein gängiges Niederdruckindustriengebläse) ist aus zwei Gründen unerlässlich:

- Der erste ergibt sich aus der Notwendigkeit, das bei der Trocknung freigesetzte Wasser aus dem Resonatorraum abzuführen beziehungsweise zu dessen Aufnahme permanent Frischluft zuzuführen.

- Der zweite Grund widerspricht dem, was in der üblichen konvektiven Trocknung erfolgt. Dort wird über warme Luft Trocknungsenergie zugeführt, während bei der Mikrowellentrocknung umgekehrt über kühle Luft (etwa Raumtemperatur) ein Temperaturanstieg von Bedruckstoffbahn und Farbe klein gehalten wird. Das ist hier hilfreich, weil einerseits Wasser (= Farbe) mit steigender Temperatur immer schlechter die Mikrowellenstrahlung in Wärme umwandelt und andererseits Papier, Holz und Ähnliches mit steigender Temperatur aber immer besser. Daher ist zur selektiven Einbringung der Energie in die Farbe und zur Vermeidung der Papiererwärmung eine Temperierung auf etwa Raumtemperatur im System vorteilhaft.

EXPERIMENTELLE BESTÄTIGUNG.

Aus dem theoretischen Grundgerüst der Dissertationsarbeit hat sich ergeben, dass die Wasserverdunstung bei Hochfrequenz-trocknung proportional zur verbleibenden Wassermenge in der Farbschicht ist, also exponentiell mit der Zeit abnimmt. Es ist daher zweckmäßig, solche Trockner mit einer Halbwertszeit zu charakterisieren (Zeit, in der die Wassermenge halbiert wird).

Das theoretisch vorhergesagte Verhalten konnte experimentell bestätigt werden und bei sehr hohen elektrischen Feldstärken um 1240 V/cm wurden Trocknungshalbwertszeiten von 0,13 s erreicht. Das heißt, nach 0,13 s befindet sich nur noch die Hälfte der ursprünglichen Wassermenge in der Farbschicht, nach 0,26 s ein Viertel, nach 0,39 s ein Achtel und so weiter. Durch die Verwendung von Resonatoren werden stehende

elektromagnetische Wellen erzeugt, die in Verbindung mit der Mikrowellenfrequenz und der Hohlleitergeometrie in der Lage von Maxima und Minima (Bäuche und Knoten) wohl definiert sind. Das bedeutet für einen einzelnen Resonator, dass es Orte mit hoher und niedriger Feldeinwirkung gibt. Zwei paarweise um eine viertel Wellenlänge quer zur Papierlaufrichtung versetzte Resonatoren (siehe Abbildung 2) führen jedoch zu einer gleichmäßigen Erwärmung, da dann die Wellenmaxima des einen Resonators genau auf den Minima des anderen

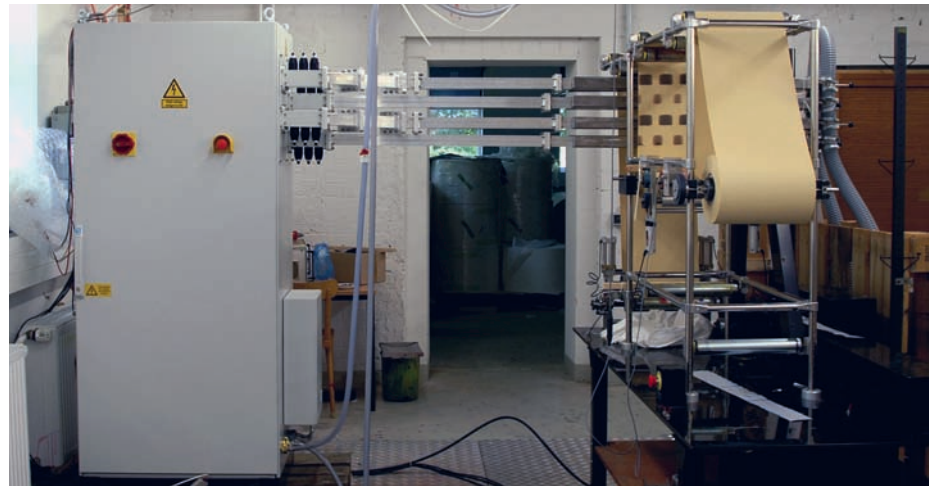


Abbildung 3: Die gesamte Trockneranlage – links: Schaltschrank mit Energieversorgung, Magnetronen, Kühlung; Mitte: Mikrowellenleitung über Hohlleiter, und rechts: Labortiefdruckmaschine. Die Anlage ist so wie hier dargestellt für Bahnbreiten von 60 cm ausgelegt – die Papierbahnbreite der Labormaschine beträgt 30 cm.

liegen. Die Wärmefreisetzung erfolgt nicht mit dem Sinus/Cosinus des elektrischen Feldes, sondern dessen Quadrat. Entsprechend $\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$ erfolgt auf diese Weise eine völlig gleichmäßige, streifenfreie Erwärmung/Trocknung. Die Dissertationsarbeit von Dr. Saad erfolgte mit einem an eine kleine Labordruckmaschine angepassten experimentellen Mikrowellenaufbau, der von der Firma Interprint unterstützt, realisiert werden konnte.

DBU-FÖRDERUNG. Motiviert durch die damit erzielten guten Ergebnisse wurde seitens des Unternehmens Muegge Electronics in Reichelsheim erfolgreich ein Antrag bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) zur Förderung des Aufbaus eines robusten und industrietauglichen Trockners mit luftgespülten Resonatoren gestellt. In diesem Trockner wurden die an der BUW gemachten Erfahrungen integriert und der Trockner bietet darüber hinaus einige zusätzliche Einstellmöglichkeiten zur Trocknungssteuerung.

RESULTATE. Die Ergebnisse mit diesem Trockner (Abbildung 3) bestätigten die Erwartungen. Es werden im Resonator mit der

integrierten Kaltluftkonvektion Wärmeübergangszahlen von 55 W/m² erzielt und einige weitere Zahlen zu erreichten Trockenergebnissen sind nachfolgend als Beispiel aufgeführt:

Bei einem Farbauftrag von 12 g/m² werden mit der Farbe etwa 9 g/m² Wasser auf einem 70-g/m²-Papier aufgetragen. Die Papierfeuchtigkeit liegt bei 5 – 6 %, also etwa 4 g/m². In einer Zeitspanne von 0,13 s wird die Hälfte der Wassermenge aus der Farbschicht verdunstet, also etwa 4 g/m². In der selben Zeit verliert das Papier ungefähr

0,35 g/m² Wasser, also weniger als 1/10 vom anfänglichen Wassergehalt.

Es halbiert sich die Wassermenge jeweils in der Trocknerhalbwertszeit und die anfänglich hohe Trocknungsgeschwindigkeit nimmt schnell ab. Das zieht nach sich, dass die Restwassermenge mit einem nachgeschalteten und leistungsmäßig auf die MW-Trocknung abgestimmten Konvektionstrockner entfernt werden sollte. In dieser Eigenschaft der Mikrowellentrocknung liegt der Vorteil, dass Stellen mit hohem Farbauftrag gegenüber solchen mit niedrigem Farbauftrag schneller Wasser verlieren, sodass für die anschließende Konvektionstrocknung vorteilhafte Voraussetzungen durch eine Egalisierung der Wassermenge in den bedruckten Partien geschaffen werden.

Aus den genannten Gründen ergibt sich als sinnfällige Konstellation bei der Trocknung von Wasserfarben die Reihenfolge Mikrowellentrocknung und folgend eine angepasste Konvektionstrocknung. Auch bei einer in der Trocknerleistung anzupassenden Druckmaschine – etwa bei der Umstellung von Lösemittel- auf Wasserfarben oder zur Steigerung der Druckgeschwindigkeit – ist der Mikrowellentrockner grundsätzlich der Konvektionstrocknung vorzuschalten.