

Bilder: Heilmann

Perfekt getrocknete Fett- und Ölbarriere:
Test mit warmem Olivenöl

Trocknung von Barrierestrichen

Erfahrungen beim Einsatz von elektrisch betriebenen Infrarottrocknern

Strichtrocknung ist ein kritischer Teil der Papiererzeugung. Besondere Schwierigkeiten ergeben sich bei der Trocknung von Barrierestrichen, da hier die Trocknung zugleich die Barrierewirkung erzeugt. Ist dann noch Wasser unterhalb der verfilmten Oberfläche des Funktionsstrichs, wird dieses später – meist aber früher – die Oberfläche beschädigen, sobald es verdampft. Deshalb ist die richtige Trocknungskurve ein wesentlicher Bestandteil der Trocknung von Barrierestrichen. Meist muss im Vergleich zu gewöhnlichen Strichen die Geschwindigkeit erheblich reduziert werden, da Barrierestriche häufig auch ein sehr hohes Nasstrichgewicht aufweisen. In speziellen

Fällen beträgt die Produktionsgeschwindigkeit nur noch ein Drittel oder gar ein Viertel der normalen Geschwindigkeit. Wird hingegen die Barrierebeschichtung optimal von der initialen Sedimentschicht ausgehend getrocknet, setzt keine verfrühte Verfilmung der Oberfläche ein und das gesamte Wasser kann verdampft werden, ohne die Barriere nachträglich zu beschädigen. Wir zeigen die physikalischen Grundlagen der Trocknung und deren Einfluss auf die Trocknung von Barrieren, aber auch auf Striche im Allgemeinen; und wir zeigen auf, wie das Betriebsfenster insbesondere bezogen auf die Produktionsgeschwindigkeit erheblich erweitert werden kann.

1 Einführung

Zur Trocknung von Barrierestrichen werden häufig sehr lange Heißluftthauben eingesetzt, um den Strich langsam zu erwärmen und eine verfrühte Verfilmung zu verhindern. Der Nachteil ist die Größe der Anlagen sowie die niedrige Produktionsgeschwindigkeit. Die meisten Hersteller von Barrierepapieren haben bereits die Erfahrung gemacht, dass gasbetriebene Infrarotstrahler kontraproduktiv sind. Elektrisch betriebene Infrarotstrahler sind das Werkzeug der Wahl, aber auch hier gibt es unterschiedliche Konzepte mit unterschiedlicher Energieeffizienz.

Compact Engineering hat spezielle Infrarotlampen entwickelt, die es erlauben, Beschichtungen beginnend mit der initialen Sedimentschicht zu trocknen und dabei eine besonders hohe Energieeffizienz aufweisen. Bei Barrierestrichen können hohe Produktionsgeschwindigkeiten gefahren werden, ohne Kompromisse bei der Papierqualität eingehen zu müssen.

Die Kosteneffizienz ist dabei ähnlich der Effizienz gasbetriebener Infrarotstrahler.

Dieser Artikel beleuchtet die physikalischen Grundlagen der Trocknung von Strichen, insbesondere aber die der funktionalen Striche, wie sie für Barrierepapiere typisch sind. Gleichzeitig wird dargelegt, wie spezifisch auf Basis dieser physikalischen Gesetzmäßigkeiten entwickelte Trockner dem Papiermacher das enge Betriebsfenster bei der Produktion von Barrierepapieren erweitern.

Zusätzlich wird ein Anwendungsfall zur Trocknung eines Spezialstriches auf Basis eines Polyvinylalkohols dargestellt.

2 Schwierigkeiten bei der Barriertrocknung

Barrierestriche sind besonders schwer zu trocknen, Papiermacher beklagen sich oft über die kleinen Betriebsfenster ihrer Streichanlagen. Zusätzlich zu den Schwierigkeiten normaler Strichtrocknung stellt sich das Problem, das die Trocknung des Striches die Barriere aktiviert. Wird also die Oberfläche zu schnell trocken, verfilmt diese verfrüht und weiteres Wasser kann nicht mehr durch die Barriere verdampft werden. Das unter dem Film befindliche Wasser wird sich aber später – oder meist früher – einen Weg an die Oberfläche bahnen und durch die Barriere austreten. Mikroblistern ist die Folge.

Deswegen hat sich heute die Trocknung mit Heißluftthauben durchgesetzt, bei der mittels niedriger Produktionsgeschwindigkeit und langen Trocknern die Temperatur der Oberfläche ganz langsam erhöht wird. So kann sich die Temperatur im Strich langsam ausgleichen. Dadurch wird verfrühte Verfilmung auf Kosten geringer Produktionskapazität verhindert.

Unter Herstellern von Barrierepapieren hat sich bereits herumgesprochen, dass vor den Heißluftthauben installierte gasbetriebene Infrarot-trockner in Streichmaschinen nicht verwendet werden sollten, um die Qualität der Barriere nicht zu gefährden. Die physikalischen Grundlagen hierzu sind aber den meisten Anwendern unbekannt.

3 Physikalische Grundlagen der Trocknung

Die Trocknung ist ein zweistufiger Vorgang. In einem ersten Schritt wird Energie in das Trockengut übertragen, in einem zweiten Schritt das verdampfte Lösungsmittel entfernt. Beim Papiermachen und Streichen ist als Lösungsmittel Wasser im Einsatz. Im Idealfall wird beim Verdampfen des Wassers der größte Teil der Energie aus dem Trockengut – Papier oder Strich – entfernt.

Die Energieübertragung kann auf verschiedene Weisen erfolgen:

– Wärmeleitung: beim Papiermachen geschieht dies durch dampf-

beheizte Trockenzylinder, deren heiße Oberfläche das Trockengut in direktem Kontakt erhitzt. Dies ist die effektivste Art der Energieübertragung, lässt sich aber bei Strichen erst einsetzen, wenn sie ihren Immobilisierungstrockengehalt erreicht haben.

– Strahlung: dies erfolgt entweder durch Infrarot oder Mikrowelle, wobei letztere im industriellen Maßstab schlecht eingesetzt werden kann. Strahlung ist normalerweise die teuerste Art der Energieübertragung, dennoch in speziellen Anwendungsfällen die energieeffizienteste.

– Konvektion: mittels eines Überträgers wie Luft, Wasser, oder Öl. Die beiden letzteren eignen sich nicht zur Trocknung. In der Papierindustrie wird typischerweise heiße Luft eingesetzt. Die Heißlufttrocknung ist die kostengünstigste Art der Energieübertragung, aber weniger effizient wie die Wärmeleitung.

3.1 Strichtrocknung per Heißluft

Hier werden nach dem Streichkopf Heißluftthauben eingesetzt, die trockene, warme Luft auf die Oberfläche des Trockengutes blasen und gleichzeitig die feuchte Luft wieder absaugen. Der wesentliche Nachteil der Heißlufttrocknung ist, dass diese nur die Oberfläche des Trockengutes erwärmt. Deshalb muss bei der Strichtrocknung darauf geachtet werden, dass die Temperatur im Durchlauf unter den Trockenhauben langsam genug ansteigt, um die Migration in das Substrat zu kontrollieren und Mottling zu vermeiden. Wird die Oberfläche zu schnell erhitzt, strömt die flüssige Phase des Strichs zu schnell in das Substrat.

Bei Barriertrocknung muss die Temperaturerhöhung langsamer erfolgen als bei der normalen Strichtrocknung. Die Erwärmung an der Oberfläche muss langsamer erfolgen wie die Wärmeleitung innerhalb des Strichs. Ansonsten erwärmt sich die Strichoberfläche zu schnell, was zum einen zu einer Verarmung an Wasser an der Oberfläche führt. Zum anderen wird die Verfilmungstemperatur der Barrierechemikalien erreicht. Beides zusammen führt zu einer Filmbildung der Barriere an der Oberfläche und damit zu einer dramatischen Verringerung der Wasserdurchlässigkeit – was ja in vielen Fällen der Sinn der Barriere ist. Das unter der Barriere gefangene Wasser wird sich später, im Verlauf der weiteren Trocknung, einen Weg an die Oberfläche bahnen und so zu Mikroblistern führen.

3.2 Trocknung durch Strahlung

In der Strichtrocknung werden deshalb häufig Infrarotstrahler vor den Heißluftthauben eingesetzt, um den Strich schneller zu immobilisieren und Energie unterhalb der Oberfläche in das Trockengut einzubringen. Hier kommen sowohl gasbetriebene als auch elektrisch betriebene Infrarotstrahler zum Einsatz.

3.2.1 Spektrum unterschiedlicher Infrarotstrahler

Die Strahlung der unterschiedlichen Infrarottrockner unterscheidet sich sowohl durch ihre Wellenlänge als auch ihre Schwarzkörpertemperatur. Die von den Lampen erzeugte Strahlung gehört zu der elektromagnetischen Strahlung. Im Wellenlängenbereich schließt sie an das sichtbare Licht an. Infrarotstrahlung wird üblicherweise in drei¹ bis fünf² Bereiche eingeteilt:

- Nahes Infrarot NIR bzw. IR-A: anschließend an das sichtbare Licht bei 780 nm bis 1,4 µm Wellenlänge, entsprechend einer Temperatur nach Wien zwischen 3 700 K und 2 070 K;
- Kurzwelliges Infrarot SWIR bzw. IR-B: zwischen 1,4 µm und 3 µm Wel-

- lenlänge, Temperatur entsprechend zwischen 2070 K und 966 K;
- Mittleres Infrarot MWIR bzw. IR-C: zwischen 3 µm und 8 µm Wellenlänge, mit einer Temperatur nach Wien zwischen 966 K und 362 K;
- Langwelleninfrarot LWIR bzw. IR-C: zwischen 8 µm und 15 µm, mit Temperaturen von 362 bis 193 K; sowie
- Fernes Infrarot FIR bzw. IR-C: zwischen 15 µm und 1000 µm mit einer Temperatur zwischen 193 und 3 K (Abb. 1).

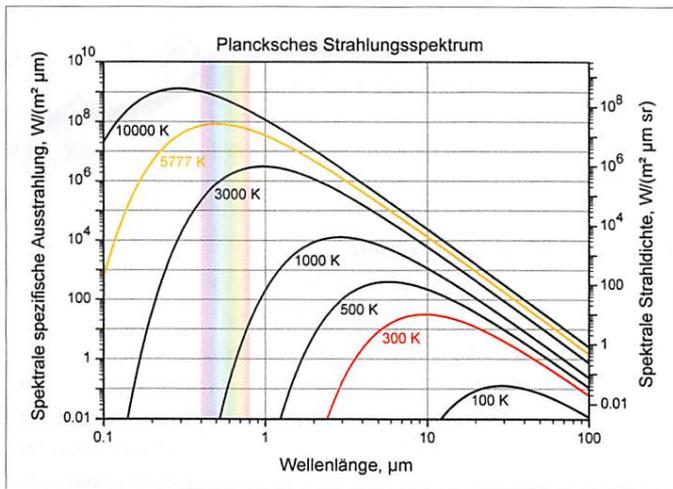


Abb. 1: Planck'sches Strahlungsspektrum für unterschiedliche Schwarzkörperstrahler, mit spektraler spezifischer Ausstrahlung und spektraler Strahlendichte. Gelb: Strahlung der Sonne, rot: Strahlung der Erde an einem sonnigen Tag.

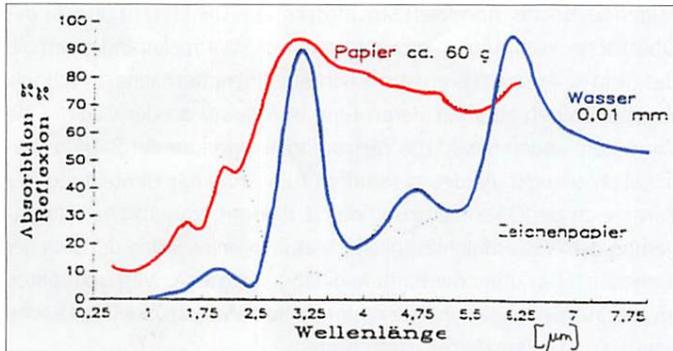


Abb. 2: Absorption der Infrarotstrahlung durch eine dünne Wasserschicht und Streichrohpapier.³

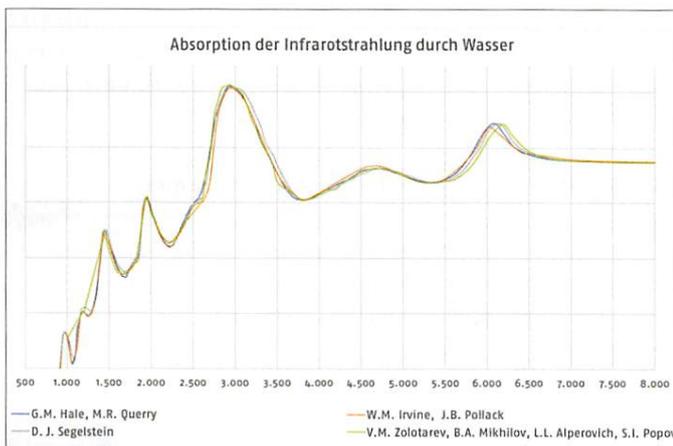


Abb. 3: Absorption der Infrarotstrahlung durch Wasser in Abhängigkeit von der Wellenlänge.^{4,5,6,7}

Elektrisch betriebene Infrarotstrahler haben bis auf eine Ausnahme ihr Strahlungsmaximum bei einer Wellenlänge von 1,18 µm im Nahinfrarot, bei einer Schwarzkörper-temperatur von rund 2.450 K. Gasbetriebene Strahler je nach Ausführung bei 2,5 µm bis 3,5 µm, also im Übergang zwischen kurzwelligem und mittleren Infrarot, bei absoluten Temperaturen zwischen 1 160 und 830 K. Optimierte elektrische Strahler haben ihr Leistungsmaximum im kurzwelligen Infrarot bei 1,45 µm Wellenlänge, entsprechend einer Temperatur von rund 2 000 K.

Je kürzer die Wellenlänge, desto höher die Strahlungsintensität, die gemäß dem Gesetz von Stefan-Boltzmann mit der vierten Potenz der absoluten Temperatur steigt. Eine Verdoppelung der Temperatur bedeutet eine sechzehnfache Strahlungsdichte. Eine höhere Temperatur würde also eine bessere Trocknung bewirken, wäre die Strahlung der einzig relevante Faktor.

3.2.2 Absorption der Strahlung

Die Strahlung ist nur der erste Schritt der Trocknung. Erheblichen Einfluss hat die Absorption dieser Strahlung durch das Substrat und den Strich. Im Wesentlichen wird die Wasserstoffbrückenbindung zwischen Wassermolekülen, Wasser und Strichkomponenten bzw. Wasser und Zellstofffasern durch die Infrarotstrahlung angeregt (Abb. 2). Helmut Graab hat 1991 die Absorption von Infrarotstrahlung durch eine dünne Wasserschicht mit 10 µm Dicke sowie eines Streichrohpapiers veröffentlicht, beim Vergleich verschiedener Strahlersysteme bei der Strichtrocknung. Wasser weist eine sehr starke Absorption bei einer Wellenlänge von rund 3,25 µm sowie bei 6,10 µm auf. Im Nahinfrarotbereich fehlt der Peak bei 1,45 µm, der aber beim Substrat aufgeführt ist.

Spätere Publikationen, sowie teilweise ältere Publikationen weisen auch im Nahinfrarotbereich diesen Peak auf (Abb. 3). Für die Trocknung von Barrierestrichen sind diejenigen Wellenlängen, die Wasserstoffbrückenbindungen anregen, die hauptsächlich, zur Trocknung beitragenden. Die Absorption von Infrarotstrahlung durch Wasser ist deshalb beispielhaft für die Strichtrocknung. Die verschiedenen veröffentlichten Werte legen dar, dass bei Strahlung mit Wellenlängen kleiner als 1,3 µm nur vernachlässigbare Strahlung in Wärme umgesetzt wird. Alles unterhalb dieser Wellenlänge ausgestrahlte Licht trägt nicht zur Trocknung bei.

3.2.3 Penetration der Strahlung in Strich und Substrat

Die Strahlung und ihre Absorption sind nur die ersten beiden Schritte bei der Trocknung, der bedeutendste Faktor, insbesondere bei der Trocknung von Barrierestrichen, ist die Penetrationstiefe der Strahlung. Diese hängt stark von der Wellenlänge der Strahlung ab. Grundsätzlich ist die Penetrationstiefe bei den Wellenlängen sehr gering, bei denen Strahlung sehr stark absorbiert wird. Bereits in den obersten Schichten wird die Strahlung von den Wasserstoffbrückenbindungen zwischen Wassermolekülen absorbiert. Dieser Zusammenhang wird im Gesetz von Lambert-Beer beschrieben, und in den Abbildung 4 und 5 für ausgewählte Wellenlängen dargestellt.

Hierbei wird die durchschnittliche Eindringtiefe für kalottenförmig ausstrahlende Strahler dargestellt, d.h. es werden nicht nur die Strahlen berücksichtigt, die genau vertikal auf das Wasser auftreffen, sondern das Integral der Strahlen.

Man kann in Abbildung 4 sehr gut erkennen, dass rotes Licht (780 nm) an der Grenze zum Infrarot sehr tief in das Wasser eindringt und

kaum absorbiert wird. Infrarotlicht der Wellenlänge 1 180 nm – auf dem kommerzielle elektrische Strahler ihr Maximum ausstrahlen – dringt ebenfalls sehr tief ein. In 860 μm Tiefe sind erst 15% der Strahlung von den Wasserstoffbrückenbindungen absorbiert und in Wärme gewandelt worden. Die Strahlung optimierter elektrischer Strahler, die ein Leistungsmaximum bei 1 450 nm Wellenlänge aufweisen, ist in 310 μm Tiefe bereits zu 80% absorbiert.

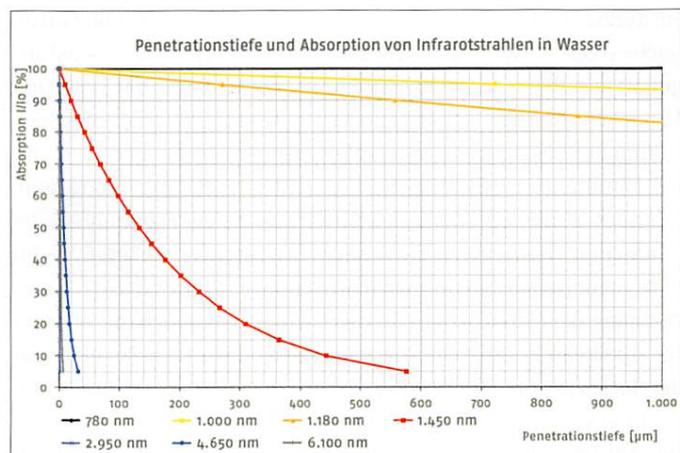


Abb. 4: Penetrationstiefe und Absorption der Infrarotstrahlung durch Wasser für ausgewählte Wellenlängen konventioneller und optimierter elektrischer Strahler, Eindringtiefe 1.000 μm .

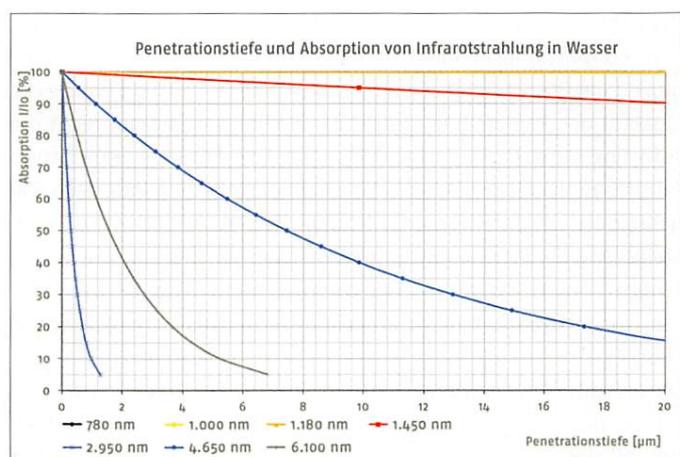


Abb. 5: Penetrationstiefe und Absorption der Infrarotstrahlung durch Wasser für ausgewählte Wellenlängen gasbetriebener Strahler bei Eindringtiefe 20 μm .

Abbildung 5 zeigt die Penetration ausgewählter Wellenlängen der Infrarotstrahlung innerhalb der ersten 20 μm Tiefe. Hier erkennt man, dass die mittelwellige Infrarotstrahlung mit Wellenlängen von 2 950 nm – bei der Wasser die höchste Absorption von Infrarotstrahlung aufweist – wird, in 0,7 μm Tiefe bereits zu 80% absorbiert wurde. Und beim zweiten im MIR relevanten Peak von 6 100 nm bereits innerhalb von 3,6 μm Tiefe zu 80% absorbiert wurde. Beim dritten Peak im MIR-Spektrum, bei Wellenlängen von 4 650 nm, sind bereits in Tiefen von 17,3 μm 80% der Strahlung absorbiert.

Im Durchschnitt wird bei gasbetriebenen Infrarotstrahlern 80% der Energie innerhalb der ersten 3 μm absorbiert. Dies führt in der Praxis zu einer starken Erwärmung der Oberfläche des Strichs. Die

Strahlung schafft es kaum, in tiefere Schichten vorzudringen, das Substrat wird so gut wie nicht erwärmt. Bei einem PVA-basierten Barrierestrich mit 15 bis 20 g/m^2 Nassstrichgewicht werden nur die obersten 15% bis 20% des Strichs erwärmt. Dies führt zu einer Verarmung des Strichs an Wasser und somit zu einer verfrühten Verfilmung der Oberfläche. Das unter diesem Film befindliche Wasser wird zu einem späteren Zeitpunkt, wenn es durch die nachfolgenden Heißlufthauben verdampft wird, durch den ausgebildeten Film an die Oberfläche gelangen und dabei die Barriere zerstören.

3.2.4 Effiziente Verdampfung

Der vierte Schritt der Trocknung ist der wichtigste, die Verdampfung des erwärmten Wassers – erst dann ist die Trocknung abgeschlossen. Auf der Papierbahn liegt eine sehr dünne, laminare Schicht, die sich mit Produktionsgeschwindigkeit mit der Bahn bewegt. Ist diese Schicht wasserdampfgesättigt, kann kein weiteres Wasser mehr aus dem Strich und Substrat verdampft werden. Deshalb ist es unerlässlich, diese Laminarschicht turbulent zu stören und dies bereits während der Energiezufuhr, um so viel Wasserdampf wie möglich abzuführen.

4 Blisterfreies Trocknen von Barrieren

Zur schnellen Immobilisierung der initialen Sedimentschicht des Strichs muss eine Strahlung mit möglichst kurzer Wellenlänge gewählt werden, um den größten Teil der Energie an das Substrat abzugeben und nur den kleinsten Teil in den Strich, um dessen vorzeitiges Verfilmen zu verhindern.

Gleichzeitig muss darauf geachtet werden, dass möglichst wenig der Energie mit einer Wellenlänge kleiner als 1,3 μm übertragen wird, da dieser Teil der Energie nicht zur Erwärmung und Verdampfung beiträgt. Optimal wird ein Großteil der Energie bei Wellenlängen zwischen 1,4 μm und 1,8 μm abgeben.

Wird das Substrat effizient erwärmt, beginnt die Trocknung der Barriere (genauso wie jeder andere Strich) von der initialen Sedimentschicht aus. Die Filmbildung der Barriere ist erst dann abgeschlossen, wenn das gesamte Wasser verdampft wurde. Dies passiert zuletzt an der Oberfläche des Strichs. Dabei müssen die Trockner mehr Wasserdampf abführen können als durch die Erwärmung des Wassers erzeugt wird, um einen Temperaturanstieg auf Verfilmungstemperatur, unabhängig von der Feuchte, zu verhindern.

Compact Engineering hat seine XenTec-Trockner so entwickelt, dass bei Vollast das Maximum der Energie bei einer Wellenlänge von 1,45 μm abgegeben wird. Die Verluste bei Wellenlängen kleiner 1,3 μm sind auf ein Minimum beschränkt, gleichzeitig wird noch eine sehr tiefe Penetration in das Substrat garantiert. Typischerweise erwärmen drei Viertel oder mehr der Energie das Substrat. Im Vergleich zu herkömmlichen elektrischen Lampen, bei denen nur rund 35% der eingesetzten elektrischen Energie durch den Strich absorbiert und in Wärme umgewandelt wird, werden bei den XenTec-Lampen weit über 60% der eingesetzten elektrischen Energie zur Erwärmung des Wassers im Substrat und Strich umgesetzt.

Gleichzeitig wird die laminare Grenzschicht bereits vor dem Eintragen der Strahlungsenergie durch heiße, trockene Luft ersetzt, um die Verdampfung zu erhöhen. Unter dem Strahler wird mit Prallluft die Laminarschicht turbulent gestört und direkt nach dem Strahler ein

weiteres Mal die Laminarschicht ausgetauscht. Eine Sättigung der laminaren Grenzschicht wird so erfolgreich vermieden. Dadurch können die XenTec-Trockner theoretisch mehr Wasser verdampfen als durch die Strahlung erwärmt wird. Dies trägt zur Kühlung des Striches bei, so dass auch diffizile Striche, wie z. B. Thermostriche, trotz extrem hoher Energiedichte, nicht über eine kritische Temperatur erwärmt, sondern durch die Verdampfungsenthalpie gekühlt werden.

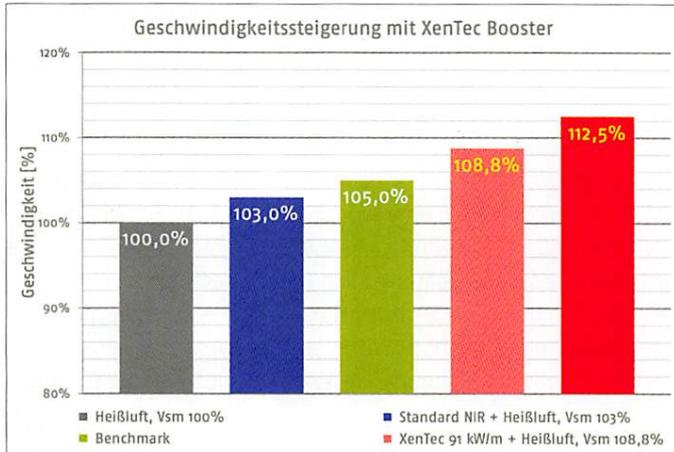


Abb. 6: Geschwindigkeitsgewinn durch XenTec Apollo als Booster vor den Heißluftthauben.

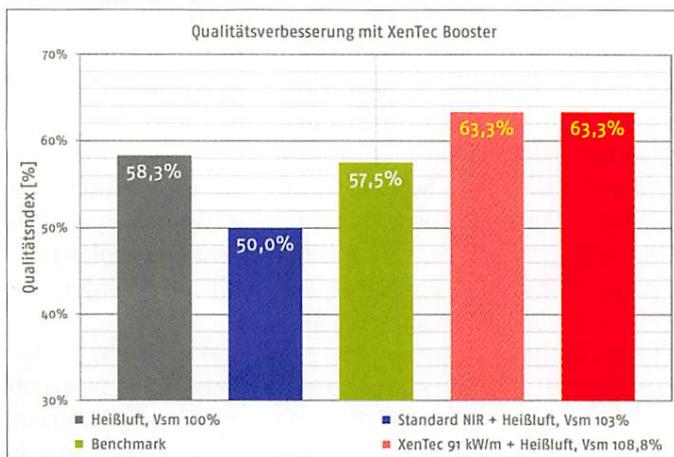


Abb. 7: Qualitätsverbesserung durch Trocknung ausgehend von der initialen Sedimentschicht und Verhindern frühzeitiger Verfilmung der Oberfläche vor den Heißluftthauben.

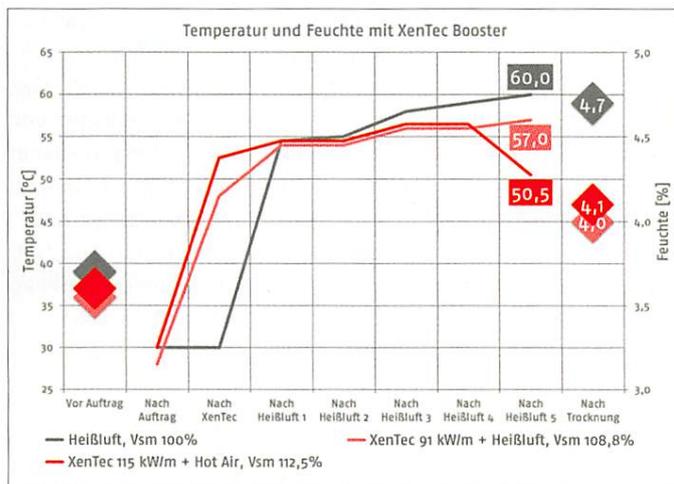


Abb. 8: Die Erwärmung des Substrats erleichtert die Arbeit der Heißluftthauben. Diese können sehr viel besser verdampfen, wenn ausgehend von der initialen Sedimentschicht getrocknet wird. Die effiziente Verdampfung kühlt den Strich.

Zur Optimierung der Kosteneffizienz wird dieser XenTec-Trockner idealerweise als Booster vor die Heißluftthauben gesetzt, um diesen ihre Arbeit zu erleichtern und die Hauptverdampfung der günstigeren Heißluft zu überlassen.

5 Anwendungsbeispiel

PVA-basierter Barrierestrich

Ein typischer Barrierestrich, basierend auf einem modifizierten hochviskosem PVA, mit Strichgewicht von 1,2 g/m² und Feststoffgehalt von 8% – somit Nassstrichgewicht von 15 g/m² und rund 15 µm Schichtdicke – muss getrocknet werden. Die Streichmaschine verfügt auf beiden Papierseiten über mehrere Streichaggregate. Bisher kamen nur Heißluftthauben zum Einsatz, die recht lang sind. Dennoch ist die Trocknung des Barrierestrichs der Flaschenhals der Produktion. Teilweise ist die Produktionsgeschwindigkeit 60% bis 70% niedriger als bei normalen Strichen.

Zwischen dem Streichkopf und den Heißluftthauben wurde ein XenTec Apollo als Booster eingesetzt, sowie ein belüfteter Reflektor auf der Rückseite, um Strahlungsverluste zu minimieren. In Maschinenrichtung werden gut 50 cm Einbauraum benötigt.

Der XenTec Apollo besitzt eine Leistung von 160 kW/m, und verdampft damit so viel wie herkömmliche Infrarotstrahler mit 320 bis 350 kW Leistung.

Vorausgegangen waren verschiedene Versuche mit Infrarotstrahlern, um die Leistung zu steigern.

Bekannt war, dass gasbetriebene Strahler nachteilig sind. Mit einem konventionellen elektrischen Strahler konnte die Geschwindigkeit um 3% gesteigert werden. Bei höherer Leistung wurde die Qualität des Papiers beeinträchtigt, weil dieser Strahler nicht die sofortige Verdampfung des Wassers zuließ. Für eine vernünftige Amortisationsdauer hätte die Geschwindigkeit um mindestens 5% gesteigert werden müssen. Mit dem XenTec Apollo wurde eine Steigerung der Produktionsgeschwindigkeit um 8,8% sowie 12,5% erreicht, bei 91 W/m bzw. 115 kW/m Leistung (Abb. 6). Dabei fiel die Gesamtqualität nicht ab, sondern verbesserte sich sogar (Abb.7).

Dies ist auf den Temperaturverlauf bei der Trocknung zurückzuführen: die Maximaltemperatur blieb 3°C bzw. sogar 9°C unterhalb der mit der alleinigen Verwendung von Trockenhauben erzielten Temperatur. Die Feuchtigkeit wurde ebenfalls um 0,5% gesenkt. Zeichen, dass die Produktionsgeschwindigkeit weiter gesteigert werden kann – aber hierfür müssen jetzt an den anderen Streichköpfen Booster eingesetzt werden.

Der wesentliche, kritische Punkt, ist die Kühlung des Strichs durch die sehr zeitnahe Verdampfung während der Aufwärmphase. Die Thermographie einer Versuchsanstallation (Abb. 9) zeigt sehr deutlich, dass ein hoher Energieeintrag – und damit Verdampfungsleistung – möglich ist, wenn dem Strich und Substrat schnellstmöglich die Wärme entzogen wird. Bei entsprechender Konzeption der Trocknung erreicht man dabei sogar eine erheblich niedrigere Temperatur an der Aufrollung (Abb. 8.) und verhindert das Blocken, das insbesondere bei heißsiegelfähigen Barrierepapieren gerne auftritt. Dann kommt es zu keiner vorzeitigen Verfilmung und damit Schädigung der Barriere.

Auf dem Thermoscan wird deutlich, dass durch den Xen-Tec Apollo der Strich, trotz hohem Energieeintrages, um nur rund 9°C er-

wärmt wird. Im gezeigten Beispiel bedeutet dies eine Steigerung der Produktionsgeschwindigkeit um gut 20%. Gewährleistet wird dies durch die Trocknung von der initialen Sedimentschicht aus, wodurch das erwärmte Wasser optimal nach oben verdampft werden kann (Abb. 9).

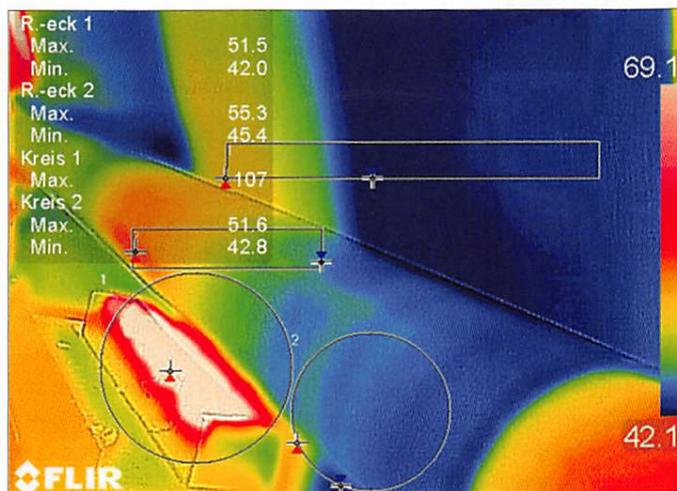


Abb. 9: Thermographie einer Versuchsanstaltung mit XenTec Apollo als Booster nach einem Barrierecoater.

6 Zusammenfassung

Die Herausforderungen für den Papiermacher bei der Erzeugung von Barrierepapieren liegen in den Einschränkungen bei der Trocknung und dem damit verbundenen kleinen Betriebsfenster der Produktionsanlagen. Die Trocknung der Barrieren führt zu deren Verfilmung und damit auch zu verringerter Durchlässigkeit für Wasser und Dampf.

Werden die aufgeführten physikalischen Gegebenheiten richtig umgesetzt, erweitern sie das Betriebsfenster erheblich. Bei richtiger Wahl der Wellenlänge und damit optimaler Penetrationstiefe und Absorption der Strahlung, sowie gleichzeitigem Abtransport des verdampften Wassers trocknet man die Barrieren von der initialen Sedimentschicht aus und verhindert so die vorzeitige Verfilmung der Oberfläche.

Idealerweise wird dabei der geeignete Infrarottrockner als Booster vor den Heißlufthauben eingesetzt. So erreicht man höhere Produktionsgeschwindigkeit, bessere Kosteneffizienz und optimale Produkteigenschaften des Papiers.

Literaturhinweise

- 1 CIE Commission internationale de l'éclairage
- 2 Byrnes, James: „unexploded Ordnance Detection and Mitigation, Springer, Seite 21f, ISBN 978-1-4020-9252-7 (2009)
- 3 Graab, Helmut: „Einfluss der Strahlertemperatur von Infrarotstrahlern auf die Trockenleistung“, Wochenblatt für Papierfabrikation 19, 1991
- 4 Hale, G. M. and Query, M.R.: „Optical constants of water in the 200nm to 200µm wavelength region,“ Appl. Opt. 12, 555-563, (1973)
- 5 Irvine, W.M. and Pollack, J.B.: „Infrared optical properties of water and ice spheres,“ Icarus, 8, 324-360, (1968)
- 6 Segelstein, D.J.: „The complex refractive index of water,“ University of Missouri-Kansas City, (1981)
- 7 Zolotarev, V.M., Mikhilov, B.A., Alperovich, L.I. and Popov, S.I.: Dispersion and absorption of liquid water in the infrared and radio regions of the spectrum, Optics and Spectroscopy, 27, 430-432, (1969)

Fibers in Process

Nachhaltige Papierwirtschaft

Die schnelle Suche nach der Nadel im Heuhaufen - das Hersteller- und Lieferantenverzeichnis!

- Präsentieren Sie Ihr Unternehmen mit einem Basis- oder Premiumeintrag
- Zeigen Sie Neukunden Ihr Portfolio
- Verbessern Sie Ihre Online-Reichweite

Profilieren Sie sich in der Branche

Registrieren Sie sich jetzt!

www.fibers-in-process.de



Sie haben noch Fragen? Dagmar Henning hilft Ihnen gerne unter Telefon +49 69 7595-1722 bzw. dagmar.henning@dfv.de weiter.