



# WOCHENBLATT FÜR PAPIERFABRIKATION

7 Juli  
2014

142. Jahrgang

## Sonderdruck

### Optimierte Strichtrocknung einer Kartonmaschine

Zheng Lin, Ningbo Zhonghua Paper, Ningbo

Tim Klemz, Compact Engineering, Thirsk

Wolf Heilmann, Augsburg, Deutschland

wolf heilmann



produkte für die papiererzeugung

Ihr direkter Kontakt für innovative  
Produkte und Dienstleistungen in der  
Papierindustrie.





# Optimierte Strichtrocknung einer Kartonmaschine

Das richtige Vorgehen bei der Trocknung wasserbasierter Striche auf Papier und Karton ist ein kritischer Teil der Qualitätssicherung. Die allerersten Schritte der Trocknung sind hierbei die wichtigsten, da hier die Möglichkeiten der Penetration der flüssigen Phase und der feinen Pigmentanteile in das Rohpapier oder Karton am größten sind. Die schnelle Entwässerung des Strichs zum Immobilisierungsfestkörpergehalt ist wichtig, da sie das Risiko der Bindermigration und damit verbundener Qualitätseinbußen, wie z. B. Glanz- und Druckmottling, verringert. Auch wird das Risiko des Belegens der folgenden Zylinder und Walzen vermieden.

## 1. Einführung

Normalerweise werden Infrarotstrahler, mit denen ausreichend Wasser an die Oberfläche gebracht und verdampft wird um den Strich an der Grenzfläche zum Substrat zu immobilisieren, in der ersten Phase der Strichtrocknung eingesetzt. So kann man auch leicht die Penetration des Binders ins Substrat steuern und Qualitätseinbußen vermeiden. Die Ningbo Zhonghua Paper Co. Ltd. plante, die Kapazität ihrer Papiermaschinen PM2 und PM3 zu erhöhen, um die steigende Nachfrage nach gestrichenem Karton bedienen zu können. Hierfür soll die Produktionsgeschwindigkeit von bis zu 700 m/min auf bis zu 1 000 m/min gesteigert werden. Gleichzeitig ist gewünscht, das Vorstrichgewicht zu erhöhen, um teure Fasern der Deckschicht durch kostengünstigeren Vorstrich zu ersetzen. Beide Ziele konnten mit den bisherigen Komponenten nicht erreicht werden, da die Streichköpfe zu geringe Trocknungskapazität aufwiesen.

Deshalb suchte Ningbo Zhonghua Paper nach alternativen Möglichkeiten der Strichtrocknung. Der nachfolgende Beitrag beschreibt dieses Projekt.

Zheng Lin, Ningbo Zhonghua Paper Co., Ltd., Ningbo/CN; Tim Klemz, Compact Engineering, Thirsk/GB; Wolf Heilmann, wolf heilmann produkte für die Papiererzeugung, Augsburg

## Über Ningbo Zhonghua Paper

Die Ningbo Zhonghua Paper Co. Ltd. gehört zu der Industrial Paper Division von Asia Pulp & Paper, dem chinesischen Teil der zur indonesischen Sinar Mas Gruppe gehörenden Papierfabriken. Die Fabrik liegt rund 200 km südlich von Shanghai im Osten Chinas.

Die Papierfabrik verfügt über drei Kartonmaschinen und produziert ca. 700 000 t/a beidseitig doppelt gestrichenen Karton, vor allem zwischen 200 und 300 g/m<sup>2</sup>, maximal 400 g/m<sup>2</sup>.

Die PM3 von Ningbo Zhonghua Paper ist eine mehrlagige Langsiebmaschine mit vier Streichköpfen, jeweils zwei für die Oberseite und Rückseite. Die Trocknung erfolgt mit einer Kombination aus elektrisch betriebenen kurzwelligen Infrarotstrahlern mit nachfolgenden Heißluftstrahlern. Dabei werden die Heißlufttrockner mit Temperaturen von 168 °C und 174 °C betrieben.



Abb. 1: Compact Engineerings IRE-Strahler mit perforiertem Schutzglas, Goldreflektoren und speziellen Lampen mit hohem Wirkungsgrad

## 2. Projektübersicht

### 2.1 Projektalternativen

Ningbo Zhonghua prüfte vier mögliche Alternativen bzgl. der Durchführbarkeit:

- Mit den bestehenden Strahlern.
  - Bedeutet im Grunde ein Verschieben des Umbaus der Streichköpfe bis zu dem Moment, wenn die anderen Umbauarbeiten entschieden werden. Was aber auch zur Folge hat, dass das Vorstrichgewicht erst zu einem späteren Zeitpunkt erhöht werden kann.
- Die bestehenden elektrischen Strahler durch gasbefeuerte ersetzen. Obwohl dies dem ersten Anschein nach eine gute Wahl darstellte, konnte diese Alternative mangels Einbauraum nicht umgesetzt werden, da gasbetriebene Infrarotstrahler einen erheblich größeren Einbauraum benötigen, was sehr hohe Umbaukosten der Maschine zur Folge hätte.
- Die bestehenden Strahler durch Heißluftstrahler ersetzen. Theoretisch gesehen die beste Alternative, da die Kosten für Heißluft konkurrenzlos günstig sind. Aber ein noch größerer und teurer Maschinenumbau wäre die Folge gewesen.
- Die bestehenden durch leistungsfähigere Strahler ersetzen. Diese Alternative wurde gewählt, da die meisten Nebenaggregate auch in der Zukunft verwendet werden konnten. So war nur die Umrüstung der Strahler erforderlich, keinerlei andere Investition.

### 2.2 Projektumsetzung

Im Frühjahr 2013 entschied die Werksleitung, im Rahmen eines größeren Projektes zur Leistungssteigerung, die Trocknungskapazität der Streichköpfe der Vorstrich Ober- und Rückseite zu steigern, indem die vorhandenen Strahler gegen leistungsfähigere ausgetauscht wurden. Die restliche Infrastruktur der vorhandenen Infrarottrocknung inklusive Rahmen wurde beibehalten. Die vorhandenen TAPS-Einheiten hatten eine Nennleistung von 30 kW, erzeugt von 10 Lampen mit je 3 kW. Diese wurden ersetzt durch Compact Engineerings IRE-Strahler mit einer Nennleistung von jeweils 24 kW, erzeugt von acht Lampen mit je 3 kW Leistung.



Hinter dem Austausch standen zwei Ziele. Zum einen war der Verschleiß der Lampen in den bisher verwendeten Strahlern sehr hoch, was zu den sowieso schon hohen Betriebskosten hinzukam. Die garantierte Lebensdauer wurde mit den neuen Lampen mehr als verdoppelt. Zweitens war es das Ziel der Werksleitung, teure Fasern der Deckenlage durch günstigen Vorstrich zu ersetzen – und hierfür wurde zusätzliche Trocknungskapazität benötigt.

Beim Deckstrich, der später zusammen mit anderen Maschinenumbauten umgerüstet werden kann, wird die benötigte zusätzliche Leistung nur für die Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit eingesetzt werden. Bei den jetzt umzurüstenden Strahlern des Vorstrichs muss zusätzlich anfallendes Wasser aufgrund der geplanten Steigerung des Vorstrichgewichts verdampft werden. Deshalb war die Umrüstung des Vorstrichs vorgezogen worden, weil hier die höchsten Anforderungen bestanden.

Im Projektablauf wurde entschieden, dass die kosteneffizienteste Lösung nicht ein kompletter Umbau der Vorstrichtrocknung ist, sondern aufgrund der von Compact angebotenen Möglichkeit der einfachen Austausch der Strahler.

Zusammen mit der Garantie, mindestens 40 % der eingesetzten Energie zu sparen, dem für die Umrüstung erforderlichen kurzen Stillstand und dem signifikanten Anstieg der Trocknungskapazität, war deshalb die vierte Projektalternative ausgewählt worden, obwohl die Kosten pro Megawattstunde elektrische Leistung in Ningbo doppelt so hoch sind wie die Kosten pro Megawattstunde Gas, und ein Vielfaches der Kosten pro Megawattstunde Heißluft.

### 2.3 Die Technologie

Compact Engineering stellt seit über 25 Jahren Strahler für kurzwelliges Infrarot her und hat kontinuierlich das Konzept und die Leistung der Trockner weiterentwickelt. Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Strahlern von Compact Engineering und den vorhandenen Impact TAPS-Strahlern sind

- die Lampen,
- die Reflektoren,
- die Quarzschutzplatte sowie
- die Verwendung der Heißluft auf der Bahnoberfläche.

Compact Engineering stellt selbst die Lampen her, die speziell zum Erwärmen und Trocknen von Papier, Karton und Strich entwickelt wurden. Die Lampen werden bei niedrigeren Temperaturen betrieben, sodass eine längere Wellenlänge als bei den marktüblichen Lampen erreicht wird, wodurch die Effizienz der Wärmeübertragung praktisch verdoppelt wird.

Compact verwendet goldbeschichtete Reflektoren, um die gesamte Primärstrahlung in das Papier zu lenken sowie die vom Papier oder Strich reflektierte Sekundärstrahlung wieder auf das Papier zu richten. Das Reflektorkonzept erlaubt auch eine spezielle Luftführung, um sowohl den Reflektor selbst als auch die Lampen kühl zu halten. (Abb. 1)



Abb. 2: Compact Engineerings IRE-Strahler am ersten und zweiten Streichkopf im Vordergrund, Impacts TAPS-Strahler noch an dem dritten und vierten Streichkopf des Deckstrichs

Bei diesen Ersatzstrahlern verwendet Compact eine hydroxylfreie Quarzplatte zwischen den Lampen und dem Strich, während bei den leistungsstärkeren Standardstrahlern spezielle, hydroxylfreie Quarzröhren zum Schutz der Lampen eingesetzt werden. Die spezielle Glaszusammensetzung macht das Glas praktisch unsichtbar für die infrarote Wellenlänge, die von den Lampen erzeugt wird. Dadurch wird nur ein verschwindend geringer Anteil der Wärmestrahlung vom Glas absorbiert, was zur erheblichen Verbesserung des Wirkungsgrades führt. Außerdem erwärmt sich dadurch die Schutzplatte kaum, sodass die Brandgefahr erheblich reduziert wird.

In der Praxis kühlen Compacts Strahler von Volllast auf Umgebungstemperatur in wenigen Sekunden. Die Schutzplatten weisen spezielle Ventilationsschlitze auf, die es der Kühlluft ermöglichen, die Grenzfläche von der Oberfläche des Papiers oder Strich abzulösen, umso den für den Trocknungsvorgang wesentlichen Massetransfer des Wassers bzw. des Dampfes zu erleichtern.

Streichkopf	Niedrige Last	Verdampftes Wasser	Hohe Last	Verdampftes Wasser	Lastdifferenz	Änderung verdampftes Wasser	Durchschnittliche wirkliche Verdampfungsrate
	[kW/m]	[kg/m/hr]	[kW/m]	[kg/m/hr]	[kW/m]	[kg/m/hr]	[kg/kW]
Vorher	CS#1	9.66	208.93	61.87	209.33	52.21	0,0077
Nachher	CS#1	28.12	185.77	120.58	196.55	92.46	0,1166
Verbesserung							1.514 %
Vorher	CS#2	9.66	217.50	61.87	218.31	52.21	0,0155
Nachher	CS#2	28.12	188.20	120.58	203.86	92.46	0,1694
Verbesserung							1.093 %

Tab. 1: Wasserverdampfung verschiedener Strahlereinstellungen vor und nach dem Umbau, zur Berechnung der wirklichen Verdampfungsrate

	Bahnfeuchtigkeit vor Streichkopf	Bahnfeuchtigkeit nach Trockner	Veränderung in Bahnfeuchtigkeit	Wirkliche Verdampfungsrate
	[%]	[%]	[kg/m/hr]	[kg/kW]
Vor Umbau	5.3	5.4	+7.39	-6.18
Nach Umbau	5.5	5.0	-65.04	0.34

Tab. 2: Die wirkliche Verdampfungsrate war vor dem Umbau negativ; nach dem Umbau ist die Verdampfungsrate positiv, das Blatt ist trockener als vorher



## 2.4 Die Resultate

Die Strahler wurden am 7. Juni 2013 an den Infrarottrocknern des ersten und zweiten Streichkopfes ausgetauscht. Für den Austausch der Strahler in den Rahmen wurden ca. vier Stunden innerhalb eines achtstündigen Reinigungsstillstandes benötigt.

Um die Leistung der vorhandenen und der neuen Strahler zu beurteilen, wurden, neben den Daten von den Referenzläufen und Garantieläufen, auch die Werte am 6. Juni 2013 vor dem Austausch und am 8. Juni 2013, bei wieder stabiler Produktion, gemessen.

Ins Auge fiel sofort die Farbtemperatur der Strahler im Vorstrich gegenüber denen des Deckstrichs, wie sich auch in Abb. 2 mit der Streichmaschine der PM3 erahnen lässt. Man kann klar erkennen, dass bei Compact Engineerings Strahlern erheblich weniger Energie im sichtbaren Spektrum ausgestrahlt wird, dafür ein signifikant höherer Anteil im unsichtbaren Infrarotspektrum. Man beachte das dunkle Orange der Strahler von Compact (das weiße Licht kommt vom Bahninspektionssystem), und das helle Orange, fast weiße Licht der Strahler von Impact, dass sehr stark im sichtbaren Bereich abstrahlt.

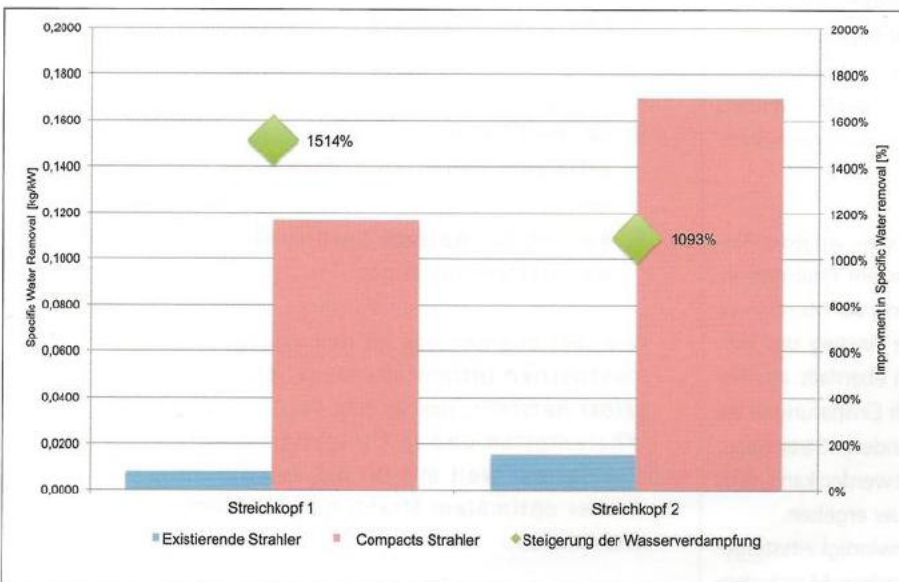


Abb. 3: Verbesserung der spezifischen Verdampfungsrate (kg/kW)

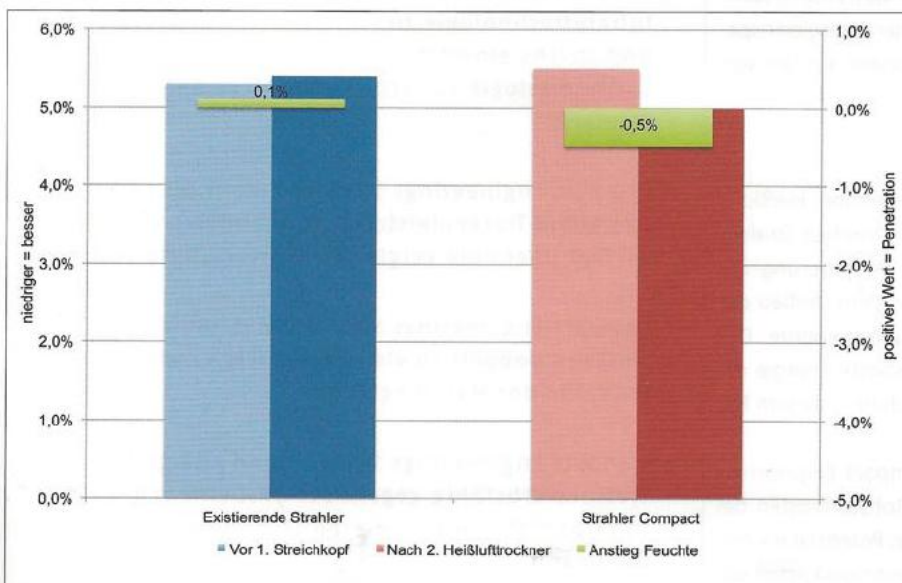


Abb. 4: Änderung des Feuchtegehaltes des gesamten Blattes vor dem ersten Streichkopf und nach dem zweiten Heißlufttrockner, vor dem Umbau (Impacts TAPS-Strahler) sowie danach (Compacts IRE-Strahler)

### 2.4.1 Bewertungsmethode

Eine sinnvolle Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Trocknern ist die Messung der Unterschiede im Feuchtegehalt des Strichs und Papiers in Abhängigkeit von der Leistungsaufnahme. Dies erlaubt es, die Menge an Wasser zu berechnen, die aus dem Strich und Papier verdampft wurde, bezogen auf die Differenz der Leistung. Die Feuchtigkeitsunterschiede werden aus dem Prozessleitsystem sowie Mustern gemessen, die verschiedenen Niveaus der Leistungsaufnahme an den Amperemetern der Steuerung. Dies ermöglicht die Berechnung der spezifischen Leistung in Kilogramm verdampften Wasser gegen verbrauchtem Kilowatt (kg/kW).

Um die Werte zu erhalten, wurden vor der Umrüstung die Infrarotstrahler bei 10% Leistungsaufnahme sowie 80% eingestellt, und die Differenz der aus dem Strich entfernten Feuchte sowie die exakte Leistung der Strahler gemessen.

Nach der Umrüstung wurde dasselbe bei 20% sowie 80% Leistungsaufnahme durchgeführt, und erneut die Änderungen in Feuchte und Leistung registriert. Die Resultate sind in Tab. 1, 2 sowie Abb. 3, 4 zu sehen.

In Abb. 4 wird offensichtlich, dass bei dem alten System eine signifikante Penetration der flüssigen Phase der Streichfarbe in das Blatt stattfindet, da selbst nach dem Trocknen der Gesamtfeuchtegehalt um 0,1%-Punkt höher ist als vor dem Auftrag des Strichs. Diese Migration wird mit dem Einbau der Strahler von Compact verhindert – die Gesamtfeuchte wird um 0,5%-Punkte verringert.

### 2.4.2 Bewertung der Resultate

Die Analyse der Messresultate zeigt klar, dass der Austausch der bisherigen Strahler durch die von Compact Engineering eine wirkungsvollere Wasserverdampfung aus dem Strich gebracht hat. Betrachtet man die Menge des verdampften Wassers, erkennt man, dass Compacts IRE-Strahler beim Vorstrich der Rückseite gut die 15-fache Menge Wasser verdampfen, bei Vorstrich der Oberseite gut die 11-fache Menge, im Vergleich zu den vorher im Einsatz gewesenen TAPS-Strahlern von Impact.

Der Grund für die mangelhafte Leistung der vorhandenen Strahler ist die unzureichende Energieübertragung von den Strahlern in das Blatt, um die Trocknung in ausreichendem Masse zu beeinflussen. Dies ist bedingt durch die kürzere Wellenlänge der Strahler, die ihr Maximum bei 1,17 µm aufweist. Nur ein geringer Teil der Strahlung wird von der Bahn absorbiert, ein zu großer durchdringt sie wirkungslos.

Aufgrund ihres Konzeptes können die Strahler von Compact Engineering einen größeren Anteil der gesamten Strahlung als Wärme auf die Bahn übertragen, und so bereits mit der Verdampfung beginnen. Das Blatt absorbiert aufgrund der größeren Wellenlänge einen sehr viel größeren Teil der Strahlung und erzeugt dadurch im Blatt unterhalb des Striches einen



positiven Dampfdruck. Dieser bringt zusammen mit der vom Strich absorbierten Energie das Wasser an die Oberfläche, wo es in die Atmosphäre verdampfen kann.

Dieser positive Dampfdruck aus dem Inneren der Bahn heraus kompensiert die Kapillarkräfte des Substrats, sodass der Verlust an Binder und feinen Pigmentteilchen durch Migration erfolgreich verhindert werden kann. Die Vorteile dieser verringerten Penetration der flüssigen Phase in das Substrat muss nun über das gesamte Sortenspektrum evaluiert werden.

Weiterhin erleichtert die durch die richtige Infrarotstrahlung übertragene Energie die Arbeit der Heißlufttrockner, da die meiste Flüssigkeit sich an der Oberfläche befindet, wo sie für die heiße Luft erreichbar ist. Dadurch kann mit demselben Energieeinsatz im Heißluftstrahler eine sehr viel größere Menge Wasser verdampft werden, als es vorher der Fall war.

Die Prallluft der Strahler von Compact Engineering beginnt mit der Verdampfung des Wassers bevor die Bahn die Heißlufttrockner erreicht, was ebenfalls unterstützend auf die Heißlufttrocknung wirkt, sodass der gewünschte Geschwindigkeitsanstieg auch bei erhöhtem Strichgewicht erreicht werden kann.

Die sehr kurze Umbaudauer von weniger als vier Stunden – es wurden nur die Strahler ausgetauscht, keine komplette Anlage installiert – ergibt eine extrem kurze Amortisationsdauer, die eher in Wochen denn Monaten zu bewerten ist. Aber selbst bei einem kompletten Neubau des Systems wäre die Amortisation weit unter einem Jahr geblieben.

### 3. Ausblick

Mit dem Potenzial für zukünftige Kapazitätssteigerungen, wo jedes Prozent Verringerung der Gesamtfeuchte rund drei Prozent Produktionssteigerung bedeutet, kann die gewünschte Steigerung der Maschinengeschwindigkeit erreicht werden. Der gewünschte Anstieg des Vorstrichgewichtes erscheint ob der Leistungsreserven ebenfalls als sehr realistisch, sodass zu den Energieeinsparungen noch Einsparungen bei den Rohstoffen hinzukommen werden. Da an den anderen Streichköpfen ebenfalls die vorhandene Infrastruktur verwendet werden kann, wird sich dort ebenfalls eine sehr kurze Amortisationsdauer ergeben.

Der volle Gewinn aus diesem Umbau durch Geschwindigkeitssteigerung lässt sich aber erst dann erreichen, wenn andere Maschinenkomponenten, von der Stoffaufbereitung bis zu den Antrieben, auf eine zukünftige Produktionsgeschwindigkeit von 1000 m/min ertüchtigt wurden. Bis dahin kommen „nur“ die erheblichen Energieeinsparungen, die Einsparung an Rohstoffen, und die Vorteile aus der verringerten Migration zur Geltung.

### 4. Zusammenfassung

Trotz der hohen Kosten der elektrischen Energie gegenüber Heißlufttrocknern und Gasbefeuerung hat die Wahl der elektrischen Strahler mit der optimalen Wellenlänge eine signifikante Verringerung der Energiekosten gebracht, wie Ningbo Zhonghua bei dem Umbau der Trocknung des Vorstriches der PM3 kürzlich feststellen konnte. Der Beitrag zeigt, dass nicht die augenscheinlich günstigste Energie die niedrigsten Energiekosten pro t Karton bringt, sondern in diesem Fall sogar die augenscheinlich teuerste Energiequelle.

Der wesentliche Vorteil der Technologie von Compact Engineering kommt in diesem Fall durch die Einsparung an Rohstoffkosten bei gleichbleibender Qualität sowie vor allem durch das Potenzial zur Geschwindigkeitssteigerung, den sehr niedrigen Investitionskosten sowie vor allem durch die extrem kurze Amortisationsdauer, sie sich in Wochen und nicht Monaten bemisst.



Hersteller innovativer Infrarottechnologie, die es der Papierindustrie erlaubt,

- **effizienter** sowie
- **kostengünstiger** und mit
- **besserer Qualität** Papier und Karton zu produzieren.

Compact Engineering verfügt über 25 Jahre Erfahrung bei

- **Feuchteprofilregelung** für Papier und Strich,
- **kosteneffizientem Trocknen** von Papier und Strich,
- **Leistungssteigerung** über **Vorerwärmung** des Papiers,
- Leistungssteigerung bei Zellstofftrocknern,
- Leistungssteigerung der Papiermaschine durch **effiziente Feuchteprofilregelung** vor Leimpresse und Kalander,
- **Kochen** der **nativen Sprühstärke** in der Papier- und Kartonmaschine.

Compact Engineering ist der einzige Hersteller von elektrischen Infrarotstrahlern, der die *Lampen selbst herstellt*, um so den Papiermachern die effizientesten und leistungsstärksten Lampen und Strahler der Welt mit für die Verdampfung von Wasser optimalem Strahlungsspektrum anzubieten.

Compact Engineering ist der einzige Hersteller von Infrarottrocknern, der in seinen Strahlern neueste Infrarottechnologie zum *Erwärmen* des Papiers und Strichs einsetzt ebenso wie modernste Lufttechnologie zur *effizienten Verdampfung* des Wassers.

Compact Engineerings Strahler liefern bis zu **330 kW/m** Trockenleistung. Kein anderer Strahler verfügt über eine vergleichbare Leistungsdichte.

Compact Engineerings Strahler verdampfen pro kW Leistung **doppelt** so viel **Wasser** wie vergleichbare Produkte der Marktbegleiter.

Compact Engineerings Strahler sind energetisch **wettbewerbsfähig** gegenüber *gasbetriebenen* Infrarotstrahlern und diesen technologisch weit überlegen.



wolf heilmann

produkte für die papiererzeugung

Ihr direkter Kontakt für innovative Produkte  
und Dienstleistungen in der Papierindustrie.

**Wir unterstützen Sie**

effizienter, kostengünstiger und mit besserer  
Qualität Papier und Karton zu produzieren.

Wir verfügen über eine hohe Fachkompetenz  
sowie langjährige Erfahrung in der  
Papierindustrie.

**Wir bieten Lösungen für**

- Energieoptimierung,
- Rattermarken,
- Kreppung,
- Profilierung,
- Trocknung,
- Streichfarbenoptimierung,
- Spezialpapierentwicklung,
- Entlüften und Entschäumen,
- Reinigen und Passivierung der Bespannung  
sowie
- Runnability.

Wir geben Ihnen die besten Werkzeuge zur  
Problemlösung an die Hand.

*Sprechen Sie uns an.*



wolf heilmann produkte für die papiererzeugung

Provinostr. 52 • 86153 Augsburg

t +49-821-455 12 38 • f +49-821-455 12 41

www.wolfheilmann.eu • info@wolfheilmann.eu