J. Matula*

Flash Mixing, der schnelle und einfache Weg, Nassteiladditive effizient in den laufenden Papierherstellungsprozess einzuleiten

Ein schnelles und effektives Mischen mit TrumpJet® Flash Mixing erlaubt es, zur Papierherstellung notwendige Additive, z. B. Retentionsmittel oder Leim oder Füllstoffe, sehr nahe am Stoffauflauf dem Prozess zuzuführen.
Die von Wetend entwickelte vielfältige Mischtechnologie, unter Ausnutzung des effizienten transversalen Mischens, ermöglicht es, Additive in speziellen Gruppen zusammen und gleichzeitig mit Retentionsmitteln kurz vor dem Stoffauflauf an gleicher Position in den Stofffluss zu geben. Dies hat zur Folge, dass der Prozess einfacher und die Reaktionszeit deutlich schneller wird, der Chemikalienverbrauch gesenkt werden kann und sich die Blatteigenschaften positiv entwickeln.

Einleitung

Nassteiladditive sind ein sehr wichtiger Teil der Rohstoffe, z. B. verschiedene Chemikalien, Füllstoffe oder Opazitäts-Füllstoffe. Ohne diese Hilfsstoffe wäre der heute erreichte, äußerst effiziente Papierherstellungsprozess mit gleichbleibend hoher Qualität nicht realisierbar. Normalerweise werden diese Hilfsstoffe an verschiedenen Stellen dem Stoff zugeführt, das Mischen erfolgt meist 10–30 min vor dem Stoffauflauf. Manchmal können an dieser Stelle auch Stärke, Füllstoffe, ASA, AKD, Trocken- und Nassfestmittel, Fixiermittel, Harze, Färbemittel, NaOH, CO_2 oder ähnliches dem Prozess zugeführt werden. Der Sauganschluss der Mischpumpe ist etwa 15–30 s vom Stoffauflauf entfernt. Diese Position wird üblicherweise gewählt, um die gleichen Zusätze wie Färbemittel, Entschäumer, Stärke, Füllmittel, Bentonite oder Polymere, NaOH, Leim oder Trocken- und Nassfestmittel zuzugeben. Vor der Stoffauflaufpumpe werden Additive wie Füllstoffe, Retentionsmittel oder Leimungsmittel zugegeben. Die Retentionsmittel, Polymere, Stärke oder Flockungsmittel oder andere Nanopartikel werden normalerweise vor dem Sortierer zugegeben. Nach dem Sortierer ist eine gute Mischung sehr wichtig und hat eine essentielle Bedeutung für die Blattbildung. In einigen wenigen Fällen werden an dieser Stelle Bentonite, Silica oder andere Nanopartikel zugegeben. Wenn die Mischung gut genug ist, um eine gute Formation zu gewährleisten und ein gutes Profil zu geben, können Retentionsmittel, Stärke oder Polymere auch nach dem Sortierer zugegeben werden.
Die Auswahl der Position für die Dosierung basiert auf Laborauswertungen und auf Erfahrungswerten aus den bisherigen Installationen. Die Zumischung der Additive basiert häufig auf der Dosierung in den Prozess mit einer niedrigen Mischintensität und dem tatsächlichen Mischen im Stoff auf dem Weg zum Stoffauflauf. Diese Art der langsamen Vermischung und des Makromischens geschieht normalerweise in Bütten, Pumpen, Entlüftern, Sortierern, Rohrleitungsbogen oder Kreisläufen *(Abb. 1)*.

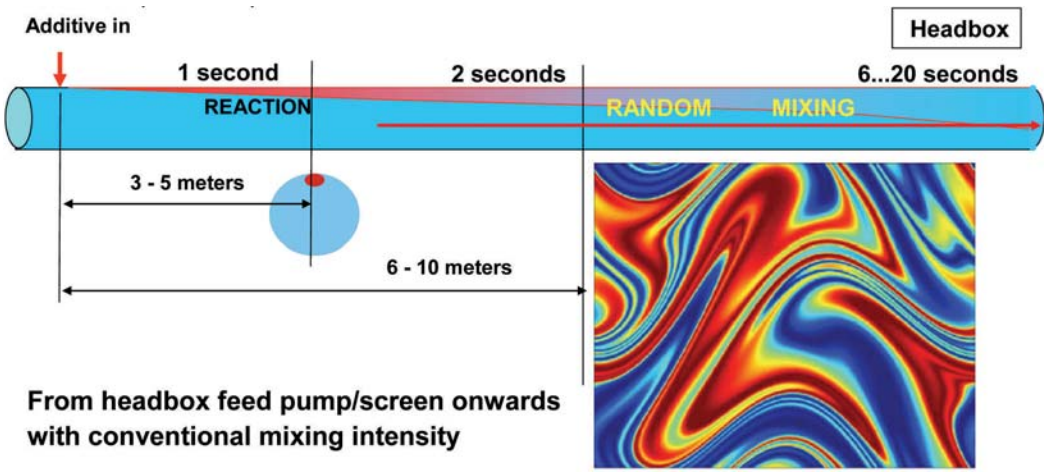

Abb. 1: Prinzip der Mischung von Additiven bei normaler Mischintensität. Die blaue Röhre zeigt den Weg zum Stoffauflauf, die roten Linien zeigen die Mischung der Additive auf dem Weg zum Stoffauflauf im Verhältnis zur Verweildauer

1. Kreisläufe im Zulauf zur PM / kurzer Prozesswasserkreislauf

Ist die Dosierstelle weit vom Stoffauflauf entfernt, ergeben sich signifikante Nachteile: Die lange Verweildauer führt zu einer Verbindung der Zusätze mit dem Stoff, der wahllos auf verschiedene kolloidale Substanzen trifft oder Luftblasen sowie bereits zirkulierende Zusätze aufnimmt, oder aber das Gemisch wird mit unterschiedlichen pH-Werten, Temperaturen, Konzentrationen oder Mischverhältnissen im Prozess geführt. Die Reaktionen darauf können zum Teil innerhalb der gewünschten Bereiche liegen, aber einige Reaktionen erfolgen unkontrolliert oder wahllos und zufällige oder ungewollte Ergebnisse sind die Folge. Einige Baugruppen im kleinen PM-Kreislaufsystem halten Teile der zugesetzten Additive länger im Kreislauf, wie *Abb. 2* zeigt, was die oben aufgeführten Folgen haben kann.

*Jouni Matula, Wetend Technologies Ltd; Savonlinna, Finnland; www.wetend.com
Der Originalartikel von Herrn Jouni Matula wurde von Herrn Peter Siebert, Petax Papier Ingenieur Technik GmbH, der deutschen Vertretung der Wetend Technologies Ltd., inhaltlich für die deutsche Ausgabe des Artikels angepasst und überarbeitet.

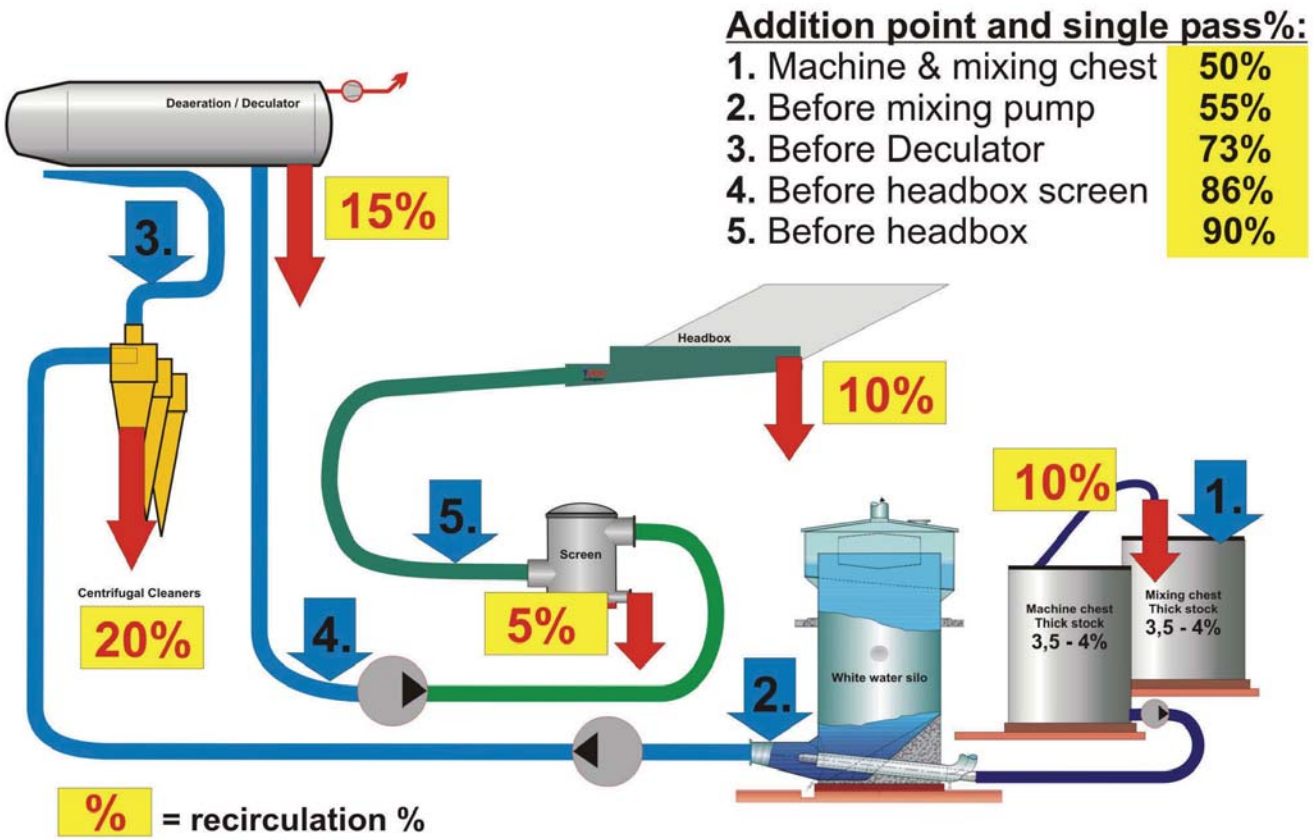

Abb. 2: Kurzer PM-Kreislauf mit verschiedenen Teilkreisläufen. Oben angegeben ist der Prozentsatz der Einmaldurchläufe der beigemischten Zusätze vor dem Stoffauflauf

Werden die Additive in der Mischbütte zugeführt, gelangt nur ein Anteil von vermutlich 50 % im ersten Durchlauf zum Stoffauflauf, der Rest beginnt im Kreislauf zu verweilen. Die lange Verweildauer verursacht eine Verlangsamung im Kreislauf und dadurch ein deutlich trägeres Verhalten bei Produktionsanpassungen. Die lange Verweilzeit, die wiederholte Zirkulation im Kreislauf verkomplizieren den Herstellungsprozess deutlich: Chemische Reaktionen und die Oberflächeneinflüsse im Nassteil sind schwer voraus zu sagen und zu verfolgen, besonders in Situationen, wenn der Prozess nicht gleichmäßig abläuft. Auch die Sauberkeit des Gesamtsystems wird negativ durch die lange Verweildauer beeinflusst, es können Ablagerungen im System entstehen.

Langsames Vermischen gegenüber schnellem und effektivem Mischen der Zusätze

Erfolgt das Mischen von reagierenden Zusätzen in ein komplexes Prozessmedium schnell und effektiv, dann ist das Ergebnis eine korrekte Mischung mit den gewünschten Ergebnissen. Die Reaktion ist z. B. **R+K = AB**. Hier treten nur wenige Nebenwirkungen auf.

Erfolgt das Mischen langsam und mit zufälligen Zusammensetzungen und Konzentrationen, wird das Ergebnis sein, dass die eingeleiteten Zusätze auf verschiedene Zustände im Laufe des Prozesses treffen. Es können verschiedene Reaktionen auftreten:

R + H => YV

R +K = AB

R + YV = LKJ

YV + AB => ED

Verlängerte Zeiten und zufällige Konzentrationen sind ursächlich für verschiedene unerwünschte Nebenwirkungen. Der Hintergrund und die Probleme können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Die Dosierpunkte der Additive variieren von der Mischbütte bis zur Stoffauflaufzuführung
- Kreisläufe bringen Additive zum Stoffauflauf, aber mit zum Teil großen Schwankungen der Reaktionszeit
- Die Dosierpunkte sind früh im Prozess integriert, um die Mischung zu gewährleisten
- Die Additive haben eine lange Verweilzeit im Prozess vor der Blattbildung
- Lange Ansprechzeit bei Dosierungsänderungen und Einstellungen
- Hohe Überzeugung, den „richtigen" Dosierpunkt zu haben
- Komplexe Chemie
- Hoher Additivverbrauch
- Geringe Vorhersehbarkeit der Ergebnisse
- Hohes Risiko von Ablagerungen.

2. Mischung der Additive mit weiterentwickelter Querstrommischung

Um eine Verbesserung in diesem Teil des Papierherstellungsprozesses zu erreichen, spielt gutes und schnelles Mischen eine wesentliche Rolle. Wetend Technologies Ltd. hat zu diesem Zweck die TrumpJet Mischtechnologie entwickelt und bis heute sind 210 Systeme für das Mischen von verschiedenen Additiven bei Papier- und Kartonfabriken weltweit im Einsatz. Dabei nutzt Wetend die Stoffauflaufsuspension, um die Additive schnell, sauber und effizient zu mischen. Diese Technik basiert auf einer weiterentwickelten Querstrommischung mit speziellen Düsen für eine hohe Mischintensität.

2.1 Das Querstrommischen

Die Funktionsweise des Querstrommischens ist nicht allgemein bekannt. Konventionelle Systeme imitieren beim Mischen diese Methode, meist sind Einspritzenergie, Intensität oder Volumen aber so gering, dass eine genaue Mischung nicht stattfinden kann. Erst seit kurzem wird das Phänomen des Mischens detailliert untersucht. Wird

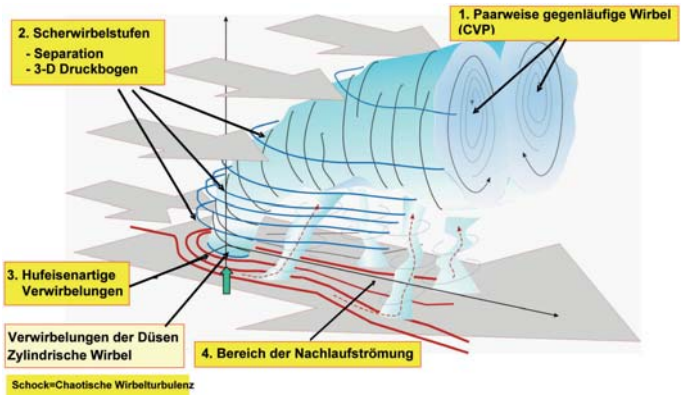

Abb. 3: Vier kräftige Mischwerkzeuge der Querstrommischung

das Querstrommischen korrekt ausgelegt und eingesetzt, ergibt es ein kraftvolles und effizientes Mischen. Das Mischen erfolgt in mehreren Stufen innerhalb der Querstrommischung. Wie in *Abb. 3* dargestellt, erfolgt die Einspritzung von unten in den Stoffstrom, die Mischung erfolgt dann mit dem gesamten Leitungsvolumen, im Beispiel unten von links nach rechts.

Zu den wichtigen physikalischen Eigenschaften, die mit dem Querstrommischen in direkter Verbindung stehen, gehören verschiedene Verwirbelungen im Stofffluss, die aufgrund des Quer-Einspritzens entstehen:

- Gegenläufige Wirbelpaare aus komplexem Zusammenspiel von Umgebungs- und Einspritzströmung
- Abgestufte Scherverwirbelungen
- Hufeisenförmige Wirbelströme

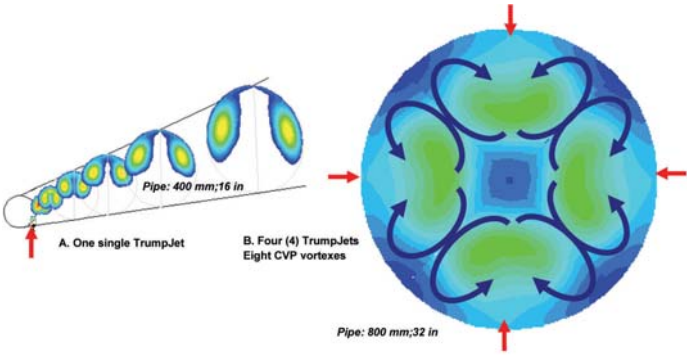

Abb. 4: Entstehung der gegenläufigen Wirbel im Stofffluss, hervorgerufen durch TrumpJet Mischer. Links (A): Ein einzelner TrumpJet in einer 400 mm Rohrleitung. Rechts (B): Ausschnitt einer 800 mm Rohrleitung mit 4 TrumpJets, 1 Sekunde nach der Einspritzung

- Nachlaufströme und Wirbel.

Die gegenläufigen Wirbelpaare sind ein sehr robustes Merkmal der Querstromdüsen, sie haben eine sehr wichtige Aufgabe bei der Einspritzung der Mischung und im weiteren Stofffluss. Die hufeisenförmigen Wirbel und der Nachlaufstrom entstehen aus dem Zusammenspiel der Düsen mit der Rohrleitung und erlauben das Mischen ebenfalls in Nebenströmungen zwischen Rohrleitung und den Wirbelpaaren.

Diese Eigenschaften erlauben es, die Additive schnell in den Querstrom zu geben und schnellstmöglich sowie sehr effizient den gesamten Mischquerschnitt der Stoffauflaufleitung zu durchdringen. *Abb. 4* zeigt mit einer Computeranimation das Entstehen der gegenläufigen Verwirbelungen in der Rohrleitung durch den patentierten TrumpJet.

2.2 Mischergebnisse in einer Stoffauflaufleitung – TrumpJet Flash--Mixing

Abb. 5A zeigt eine Computersimulation der Querstrommischung von 4 TrumpJets in einer 800 mm großen Rohrleitung mit folgenden Ergebnissen:

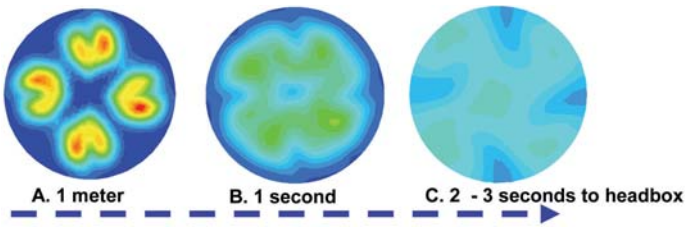

Abb 5A: Eine Computersimulation des Querstrommischens mit 4 TrumpJets in einer 800 mm Rohrleitung

A. 1 m nach Einspritzung: Die gegenläufigen Wirbelpaare sind schon komplett ausgebildet.

B. 1 s nach Einspritzung: Die Additive sind bereits über das gesamte Mischvolumen verteilt.

C. 2 s nach Einspritzung: Sehr gute Verteilung der Additive in der gesamten Rohrleitung. Ab hier kann der Flansch zum Stoffauflauf angebracht werden.

D. 3 s nach Einspritzung: Letztes feines Vermischen im Stoffauflaufverteiler. Der Turbulenzbereich vor dem Stoffauflauf bietet im Vergleich zu einer vollständigen Mischung eine Abweichung von 5 % im durchschnittlichen Mischverhältnis und 10 % von Spitze zu Spitze.

Im Vergleich zu einer konventionellen 4-Punkt-Einspritzung ist die Verbesserung mit TrumpJet Flash-Mixing etwa 50 %.

Abb. 5B zeigt die Entwicklung über die Mischlänge mit den gleichen Vorgaben und Einstellungen wie bei Abb. 5A bereits angegeben. Die Mischung ist bereits nach 2 s fast vollständig abgeschlossen und der Anschlussflansch des Stoffauflaufs kann ab hier positioniert werden, ist aber selbstverständlich von den chemischen Anforderungen und dem Layout des Nassbereichs abhängig. Ist der Weg zum Stoffauflauf deutlich länger, können hier eventuell ungewollte Resultate entstehen, wie z. B. agglomerierte Polymer-Verbindungen an den Faseroberflächen.

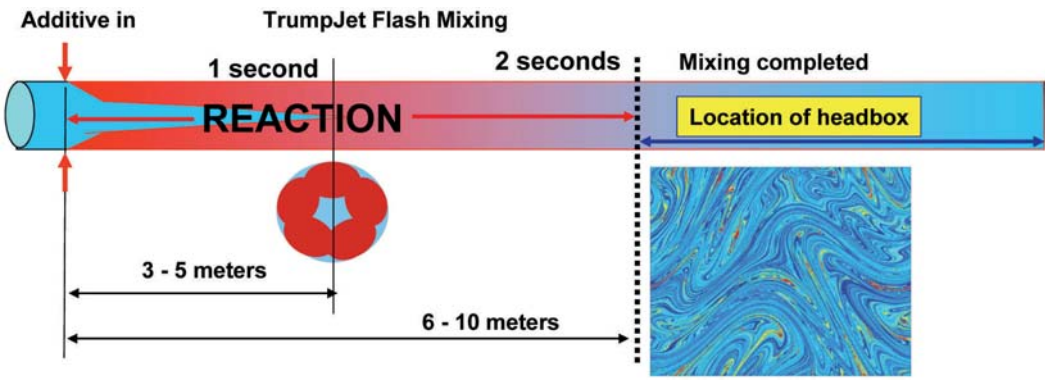

Abb. 5B: Verlauf der TrumpJet-Mischung im Stoffauflaufrohr

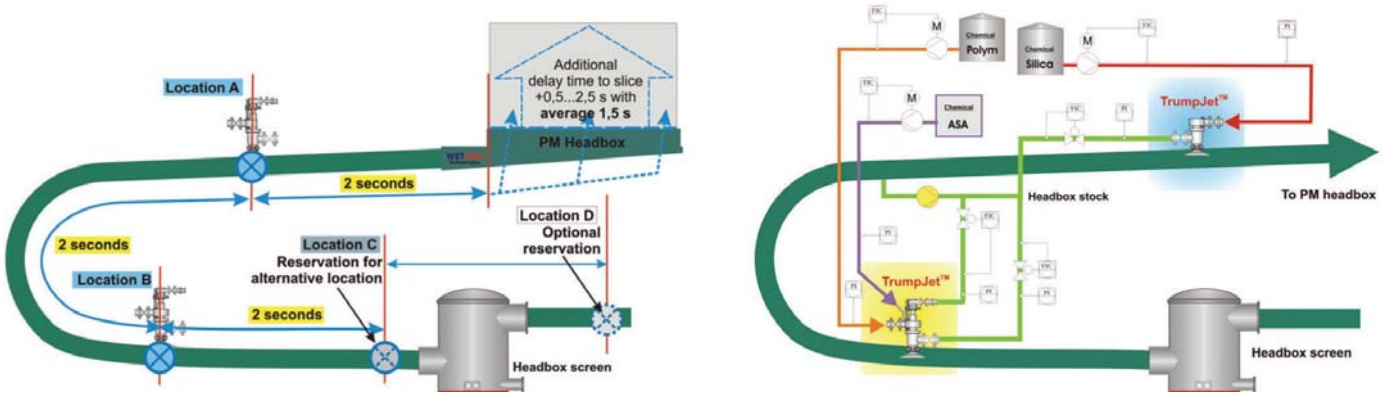

Abb. 6: Prinzipansicht von Mischstationen in Anordnung nach dem Sortierer (links); stoffauflaufnahes TrumpJet-System mit Einmischung von 3 verschiedenen Additiven mit 2 Mischern nach dem Sortierer (rechts)

In der Praxis werden die Additive direkt in das gesamte Volumen des Stoffauflaufrohrs eingespritzt und sind innerhalb weniger Sekunden vermischt. Mit dem TrumpJet Flash-Mixing-System können auch sehr kleine Additivmengen, verdünnt mit Stoffauflaufsuspension, effizient und schnell in große Kreisläufe eingemischt werden.

3. TrumpJet Flash Mixing System für Nassteil-Additive

Es ist möglich, Additive schnell und effektiv nahe am Stoffauflauf einzumischen. Um schnelle und effiziente Mischsysteme am besten zu nutzen und gleichzeitig in der Lage zu sein, das System einfach und übersichtlich zu halten und mit sehr geringen Investitionskosten zu arbeiten, wurde das TrumpJet Flash-Mixing-System als vielseitig einsetzbares System entwickelt.

Das TrumpJet Flash-Mixing-System erlaubt es, zwei von einander unabhängige Intensivmischer nach dem Sortierer einzubauen. Dank der flexibel einsetzbaren Bauteile und TrumpJet Modelle ist es möglich, mindestens zwei verschiedene Chemikalien gleichzeitig unter Zuhilfenahme des TrumpJet *Chord* und TrumpJet *Poco* zu mischen (siehe *Abb. 6*). Für Chemikalien im Konstantteil wird normalerweise jeweils eine Mischstelle z.B. für kationische und eine weitere für anionische Zusätze benötigt.

3.1 Flash Mixing von Füllstoff zusammen mit Retentionsmittel vor dem Stoffauflauf

Wetend Technologies Ltd. hat eine Methode entwickelt, Füllstoffe oder Opazitäts-Pigmente zusammen mit Retentionsmittel in der gleichen Mischstation ins System zu bringen. Füllstoffe und Retentionsmittel werden gleichzeitig im TrumpJet Misch System durch zwei separate innere Einspritzkanäle geführt und gemischt dem Prozess zugeführt.

Der Vorteil kann beispielsweise in deutlich höherer Retention von frischem Füllstoff, in sehr kurzer Reaktionszeit, verringertem Füllstoffanteil im Siebwasser oder in reduziertem Füllstoffanteil im Rejekt liegen *(Abb. 7 und 8)*.

3.2 Typische Einsatzfälle für Flash Mixing

- Zwei oder drei verschiedene Retentionsmittel können gleichzeitig mittels zweier TrumpJet Mischer nach dem Sortierer „Flash-eingespritzt" werden.
- Leime wie ASA oder AKD können zusammen mit Retentionsmitteln oder Polymeren oder Stärke gemischt und zugeführt werden. Als Folge dessen kann der Leimeinsatz reduziert werden, der Cobb Wert kann verbessert werden und es gibt weniger Ablagerungen in den angeschlossenen Kreisläufen. Das größte Einsparpotential entsteht durch die bessere Retention der Leime. Die Mischung erfolgt sehr kurz vor dem Stoffauflauf, die kurzen Reaktionszeiten von der Dosierung bis zum Entwässern minimieren die unerwünschten Nebeneffekte der Hydrolyse der Leimmittel und reduzieren die Bildung von Ablagerungen.
- Füllstoffe oder Opazitäts-Pigmente können zusammen mit Retentionsmitteln nach dem Sortierer dem Prozess zugeführt werden, was z. B. eine Erhöhung der Retention der Füllstoffe zur Folge hat.
- Verschiedene Zusammenstellungen der TrumpJet Flash-Mixing Systeme sind möglich, um unterschiedliche Einsatzbereiche abzudecken.

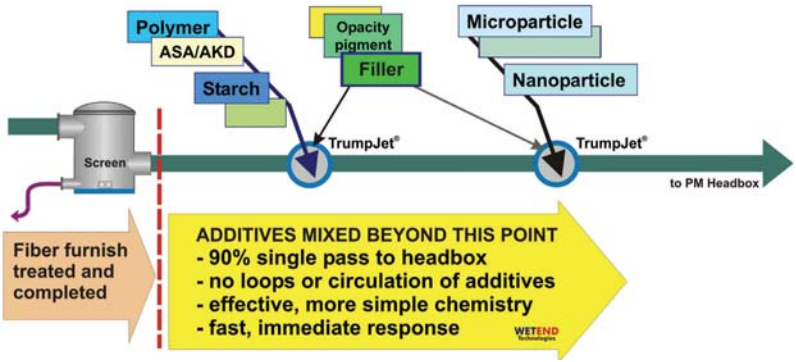

Abb. 7: TrumpJet Jet Flash Mixing System, bestehend aus 2 unabhängigen Mischstationen für die Zugabe verschiedener Nassteiladditive wie z.B. Retentionsmittel, Leimungsmittel, Mikropartikel und/oder Füllstoff

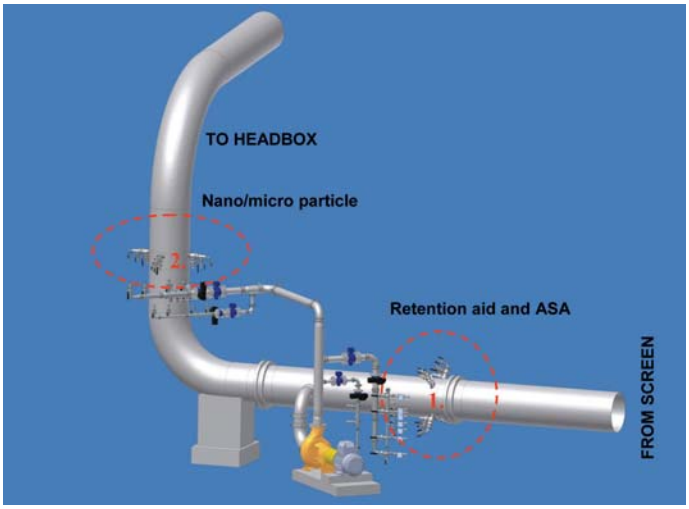

Abb. 8: Beispiel der TrumpJet Flash-Mixing Einheit mit zwei unabhängigen Mischpunkten und einer gemeinsamen Druckerhöhungspumpe zur Mischung und Einspritzung

4. Produktionsergebnisse

4.1 Gestrichene Feinpapiere

Eine deutsche Feinpapierfabrik verwendet TrumpJet Flash Mischer, um im Nassteil Additive nach dem Sortierer dem Prozess zuzuführen und zu mischen, wie in ***Abb. 9*** zu sehen, mit folgenden Ergebnissen:

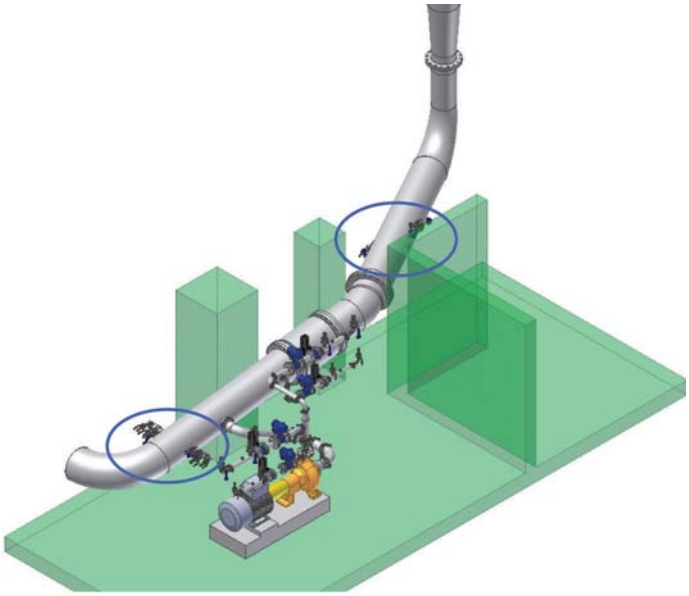

Abb 9: TrumpJet Flash Mischer mit zwei Mischstationen einer Feinpapierfabrik in Deutschland

- 10 % Einsparungen von kationischen Polymeren und Mikropartikeln
- Steigerung der gesamten Retention von 50 % auf 55–60 %
- Steigerung der Ascheretention von 20 % auf 25–30 %
- Bleibt die Retentionsmittelmenge unverändert, werden bis zu 30 % dieser Additive eingespart
- Bessere, mindestens aber gleiche Formation
- Stabilere Kreislaufwassersituation
- Weniger Abrisse im Pressenbereich
- Kein Frischwasserverbrauch. Zur Nachverdünnung wird Stoff-Wassergemisch verwendet.

4.2 Ergebnisse holzhaltige Papiere

Eine finnische Spezialpapierfabrik mischt gleichzeitig Retentionsmittel und ASA nach dem Sortierer mit folgenden Betriebsergebnissen:

- Um 20 % verbesserter Formationsindex
- Durch bessere Formation um 10–20 m/min. höhere Maschinengeschwindigkeit
- Um 10–20 % verringerter ASA-Verbrauch
- Homogenere Leimung
- Verbesserte ASA-Retention, weniger ASA-Rückstände im Wasserkreislauf
- Um 20–30 % niedrigerer Polymerverbrauch
- Reduzierter Mikropartikelverbrauch
- Verbesserte Entwässerungssteuerung
- Kein Frischwasserverbrauch, Reduzierung um 360 m^3/Tag gegenüber früher.

4.4 Einsparungen von Frischwasser, Energie und CO_2 Emissionen

Das patentierte TrumpJet Flash-Mixing System erlaubt es, Stoff-Wasser oder andere zur Verfügung stehende Kreislaufwässer zum Mischen und Verdünnen anstelle von chemisch aufbereitetem Frischwasser einzusetzen ***(Abb. 10)***. Stoff-Wasser aus dem Kreislauf zu verwenden, bringt den Vorteil, dass keine unnötigen zusätzlichen Kreisläufe für Verdünnungs- oder Frischwasser benötigt werden.

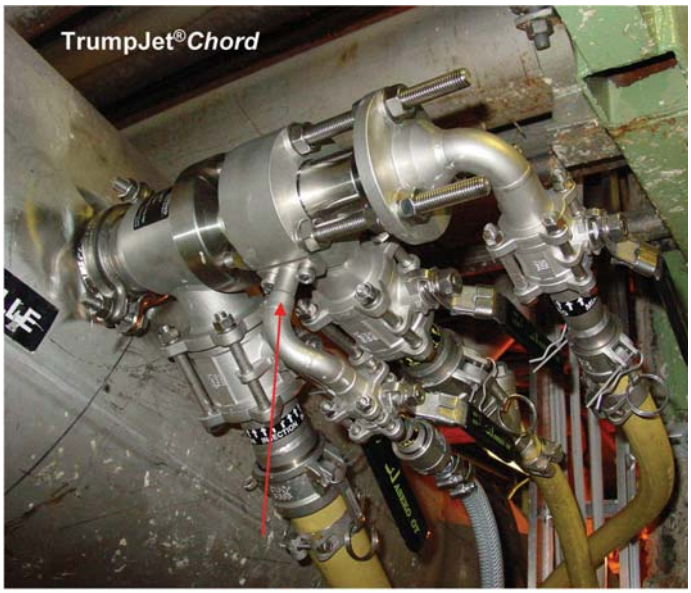

Abb. 10: Der TrumpJet Chord benutzt die Stoff-Wassersuspension zum Einspritzen und Mischen von Retentionsmittel und ASA-Leim nach den Sortierern in die Stoffauflaufleitung

Der TrumpJet Mischer bietet die folgenden Vorteile:

- Die Einspritzung erfolgt mit großem Volumen von schnell fließendem Stoff-Wassergemisch
- Der Chemikalienfluss ist langsam, schonend und unverdünnt (keine Nachverdünnung)

Die verschiedenen Strömungen werden im TrumpJet durch separate Zuführungen zur Innenseite der Stoffauflauf-Hauptleitung geführt, wo sie innerhalb von Sekundenbruchteilen zusammengemischt und mit der fließenden Stoff-Wassermischung hocheffektiv vermischt und zum Stoffauflauf gepumpt werden. Diese technische Innovation erlaubt mit Hilfe der Stoffauflaufsuspension die Zuführung und Mischung von Additiven sogar mit Dickstoff.

Ökologische Vorteile: Alle über 210 installierten TrumpJet Systeme (Stand Februar 2008) sparen zusammen etwa 33 Mio. m^3 Frischwasser pro Jahr ein. Da kein Frischwasser auf Stofftemperatur erwärmt werden muss, wird bis zu 1,6 Mio. MWh Strom gespart. Dies ergibt eine jährliche Einsparung von mehr als 500 000 t CO_2.

Die weltgrößte Maschine für holzfreie Papiere in China, die 2009 in Betrieb gehen wird, spart alleine durch die innovative TrumpJet Technologie 2,3 Mio. m^3 Frischwasser, 77 Mio. MWh Strom und damit 44 000 t CO_2 pro Jahr ein.

Fazit und Zusammenfassung

Die Querstrommischung ist ein wirksames Werkzeug zur Papierherstellung für das schnelle und effektive Mischen von Additiven in die Stofffauflaufströmung. TrumpJet Flash Mixing Systeme nutzen die physikalisch-natürlichen Vorgänge in einem vielschichtigen Mischprozess, um die Additive an einem oder mehreren Zuführpunkten erst 2–5 s vor dem Stoffauflauf dem Prozess zuzuführen und zu vermischen.

Dieses Prinzip der konzentrierten Mischung ist einfach und effektiv. Die Qualität insgesamt und das Zusammenspiel aller Komponenten bringen deutliche Verbesserungen, aber auch große ökologische Vorteile.