

Auslegung, Konstruktion, Fertigung und Inbetriebnahme eines Hochturbulenzstoffauflaufes, technisches Spitzenniveau als Werkzeug des Papiermachers

Tomas Noelle

1. Vorbetrachtung

Seit der Erfindung des Papiers ist der Prozess der Blattbildung einer ständigen Entwicklung unterworfen, die zunächst durch den Übergang vom diskontinuierlichen zum kontinuierlichen Betrieb geprägt war, in der Folgezeit jedoch vor allem die Folgen der ständigen Geschwindigkeits- und Arbeitsbreitensteigerung zu verarbeiten hatte.

Darüber hinaus erfolgte eine Anpassung des kontinuierlichen Prozesses an spezielle Produkte (z.B. Schrägsieb) und an spezielle Flächengewichte (z.B. Rundsieb). Hauptmotor der Entwicklung war jedoch stets die steigende Anforderung an die Produktqualität bei steigendem Gesamtbedarf und zunehmender Konzentration der Produktion, also eine exaktere Papierproduktion bei über Schallmauern hinweg steigenden Geschwindigkeiten.

Diese Entwicklung begrenzt sich nicht nur auf den Stoffauflauf, sondern betrachtet bei seriösem Papiermaschinenbau auch die Vorbereitung des Stoffs, zumindest im Konstantteil, die Verteilung des Stoffes von der Anströmleitung auf die Siebbreite und das Auftragen der Suspension auf das Sieb an sich.

Die Konstantteile und Siebwassersysteme umfassen immer mehr Regel- und Reinigungsaggregate (Cleaner, Sortierer), deren Faserverluste zu minimieren sind, deren Betriebskonstanz bis in den Hochfrequenzbereich zu gewährleisten ist und deren negative Auswirkungen von der Blattbildung zu entkoppeln sind. Demzufolge steht hier der Übergang von einstufigen zu zweistufigen Verdünnungssystemen, die vor allem Cleanerpulsationen fernhalten, aber auch das POM System mit den großen Vorteilen bei Verringerung des Luftgehalts in minimal gehaltenen Kreisläufen.

Die Verteiler haben eine stürmische Entwicklung von der Schwemmrinne über Fächer- und Hosenrohrverteiler hin zu zeitgemäßen Manifold- Querverteilern oder den verschiedenen Bauformen von Rundverteilern genommen.

Im Bereich des Stoffauflaufes ist der Schöpfrahmen längst vom offenen Staulatten-Stoffauflauf bzw. dessen Nachfolgern, den geschlossenen, unter Druck stehenden Lochwalzen- oder Hochturbulenzstoffaufläufen abgelöst worden.

2. Papiermacherische Grundaufgaben der Blattbildungsaggregate

Abstrahiert besteht die Aufgabe ausschließlich darin, ein mit Chemikalien gezielt angereichertes Gemisch aus Kreislaufwasser und Faserstoff frei von Verunreinigungen, ohne störende Lufteinschlüsse konstant und kontinuierlich sowie gleichmäßig mit der richtigen Geschwindigkeit auf eine bestimmte Breite eines umlaufenden Siebes aufzutragen. Das ist schon fast alles.

Im Detail unterliegt dieser einfache Ansatz jedoch unzähligen Teilanforderungen.

Hauptkriterium stellt nach wie vor das Flächengewicht dar, und zwar in Bezug auf Längs- und Querprofil, deren Präzisionsanforderungen inzwischen extrem geworden sind. Gleichzeitig muss aber auch die Orientierung der Faserausrichtung bzw. der Papierfestigkeiten in Längs- und Querrichtung beachtet werden, so dass einige Werkzeuge zur Regulierung der Flächenmasse nur begrenzt genutzt werden können.

Für die Fasern ist nicht nur die Ausrichtung relevant, sondern auch die makroskopische und mikroskopische Verteilung, also die Formation des Papiers. Je nach Besonderheiten des Papiers oder der nachfolgenden Verarbeitungsprozesse kommen unzählige weitere Anforderungen hinzu. Selbst die Dynamik des Auflegens des Strahls auf das Sieb sollte noch viel intensiver betrachtet werden. Bei der Erfassung dieses Prozessschrittes konzentriert man sich meist auf die Längsausrichtung der Fasern, darf jedoch den Aufbau von Strahl und Papier in z-Richtung nicht aus den Augen lassen.

Im Folgenden soll auf die einzelnen Komponenten der Blattbildung unter der Prämisse der Teilanforderungen detaillierter eingegangen werden.



3. Längsprofil

Für das Längsprofil ist zunächst das Angebot des Stoffes an die Blattbildungsaggregate entscheidende Grundvoraussetzung. Das betrifft den Faserstoff selbst, wie er von der Stoffaufbereitung geliefert wird, in seiner Konstanz von Stoffzusammensetzung, Mahlgrad und Wassergehalt. Dabei stellt diese erste Konsistenzregelung schon eine unmittelbare Schnittstelle zur Blattbildung dar, am Eingang zum Konstanten Teil.

Ein zweiter kritischer Punkt besteht in Art und Konstanz der Zumischung des Dickstoffes zum Siebwasser, also der Funktion der Flächengewichtsregelung. Noch immer sind Niveaustufen und Flächengewichtsregelventil eine sichere Lösung, aber auch die Systeme mit drehzahlgeregelten Pumpen arbeiten mittlerweile hinreichend stabil. Jedoch selbst mit der Einbindung der Dickstoff-Rohrleitung in die Siebwasserleitung können einerseits gravierende Unruhen in Hinsicht auf Durchmischungsprobleme ins System gebracht werden, andererseits können

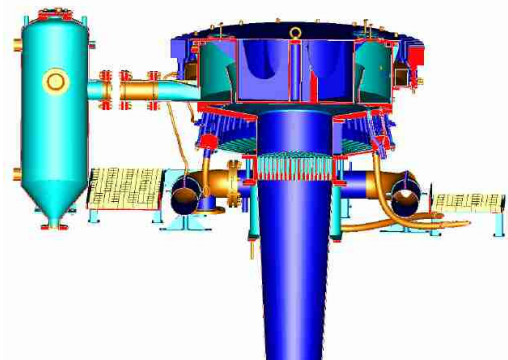
schlecht dimensionierte Mischstellen Pulsationen im niederfrequenten Bereich verursachen.

Überhaupt zählen Pulsationen zu den Hauptursachen für Längsprofilprobleme im Papier. Nicht nur die bereits erwähnten Mischstellen und Regelkreise bewirken Pulsationen, sondern auch alle rotierenden Teile wie Pumpenlaufräder und Sortiererrotore, sogar die Strömung in Cleaneranlagen kann sich negativ auswirken. Nicht alle dieser Pulsationen sind vermeidbar, deshalb kommt der Messung, Analyse und zu guter Letzt der Dämpfung der Pulsationen zunehmende Bedeutung zu.

Im Rahmen von Systemanalysen werden mechanische Schwingungen und Druckschwingungen im Konstantteil erfasst und mit aus der Papieranalyse gewonnen Flächengewichts – Längsprofilen verglichen. Frequenzanalysen zeigen schnell wesentliche Verursacher und deren Auswirkungen für das Papier auf. Wenn sich Pulsationen bis ins Papier nachweisen lassen, sind sie zu eliminieren oder zu dämpfen.

Die Dämpfung erfolgt allgemein durch gezielten Einbau von Druckverlusten sowie durch Überlagerung und Abbau der Schwingungsamplituden. Pulsationen mit hohen Frequenzen über 4 Hz können meist durch Überlagerung infolge von Reflexion an einer Wandung, z.B. durch den Einbau einer Lochplatte in die Rohrleitung abgebaut werden. Pulsationen niedriger Frequenzen unter 4 Hz werden durch Federsysteme gedämpft. Dazu werden vorzugsweise Luftpolster installiert. Nur begrenzt bewährt haben sich Membrandämpfer, die allgemein zu träge wirken.

Eine Kombination all dieser Dämpfungssysteme stellt der PAMA-Rundverteiler dar, der Lochplatte, Prallplatte, Luftpolster und über die Schläuche das Membransystem in sich vereint und damit beachtliche Dämpfungspotentiale für bzw. gegen alle Frequenzbereiche der Pulsationen bietet.



4. Querprofil

Die eigentliche Aufgabe des Verteilers besteht jedoch nicht im Dämpfen von Pulsationen, sondern darin, einen optimalen Übergang der Suspensionsströmung von einer Rohrströmung auf eine flache, maschinenbreite Kanalströmung zu sichern. Technisch realisiert wird dies meist durch eine Zerlegung der Gesamtströmung in zahlreiche Einzelströmungen, die natürlich alle gleichen Volumenstrom, Massestrom, Druck und Geschwindigkeit aufweisen sollen.

So vielfältig die Verteilervarianten auch sind, zu guter Letzt arbeiten sie alle mit gesteuerten Querschnitten und Druckverlusten.

Da der konventionelle Manifoldverteiler dabei auch noch von der Variation des Gesamtvolumenstroms abhängt, hat PAMA den Prallplattenverteiler konstruiert und konsequent weiterentwickelt, so dass heute eine ausgereifte Lösung für einen breiten Anwendungsbereich mit zahllosen Referenzen vorliegt. Dabei ging die Entwicklung von der ursprünglichen Variante mit der für alle Modelle typischen 90° zur Strömung angeordneten Prallplatte, allerdings mit radialen Abgängen über die geschlossene Variante des Beschleunigungsverteilers mit axialen Abgängen bis hin zum modernen Verteiler mit Prallplatte und Luftpolster. Allen diesen Varianten gemein ist das physikalische Prinzip der kontinuierlich geführten und beschleunigten

Staupunktströmung, im Gegensatz zu anderen Systemen, die das Prinzip des (in der Praxis mitunter instabilen) Ausflusses aus einem offenen Behälter verwenden. Die vom Verteiler erzeugte Kanalströmung wird dem Stoffauflauf zugeführt, der (im Sinne des Querprofils) die Gleichmäßigkeit dieser Strömung zu erhalten oder zu verbessern hat, die Geschwindigkeit der Strömung an die Siebgeschwindigkeit anzupassen und den Stoff auf das Sieb aufzutragen hat. Auch hier stehen als Werkzeuge nur Druckverluste durch Einbauten wie Strömungsgitter oder Querschnittsverengungen zur Verfügung. Die letzte Möglichkeit der Querprofilregelung ist die lokale Verstellung des Blendenspaltes unmittelbar vor dem Austritt des Strahls aus dem Stoffauflauf.

Allerdings werden dabei im Stoffauflauf Querströmungen erzeugt, die wiederum Einfluss auf die Ausrichtung der Fasern haben können. Da es mitunter notwendig ist, diese Faserausrichtung selbst zu korrigieren, kann die Blendenregelung nur begrenzt zur Querprofilregelung verwendet werden.

Konsequente Alternative ist demzufolge die gezielte Regulierung des Flächen-gewichtsquerprofils durch lokal geregelte Stoffdichte, sprich eine lokale Wasserzumischung. Je nach Unterschied der Stoffdichte von Gesamtstrom und zur Verfügung stehendem Wasser, vorzugsweise Siebwasser, ergibt sich das Korrekturpotential der Querprofilregelung. Maschinenbaulich wird das durch PAMA mit Hilfe von am Rundverteiler angeordneten Wasserventilen und Mischeinheiten umgesetzt, wobei die Ventilantriebe natürlich vom QCS angesteuert werden. Die Anordnung am Rundverteiler bietet zum einen den Vorteil, dass keine lokalen Druck- und Geschwindigkeitsunterschiede zum Stoffauflauf gelangen, andererseits kann über den Luftpolsterringspalt eine Stoffmenge abgeführt werden, die eine Beeinflussung benachbarter Abgänge durch die zugeführte Wassermenge ausschließt. Und durch den Einsatz der Mischeinheiten ist eine zuverlässige, drallfreie Durchmischung von Stoff und Wasser gegeben.

5. Formation

Die Formation beschreibt die makroskopische und mikroskopische Verteilung von Fasern und Füllstoffen im fertigen Papier. Alle Komponenten der Blattbildung können die Formation negativ beeinflussen, nur wenige Hilfsmittel sind geeignet, die Formation zu verbessern.

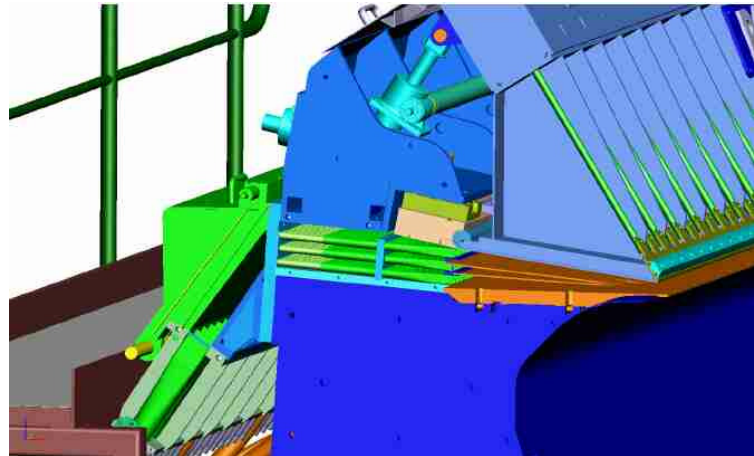
Ein erstes Problem stellt schon die einheitliche Bewertung der Formation dar. Obwohl bei PAMA sehr viel mit Tapio – Analyse gearbeitet wird, die auch Rückschlüsse auf die Formation zulässt, wird überwiegend die optische Formationsanalyse eingesetzt. Damit lassen sich Grauwertstaffelungen in Wolkengröße und Intensität bewerten und der Formationsindex berechnen. Dies wiederum ermöglicht den Vergleich ähnlicher Papiermuster und die analytische Darstellung von Verbesserungen durch Optimierung im Stoffauflauf, z.B. durch Austausch des Diffusorblocks an einem Hochturbulenzstoffauflauf.

Im PAMA- Technikum werden darüber hinaus Stoffauflauf- Strahlbilder nach analoger Methodik in Auflicht und Durchlicht untersucht. Damit lassen sich erzielbare Formationswerte bereits vorab bestimmen und die Konstruktion des Stoffauflaufes gezielt modifizieren.

Einfachstes Hilfsmittel zum Erreichen einer optimalen Formation ist eine Reduzierung der Konsistenz im Stoffauflauf. Wenn die so genannte kritische Konsistenz unterschritten ist, neigt der Faserstoff nicht zur Flockenbildung, also können vor dem Sieb keine formationsverschlechternden Prozesse beginnen. Allerdings werden dann

utopische Wassermengen im Kreislauf gepumpt, und auf dem Sieb wird endlose Entwässerungskapazität gebraucht.

Also muss mit Flockenbildung gerechnet werden und ist es erforderlich, Maßnahmen zur Zerstörung der Flocken und zur rechtzeitigen Fixierung des Strömungsbildes zu treffen. Konstruktionskriterium hier ist die faserstoff- und konsistenzabhängige Reflockulationszeit, diese limitiert die maximale Verweilzeit des Stoffes nach der Flockenauflösung. Das



heißt konkret: Nach der Lochwalze oder dem Turbulenzblock des Stoffauflaufes muss der Düsenraum so kurz wie irgend möglich sein.

Andererseits sind Lochwalze und Turbulenzblock strömungstechnisch gesehen Strömungsgitter, die Streifen in der Strömung verursachen, also die Makroformation negativ beeinflussen können. Von daher muss der Düsenraum so lang wie möglich sein, damit sich die Streifen wieder vermischen können; muss das Strömungsgitter so fein wie möglich sein, damit die Mischzone möglichst kurz ist; muss die Beschleunigung im Düsenraum möglichst groß sein, um die Mischung zu unterstützen.

Damit sind aus dieser Sichtweise Konstruktion und Betrieb des Stoffauflaufes konträren Anforderungen gegeben, zwischen denen Papiermacher und Maschinenbauer das Optimum finden müssen.

Die Strömungsgitter werden jedoch vor allem zur Beeinflussung der Mikroformation konstruiert und eingesetzt, sollen also die Bildung von Flocken verhindern bzw. bereits gebildete Flocken zerstören. Dazu müssen sie ein Optimum an Turbulenz in die Strömung einbringen. Die Auswahl der richtigen Geometrie des Stufendiffusers in Hinblick auf Höhe des Stufensprungs und Winkel des Querschnittsübergangs ebenso wie auf Länge der Führung im Diffusorblock hat entscheidenden Einfluss auf die Intensität der Turbulenzerzeugung. Dabei ist der 90°- Sprung erstaunlicherweise nicht das Maximum an Energieeintrag. Abhängig von der Sprunggeometrie wird die Länge der Beruhigungsstrecke im Diffusorblock bestimmt, bis wieder eine weitgehend symmetrische Strömung erreicht ist und vagabundierende Turbulenzen ausgeschlossen sind.

Papiermuster von einem erfolgreichen Austausch des Diffusorblockes unter Anpassung an die aktuellen Produktionsparameter belegen eindrucksvoll den Effekt der beschriebenen Maßnahmen. Parallel dazu sorgte der PAMA- Rundverteiler für besseres Querprofil.

Am Austritt des Stoffauflaufes kann eine gekerbte Blendenklinge eingesetzt werden, die noch in der initialen Entwässerungszone lokale Querströmungen hervorrufen und damit die Mikroformation zu verbessern vermag. Zu tiefe Kerbungen oder Ungleichmäßigkeiten der Kerbung haben jedoch mitunter verheerende Auswirkungen auf das Strahlbild.

Mit der exakten, gezielten Abstimmung von Sieb- und Strahlgeschwindigkeit lässt sich nicht nur die Blattformation entscheidend beeinflussen. Darüber hinaus können auch Festigkeitsausrichtungen längs und/oder quer gestaltet werden, bei mehrlagigen Siebpartien kann der Blattaufbau regelrecht konstruiert werden, bis hin zu

geflamten Sorten mit Sieb- Strahlverhältnissen bis 1,35. Grundvoraussetzung für den Papiermacher ist jedoch die exakte Kenntnis der realen Strahlgeschwindigkeit. Bei PAMA- Stoffaufläufen wird die Strahlgeschwindigkeit in einer Kombination aus Messung und Berechnung von geometrischen und hydraulischen Werten bestimmt, in der Strahlgeschwindigkeitsformel im QCS hinterlegt und bei der Inbetriebnahme durch direkte Strahlgeschwindigkeitsmessung verifiziert. Natürlich kann diese Strahlgeschwindigkeitsmessung auch zur Überprüfung von veralteten Staudrucktabellen verwendet werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass sämtliche Parameter des aktuellen Betriebs des Stoffauflaufs erfasst werden müssen, ebenso wie die bei einem Umbau oder Neubau realistischen Ziele. Zur Vereinfachung schicken wir unseren Kunden einen Fragebogen, der die Daten der drei Hauptsorten der Produktion erfasst, also die vorrangig gefahrene Sorte bzw. Referenzsorte sowie das volumetrische und geschwindigkeitsmäßige Maximum und Minimum.

Anhand dieser Daten wird das Stoffauflaufsystem nachgerechnet. Die resultierenden Strömungsgeschwindigkeiten müssen in jedem Fall innerhalb der durch Theorie und Erfahrung definierten Grenzen liegen.

6. Lamellentechnologie

Im Risiko der Streifenbildung liegt - vor allem bei füllstoffreichen Papieren - eines der Hauptprobleme des Stufendiffusors. Ursache dafür ist die Überlagerung und Erhaltung von faserarmen oder füllstoffreichen Streifen aus dem Strömungsgitter und ein zu geringes Durchmischen der Einzelstrahlen nach dem Diffusorblock. Wird diesem Effekt durch wabenförmige oder versetzte Anordnung der Diffusorelemente entgegengewirkt, kann es zu Problemen im Randbereich kommen, abgesehen von der Kostensteigerung für einen derartigen Block.

Als aktuelle maschinenbauliche Maßnahme wird der Einsatz von Lamellen gewählt. Diese Kunststoffelemente werden horizontal zwischen den Ebenen des Diffusorblocks angeordnet. Damit trennen sie die Schichten des Suspensionsstrahles voneinander. Da die Lamellen in Grenzen gelenkig befestigt sind, richten sie sich durch den Strahldruck aus, so dass an Ober- und Unterseite gleiche Geschwindigkeiten auftreten. Vorteil der Technologie ist, dass einerseits durch die zusätzliche Wandreibung die Turbulenz aus dem Diffusorblock länger aktiv gehalten und die vertikale Durchmischungsrichtung ausgeschlossen wird, andererseits sich durch den zusätzlichen Druckverlust die horizontal nebeneinander laufenden Strahlen besser aneinander legen, also der Gittereffekt reduziert wird.

Natürlich ist auch der Effekt der Lamellen nicht ganz trivial und kaum berechenbar. Deshalb wird jeder Lamellenstoffauflauf der PAMA vorab im Technikum getestet und für alle Betriebspunkte die optimale Konfiguration der Lamellen festgelegt. Strahlbilder aus dem Technikum zeigen bei konstanten Betriebsbedingungen eindrucksvoll die positiven und auch negativen Effekte willkürlich ausgewählter Lamellenabstimmungen.

Im Ergebnis der Technikumsversuche entsteht dann die ausgeführte Konstruktion des Stoffauflaufs und zu guter Letzt das Strahlbild des fertigen Stoffauflaufs.

7. Werksmontage eines Stoffauflaufes

Abschließend sollen einige Fotos aus der Werksmontage belegen, mit welcher Präzision bei PAMA dieses anspruchsvolle Aggregat gefertigt und montiert wird, denn nur ausgereiftes, angemessenes Werkzeug ermöglicht dem Papiermacher, optimale Papierqualitäten zu erzielen. Verständnis für den Aufbau dieses Werkzeugs ermöglicht die Nutzung aller Möglichkeiten der Blattbildung.

