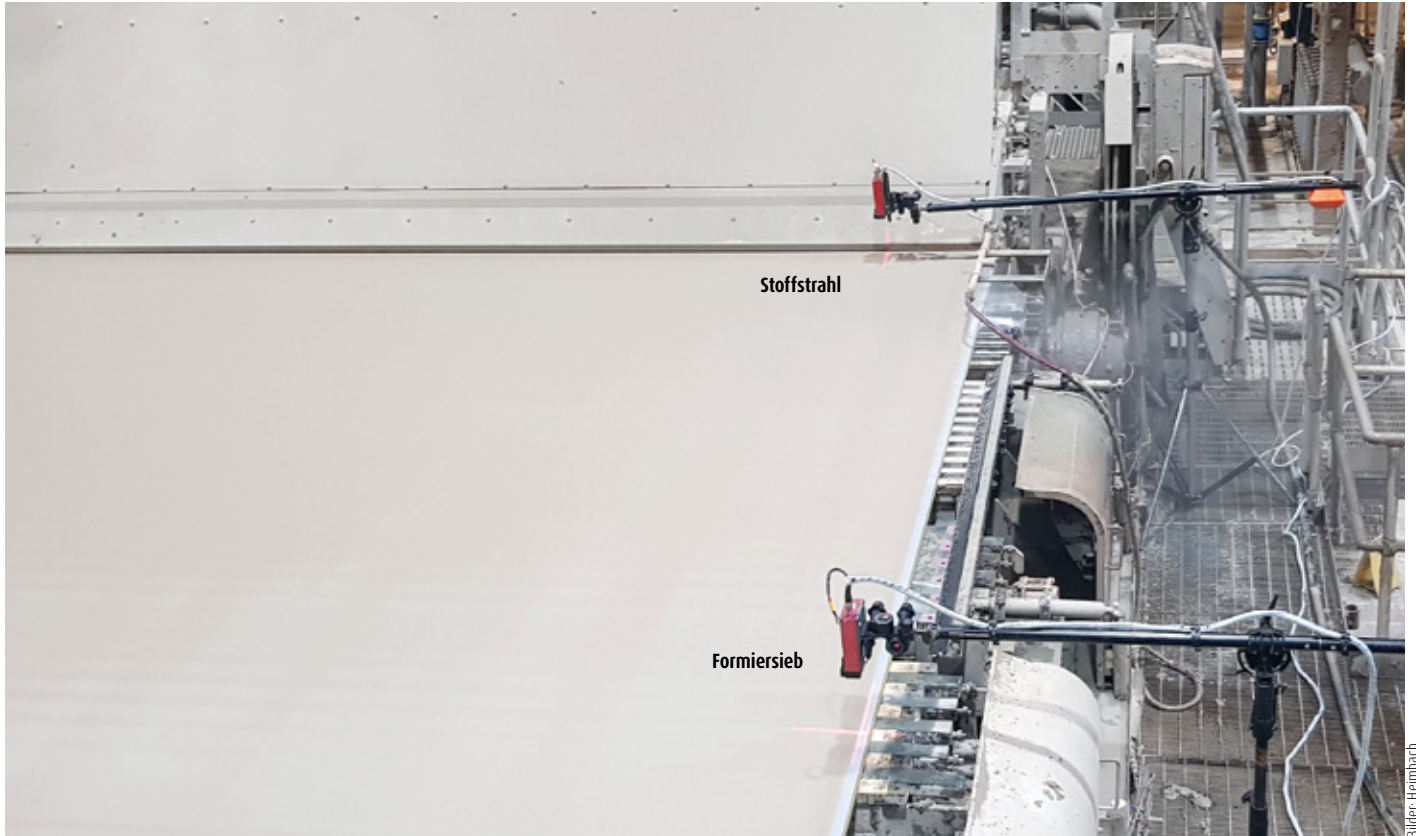


# Berührungslose Geschwindigkeitsmessungen in der Papierindustrie

## Geschwindigkeitsmessungen am Stoffstrahl mit einem Geschwindigkeitssensor



Bilder: Heimbach

Messaufbau in der Papiermaschine

**Berührungslose Messungen sind oft die einzige Möglichkeit zur Ermittlung von Geschwindigkeiten in der Papiermaschine. Normalerweise werden die Drehzahlen von Walzen und Zylindern gemessen und daraus über Durchmesser und Getriebefaktoren die Geschwindigkeiten berechnet. Bei dieser Methode können Fehler auftreten, die teilweise zu starken Abweichungen führen.**

**Geschwindigkeitseinstellungen in Papiermaschinen sind äußerst wichtige, unverzichtbare Parameter zur Optimierung der Papierqualität und zur Steigerung der Effizienz. Im nachfolgenden Fallbeispiel führte Heimbach-TASK Geschwindigkeitsmessungen am Stoffstrahl mit einem Geschwindigkeitssensor durch, der berührungslos arbeitet (Laser der Klasse 3B).**

### Messtechnische Grundlagen

Die in diesem Artikel beschriebene Messung wird mit dem  $\mu$ SPEED Sensor von ELOVIS durchgeführt. Dieses System kann mobil verwendet werden und ist in der Lage, Geschwindigkeiten und Längen von strukturierten und glatten Oberflächen sowie von fließenden Stoffsuspensionen zu messen. Die Anzeige der erfassten Daten erfolgt im mobilen Einsatz entweder über ein Anzeigergerät oder mittels Software über einen PC, mit dem die Daten auch archiviert und ausgewertet werden.

### Messprinzip Berührungslose Längen- & Geschwindigkeitsmessung

Auf dem zu vermessenden Medium wird mit Hilfe zweier Laserstrahlen ein Streifenmuster erzeugt. Durch die Bewegung der Messmaterialoberfläche wird das in den Detektor rückgestreute Licht in der Intensität moduliert, wobei die Frequenz der Helligkeitsmodulation direkt proportional zur Geschwindigkeit des Mediums und somit zur Doppler-Frequenz ist. Die Verwendung spezieller Markierungen oder Maßstäbe auf dem Messobjekt ist nicht nötig. Das gestreute Licht wird über einen Photodetektor in ein elektrisches Signal umgewandelt und über einen Analog/Digital-Umsetzer dem Signalprozessor zugeführt. Anschließend wird die aktuelle Geschwindigkeit und die Weglänge aus dem Signal berechnet (Abb. 1).

## Systembeschreibung

Der Sensorkopf beinhaltet das komplette Messsystem. Daher spricht man auch von einem „intelligenten“ Sensorkopf bzw. von einem Smartsensor. Aufgrund seines optischen Konzepts bietet er eine beeindruckende Materialunabhängigkeit. Selbst reflektierende, wechselreflektierende und unterbrochene Materialien können gemessen werden.

## Anwendung des Systems

Eine Grundvoraussetzung ist die korrekte Ausrichtung des Sensors. Der Messabstand beträgt 240 mm (+/- 10 mm). Die Abweichung von der Laufrichtung des Messgutes darf +/- 1° nicht übersteigen. Zur Einstellung des Sensors wird eine optische Justagehilfe verwendet. Diese ist am Sensor installiert und mit drei Linienlasern ausgestattet. Die Linienlaser werden zur Systemabstandsinstallation und zur Prüfung der Ausrichtung genutzt (Bild 1, 2, 3, 4).

Korrekte Sensorausrichtung:

- Einzellinie muss im Winkel 90° zur Materialaufrichtung ausgerichtet sein
- Doppellinie muss in Materialaufrichtung ausgerichtet sein
- Doppellinien müssen sich bei Abstandsänderung des Sensors parallel auf der Messoberfläche abbilden
- Doppellinien müssen sich bei korrektem Messabstand zu einer Linie vereinigen

## Praktische Anwendung bei der Messung am Stoffstrahl

Die Blattbildung wird maßgeblich durch die Austrittsgeschwindigkeit der Stoffsuspension aus dem Stoffauflauf, dem Auftreffwinkel auf das Formiersieb und der Geschwindigkeit des Formiersiebes bestimmt. Die Geschwindigkeit des Formiersiebes ist mit verschiedenen Methoden relativ einfach zu bestimmen. Mit dem Geschwindigkeitssensor wird eine hohe Genauigkeit erreicht, weil Schlupf beim ELOVIS  $\mu$ SPEED Messverfahren keine Rolle spielt. Der Stoffstrahl kann direkt nur berührungslos gemessen werden.

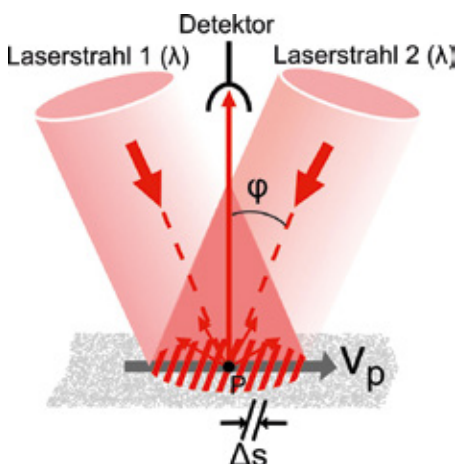


Abb.1: Laser erzeugen ein Streifenmuster auf dem zu vermessenden Medium (Quelle: ELOVIS)

Bild 1: Der Sensor ist verkippt



Bild 2: Der Messabstand ist falsch

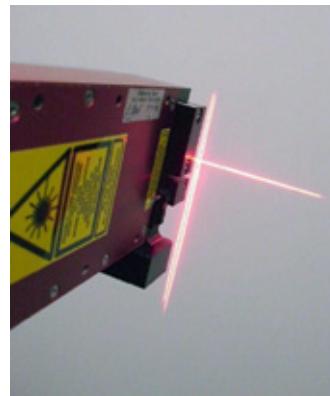
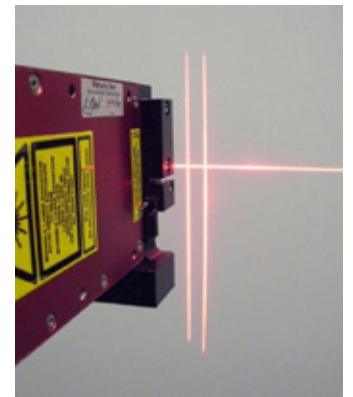


Bild 3: Der Sensor befindet sich nicht in Laufrichtung des Messgutes

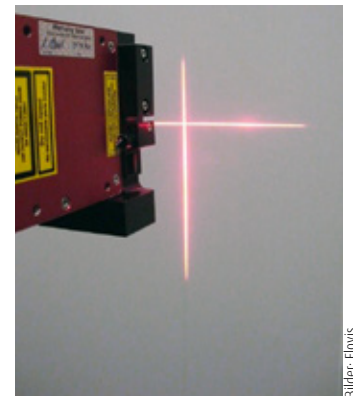


Bild 4: So ist der Sensor korrekt aufgebaut

Um die Messung des Stoffstrahls zu realisieren sind einige Randparameter zu beachten:

Der Laser braucht, um realistische Werte zu liefern, eine Mindestopazität des Messguts, welche in der Regel ab 40 g/m<sup>2</sup> erreicht wird. Natürlich ist diese Opazität auch von den eingesetzten Füllstoffen abhängig, womit auch unter 40 g/m<sup>2</sup> bereits eine geeignete Mindestopazität erreicht werden kann. Wenn der Stoffstrahl nicht opak genug ist, dringen die Laserstrahlen durch diesen hindurch und es können keine Geschwindigkeitswerte ermittelt werden.

Bei einigen Gegebenheiten z. B. an sehr langsamen Maschinen, bei denen der Stoffstrahl sehr „glatt“ und turbulenzfrei fließt, können starke Streuungen in der Signalgüte auftreten. Obwohl der Sensor parametrierbar ist, kann es in Einzelfällen tatsächlich vorkommen, dass eine Messung nicht möglich ist.

Bei einer Produktionsgeschwindigkeit unter 300 m/min können die ermittelten Messwerte einer größeren Streuung unterliegen. In diesem Fall kann eine andere Parametrierung des Sensors die Messung möglich machen.

Bei Papiermaschinen mit Gapformern ist die Stoffstrahl-Messung nicht möglich, weil bauartbedingt der Laser nicht auf die Oberfläche des Stoffstrahls ausgerichtet werden kann.

**Messaufbau in der Papiermaschine**

An dieser Maschine sind zwei Sensoren installiert worden. Der erste Sensor misst permanent die Geschwindigkeit des Formiersiebes, der zweite ist auf den Stoffstrahl ausgerichtet. Dieser Messaufbau wird bevorzugt, um die Veränderungen des Strahl-Sieb-Verhältnisses bei

Siebgeschwindigkeit wird in der Nähe des Stoffauflaufs (STA) gemessen. Das Sieb wird vom STA zur Antriebswalze beschleunigt. Somit stimmt die Angabe im PLS. Die Stoffstrahlgeschwindigkeit beträgt lt. PLS 716 m/min. Die Messung mit dem optischen Lasersystem ergibt eine Strahlgeschwindigkeit von 681 m/min.

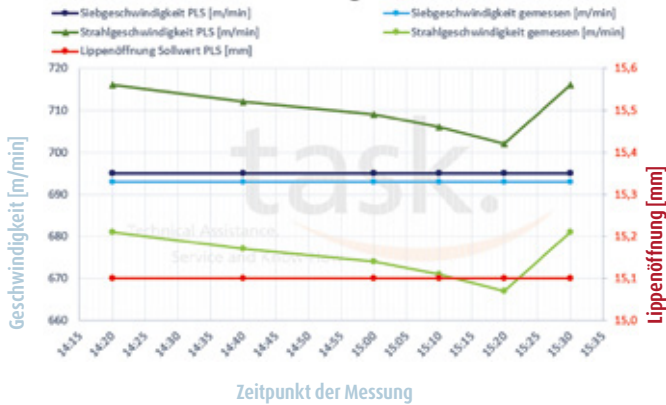


Abb.2: Geschwindigkeitsmessung Stoffauflauf PM2

Zu Abb. 2: Bei Veränderung der Strahlgeschwindigkeit bleibt die Differenz zwischen den gemessenen und den im PLS angezeigten Werten gleich.

Das bedeutet, dass die Regelung der Stoffauflaufpumpe richtig funktioniert. Dieser Unterschied, wird bei sehr vielen Papiermaschinen festgestellt und ist bereits durch einen Offset in der Programmierung des PLS zu beheben.

Zu Abb. 3: Die Grafik zeigt, dass sich die Strahlgeschwindigkeit (Sollwert konstant) bei verschiedenen Lippenöffnungen nicht verändert. Dieses Verhalten ist exakt so gewünscht. Wenn sich die Strahlgeschwindigkeit ändern würde wäre z. B. eine fehlerhafte Staudruck-tabelle vorhanden oder aber die Mischpumpenregelung würde nicht richtig funktionieren.

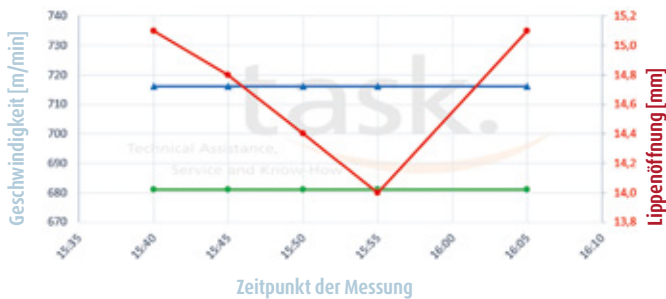


Abb.3: Test Lippenöffnung – Strahlgeschwindigkeit

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der µSPEED Messwerte. In dieser Grafik ist eine typische Verteilung von 10000 Messwerten um den berechneten Mittelwert zu sehen. Die Messwertausreißer nach oben und unten sind gleich verteilt. Somit ist der Mittelwert der ausgelesenen Geschwindigkeitswerte als sehr verlässlich anzusehen.

**Das Strahl-Sieb-Verhältnis als Steuerungselement für den Papiermacher**

Jeder Maschinenführer/Papiermacher arbeitet mit dem Strahl-Sieb-Verhältnis, um bestimmte Qualitätsparameter des Papiers zu beeinflussen. Unter anderem sind das: Das Längs/Quer-Verhältnis, die Formation, die Zugsteifigkeitsorientierung (TSO) und damit auch Festigkeitseigenschaften wie z. B. der Flachstauwiderstand (CMT), der Streifenstauwiderstand (SCT) oder die Bruchlast.

Dabei ist für den Papiermacher entscheidend zu wissen, ob er sich mit seinem STA im Unter- oder im Überstau befindet, d. h. ob der Stoffstrahl langsamer als die Siebgeschwindigkeit ist oder schneller.

Betrachten wir nochmals das o.g. Fallbeispiel (Abb. 2).

Laut Angaben des PLS befand sich der STA bei allen Messpunkten im Überstau, unsere Messung zeigte jedoch, dass die Strahlgeschwindigkeit bei jedem Messpunkt langsamer als die Siebgeschwindigkeit war. Somit operierte der STA immer im Unterstau.

Dies bedeutet, wenn der Papiermacher an dieser Maschine den angezeigten Werten im PLS vertraut, kann er niemals ein reales Strahl-Sieb-Verhältnis von 1,0 einstellen, da er die Strahlgeschwindigkeit entsprechend weiter reduzieren würde und somit noch weiter in den Unterstau käme. Aus diesem Grund ist es essenziell wichtig, die tatsächliche Strahlgeschwindigkeit in einer Messreihe zu ermitteln und danach die Programmierung der Staudruckformel anzupassen.

**Wie genau ist unsere Messung? Ist die Geschwindigkeit im Stoffstrahl überall gleich? Was passiert beim Aufprall auf das Sieb?**

Hier geben die Bilder 5 und 6 Aufschluss: Der Strahl verlässt mit einer Dicke von ca. 10 mm (Lippenöffnung) den Stoffauflauf. Es ist davon auszugehen, dass sich die Geschwin-



Abb.4: Verteilung der µSPEED Messwerte

unterschiedlichen Stoffstrahlgeschwindigkeit zu protokollieren und bei einer Veränderung der Lippenöffnung die Strahlgeschwindigkeit zu ermitteln. Die so ermittelten Messergebnisse können zur Korrektur der hinterlegten Staudruckformel für den Stoffauflauf benutzt werden.

**Fallbeispiel**

Das Prozessleitsystem (PLS) zeigt eine Geschwindigkeit des Formiersiebes von 695 m/min, die Messung mit dem µSPEED System ergibt jedoch einen Wert von 693 m/min. Die im PLS angegebene Siebgeschwindigkeit wird von der Siebantriebswalze abgenommen. Die

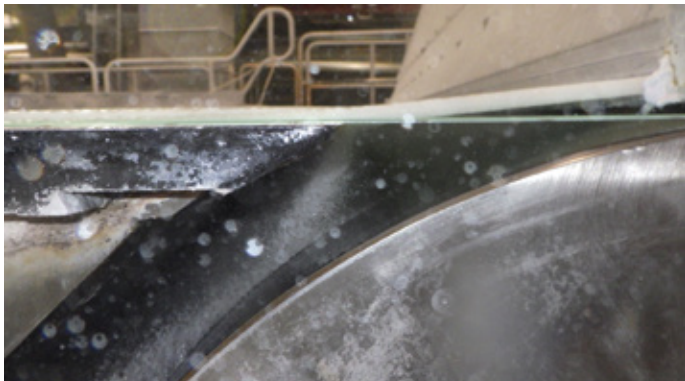
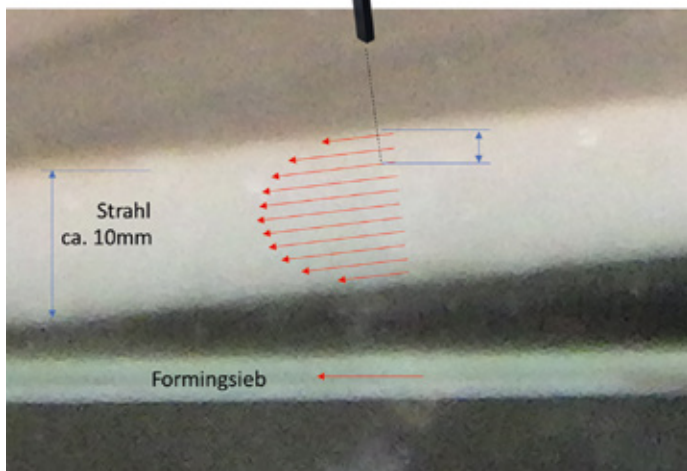


Bild 5: Darstellung der Aufprallzone

Bild 6: Detail/Bildausschnitt Bild 6



digkeit im Strahldickenprofil von der Ober-/Unterseite zur Mitte hin erhöht (Bild 6). Außerdem ist der Strahl an der Ober- und Unterseite durch die Reibung an der Stoffauflaufwand und der Luft immer turbulent, während wir davon ausgehen, dass die Strömung in der Mitte laminar ist.

In der Regel wird die Geschwindigkeit im Stoffstahl noch vor der Aufprallzone gemessen. Die genaue Stelle ist nicht eindeutig bestimmbar, da die exakte Eindringtiefe des Lasers je nach Suspensionseigenschaft unterschiedlich ist. Bei einer angenommenen Eindringtiefe von ca. 2–3 mm ist davon auszugehen, dass eher die Geschwindigkeit an der Oberseite des Stoffstrahls erfasst wird.

Der Stoffstrahl trifft einige Zentimeter vor der Siebtischkante auf. Beim Auftreffen wird die Strahlgeometrie und damit das Geschwindigkeitsgefüge nochmals verändert.

Bei der Messung wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit angegeben. Mit Hilfe der Messergebnisse kann der Papiermacher die Strahlgeschwindigkeit so justieren, dass die Qualitätsparameter des Papiers reproduzierbar einstellbar sind (Bild 6).

#### Das Messverfahren liefert wertvolle und verwertbare Ergebnisse für die Praxis:

- Eine mit dem  $\mu$ SPEED System erzielbare Geschwindigkeitswert-Abweichung von typischerweise +/- 1m/min ist absolut tolerierbar
- Die Geschwindigkeitsschwankungen der Mischpumpenregelung sind in den meisten Fällen höher
- Die Siebgeschwindigkeit ist am Stoffauflauf immer 1–4 m/min langsamer als an der Siebsaugwalze/Siebantriebswalze; abhängig von der Konstruktion und der Verteilung der Antriebe

#### Fazit

Mit Hilfe der erzielten Messwerte kann die Strahlgeschwindigkeit korrekt und reproduzierbar eingestellt werden, was in vielen Fällen zu einer deutlich verbesserten Papierqualität geführt hat. Des Weiteren erhält der Maschinenbediener eine zusätzliche Sicherheit für die einwandfreie Einstellung seiner Papiermaschine. Somit werden Sortenwechselzeiten signifikant reduziert, und die Maschine läuft ruhiger bzw. störungsfreier.

[www.heimbach.com](http://www.heimbach.com)

Competence in Turning Technologies – The Experts



**KRAFFT  
WALZEN**

**KRAFFT Steel Dryers**  
*the next generation*

Für Bahnlängen bis 8.000 mm  
bei einem Durchmesser bis 2.500 mm.

- gleichmäßige Wandstärken
- homogene Temperaturverteilung
- mehr Trockenleistung
- geringerer Energiebedarf
- mehr Bahnbreite in bestehender Maschinenstuhlung

**Fragen Sie uns – Wir machen Dampf!**