

Sprühstrahlkontrolle im Durchlicht

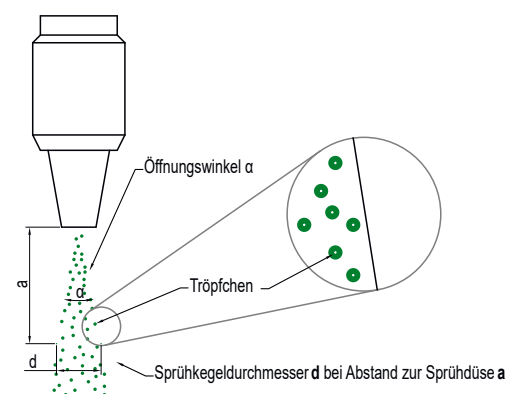
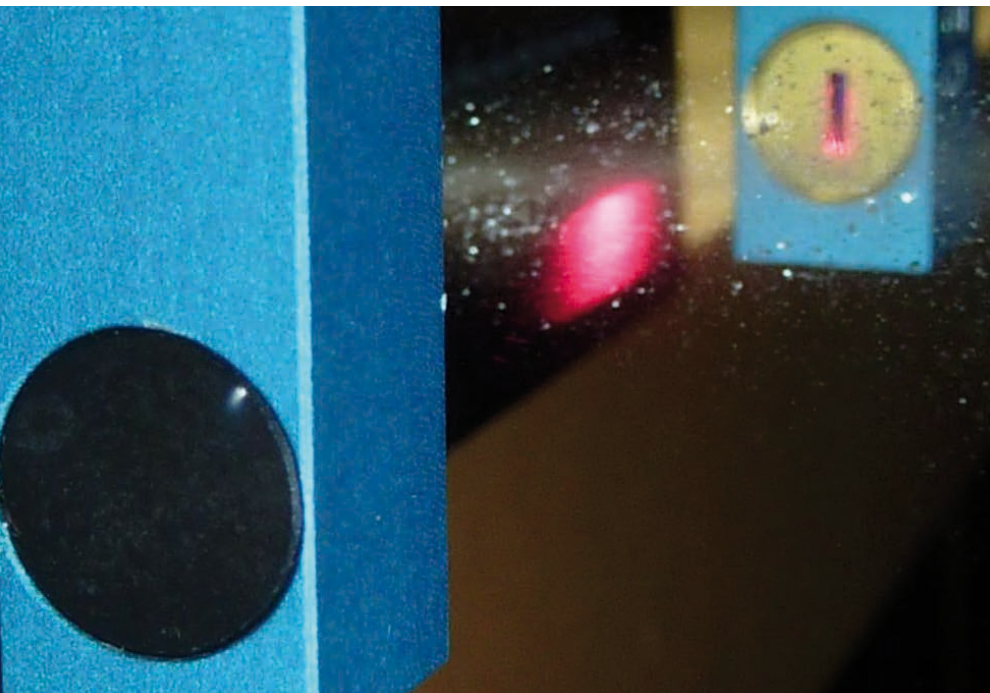


Bild 1: Sprühstrahl

strahl kann dadurch von der Richtung als auch vom Öffnungswinkel her verändert werden. Mit Hilfe einer optischen Sprühstrahlkontrolle wird der Anwender allerdings rechtzeitig über eine Änderung des Sprühstrahls informiert.

Bei Einsatz von Sprühsystemen ist zu beachten, dass die Größe des Sprühkegels und die Sprühmenge der jeweiligen Applikation angepasst werden. Ferner sind die Geometrie des Sprühkegels sowie die Sprühmenge abhängig vom verwendeten Medium (Primer, Kleber, Lösungsmittel, Wasser, Alkohol, Farbe, etc.), dessen Viskosität und Temperatur als auch von der Sprühdüsenöffnung, dem Überdruck und der Sprühmengendosierung.

Gerade bei der Verwendung z. B. von Klebstoff als Sprühmittel kann es vorkommen, dass ein Teil der Sprühdüsenöffnung verklebt ist, was zu einer Änderung sowohl der Sprühmenge als auch der Sprühgeometrie führt. Der Sprüh-

Anwendungsabhängige Faktoren

Bei der Konzeption von Sprühsystemen ist zu beachten, dass die Sensorik auf die Geometrie des Sprühkegels und die Sprühmenge der jeweiligen Anwendung abgestimmt werden. Ferner sind die Geometrie des Sprühkegels sowie die Sprühmenge abhängig vom verwendeten Medium (Primer, Kleber, Lösungsmittel, Wasser, Alkohol, Farbe, Viskosität, Temperatur, etc.) als auch von der Sprühdüsenöffnung, dem Überdruck und der Sprühmengendosierung. Gerade bei der Verwendung von zähen, haftenden Medien (Klebstoff) als Sprühmittel kann es vorkommen, dass ein Teil der Sprüh-

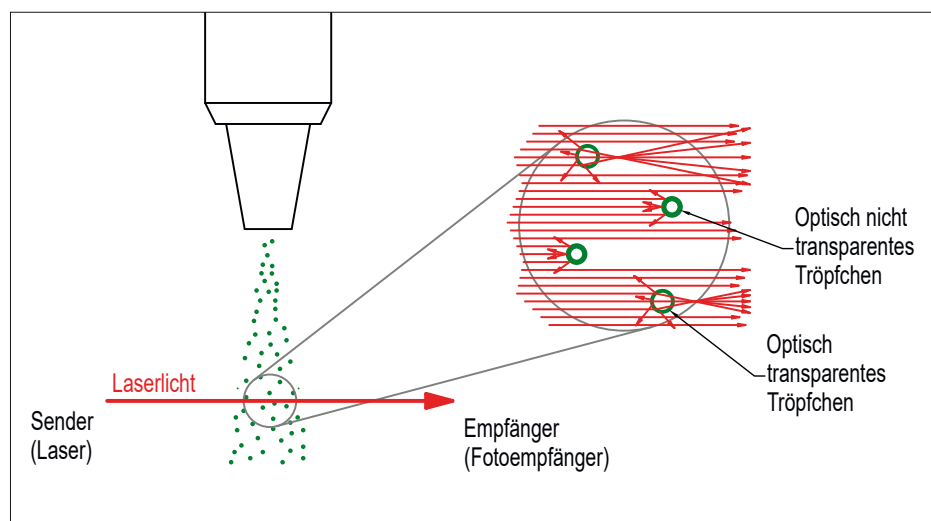


Bild 2: Sprühstrahlerfassung im Durchlichtverfahren

Autor:
Helmut Löw
Sensor Instruments
Entwicklungs- und Vertriebs-GmbH
info@sensorinstruments.de
www.sensorinstruments.de

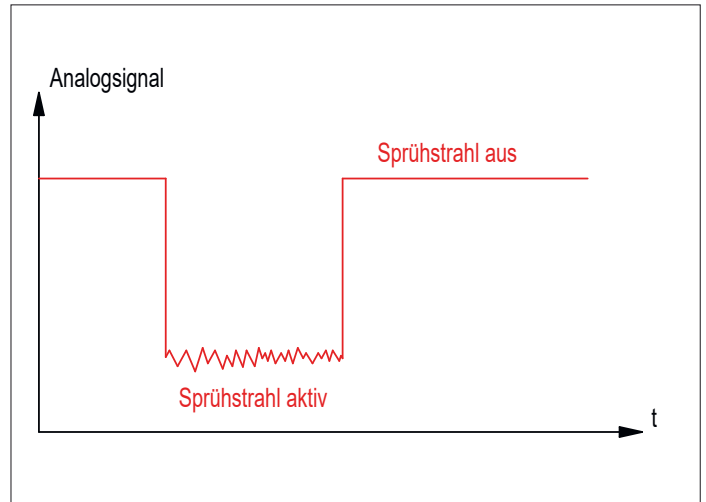
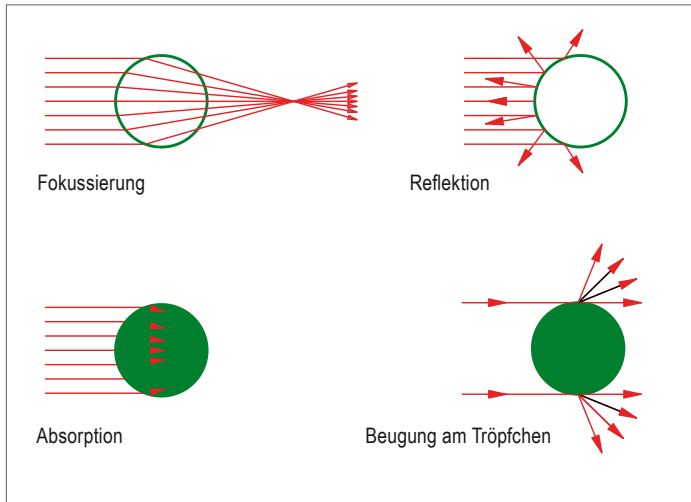


Bild 3: Unterschiedliches Verhalten von Laserstrahlen

Bild 4: Abnahme des Analogsignals als Maß für die Sprühmenge

düsenöffnung verklebt, was zu einer Änderung sowohl der Sprühmenge als auch der Sprühgeometrie führt. Der Sprühstrahl kann dadurch von der Richtung als auch vom Öffnungswinkel her verändert werden.

Konzeption des Sprühstrahlkontrollsystems

Bei der Konzeption des Sprühstrahlkontrollsystems ist es wichtig, sich einigen zentralen Fragen zu stellen:

- Ist die qualitative Bewertung des Sprühvorganges (ja/nein oder Sprühprozess ist i.O./n.i.O.) ausreichend, oder ist auch eine genauere Analyse (Strahlgeometrie, Sprühmenge) erforderlich?
- Welches Medium (Primer, Kleber, Lösungsmittel, Wasser, Alkohol, Farbe, etc.) wird gesprüht und wie wird das Medium optimal abgetastet (Wechselwirkung mit optischer Abtastung: Tröpfchengröße und -verteilung)?

- Welche Einflussgrößen bestimmen/stören die Qualität des Sprühstrahls im Prozess? Welche Rahmenbedingungen herrschen für eine optische Abtastung des Sprühvorganges? Ziel der In-line-Sprühstrahlkontrolle ist die automatisierte Qualitätskontrolle des Sprühvorganges während des Produktionsprozesses.

Was ist eigentlich ein Sprühstrahl?

Bei einem Sprühstrahl handelt es sich in der Regel um ein "loses Gebilde" aus kleinen Tröpfchen, die infolge der Zerstäubung der Sprühmittelflüssigkeit am Sprühdüsenaustritt, bzw. durch die Verwirbelung an der Düse entstehen. Die Tröpfchengröße liegt dabei in der Größenordnung zwischen einigen Mikrometern und einigen hundert Mikrometern und hängt in erster Linie vom verwendeten Sprühmedium ab. Diese Tröpfchen verlassen mit einer bestimmten Geschwindigkeit die Sprühdüsenöffnung und werden dann infolge der Luftreibung abgebremst (Bild 1).

Der Sprühstrahl wird durch den Öffnungswinkel des Sprühkegels und die Sprühmenge (Tröpfchen/Zeiteinheit bzw. Sprühmitteldurchsatz) bestimmt.

Wie wird der Sprühstrahl erfasst?

Um eine Aussage über die Sprühmenge treffen zu können, wird ein Lichtstrahl, z.B. mit einer Lichtschranke, durch den Sprühkegel gelegt. Nach dem Austritt wird die Intensität des Lichtstrahls am Empfänger gemessen. Auf dem Weg durch den Sprühkegel wird ein Teil des Laserstrahls von den einzelnen Tröpfchen des Sprühstrahls abgelenkt und gelangt nicht in den Empfänger (Bild 2).

Die Ablenkung wird durch die Reflexion an der Tröpfchenoberfläche bzw. durch Fokussieren der Laserstrahlung hervorgerufen, da die Tröpfchen, falls diese optisch transparent sind, wie Mikrolinsen arbeiten. Ein Teil des Lichtes wird von den Tröpfchen aber auch absorbiert oder gelangt durch Beugung an der Grenzfläche nicht in den Empfänger (Bild 3).

Verschiedene Methoden der Sprühstrahlkontrolle im Durchlicht

Die Einstrahldurchlichtmethode

Dazu wird mit einem Laserlichtbündel, bevorzugt mit schlitzförmiger Blende, mittig durch den Sprühstrahl gezielt. Die Signalabnahme im Vergleich zur Abwesenheit des Sprühstrahls dient als Maß für die Sprühmenge (Bild 4). Diese Methode wird hauptsächlich dann verwendet, wenn lediglich eine Aussage über die Sprühmenge getroffen werden soll bzw. darüber, ob ein Sprühstrahl vorhanden ist oder nicht (Bild 5 a und b)!

Einweglichtschranken-Systeme mit Controller

Mit Hilfe eines Controllers inkl. Software kann das System vor dem eigentlichen Sprühvorgang kalibriert werden (Bild 6).

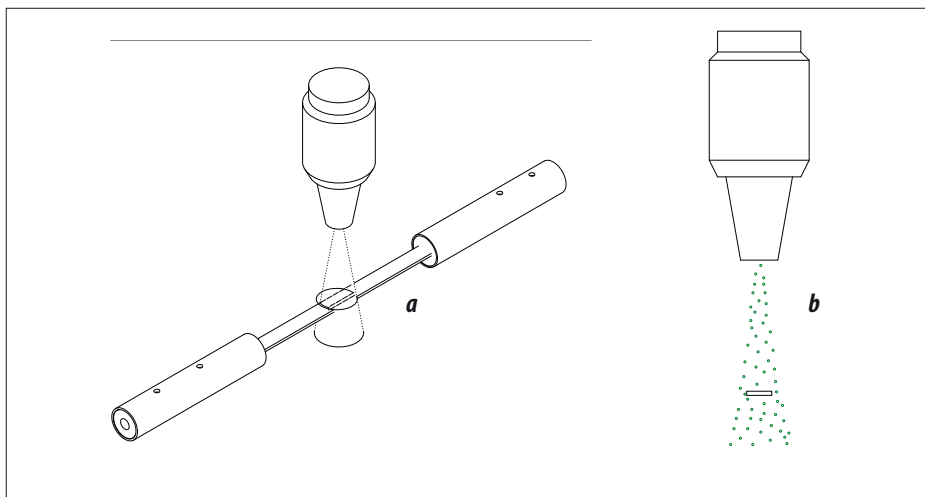


Bild 5: Sprühstrahlkontrolle mittels einer Laser-Einweglichtschranke (a) und Sprühstrahlüberwachung durch Laserlichtstrahl (b)

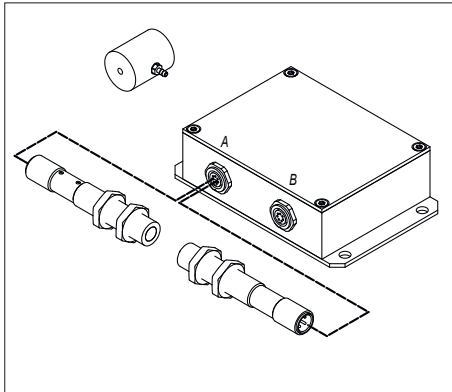


Bild 6: Analoglaserlichtschranke mit Kontrollelektronik (Blasluftaufsatz optional)

Dadurch ist es möglich, auch kleinste Sprühmengen zu detektieren, da eventuelle Verschmutzungen durch die Kalibrierung kompensiert werden können (auf 100 %) und die Detektionsschwelle somit nahe dem 100%-Wert liegen kann (z. B. 99,7 %).

Die Steuereinheit liefert sowohl ein analoges Signal als auch einen digitalen Signalausgang, der über die Unterschreitung der Erfassungsschwelle informiert.

Tropfen analysieren

Wenn der Sensor schnell genug ist, können Sie kurze Unterbrechungen, die durch Luftblasen verursacht werden, erkennen. Bei der Mikrodosierungskontrolle, bei der Sie einzelne Tropfen charakterisieren müssen, können Sie sogar die Größe der Tropfen analysieren.

Die ideale Lösung für die Mikrodosierungskontrolle ist ein Sensor mit einer auf die Tropfengröße abgestimmten Apertur in Kombination mit einer Kontrollelektronik, da dieses Sensorsystem eine hohe Abtast- und Schaltfrequenz aufweist. Am Analogausgang wird die Tropfengröße gepuffert, bis der nächste Tropfen eintrifft (Bild 7).

Die Zweistrahldurchlichtmethode

Diese Methode eignet sich neben der Sprühmengenkontrolle auch schon bedingt zur Symmetriekontrolle. So kann hier bereits ein seitliches Driften des Sprühkegels detektiert werden. Das Zweistrahlsystem kommt hauptsächlich dann zum Einsatz, wenn eine einfache, aber kostengünstige Abfrage der Symmetrie des Sprühkegels erfolgen soll (Bild 8).

$$\text{NORM} = A/(A+B) \times 4096 = \text{Symmetrie}$$

$$\text{INT} = (A+B)/2 \times 4096 = \text{Sprühmenge}$$

Zweistrahliges Einweglichtschranken-Systeme

Die beiden Lasersensoren werden von einer Kontrollelektronik gesteuert und ausgewertet. Die Kalibrierung erfolgt zwischen den eigentlichen Sprühvorgängen, ausgelöst durch ein externes

Digitalsignal (z. B. von der SPS), das dem Steuergerät mitteilt, wann die Kalibrierung durchgeführt werden kann. Mit den beiden Lasersensoren kann eine einfache Symmetriekontrolle durchgeführt werden. Auch die Sprühmenge kann überwacht werden (Bild 9).

Es stehen drei digitale Ausgangssignale zur Verfügung:

SYMMETRIE OK / NOK.

SIGNAL A OK / NOK.

SIGNAL B OK / NOK.

Das System prüft, ob die Signale im vorgegebenen Toleranzbereich liegen. Bild 10 zeigt das

Messsystem. Um Verschmutzungen an den Optikabdeckungen der Lasersensoren zu verhindern, werden Blasluftaufsätze eingesetzt.

Die Dreistrahldurchlichtmethode

Mit dieser Methode können bereits kleine Symmetrie- bzw. Mengenabweichungen festgestellt werden.

Zwei Auswertemodi stehen hier zur Auswahl: ein Auswertemodus für den Absolutwert und einen für den Relativwert. In beiden Modi wird dabei die Sprühstrahllichte (DENSITY) sowie das Verhältnis der beiden Randstrahlen (SYM1) und schließlich das Verhältnis des Mittenstrahles zu den beiden Randstrahlen (SYM2) ausgewertet.

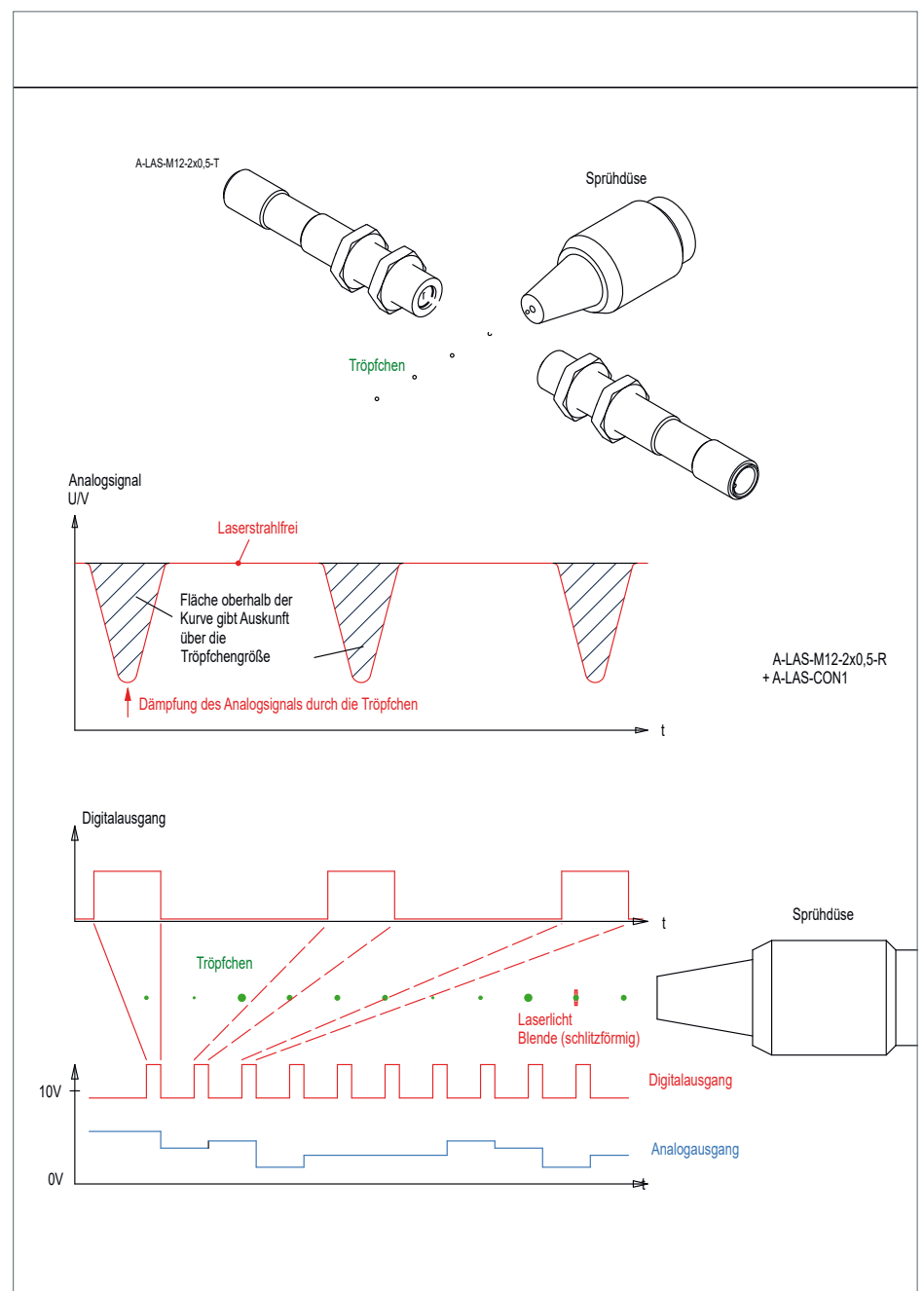


Bild 7: Mikrodosierungskontrolle zur Tropfenanalyse

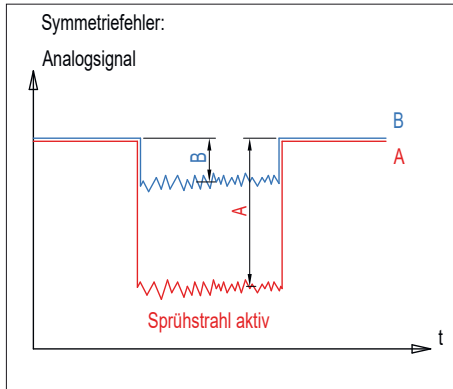


Bild 8: Symmetriekontrolle mittels zweier Analogsignale

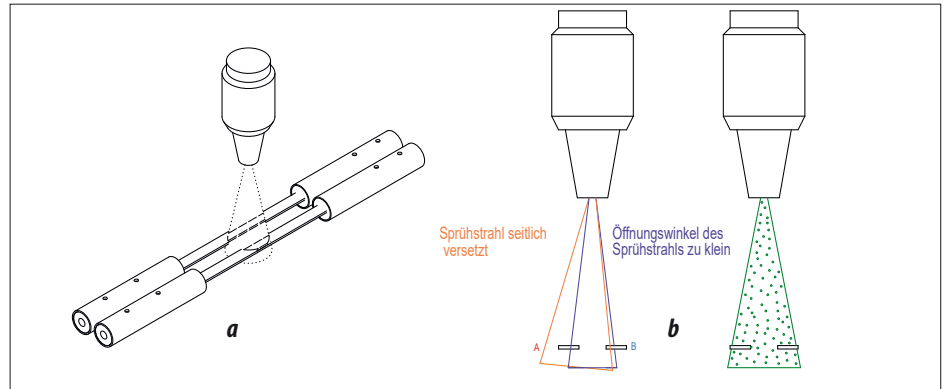


Bild 9: Sprühstrahlkontrolle mittels zweier Laser-Einweglichtschranken (a), das seitliche Driften des Sprühkegels wird detektiert (b)

Im Modus für den Absolutwert werden die Werte L, C, R direkt in den folgenden Gleichungen verwendet:

$$\text{Density} = (L+C+R)/3$$

$$\text{Sym1} = L/(L+R) \times 1000$$

$$\text{Sym2} = C/(C+(L+R)/2) \times 1000$$

L, C, R sind dabei Rohwerte der drei Kanäle mit einem Wert zwischen 0 und 4096 (12 Bit) (Bild 11 und 12).

Im Modus für den Relativwert wird das Verhältnis der jeweiligen Rohwerte L, C, R während des Sprühvorgangs mit den Rohdaten L0, C0, R0 - die vorliegen, wenn nicht gesprüht wird - gebildet. Die Rohdaten L0, C0 und R0 bilden somit jeweils den 100%-Wert (Bild 13). Für die Sprühmenge gilt in diesem Fall:

$$\text{Density} = \Delta C$$

Und für die beiden Symmetrien:

$$\text{SYM1} = \frac{\Delta L}{\Delta L + \Delta R} \cdot 1000$$

$$\text{SYM2} = \frac{\Delta C}{\Delta C + \frac{\Delta L + \Delta R}{2}} \cdot 1000$$

Die Lichtbandmethode

Hierbei wird ein kontinuierliches Lichtband auf den Sprühstrahl gerichtet. Das Lichtband ist in der Regel breiter als der Sprühkegeldurchmesser, sodass der Sprühstrahl komplett erfasst wird. Auf der gegenüberliegenden Seite des Sprühstrahls befindet sich ein Empfänger, der als Zeilensensor aufgebaut über mehr als 1000, in Reihe angeordnete, einzelne Minidetektoren verfügt. Dadurch wird eine lückenlose Auswertung des Strahlprofils ermöglicht. Zur Ermittlung des Strahlprofils wird der prozentuale Unterschied der beiden Videosignale (Zeilensignale), die vor dem Sprühvorgang sowie während des Sprühvorgangs aufgezeichnet wurden, miteinander verglichen (Bilder 14 und 15).

Das Strahlprofil (Dämpfungsprofil) gibt nun Auskunft über die lokale Verteilung des Sprühmediums im Sprühstrahl. Des Weiteren informiert die Fläche unter der Strahlprofilkurve über die Sprühmenge (Bilder 15 und 16).

Statistische Verteilung der Sprühtropfen

Durch die Aufnahme vieler aufeinanderfolgender Scans kann eine statistische Verteilung der Sprühtropfen räumlich aufgelöst über die CCD-Zeile berechnet werden. Die Methode

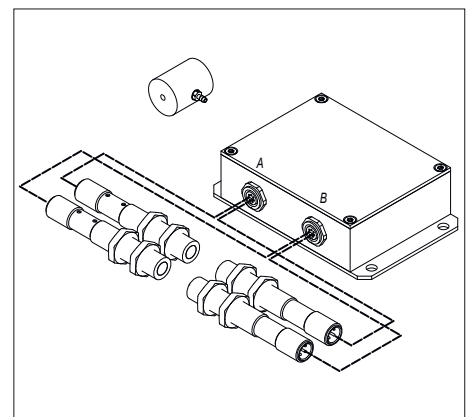


Bild 10: Zwei Analoglaserlichtschranken mit Kontrollelektronik (Blasluftaufsatz optional)

eignet sich für die detaillierte Analyse und Qualitätskontrolle von Sprühdüsen.

Die Analyse mit der Lichtbandmethode liefert detaillierte Daten zum Strahlprofil. Sie eignet sich für robotergestützte Sprühverfahren, bei denen der Roboter die Düse periodisch in eine so genannte Andockposition bringen könnte, um einen Sprühtest von 1 - 2 Sekunden Dauer zur Analyse durchzuführen.

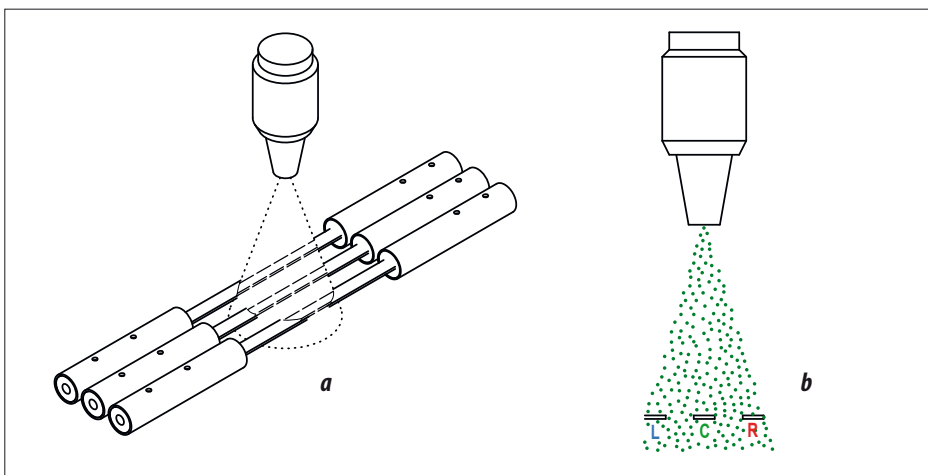


Bild 11: Sprühstrahlkontrolle mittels dreier Laser-Einweglichtschranken (a), Kontrolle von Symmetrie- und Mengenabweichung durch drei Werte L,C,R (b)

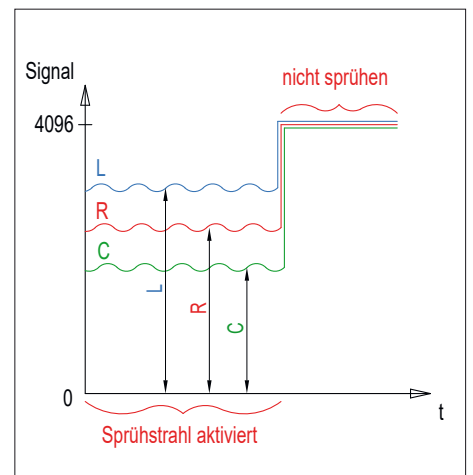


Bild 12: Darstellung der Signale der Kanäle L, C und R

Außerdem kann eine Art Film erstellt werden. Damit eignet sich diese Methode in idealer Weise, um etwaige Einflüsse wie Druckänderung, Sprühmengenänderung, Änderung des Sprühmediums, Änderung der Düsenöffnung, studieren zu können.

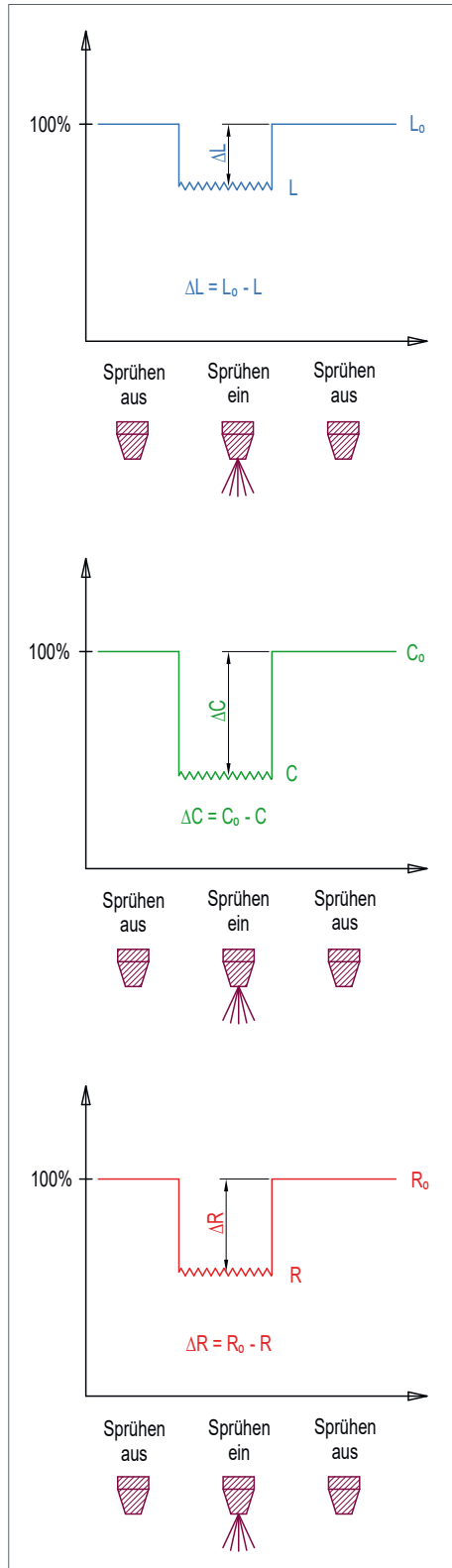


Bild 13: Rohwerte L, C, R während des Sprühvorgangs

Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen

Damit auch in einer Umgebung, bei der eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre aus Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln über längere Zeiträume vorherrscht, eine Sprühstrahlkontrolle erfolgen kann, wird mit Lichtleitern gearbeitet.

So kann auch in der explosionsgefährdeten Zone \emptyset der ATEX Betriebsrichtlinie gearbeitet werden. Dabei befinden sich die elektronischen sowie optoelektronischen Komponenten des Sprühstrahlkontrollsystems außerhalb der Zone \emptyset . Lediglich die optischen bzw. optomechanischen Komponenten (optomechanisches Frontend) befinden sich im -Bereich. Die Verbindung zwischen Frontend und Auswerteeinheit wird über Lichtleiter hergestellt.

Es ist dabei zu beachten, dass die optische Leistungsdichte einen gewissen Grenzwert nicht überschreitet. Bei den SI-Produkten liegt die optische Leistungsdichte jedoch weit unter den zulässigen Grenzwerten. ◀

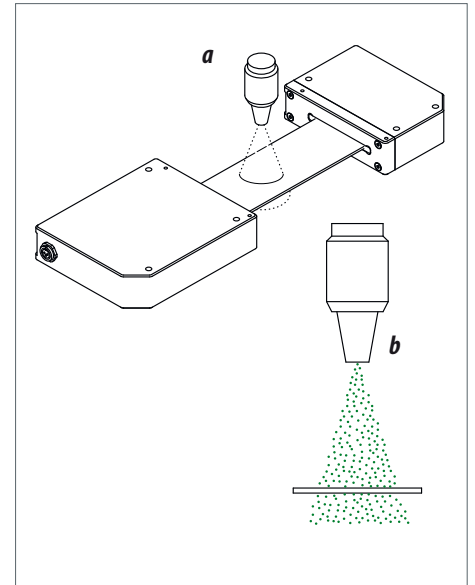


Bild 14: Zeilensensor für die Lichtbandmethode (a), Sprühstrahlüberwachung mittels Lichtband (b)

Links:

Sprühstrahlkontrolle: <https://www.youtube.com/watch?v=MITeuiKIOgs>
 Mikrodosierungskontrolle: <https://www.youtube.com/watch?v=YfgGoQhWODw>

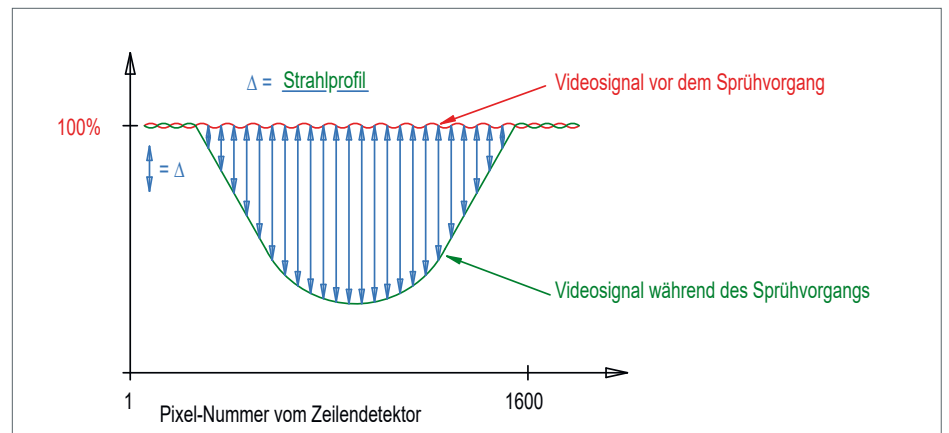


Bild 15: Videosignal während des Sprühvorgangs

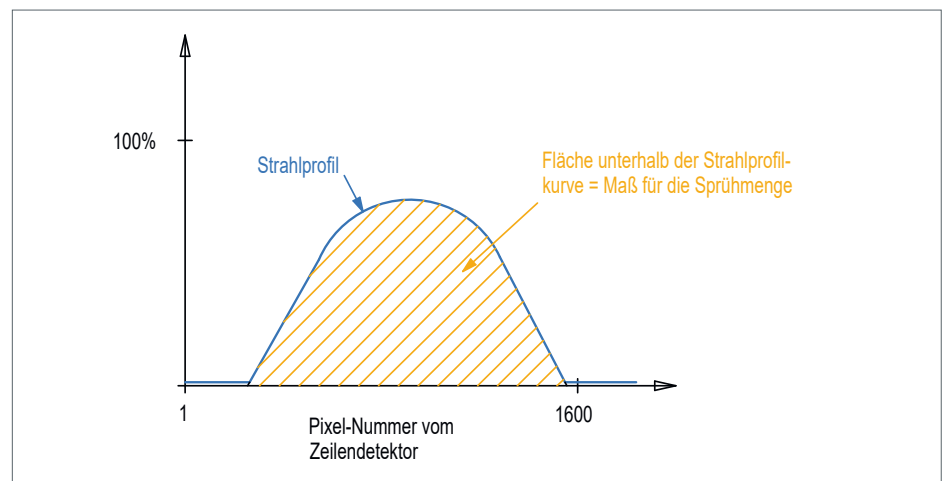


Bild 16: Flächenmaß für die Sprühmenge