

## **Online-Durchmessermessung von Eisendraht auf Trockenziehbänken: Wie Lasermessgeräte in diesem äusserst anspruchsvollen Umfeld ihre Aufgabe erfüllen können.**

---

### **Abstract**

Es ist eine wohlbekannte Tatsache, daß das Haupthindernis bei der Erweiterung der Online-Durchmesser-Messungspraxis in der Drahtindustrie in der hohen Staubempfindlichkeit der meisten optischen Meßgeräte liegt, was den Einsatz auf Trockenziehbänken gefährdet, wo Seife und Eisenstaub die Meßgenauigkeit stark beeinträchtigen und den Sensor rasch blind machen können. Der vorliegende Bericht dokumentiert den Zustand von Aeroels hochmoderner Laser-Meßtechnologie bei ihrer Anwendung auf Trockenziehbänken: Zehnjährige Felderfahrung und kontinuierliche Entwicklung haben zu einer zuverlässigen und wirksamen Lösung des oben erwähnten Problems geführt.

**A. Spizzamiglio & E. Zampieri - Aeroel - Italien**

## 1 - Einleitung

Es wird heutzutage weithin anerkannt, daß die Online-Durchmessermessung von gezogenem Draht die Produktqualität und die Effizienz von Verfahrensabläufen in der Drahtindustrie stark verbessert. Eine Reihe verschiedener Arten von Draht, insbesondere diejenigen, die aus kohlenstoffreichen Stahllegierungen hergestellt werden, profitieren sehr von der fortlaufenden Durchmesserüberwachung.

Der Matrizenverschleiß läßt sich in Echtzeit durch Prüfung der sich ergebenden Enddurchmesser des Drahts überwachen: Wenn vorgewählte Toleranzgrenzen überschritten werden, kann der Prozeß sofort unterbrochen werden, um die Fertigung von Produkten zu verhindern, die nicht den Spezifikationen entsprechen. Diese Einrichtung ist besonders dann von Bedeutung, wenn die Fertigungstoleranzen, die Ziehgeschwindigkeit und das Gewicht der Aufrollspule so stark zunehmen, daß eine einfache Prüfung am Ende jeder Spule nicht garantieren kann, daß der gesamte in der Spule befindliche Draht innerhalb der Spezifikationen liegt.

Weitere große Vorteile ergeben sich aus dem erhöhten Automationsgrad des Verfahrens: Einsparungen in Bezug auf den Arbeitsaufwand, da manuelle Prüfung nicht mehr erforderlich ist; und die Durchmesserwerte werden sofort erfaßt und verarbeitet, um die Produktqualität und Maschinenkapazität zu prüfen.

Von Anfang an erschien das Lasermikrometer als das richtige Instrument zur Durchführung

dieser Aufgabe, da nur eine kontaktfreie Meßtechnologie in der Lage gewesen wäre, ein Produkt zu messen, daß sich mit hoher Geschwindigkeit bewegt und womöglich ziemlich stark vibriert.

Leider wurde es sehr schnell klar, daß eine Reihe von Faktoren für die Anwendung kritisch werden würden. Die Meßgenauigkeit, die von der Vibration und Bewegung des Drahtes nicht beeinträchtigt werden darf, sowie die Kosten der Anlage, die sich ja bezahlt machen soll, sind mit Sicherheit zwei kritische Faktoren, die in Betracht zu ziehen waren. Der springende Punkt war jedoch die Empfindlichkeit aller Lasermeßgeräte (wie auch allgemein für jedes beliebige optische Instrument) in Bezug auf die kontaminierende Wirkung infolge Staubablagerungen auf den externen optischen Oberflächen. Diese Auswirkungen sind auf Trockenziehbänken wegen des hohen Anteils an der als Schmiermittel für die Matrize verwendeten Seife erheblich: Während des Ziehens wird ein Gemisch von Seifenpulver und Stahlpartikeln mit hoher Geschwindigkeit von der Matrize aus ablaßseitig der Bewegungsrichtung des Drahtes gegen die Maschine geschleudert.

Dieses Pulver bleibt an jeder bloßliegenden Oberfläche haften - insbesondere am Lasermeßgerät, das sich genau in der Bahn der Schmutzstoffe befindet, da es nach der Matrize und vor der Aufrollspule installiert werden muß. Ohne geeigneten Schutz wären die Glasfenster eines optischen Geräts innerhalb von ein paar Stunden (wenn nicht gar Minuten) so stark verschmutzt, daß das Meßgerät völlig blind wäre, was ein Messen des Drahts unmöglich machen würde.

*Online-Durchmessermessung von Eisendraht auf Trockenziehbänken:  
Wie Lasermessgeräte in diesem äusserst anspruchsvollen Umfeld ihre Aufgabe erfüllen können.*



Abb. 1: Das Dualachsen-Lasermessgerät ALS13XY ist das Herz des heutigen WIRELINE SYSTEMS, als Nachfolger des früheren Modells ALS12XY.

## 2 - Aeroels Knowhow und Erfahrung in der Drahtindustrie.

Das System stütze sich auf ein ALS12XY Dualachsen-Lasermessgerät (Abb. 1) mit innovativen Konstruktionsmerkmalen und einer speziellen Halterung mit Druckbeaufschlagungsmöglichkeit zum Schutz des Meßgeräts vor Staub (Abb. 2). Die von diesem Gerät verlangte Staubimmunität wurde durch die synergistische Kombination von drei Faktoren erzielt:

- optische Konstruktion
- elektronische Signalverarbeitungsmethode
- geeignete Druckluft-Schutzbarriere.

### 1) Optische Konstruktion

Die optischen Eigenschaften des Meßgeräts sind so beschaffen, daß ein großflächiger Laserspot elliptischer Form auf den optischen Fenstern entsteht, obwohl er auf den Draht gerichtet ist.

Da die einzelnen Staubkörnchen oder Laugentröpfchen im Vergleich zu dem

Laserspot winzig sind, bewirken sie nur eine teilweise Schwächung der Gesamtintensität des Signals, das sich zu dem Verhältnis von Partikelfläche und Laserspotfläche (Abb. 3) proportional verhält.

Obwohl eine große Anzahl von Staubflecken zu einer beträchtlichen Schwächung des Signals führen kann, bewirkt das noch keine plötzliche Schwankung der Intensität beim Scannen.

### 2) Elektronische Signalverarbeitung

Eine neue und innovative Methode der elektronischen Verarbeitung des optischen Signals ("Video"-Signals) ist entwickelt und eingeführt worden, die es ermöglicht, die Dauer des Schattens des Drahtes (und somit seines Durchmessers) richtig zu ermitteln: Diese neue Methode hat es ermöglicht, die Durchmesserinformationen aus einem durch Staub stark verzerrten und geschwächten Signal zu extrahieren.

*Online-Durchmessermessung von Eisendraht auf Trockenziehbänken:  
Wie Lasermessgeräte in diesem äusserst anspruchsvollen Umfeld ihre Aufgabe erfüllen können.*

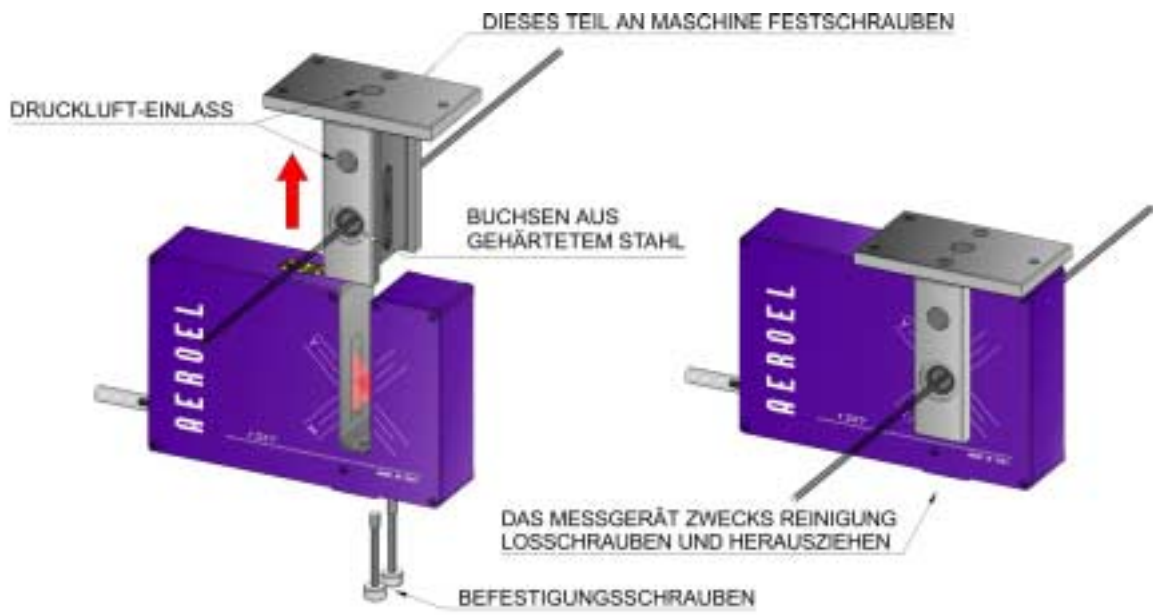


Abb. 2: Pneumatischer und mechanischer Schutz für das Lasergerät ALS13XY.

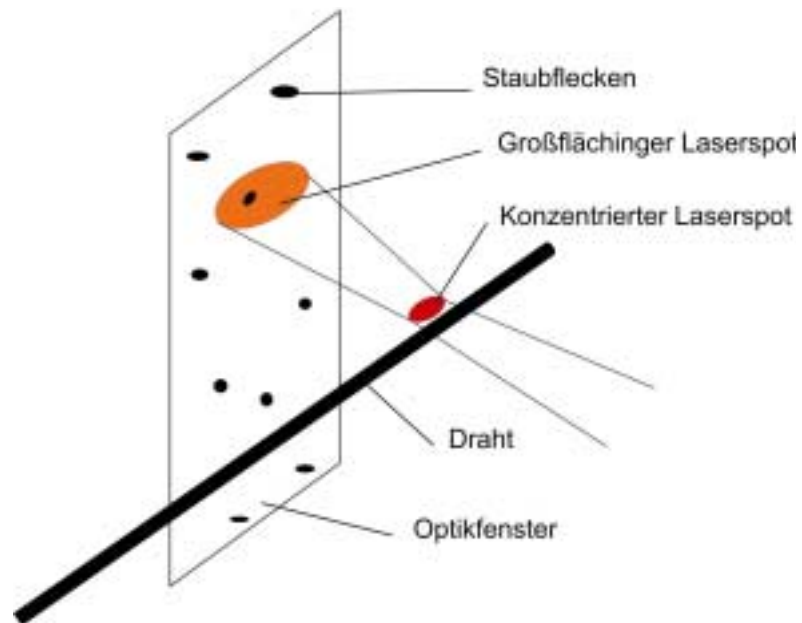


Abb. 3: Das optische Konzept der Modelle ALS12XY und ALS13XY.

Die detaillierte Erläuterung dieses Prinzips würde diesen Rahmen sprengen und außerdem elektronische Spezialkenntnisse voraussetzen, die über die Zwecke dieses Berichts hinausgehen. Die Abbildungen 5.3 und 5.4 zeigen jedenfalls, daß es möglich ist, Messungen zu erzielen, die nicht sehr stark von beträchtlichen Staubmengen auf den Fenstern beeinträchtigt werden.

Diese Methode wird selbst bei einem stark konzentrierten Laserspot nicht von der Position des Drahtes innerhalb des zu messenden Felds beeinflusst. Dank dieses wesentlichen Merkmals wird die Meßgenauigkeit konstruktionsgemäß nicht von der Vibration des Drahtes beeinflusst, so lange die Vibrationsamplitude kleiner ist als die Breite der zu messenden Fläche.

Ein weiteres bemerkenswertes Ergebnis besteht darin, daß diese Methode aufgrund ihrer spezifischen Stromkreismerkmale bewirkt, daß bei extremer Verschmutzung keine unsichere oder fehlerhafte Messungen durchgeführt werden können; stattdessen wird eine Meßfehlerbedingung gemeldet, welche die Bedienkraft dazu auffordert, das Meßgerät zu reinigen.

Dank diesen beiden spezifischen Merkmalen ist es möglich gewesen, die Meßgeräte auf nassen Ziehbänken ohne zusätzliche pneumatische Schutzeinrichtungen zu installieren und ein minimales Reinigungsintervall von 10 Tagen ohne das Risiko wahrnehmbarer Fehler durch Verschmutzung zu garantieren. Aufgrund der großen Anzahl der zu installierenden Meßgeräte hat sich die

Möglichkeit, ohne zusätzliches Schutzgerät arbeiten zu können, als hervorragende Eigenschaft erwiesen. Der Einbau von druckluftgespeisten pneumatische Barrieren hätte in der Tat die Kosten für den Anwender stark erhöht, sowohl in der Installationsphase (Rohrleitungen, Filter usw.) als auch während des fortlaufenden Betriebs (Luftverbrauch, Filterwartung usw.). Dadurch daß die Installations- und Betriebskosten vielmehr so gering wie möglich gehalten werden konnten, sind mehrere Maschinen in der Reifendrahtindustrie ausgerüstet worden und arbeiten alle seit 1992 einwandfrei.

Obwohl es die Konstruktion des Meßgeräts möglich gemacht hat, eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gegen Staub zu erzielen, reichte das allerdings immer noch nicht aus, eine annehmbare Leistung auf Trockenziehbänken zu garantieren, bei denen die Arbeitsbedingungen viel kritischer sind. Um die Anwendung auf derartigen Maschinen zu ermöglichen, ist ein spezieller mechanischer und pneumatischer Schutz entwickelt worden, durch den das Wireline System vervollkommnet wurde.

### **3) Pneumatischer Schutz**

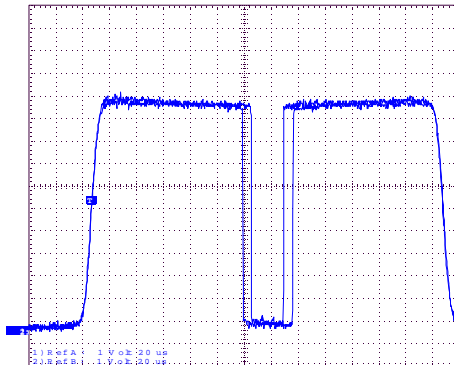
Es wird eine T-förmige Halterung an der Maschine befestigt. Der Draht wird durch 2 gehärtete Stahlbuchsen hindurchgeführt, und das Meßgerät wird einfach mittels zwei Schrauben an der Halterung befestigt. Die Halterung wird durch Druckluft gespeist, die über die 2 Buchsen abgelassen wird. Durch leichten Überdruck wird eine pneumatische Barriere gegen Staub und andere Schmutzstoffe geschaffen (Abb. 2).

**Online-Durchmessermessung von Eisendraht auf Trockenziehbänken:  
Wie Lasermessgeräte in diesem äusserst anspruchsvollen Umfeld ihre Aufgabe erfüllen können.**

Ein zusätzlicher Luftblasring wird ein paar Zentimeter vor dem Meßgerät montiert, um den Draht reinigen zu können und das mit Metallpartikeln vermischte Seifenpulver zurückzublasen, das vom Draht mitgeführt wird

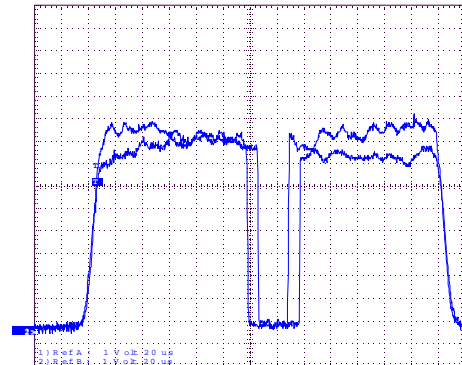
und sonst auf das Meßgerät aufprallen würde. Abgesehen von der Verschmutzung des Meßgeräts hat diese Schutzart mehrere bemerkenswerte Vorteile geschaffen.

**(1) TAG: 0**



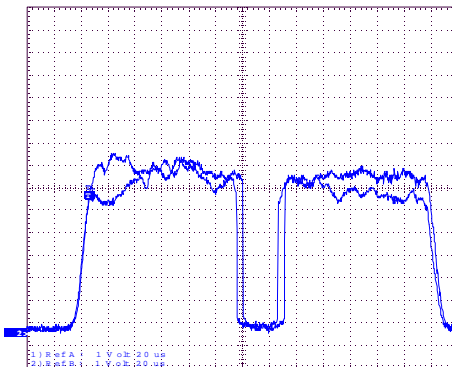
DATUM : 11/11/1998  
DX = 2.0000  
DY = 2.0000

**(2) TAG: +7**



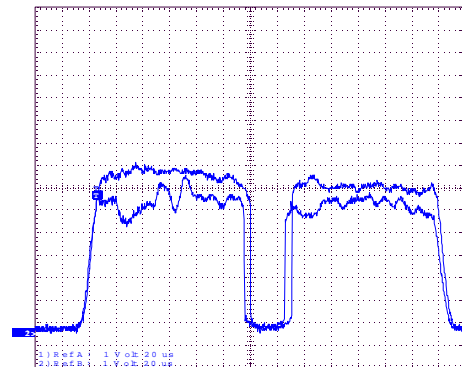
DATUM : 17/11/1998  
DX = 1.9993  
DY = 1.9998

**(3) TAG: +14**



DATUM: 24/11/1998  
DX = 1.9994  
DY = 1.9992

**(4) TAG: +35**



DATUM: 15/12/1998  
DX = 1.9990  
DY = 1.9991

**Abb. 4: Aufnahme der Videosignal-Wellenformen bei einem Langzeittest, um die Staubunempfindlichkeit zu prüfen. Hier kommt der neue "selbstreinigende" Schutz zum Einsatz.**

**Online-Durchmessermessung von Eisendraht auf Trockenziehbanken:  
Wie Lasermessgeräte in diesem äusserst anspruchsvollen Umfeld ihre Aufgabe erfüllen können.**



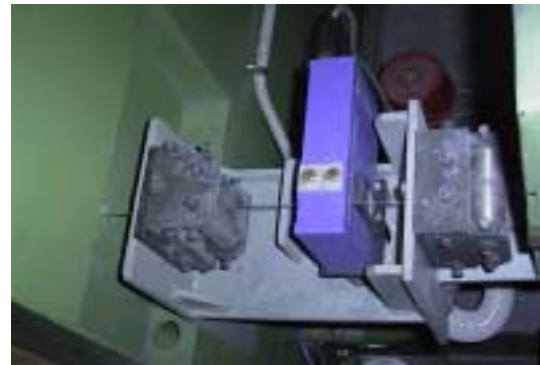
**Abb. 5: Einsatz des Modells ALS12XY auf einer Trockenziehbank.**

- Die beiden Stahlbuchsen sind ein wirksames mechanisches Schutzschild, das eine mögliche Beschädigung des Meßgeräts bei Drahtbruch verhindert.
- Das Meßgerät läßt sich leicht reinigen oder warten, indem man es aus der Halterung herausnimmt, ohne die Maschine anhalten und den Draht schneiden oder entfernen zu müssen.
- Die Luft wird der Halterung über ein Hochdruck-Zentrifugalgebläse zugeführt, da der erforderliche Überdruck ca. 150-200 mm H<sub>2</sub>O und die Durchflußrate ca. 20 m<sup>3</sup>/h beträgt. Das Gebläse saugt die Luft aus dem Raum an, und ein billiges Papierfilter, das im Gebläse enthalten ist, bietet einfache Staubfiltration. Ein Gebläse kann mehrere Meßgeräte versorgen, so daß sich die Kosten verteilen.
- Es wird keine Druckluft benutzt, da das normale Luftversorgungsnetz der Fabrik gewöhnlich mit etwas Öl und Wasser vermischt ist und zusätzliche Filtration mit Hilfe von sehr teuren zweistufigen Aktivkohlefiltern erfordern würde. Darüber hinaus wären die Druckluftkosten aufgrund der hohen erforderlichen Durchflußrate

und des periodischen Austauschs der Filterpatronen zu hoch.

- Der Blasring, der durch normale Druckluft gespeist wird, verbessert die Drahtreinigung und die Meßgenauigkeit.

Dank dieser Lösung ist es möglich, Hunderte von Meßgeräten auf Trockenziehmaschinen zu installieren, was ein typisches Reinigungsintervall je nach Art der Maschine, Durchmesser und Drahtgeschwindigkeit sowie der Positionierung des Meßgeräts selbst (Abb. 5 und 6) von 1 bis 5 Tagen gewährleistet



**Abb. 6: Einsatz des Modells ALS13XY auf einer Trockenziehbank.**

### 3 - Der menschliche Faktor

Unsere ausgiebige Erfahrung im Umgang mit Lasermeßgeräten in der Drahtindustrie hat uns gezeigt, daß ein weiteres Element die Leistung der Meßinstrumente beeinflussen und letztendlich zu dem Erfolg der Anwendung verhelfen kann: und dabei handelt es sich um den sogenannten "menschlichen Faktor". Obwohl die Technologie der Anlage als unabdingbare Voraussetzung betrachtet werden kann, ohne die diese Anwendung einfach nicht möglich wäre, liegt es auf der Hand, daß die Meßgeräte aufgrund der sehr harten Betriebsbedingungen nicht einfach

installiert werden und dann in Vergessenheit geraten dürfen. Früher oder später ist es erforderlich, minimale Wartung zu betreiben, d.h. die Instrumente zu reinigen. Angemessene Technologie und spezifisches Anwendungs-Know-How können dieses Erfordernis stark reduzieren. Es ist jedoch wichtig, daß die Bedienkräfte der Maschine von Anfang an und schon bei der Inbetriebnahme auf die Reinigung und Wartung des Meßgeräts aufmerksam gemacht und entsprechend eingewiesen werden, um schon im Voraus mögliche Probleme zu verhindern, die anderenfalls die Gesamtsystemleistung beeinträchtigen würden. Darüber hinaus empfehlen wir, formelle Verfahrensweisen festzulegen, in denen der Zeitplan und die Verantwortung periodischer Wartung dargelegt sind. Nur auf diese Weise wird es möglich sein, die Investition optimal zu nutzen und vollen Erfolg sicherzustellen.

#### **4 – Die neuesten Verbesserungen**

Obwohl die meisten Anwendungen auf Trockenziehmaschinen im Laufe der letzten Jahre unter Verwendung des erwähnten pneumatischen Schutzes und geeigneter Reinigungspläne erfolgreich gelaufen sind, erwiesen sich einige Fälle als besonders kritisch. In derartigen Situationen verkürzte sich - wegen des synergetischen Zusammentreffens negativer Faktoren wie hohe Geschwindigkeit und großer Durchmesser des Drahts oder die Art von Maschine oder schlechte Drahtführung oder eine ungünstige Positionierung des Meßgeräts - das Reinigungsintervall auf nur ein paar

Stunden. In diesen Fällen drängten uns die Kunden natürlich, eine wirksamere Lösung zu finden, um die Widerstandsfähigkeit des Systems gegen Staub zu verbessern und die Reinigungserfordernisse zu verringern. Eine sorgfältige Feldanalyse dieser kritischen Anwendungen warf einige schwache Punkte und Einschränkungen des laufenden Schutzsystems auf.

- Der Luftblasring des 'stromaufwärts' vom Meßgerät installierten Luftblasrings war nicht in der Lage, 100% des durch den Draht gebildeten Staubs wegzublasen - insbesondere, wenn die Ziehgeschwindigkeit auf mehr als 15 - 20 m/s erhöht wurde.
- Die aus den Buchsen der Halterung austretende Luft war - obwohl angemessen, um den unablässigen Strom von Staub daran zu hindern, das Meßgerät zu verschmutzen - nicht ausreichend, um alle hochschnellen Seife- und Stahlpartikel wegzublasen, die am Luftblasring vorbeiströmten. Darüber hinaus führten die hohe Frequenz und Amplitude der Drahtvibration manchmal dazu, daß sich einige Stahlpartikel knapp innerhalb der Halterung ablösten.
- Aufgrund einiger zusätzlicher Faktoren, wie die vom Luftgebläse erzeugte Luftturbulenz bzw. die Wartung der Maschine nach einem Drahtbruch, war es möglich, daß Staub in die Halterung eintreten konnte.

Alle o.e. Faktoren ermöglichten die fortschreitende Ansammlung von Staub auf den optischen Fenstern des Meßgeräts, da die



**Online-Durchmessermessung von Eisendraht auf Trockenziehbänken:  
Wie Lasermessgeräte in diesem äusserst anspruchsvollen Umfeld ihre Aufgabe erfüllen können.**

Halterungsgeometrie nicht darauf ausgelegt war, den Staub entsprechend zu entfernen. Die Geschwindigkeit der Staubanhäufung richtete sich natürlich nach den Betriebsmerkmalen und der Installation des Meßgeräts, die allerdings früher oder später das Erblinden des Meßgeräts und letztendlich die Notwendigkeit der Reinigung des Systems bewirken würden. Um diese Unannehmlichkeiten zu überwinden, wurde letztes Jahr ein besseres Schutzsystem entwickelt und in Anwendungen erfolgreich getestet, die zuvor als "kritisch" eingestuft worden wären.

- Es ist ein neuer Luftblasring eingeführt worden, der sich auf den Venturi-Effekt stützt. Die sich daraus ergebende Luftgeschwindigkeit und die Gesamteffizienz bei der Reinigung des Drahts und Aufhaltung des Staubs ist

verbessert worden, während der Druckluftverbrauch gleichzeitig reduziert werden konnte.

- Die Halterung wurde neu konstruiert und umfaßt jetzt eine selbstreinigende Einrichtung: In der Halterung selbst wird die aus dem Gebläse austretende Luft so gelenkt, daß sie tangential zu den Glasfenstern des Meßgeräts strömt, wodurch der angehäuften Staub im Verhältnis zur Richtung des Drahts stromabwärts weggeblasen wird. Alle anderen Einrichtungen, die die Nutzung dieser Art von Einrichtung so einfach und wirksam machten, sind unverändert geblieben (Abb. 7).

Ein ausgiebiger, im Feld, in einer echten Fabrik-situation ausgeführter Test (s. Abb. 4) hat sofort ausgezeichnete Leistungen erbracht, die selbst unsere optimistischsten Erwartungen weit übertrafen!

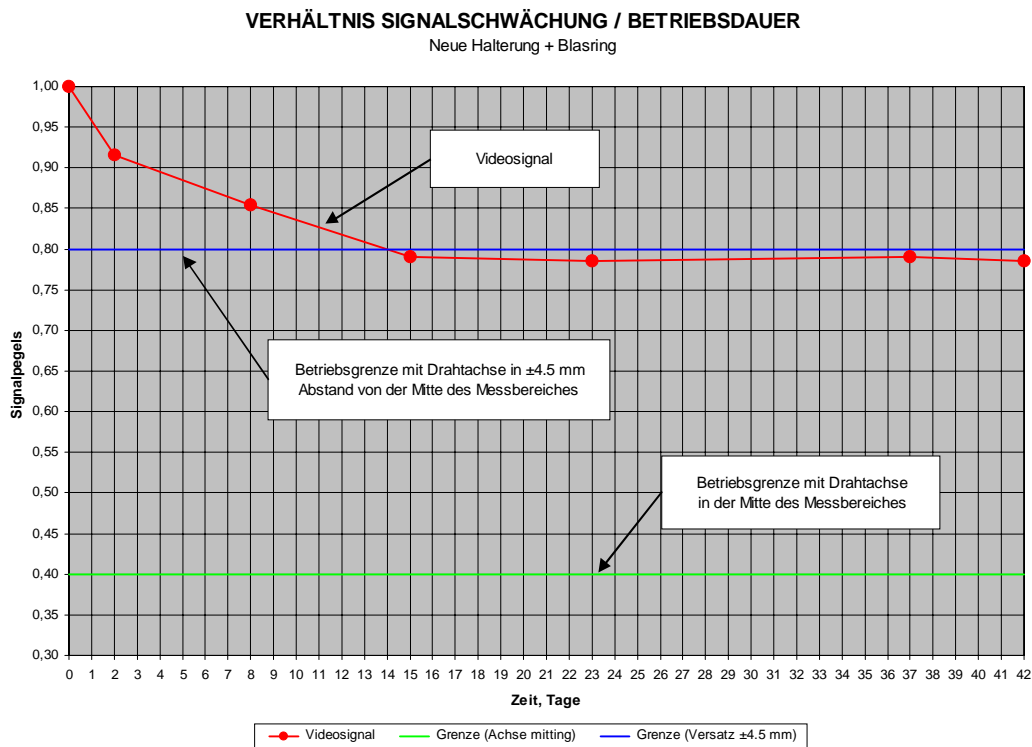


Abb. 7: Einsatz des Modells ALS13XY ergänzt durch den neun "selbstreinigenden" Schutz.

**Online-Durchmessermessung von Eisendraht auf Trockenziehbänken:  
Wie Lasermessgeräte in diesem äusserst anspruchsvollen Umfeld ihre Aufgabe erfüllen können.**

Das System funktionierte während des gesamten Prüfungszeitraums ordnungsgemäß ohne Reinigung: 43 Tage ununterbrochener Online-Betrieb! Das Interessanteste daran ist aber die Tatsache, daß die Aufzeichnung des Videosignals im Verhältnis zur Zeit (Abb. 8) ganz eindeutig zeigt, wie sich der Verschmutzungsgrad der Fenster nach dem Einschaltstoß auf einen für das Meßgerät akzeptablen Wert einpegelt, das weiterhin gute Leistungen erbringt. Das bedeutet, daß das Selbstreinigungs-konzept funktioniert und das System möglicherweise noch viel länger - vielleicht sogar auf unbegrenzte Zeit - so weiterlaufen würde, bis ein Zufallsereignis eintritt, das das

System möglicherweise zum Stillstand bringt und eine Reinigung erforderlich macht. Eine erste Staubschicht bildet sich und bleibt am Glas haften, was vom Meßgerät jedoch dank seiner optischen und elektronischen Konstruktion toleriert werden kann. Weiterer Staub kann die Verschmutzung nicht verschlimmern, da er laufend von der einströmenden Luft weggeblasen wird. Davon abgesehen ist eine Art von Staub-Staub-Schmiereffekt beobachtet worden, der es leicht macht, die Seifenpartikel von der ersten am Glas haftenden Schicht zu entfernen, solange ein angemessener Luftstrom verwendet wird.



**Abb. 8: Das Diagramm zeigt den Verlauf des Videosignalpegels während der Betriebszeit. Während des Tests war keine Reinigung erforderlich. Hier wurde der neue "selbstreinigende" Schutz eingesetzt**

## 5 - Schlussfolgerungen

Dank bemerkenswerter spezifischer Kenntnisse der Drahtindustrie, welche sich aus umfangreichen und fortlaufenden Verbesserungen ableiten, die anhand von Kunden-Feedback angeregt wurden, nimmt Aeroel heute eine führende Stellung unter den Herstellern von Lasermeßgeräten ein, was dazu führt, daß Aeroel in der Lage ist, kontaktfreie Drahtmeßsysteme zu liefern, die sich selbst unter den für Trockenziehmaschinen typischen, sehr harten Online-Betriebsbedingungen als wirksam und zuverlässig erwiesen haben.

## 6 - Bibliographie

A SPIZZAMIGLIO, The continuous measurement of the diameter of the steel wire intended for steel-cord, *Wires & Cables International Conference (Internationale Draht- & Kabelkonferenz) - Florenz 4.-5. Oktober 1995*

## 7 - Anerkennung

Den folgenden Unternehmen gilt unser besonderer Dank:

**Mario Frigerio Spa, Lecco - Italien,**  
Maschinenhersteller, dafür, das man uns gedrängt hat, immer bessere Staubschutzeinrichtungen für Trockenziehmaschinen zu entwickeln.

**ITA Spa, Calolziocorte (Lecco) - Italien ,**  
Stahldrahthersteller, die uns erlaubten, ausgiebige Feldversuche auf ihren Maschinen durchzuführen.