

# Saubere Lösung

Vollautomatische Qualitätsprüfsysteme für Waschmaschinen  
im Vergleich zu konventionellen Messmethoden



Bild 1: Aufbau der MUSA-Prüfstation

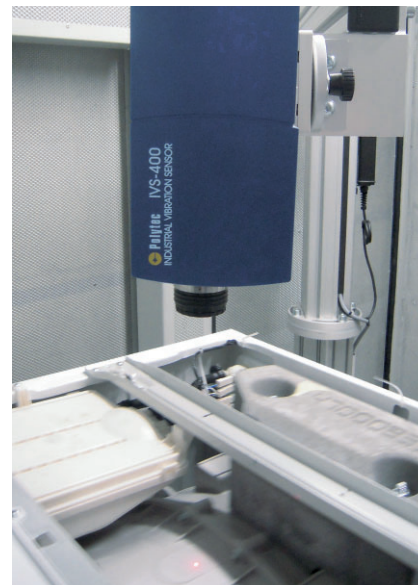


Bild 2: Laservibrometer mit Messpunkt auf der Trommel

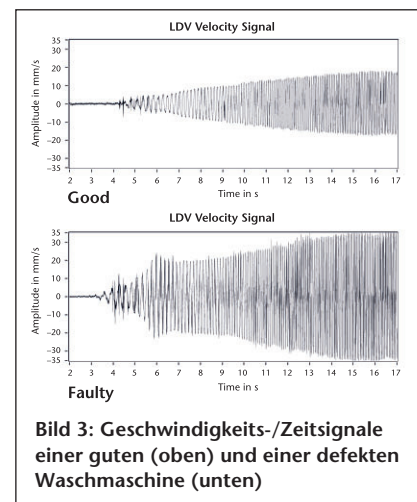


Bild 3: Geschwindigkeits-/Zeitsignale einer guten (oben) und einer defekten Waschmaschine (unten)

Dank enger Zusammenarbeit mit den weltgrößten Herstellern während der letzten 40 Jahre ist die Loccioni-Gruppe anerkannt führend in der Entwicklung automatischer Qualitätsprüfsysteme für Labor und Prozess.

Die MUSA-Prüfstation (Measurement Unit in Sound-proof Area) ist eine schlüsselfertige, vollautomatische Lösung für Schwingungs- und Geräuschprüfungen an Waschmaschinen, die üblicherweise im Labor durchgeführt werden müssen. Da Stichproben an einer zufälligen Aus-

wahl von Systemen keine durchgängig zuverlässige Aussage erlauben, wird ein 100 %-Test der Endprodukte notwendig, um einen hohen Qualitätsstandard sicherzustellen. Schwingungsprüfungen sind bekanntlich zur Unterscheidung von guten und fehlerhaften Produkten gut geeignet, daher kann die Analyse von Schwingungssignalen zur Qualitätsprüfung von Haushaltsgeräten verwendet werden. Die Laservibrometrie ist dabei für Online-Prüfungen, bei denen berührungsfrei gearbeitet werden muss, weithin etabliert.

## MUSA – das System

Dieser Bericht beschreibt eine industrietaugliche Lösung zur Online-Prüfung von Waschmaschinen. Der Einsatz von Laservibrometern und Mikrofonen erlaubt hier eine objektive vibro-akustische Charakterisierung hinsichtlich spezifischer mechanischer Defekte. Das System besteht im Wesentlichen aus

- einer schalldichten Kabine (Bild 1), die einen Umgebungslärm von ca. 35 dB abschirmt und drei simultan laufende Stationen mit folgenden Komponenten enthält:

- drei IVS-400 Industrie-Vibrometer (eines je Station), die einen Messpunkt auf der Trommel radial zur Motorachse erfassen (Bild 2);
- drei Mikrofone (eines je Station) an der Rückseite der Waschmaschine in Richtung des Motors.

Nachdem die drei Waschmaschinen in die Kabine eingelaufen sind, werden sie an den Stationen angehalten und die Kabine schließt sich. Jede Waschmaschine wird in den Schleudergang gebracht und die Signale des Vibrometers und der Mikrofone werden während des Hochlaufs und des Dauerbetriebs simultan erfasst (Bild 3).

Die zentrale Komponente des Systems ist die Signalverarbeitungssoftware mit folgenden Optionen:

1. Berechnung der Drehzahl direkt aus dem Vibrometersignal (Bild 4)
2. Entstörung des Geschwindigkeitssignals (nicht abgebildet)
3. Analyse der Vibrometer- und Mikrofon-signale während des Hochlaufs in der Zeit-/Frequenz-Domäne (Bild 5)
4. Analyse der Vibrometer- und Mikrofon-signale während des Dauerbetriebs in der Frequenz-Domäne (Bild 6)

Sowohl während des Hochlaufs als auch im Dauerbetrieb werden definierte Kennwerte berechnet. Diese Ergebnisse werden mit festen Schwellenwerten für das jeweilige Modell verglichen, um eine Entscheidung über den Status der Maschine zu treffen. Die Gesamtenergie ausgewählter Frequenzbänder lässt sich beispielsweise mit einem spezifischen Defekt am Elektromotor korrelieren. Wie in Bild 7 (links) dargestellt, hängt die Hauptfrequenzlinie bei ca. 20 Hz mit der Drehzahl der Waschmaschine ( $1200 \text{ min}^{-1}$ ) zusammen. Die defekte Maschine erzeugt zusätzliche Frequenzen bei ca. 280 Hz und ca. 560 Hz (Bild 7, rechts). Wie leicht nachzuweisen ist, handelt es sich dabei um Frequenzen des Elektromotors (Grundfrequenz und Harmonische 2. Ordnung). Das Verhältnis der Drehzahlen des Motors und der Trommel ist 13,5. Daraus folgt eine Drehzahl des Motors von  $13,5 \times 1200 \text{ min}^{-1} = 16.200 \text{ min}^{-1}$ , was 270 Hz entspricht.

## Ergebnisse

Die Software wurde in der LabVIEW®-Programmierungsumgebung entwickelt (Bild 8).

Mit Hilfe des Laservibrometers kann das System folgende Defekte erkennen:

1. Lockere oder beschädigte Antriebs-scheibe
2. Lockeres Ausgleichsgewicht
3. Defekter Antriebsriemen (verschmutzt, beschädigt oder kein korrekter Sitz auf der Antriebsscheibe)
4. Defekte Lager
5. Defekte oder fehlende Verbindungsfeder zwischen Maschine und Prüfstand
6. Unwucht in der Maschine
7. Defekter Motor

Das Mikrophon erlaubt im Wesentlichen die Erkennung solcher Defekte, die zwar Lärm erzeugen, aber nicht stark genug sind, um Schwingungen der Maschine zu verursachen. Das kann ein Kabel sein, das an der Antriebsscheibe scheuert, oder loses Material z.B. eine Schraube in der Trommel.

## Schlussfolgerung

Die hier beschriebene Lösung zeigt, wie die Kombination aus Sensorik und einer geeigneten Datenerfassung sowie angepasster Algorithmen zur Mustererkennung erfolgreich zur Diagnose mechanischer Defekte an Waschmaschinen in der Fertigungslinie eingesetzt werden kann. Spezielle Kennwerte werden herangezogen, um subjektive menschliche Prüfungen durch eine objektive Bewertung der Produktqualität zu ersetzen. Insbesondere die Laservibrometrie ermöglicht es, einen Großteil der mechanischen Defekte an einer Waschmaschine zu erkennen.

### Autoren · Kontakt

Barbara Torcianti, Cristina Cristalli,  
Gianluca Agostinelli, Enrico Concettoni  
[b.torcianti@loccioni.com](mailto:b.torcianti@loccioni.com)

Loccioni Group  
I-60030 Angeli di Rosora, Italien  
[www.loccioni.com](http://www.loccioni.com)

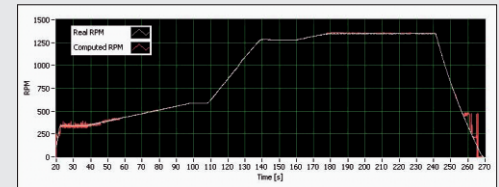


Bild 4: Berechnung der Drehzahl aus dem Vibrometersignal

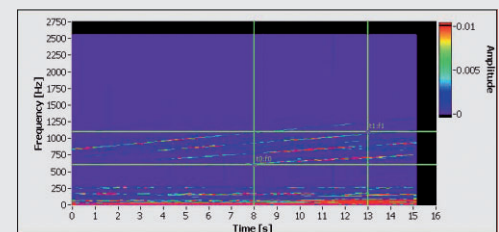


Bild 5: STFT des Geschwindigkeitssignals einer einwandfreien Waschmaschine

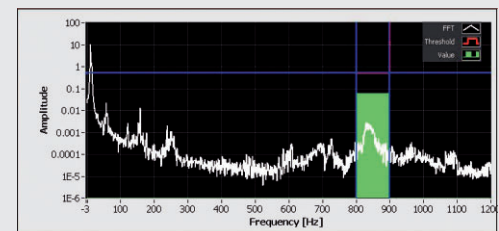


Bild 6: FFT des Geschwindigkeitssignals einer einwandfreien Waschmaschine

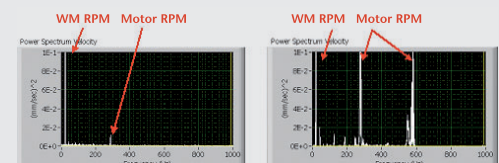


Bild 7: Leistungsspektrum des Geschwindigkeitssignals einer guten (links) und defekten Waschmaschine (rechts)

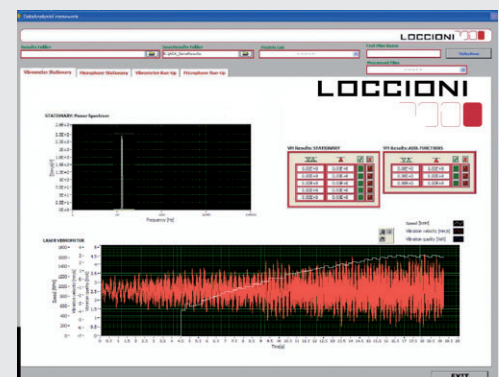


Bild 8: Bildschirmanzeige des Schwingungsprüfstands