

Wir integrieren innovative Software-Technologien und Methoden der „Maschinellen Intelligenz“ in die industrielle Produktion

## Automatische Vermessung

kontaktlose Bestimmung von 3D Oberflächenmodellen in der Produktionslinie  
Längen, Durchmesser, Rundheit, Zylindrizität, Konturform, Volumen

### HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Nach wie vor stellt eine durchgängige effiziente 100% Qualitätskontrolle in vielen Industriezweigen eine große Herausforderung dar, und sie gewinnt hinsichtlich einer lückenlosen Dokumentation und verlässlichen Qualitätssicherung immer mehr an Bedeutung.

Die Firma Systemforschung bietet kontaktlose Messanlagen an, mit denen die Einhaltung der Fertigungsmaße und -toleranzen direkt in der Fertigungslinie überwacht und dokumentiert wird.

Ein Beispiel ist die automatische Vermessung von Eisenbahnrädern direkt in der Fertigungslinie. In gleicher Weise können auch Achsen und komplette Radsätze geprüft werden, sogar in heißem Zustand.

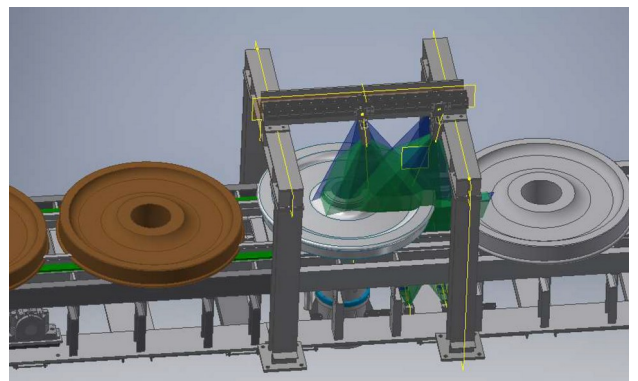
### ANFORDERUNGEN

Vermessung unterschiedlicher Typen von Eisenbahnrädern, von der Straßenbahn über Güterzüge bis zum Hochgeschwindigkeitszug. Gemessen wird in der Prüflinie für 100% Härteprüfung, Ultraschall- und Oberflächeninspektion.

- Rad-Durchmesser: 700 – 1350 mm
- Nabenlänge: 150-250mm
- Gewicht: 200 – 800 kg
- Taktzeit: 72 Sekunden
- Genauigkeit  $\pm 0,05$ mm
- Messungen: Durchmesser, Längen, Radien, Dicken, Rundlauf, Zylindrizität, Höhenschlag, Seitenschlag, Konturform.
- Auflösung: bis 120 Schnitte pro Voldrehung
- Hallentemperatur: 0° - 35°C
- Platzbedarf: < 3m in der Prüflinie
- 100% Dokumentation als Ausdruck
- dauerhafte Archivierung in einer Datenbank zur Rückverfolgung und statistischen Auswertung

### LÖSUNGSKONZEPT

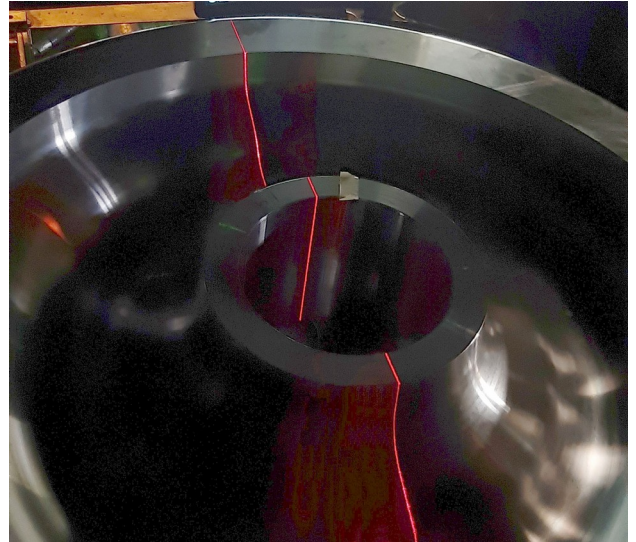
**Mechanische Konstruktion:** Der Kettenförderer der Prüflinie wird durch eine Messkabine überbaut., zum Schutz der Messgeräte vor externen Staub-, Temperatur- und Lichteinflüssen. Einlass- und Auslassöffnungen sind mit Lamellenvorhängen geschützt. In der Prüfkabine hebt ein Hydraulikzylinder mit Spannfutter das auf dem Kettenförderer liegende Rad aus und dreht es um 360° um die Radachse.



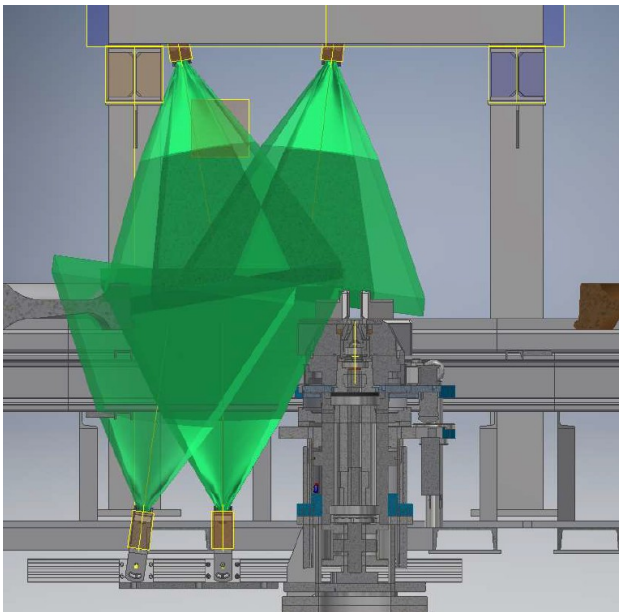
Messanlage, integriert in die Prüflinie, gezeichnet ohne Schutzkabine

Während der Drehung nehmen 4 hochauflösende 3D Laserscanner ein Volumenmodell von der Oberfläche auf. Diese Messung wird in einer zweiten Drehung mit versetztem Spannfutter wiederholt, damit die Greiferpositionen keine ungeprüften Stellen hinterlassen. Danach wird das Rad wieder auf den Kettenförderer abgesenkt und zum Weitertransport freigegeben.

**Klimatisierung:** Die Kabine ist mit einer Wärmedämmung und einem 2-Wege Klimasystem versehen, um die Innentemperatur konstant zu halten. Die angemessene Luftführung sorgt dafür, dass die Einlass- und Auslassöffnungen die Temperaturbalance nur begrenzt beeinflussen. Zudem wird die Temperatur des Prüfgutes über Infrarotsensoren erfasst.



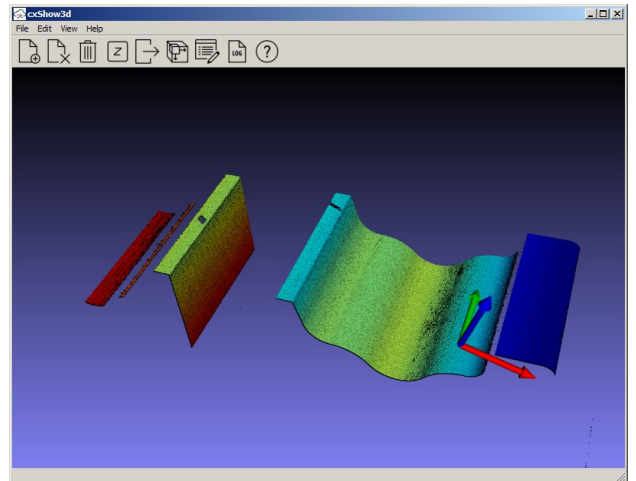
*Blick in die Kabine während des Messvorgangs. Die Laserlinien der einzelnen Kameras scannen in schnellem Wechsel die Oberfläche während der Drehung.*



*Seitenansicht: Blickperspektiven der Kameras (grün skizziert) und Hydraulik- Drehzylinder mit Spannfutter*

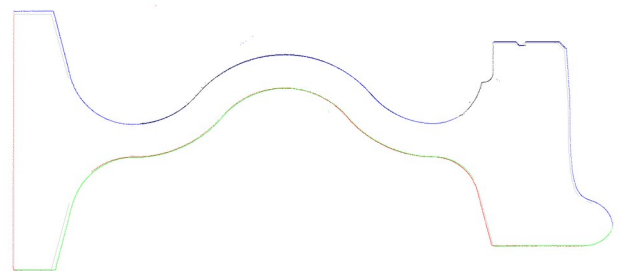
**Prüfablauf:** Vor Beginn der Prüfung erhält das System von der übergeordneten Steuerung der Prüflinie den Radtyp und das Freigabesignal, wenn der Prüfling in Position liegt. Sodann wird das Rad aus dem Kettenförderer gehoben, gedreht und der Winkel von einem Drehgeber verfolgt. Dann wird das Rad auf den Förderer abgesenkt, das Spannfutter um 60° gedreht und in einem zweiten Lauf sind nun die bisher verdeckten Bereiche der Unterseite sichtbar.

Während der 360° Drehung erzeugt jede Kamera aus ca. 3000 Scans ein 3D-Modell der abgewickelten Oberfläche aus ihrer Perspektive. Das Datenmaterial reicht aus, um das unvermeidliche Messrauschen effektiv zu reduzieren, so dass valide Messungen auf dem Modell möglich sind. Die Kameras sind so ausgerichtet, dass bei jeder Radgröße alle Bereiche des Querschnitts von zumindest einer Kamera mit günstigem Blickwinkel erfasst werden.



*Abwicklung der Radoberfläche aus Sicht einer der vier Perspektiven*

Diese Modelle aus 4 Perspektiven werden in ein gemeinsames Koordinatensystem transformiert, so dass in diesem 3D-Radmodell beliebige Messungen ausgewertet werden können, auch zur 180° gegenüberliegenden Seite.



*Schnitt durch eine Radseite nach dem ersten Drehprozess. Die Zeichnung ist grau hinterlegt und die Messpunkte aus vier Perspektiven sind jeweils farblich unterschiedlich darübergelegt. Man sieht, das Rad hat noch Übermaß, da für die anschließende Feinbearbeitung noch Material benötigt wird.*

# BETRIEB DER ANLAGE

**Kommunikation, IT-Integration:** Das Prüfsystem erfährt automatisch aus der Steuerung der Prüflinie den Radtyp und kann auf die hinterlegten Zeichnungsdaten und Messvorschriften zurückgreifen. Der Ablauf des Messprozesses erfolgt vollautomatisch, die Messvorschriften werden ausgewertet und in einer Datenbank dokumentiert.

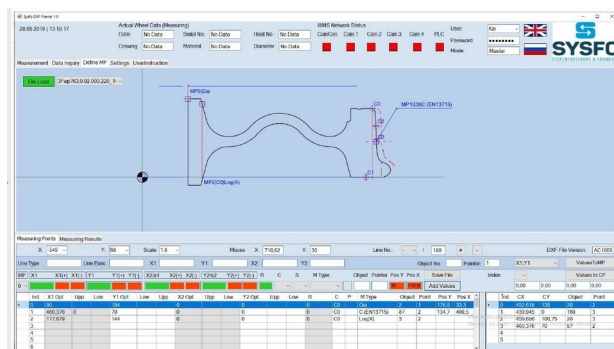
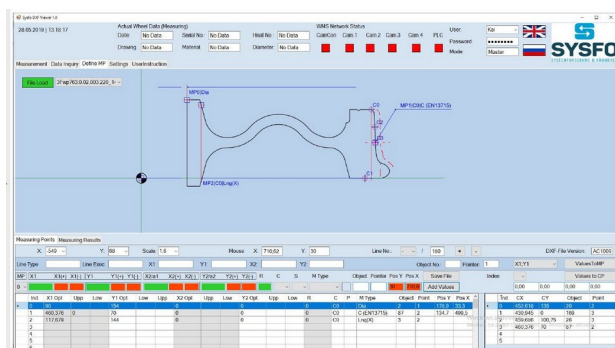
Über das HMI (Human Machine Interface) kann der Benutzer in verschiedenen passwortgeschützten Bereichen auf das Messsystem und seine Parameter zugreifen.

Diese Software besteht aus drei Hauptkomponenten:

- *WheelMeasControl* ist verantwortlich für die Ablaufkontrolle des Messprozesses
- *WheelDataResearchCenter* ermöglicht den Zugriff auf alle gemessenen Daten und Statistiken
- *WheelIMPCreator* ermöglicht die komfortable Einrichtung neuer Radtypen

Die Software kann auf WIN7- und Win10-PCs installiert werden (Betriebssystem WIN7, WIN10 unterstützt).

In den Übersichten des *WheelDataResearchCenter* können statistische Auswertungen in Tabellenform und Schnittansichten auf dem Terminal abgerufen werden und stehen als Ausdrucke zum Abrufen zur Verfügung. Alle Daten werden auf einem zentralen Datenbankserver gespeichert und mit Daten aus einem vorhandenen Materialflusssystem verglichen und in dieses integriert. Dies bedeutet, dass auch Statistiken zu bestimmten Schichten, Chargen und Kunden verfügbar sind, sodass jederzeit Transparenz über die Qualität des Produktionsprozesses geschaffen und Schwachstellen in der Produktion schnell erkannt werden können.



*Einrichtung eines neuen Radtyps am Terminal. Jede Messvorschrift spezifiziert der Bediener, indem er dazu Zeichnungselemente aus der darüber dargestellten Bauteilzeichnung per Mausklick auswählt.*

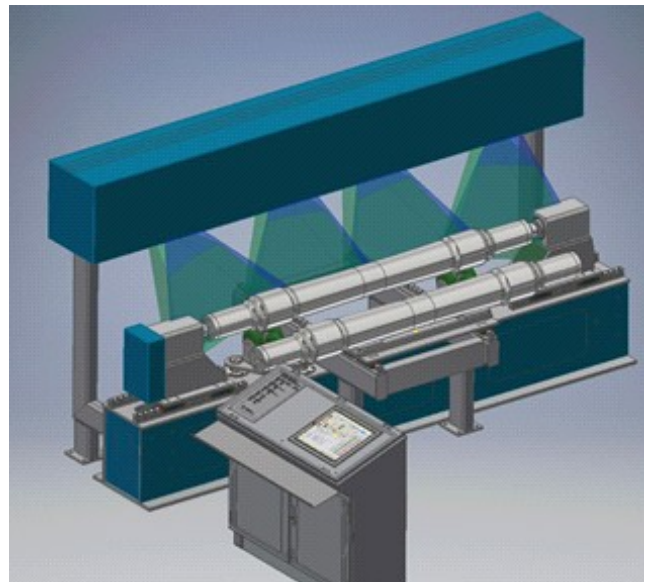
**Bedienung und Einrichtung:** Für jeden Radtyp ist einmalig eine Messvorschrift zu hinterlegen. Dazu stellt die Firma Systemforschung eine intuitiv bedienbare Konfigurationssoftware bereit. In der DXF-Zeichnungsansicht können die einzelnen Messvorschriften per Mausklick mit den entsprechenden Konturelementen verbunden werden. Zusammen mit den Toleranzen werden die Vorschriften in einer Liste zur Zeichnung archiviert.

Jede Messvorschrift erzeugt beim Messvorgang eine Zeile in der Übersichtstabelle, aus der die Einhaltung der Toleranzen, die Extrema der Abweichung mit Winkelposition, Mittelwert und Standardabweichung ersichtlich sind. Auch der Messwertverlauf über die Winkelposition kann dargestellt werden, sowie die einzelnen Schnittbilder.

**Kalibrierung:** Wie bei jedem hochwertigen Messsystem ist eine Kalibrierung regelmäßig durchzuführen. Dazu gibt es einen exakt vermessenen Kalibrierkörper, der anstelle eines Rades in die Anlage gefahren wird und ein Kalibrierprogramm, mit dem eine Reihe von Messungen damit durchgeführt werden. Anschließend optimiert die Software automatisch die Einstellparameter der Anlage, so dass die bestmögliche Messgenauigkeit erreicht wird.

## ACHSVERMESSUNG

Das Lichtschnittverfahren ermöglicht zuverlässige, präzise Tiefenmessungen und Konturprüfungen durch mathematische Auswertung der Bilddaten. Dieses berührungslose optische Messsystem (Lasertriangulation) wird auch für eine hochauflösende 3D-Achseninspektion verwendet.



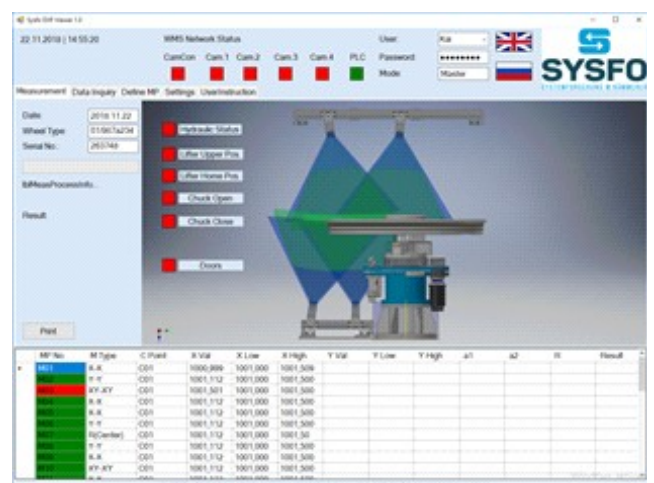
*Achsmesstation mit pneumatischem Positioniertisch und Bedienfeld vor Ort (ohne Schutzgehäuse)*

Die erforderliche Positioniergenauigkeit beträgt in der X- und Y-Achse am pneumatischen Zuführtisch (Anwendungsort) nur ca. + -50 mm.

Zwei einstellbare Positionierprismen aus POM dienen zur sicheren Unterstützung der Achse in der Hubeinheit.

Sobald der Messzyklus gestartet wird (durch die SPS des Bedieners oder der Förderlinie), transportiert der pneumatische Zuführtisch die Achse in die Hubposition der Prismenwalzeneinheit. Diese wird durch Gewindestangen angetrieben.

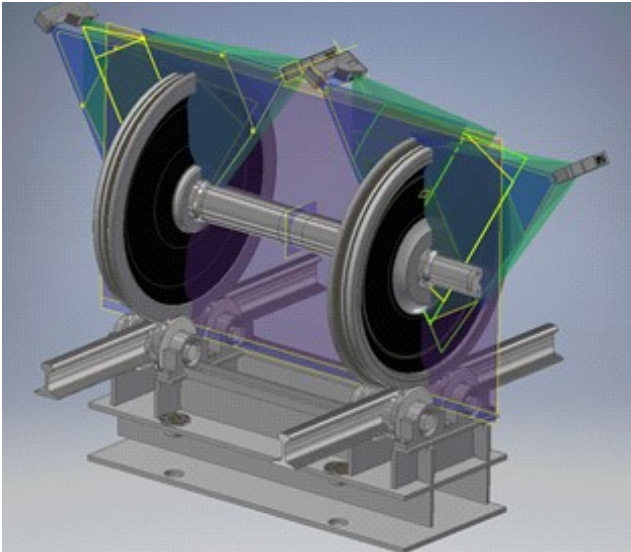
Dies ermöglicht es, die Achse in Z-Richtung mit einer Genauigkeit von 0 / 0,05 mm auf genaues Z-Niveau zu positionieren. Jetzt klemmen die beiden Drehstützen (angetrieben vom Hydraulikzylinder) die Achse in Mittelstellung. Jetzt beginnt der Messzyklus, während sich die Achse langsam dreht.



*Messergebnisse und der aktuelle „Status“ des Messsystems, hier Visualisierung für Räder*

# MESSUNG EINES KOMPLETTEN RADSATZES

Darüber hinaus kann die Lasertriangulations-technologie komplette zusammengebaute Radsätze in einem Rollenprisma bewerten.



## *Komplette Radsätze messen*

Für beide Räder werden Synchronlauf, Zylindrizität, Rundlauf, Seitenschlag und Konturform innerhalb einer Umdrehung bewertet.

Mit einer niedrigeren Kameraposition ist es auch möglich, Radsätze zu untersuchen, die in einem Eisenbahnwagen montiert sind. Insbesondere der Verschleiß der Lauffläche kann auf diese Weise überwacht werden.

## FAZIT

Mit modernen kontaktlosen optischen Messverfahren ist eine 100% Prüfung auf Maßhaltigkeit direkt in der Prüflinie möglich. Bei Qualitätsproblemen erfolgt die Rückmeldung zeitnah und die Maßhaltigkeit ist über die gesamte Produktionsmenge belegt und rückverfolgbar dokumentiert. Aufwendige Entnahmen aus dem Prozess zu Stichproben entfallen.

---

## **SYSFO**

Systemforschung M. Kämmerer

Königstrasse 33a • D-53115 Bonn • T +49 (0)228-201 39 0 • F +49 (0)228-229 02 9 • [www.sysfo.de](http://www.sysfo.de)

## **GESCHÄFTSFÜHRUNG**

Dipl. Phys. Martin Kaemmerer • T +49 (0)228-201 39 13 • [kaemmerer@sysfo.de](mailto:kaemmerer@sysfo.de)

## **ENTWICKLUNG**

Dr. Ing. Martin Fritsch • T +49 (0)228-201 39 24 • [mfritsch@sysfo.de](mailto:mfritsch@sysfo.de)

Dipl. Ing. Thomas Krahe • T +49 (0)228-201 39 15 • [tkrahe@sysfo.de](mailto:tkrahe@sysfo.de)