



**METRONOM**  
automation

# Qualitätsdatenrückfluss und Qualitätsdatenmanagement am Beispiel der optischen 3D-Inline-Messtechnik

Holger Wirth

Automatica 2008

- Informationen zum Unternehmen
- Begriffsdefinitionen
- Inline-Messtechnik versus Offline-Messtechnik
- 3D-Inline-Messtechnik in der Automobilindustrie
- Lokale Messzellen mit dezentraler Auswertung
- Zentrale Qualitäts-Datenbank
- Anwendungsspezifische Module
- 3D-Visualisierung
- Zusammenführung von messtechnisch relevanten Daten
- Betrieb / Betreibermodell
- Aktuelle Entwicklungen
- Ziele / Effekte durch Qualitätsdatenrückfluss



## Metronom Automation ...

- ... ist spezialisiert auf die Entwicklung von fertigungsintegrierten Mess- und Auswertesystemen
- ... verfügt über langjährige Erfahrung und Kompetenz in der industriellen Messtechnik
- ... ist in den Branchen Automotive, Railway, Particle Accelerator, General Industry tätig
- ... ist Teil der ISRA Vision Group, einem Global Player in Machine Vision (#1 in Europa)
- ... beschäftigt 20 Ingenieure aus den Bereichen Messtechnik, Informatik, Physik, Elektrotechnik, ...
- ... hat einen Jahresumsatz > 2 Mio. Euro
- ... ist beheimatet in Mainz (nahe Frankfurt/Main)



## Wikipedia:

Die **Messtechnik** befasst sich mit Geräten und Methoden zur Bestimmung (Messung) physikalischer Größen wie beispielsweise Länge, Gewicht, Kraft, Druck, elektrischer Strom, Temperatur oder Zeit.

Wichtige Teilgebiete der **Messtechnik** sind die Entwicklung von Messsystemen und Messmethoden, sowie die Erfassung, Modellierung und Reduktion (Korrektur) von Messabweichungen und unerwünschten Einflüssen.

Dazu gehört auch die Justierung und Kalibrierung von Messgeräten.

Die **Messtechnik** ist in Verbindung mit Steuerungs- und Regelungstechnik eine Voraussetzung der Automatisierungstechnik.

Für die Methoden und Produkte der industriellen Fertigung kennt man den Begriff der **Fertigungsmesstechnik**.

Bei der **3D-Messtechnik** werden typischerweise 3D-Koordinaten im Bauteilkoordinatensystem ermittelt.

Bei der **Inline-Messtechnik** wird das Messsystem in die Fertigungsanlage integriert.

Insbesondere in der Automobilindustrie werden die Messsysteme als sog. Messzellen nach wichtigen, geometrisch relevanten Fügeoperationen im Rohbau im Materialfluss unmittelbar nach der Fertigungsstation angeordnet.

Die Inline-Messtechnik dient zur Messung bzw. Überprüfung aller produzierten Bauteile (100% Kontrolle).

Typischerweise werden optische Sensoren fest in der Anlage montiert oder mittels Industrieroboter am jeweiligen Messort positioniert.

Im Gegensatz dazu steht die **Offline-Messtechnik**, bei der stationäre Koordinatenmessgeräte (KMG) an bestimmten Messplätzen (Messhaus / Messraum) eingerichtet werden und i.d.R. nur Stichprobenmessungen oder spezielle Problemanalysemessungen ausführen.

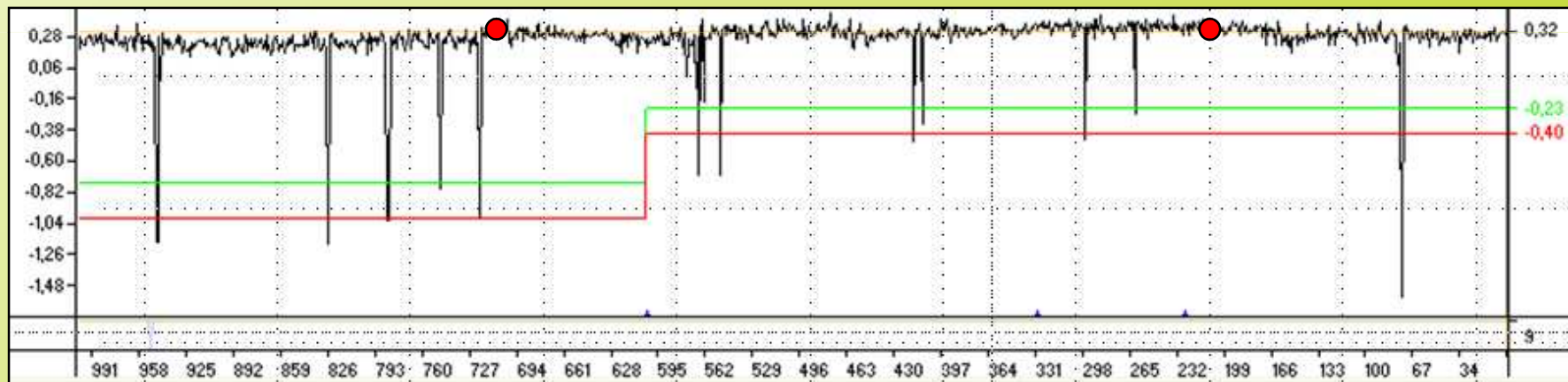
Typischerweise handelt es sich dabei um klassische 3D-Koordinatensysteme mit taktiler Antastung (zukünftig vermehrt auch mit optischer Antastung) in Ständer oder Portalbauweise.

## Inline-Messtechnik versus Offline-Messtechnik

	Vorteile	Nachteile
Inline-Messtechnik  <b>Wenige Messpunkte an vielen Bauteilen !</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sehr schnell</li> <li>- 100%-Kontrolle möglich</li> <li>- Robust gegen Umwelteinflüsse</li> <li>- Transport des Bauteils in die Messanlage automatisiert</li> <li>- Geringe Benutzerabhängigkeit</li> <li>- Hoher Automatisierungsgrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativ unflexibel, da optimiert für wenige Bauteile</li> <li>- Begrenzte Messpunktanzahl, da Einbindung in Produktionstakt</li> <li>- Im Vergleich zur KMG geringere Messgenauigkeit (1/10 mm)</li> <li>- Anerkennung als offizielles Prüfmittel wird oft vernachlässigt</li> </ul>
Offline-Messtechnik  <b>Viele Messpunkte an wenigen Bauteilen !</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sehr erprobte Technik</li> <li>- Anerkanntes Prüfmittel</li> <li>- Sehr flexibel (große Bandbreite an Bauteilen messbar)</li> <li>- z.T. hohe Genauigkeit (<math>\mu\text{m}</math>)</li> <li>- Auch große Messpunktanzahl pro Bauteil möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativ langsam</li> <li>- Meist nur Stichproben möglich</li> <li>- Umgebungsbedingungen kritisch</li> <li>- z.T. geschützter Aufbau notwendig</li> <li>- i.d.R. manueller Transport des Bauteils zum Messsystem</li> <li>- Oft manuelle Bauteilaufspannung</li> </ul>

## Ziele

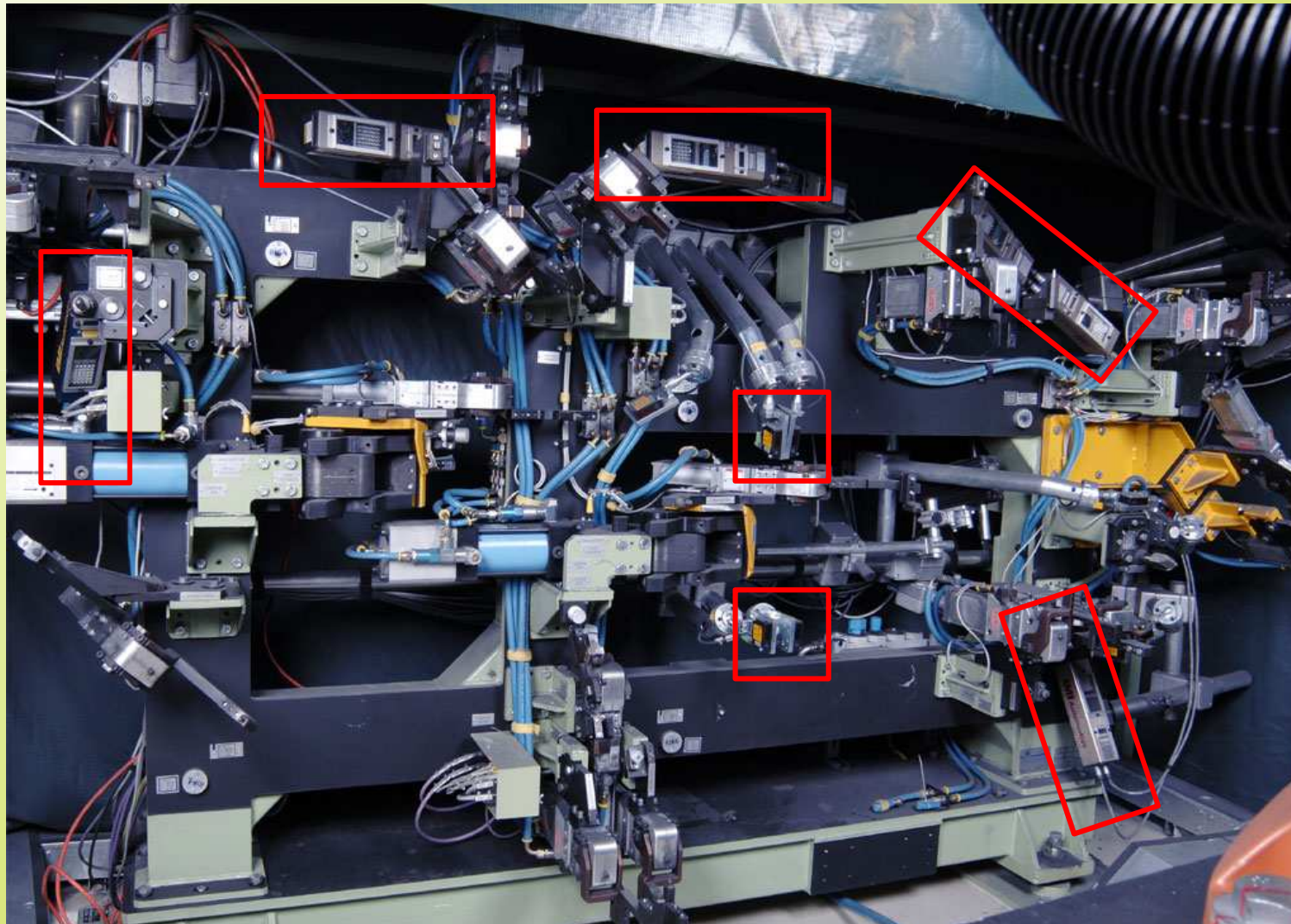
- ... 100%-Kontrolle aller produzierten Teile hinsichtlich Masshaltigkeit
- ... frühzeitige Erkennung von Fehlern
- ... keine Verbauung von N.I.O Bauteilen
- ... besseres Prozessverständnis (Erkennen von Einflüssen auf die Qualität)
- ... kürzere Regelkreise



Durch Stichprobenmessungen können nicht alle Probleme aufgedeckt werden !  
Mit der Inline-Messtechnik werden in der Automobilproduktion bis zu 1.000 Bauteile am Tag geprüft. Die Offline-Messtechnik (●) prüft 1-2 Bauteile am Tag.

## 3D-Inline-Messtechnik - Beispiel 1

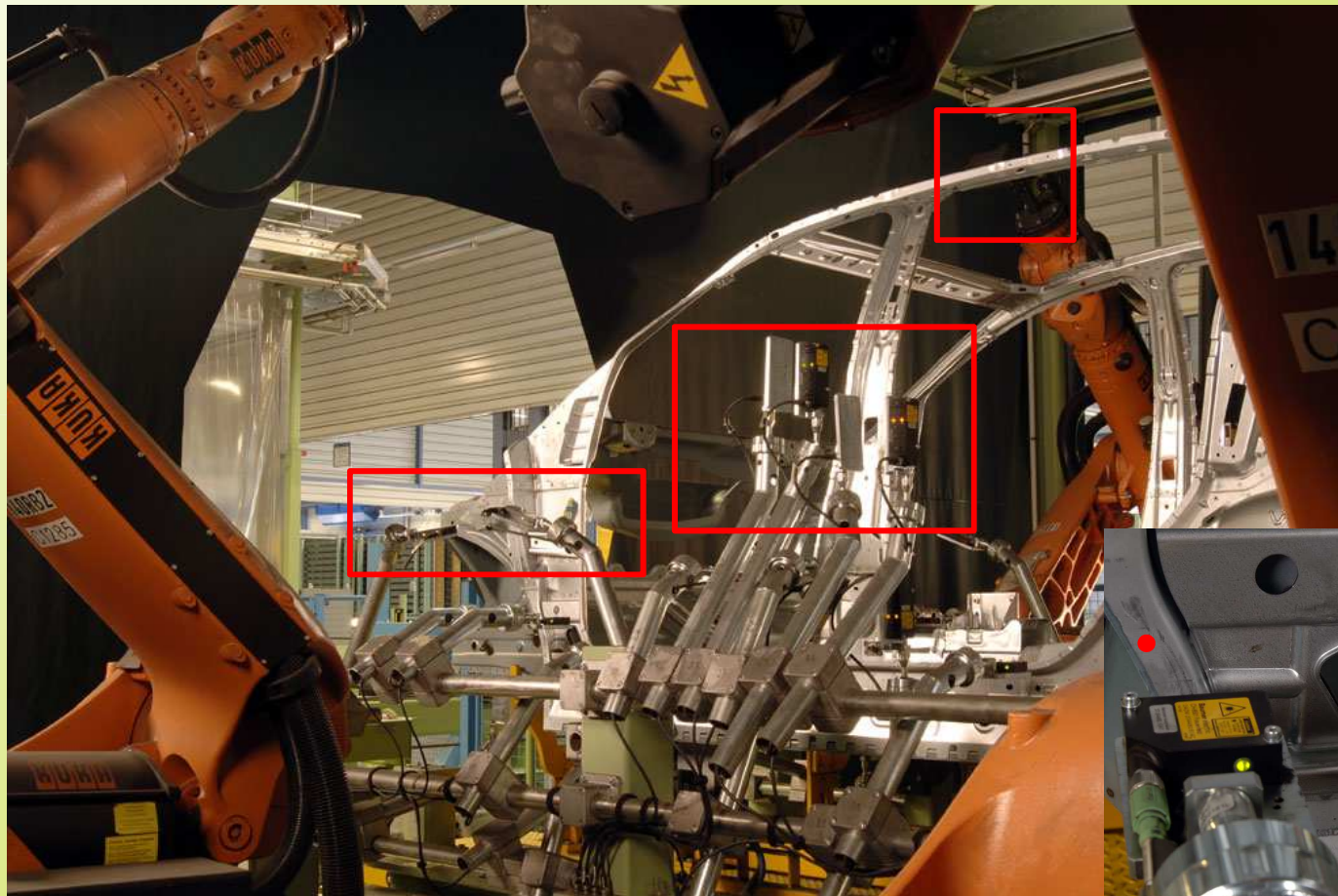
Messtation für Seitenwandteil mit fest installierten optischen Sensoren





## 3D-Inline-Messtechnik - Beispiel 2

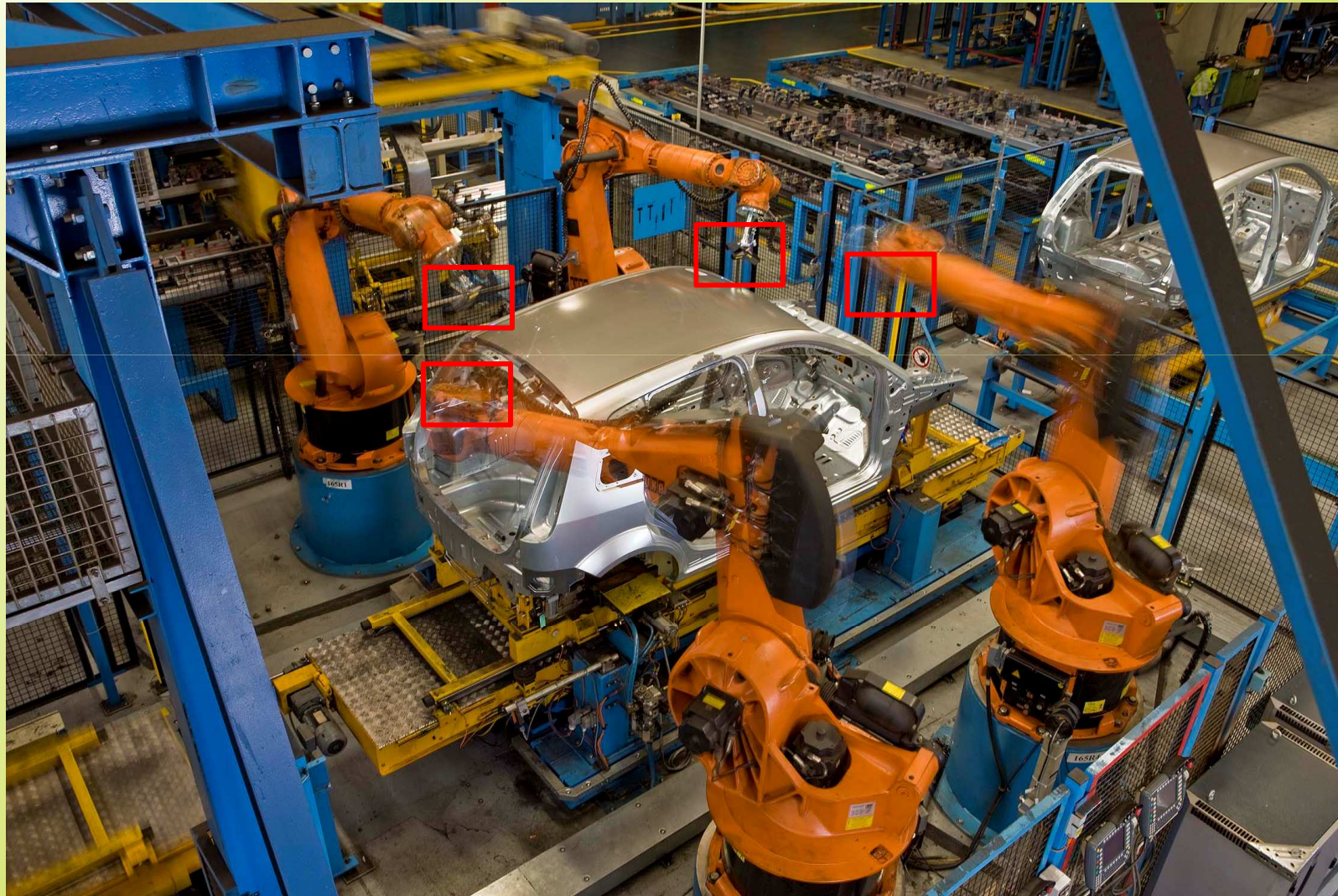
Messtation mit fest installierten optischen Sensoren und Messrobotern



Laserpunktsensoren

## 3D-Inline-Messtechnik - Beispiel 3

Messtation mit vier Messrobotern, bestückt mit jeweils einem optischen Sensor



## Inline-Messtechnik - Messzellenrechner

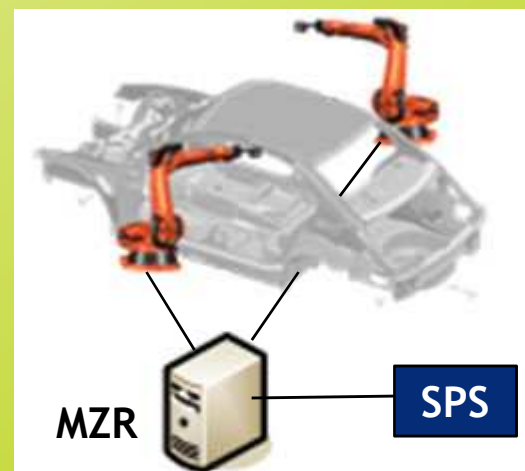
Der Messzellenrechner ist zentraler Bestandteil einer Inline-Messzelle. Er besteht aus einer Hardware (Rechner in PC-Schrank, ...) und einer Software-Komponente.



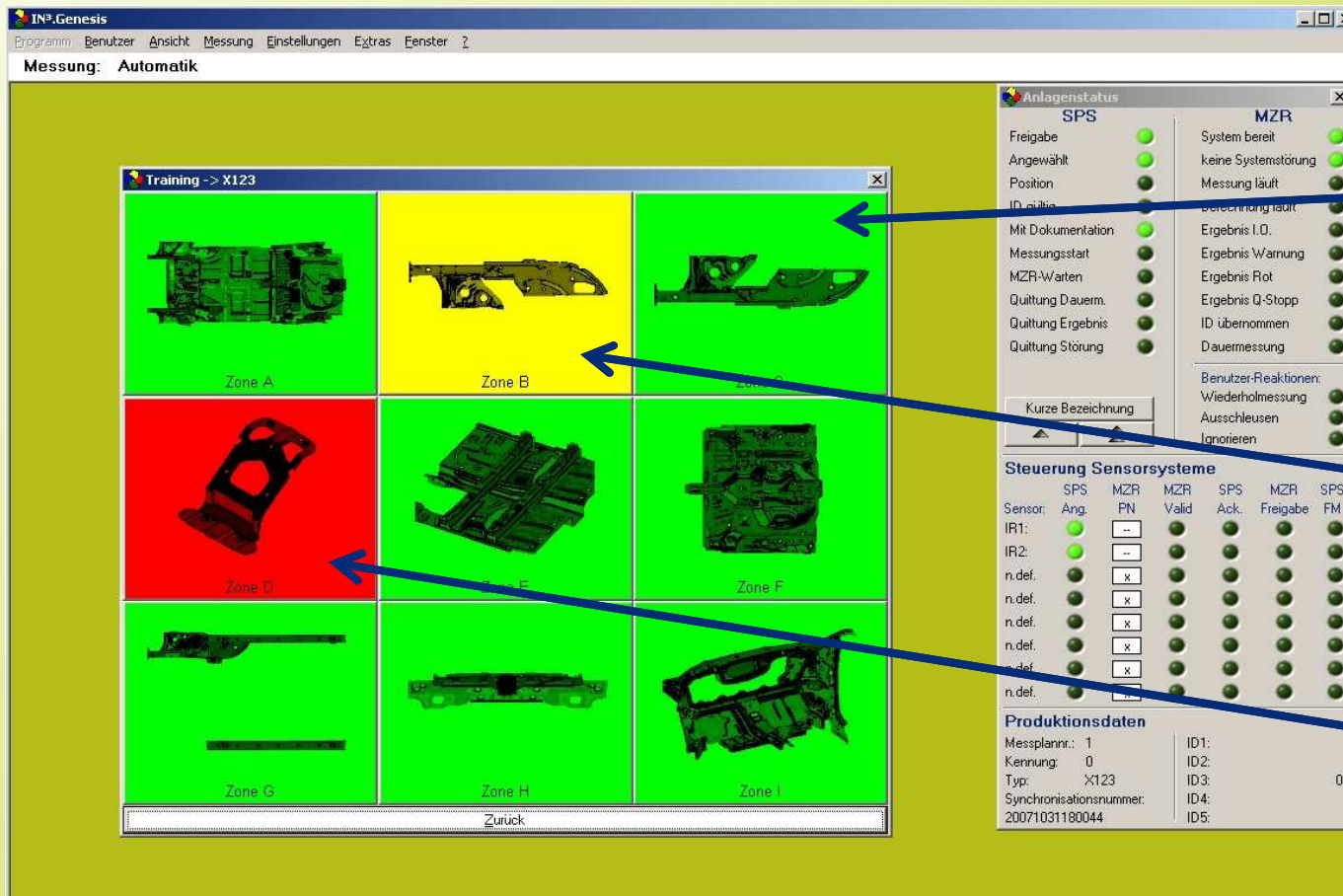
Messzellenrechner mit graphischer Benutzeroberfläche zur direkten Auswertung und Visualisierung der Messergebnisse an der Zelle.

Der Messzellenrechner...

- ... kommuniziert mit allen Sensorsystemen
- ... kommuniziert mit der Anlagen-SPS
- ... steuert den Messablauf
- ... wertet die Messungen aus
- ... visualisiert die Messergebnisse
- ... stoppt ggf. die Produktion
- ... kommuniziert mit der Datenbank (Q-VIS)



# Messzellenrechner - Benutzeroberfläche (1)



The screenshot shows the 'IN³.Genesis' software interface. The main window displays a 3x3 grid of measurement zones labeled 'Zone A' through 'Zone I'. Each zone contains a 3D model of a mechanical part. The background colors of the zones are: Zone A (green), Zone B (yellow), Zone C (green), Zone D (red), Zone E (green), Zone F (green), Zone G (green), Zone H (green), and Zone I (green). A 'Zurück' button is at the bottom of the grid.

On the right side, there is an 'Anlagenstatus' panel with two columns: 'SPS' and 'MZR'. Each column contains several status indicators represented by green circles. Below this is a 'Steuerung Sensordsysteme' table and a 'Produktionsdaten' section.

Sensor:	Ang.	PN	MZR Valid	SPS Ack.	MZR Freigabe	SPS FM
IR1:	<input checked="" type="radio"/>	--	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
IR2:	<input checked="" type="radio"/>	--	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
n.def.	<input checked="" type="radio"/>	x	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
n.def.	<input checked="" type="radio"/>	x	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
n.def.	<input checked="" type="radio"/>	x	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
n.def.	<input checked="" type="radio"/>	x	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
n.def.	<input checked="" type="radio"/>	x	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Produktionsdaten:  
 Messplannr.: 1  
 Kennung: 0  
 Typ: X123  
 Synchronisationsnummer: 20071031180044  
 ID1:  
 ID2:  
 ID3: 0  
 ID4:  
 ID5:

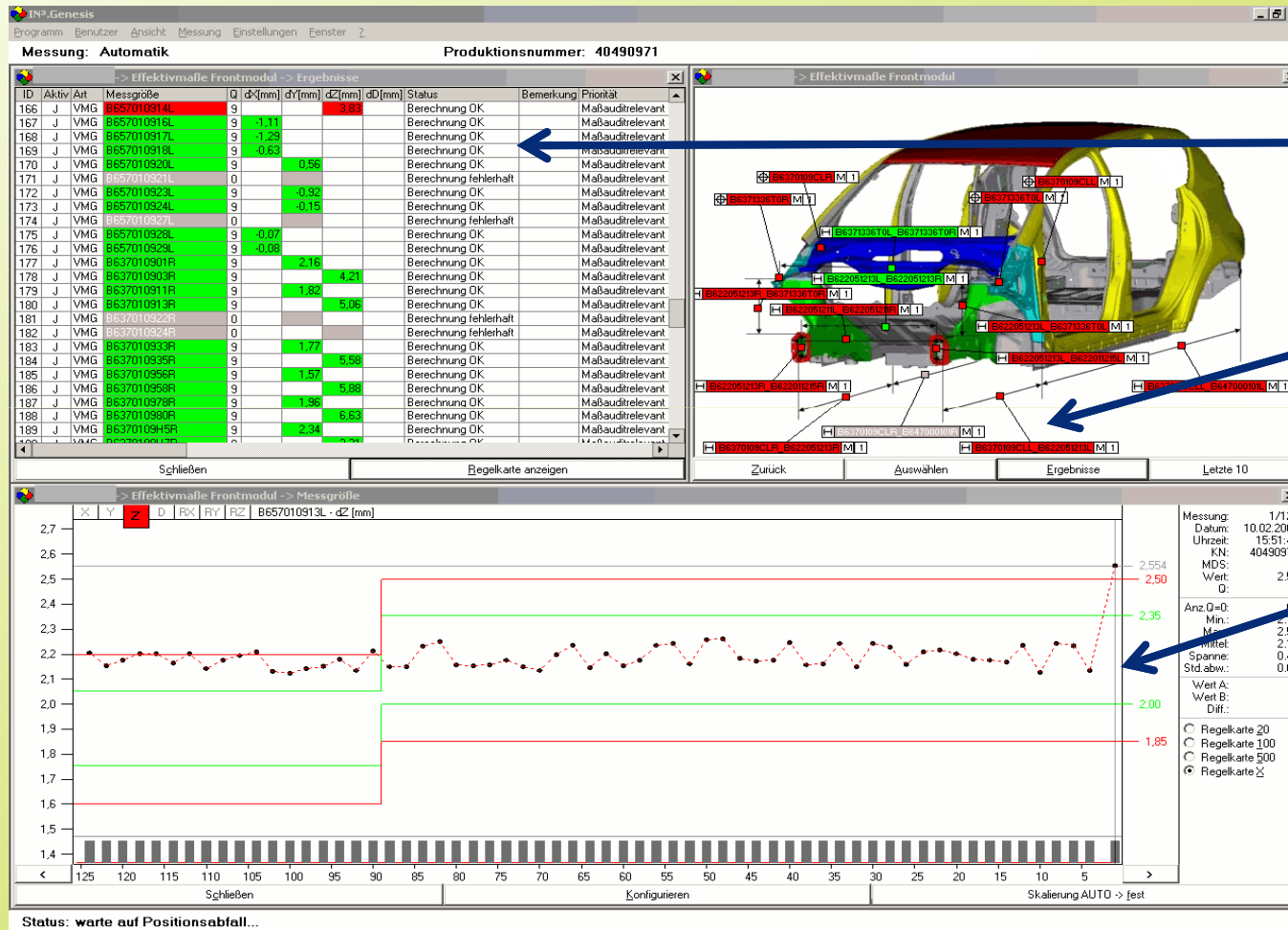
Alle Messpunkte in dieser Messzone sind innerhalb der Toleranz- und Warngrenzen

Mindestens ein Messpunkt überschreitet die Warngrenze (aber nicht die Toleranz)

Mindestens ein Messpunkt überschreitet die Toleranzgrenze

Schneller Zugriff auf Problempunkte durch Kennwertvisualisierung

# Messzellenrechner - Benutzeroberfläche (2)



Messpunkttab-  
weichungen des  
aktuellen Bauteils

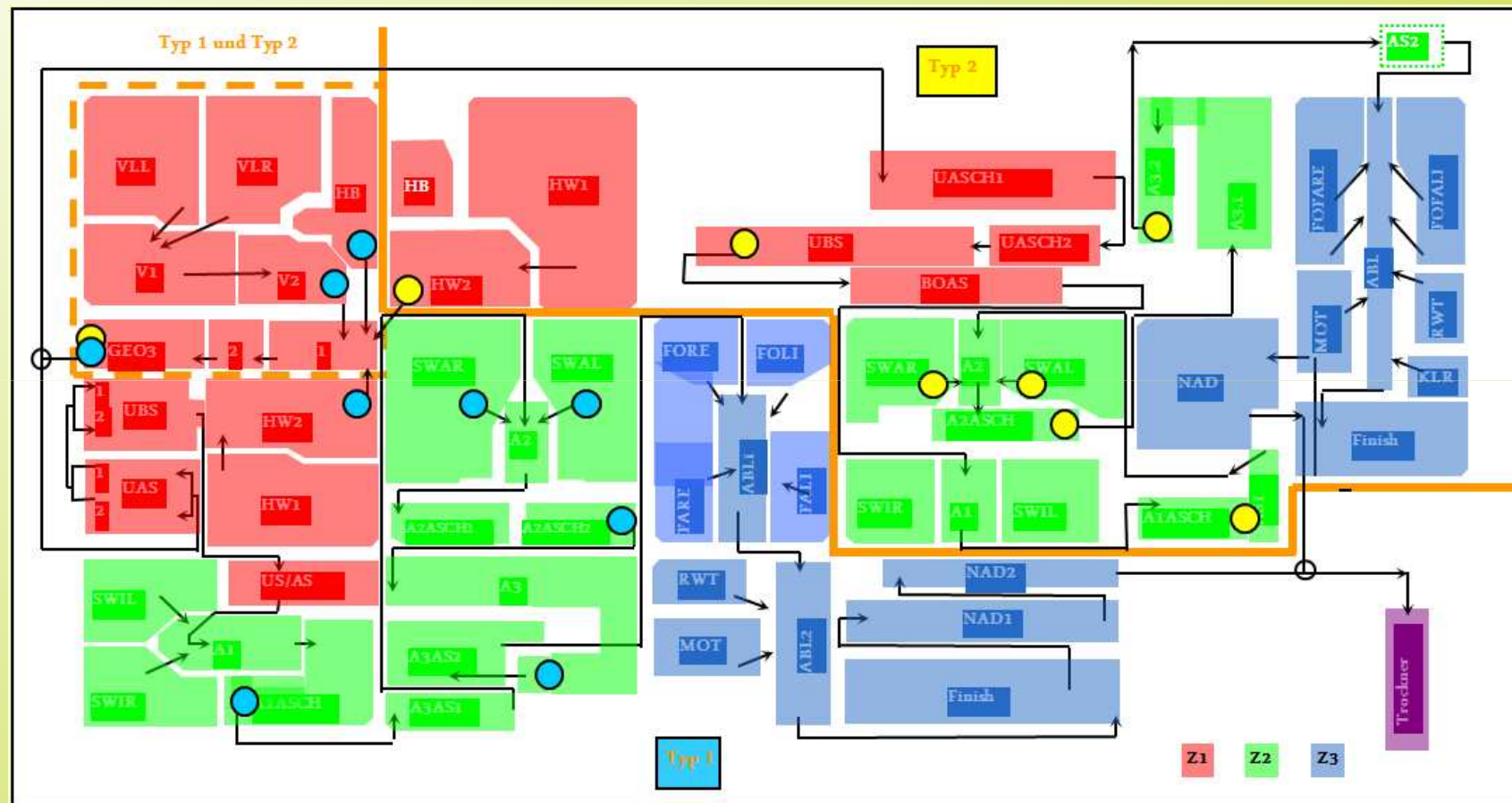
Messpunkt mit  
Status

Regelkarte mit  
Warngrenzen-  
historie

Alle wichtigen Ergebnisse (numerisch/graphisch) auf einen Blick

# Stationssystematik

## Typische Verteilung von Inline-Messtationen im Rohbau eines Automobilherstellers



Anzahl Inline-Messtationen  
 Anzahl Messpunkte  
 Anzahl Messergebnisse pro Tag

	Typ 1	Typ 2	Summe
Anzahl Inline-Messtationen	9	8	17
Anzahl Messpunkte	1.400	1.000	2.400
Anzahl Messergebnisse pro Tag	ca. 800.000	ca. 400.000	ca. 1,2 Mio.

## Inline-Messzellen sichern Produktqualität

Die lokale Messzellensteuerung garantiert, dass kein N.I.O-Bauteil verbaut wird, durch Ausschleusen des N.I.O-Bauteils bei Verletzung einer Toleranzgrenze.

Das ist wichtig, um keine Komplikationen in weiterführenden Prozessen zu bekommen. Greift man nicht ein, ...

... würde möglicherweise der Fehler bei der weiteren Verbauung des Teils einen Folgefehler erzeugen, der erhebliche Produktionsprobleme verursacht.

**Das bedeutet Störung der Produktion !**

... würde z.B. in der Montage erst festgestellt, dass ein Bauteil aufgrund geometrischer Fehler nicht eingebaut werden kann.

**Das bedeutet manuelle Nacharbeit !**

Die Auswertung / Visualisierung der Messergebnisse am Messzellenrechner reicht aus, um die Produktqualität abzusichern. Um das Potential der Inline-Messtechnik wirklich zu nutzen und weiterführende Schlüsse aus der enormen Zahl an Messdaten zu ziehen, bedarf es zusätzlicher spezieller Software-Tools.



## Hohe Anforderungen an die Systemtechnik

Die Inline-Messtechnik stellt hohe Anforderungen an ein zentrales Datenbank- bzw. Auswertesystem.

### Datenvolumen

Die Messsysteme liefern > 1 Mio. Messergebnisse pro Tag, die verarbeitet werden müssen. Die Offline-Messtechnik braucht dafür ein Jahr !

### Frequenz

Die Daten werden im Produktionstakt (ca. 1 min) übertragen, d.h. bei 17 Messzellen müssen jeweils pro Minute ca. 17 komplette Bauteilvermessungen verarbeitet werden.

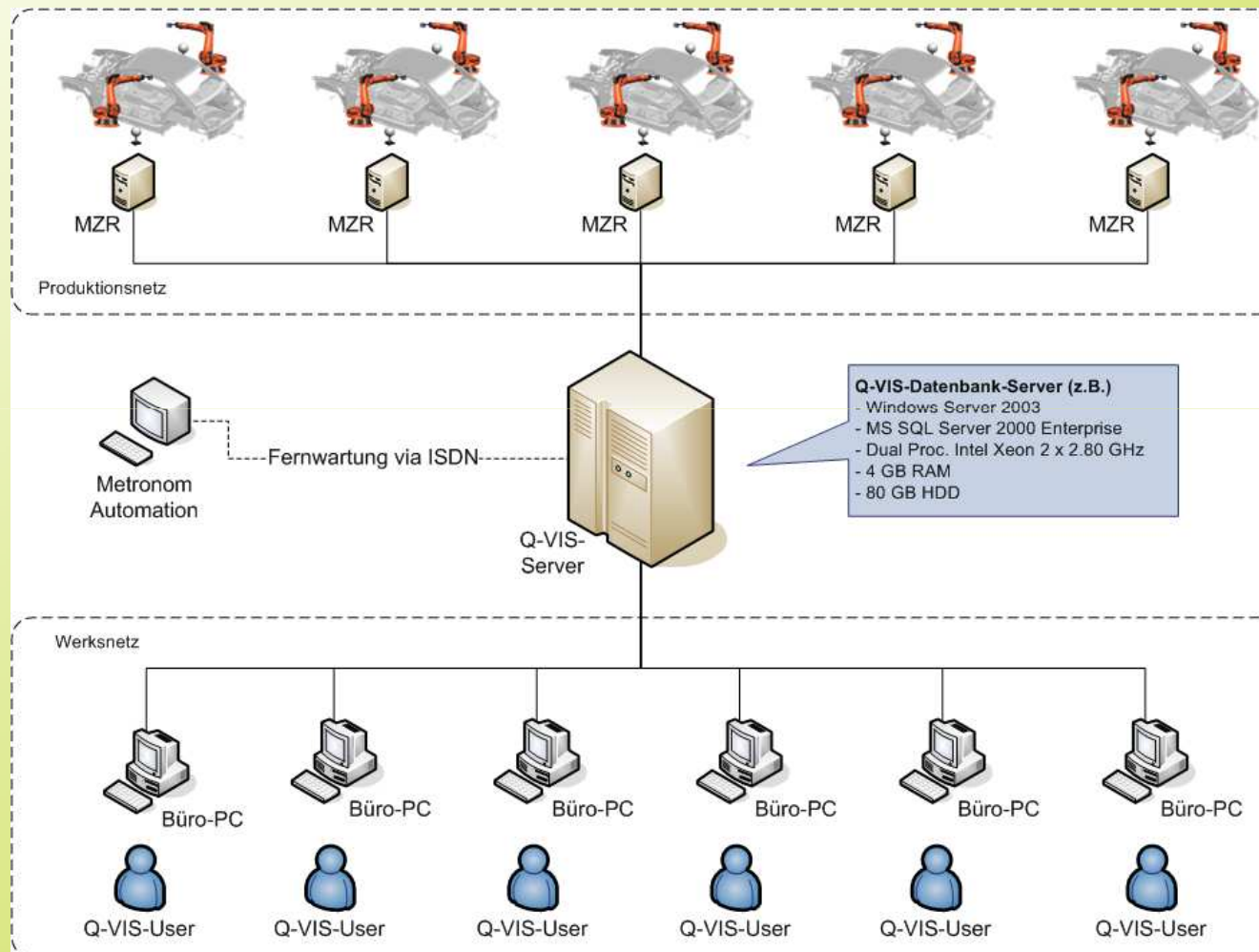
### Performance

Der Anwender will die Messergebnisse möglichst direkt visualisiert bekommen und akzeptiert beim Laden der Messdaten keine großen Wartezeiten (Regelkarte mit 1.000 Messwerten innerhalb einer Sekunde laden).

Diese Anforderungen sind nur durch eine optimierte Aufgabenverteilung zwischen den Systemen (Messzelle/Datenbank) und eine Optimierung des Datenbanksystems zu erfüllen. Die klassischen Systeme zur Verwaltung von Offline-Messdaten sind für die Verarbeitung von Inline-Messdaten nicht geeignet.



# Zentrale Qualitäts-Datenbank Q-VIS



Alle Inline-Messtationen senden Ihre Daten an einen zentralen Datenbank-Server.

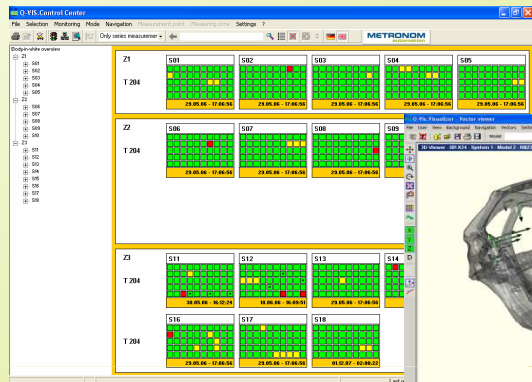
Die Messdaten werden vorausgewertet und aggregiert.

Via Netzwerk kann mit Office-PC und verschiedenen Software-Modulen auf die Daten zugegriffen werden.

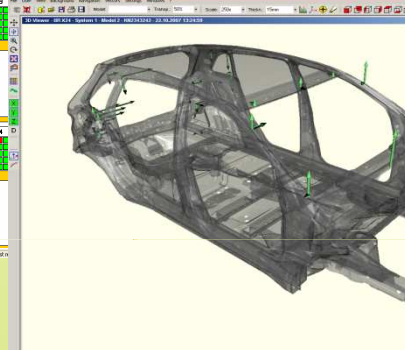
# Problemorientierte Module...

Überwachen

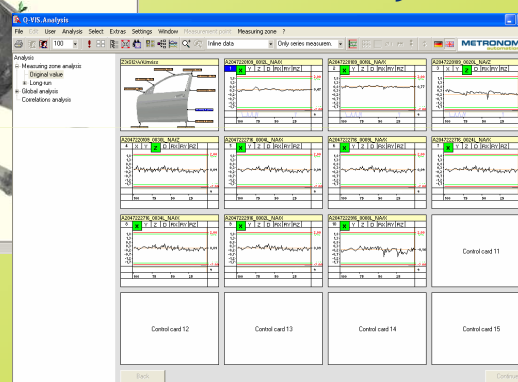
... für verschiedene Anwenderkreise



Visualisieren



Analysieren



Optimieren

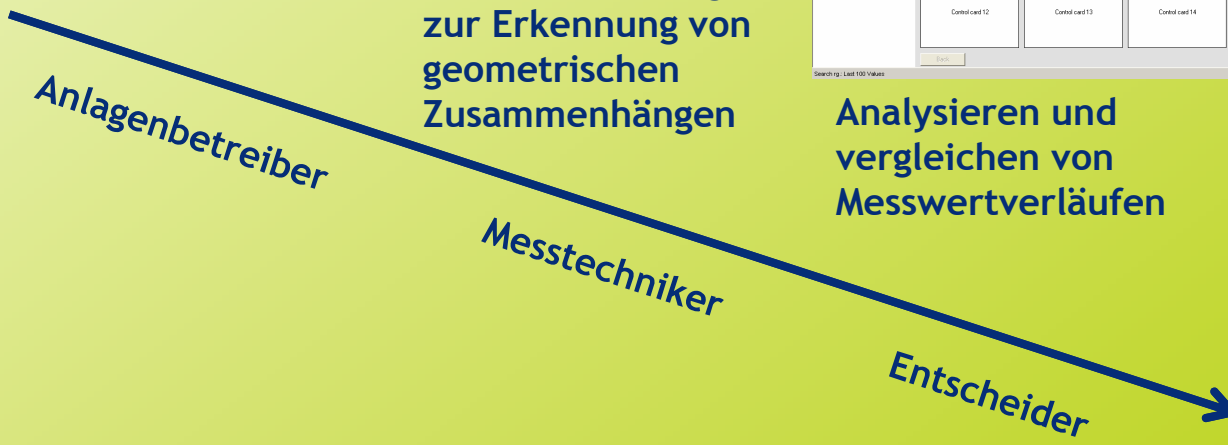


Leitstand für Live-Überblick über alle Stationen

3D-Visualisierung zur Erkennung von geometrischen Zusammenhängen

Analysieren und vergleichen von Messwertverläufen

Täglich automatisch erstellte Management-report zeigen aggregierte Kennzahlen



# Leitstand - Rohbauübersicht mit Ampelschema

Der aktuelle Status aller Messstationen auf einen Blick



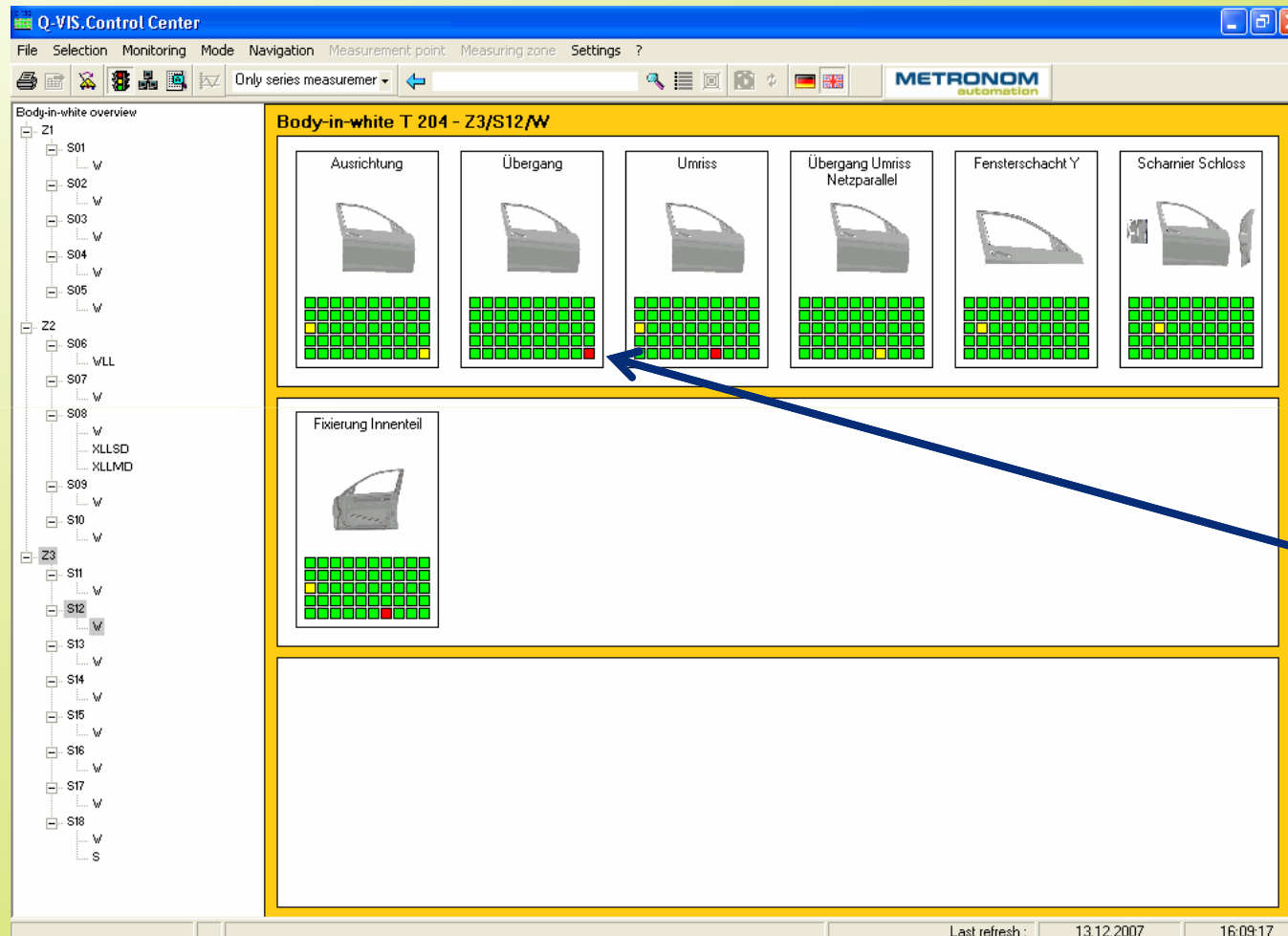
Darstellung des Status der letzten 50 gemessenen Bauteile

Mindestens ein Messpunkt der aktuellen Messung hat die Toleranzgrenzen verletzt.

Durch die Live-Darstellung werden gehäuft auftretende Probleme sehr schnell erkannt.

# Leitstand - Messzonenübersicht

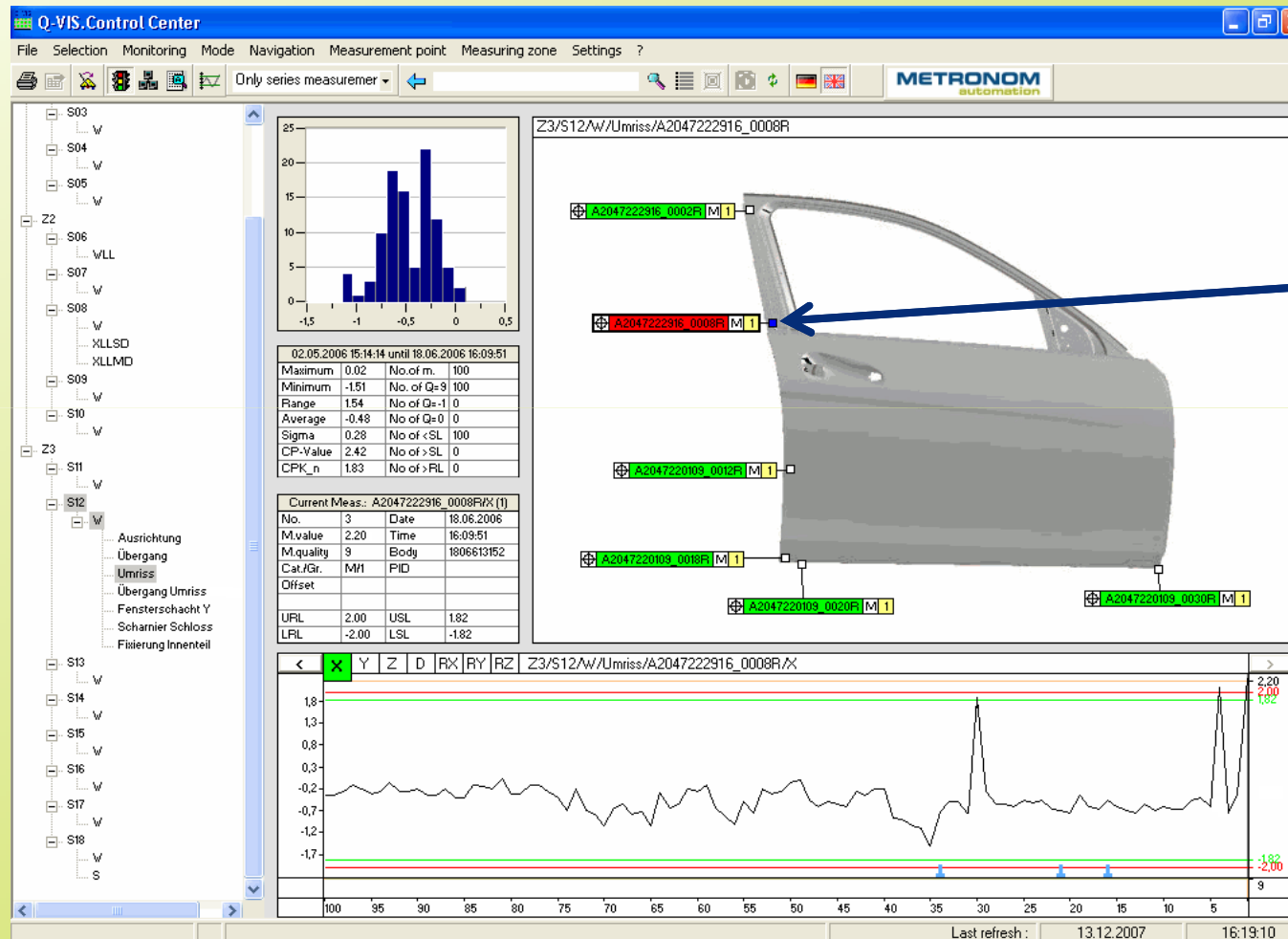
Der aktuelle Status aller Messzonen einer Messstation auf einen Blick



Mindestens ein Messpunkt in dieser Messzone hat bei der aktuellen Messung die Toleranzgrenzen verletzt.

# Leitstand - Regelkartenansicht

## Der aktuelle Status der Messzone auf einen Blick

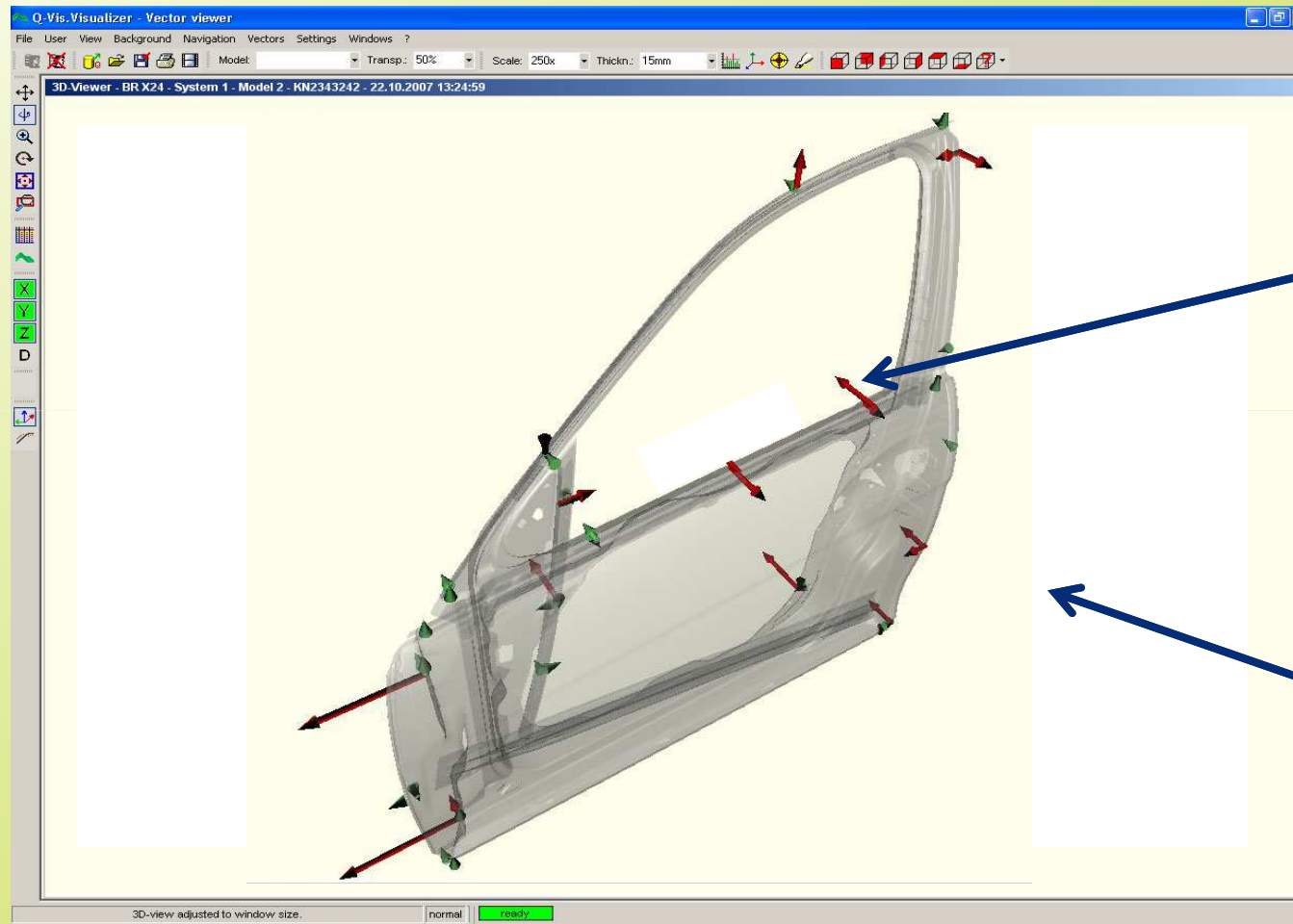


Dieser Messpunkt hat die Toleranzgrenze verletzt und den Produktionsstopp verursacht.

Mit drei Mausklicks zum Problempunkt ! Maßnahmen ergreifen bzw. einleiten !

## 3D-Visualisierung der Messabweichungen

Die Ergebnisse der aktuellen Messung für ein Bauteil auf einen Blick



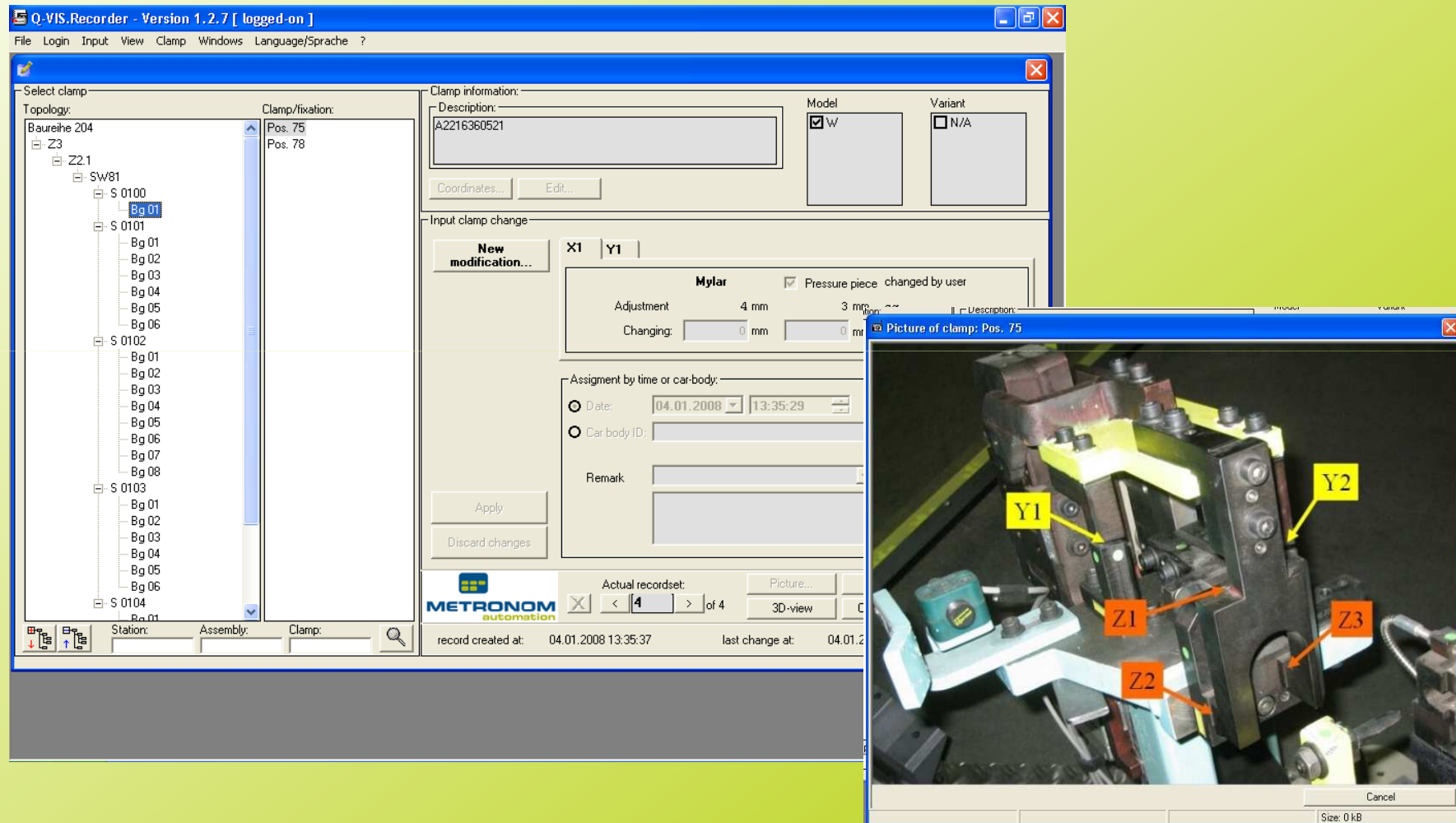
Darstellung der Messabweichung als 3D-Vektor im Bezug zum CAD-Modell des Bauteils

Vollwertiger CAD-Viewer mit typischen Betrachtungsfunktionen wie zoomen, drehen, ...

Einfache Erkennung von geometrischen Korrelationen.

# Erfassung von Werkzeugänderungen

## Mechanische Änderungen („Shimsen“) in den Anlagen werden dokumentiert



The screenshot displays the Q-VIS Recorder software interface, version 1.2.7. The main window is titled "Q-VIS Recorder - Version 1.2.7 [ logged-on ]". It features a menu bar with "File", "Login", "Input", "View", "Clamp", "Windows", and "Language/Sprache".

The interface is divided into several sections:

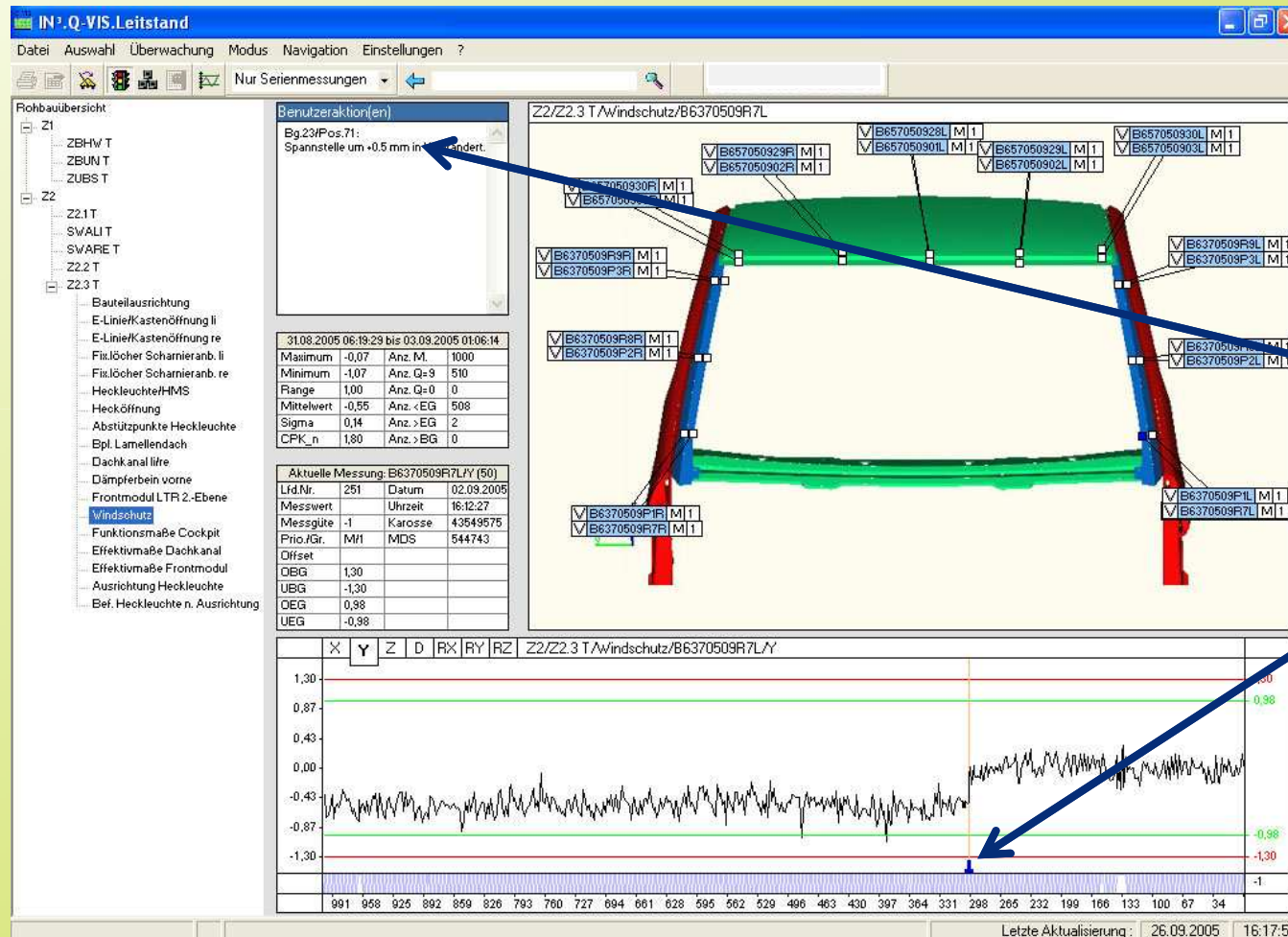
- Select clamp:** A tree view on the left shows a hierarchy starting with "Baureihe 204", followed by "Z3", "Z2.1", "SW81", and a list of "S" (Station) and "Bg" (Background) items. "Bg 01" is currently selected.
- Clamp/fixation:** A panel on the right shows "Pos. 75" and "Pos. 78".
- Clamp information:** A panel with "Description: A2216360521", "Model" (checked "W"), and "Variant" (unchecked "N/A").
- Input clamp change:** A dialog box with "New modification..." and "Mylar" material. It includes fields for "Adjustment" (4 mm), "Changing" (0 mm), and "Pressure piece" (checked "changed by user").
- Assignment by time or car-body:** Radio buttons for "Date" (04.01.2008 13:35:29) and "Car body ID".
- Remark:** A text field for additional notes.
- Picture of clamp: Pos. 75:** A window showing a photograph of a mechanical assembly with yellow and orange labels (Y1, Y2, Z1, Z2, Z3) pointing to specific components.

The bottom status bar shows "record created at: 04.01.2008 13:35:37" and "last change at: 04.01.2008 13:35:37".

Höhere Transparenz für alle Anwender.

# Zusammenführen von Messdaten und Änderungen

Werkzeugänderungen werden als „Ereignisse“ in den Messdaten angezeigt



Erklärung bzw. Kommentar zum Ereignis

Ereignismarker

Die Ursachen für Prozessveränderungen können direkt erkannt werden.



## Überwachung der Produktionsanlagen

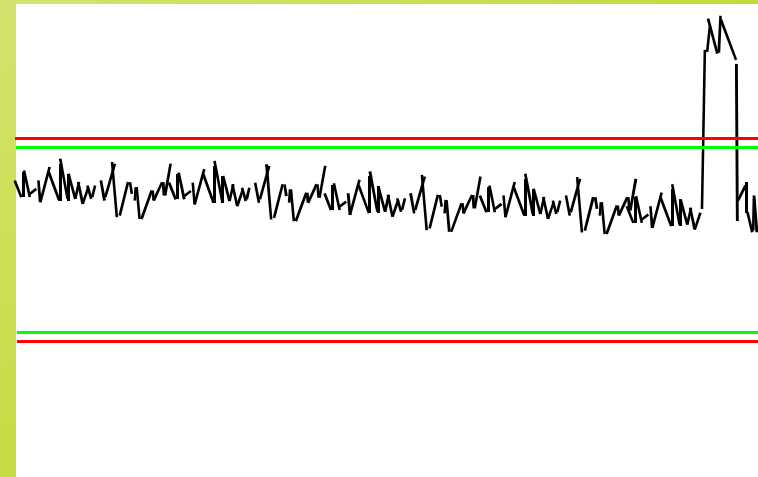
Nicht nur die Qualität der produzierten Teile wird kontrolliert. Die Qualität der Produktionsanlage insgesamt wird überwacht.

Häufige Fehlerursachen sind schleichende Veränderungen oder sprunghaft auftretende Veränderungen in den Produktionsanlagen.

### Beispiel aus der Praxis:

GU war am Wochenende in der Anlage und hat Optimierungen durchgeführt. Dabei wurden die Fixierbolzen vorne re./li. ausgebaut und vergessen wieder einzubauen.

Wenn Fehler in Inline-Station nicht festgestellt worden wäre, hätte es beim Dachauflegen einen erheblichen Crash verursacht.



## Betrieb / Betreibermodell

Die Betreiber unserer Systeme sind oftmals nicht im Bereich „Qualität“ angesiedelt, sondern im Bereich „Produktion“. Sie nutzen das Potential der Inline-Messtechnik und des schnellen Zugriffs auf die Messdaten, um Ihre Produktionsanlagen zu überwachen und zu optimieren. Die Qualitätsdaten der Inline-Messtechnik fließen somit direkt in die Steuerung bzw. Regelung der Produktion ein.

Die Qualitätsabsicherung erfolgt i.d.R. zusätzlich über Auditmessungen durch die Offline-Messtechnik.

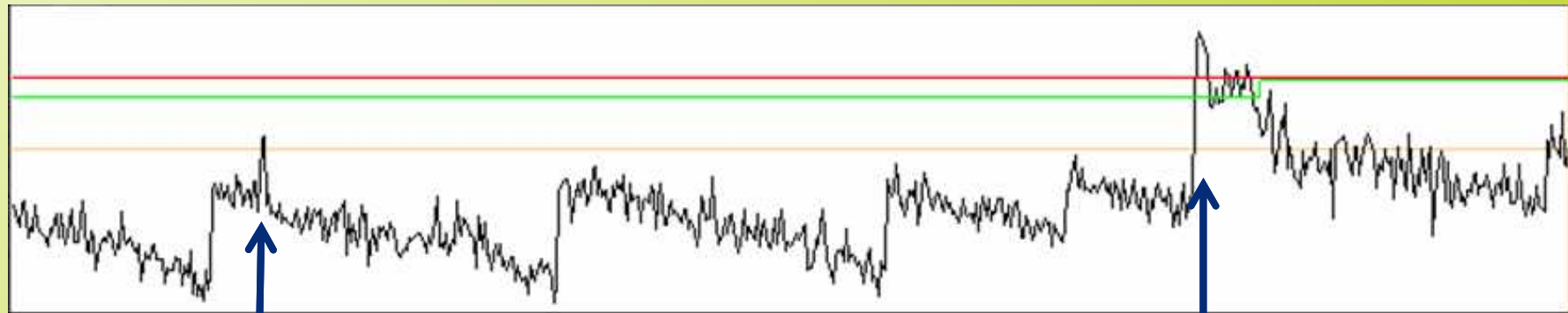
Unsere Systeme müssen analog zur Produktionstechnik extrem zuverlässig sein. Bei einem Ausfall haben die Benutzer sonst das Gefühl „blind“ zu produzieren.

Eine Investition in die Systeme (Messtechnik / Datenbank) alleine reicht nicht aus, um entsprechende Effekte zu erzielen. Das Betreibermodell („Wer macht was“) muss dazu passen. Die System Einführung sollte dementsprechend von Experten begleitet werden.

## Automatische Prozessanalyse

Intelligente mathematische Verfahren analysieren die Messdaten permanent und benachrichtigen den Anwender über auffällige Prozessveränderungen (Sprünge, Varianzzunahme, Mittelwertverschiebungen, Drifts, ...).

Ziel: Die Reaktionszeit noch weiter verkürzen und frühzeitig agieren.



Hier schon agieren...

...nicht erst hier reagieren!

Ursache der Prozessveränderung: Schweißen mit losem Zangenarm



## Ziele / Effekte durch Qualitätsdatenrückfluss

### Qualität

- Kürzere Qualitätsregelkreise durch schnellere Problemerkennung und Fehlerbeseitigung
- Gesteigerte Effizienz beim Problemlösungsprozess und der Qualitätsoptimierung
- Erkennen der Einflüsse auf Qualität

### Kosten

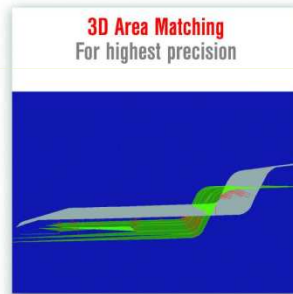
- Einsparung von AK aufgrund geringerem Zeitaufwand für Analysen
- Einsparung von Kosten aufgrund frühzeitiger Reaktion
- Unterstützung der vorbeugenden Instandhaltung
- Minimierung der Produktionsstillstandzeiten !!!

### Kommunikation

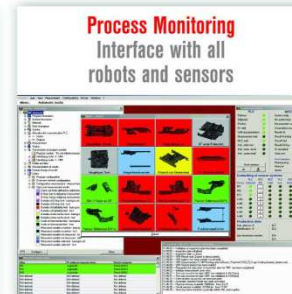
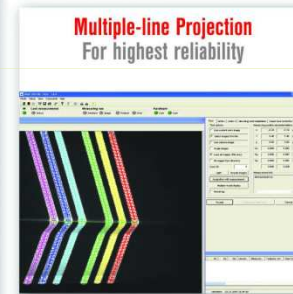
- Verbesserung der Kommunikation im Team und mit Entscheidern
- Verbesserung der Kommunikation zwischen Produktionsabteilungen („Kunden“)
- Gezielte Aufbereitung von Messergebnissen für unterschiedliche Anwendergruppen
- Standardisierte, automatisiert erzeugte Kennzahlen und Auswertungen

# ISRA VISION als Systemlieferant der IMT

# ISRA VISION



**Quality**  
Measure...  
Visualize...  
Analyze...  
Optimize...



Alles aus einer Hand:

- Sensorik
- Robotik
- Service

Komplette 3D-Inline-Messzellen

Zellensteuerung,  
dezentrale und  
zentrale  
Auswertung,  
Visualisierung,  
Datenbanksysteme



**METRONOM**  
automation

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !**

Metronom Automation GmbH  
Max-Hufschmidt-Str. 4a  
D-55130 Mainz  
Tel. 06131-250838-0  
Fax 06131-250838-8  
[www.metronom-automation.de](http://www.metronom-automation.de)

Added value for your production

**ISRA**  
VISION

