

# BRIDGE<sup>IT</sup>

## Architekturdesign zur Visualisierung und Optimierung der Qualität von Produktionsprozessen

Th. Rose<sup>a</sup>, M. Stöhr<sup>b</sup>, T. Willrich<sup>c</sup>, H. Winterberg<sup>d</sup>, J. Zuchold<sup>e</sup>, R. Michel<sup>f</sup>

<sup>a</sup>: Fachhochschule Münster, Stegerwaldstr. 39, 48565 Steinfurt

<sup>b</sup>: Human Solutions GmbH, Europaallee 10, 67657 Kaiserslautern

<sup>c</sup>: Fraunhofer IESE, Sauerwiesen 6, 67661 Kaiserslautern,

<sup>d</sup>: Steinbichler GmbH, Am Bauhof 4, 83115 Neubeuern,

<sup>e</sup>: PSIpenta Software Systems GmbH, Dircksenstr. 42 – 44, 10178 Berlin

<sup>f</sup>: Seidel GmbH&Co, Rosenstr. 8, 35037 Marburg,

### Kurzfassung

Oberflächeninspektionssysteme gewinnen in nahezu allen Industriezweigen vor dem Hintergrund von Null-Fehler-Forderungen zunehmend an Bedeutung. Dabei eröffnet die Integration und intelligente Auswertung der Datenströme heterogener Sensorsysteme ganz neue Möglichkeiten, Rückschlüsse auf Defekt-Ursachen zu ziehen. Insbesondere werden auch prozessschrittübergreifende Schlussfolgerungen so erst ermöglicht. Systeme, die exakte Problemursachen analysieren und in Korrelation zu bereits in der Vergangenheit aufgetretenen Fehlermustern setzen können, gibt es aufgrund der Heterogenität unterschiedlicher Messsysteme und auch oft fehlender Prozesstransparenz derzeit noch keine.

In BRIDGE<sup>IT</sup> wird diesem Bedarf an objektiver Qualitätserfassung und Deduktion der defekt-verursachenden Bedingung im Prozess Rechnung getragen. BRIDGE<sup>IT</sup> entwickelt einen Portalansatz mit dem Ziel, die in unterschiedlichen Prozesspunkten über unterschiedliche Sensorsysteme erhobenen Qualitätsdaten zusammenzuführen, zu visualisieren und über die Deduktion inverser „Fehlerfortpflanzungsregeln“ geeignete Steuerungsgrößen zur Prozessoptimierung zu generieren. Eine derartige Integration von Inspektionssystemen der unterschiedlichen Fertigungsstufen führt zur Integration von derzeit noch meist konkurrierenden, lokalen oder stufenbezogenen Qualitätsrichtlinien, mit der Folge, dass Qualität an den Prozessgrenzen transparent wird und schlupfbedingte Mehrkosten reduziert werden.

## 1. Einleitung und Vorstellung des Themenkomplexes

Für die produzierenden Branchen in Deutschland ist die automatisierte Fertigung eine Schlüsseltechnologie geworden, um den individuellen Kundenwünschen mit einer hohen Diversifikation der Produkte und einer ständig wechselnden Produktpalette begegnen zu können. Als Folge des kontinuierlichen Preisverfalls von Produkten auf globalen Märkten wird die Senkung der Produktionskosten und damit die Prozessoptimierung bei höchster Qualität zum

Überlebensfaktor. Aufgrund des Kostendrucks verlagern immer mehr produzierende Unternehmen die Entwicklung intelligenter Softwarelösungen in das Ausland. Jedoch zeichnet sich ab, dass hierdurch im Endeffekt höhere Kosten verursacht werden als die eingesparten Entwicklungskosten. Allein die produktionsnahe Entwicklung innovativer Softwarelösungen wird zur weiteren Wandlung des Software-Engineerings zur „Produktionstechnik des 21. Jahrhunderts“ beitragen und dazu führen, dem traditionellen Wert produzierender Branchen „made in Germany“ nachhaltig Bedeutung zu sichern.

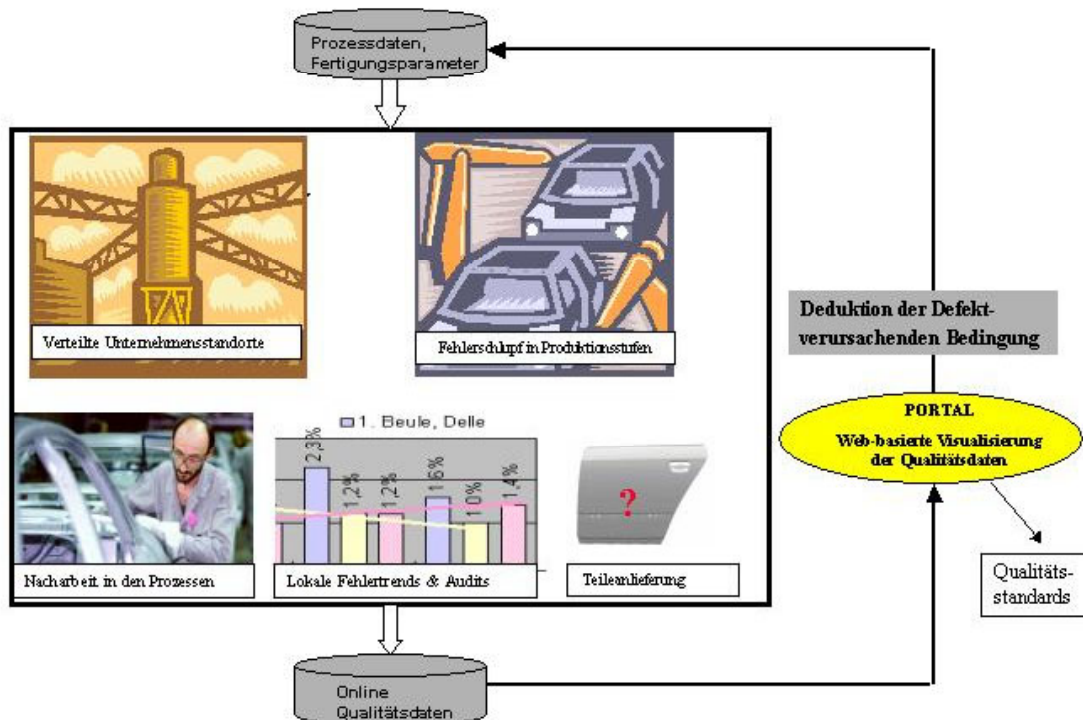


Bild 1: BRIDGE<sup>IT</sup>: Optimierung von Qualität und Fertigungsprozessen durch Inspektionsbasiertes Qualitätsmanagement in Prozessen, in denen es auf Reduktion schlupfbedingter Mehrkosten ankommt und sich die einzelnen Fertigungsstufen durch erhebliche Wertsteigerungen auszeichnen, z.B. Presswerk, Rohbau, Lackierung, Kunststoffguss, Oberflächenveredelung.

Die in automatisierter Fertigung erreichte Qualität ist aufgrund der Komplexität aufeinander folgender Produktionsschritte und der Vielfalt bzw. Heterogenität qualitätsmessender Systeme derzeit nur punktuell und mit hohem Aufwand optimierbar. Deshalb werden produktionsbedingte Fehler oft zu spät erkannt, so dass sich Fehler in nachfolgende Prozesse fortpflanzen, wo ihre Behebung ungleich kostenintensiver wird. So erfährt z.B. ein gefertigtes Freiformteil bereits im nächsten Prozessschritt der Beschichtung / Lackierung eine Wertsteigerung von 100%. Ein Fehlerschlupf in der Prozesskette (Pressen, Montieren, Beschichten / Lackieren) führt zu exponentiell anwachsenden Mehrkosten. Die Qualitätskontrolle wird traditionell weitgehend durch menschliche Auditoren geleistet, wodurch die Ergebnisse einerseits subjektiv sind und andererseits auf Stichproben und visuell

und taktil zugängliche Prozesspunkte beschränkt bleiben. Eine Reihe von Standardinstrumenten, wie etwa schwellwertorientierte Robotersysteme zur Überwachung werden ebenfalls eingesetzt, sie allerdings haben den Nachteil, dass sie lediglich Fehler erkennen, nicht jedoch die exakte Problemursache analysieren und in Korrelation zu bereits in der Vergangenheit aufgetretenen Fehlermustern setzen können.

In BRIDGE<sup>IT</sup> wird diesem Bedarf an objektiver Qualitätserfassung und Deduktion der defektverursachenden Bedingung im Prozess Rechnung getragen. BRIDGE<sup>IT</sup> entwickelt einen Portalansatz mit dem Ziel, die in unterschiedlichen Prozesspunkten über unterschiedliche Sensorsysteme erhobenen Qualitätsdaten zusammenzuführen, zu visualisieren und über die Deduktion inverser „Fehlerfortpflanzungsregeln“ geeignete Steuerungsgrößen zur Prozessoptimierung zu generieren. Eine derartige Integration von Inspektionssystemen der unterschiedlichen Fertigungsstufen führt zur Integration von derzeit noch meist konkurrierenden, lokalen oder stufenbezogenen Qualitätsrichtlinien, mit der Folge, dass Qualität an den Prozessgrenzen transparent wird und schlupfbedingte Mehrkosten reduziert werden.

Die Graphik nach Bild 1 integriert die gesamte Produktionskette und visualisiert im Uhrzeigersinn: Produktionsstätte (auch verteilter Standorte), Montage, Teilezulieferung von internen und externen Lieferanten und das Audit sowie Nacharbeitsprozesse. Zur Integration, Visualisierung und Überwachung der im aktuellen Prozess an unterschiedlichen Prozesspunkten erreichten Qualität wird ein Portal entwickelt, über das die Anlaufkurven unterschiedlicher Fertigungsstraßen überwacht, verglichen und über gezieltes Feedback optimiert werden können. Als Eingang sind heterogene Inspektionssensorsysteme an unterschiedlichen Punkten der Prozesskette angeschlossen.

Produktionsbedingte Fehler sind häufig in der Entstehungsstufe aufgrund ihrer kleinen Ausprägung optisch nicht erkennbar, so dass sich Fehler in nachfolgende Prozesse fortpflanzen, wo sie erst sichtbar werden und zum Ausschuss führen können. An dieser späten Stelle ist ihre Behebung ungleich kostenintensiver. Der Fehlerschlupf in der Prozesskette (Pressen, Montieren, Beschichten / Lackieren) führt zu exponentiell anwachsenden Mehrkosten. Bild 2 zeigt die Problemstellung am Beispiel der Fertigung von Karosserieteilen.

Vorarbeiten im Konsortium belegen, dass trotz der unterschiedlichen Fertigungsprozesse in den beobachteten Industrien: Haushalt, KFZ, Pharma die Qualitätsbeurteilung der Prozesse und gefertigten Produkte auf eine gemeinsame Matrix von Defekt- und Qualitätsmerkmalen zurückgeführt werden kann. Die Problematik des Fehlerschlupfes ist als branchenübergreifende erkannt worden und motiviert deshalb das Forschungsvorhaben BRIDGE<sup>IT</sup> in seinem Ansatz, schlupfbedingte Mehrkosten zu reduzieren.

Im Rahmen des Projektes BRIDGE<sup>IT</sup> ist der Hauptforschungsschwerpunkt, die von den heterogenen Messsystemen aus unterschiedlichen Produktionsschritten gelieferten Messdaten zu erfassen, zu integrieren und abgeleitete Qualitätsgrößen zu visualisieren; zu jeder Zeit und von jedem Ort. Ein zweiter Schwerpunkt liegt in der Deduktion der defektverursachenden Bedingung im Prozess, die zur Ableitung von inversen „Fehlerfortpflanzungsregeln“ und zur Generierung geeigneter Feedbacks zur Prozessoptimierung führen, auch über Unternehmensgrenzen hinweg.

Die Innovation des Projektes BRIDGE<sup>IT</sup> liegt in Konzeption und Entwicklung eines adaptiven Portals zur Integration, Visualisierung und Optimierung von Qualitätsdaten automatisierter Fertigungsprozesse unterschiedlicher Prozesse.

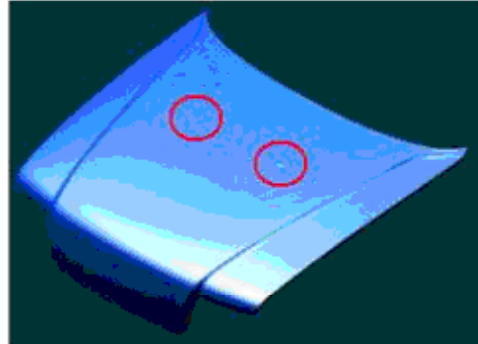
Bild 2: BRIDGE<sup>IT</sup> - Optimierung von Qualität und Fertigungsprozessen durch Oberflächeninspektion in Märkten, in denen es auf höchste Oberflächenqualität und Formhaltigkeit

# Die Problemlage

## Nicht sichtbare Oberflächenfehler



## erkennbar nach/durch Decklack



ankommt und sich die einzelnen Fertigungsstufen durch erhebliche Wertsteigerungen auszeichnen, z.B. Presswerk, Rohbau, Lackierung, Kunststoffguß, Oberflächenveredelung.

### Ziele des Software Engineering

- Entwicklung eines benutzerfreundlichen und flexibel anpassbaren Portals zur Visualisierung der erreichten Fertigungsqualität und Ableitung von Detailinformation für die spezifischen Fertigungsstufen.
- Ableitung von Korrektiven zur Reduktion der defektverursachenden Bedingung im Prozess.
- Entwicklung von Anwendungsarchitekturen zur Integration, Auswertung und Visualisierung heterogener Qualitätsdaten

Aufgrund des Inspektionsansatzes und der Schaffung von Anwendungsarchitekturen ist mit BRIDGE<sup>IT</sup> erstmalig die Möglichkeit zur transparenten, vollständigen und individuellen Erfassung von Qualitätsmerkmalen komplexer Fertigungsprozesse in unterschiedlichen Märkten gegeben, in denen es auf höchste Qualität ankommt: Automobilbau, Kosmetikindustrie, Haushaltsgeräteindustrie und deren Trendsetter, die als Pilotanwender Partner im Konsortium sind.

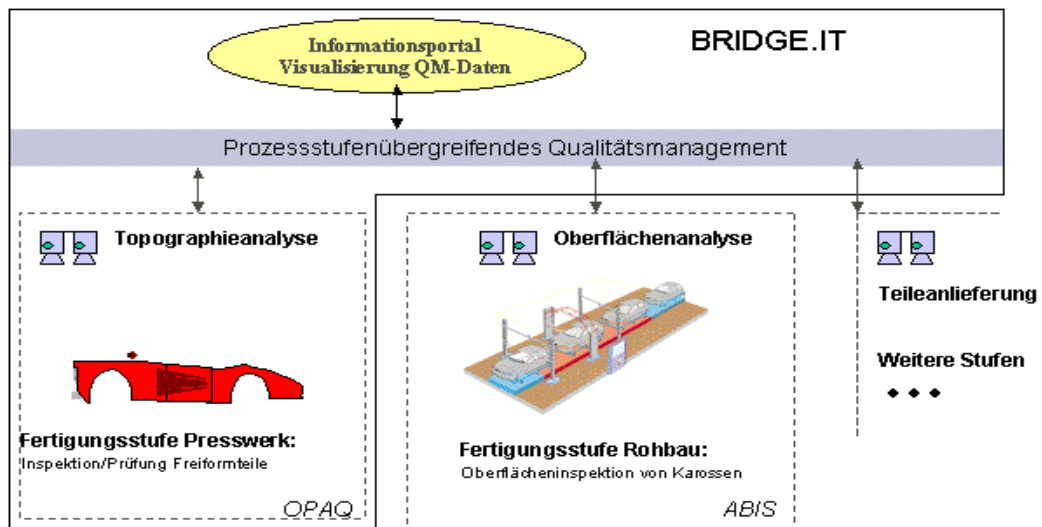


Bild 3: Gesamtkonzeption und Systemgrenze des Projektes BRIDGE<sup>IT</sup> mit Blick auf die Prozesskette und einer bestehenden Synergie zu Projekten aus Vorarbeiten im Partnerkontext: z. B. ABIS, OPAQ

Die Notwendigkeit, heterogene Qualitätsdaten im Rahmen des zu entwickelnden Portals zu integrieren, erfordert die Definition einer allgemeinen Referenzarchitektur, die die verschiedenen Informationsquellen sowie das Deduktionsmodul integriert. Nur eine derartige offene Referenzarchitektur hat mittelfristig eine hohe Chance die Branche zu durchdringen und weit-hin Einsatz zu finden. Vor allem um diesen branchenübergreifenden Aspekten Rechnung zu tragen und auch im weiteren die Integration neuer Bereiche zu fördern, soll die Referenzarchitektur (als Open Source) offengelegt werden. Neben einer unternehmensbereichs- bzw. gar unternehmensübergreifenden Integration besteht dadurch ebenfalls die Möglichkeit zur Integration von Komponenten Dritter.

Von besonderer Bedeutung für die Portalentwicklung ist eine hohe Laufzeitflexibilität. Das beinhaltet vor allem die dynamische Rekonfiguration im laufenden Betrieb zur Wahrung der Kontinuität von Monitoringprozessen bei Ablaufänderungen (z.B. bei Maschinenausfällen) oder zur flexiblen Anpassung des Systems an nutzerseitige Anforderungen um so jeweils eine optimale Antwort auf das aktuelle Informationsbedürfnis des Nutzers zu erzielen. Auch diese Anforderungen zur echtzeitnahen Überwachung und Kontrolle von qualitätsrelevanten Parametern lassen sich nur erfolgreich durch die Kombination von übergreifenden, offenen Architekturen und modernsten Komponententechnologien umsetzen.

Um die Akzeptanz der Portallösung und deren industrieweite Unterstützung zu fördern, soll in wesentlichem Umfang auf existierende Open-Source-Entwicklungen zurückgegriffen werden. Darüber hinaus ist beabsichtigt, schnittstellenrelevante Teile der Architekturimplementierung selbst wiederum im Open-Source zur Verfügung zu stellen. Dies wird die Bemühungen einen Quasi-Standard im prozesskettenübergreifenden Qualitätsdatenaustausch zu etablieren wesentlich unterstützen.

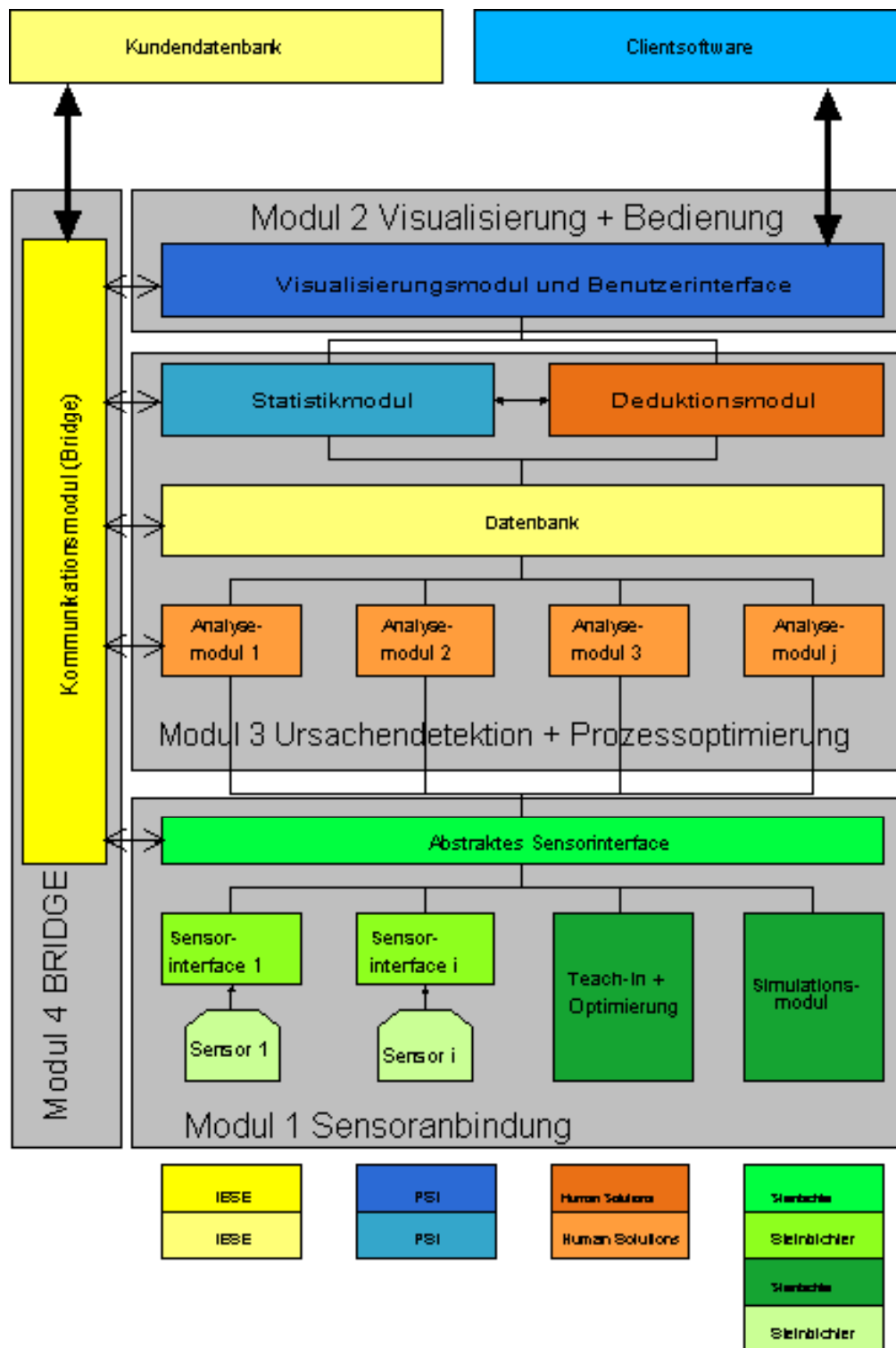


Bild 4: BRIDGE<sup>IT</sup> Referenzarchitektur: Visualisierung von Qualitätsdaten durch Portalsysteme.

Einen Überblick über die Struktur des Portals zur Ergebnisvisualisierung zeigt Graphik 4. Die BRIDGE<sup>IT</sup> Referenzarchitektur ist daraufhin konzipiert, auf Abruf Sichten zu generieren mit

Qualitätsdaten aus der aktuellen Produktion; unabhängig vom Standort, zu jeder Zeit und von jedem Ort.

### **Ziele: Sensorik**

Das zu entwickelnde Sensorinterface wird konzipiert, um in vielen Bereichen der Automobilindustrie (Presswerk, Inselproduktion, Rohbau, etc), in der Haushaltsgeräteindustrie (Presswerk, Kunststofffertigung, etc), Kosmetikindustrie (Presswerke für Verschlusskappen, hochwertige Lippenstifte) und der Freizeitindustrie eingesetzt werden, in denen es auf hochwertige, möglichst fehlerfreie Oberflächen ankommt.

Die Bandbreite unterschiedlicher Sensorverfahren zur Oberflächeninspektion wird durch Fokussierung auf bildfeldorientiert arbeitende Messverfahren reduziert, die auf räumlichem Phasenshift basieren. Diese haben den unmittelbaren Vorteil, dass sie aufgrund ihrer flexiblen industriellen Handhabbarkeit im laufenden Fertigungsprozess eingesetzt werden können. Durch Kopplung mit einem adaptiven Steuerungskonzept von Handhabungssystemen, welche die Sensoreinheiten in den unterschiedlichen Prozessstufen objektformspezifisch und dynamisch in die optimalen Messpositionen fahren, erreicht die vorgestellte Lösung erstmalig die Fähigkeit, die defektverursachende Bedingung von Oberflächendefekten (Beulen, Dellen) und Formaspekten (Einschnürungen, Risse) auf beliebigen Teilen im gesamten Prozess zu erfassen und zu dokumentieren.

### **Ziele: Organisation und Arbeitsgestaltung**

Die BRIDGE<sup>IT</sup>-Technologie erlaubt die Erkennung und Zuordnung von Defekten zur verursachenden Prozessstufe, sodass Qualitätsmanagement gezielt erfolgen kann.

Bei der Ermittlung von Defektentstehungsursachen kann das Spezialistenwissen der Mitarbeiter vor Ort eine wichtige Quelle sein. Erfahrungsgemäß existieren in einem Fertigungsprozess eine Reihe von informellen Informationskanälen, über die notwendige Informationen übermittelt werden, die aber weder vom Management noch von Managementsystemen erfasst sind. Aus ihrem Spezialistenwissen schöpfen die Mitarbeiter nicht nur einen großen Teil ihres Ansehens und ihrer Stellung im Betrieb. Auch die Beurteilung ihrer Qualifikation durch Vorgesetzte, ihr eigener Eindruck, ersetzbar zu sein, hängen davon ab. Die frühzeitige und offene Einbeziehung der Mitarbeiter vor Ort durch Workshops, Interviews und Gespräche ist eine notwendige Bedingung, um diese Informationen integrieren zu können.

Bisher herrscht Unsicherheit, da ein Defekt häufig erst in späteren Prozessstufen erkannt werden kann und sich das Erscheinungsbild des Defekts bereits durch nachgefolgte Prozessstufen und Oberflächenveredelungen verändert hat. BRIDGE<sup>IT</sup> leistet einen Beitrag zur Klärung der häufig unklaren Zuständigkeiten und Grenzen der verschiedenen beteiligten prozessabhängigen Qualitätsabteilungen.

### **Ermittlung von Akzeptanz und Wertschöpfung**

Die Evaluierung der Systemleistung kann nur durch Vergleich mit dem traditionellen Qualitätsmanagement erfolgen. Die Umwandlung bisher weitgehend subjektiver Kriterien zu objektiven ist ein dynamischer und langwieriger Prozess, da sich ebenfalls im Mensch-Maschine Vergleich die Leistung der Auditoren ändern. BRIDGE<sup>IT</sup> leistet einen Beitrag, dass sich Werker in der Produktion von Prüfaufgaben für Defekte vorhergehender Stufen entlastet fühlen und sich der eigentlichen Produktion effektiver zuwenden können.

## 2. Projektstatus

Das Projekt hat mit dem Jahr 2004 begonnen. In ersten Treffen beim Pilotanwender haben sich die Projektpartner mit dem fertigungstechnischen Umfeld, dem Qualitätsmanagementsystem und der IT-Umgebung bekanntgemacht. Daraufhin wurden erste Anforderungen an das Portal definiert.

Parallel dazu wurde die Struktur des Portals konkretisiert. Insbesondere wurden Schnittstellen nach aussen und erste interne Schnittstellen näher spezifiziert.

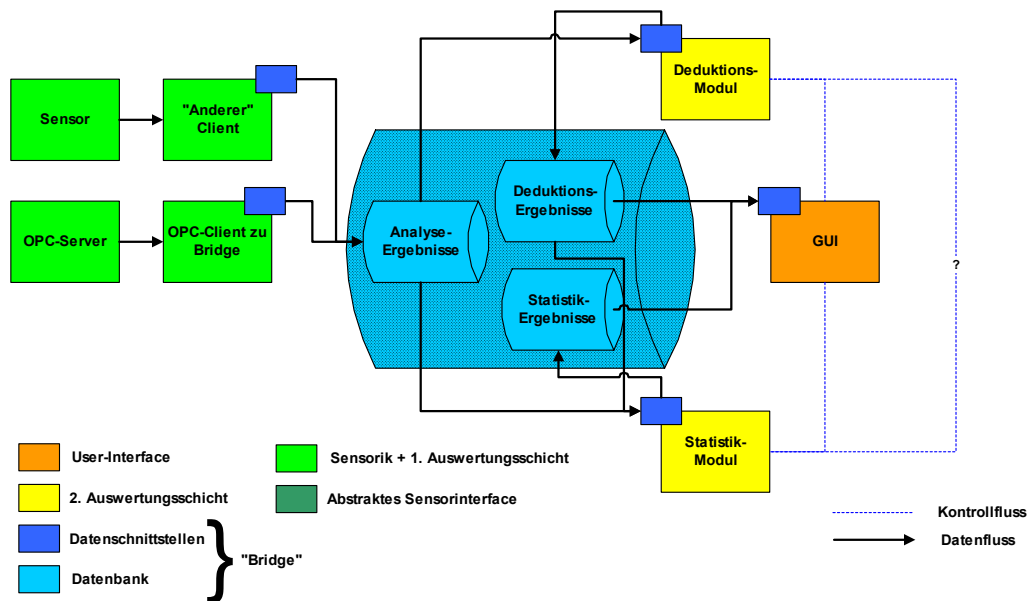


Bild5: erste Schnittstellenspezifikation, Daten- und Kontrollflüsse

## 3. Erfahrungen, Bewertungen

Wegen der Kürze der Projektlaufzeit liegen noch keine Erfahrungen und Bewertungen vor.

## 4. Ausblick

Wegen der Kürze der Projektlaufzeit kann noch kein Ausblick gegeben werden.