

# Diagnose, Optimierung, Überwachung und Regelung von Lackieranlagen

## 1. Einleitung und Zielsetzung

Moderne Automobil-Lackieranlagen müssen wahre Wunder vollbringen. Bereits ihre Planung sieht vor, daß sie im 24 Stundenbetrieb Karossen mit einer Verfügbarkeit oberhalb von 90 % und einem Geradeauslauf besser als 80 % lackieren können. Neben hohen Bandgeschwindigkeiten sind sie voll typ- und farbflexibel ausgelegt, so daß die Abfolge der einzelnen Karosstypen und –farben frei gewählt werden kann. Dabei müssen Farbwechselzeiten und Materialverluste minimal gehalten werden. Neue Fabrikationskonzepte zur Offlinelackierung von Kunststoffanbauteilen erfordern ein Höchstmaß an Farbtonkonstanz (Daus98, Jung96). Der sich ständig wandelnde Einsatz neuer, besserer und umweltfreundlicherer Lacksysteme schränkt das Prozeßfenster immer stärker ein, so daß erhöhte Anforderungen an die Anlagen- und Applikationstechnik gestellt werden müssen, aus denen zwangsläufig eine enorme technische Komplexität resultiert.

Diese Komplexität erschwert dem Anlagenbetreiber die Aufrechterhaltung seiner Fertigungsqualität und dem Instandhalter die schnelle Beseitigung von Störungen. Meistens fehlt dem Management die notwendige Transparenz seiner Lackierung, um auf Produktionseinbrüche angemessen reagieren zu können.

Zur Erhöhung und dauerhaften Gewährleistung der Lackierqualität und der Anlagenverfügbarkeit läuft bei DaimlerChrysler das Entwicklungsprojekt **QUASAR** (**Q**uality **A**nalyzing **S**ystem with **A**utomatic **R**egulation). In diesem Projekt kooperieren die DaimlerChrysler Bereiche Oberfläche, Verfahrensentwicklung in Sindelfingen und Konzernforschung in Ulm mit dem Systemhaus Prodatas in Böblingen, dem Forschungszentrum für Informatik in Karlsruhe, der Fraunhofer-Gesellschaft in Stuttgart sowie diversen anderen Hochschulen und Instituten.

Das System Quasar umfaßt als gesamtheitliches System eine Vielzahl einzelner, selbstständiger Teilsysteme. Sie dienen der Diagnose, Optimierung, Überwachung und zukünftig auch der Regelung von Prozeßparametern. Die wichtigsten sollen in diesem Beitrag kurz vorgestellt werden. Alle IT-Komponenten können, soweit sie bereits für die Öffentlichkeit freigegeben sind, über die Fa. Prodatas in Böblingen bezogen werden.

<b>PRIMAS</b>	: <b>P</b> rozeß <b>i</b> ntegriertes <b>M</b> odulares <b>A</b> nalyse <b>s</b> ystem
<b>AQUA</b>	: <b>A</b> utomatisches <b>Q</b> ualitäts <b>a</b> nalyse <b>s</b> ystem
<b>SAFIR</b>	: <b>S</b> ystem zur <b>A</b> nalyse von <b>F</b> ertigungs <b>i</b> nformation <b>e</b> n
<b>KARAT</b>	: <b>K</b> ontrollsystem zur <b>a</b> utomatischen <b>R</b> estlebenszeitbestimmung von <b>A</b> nlagenbauteilen
<b>OPAL</b>	: <b>O</b> ptimierungs- und <b>A</b> nalyse <b>s</b> ystem für <b>L</b> ackieranlagen
<b>RUBIN</b>	: <b>R</b> ealzeit- <b>U</b> eberwachung von <b>I</b> ndustrie <b>a</b> nlagen
<b>TOPAS</b>	: <b>T</b> eleservice- und <b>O</b> nline- <b>P</b> rozeß- <b>A</b> nalyse <b>s</b> ystem

## 2. PRIMAS: System zur Prozeßdatenerfassung und –visualisierung

Wie bei allen Systemen hoher Komplexität steht am Anfang aller Bemühungen zur Schaffung von Transparenz und Eingriffsmöglichkeiten die Erfassung von Daten. Dabei müssen alle für den Fertigungsablauf und den Prozeß wichtige Parameter, Daten und Fakten aufgenommen werden. Es reicht leider nicht aus, die Soll Daten, die in den Lackiersteuerungen vorhanden sind, auszuwerten. Vielmehr ist es notwendig, die wirklichen Istwerte von allen lackierrelevanten Daten und die vorhandenen Sensorwerte in Echtzeit zu erfassen (Leis97).

Eine Übersicht der Einflußgrößen, die das Lackierergebnis bestimmen, ist in Bild 1 zusammengestellt. Dieses Bild umfaßt die Bereiche Applikations-, Verfahrens-, Förder- und Lacktechnik. Bild 3 zeigt, wie alle diese Meßwerte zentral vom Prozeßdatenerfassungssystem aufgenommen werden. Zusätzlich sieht man, daß natürlich auch das Ergebnis, die erreichte Lackierqualität, gemessen und erfaßt wird. In einer typischen Lackierung handelt es sich insgesamt um die Signale von ca. 100 Sensoren, 300 Reglern und 4000 Ventilen pro Lackieranlage. Ein großer Anteil davon muß mit hoher zeitlichen Auflösung (<10 Millisekunden) abgetastet werden. Die Signale selbst können sowohl dezentral über diskrete analoge, digitale, parallele, serielle, als auch elegant zentral über Busbeobachtermodule erfaßt werden.

Genau für diese Aufgabe wurde das Prozeßdatenerfassungs- und Visualisierungssystem PRIMAS entwickelt. Es erfaßt permanent alle Anlagen- und Applikationsdaten, alle Daten der Lackversorgung sowie die Daten der Qualitätskontrolle (insgesamt ca. 5000 Meßstellen pro Lackierlinie). Spezielle Komprimierungsalgorithmen gewährleisten dabei die unterbrechungsfreie Datenaufzeichnung aller Daten über lange Zeiträume. Ein intelligentes echtzeitfähiges Datenspeichersystem sorgt für einen extrem schnellen Zugriff zur Visualisierung und Weiterverarbeitung dieser Daten.

Für kleine Anwendungen wie zum Beispiel Technika, Prüfstände, Fördertechnik oder SPS-Analyser gibt es PRIMAS auch in Form eines einfachen Meß-PC. Zur Datenerfassung lassen sich Standarderfassungskarten (z.B. National Instruments), SPS-Anschaltbaugruppen, Busbeobachter für Interbus, Profibus, Can etc. einsetzen.

Die wichtigsten Visualisierungs- und Analysetools, die gemeinsam mit Anlagenbetreibern und Instandhaltern entwickelt wurden, sind :

- Freier Zugriff auf Datensätze jeder einzelnen Karosse und Maschine
- Diagnosebilder in Form von  $x/t$  – Grafiken zur Fehleranalyse
- Tools zur Vordefinition von Diagnosebildern für Standardstörungen
- Soll-/Istvergleichsbilder sowie Symmetrie- und Referenzvergleiche
- Bilder für Bus- und Schnittstellendiagnose
- Anlagenbezogene Visualisierung als nachträgliche Prozeßvisualisierung mit gekoppelter  $x/t$ -Grafik (Bild 4)
- Einbindung von Videoaufzeichnungen

Mit diesen Werkzeugen sind der Anlagenführer und der Instandhalter jederzeit in der Lage, sowohl einfache Störungen als auch komplexe Fehler auf direkte und schnelle Weise zu analysieren und die Fehlerquellen eindeutig zu lokalisieren.

### **3. AQUA: System zur automatischen Qualitätsanalyse in der Lackierung**

Die Qualitätskontrolle in der Lackierung ist ein sehr aufwendiger Prozeßschritt. Bisher konnte die Kontrolle ausschließlich manuell durchgeführt werden. Dabei war in der Vergangenheit das menschliche Beurteilungsvermögen der einzige Qualitätsmaßstab, der tages- und mitarbeiterabhängigen Schwankungen unterworfen war.

In den letzten Jahren hat DaimlerChrysler jedoch gemeinsam mit Geräteherstellern Meßmethoden entwickelt, die es ermöglichen, Schichtdicke, Verlauf und Farbton zuverlässig und reproduzierbar zu vermessen. Dadurch erhielten die Qualitätskontrolleure objektive Methoden, um ihre visuellen Beurteilungen durch genormte Verfahren zu quantifizieren und stichprobenweise Karossen auf speziellen Auditplätzen zu untersuchen. 1999 gelang es, diese Meßgeräte so mit Handlingsrobotern zu „verheiraten“, daß sich die Qualitätskontrolle in einem Testaufbau im DaimlerChrysler-Werk Sindelfingen mechanisieren ließ.

Bild 5 zeigt die Vermessung der Qualität einer A-Klasse mit einem Roboter, wie sie für das DaimlerChrysler-Werk Rastatt vorgesehen ist. Noch sind die Meßverfahren nicht schnell genug, um eine 100 % Kontrolle der kompletten Karossoberfläche durchführen zu können. Deshalb ist eines der vorrangigen Ziele die Entwicklung schneller Flächenmeßverfahren. Mit den derzeit zur Verfügung stehenden Meßmethoden lassen sich ca. 20 Punkte pro Roboter in der normalen Taktzeit vermessen. Dadurch wird mit 2 Robotern zumindest eine Kontrolle von 40 strategischen Meßpunkten auf der Karossoberfläche möglich, wobei diese Meßpunkte flexibel gewählt werden können. Die Meßergebnisse werden sowohl in Form von Tabellen als auch in einer Falschfarbendarstellung der Karossoberfläche dargestellt. Die Daten werden direkt zum System Primas weitergeleitet, wo sie erfaßt und über die Produktionsnummern automatisch den Meßdaten des Lackierprozesses zugeordnet werden.

Auch bei bisher nur 40 Meßpunkten pro Karosse stellt AQUA dem Produktionspersonal ein sehr effizientes Analysewerkzeug zur Verfügung. Schichtdicken, Farbton- und Verlaufänderungen treten selten nur an einzelnen Karossostellen auf, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit auch an mindestens einer der 40 Meßstellen. Deshalb können Fehler oder langsame Veränderungen frühzeitig automatisch erkannt werden.

Mit dem Tool SAFIR erhält die Lackierleitung online die managementmäßig aufbereiteten AQUA-Daten der aktuellen Lackierqualität, während das Instandhaltungspersonal über PRIMAS die Ursachen der Abweichungen beheben und das Lackierpersonal über OPAL die Qualität der erkannten Problemzonen verbessern kann.

Zusammengefaßt bietet AQUA folgende Vorteile:

- Absolute Qualitätsdaten durch Standardmeßverfahren

- Automatische Meßdatenaufnahme durch Industrieroboter
- Reproduzierbarkeit durch exakte Meßpunktfestlegung
- Flexibilität durch verschiedene Roboterprogramme
- Integration in das Qualitätsregelsystem QUASAR
- Kopplung zu den Tools PRIMAS, OPAL und SAFIR

#### **4. SAFIR: System zur Visualisierung von Managementdaten**

Gerade in großen Lackierereien reicht es dem Management oft nicht aus, daß Verfügbarkeits- oder Qualitätseinbrüche mit Hilfe von PRIMAS schnell behoben werden. Die Führungsebene benötigt permanent aktuelle Zahlen, Daten, Fakten über den Zustand ihrer Lackierung, um ihre Entscheidungen fundiert treffen zu können. Dabei kann es sich um aktuelle Entscheidungen wie notwendige Sonderschichten, Ablaufänderungen aufgrund von hohem Reparaturaufkommen handeln oder um langfristige Maßnahmen wie Lieferantenwechsel aufgrund von Qualitätsmängeln. Auch Kostenplanungen aufgrund von Verbrauchsmengen spielen eine große Rolle.

Da mit Hilfe von PRIMAS alle ablauf-, prozeß- und qualitätsrelevanten Daten vorliegen, greift das Systemtool SAFIR auf diese Daten zu und verarbeitet sie zu Managementdaten.

SAFIR verarbeitet diese Informationen mit Hilfe von Datenbanken zu technischen Reports, die innerhalb eines Lackierwerkes zum Beispiel über Intranet mit jedem normalen PC angezeigt und ausgewertet werden können. Zur Bedienung ist auf diesen PC keine spezielle Software nötig, da Standardbrowser wie der Internet Explorer völlig ausreichen.

Beispiele solcher Reports sind:

- Verfügbarkeits-/Nutzungsgradanalysen der einzelnen Gewerke
- Störungs- und Fehlerschwerpunktsanalysen
- Qualitätsanalysen wie z. B. Geradeauslauf/Reparatur-/Beispritzaufkommen
- Lackverbrauchswerte einzelner Karosstypen/Farben usw.
- Karossenlebensläufe

Bild 6 zeigt eine typische Anzeige zur permanenten Übersicht über die Stückzahlentwicklung eines Tages, den Geradeauslauf und die Fehlerschwerpunkte. Ähnliche Masken stellen zum Beispiel Prozeßwerte, Verfügbarkeiten und Fehlerschwerpunkte von Verfahrenstechnik und Fördertechnik dar. (ohne Bild)

#### **5. KARAT : System zur Restlebenszeitbestimmung von Bauteilen**

Mit Karat wurde ein automatisches Diagnosewerkzeug entwickelt, das in der Lage ist, aus der Belastung eines Bauteiles und seiner zu erwartenden Standzeit auf seine wahrscheinliche Restlebenszeit zu schließen. Es werden nicht nur die Betriebsdauer oder Schaltzyklen von zum Beispiel Ventilen berücksichtigt, sondern auch die echten Belastungen, wie sie durch Druckdifferenzen, Festkörperanteile oder abrasive Elemente im Lack entstehen. Grundlage für diese Berechnungen sind außer den Herstellerangaben die Ergebnisse der Freigabetests, die DaimlerChrysler für jedes

Bauteil vor dessen Ersteinsatz – in der Regel am Fraunhofer IPA in Stuttgart - durchführt. Diese Grundlagenwerte werden in der Praxis mit Hilfe der tatsächlich vorgenommenen Instandhaltungsmaßnahmen automatisch aktualisiert.

Durch den Einsatz von KARAT lassen sich die Pläne für die Vorbeugende Instandhaltung deutlich optimieren. Vor allem an Fertigungsanlagen, die im 24-Stundenbetrieb die ganze Woche produzieren, läßt sich die Verfügbarkeit durch den rechtzeitigen gezielten Ersatz abgenutzter Bauteile am Wochenende deutlich steigern. Ohne KARAT wäre es nötig, sehr viele, auch noch funktionsfähige Bauteile vorsichtshalber auszutauschen, was enorme Ersatzteil- und Personalkosten zur Folge hätte. Auch die langfristige Ersatzteilbeschaffung läßt sich mit Karat planen und steuern.

Zusammengefaßt bietet Karat folgende Vorteile :

- Aussage über die Belastung und wahrscheinliche Restlebensdauer von Bauteilen
- Austausch stark belasteter Komponenten vor deren Ausfall
- Vermeidung von überflüssigen Austauschmaßnahmen
- Reduzierung der Bauteilinspektionen zur Feststellung der Abnutzung
- Reduzierung der Ersatzteilbevorratung
- Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit
- Senkung der Kosten für Vorbeugende Instandhaltung

## **6. OPAL : Optimierungs-und Analysesystem für Fertigungsanlagen**

Der große Vorteil der kompletten Prozeß- und Qualitätsdatenerfassung mit PRIMAS liegt in der Vollständigkeit und dem Realitätsabbild der PRIMAS-Daten. PRIMAS zeichnet alle Daten auf (s. o.) und diese Daten stellen auch wirkliche Istdaten des Prozesses dar, nicht nur Solldaten, wie sie zum Beispiel in steuerungsbasierten Diagnosesystemen verarbeitet werden.

Um die Qualität einer Lackieranlage zu erhöhen, wurden bisher von Betriebsingenieuren bei DaimlerChrysler mit Hilfe von PRIMAS die Zusammenhänge zwischen den Qualitätsdaten und den Prozeßdaten untersucht und Maßnahmen zur Optimierung abgeleitet. Dies war jedoch trotz optimaler Bedienoberfläche sehr zeitaufwendig. Außerdem mußte der Betriebsingenieur über eine hohe Qualifikation und ein detailliertes Prozeßwissen verfügen.

Mit OPAL wurde ein Werkzeug entwickelt, das in der Lage ist, aus den vielen tausend Meßwerten von Primas wenige Prozeß-Kennwerte zu erzeugen, die einfach zu interpretieren sind und mit deren Hilfe sich Prozeßparameter so verändern lassen, daß sich die Qualität der Lackierung in die gewünschte Richtung verändert.

Bei der Entwicklung von OPAL lag nur ein verhältnismäßig kleiner Teil der Probleme in der informationstechnischen Verarbeitung der großen Anzahl an Signalen. Diese Aufgabe konnte gemeinsam mit dem Forschungszentrums für Informatik in Karlsruhe und dem Systemhaus Prodatas in Böblingen in den letzten 3 Jahren gelöst werden. Dabei wurde ein kombiniertes Verfahren von direkten numerischen, Fuzzy- und Neuronalen-Netz –Methoden (Feuc98) entwickelt, das sich im Verlauf des Projektes ständig weiterentwickelt hat und immer noch verbessert wird.

Das Hauptproblem der Entwicklung lag jedoch in der Ableitung der mathematischen Algorithmen zur Erzeugung von Kennwerten, die auch ein Nichtspezialist interpretieren kann. Ansätze wie der Aufbau von reinen Expertenwissen-Datenbanken scheitern an den aus der Literatur (Enge96) allgemein bekannten Ursachen der Unzuverlässigkeit bzw. Nichtfaßbarkeit des Expertenwissens bei zu komplexen Themen. Genauso scheitern Dataminingmethoden an der zu starken Vernetzung der Parameter (siehe Bild 2). Auch hier hilft nur ein gekoppeltes Modell weiter, das die Stärken der einzelnen Verfahren auf den speziellen Fall der Lackierung abbildet. Basierend auf diesem Vor-Wissen werden die mathematischen Algorithmen von einem Wissenschaftlerteam der DaimlerChrysler-Forschung in Ulm, Dornier in Friedrichshafen, der Technischen Hochschule Darmstadt und der Fraunhofer-Gesellschaft in Stuttgart durch Experimente und Simulationen ermittelt und anschließend wieder durch die Experten auf Plausibilität überprüft.

Ein einfaches Beispiel für die Qualitätsanalyse und –optimierung soll an Hand einer Pneumatikerstäubung (Bild 7) erklärt werden. Die Schaubilder zeigen berechnete OPAL-Kennwerte, die automatisch aus der Auswertung von ca. 100 Karossen an unterschiedlichen Stellen der Oberfläche erzeugt wurden. Man erkennt deutlich, wie sich der Helligkeitskennwert mit steigendem Zerstäuberluft- und sinkendem Hornluftkennwert erhöht. Auch erkennt man die Abhängigkeit von der Lackviskosität. Man beachte aber auch die starke statistische Schwankungsbreite und die Tatsache, daß die Diagramme farbtionspezifisch sind. Dies macht deutlich, warum Eingriffe in den Lackierprozeß aufgrund von Einzelmessungen der Qualitätskontrolle verboten werden müssen und wieso es notwendig ist, zur fundierten Parameteränderung ein Instrument wie OPAL zu verwenden.

Durch die Verwendung von OPAL als Qualitätsanalyseinstrument lassen sich auch viele teure Technikumsversuche, wie sie bisher unverzichtbar waren (Domn95, Lind97, Scho98) einsparen. So bestehen zum Beispiel alle drei Bilder aus je ca. 500 Meßpunkten, das heißt zur Erstellung solcher Bilder im Technikum wäre eine Unzahl von Versuchen notwendig, die aber in einer Produktionslinie quasi als Spin-Off-Effekt kostenlos erhältlich sind.

Zusammengefaßt bietet OPAL folgende Vorteile :

- Analyse von Qualitätsursachen und Einflußmöglichkeiten
- Hohe statistische Relevanz durch automatische Einbeziehung vieler Karossen
- Fundierte Grundlage durch Expertenwissen, Untersuchungen und Simulationen
- Überwachte Optimierung von Lackieranlagen
- Kostenloser Ersatz für viele Technikumsversuche

## **7. RUBIN : Realzeitüberwachung von Industrieanlagen**

Mit Rubin wurde ein Werkzeug zur automatischen Überwachung von Lackieranlagen geschaffen, das permanent den Zustand der Anlage und seiner Komponenten überprüft. Dabei wird nach Fehlerarten (Pupp96) unterschieden, zwischen reinen Komponentenfehlern und Prozeßfehlern, die auch dadurch zustande kommen, daß sich mehrere Komponenten zwar innerhalb ihrer Toleranzen bewegen, aber deren Abweichungen sich ungünstig aufsummieren, so daß das Prozeßfenster verlassen wird.

RUBIN analysiert beide Arten von Fehlern. Es arbeitet auf ähnlicher Basis wie OPAL, indem auch hier die zentrale Rolle von Kennwerten eingenommen wird. Ausgehend von Experimenten, Laborergebnissen und Simulationen fließt das Expertenwissen in die Generierung von Prozeßkennwerten ein, die vom RUBIN-System aus den Sensorik- und Steuerungsdaten automatisch erzeugt werden. Der Sinn der Prozeßkennwerte liegt wie bei OPAL auch darin, zeitlich hochaufgelöste Meßsignale karossenbezogen zu verdichten und darüber hinaus, aus mehreren einzelnen Meßwerten gekoppelte Kenngrößen abzuleiten, die auch dann überwacht werden können, wenn nur geringe Abweichungen eine Überwachung der einzelnen Meßgrößen nicht zulassen.

Auf weitere Verfahren zur Fehlererkennung, wie sie in RUBIN eingesetzt werden, kann aus Platzgründen leider nicht eingegangen werden. Erwähnt werden soll nur noch die automatisierte Hüllkurvenmethode. Dabei wird der modifizierte Datensatz jeder aktuellen Karosse vom Referenzdatensatz (Hüllkurve von Karossen gleichen Typs und gleicher Farbe) subtrahiert. Liegt die Differenz außerhalb eines Toleranzbandes, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

Bild 8 zeigt die automatische Überwachung der Farbwechselforgänge an einer Wasserbasislack-ESTA. Im oberen Teil ist eine typische Farbwechseltechnik angeordnet, die aus 3 Teilkreisen besteht. Alle 3 Kreise werden aus Taktzeitgründen parallel gespült, wodurch sich ein komplizierter Farbwechselablauf ergibt. RUBIN überwacht auch solche komplexen Vorgänge durch die gekoppelte Kontrolle aller Steuer- und Meßsignale, die mit PRIMAS aufgezeichnet und vorverarbeitet wurden. Der untere Teil von Bild 8 zeigt halbschematisch wie der Farbwechsel mit Hilfe von eigens entwickelten und für die Lackierung standardisierten Funktionsblöcken auf Fehler untersucht wird. Wird ein Fehler gefunden, erzeugt das Ausgabemodul ein Fehlersignal mit zugehörigem Fehlertext. Das Instandhaltungspersonal kann damit gezielt den Fehler beheben, ohne lange Fehlerursache betreiben zu müssen.

Ein weiteres Beispiel, auf das hier auch nicht näher eingegangen werden kann, stellt die automatische Überwachung der Elektrostatik der Außenaufladung dar. Durch die permanente Überwachung spezieller Widerstandskennwerte, die den Zustand der Gasentladung charakterisieren, wird eine Warnmeldung ausgegeben, wenn Fehler oder Störungen in der Zerstäuberentladung auftreten. Die Methode hat sich als so empfindlich erwiesen, daß sie sogar zur automatischen Zerstäuber-Verschmutzungs-Warnung geeignet ist.

Zusammengefaßt bietet RUBIN folgende Vorteile :

- Automatische Überwachung einfacher und komplexer Vorgänge
- Überwachung von Prozeßfenster, Roboter-, Handlerprogrammen, Farbwechsel
- Modularer Aufbau aus Standard- und Spezialfunktionen
- Permanente Erweiterbarkeit zur Ausweitung der Überwachung
- Direkte Ausgabe von Fehler- und Warnmeldungen
- Zusätzliche Ausgabe der Meldungen über die Steuerungsvisualisierung

## **8. TOPAS : System für Teleservice und Online-Prozeßanalyse**

TOPAS wurde für Betreiber von Fabriken entwickelt, die sich kein eigenes Expertenteam leisten können oder wollen. Dies betrifft hauptsächlich Auslandswerke

großer Unternehmen, ist aber auch für mittelständische Firmen interessant, die auf Spezialisten von Steuerungs- oder Anlagenlieferanten zugreifen möchten. Über Topas können der Anlagenbetreiber und der Instandhalter direkt mit Spezialisten im Servicezentrum kommunizieren. Hilfsmittel sind dabei Mikrofon, Kopfhörer und Webkamera. Dadurch sieht der Spezialist genau dasselbe wie der Mann vor Ort, kann sich direkt mit ihm unterhalten und ihm so Anweisungen zur Instandhaltung oder Bedienung geben (Bild 9).

Verbindungsmöglichkeiten sind Intra- und Internet oder ganz normale Modem- bzw. ISDN-Verbindungen.

Ist in der Fabrik PRIMAS installiert, so können auch alle PRIMAS-Daten für den Spezialisten im Servicezentrum freigeschaltet werden. Dadurch hat der Spezialist alle Prozeß- und Qualitätsinformationen, die er benötigt, um Fehler schnell und eindeutig zu lokalisieren.

Ein weiterer Vorteil von Topas ist die Unterstützung von Inbetriebnahmeteams durch die Entwickler und Planer der Zentrale. Auch Dokumentationen, die oft erst während der Inbetriebnahmephase erstellt werden, sind so jederzeit auf dem neuesten Stand abrufbar.

Eine direkte Steuerung von Fertigungsanlagen aus einer Zentrale ist zwar technisch auch möglich, wird aber von DaimlerChrysler aus jetziger Sicht als zu riskant und nicht empfehlenswert eingestuft.

Zusammengefaßt bietet TOPAS folgende Vorteile:

- Direkte Online-Kommunikation von Anlagenbetreibern und Instandhaltern mit den Experten im Servicezentrum mittels Sprach- und Bildübertragung
- Freischaltung der PRIMAS-Daten für die Fehlersuche durch Experten
- Zugriff auf aktuelle Dokumentationen und neuestes Prozeßwissen
- Schnellstmögliche Expertenverfügbarkeit vor Ort
- Betreuung vieler Fabriken durch wenige Experten (Servicezentrum)
- Einsparung von Reisekosten

## **9. Quasar : Gesamtheitliches System zur automatischen Qualitätsregelung**

QUASAR ist die automatische Qualitätsregelung der Zukunft. Das System integriert die besprochenen Tools in einem gesamtheitlichen System zur Diagnose, Optimierung, Überwachung und Regelung von Lackieranlagen. Es wird den Lackierprozeß selbstständig regeln können (Bild 10). Von Quasar werden dazu alle Ergebnisse der Einzeltools benötigt und zusammengefaßt:

PRIMAS	: Prozeßdatenerfassung und Visualisierung
AQUA	: Automatische Qualitätsanalyse
SAFIR	: Generierung und Visualisierung von Managementdaten
KARAT	: Restlebenszeitbestimmung von Bauteilen
OPAL	: Parametervorgaben zur Qualitätsoptimierung
RUBIN	: Realzeitüberwachung von Lackieranlagen
TOPAS	: Teleservice und Online-Prozeßanalyse

Diese Tools befinden sich größtenteils bereits im Serieneinsatz, während sich QUASAR erst in der Entwicklungsphase befindet. Der Einsatz in der Serienfertigung ist für 2004 geplant. Viele Regelungen sind zwar schon realisiert, lassen sich aber erst dann automatisch einsetzen, wenn mindestens 99 % aller Fehleralgorithmen in RUBIN und 90 % der Kennwertalgorithmen in OPAL bekannt sind. Nur so kann vermieden werden, daß ein Regelmechanismus eventuelle Anlagenfehler übersieht und falsch reagiert, indem er Parameter verstellt, die eigentlich richtig sind. In Bild 2 wird auch klar ersichtlich, daß so ein Regelsystem nahezu alle Zusammenhänge kennen muß, um nicht den falschen Parameter zu verstellen. So hat zum Beispiel die Farbmenge einen Einfluß auf mehrere Oberflächeneigenschaften, wie Schichtdicke, Farbton, Verlauf usw. Um die Schichtdicke an speziellen Stellen zu verändern, müssen begleitende Maßnahmen an anderen Parametern vorgenommen werden.

Um zu vermeiden, daß ein Regelmechanismus die komplette Anlagentechnik verstellt, muß auf absehbare Zeit noch der Mensch als Schnittstelle zwischen QUASAR und der Anlagentechnik als Kontrollinstanz geschaltet werden,

Anbieter einer automatischen Prozeßregelung, die nicht über die Gesamtheit der o. g. Informationen verfügen, werden mit ihrer Regelung jetzt und vermutlich auch in Zukunft mehr Schaden anrichten als Nutzen. Mit den Instrumenten von QUASAR wird unseres Erachtens die Qualitätsregelung in Zukunft gelingen und somit ein wichtiger Beitrag zur hochwertigen und kostengünstigen Lackierung erbracht werden.

Literatur :

Daus98	T. Dauser,	<b>Farbtonmanagement</b>	Conf. Band, DFO-Tagung, 29./30. Sept. 1998
Domn95	J.Domnick, A.Lindenthal, M.Rüger, M.Sommerfeld, P. Svejda	<b>Oversprayarme Spritzlackiertechnik</b>	Abschlußbericht zum DFO-Projekt, Oversprayarme Spritzlackiertechnik 1995
Enge96	J.Engel	<b>Entwicklung eines wissensbasierten Informationssystems zur Unterstützung der Störungsdiagnose</b>	VDI-Verlag, Reihe 20, 1996
Feuc98	P.Feucht O.P.Leisin R.Suna M.Deck	<b>Interaktiv lernende Diagnosesysteme für industrielle Anwendungen</b>	Beiträge zum 3. Cottbuser Workshop Aspekte neuronalen Lernens
Jung96	L.Jung,	<b>Off-Line Lackierung von Kunststoff-Anbauteilen in Wagenfarbe, Applikation beim Zulieferanten</b>	DFO-Bericht, 6/1996
Leis98	O.P.Leisin	<b>Lackierprozeßdiagnose</b>	DFO-Jahrestagung 1997
Lind97	A. Lindenthal,	<b>Verbesserung der Effizienz der pneumatischen Lackapplikation mit Hilfe von Phasen-Doppler-Anemometrie-Untersuchungen</b>	Dissertation, Verlag Shaker, Aachen, 1997, ISBN 3-8265-3077-2
Pupp96	F.Puppe	<b>Wissensbasierte Diagnose- und Informationssysteme</b>	Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1996
Scho98	T. Scholz,	<b>Experimentelle Untersuchungen zur Mehrphasen-strömungen im Sprühkegel eines elektrostatisch unterstützten Hochrotationszerstäubers</b>	VDI-Verlag Düsseldorf, 1998, ISBN 3-18-334607-9