



- 1 Montageablaufdarstellung.
- 2 Assistenzeinblendung im Kamerabild. Foto: Fraunhofer IFF
- 3 CAD-Modell Montageszene.

WERKERASSISTENZ UND QUALITÄTSPRÜFUNG FÜR MANUELLE MONTAGEPROZESSE

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h.
Dr. h. c. mult. Michael Schenk

Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg

Ansprechpartner
Geschäftsfeld Mess- und Prüftechnik

Dr.-Ing. Dirk Berndt
Telefon +49 391 4090-224
dirk.berndt@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Ralf Warnemünde
Telefon +49 391 4090-225
ralf.warnemuende@iff.fraunhofer.de

www.iff.fraunhofer.de/mpt



Ausgangssituation und Motivation

Eine Vielzahl industrieller Montageprozesse ist aufgrund einer hohen Individualität der Produkte sehr variantenreich. Werden die Montagearbeiten manuell ausgeführt, ist die Qualität des Endprodukts subjektiv beeinflusst. Dabei auftretende Fehler führen in der Produktion zu erhöhten Kosten. Der Einsatz von gezielter Assistenz bietet hier die Möglichkeit, das Handeln des Menschen zu unterstützen und Fehler zu vermeiden. Dabei wird durch die Bereitstellung von visuellen Informationen eines zu montierenden Bauteils bzw. einer Baugruppe eine klare Handlungsanweisung gegeben, welche auch bei ständig wechselnden Montagevarianten und -typen eine hohe Sicherheit des Prozesses ermöglicht. Derartige Systeme können dahingehend erweitert werden, dass die Assistenzfunktionalität durch eine automatische Qualitätsprüfung im Anschluss an jeden

Montageschritt ergänzt wird, wodurch die Prozesssicherheit nochmals gesteigert werden kann.

Funktionsprinzip der Assistenz

Als Eingangsinformation stehen dem System die Daten einer Videokamera, welche den Arbeitsplatz beobachtet, und die Konstruktionsdaten der zu montierenden Baugruppe inklusive aller Einzelbauteile in Form von 3-D-CAD-Modellen zur Verfügung. Mit Hilfe eines externen Referenzsystems, welches sich im Sichtfeld der Kamera befindet und einen festen Bezug zur zu montierenden Baugruppe bzw. deren Aufnahme hat, wird bei stationären Aufbauten zunächst einmalig die räumliche Position und Orientierung (Perspektive) der Kamera in Bezug auf das Montagefeld ermittelt. Die Assistenz bzw. Prüfung für einen Montageschritt kann dann wie folgt

gestaltet sein: Die Daten der Kameraposition und -orientierung werden dazu verwendet, die Sichtperspektive auf das 3-D-CAD-Modell identisch zur Kameraperspektive auszurichten und ein virtuelles Bild der realen Kameransicht zu generieren. Anschließend ist es möglich, CAD-Modelle zu montierender Bauteile in korrekter Lage und Orientierung der Kamerabildansicht der realen Montageszene zu überblenden. Zur realen Kamerabildansicht wird somit der aktuelle Arbeitsschritt »virtuell« hinzugefügt. Mit diesen Informationen über Position und Orientierung des zu montierenden Bauteils erhält der Werker eine gezielte Unterstützung. Über einen parallel dargestellten Montageablauf in textlicher Form werden Bauteiltyp und Reihenfolge der Montageschritte dargestellt. Weiterhin können Zusatzinformationen, wie z. B. Schraubenanzugsmomente o. ä. für den aktuellen Arbeitsschritt angezeigt bzw. spezielle Hinweise in die graphische Darstellung integriert werden.

Alternativ zu dieser festen Anordnung der Kamera zur Beobachtung der Montageszene ist der Einsatz weiterer fester oder auch definiert bewegbarer Kameras möglich, womit verschiedene Perspektiven auf die Montageszene möglich werden. Insbesondere bei großen und komplexen Baugruppen ergeben sich daraus Vorteile. Ergänzend zu bildüberlagerten und textlichen Assistenzinformationen kann dem Werker durch Bereitstellung eines interaktiven 3-D-CAD-Modellbetrachters weitere Unterstützung gegeben werden.

Funktionsprinzip Montageprüfung

Eine weitere Steigerung der Prozesssicherheit kann durch eine begleitende Prüfung des Montageergebnisses ermöglicht werden. Dabei werden nach Abschluss eines Montageschritts das Vorhandensein, die korrekte Position und Orientierung des montierten Bauteils sowie die Vollständigkeit des Schrittes geprüft. Dazu wird eine 3-D-Geometrieerfassung eingesetzt. Mittels einer Erweiterung des Assistenz-Setups um eine weitere Kamera wird eine zweite Ansicht der Montageszene generiert. Mit Hilfe der Stereo-Triangulation wird die Objektgeometrie der montierten Bauteile dreidimensional in Echtzeit bestimmt und die daraus resultierende Punktemenge mit den CAD-Daten verglichen. Somit lässt sich eine Qualitätsaussage zu Vorhandensein, Richtigkeit und korrekter Einbaulage eines Teils ableiten. Das Ergebnis wird unmittelbar nach Abschluss eines Montageschritts visualisiert und ermöglicht eine direkte Selbstkontrolle des Werkers.

Montageablaufgenerierung

Die Festlegung der Reihenfolge der einzelnen Schritte eines Montageablaufs kann entweder über einen Montageablaufeditor oder bereits bei der Baugruppenkonstruktion im CAD-Programm erfolgen. Der Montageablaufeditor berechnet auf Basis der CAD-Daten der zu montierenden Bauteile eine mögliche Montagereihenfolge und schlägt diese vor. Der Benutzer kann zwischen Alternativvorschlägen wählen oder manuell eine Reihenfolge festlegen.

Durch Auswahl eines Montageablaufdatensatzes kann das Assistenz- und Prüfsystem flexibel und schnell an wechselnde Montage szenarien angepasst werden.

Visualisierung und Bedienung

Die Visualisierung der Assistenzfunktionen sowie der Prüfergebnisse kann im einfachsten Fall über einen im Sichtbereich des Werkers angeordneten Bildschirm erfolgen. Für ausgewählte Anwendungen ist eine Alternative sinnvoll, welche über einen Projektor direkt die Assistenzinformationen auf das Bauteil projiziert und somit eine intuitive Unterstützung für den Werker ermöglicht. Werden Bedienanweisungen des Werkers notwendig, können diese mittels Touchscreen oder über Hand- bzw. Fußtaster erfolgen. Alternativ sind Anweisungen an das System mittels Handgesten realisierbar.

Nutzen

Mit Hilfe derartiger Systeme können komplexe und variantenreiche Montageprozesse effizient und mit einem hohen Maß an objektiver Produktqualität gestaltet werden. Die Arbeitsgeschwindigkeit kann bei einer gleichzeitigen Verbesserung der Prozesssicherheit deutlich gesteigert werden. Durch die Prozessintegration der Assistenz und Qualitätsprüfung erfolgt eine direkte Rückkopplung, wodurch zeit- und kostenaufwendige Nacharbeiten vermieden werden.