

Qualitätssicherung in der Auftragsabwicklung

Automatisierte Produktion von Nockenschaltern

DIETER SPATH, OLIVER EITRICH, JÜRGEN ANDRES

Zunehmende Kundenanforderungen, einhergehend mit höherer Qualität und steigendem Kostendruck, zwingen zu einer effizienten Durchsetzung von Qualitätssicherungsmaßnahmen. Einfluß auf diese Entwicklung üben das Produkthaftungsgesetz und die Normung bezüglich der Einführung von Qualitätssicherungssystemen nach DIN ISO 9000 aus.

Basierend auf einem Laboraufbau, gelang es zum Beispiel bei der automatisierten Produktion von Nockenschaltern, die gesamte Prozeßkette datentechnisch so zu integrieren, daß ein Großteil von Fehlern ausgeschlossen werden kann.

Vor Beginn der Entwicklung von Konzeptvarianten für die automatisierte Produktion von Nockenschaltern wurde eine detaillierte Aufnahme des Ist-Zustands hinsichtlich des Produkts (Produktstruktur, Variantenvielfalt, Mengengerüst) und hinsichtlich der Auftragsabwicklung durchgeführt. In der Auftragsabwicklung für Nockenschalter nach Kundenspezifikation werden die Bereiche Vertrieb, Stücklisten-erstellung, Teilefertigung sowie Montage und Qualitätsprüfung näher beleuchtet, da diese im konkreten Fall die Produktqualität maßgeblich bestimmen und überwiegend durch eine manuelle Vorgehensweise geprägt sind.

Der Kundenauftrag geht im Vertrieb ein, wo zur Produktspezifikation ein formalisiertes Datenblatt erstellt wird, welches als alleiniger Informationsträger alle Fertigungs- und Montageinformationen enthält. Aus diesen Daten

wird im Anschluß die Stückliste erstellt, worauf die Teilefertigung angestoßen oder auf Lagerbestände zugegriffen wird. Die Montage erfolgt gemäß dem erstellten Datenblatt, und schließlich wird das Los einer 100%-Prüfung unterzogen. Dabei handelt es sich um den visuellen Vergleich zwischen dem Datenblatt und einem mittels kleiner LEDs dargestellten Ist-Zustand, der hohe Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Prüfers stellt. Die verbleibenden Kriterien wie kundenspezifische Ausstattung und mechanische Eigenschaften werden visuell bzw. manuell geprüft.

Das Erkennen von Fehlern erfolgt meist erst in der Montage, also am Ende der Prozeßkette (beispielsweise vom Vertrieb falsch erstellte Schaltprogramme oder Widersprüchlichkeiten bei der Stücklisten-erstellung). Ein Großteil der integrierten Fehler, das heißt Fehler,

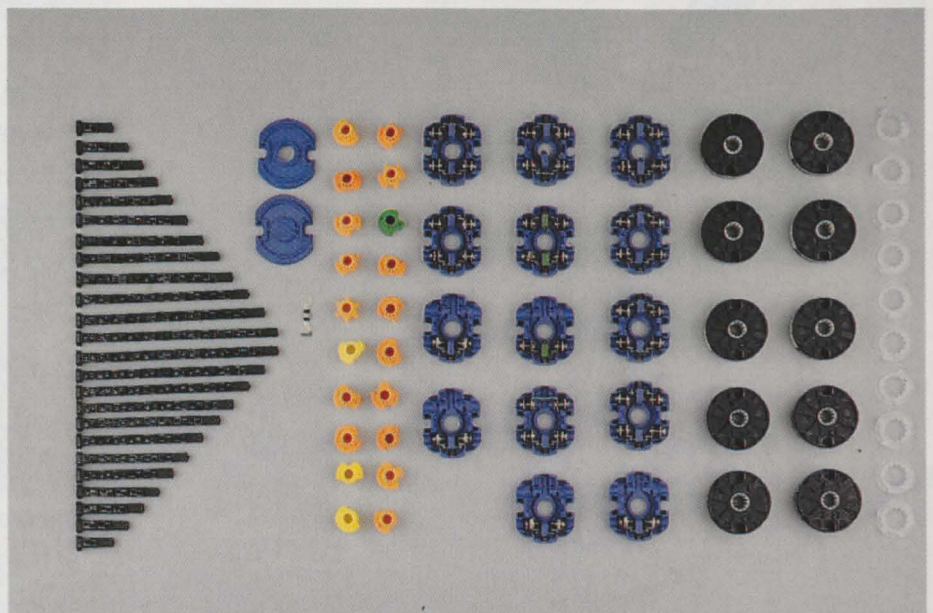


Bild 1. Teilespektrum für die Roboter- und manuelle Montage.

die innerhalb des Unternehmens entdeckt werden, erfolgt jedoch in der manuellen Montage. Häufig sind dies falsch eingesetzte Nocken, so daß die elektrische Funktionsfähigkeit nicht gegeben ist. Gelangen fehlerhafte Schalter zum Kunden, tragen die entstehenden externen Fehlerkosten zu einer unnötigen Erhöhung der Gesamtkosten bei. Zur Umsetzung qualitätssichernder Maßnahmen wurden zudem eine Fehleranalyse interner und externer Fehler durchgeführt sowie die verwendeten Prüfmethode und die Behandlung fehlerhafter Teile untersucht.

Integration von Montage und Qualitätssicherung

Eine völlig heterogene Teilegeometrie und unterschiedlichste Fügevorgänge der Zwischen- und Endausrüstungen führten für die folgenden Betrachtungen zur Konzentration auf den Grundschalter. Unter Berücksichtigung des jeweiligen Jahresverbrauchs der Varianten wurde ein Teil des Produktespektrums für die automatisierte Montage ausgewählt. Dieses Teilespektrum zeichnet sich durch eine noch überschaubare Anzahl von Einzelteilen (Bild 1) bei Jahresstückzahlen, die einen wirtschaftlichen Erfolg des Automatisierungsvorhabens versprechen, aus.

Für diese Einzelteile wurden Alternativen zur Bereitstellung erarbeitet. Aus der dualen Bewertung nach monetär quantifizierbaren und nicht quantifizierbaren Kriterien der Teillösungen gingen die optimalen Varianten hervor, die zu einem Gesamtlösungskonzept kombiniert wurden. Bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung zeigte sich, daß die bereitzustellende Teilevielfalt einen entscheidenden Einfluß auf die Amortisationszeit hat. Infolgedessen wurde eine Systematik entwickelt, die es erlaubt, bei sich ändernden Randbedingungen sowie Stückzahlen der Schaltertypen, Arbeitszeiten usw. ein Optimum der Variantenflexibilität der Montagezelle zu finden.

Vor der Umsetzung in einen Laboraufbau wurde das Layout mit einem am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der Universität (TH) Karlsruhe entwickelten Robotertaktzeit-Analysesystem (ROTAS) optimiert. Aufbauend auf dem Montagevorrang-

HINTERGRUND

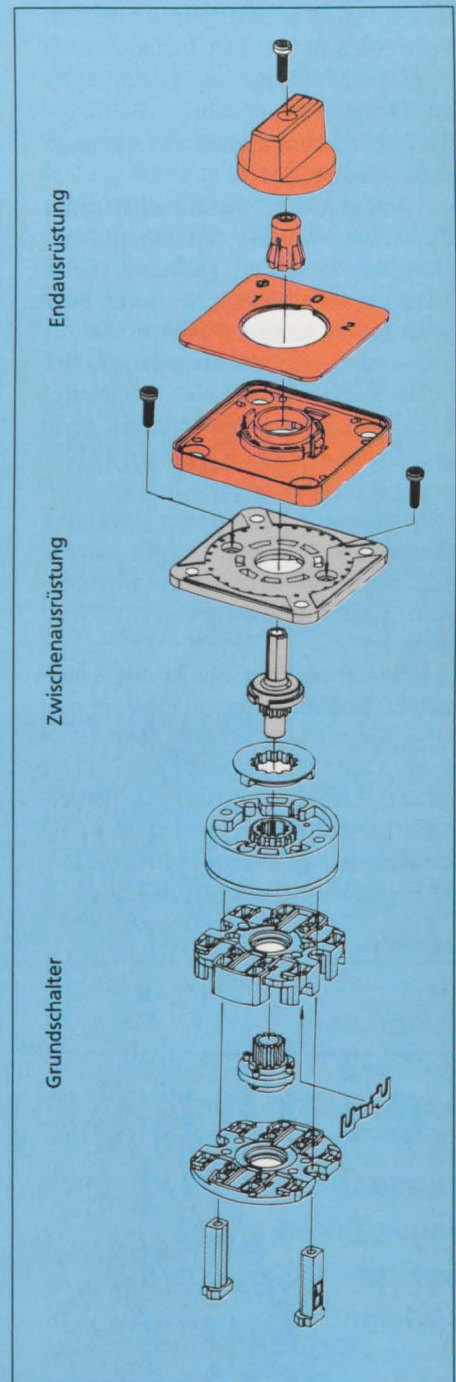
Nockenschalter sind Niederspannungsschaltgeräte, die als Steuer-, Instrumenten-, Motor- oder Hauptschalter Verwendung finden. Das Funktionsprinzip des Nockenschalters (Bild) beruht auf der Übertragung der Drehbewegung des Griffs über eine Achse auf Schaltnocken, an deren Umfang

Qualitativ hohe Produktfunktion und -vielfalt

Ausnehmungen angebracht sind. Diese verursachen eine radiale Bewegung eines Stößels und damit ein Schließen eines Kontakts. Ein Schalter hat bis zu 24 Kontakte, wobei je zwei in einer vormontierten Baugruppe, der sogenannten Flucht, liegen. Sie können mit verschiedenen Bauelementen beliebig überbrückt werden. Der Winkel zwischen zwei benachbarten Schaltstellungen wird durch ein Rastenwerk festgelegt, während der gesamte Schaltwinkel durch einen Anschlag begrenzt wird.

Die Übersicht macht deutlich, daß durch den modularen Aufbau des Grundschalters fast beliebige kundenspezifische Schaltprogramme realisiert werden können.

Da der Begriff der Qualität zunehmend an Bedeutung gewinnt, wird er auch in steigendem Maß als Profilierungsfaktor im nationalen und internationalen Wettbewerb angesehen und hat sich so zu einem entscheidenden Wettbewerbs- und Erfolgsfaktor entwickelt. Ein derart variantenreiches Produkt wie der Nockenschalter, birgt in seiner Herstellung viele Fehlerquellen. Am Beispiel dieses Produkts wird hier gezeigt, wie in Zusammenarbeit mit einem mittelständischen Unternehmen eine Automatisierung der Endmontage mit einem Scara-Roboter konzipiert und zunächst als Laboraufbau realisiert wurde.



Explosionsdarstellung eines Nockenschalters.

graphen, wird dazu jede Montageoperation interaktiv vom Planer in einzelne Verfahrbewegungen oder Montageprozesse zerlegt. Die Verfahrensanweisungen für den Roboter werden mit den

Anfahrpunkten im Zellenlayout verknüpft. Auf der Basis empirischer Werte, die auf Meßreihen am verwendeten Roboter beruhen, ermittelt ROTAS die erforderliche Zykluszeit. Zur

Optimierung des Zellenlayouts können Isochronen um jeden Punkt des Arbeitsraums angezeigt werden. Diese Linien verdeutlichen, welche Punkte innerhalb gleicher Zeiträume angefahren werden können. Die Visualisierung des Montageablaufs in Form eines Gantt-Diagramms erlaubt es, Schwachstellen im Ablauf schnell zu erkennen und zu beseitigen.

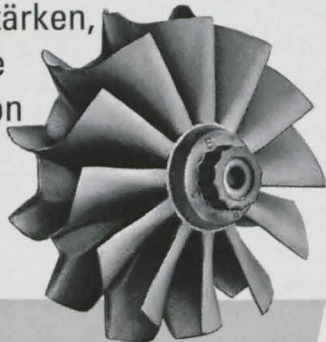
Zur Integration qualitätssichernder Maßnahmen wurden zunächst Nockenschalter in einer größeren Serie produziert. Aus den ausgewerteten Fehlerprotokollen konnten Vorschläge zur Verbesserung der Montagegerechtheit verschiedener Einzelteile abgeleitet werden. Beispielsweise traten beim Fügen der Nocke die häufigsten Fehler infolge fehlender Fügenschrägen auf. Durch Sensorik im Greifer läßt sich erkennen, ob der Greifvorgang korrekt erfolgt ist und ob es sich der Außengeometrie nach um das korrekte Teil handelt.

Das Innenleben einer Flucht mit seinen sensiblen Kontaktsystemen (Federn und diverse Kleinteile) wird mit einer CCD-Kamera mit Hilfe der Profilvertechnik inspiziert. Dabei handelt es sich um frei definierbare Strecken, entlang derer die Lichtintensität gemessen wird. Enthaltene Fremdkörper oder beim Transport

Inserat

Feinguss

Feinste Oberflächen, dünnste Wandstärken, höchste Präzision



kneubühler ing. ag

METALLURGISCHE PRODUKTE

Bodmerstr. 11, Postfach 310, CH-8027 Zürich
Tel. 01 202 31 43, Fax 01 202 31 44

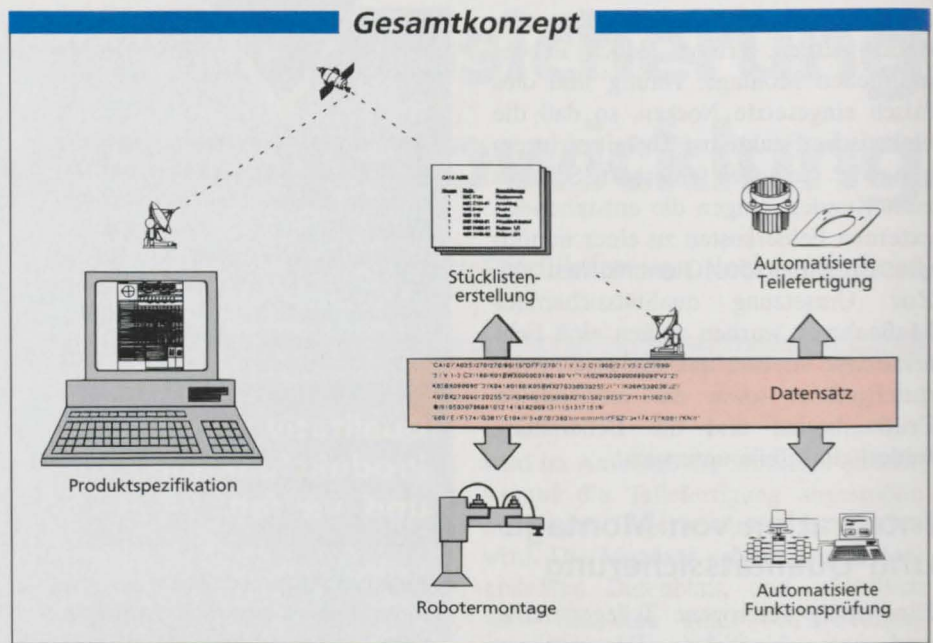


Bild 2. Automatisierte Nockenschalterproduktion zum Ausschließen von rund 60% der Fehlermöglichkeiten.

verlorengegangene Bestandteile werden so detektiert. Zusätzlich wird ein Montagevorgang im Innern der Flucht überprüft. Ergänzt wurden diese Maßnahmen durch einzelne Änderungen an den Bereitstellungsvorrichtungen, so daß Teile nur in der korrekten Orientierung zugeführt und somit Fehler bei der Bereitstellung ausgeschlossen werden können.

Zum frühzeitigen Erkennen von Fehlern direkt nach der Montage des Grundschalters ist in die Roboterzelle eine Einrichtung zur automatisierten elektrischen Funktionsprüfung integriert. Mittels eines Prüfgeräts werden die Anschlußklemmen des Schalters eingangsseitig mit einer Spannung beaufschlagt. Ausgangsseitig werden die ankommenden Signale an einen Rechner geleitet, der durch bestimmte Algorithmen ermittelt, bei welchen Schaltstellungen oder Winkeln Kontakte geschlossen sind und zwischen welchen Klemmen ständig elektrische Verbindungen bestehen. Zudem können die Anschlagbegrenzungen des Schalters ermittelt werden, so daß insgesamt alle relevanten Kriterien, die die elektrische Funktionsfähigkeit beeinflussen, erfaßt werden.

Im Rechner ist der elektrische Soll-Zustand des Schalters abgebildet, so daß über einen automatischen Ver-

gleich eventuelle Fehler lokalisiert und Nacharbeitsanweisungen ausgedruckt werden. Aufgrund der Vorgaben durch die DIN ISO 9000 können mit den erfaßten Schalterdaten bei Bedarf detaillierte Prüfprotokolle erstellt werden.

Integration zu einem Qualitätssicherungskonzept

Die Notwendigkeit der rechnerischen Abbildung der Schalterfunktionen für die automatisierte Funktionsprüfung erforderte ein Konzept zur eindeutigen, EDV-gerechten Beschreibung der nahezu unbegrenzten Zahl möglicher Erzeugnisvarianten. Ziel dabei war es, nicht nur die Anforderungen der Qualitätssicherung abzudecken, sondern auch die Anforderungen aller weiteren an der Auftragsabwicklung beteiligten Stellen zu erfüllen. Ein zentral gespeicherter Datensatz im ASCII-Format, der sämtliche produktbeschreibenden Daten enthält, kann über vorhandene Rechnernetze übermittelt werden, so daß er von allen Beteiligten individuell benutzt werden kann. Änderungen werden sofort für alle wirksam, und Übertragungsfehler sind unwahrscheinlich.

Routinetätigkeiten wie die Stücklisten-erstellung sind leicht automatisierbar,

dazu genügt eine Konvertierung des Datensatzes. Zur weiteren Reduzierung der bereitzustellenden Teilevielfalt wurde beschlossen, sämtliche Varianten der Schaltnocken aus einem einzigen Roh- teil auftragsspezifisch herzustellen. Die automatisierte Nockenfertigung, die in die Roboterzelle integriert ist, zieht die Parameter aus dem Datensatz heraus, aus welchen sich die Positionen der Ausnehmungen errechnen lassen. Ebenso kann der Roboter mit nur einem parametrisierten Programm das gesamte Variantenspektrum montieren. Zur Erzeugung des Datensatzes wurde ein interaktives System zur Schaltererfassung auf der Basis einer marktgängigen PC-Software entwickelt. Dabei gelang es, ein bewährtes Formblatt für die Schalterspezifikation sehr genau abzubilden. Auch hier kann der Rechner Routinetätigkeiten wie Konsistenzprüfung, Vorschläge möglicher Kombinationen oder die grafische Darstellung der Einbaupositionen verschiedener Teile übernehmen.

Erfolgreiches Gesamtkonzept

Das Gesamtkonzept (Bild 2) zur automatisierten Nockenschalterproduktion schließt eine Vielzahl von Fehlermöglichkeiten von vornherein aus. Durch Plausibilitätsprüfungen bei der rechnerunterstützten Erstellung des Schaltprogramms können keine Inkonsistenzen zwischen gewünschter elektrischer Funktionalität und den Montageanweisungen mehr auftreten. Die Rechnerintegration erlaubt eine automatische, bedarfsgerechte Aufbereitung von Informationen, vermindert geistige Rüstzeiten und dadurch auch die Fehlermöglichkeiten der involvierten Personen. In erheblichem Maß werden Fehler reduziert, die während der Montage auftreten. So werden sämtliche Funktionsfehler des Schalters im Vorfeld vermieden oder unmittelbar dort erkannt, wo sie auftreten können. Zusätzliches Einsparungspotential liegt in der Nutzung der Auftragsdaten bei der

manuellen Endausrüstung der Schalter. Durch den Zugriff auf aktuelle und zentrale Produktdaten werden die ursprünglich inselartig gegliederten Bereiche in ein Gesamtsystem zur sicheren und schnellen Auftragsabwicklung integriert. Der integrierte Informationsfluß vom Vertrieb bis zur Funktionsprüfung reduziert die internen Fehler um rund 60 %. Damit zeigt sich, daß die Forderung nach höherer Bearbeitungs- und Produktqualität einerseits und die Reduzierung der Durchlaufzeiten andererseits keine gegensätzlichen Ziele darstellen, sondern sich in ihrer Auswirkung verstärken können. [7]

Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Leiter,
Dipl.-Ing. Oliver Eitrich und
Dipl.-Ing. Jürgen Andres, wissenschaftliche Mitarbeiter, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebs- technik (wbk), Universität (TH) Karlsruhe, Kaiserstraße 12, D-76128 Karlsruhe