

Effiziente Montagekonzepte.

Ein erhebliches Rationalisierungspotenzial hinsichtlich Kosten und Leichtbau bietet die elektrische Verkabelung im Pkw. In einem gemeinsamen Projekt von FAPS und Industriepartnern wurde beispielhaft an Pkw-Türmodulen nachgewiesen, dass sich durch automatisches Verlegen von Flachleiter-Meterware sowohl Materialkosten reduzieren als auch Prozessketten verkürzen lassen.

**KLAUS FELDMANN
ANDREAS KUNZE**

Ein Ansatzpunkt der Hersteller für die weitere Rationalisierung im Automobilbereich ist die elektrische Verkabelung des Pkw, die bis heute überwiegend mit Hilfe von konventionellen Kabelbäumen realisiert wird. Der konventionelle Kabelbaum ist mit 40 bis 60 kg die schwerste und mit ca. 12 % der Einkaufssumme eine der kostenintensivsten Komponenten in einem Mittelklassen-Pkw. Zudem erfordern Herstellung und Montage der Kabelbäume einen hohen Personaleinsatz. Neben dem umweltpolitischen Aspekt der Gewichtsreduzierung spielen bei den Überlegungen, konventionelle Kabelbäume zu ersetzen, vor allem auch die Kostenreduzierung durch Vereinfachung der gesamten Logistik im Bereich Kabelbaummontage sowie die Erhöhung der Flexibilität eine entscheidende Rolle.

Im Rahmen dieser Neugestaltung werden bereits Versuche zum Einsatz flexibler gedruckter Schaltungen (FFC und FPC) durchgeführt. Führende Hersteller entwickeln extrudierte und laminierte Flachleiter, die im Gegensatz zu den flexiblen

gedruckten Schaltungen größere Ströme übertragen können. Sie sind damit vielseitig im Fahrzeugbau einsetzbar. Die bisherigen Montagekonzepte sind in ihrer Art und Ausprägung nicht wirtschaftlich automatisierbar. Am Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) wird zusammen mit Industriepartnern an Lösungen zur automatisierten Kabelmontage dieser innovativen Flachleiter mit Hilfe von Industrierobotern gearbeitet.

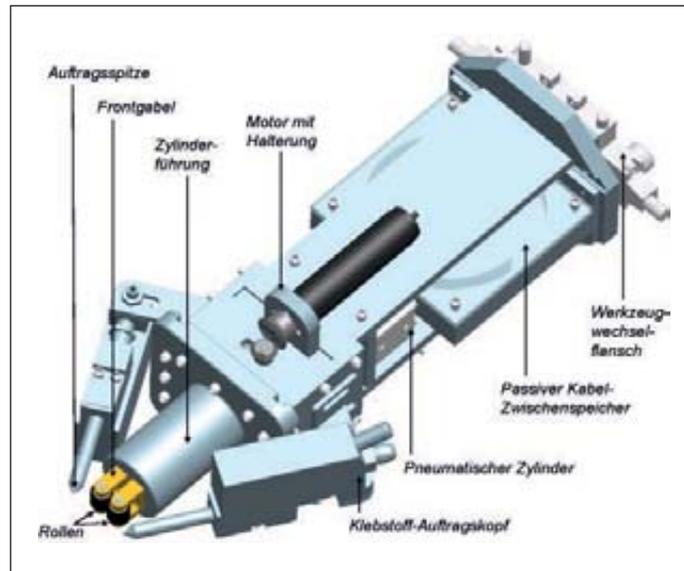
Roboterassistierte flexible Montage von FFC

Für die vollautomatisierte Montage von flexiblen Flachleitern (FFC = Flexible Flat Cables) wurde ein 6-Achs-Roboter eingesetzt, da dieses Handhabungsgerät sehr flexibel für die räumliche Verlegung von Flachleitern verwendet werden kann. Zur prototypischen Realisierung der Montagekonzepte wurde das Pkw-Türmodul ausgewählt, da hier die Anzahl der Funktionskomponenten und die Komplexität der Verdrahtungsstruktur im Vergleich zu anderen Fahrzeugmodulen geringer sind.

Der konventionelle Kabelbaum des Türmoduls, der als bandiertes Rundlei-

terpaket ausgeprägt ist, wurde in einer Vorstudie aufgeschnitten, und die Einzelrundleiter wurden flächig auf dem Türmodul verlegt (Bild 1). Die so entstandene flächige Verdrahtungsstruktur wurde anschließend mit verschiedenen Flachleitern nachempfunden. Dabei verfügen die flexiblen Flachleiter über mehrere, nebeneinander liegende und unterschiedlich breite Adern, so dass mit Hilfe eines Flachleiters ein ganzes Rundleiterpaket ersetzt werden kann.

Zur automatisierten Verlegung der Flachleiter wurden am Lehrstuhl FAPS verschiedene Verlegewerkzeuge entwickelt und Prototypen aufgebaut. Für den technischen Lösungsansatz zur FFC-Montage musste dabei eine Vielzahl von Randbedingungen berücksichtigt werden. Mit dem Verlegesystem sollten Flachleiter unterschiedlichen Querschnitts und variierender Adernzahl montiert werden können. Zudem war zu berücksichtigen, dass die Flachleiter mit dem Verlegeeffektor gefaltet werden, um sie flexibel auf der Oberfläche des Türmoduls positionieren zu können. Weitere Rahmenbedingungen waren die Realisierung einer automatisierten Kabelbereitstellung, die Verhinderung von Kabelbrüchen in den



Prototypischer Verlegeeffektor mit Rollen-An-drucksystem und zwei Klebstoff-Auftragsköpfen

Mit Flachleitern Gewicht und Kosten sparen

© KU103497

Faltzonen der Flachleiter sowie die Optimierung von Taktzeiten durch Parallelisierung von Montageschritten.

Ablauf der vollautomatisierten Flachleitermontage

Das am Lehrstuhl FAPS realisierte Montagesystem besteht aus zwei Hauptbestandteilen, dem Modul zur Flachleiterbereitstellung und dem Modul zur Flachleiterverlegung. Zu Testzwecken wurde außerdem ein Produktdemonstrator aufgebaut, auf dem die extrudierten Flachleiter (exFC) verlegt werden. Dieser, zunächst eben gestaltete, Produktdemonstrator wird in einem zweiten Schritt durch einen räumlich geformten Kunststoffträger ersetzt, der direkt in eine bestehende Pkw-Seitentür eingebaut werden kann.

Die Flachleiter werden dem Montagesystem als Meterware, d. h. von der Rolle, über eine prozessintegrierte Beschickereinrichtung zugeführt und dabei in einer definierten Länge zugeschnitten. Bevor die Verlegung des Flachleiters beginnen kann, muss das Verlegewerkzeug mit einem Stück Flachleiter von definierter Länge beschickt werden. Während des Beschickungsvorgangs ist das Werkzeug an die Beschickungseinrichtung angedockt. Die hintere Gabel des Verlegewerkzeugs mündet dabei in eine Andocköffnung an der Beschickungseinrichtung, die das Einfädeln des Flachleiters erleichtert und gleichzeitig die Lage des Verlegewerkzeugs determiniert. Das Kabel wird von einer drehbar gelagerten Spule abgezogen und über eine Führung zum mechanischen Vorschub geleitet. Dabei durchläuft das Kabel einen Sensor, der dem System beim Beschicken das Vorhandensein des Kabelmaterials signalisiert.

Zwischen zwei Vorschubwalzen, die über Antriebsräder im Gleichlauf gehalten

i Institut

Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung (FAPS)
Egerlandstraße 7-9
D-91058 Erlangen
Tel. +49 (0) 91 31/85-27709
Fax +49 (0) 91 31/85-27713
www.faps.uni-erlangen.de

ten werden, wird das Kabel in das Verlegewerkzeug eingeschoben (Bild 2). Mit Hilfe eines Zwei-Klingen-Systems, das durch einen Pneumatikzylinder ausgelöst werden kann, wird das Kabel abgelängt. Um die Flexibilität des Verlegesystems weiter zu erhöhen, wurde die Beschickungseinrichtung mit einer Kabeldickenjustage versehen. Dadurch können Flachleiter zwischen 10 und 13 mm Breite und 0,5 und 1 mm Dicke in derselben Beschickungseinrichtung verarbeitet werden.

Zur Fixierung der Flachleiter auf der Oberfläche des Pkw-Türmoduls wurde ein Heißklebesystem in die Verlegeeinheit integriert. Das System besteht aus einem

Klebstoff-Schmelzgerät, das mit Hilfe einer Zahnradpumpe den flüssigen Heißkleber über Verbindungsschläuche in die Klebstoff-Auftragsköpfe pumpt. Diese sind direkt am Verlegewerkzeug angebracht (Bild 3). Dabei sind alle drei Systemkomponenten separat beheizbar, wodurch für jeden Klebstoff ein speziell angepasstes Temperaturprofil eingestellt werden kann.

Bei der Konstruktion des Verlegeeffektors wurden unterschiedliche Alternativen verglichen und bewertet. Anschließend wurden robotergeführte Verlegewerkzeuge entwickelt und prototypisch umgesetzt. Während der erste Prototyp eines Verlegewerkzeugs den Flachleiter mit Hilfe einer Federlippe in den Klebstoff auf der Oberfläche des Pkw-Türmoduls drückt, werden beim zweiten Prototypen Rollen eingesetzt, die an der Spitze verschiebbarer Messinggabeln gelagert sind (Titelbild).

Die beiden Klebstoff-Auftragsköpfe sind in V-Form vom Kopf des Verlegewerkzeugs angeordnet. Mit Hilfe dieses Systems wird ein Klebstoffdepot in Rautenform in den Verlegeweg des Flachleiters gelegt. Anschließend wird das Kabel

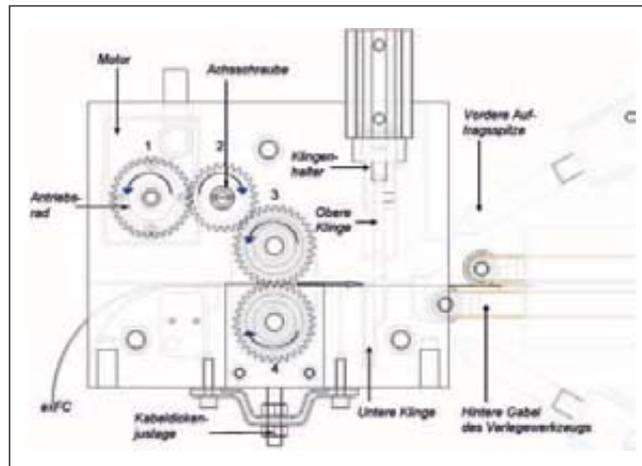


Bild 2. Aufbau und Funktionsweise der Beschickungseinrichtung



Bild 1. Von der Verdrahtungsstudie zur prototypischen Realisierung der Montage von FFCs



Bild 3. Anlagentechnik zum Klebstoffauftrag: Klebstoff-Schmelzgerät MX 4003 mit Zahnradpumpe (links), Verbindungsschläuche mit elektronischen Temperatursensoren (Mitte), Klebstoff-Auftragsköpfe (rechts) (Quelle: Nordson)

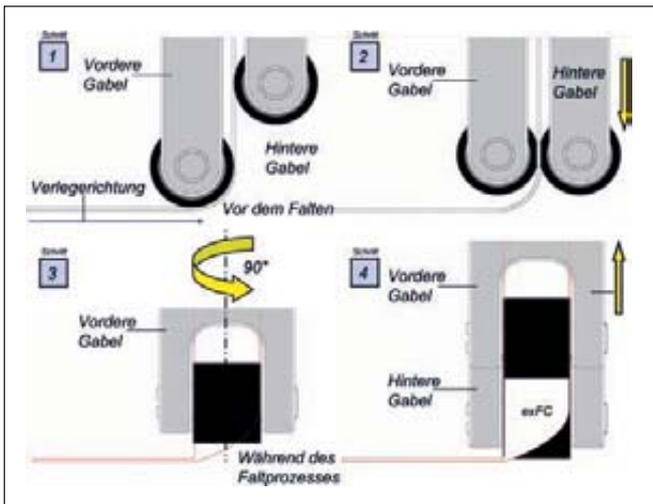


Bild 4. Prinzip der Faltung des Flachleiters mit Hilfe eines Rollensystems

über die Andruckrollen des Verlegeeffektors in das Klebstoffdepot gedrückt und somit fixiert. Die für eine flexible Verlegung erforderliche Faltung des Flachleiters wird ebenfalls über diese Andruckrollen realisiert. Die Verlegung der Flachleiter-Meterware kann dadurch vollautomatisch ablaufen.

Die Faltung des Flachleiters erfolgt durch den Einsatz der beiden Rollengabeln, die am Kopf des Verlegeeffektors parallel zueinander angeordnet sind und mit Hilfe von zwei Pneumatikzylindern verschoben werden können. Der Flachleiter, der sich bei nur einer ausgefahrenen Gabel zwischen den Rollen bewegen kann, wird durch das Ausfahren der zweiten Gabel zwischen den Rollen leicht eingeklemmt und somit fixiert (Bild 5). Nach der Fixierung des Flachleiters wird das Verlegewerkzeug senkrecht zur Oberfläche in einem bestimmten Winkel, z. B. um 90°, gedreht und das Kabel dabei gefaltet. Anschließend wird die vordere Gabel angehoben und der Flachleiter mit der hinteren Gabel in das Klebstoffdepot auf der Türmodul-Oberfläche gedrückt. Die Montage der Flachleiter kann nun linear in der neuen Verlegerichtung erfolgen.

Nachdem die Flachleiter auf der Oberfläche des Türträgers verlegt worden sind, werden die Funktionskomponenten, z. B. der Fensterheber und der Lautsprecher, montiert. Während der Montage der Funktionskomponenten sollen diese über Kontaktbügel direkt mit dem Flachleiter elektrisch kontaktiert werden. Dadurch wird die Prozesskette zur Montage von Türmodulen erheblich verkürzt. Am Lehrstuhl FAPS werden derzeit Untersuchungen zur elektrischen Direktkontaktierung von flexiblen Flachleitern

durchgeführt. Gleichzeitig wird das bestehende Montagesystem mit Hilfe von Simulatoren abstrahiert und dabei weiter optimiert (Bild 5).

Zusammenfassung und Ausblick

Das hiermit entwickelte Montagesystem ermöglicht eine automatisierte Verlegung von Flachleiter-Meterware auf Pkw-Türmodulen. Die dabei

ausgearbeiteten Konzepte können auch auf andere Anwendungen im Fahrzeugbau übertragen werden. Mit diesem Projekt konnte ein Beitrag zur Reduzierung der Materialkosten, zur Verkürzung der

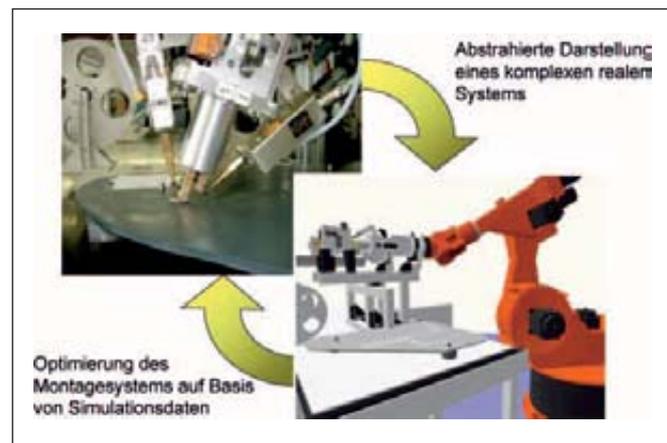


Bild 5. Optimierung der Anlagentechnik zur FFC-Montage

Prozessketten und damit zur Erhöhung der Produktivität geleistet werden.

Die verlegten Flachleiter müssen mit der Systemperipherie elektrisch kontaktiert werden. Diese Kontaktierung, die als lösbare und nicht lösbare Kontaktierung ausgeführt sein kann, unterliegt allerdings einer Vielzahl von Gestaltungs- und Einsatzrichtlinien. Bei der Verbindung flexibler Flachleiter mit elektrischen Anschlusselementen, muss die spezielle Geometrie der Flachleiter berücksichtigt werden. Der rechteckige Querschnitt der Leiter bietet zusätzliche Kontaktierungsoptionen, die es zu analysieren und zu vergleichen gilt. Die Umsetzung eines geeigneten Kontaktierungs-Konzepts erfordert einen erheblichen finanziellen und zeitlichen Aufwand, der durch weitere Untersuchungen vorzugsweise fertigungsnah erbracht werden wird.

Das beschriebene Montagesystem für Flachleiter-Meterware wurde im Zusammenhang mit einem Forschungsprojekt der Bayerischen Forschungsstiftung am Lehrstuhl FAPS entwickelt und aufgebaut. Mit verschiedenen Industriepartnern werden darüber hinaus weitere Möglichkeiten zum Einsatz der Flachleitertechnologie für hybride Bordnetzsysteme untersucht. ■

DIE AUTOREN

PROF. DR.-ING. KLAUS FELDMANN, geb. 1943, ist Inhaber des Lehrstuhls für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) an der Universität Erlangen-Nürnberg und Vorsitzender der Forschungsvereinigung 3-D MID e. V.; feldmann@faps.uni-erlangen.de

DIPL.-ING. ANDREAS KUNZE, geb. 1974, ist am Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Gleichzeitig ist er Geschäftsführer der Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e. V.; kunze@3dmid.de; www.3dmid.de

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

Saving Weight and Costs with Flat Cables

EFFICIENT ASSEMBLY CONCEPTS. *The electric wiring of cars holds much potential for rationalisation in terms of costs and lightweight construction. In a joint project by FAPS and industrial partners, it was found, for example in car door modules, that automatic installation of flat cable metre goods can both reduce material costs and shorten process chains.*

NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE103497** on our website at www.kunststoffe-international.com