



1 *Typischer Fertigungsablauf.*

Foto: Lintje GbR

## AUTOMATISCHE ZEITERFAS- SUNG FÜR MANUELLE MONTA- GEPROZESSE

### Fraunhofer-Institut für Fabrik- betrieb und -automatisierung IFF

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

Sandtorstraße 22  
39106 Magdeburg

Ansprechpartner  
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](http://www.iff.fraunhofer.de/mpt)

### Ausgangssituation und Motivation

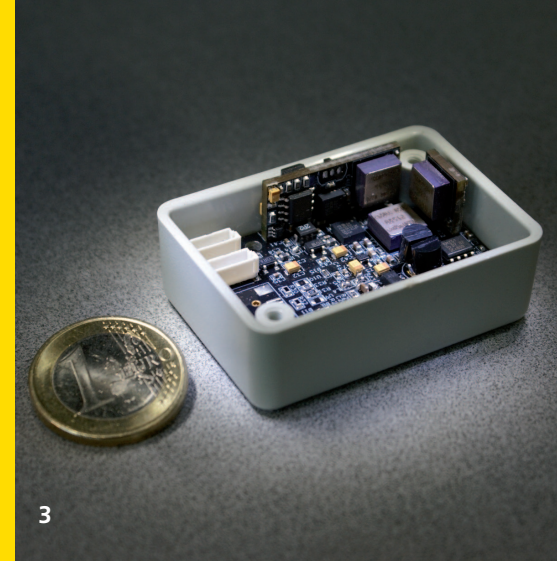
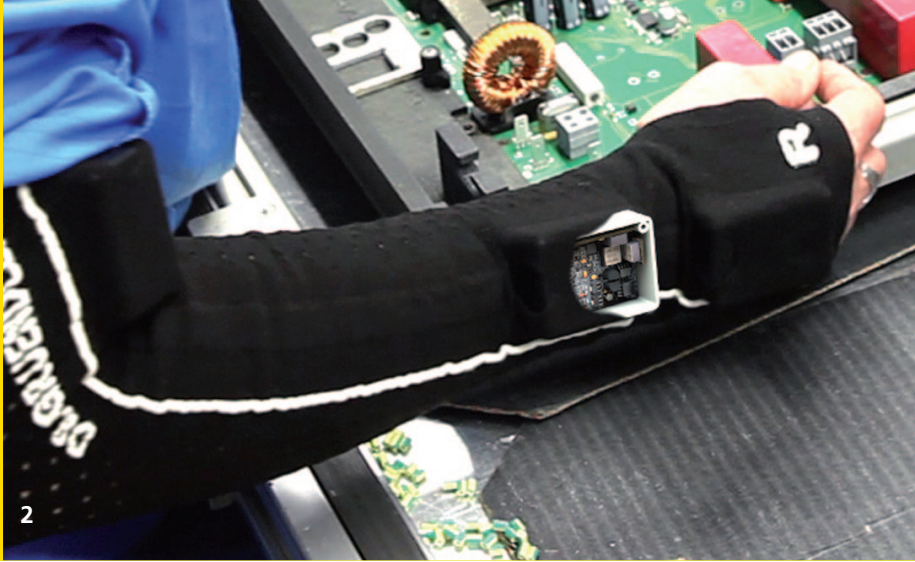
Für die Betriebsorganisation einer industriellen Fertigung werden Daten verschiedener Prozesse durch Arbeitsstudien ermittelt. Insbesondere bei manuell ausgeführten Tätigkeiten ist die Erfassung von Arbeitszeiten ein zentrales Element für die Planung, Steuerung und Entlohnung.

Die Erfassung von Zeiten dient der Aufnahme und Analyse von Arbeitsvorgängen. Voraussetzung für eine strukturierte Zeiterfassung ist die Gliederung eines Arbeitsablaufs in elementare Ablaufabschnitte, wie z. B. Hinlangen, Greifen, Vorrichten oder Fügen. So ist es möglich, den Arbeitsvorgang zu bewerten und die Gesamtzeit durch Reduzierung einzelner beeinflussbarer Elemente iterativ zu optimieren. Zeitaufnahmen in Arbeitsstudien werden bisher mit mechanischen oder elektronischen Zeiterfassungssystemen von einem Zeitaufnehmer durchgeführt.

### Lösungsansatz

Für die Objektivierung und Verringerung des personellen Zeitaufwandes für Zeitaufnahmen wurde am Fraunhofer IFF ein inertialsensorbasiertes Messsystem entwickelt. Es ermöglicht die automatische Erfassung der Bewegungen ausgewählter Extremitäten eines Werkers während seiner Tätigkeit.

Mit den so gewonnenen Messdaten in Form von Bewegungstrajektorien ist eine modellhafte Rekonstruktion der Bewegung möglich. Aus diesen Bewegungsbahnen lassen sich in einem weiteren Schritt verschiedene Prozessgrößen, wie Bewegungslänge, Greifposition und Drehwinkel bestimmen und bei Bedarf eine Zuordnung zu bekannten Handlungsabläufen finden. Anschließend erfolgt eine zeitliche Zuordnung zu den typischen Elementen des gegliederten Montageablaufs.



## Funktionsprinzip Inertialsensoren

Für das Messsystem kommen mikroelektromechanische Sensoren zur Bewegungs- und Orientierungsbestimmung zum Einsatz. Zur Bestimmung translatorischer und rotatorischer Bewegungsanteile werden Beschleunigungs- und Drehratensensoren verwendet. Ergänzend wird die Richtung des Erdmagnetfeldes erfasst. Die Sensoren werden in einer triaxialen Anordnung aufgebaut. Mittels einer geeigneten Datenverarbeitung werden die durch die Sensoren erfassten unerwünschten Anteile der Erdbeschleunigung und der Erddrehrate kompensiert und nachfolgend Bewegungsgrößen wie Position, Orientierung im Raum, Geschwindigkeit und Nutzbeschleunigung bestimmt.

Der Vorteil inertialer Messtechnik liegt in der Referenzinfrastrukturunabhängigkeit. Alternative Bewegungserfassungssysteme, wie GPS-, Kamera- und Ultraschallsysteme benötigen für ihre Funktion zwingend eine Referenzinfrastruktur, wie z. B. in Form von Satelliten beim GPS. Ein Inertialsensormodul in der Größe einer Streichholzschachtel (siehe Bild 2) ermöglicht es, direkt am bewegten Objekt befestigt und ohne ein externes Referenzsystem, Orientierungen und Positionen des Objektes im Raum zu bestimmen.

## Zeiterfassungssystem

Für die definierte Anordnung je eines Sensors an der Hand und am Unter- und Oberarm wurde ein spezieller Sensorärm-

ling entwickelt. Durch den festen, aber angenehmen Sitz des anatomisch geformten Ärmlings, welcher die Sensoren trägt, folgen diese exakt den Bewegungen des Werkers und gewährleisten gleichzeitig einen guten Tragekomfort.

Der Einfachheit und dem Funktionsprinzip geschuldete nicht ideale Eigenschaften der Inertialsensoren führen zu einem, mit fortschreitender Messzeit, anwachsendem Messfehler. Zur Kompensation der Fehler wurde für die vorliegende Anwendung ein Korrekturalgorithmus basierend auf einem biometrischen Menschkörpermodell entwickelt.

Der aus zwei Ärmlingen und sechs Inertialsensoren bestehende Systemaufbau wird durch eine PC-Applikation ergänzt. Im PC erfolgen die Berechnung und die Rekonstruktion der Bewegungsabläufe auf Basis der Sensordaten und die Bestimmung der zugehörigen Zeiten. Die Applikation bietet eine einfache Möglichkeit zur Strukturierung des Fertigungsablaufs und ein Tool zum Einlernen der Messpunkte direkt am Montagearbeitsplatz. Eine Verwaltung der erfassten Montageabläufe und Bewegungsstrukturen erleichtert dem Bediener die Dokumentation und Analyse der Zeiterfassung.

## Vorteile

- objektivierte Analyse von Montageprozessen
- automatische Aufnahme und Bestimmung

- deutliche Reduzierung des personellen Aufwandes für Arbeitsstudien

## Ausblick

Das System ist in seiner bisherigen Auslegung auf Sitzarbeitsplätze beschränkt. Das Ziel von folgenden Entwicklungsschritten ist eine Erweiterung des Anwendungsbereiches auf Arbeitsplätze in Fertigungszellen mit ortsveränderlichen Arbeitsorten.

## Weitere Anwendungsszenarien

Die Zeiterfassung im Rahmen von Arbeitsstudien manueller Montageprozesse ist ein Anwendungsszenario für die Nutzung einer inertialsensorbasierten Bewegungserfassung. Durch eine Erweiterung des Systems können Untersuchungen ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung durchgeführt werden. Dazu müssen aus den Körperhaltungen, den zu handhabenden Gewichten und den aufzubringenden Kräften Handlungsabläufe abgeleitet werden. Die Messung physiologischer Parameter, wie z. B. Puls, Blutdruck und Herzratenvariabilität, kann eine Analyse von Arbeitsbelastungen und Beanspruchungen realisieren.

**2** Sensorärmling integriert drei miniaturisierte Inertialsensormodule.

Foto: Lintje GbR

**3** Inertialsensormodul. Foto: Fraunhofer IFF