



Digitalisierung in der manuellen Montage

Montageprozesse in Zeiten von Industrie 4.0

Sebastian Beckschulte, Louis Huebser, Robin Günther und Robert Schmitt

Die manuelle Erfassung von Montageinformationen zeichnet sich durch eine unstrukturierte, unvollständige und fehlerhafte Datenaufnahme aus. Ein standardisiertes Datenmanagement ist für die Digitalisierung der Montage jedoch wichtiger denn je. Mithilfe von skalierbaren Lösungsansätzen wird exemplarisch aufgezeigt, wie sich dies im Rahmen von vier identifizierten Handlungsfeldern unmittelbar adressieren lässt.

Die Vernetzung und Digitalisierung von Unternehmensbereichen und Geschäftsfeldern eröffnet zahllose Vorteile. Transparente Prozesse, abgestimmte Planungsprozesse, reduzierte

Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie optimierter und nachhaltiger Wareneinsatz sorgen für unternehmerische Effizienzgewinne und bieten Raum zur Gestaltung neuer Geschäfts- und Wertschöpf-



fungsmodelle.

Doch wie steht es um die Digitalisierung in der Montage? Gerne wird das Bild von vollautomatisierten Montagehallen präsentiert, in denen durch Machine-to-Machine-Interaktionen nahezu perfekte Endprodukte montiert werden. Durch eine konsequente, ganzheitliche Analyse werden automatisiert Relationen zwischen verschiedensten Betriebsdaten identifiziert und Anpassungen im Fertigungs- und Montageprozess autonom durchgeführt. [1]

In der Praxis zeichnet sich jedoch oftmals ein konträres Bild ab. Vor allem in der manuellen Montage werden die Potenziale von Digitalisierung und Datenanalyse bislang kaum gehoben. Die Ursachen hierfür sind vielfältig.

Immer individueller und komplexer werdende Endprodukte halten den Anteil manueller Tätigkeiten in Montageprozessen hoch. Dieser Umstand erschwert die automatisierte, sensorische Erfassung von Informationen rund um die manuelle Wertschöpfung. [2] Einer explorativ-empirischen Studie zufolge werden rund 50 Prozent der Daten zu Bauteil- und Funktionsfehlern in der Montage manuell (analog und/oder digital) erfasst. [3]

Hinzu kommt, dass die Arbeitsleistung der Mitarbeitenden über den Tag nicht konstant ist. [4] Unter den gegebenen Umständen resultiert aus der manuellen Erfassung von Montageinformationen eine besondere Schwierigkeit durch eine teilweise unstrukturierte, unvollständige und fehlerhafte Datenaufnahme. In nachfolgenden Verarbeitungsschritten führt das zu Problemen und erhöhtem Aufbereitungs- und Interpretationsaufwand im Rahmen der Datenverwertung.

Des Weiteren ist ein standardisiertes Austauschformat bisher nicht etabliert, welches sowohl abteilungsübergreifend als auch in Bezug auf externe Zulieferer zur Prozesssynchronisation genutzt werden könnte. Die Vielzahl ungünstiger Umstände hat zur Folge, dass die anschließende Datenaufbereitung noch immer eine äußerst ressourcenintensive Aufgabe ist, die etwa 80 Prozent der Arbeitszeit in einem Datenanalyse-Projekt in Anspruch nehmen kann. [5]

Digitalisierungspotenziale der Montage nicht ausreichend erschlossen

Die Anwendung moderner Methoden der intelligenten Datenanalyse birgt das Potenzial zur Aufdeckung bis dato unbekannter Strukturen und Wirkzusammenhänge. Diese lassen sich für die effiziente Steigerung der Prozess- und Produktqualität nutzen. Die valide Nutzung entsprechender Methoden stellt dabei den Anspruch an die zugrunde liegende Datenbasis, eine Beschaffenheit der vorliegenden Struktur und des hierin enthaltenen Informationsgehalts vorzufinden.

So verlangt die Aufdeckung von Zusammenhängen und die Ableitung von Häufigkeitsauswertungen nach einer klaren und möglichst einheitlichen Beschreibung der erfassten Daten (z. B. Fehlerdaten) und der zugehörigen Metainformationen im Sinne einer vollständigen und homogenen Dokumentation.

Die Montage als ein wesentlicher Teil der kundenorientierten Wertschöpfung birgt als Quelle die Informationen, welche der effizienten Verbesserung der Fehlerlenkung, Produkt- und Prozessverbesserung sowie -steuerung dienen können. Die »»

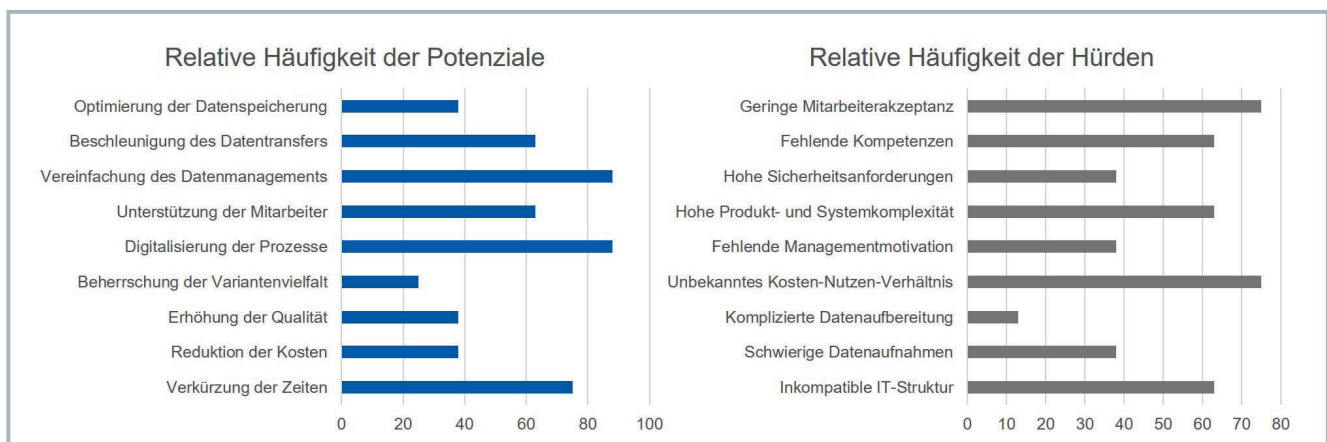
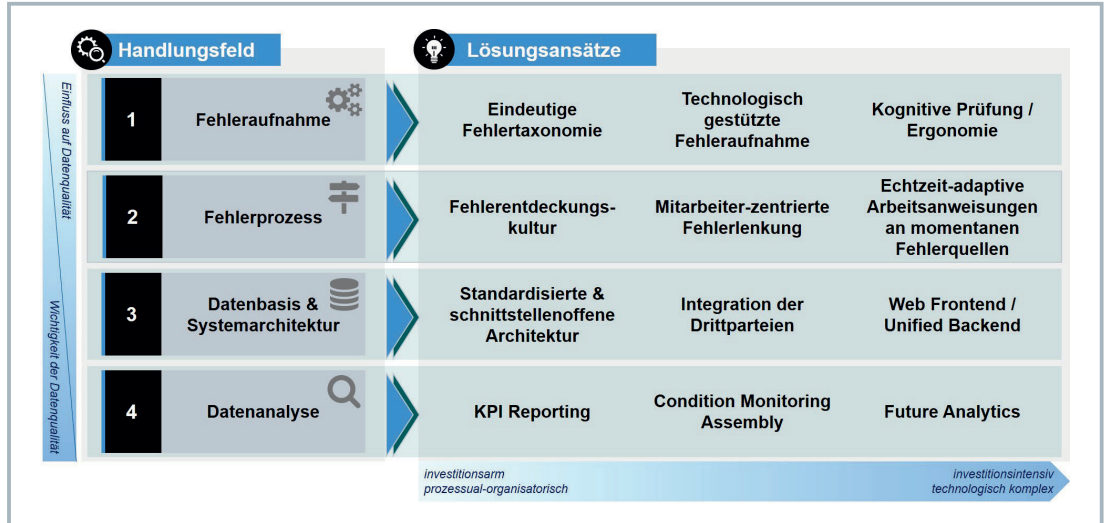


Bild 1. Umfrageergebnisse einer Expertenbefragung Quelle: WZL der RWTH Aachen © Hanser

Bild 2. Ableitung potenzieller Lösungsansätze für identifizierte Handlungsfelder. Quelle: WZL der RWTH Aachen,

© Hanser



Untersuchung der Praxis offenbart jedoch das Bild einer größtenteils unvollständigen und wenig strukturierten Datenerfassung, die eine heterogene Dokumentation generiert und folglich den effizienten Einsatz von Analysemethoden hemmt.

Eine vom Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen durchgeführte Expertenbefragung mit KMU des Maschinen- und Anlagenbaus deckte die nachfolgenden Symptome im Bereich des internen Datenaustauschs auf (Bild 1). Als größte Herausforderungen wurden jeweils von rund 75 Prozent der Befragten eine geringe Mitarbeiterakzeptanz hinsichtlich der Anpassung bewährter Methoden und Systeme sowie Unklarheiten hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses auf Seiten des Managements angeführt.

Weiterhin werden inkompatible IT-Strukturen von etwa 60 Prozent der Befragten genannt. Aufgrund häufig vorliegender veralteter Hard- und Software bedarf es einer Aktualisierung dieser Strukturen, um die Umsetzbarkeit der Digitalisierungsbestrebungen zu gewährleisten.

Weitere Hürden sind im Rahmen des externen Datenaustauschs z. B. mit Zulieferern zu berücksichtigen. Allen voran zu nennen sind hierbei die Datensicherheit, die Interoperabilität der Schnittstellen sowie die vorliegende Datenkultur. Hinsichtlich der Datensicherheit besteht häufig die Angst vor Kontrollverlusten und der Herausgabe von Betriebsgeheimnissen. Die gezielte Bereitstellung von Betriebsdaten bietet jedoch das Potenzial der Aufdeckung unternehmensübergreifender Ursache-Wirkungszusammenhänge, die der ge-

meinschaftlichen Optimierung im Wertschöpfungsverbund dienen. Dies verlangt jedoch nach einer Vereinheitlichung standardisierter Formate und Schnittstellen, welche einen entsprechenden Informationsaustausch begünstigen. Der wichtigste Punkt ist in diesem Zusammenhang die Schaffung eines Verständnisses für die Potenziale einer gemeinschaftlichen Digitalisierungsvision zur Etablierung einer offenen Datenkultur.

Vier zentrale Handlungsfelder für ein vielschichtiges Problem

Das Potenzial für die manuelle Montage wurde insbesondere in der Nutzfahrzeugindustrie erkannt. Die Ausgangssituation bei einem Kooperationspartner aus dieser Sparte offenbarte anfangs eine diverse Dokumentationskultur von Produkt- und Prozessfehlern, die anschließende Fehleranalysen zeitaufwendig und erfahrungsbahngig machte und eine heterogene Systemlandschaft zu Mehrfach-Dokumentationsaufwänden zwang. Hieraus wurden vier Handlungsfelder abgeleitet, die sich mit skalierbaren Lösungsansätzen direkt adressieren ließen (Bild 2).

Die identifizierten Handlungsfelder beinhalten die Themen der „Fehleraufnahme“, des „Fehlerprozesses“, der „Datenbasis & Systemarchitektur“ sowie der „Datenanalyse“ und spiegeln den jeweiligen Einfluss auf die Datenqualität wider. Die Lösungsansätze reichen von investitionsarmen sowie prozessual-organisatorischen zu investitionsintensiven und technologisch komplexen Ansätzen.

Das erste Handlungsfeld der Fehlerauf-

INFORMATION & SERVICE

AUTOREN

Sebastian Beckschulte M. Sc. arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen.

Louis Huebser M. Sc. arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen.

Robin Günther M. Sc. arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen.

Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt ist Direktor am WZL der RWTH Aachen sowie Mitglied des Direktoriums am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Aachen. Er hat den Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement an der RWTH Aachen inne

KONTAKT

Sebastian Beckschulte
s.beckschulte@wzl.rwth-aachen.de
T 0151 72921957

nahme fokussiert eine eindeutige Fehleransprache, oder auch Taxonomie genannt. Dahinter verbirgt sich ein standardisierter und branchenabhängiger Fehlerkatalog, der sich durch eine Ontologie aus Fehlerort, Fehlerart und weiteren, optionalen Informationen zusammensetzen kann.

Mit dieser Grundlage lassen sich weitere neue Technologien (z.B. mobile Endgeräte, Prozesserkennung basierend auf Computer Vision, Sprachsteuerung der Fehlereingabe & Mensch-Technik-Interaktionen) deutlich leichter als pilothafte Anwendung und spätere Standardlösung etablieren. Unterschiedliche Benennungen von gleichen Fehlerbildern werden so vermieden und ermöglichen eine schnelle und fehlerfreie Kennzahlenanalyse des aktuellen Arbeitsprozesses.

Der Fehlerprozess zielt vor allem auf die Entdeckungskultur und Meldebereitschaft innerhalb des Unternehmens ab. Die Schaffung von Akzeptanz unter den Mitarbeitenden ist hierfür elementar. Selbst beim Einsatz moderner Technologien zur Fehleraufnahme und Auswertung basiert eine funktionierende Fehlerlenkung auf dem Eingreifen und proaktiven Handeln der Mitarbeitenden im Wertschöpfungsprozess. Um dies zu erreichen, ist neben der Verbesserung der Datenaufnahme auch eine Neugestaltung der Fehlerprozesse notwendig, indem Mitarbeitenden erweiterte Kompetenzen zur direkten Fehlerbehebung zugesprochen und Meldeprozesse von etwaigen Fehlern für Mitarbeitende vereinfacht werden.

Das dritte Handlungsfeld fokussiert die Datenbasis und Systemarchitektur. Lokal-individualisierte Datenbanken sind unumgänglich, können jedoch über definierte Datenaustauschformate zentral und standardisiert zusammengeführt werden, ohne die Handlungsfreiheit lokaler Organisationseinheiten zu beeinträchtigen. Austauschprozesse müssen IT-seitig automatisiert werden. Der Datenaustausch wird somit nicht mehr nur intern zwischen einzelnen Ressorts (z.B. Produktion und Konstruktion) möglich, sondern auch mit externen Unternehmen und offenbart die zuvor genannten Vorteile.

Die Integration von Drittparteien wird künftig immer wichtiger, da notwendige Kompetenzen häufig intern nicht vorliegen. Unternehmen müssen dementspre-

chend lernen, als Integrator zu agieren, statt Kompetenzen fernab ihrer eigentlichen Kernbereiche aufzubauen.

Das Handlungsfeld der Datenanalyse erfährt sehr häufig die größte Aufmerksamkeit des Managements, ohne die Relevanz der anderen Handlungsfelder gesondert wahrzunehmen. Auch im klassischen Qualitätsmanagement existiert hierzu eine Vielzahl von einfachen statistischen Datenanalysemethoden (bspw. SPC oder Taguchi). Dabei werden festgelegte Eingangsdaten in gut definierbare Auswertungsziele transformiert. Sehr häufig können hierbei schon mit zunehmender Datenmenge für dieselben Eingangsdaten und Auswertungsziele Machine-Learning-Methoden an Stelle der üblichen statistischen Methoden genutzt werden. Es gilt zu beachten, dass zwar eine höhere Genauigkeit erzielt wird, die Prozesse zur Ermittlung der Eingangsdaten und Auswertungsziele aber gleichbleiben. [6, 7]

Ausblick

Die projektgestützten Einblicke in der Nutzfahrzeugindustrie decken sich mit den Experteninterviews und verdeutlichen die Notwendigkeit zum Handeln. Der Einsatz moderner Datenanalysemethoden ist nur ein Teilaspekt zur Digitalisierung.

Die eigentliche Herausforderung besteht im Datenmanagement. Dieses bildet die wesentliche Grundlage für anschließende Analysen und übt mit ihrer Informationsqualität massiven Einfluss auf die resultierenden Ergebnisse und Interpretationen aus. Folglich ist es umso wichtiger, die so erzeugten Daten als eine wichtige Ressource zu verstehen, deren Wert in starker Abhängigkeit zur vorliegenden Datenqualität steht.

Viele Unternehmen können so bereits ohne elaborierte Analysemethoden große Potenziale erschließen. Ein harmonisiertes Datenmanagement lässt die unternehmensinterne Datenarchitektur zu einem regelrechten Key Success Factor werden. ■

INFORMATION & SERVICE

PROJEKT

Die Arbeitsergebnisse sind Teil eines Projektes der MAN Truck & Bus SE. Infolge einer Datenanonymisierung wurden aus realen Produktionsabläufen und Montageinformationen synthetische Daten generiert, die dennoch die physikalischen Zusammenhänge des Prozesses realistisch widerspiegeln.

Das IGF-Vorhaben „LeaF – Learning Failure Management“ (19931N) der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Qualität e.V. (FQS) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

LITERATUR

- 1 Wu, D., Jennings, C., Terpenney, J., Kumara, S., Gao, R.: Cloud-Based Parallel Machine Learning for Tool Wear Prediction. *JMSE* 140(2018) 4, S. 1–10
- 2 Maier, M., Tropschuh, B., Teubner, S., Reinhart, G.: Methode zur Gestaltung des Anlernprozesses in der manuellen Montage. *ZWF* 115(2020) 10, S. 682–686
- 3 Groggert, S.: Steigerung des kundenindividuellen Auftragsabwicklungsprozesses durch Data Analytics. *Apprimus Verlag*, 2019
- 4 Dimitropoulos, N., Michalos, G., Makris, S.: An outlook on future hybrid assembly systems – the Sherlock approach. *Procedia CIRP* 97(2021), S.441–446
- 5 Gupta, G. K.: Introduction to Data Mining with Case Studies. *PHI Learning*, 2014
- 6 Beckschulte, S., Huebser, L., Schumacher, C., Schmitt, R., Kurzhals, R.: Besseres Verständnis – Analyse von Produktionsprozessen mit Predictive-Quality-Ansätzen; *QZ* 10(2020), S. 50–52
- 7 Bergs, T., Brecher, C., Schmitt, R., Schuh, G.: Aachener Internet of Produktion – Turning Data into Value.; *Werkzeugmaschinen-Kolloquium AWK*, 2020