



Digitalisierung und Automatisierung in der Holzverpackungsfertigung S. 22

»» **DIGITALISIERUNG** erfolgreich umgesetzt



weitere Themen

- KI-gestützte Auftragskontrolle für Zahnersatzprodukte
- Anpassung von Wartungsintervallen auf Basis von Datenanalysen
- Auftragsabwicklung und Projektmanagement im Handwerk
- IoT gestützte Entleerung von Abfallbehältern
- Aus alt wird digital – Retrofitting einer Bandsäge



Mittelstand 4.0
Kompetenzzentrum
Hannover

Ausgabe 5
mit uns digital!
Individuell. Unabhängig. Vor Ort.

>> **DIGITALISIERUNG**

erfolgreich umgesetzt



Was ist Mittelstand-Digital?

Mittelstand-Digital informiert kleine und mittlere Unternehmen über die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung. Die geförderten Kompetenzzentren helfen mit Expertenwissen, Demonstrationszentren, Best-Practice-Beispielen sowie Netzwerken, die dem Erfahrungsaustausch dienen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) ermöglicht die kostenfreie Nutzung aller Angebote von Mittelstand-Digital.

Der DLR Projektträger begleitet im Auftrag des BMWi die Kompetenzzentren fachlich und sorgt für eine bedarfs- und mittelstandsgerechte Umsetzung der Angebote. Das Wissenschaftliche Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK) unterstützt mit wissenschaftlicher Begleitung, Vernetzung und Öffentlichkeitsarbeit.

Weitere Informationen finden Sie unter:
www.mittelstand-digital.de

Mittelstand-
Digital



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Leibniz
Universität
Hannover



Produktionstechnisches
Zentrum Hannover



Institut für
Integrierte Produktion Hannover

Digitalisierung erfolgreich umgesetzt

<i>Berend Denkena</i> Editorial	3
<i>Yorck Hedicke-Claus / Jörn Eichstaedt</i> KI-gestützte Auftragskontrolle für Zahnersatzprodukte	4
<i>Tom Strating / Maren Müller</i> Anpassung von Wartungsintervallen auf Basis von Datenanalysen	8
<i>Yorck Hedicke-Claus / Robin Stöber</i> Auftragsabwicklung und Projektmanagement im Handwerk digitalisieren	12
<i>Marvin Abt</i> Kippung auf Anfrage – IoT gestützte Entleerung von Abfallbehältern nach Bedarf	16
<i>Dominik Melcher / Ake Kriwall</i> Digitalisierung und Automatisierung in der Holzverpackungsfertigung	22
<i>Michael Rehe / Dirk Leenderts</i> Aus alt wird digital – Retrofitting einer Bandsäge	26

Editorial

Sehr geehrte Damen und Herren,

es ist inzwischen längst Konsens, dass an digitalen Lösungen und Anwendungen Künstlicher Intelligenz auf Dauer kein Weg vorbeiführt. Gerade kleine und mittlere Unternehmen fragen sich jedoch, welche Maßnahmen für ihren Betrieb die richtigen sind und wie sie Digitalisierungsschritte einleiten können. In unserem Magazin stellen wir Ihnen beispielhaft sechs unserer Projekte mit Unternehmen vor, die Ihnen Wege zur Implementierung und den Nutzen digitaler Technologien aufzeigen.

Gleich zwei Projekte dieser Ausgabe beschreiben Anwendungen Künstlicher Intelligenz: Im Projekt mit der CADSPPEED GmbH konnte durch die Einführung einer KI-gestützten Auftragskontrolle für Zahnersatzprodukte die Durchlaufzeit der Aufträge reduziert und damit die Effizienz im Unternehmen erheblich gesteigert werden. Um bestmögliche Wartungsintervalle für die Maschinen im Unternehmen geht es im Projekt mit der Hako GmbH. Intelligente Datenanalysen ermöglichen die vorausschauende Planung der Wartungen, um Schadensfälle zu verringern.

„Kippung auf Anfrage“ heißt das Projekt, das die Einführung einer IoT-gestützten Entleerung von Abfallbehältern durch die Entwicklung und Nutzung einer „smarten Tonne“ vorstellt. Im Rahmen des Projekts wurde ein Konzept für die bedarfsgerechte Abholung von Haushaltsabfällen mittels einer digitalisierten Mülltonne skizziert.

Das Retrofitting von Maschinen kann wesentlich zur Steigerung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit im Unternehmen beitragen. Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover hat im Projekt mit der Hedemann Technik GmbH eine Bandsäge in ein digitales Produktionsumfeld integriert. Das realisierte Konzept ist auf andere Maschinen übertragbar und damit ein anschauliches Beispiel, wie Bestandsmaschinen vergleichsweise kostengünstig aufgerüstet werden können.

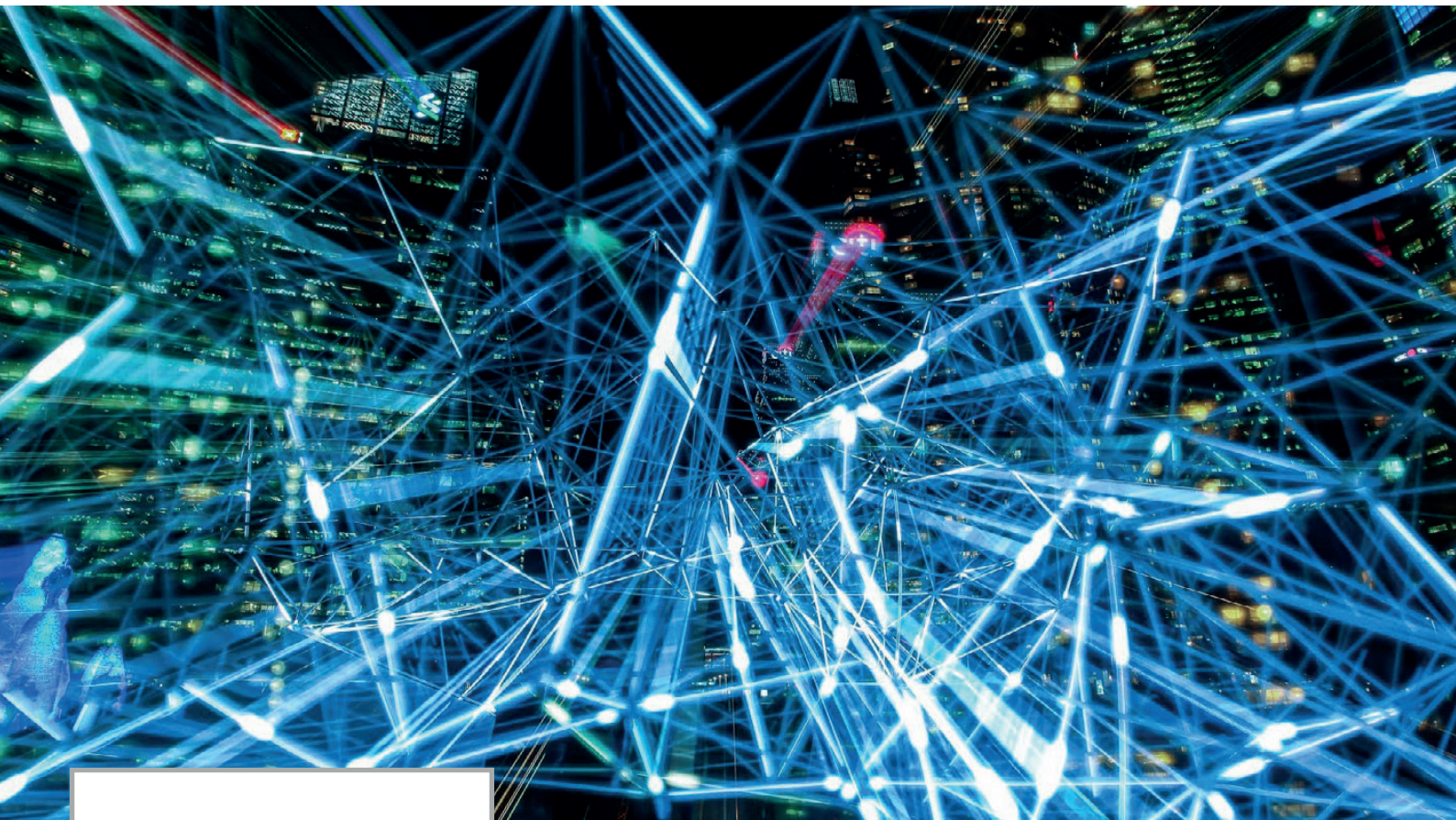
Wie mittelständische Unternehmen mit kleinen Digitalisierungslösungen nicht nur die Produktion besser planen und steigern können, sondern dabei auch die Mitarbeitenden qualifizieren, zeigt das Projekt zur Digitalisierung und Automatisierung in der Holzverpackungsfertigung mit der HolzVerpackungSiedenburg GmbH.

Digitalisierung ist inzwischen auch im Handwerk ein Thema. Im Projekt mit der Dietmar Müller Heizung-Lüftung-Sanitär GmbH stellen wir Ihnen vor, wie ein digitalisiertes Projektmanagement bzw. die Nutzung einer digitalen Bauakte bei der Bearbeitung von Großprojekten die Effizienz in der Projektbearbeitung steigert.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen.



*Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena,
Vorstandsvorsitzender
„Mit uns digital!“*



**CAD
SPEED**

Digitale Zahntechnik

Firmenprofil

Die CADSPEED GmbH ist ein dentales Fräszentrum mit Sitz in Nienhagen, das 2009 gegründet wurde und circa 40 Mitarbeiter beschäftigt. Als Dienstleister in der CAD/CAM-Zahntechnik liegt der Schwerpunkt in der Produktion von gefrästem Zahnersatz aus Zirkon- und Glaskeramik - Vollkeramik, Metallen und Kunststoffen. Neben der zerspanenden Bearbeitung werden die Zahnersatzprodukte teilweise mittels additiver Fertigungsverfahren hergestellt. Zu den verschiedenen Produkten zählen einzelnen Brücken sowie mehrgliedrige Brücken, Schienen, Zahnfleischmasken sowie Modelle von ganzen Kiefern.

KI-gestützte Auftragskontrolle für Zahnersatzprodukte

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) zur Klassifizierung bzw. Kontrolle und Überprüfung von Daten ermöglicht es Unternehmen ihren Mitarbeitern monotone Arbeiten zu ersparen. Dadurch können personellen Kapazitäten bspw. in der Auftragsprüfung eingespart und die Mitarbeiter für wertschöpfende Tätigkeiten eingesetzt werden. Im Rahmen eines Projektes des Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrums Hannover bei der CADSPEED GmbH wurde ein KI-Modell entwickelt, das eine automatisierte Auftragsprüfung der im Webshop eingehenden Bestellungen ermöglicht. Das Unternehmen stellt Zahnersatzprodukte wie mehrgliedrige Brücken oder Einzel-Kronen her. Die Produkte werden entweder zerspanend gefertigt oder mittels additiven Fertigungsverfahren hergestellt. Über das Webshopportal des Unternehmens können die Kunden den Preis für ihr gewünschtes Zahnersatzprodukt mit Hilfe der Produktklasse bzw. Zähneanzahl berechnen und simultan eine CAD-Datei hochladen. Hierbei kann es zu Abweichung zwischen den Angaben des Kunden und der hochgeladenen CAD-Datei kommen.

Während des Projektes wurden über 2500 CAD-Dateien aus Bestellungen gesammelt und als Grundlage für das KI-Modell genutzt. Auf dieser Datenbasis wurde das KI-Modell trainiert und validiert. Die Zentrumsmitarbeiter haben neben der Entwicklung des KI-Modells den Mitarbeitern auch über die Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten von Künstlicher Intelligenz in der

Produktion informiert. Das entwickelte KI-Modell zur Klassifizierung der Produkte wurde dem Auftraggeber in Form eines ausführbaren Programmes übergeben, was den Mitarbeitern eine einfache Anwendung ermöglicht.

Unternehmen und Produkt

Die CADSPEED GmbH ist ein dentales Fräscenter mit Sitz in Nienhagen. Das Unternehmen ist auf die Produktion von gefrästen Zahnersatzprodukten spezialisiert. Die Zahnersatzprodukte werden hauptsächlich aus Zirkonkeramik, Vollkeramik, Metallen und Kunststoffen hergestellt. Neben der zerspanenden Bearbeitung werden die Prothesen auch teilweise durch additiver Fertigungsverfahren hergestellt. Zu den verschiedenen Produkten zählen einzelnen Brücken und mehrgliedrige Brücken, Schienen, Zahnfleischmasken sowie Modelle von ganzen Kiefern. Über den cloudbasierten Webshop laden die Kunden die einzelnen Modelle direkt als CAD-Datei hoch. In Abhängigkeit der ausgewählten Materialien und des Produktes werden die Zahnersatzprodukte dann zerspanend oder gedruckt hergestellt.

Problemstellung und Zielsetzung

Das Unternehmen arbeitet mit einer cloudbasierten Bestellplattform, über die die Kunden ihre Aufträge als CAD-Datei hochladen. Neben dem Hochladen der CAD-Datei des Produktes, muss der Kunden über verschiedenen Menüeinstellungen noch das Material, sowie die richtige Produktklasse für die Bestellung auswählen. Die richtige Angabe der Produktklasse ist sehr wichtig, da die CADSPEED GmbH die Abrechnungen für die einzelnen Aufträge in Abhängigkeit der Zahnanzahl bzw. der Produktklassen durchführt. Da zwischen der Auswahl des Kunden und der hochgeladenen CAD-Datei Abweichungen bei der Angabe der Produktklasse vorkommen können, wird aktuell jede eingehende Bestellung manuell auf ihr Richtigkeit überprüft und ggf. korrigiert. Das heißt, die Mitarbeiter prüfen die CAD-Datei und vergleichen die vom Kunden im Webshop vorgenommenen Einstellungen. Aufgrund dieser manuellen Überprüfung benötigt der Bestellvorgang momentan sehr viel Zeit und verursacht dabei eine höhere Durchlaufzeit der Aufträge. Da pro Tag circa 100 Aufträge im Unternehmen eingehen, sind zwangsweise auch mehrere Mitarbeiter mit der Auftragskontrolle beschäftigt und stehen dem Unternehmen somit für wertschöpfende Tätigkeiten nicht zur Verfügung. Aufgrund der sehr verschiedenen Formen der Produkte und der dadurch sehr unterschiedlichen Charakteristika, erfolgte bislang keine Automatisierung in der Auftragsprüfung. Um die Auftragsprüfung zu automatisieren und die Mitarbeiter von den monotonen Kontrollaufgaben zu entlasten, wurde ein KI-Modell entwickelt, das auf Basis von Bilderkennung eine automatisierte Überprüfung der CAD-Dateien ermöglicht und die Dateien entsprechend der festgelegten Produktklassen identifizieren kann. Dadurch wurden die manuellen Kontrollen auf ein Minimum reduziert, sodass nur noch eine Stichprobenkontrolle zur Überprüfung des eingesetzten Modells notwendig ist.

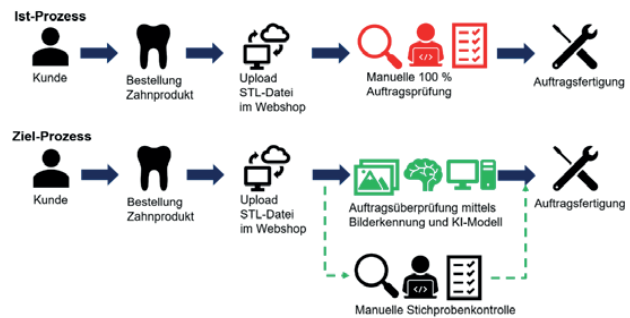


Abbildung 1 Schematische Darstellung von Ist- und Ziel-Prozess in der Auftragsüberprüfung

Lösungsweg

Im ersten Projektschritt wurden in einem Zieldefinitionsworkshop die Anforderungen an ein zukünftiges auf Künstlicher Intelligenz basierendem Erkennungstool definiert. Es wurden alle für die Abrechnung der Aufträge relevanten Produktklassen identifiziert. Insgesamt wurden dabei 26 verschiedene Produktklassen festgelegt, die für die Abrechnung der Aufträge relevant sind. Abbildung 2 zeigt die Einordnung der Produkte in die verschiedenen Abrechnungsklassen.

Neben der Klassifizierung in die einzelnen Produktklassen, wurden als Anforderungen eine Mindest-Erkennungsrate (min. 80 % Erkennungsrate über alle Produktklassen) sowie eine maximale Laufzeit pro Objekt für den Klassifizierungsvorgang (ca. 5 Minuten pro Produkt) festgelegt. Der Input für das KI-Modell soll nur die CAD-Datei des Zahnersatzproduktes sein. Als Output sollen die zwei Produktklassen ausgegeben werden, für die das KI-Modell die höchsten Wahrscheinlichkeiten bestimmt hat.

Schritt 1: Datengenerierung und Datenaufbereitung

Die Grundlage für die Erstellung eines KI-Erkennungsmodells bildet die Datenaufbereitung und Datengenerierung. Zunächst wurden für jede der Produktklassen Objekte gesammelt, um eine ausreichende Datenbasis zu schaffen.













				
				
				

Abbildung 2: Produkte eingeteilt in Abhängigkeit der Abrechnungsklassen

Insgesamt wurden knapp über 2500 CAD-Dateien aus eingehenden Bestellungen gesammelt. Beim Zusammenstellen der Datenbasis wurden die Dateien direkt gelabelt, das bedeutet, die Dateien wurden klar einer Produktklasse zugewiesen. Das Labeln der Daten ist notwendig, um später ein KI-Modell zur Klassifizierung trainieren zu können. Bei dem vorliegenden Anwendungsfall handelt es sich um einen überwachten Lernvorgang für das KI-Modell. Beim überwachten Lernen dienen die identifizierten und gelabelten Daten als Referenzwert für das KI-Modell und während der Trainingsphase wird versucht, die Abweichungen bzw. die Fehler zwischen richtiger Klasse und vom KI-Modell erkannten Klasse zu minimieren. Über die gesamte Projektlaufzeit wurden kontinuierlich weitere Daten gesammelt und somit die Datenbasis vergrößert. Um einen vergleichbaren Input für die Methode zur gewährleisten, mussten alle CAD-Dateien gleichmäßig im 3D-Raum orientiert werden. Bei der Sichtung der Daten wurde festgestellt, dass die CAD-Dateien teilweise um einen undefinierten Winkel gekippt und gedreht waren. Auf Basis der Punktwolke der CAD-Datei wurden daher zunächst Hilfsebenen generiert, mit deren Hilfe eine gleichmäßige Ausrichtung des Teils im 3D-Raum möglich wurde. Um die Datenbasis weiter zu erhöhen, insbesondere in der Trainingsphase, wurde aus den bereits gesammelten Objekten weitere Objekte erzeugt. Bspw. durch definiertes Drehen des Objekts um eine Achse. So wurde die Datenbasis auf insgesamt über 10000 Objekte erhöht.

Schritt 2: Modellauswahl und Modellerstellung

Anhand der vorliegenden Daten und der Problemstellung einer Klassifizierungsaufgabe wurde ein KI-Modell zur Erkennung Künstlicher Neuronaler Netze (KNN) ausgewählt, da KNN sehr gut zur Lösung von Klassifizierungsaufgaben geeignet sind. Die Umsetzung und Programmierung des Modells erfolgte in der Programmiersprache Python. Der große Vorteil bei der Umsetzung in Python ist, dass keinerlei Lizenzgebühren

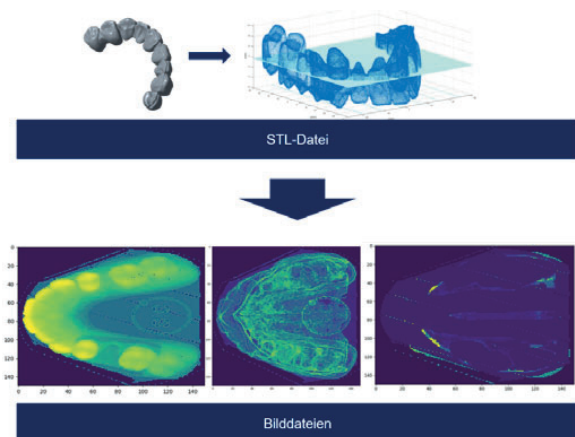


Abbildung 3: STL-Datei der Zahnprothese (oben) und konvertierte Bilddateien der Zahnprothese (unten)

oder weitere Kosten anfallen, da Python eine kostenlose Programmierumgebung ist und somit gerade für KMU besonders attraktiv ist. Ein weiterer Vorteil bei der Verwendung von Python sind die vielen open-source Bibliotheken, die für Anwendungen im Bereich des maschinellen Lernens vorhanden sind und somit dem Anwender eine maßgebliche Unterstützung liefert. Das erleichtert die Erstellung und das Training von Modellen deutlich. Zur Klassifizierung der Zahnersatzprodukte wurde ein Mixed-Data-Ansatz verwendet. Bei diesem Ansatz werden Bilddaten und analytische Daten kombiniert, um eine Objektklassifizierung durchzuführen. Dazu werden die Informationen wie Volumen, Länge, Umfang direkt aus der CAD-Datei des Zahnersatzproduktes extrahiert. Im zweiten Schritt wird die CAD-Datei in eine Bilddatei konvertiert (Abbildung 3).

Insgesamt werden dabei drei Bilddateien erzeugt. Es wird ein Dichtebild des Objektes generiert, sowie eine Draufsicht und eine Ansicht von unten. Das Bild der Draufsicht wird für die Klassifizierung genutzt. Verschiedene Trainingsdurchläufe zeigten auf, dass hier die meisten für die Klassifizierung relevanten Informationen enthalten sind. Der Mixed-Data-Ansatz hat zur Folge, dass mehrere Neuronale Netze eingesetzt werden. Ein KNN verarbeitet die Informationen aus der CAD-Datei und zur Bildererkennung

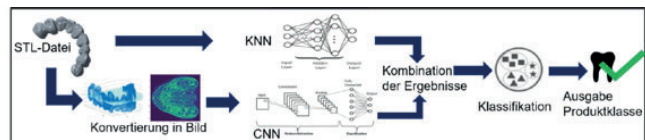


Abbildung 4: KI-Modell nach Mixed-Data-Ansatz (Kombination von KNN und CNN)

wird ein Faltendes Neuronales Netz (CNN) eingesetzt, da dies eine Art der Neuronalen Netze ist, die auf die Verarbeitung von Bilddateien spezialisiert ist. Daraus ergibt sich die in Abbildung 4 dargestellte Struktur des KI-Modells zur Erkennung der einzelnen Produktklassen.

Schritt 3: Training und Validierung des Modells

Nach der Erstellung der Modellstruktur erfolgt das Training des programmierten Modells. Nach dem Training wird das Modell dann getestet und validiert. Zu diesem Zweck wird die im Laufe des Projektes generierte Datenbasis in verschiedene Datensätze aufgeteilt. Der gesamte Datensatz wurde wie folgt aufgeteilt: 60 Prozent der Daten bilden den Trainingsdatensatz und je 20 Prozent den Test- und Validierungsdatensatz. Die Aufteilung der Daten ist notwendig, um später die Robustheit des KI-Modells zu bewerten und bspw. ein Auswendiglernen des Modells zu vermeiden. Beim Validieren und Testen wird das trainierte KI-Modell mit Daten getestet, die nicht im Trainingsdatensatz enthalten sind. Grundsätzlich ist eine ausgewogene und ausreichende Datenbasis für ein erfolgreiches Testen und Validieren des Modells notwendig. Das

heißt, es müssen auch für alle Klassen ausreichend Daten zur Verfügung stehen und es sollte vermieden werden, dass einzelne Klassen einen überdurchschnittlich hohen Anteil am Datensatz ausmachen. Während der Projektlaufzeit wurden für einige Produktklassen nicht ausreichend viele Daten gesammelt, da diese Produkte nicht so häufig bestellt

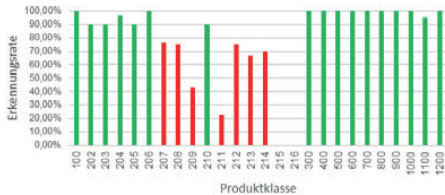


Abbildung 5: Erkennungsrate für die einzelnen Produktklassen (rot = unter 80%; grün = über 80%)

werden und nicht zum standardmäßigen Tagesgeschäft der CADSPEED GmbH zählen. Das führt dann, wie in Abbildung 5 zu sehen ist (7-16-gliedrige Brücken), zu deutlich niedrigeren Erkennungsraten. Für die anderen Produktklassen wurden die zu Projektbeginn festgelegten 80 Prozent der Erkennungsrate übertroffen.

Insgesamt wurden nach dem Training, dem Validieren und dem Testen eine gemittelte Erkennungsrate von über 90 Prozent mit dem entwickelten KI-Modell erreicht. Bild 7 zeigt, dass für mehrere Trainingsdurchläufe konstant die 90 Prozent Erkennungsrate erreicht wird. Das Modell zeichnet sich somit durch eine ausreichende Robustheit aus. Die Anforderungen zur Laufzeit wurden ebenfalls deutlich übertroffen. Die Klassifizierung von ca. 80 Dateien dauert lediglich 10 Minuten.

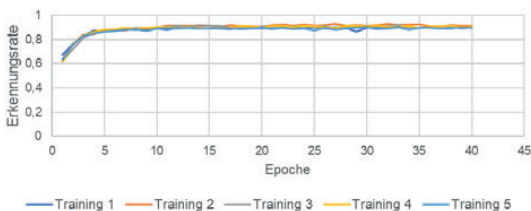


Abbildung 6: Entwicklung der Erkennungsrate für verschiedene Trainingsdurchgänge

Nutzen für den Mittelstand

Die CADSPEED GmbH steht exemplarisch für kleine und mittlere Unternehmen, die im Bereich der Produktion tätig sind und im Bereich der Digitalisierung schon gut aufgestellt sind, aber noch keine Erfahrung mit dem Einsatz von Lösungsmöglichkeiten aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz zur Optimierung der Unternehmensprozesse haben. Vor der Durchführung des Projektes mussten die Mitarbeitenden des Unternehmens jeden eingehenden Auftrag zeitaufwendig überprüfen, ob die Angaben zur Bestellung im Webshop mit der hochgeladenen CAD-Datei des Produktes übereinstimmen, um eine fehlerfreie Abrechnung des Auftrags zu gewährleisten.

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum konnte hierfür eine Lösung erstellen, bei der ein entwickeltes KI-Modell die vom Kunden hochgeladene CAD-Datei entsprechend den unternehmensinternen Abrechnungsklassen klassifizieren kann. Das KI-Modell benötigt lediglich die CAD-Datei des Produktes und führt dann innerhalb weniger Sekunden die Klassifizierung durch. Durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Auftragsabwicklung werden somit personelle Ressourcen frei und entlasten die Mitarbeiter von monotonen Kontrollaufgaben. Insgesamt werden damit Zeit und Kosten bei der Auftragskontrolle eingespart. Die Mitarbeiter können in anderen Unternehmensbereichen für wertschöpfende Tätigkeiten eingesetzt werden und steigern somit auch die Effizienz des gesamten Unternehmens, da sich insgesamt die Durchlaufzeit für die Aufträge reduziert.

Industrie 4.0

- Künstliche Intelligenz
- Bildverarbeitung
- Automatisierte Auftragskontrolle
- Digitale Auftragsabwicklung

Autoren



Yorck Hedicke-Claus, M. Sc. ist Mitarbeiter im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Yorck Hedicke-Claus studierte Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover mit der Vertiefung Produktionstechnik und Antriebstechnik. Seit Februar 2018 ist er als Projektingenieur am Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) im Bereich der rechnergestützten Stadienplanung von Umformprozessen tätig.

Jörn Eichstaedt, B. Eng. ist Mitarbeiter im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Jörn Eichstaedt studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Elektrotechnik an der Hochschule Hannover. Seit 2018 ist er als wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) im Bereich der Künstlichen Intelligenz und Softwareentwicklung tätig.



Hako

Firmenprofil

Die Hako-Gruppe ist ein 1948 gegründeter Hersteller von professionellen Maschinen für die Reinigungs- und Kommunaltechnik. Zusätzlich ist das Unternehmen Anbieter von Serviceleistungen in diesem Bereich. Die Hako-Gruppe, mit Sitz in Bad Oldesloe bei Hamburg, setzt auf höchste Qualität und eine lange Lebensdauer ihrer Produkte. Auf individuelle Kundenanforderungen wird mit innovativen Lösungen reagiert.

Anpassung von Wartungsintervallen auf Basis von Datenanalysen

Maschinenhersteller stehen vor der Herausforderung, die Wartungen für ihre Maschinen zum bestmöglichen Zeitpunkt zu planen. Dabei ist nicht nur die zum Teil sehr hohe Komplexität der Maschinen zu beachten, sondern auch deren große Vielfalt. Jeder Maschinentyp benötigt ggf. unterschiedliche Wartungsintervalle. Oftmals legen die Kunden selbst aufgrund von internen Terminen den Zeitpunkt der Wartungstermine fest, weshalb ein vom Hersteller empfohlenes Intervall nicht eingehalten wird. Andererseits ist es auch möglich, dass die Wartungsintervalle vom Anbieter in der Vergangenheit einmal festgelegt wurden, diese aber nicht regelmäßig analysiert oder auf ihre Performanz getestet werden. Nicht selten kommt es dann schon vor der Wartung zu einem Schadensfall. Dieser Fall ist sowohl für den Kunden, welcher nun einen Maschinenausfall zu beklagen hat, als auch für den Service des Herstellers, welcher schnell und flexibel auf den Schaden reagieren muss, aufwändig und kostenintensiv. Mit Hilfe der Digitalisierung der Maschinendaten sowie deren Nutzung, können Wartungsintervalle vorausschauend geplant und somit die wartungsbedingten Schadensfälle reduziert werden.

Die Hako GmbH wurde 1948 gegründet und ist Hersteller von professionellen Maschinen für die Reinigungs- und Kommunaltechnik (vgl. Abbildung 1). Des Weiteren ist das Unternehmen, mit Sitz in Bad Oldesloe bei Hamburg,

Anbieter von Serviceleistungen. Die Hako-Gruppe setzt auf höchste Qualität und eine lange Lebensdauer ihrer Produkte. Auf individuelle Kundenanforderungen wird mit innovativen Lösungen reagiert. Dies beinhaltet auch, dass der Hako-Service zuverlässig Wartungen durchführt und auf Schadensfälle reagiert. Um eine permanente Maschinenverfügbarkeit, minimale Ausfallzeiten und somit eine maximale Wirtschaftlichkeit für sich und den Kunden zu gewährleisten, möchte die Hako GmbH die Planung und Durchführung der Wartungsintervalle effizienter gestalten. Dabei sollen Maschinen- und Servicedaten aufbereitet und ein Konzept entwickelt werden, welches die Nutzung von Predictive Maintenance ermöglicht.

Problemstellung

Maschinen werden heutzutage stetig komplexer und haben immer mehr Funktionen, welche von Beschädigungen betroffen sein können oder sogar ausfallen können. Regelmäßige bzw. vorausschauende Wartungen können dieses Problem lösen, jedoch nur, wenn sie zum richtigen Zeitpunkt durchgeführt werden. Wann genau dieser Zeitpunkt ist, hängt von vielen unterschiedlichen Faktoren ab. Der Wartungszeitpunkt steht bspw. in einer Beziehung zu den geleisteten Betriebsstunden einer Maschine. Die Anzahl an möglichen relevanten Faktoren, die die Schadenszeitpunkte und darauf aufbauende zu realisierende Wartungsintervalle bedingen, ist sehr groß und manuell nicht zu analysieren. Die Hako GmbH sammelt durch die Erstellung von Serviceberichten bei jedem Einsatz bei Kunden vor Ort Daten, die für die Analyse der Wartungsintervalle genutzt werden können. Zur Nutzung der Daten aus den Serviceberichten bestehen bereits einige Ansätze wie bspw. die in diesem Projekt fokussierten Wartungsintervalle. Welche Ansätze mit welchen Methoden aus dem Bereich der Datenanalyse zu bearbeiten sind und mit welcher Priorität diese verfolgt werden sollen, war Teil des Umsetzungsprojekts. Im ersten Schritt wurde vom IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover in Zusammenarbeit mit dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover und der Hako GmbH eine Digitalisierungsroadmap für die Nutzung der Daten aus den Serviceberichten entwickelt. Zusätzlich wurde im zweiten Schritt mit der Verbesserung der Wartungs-

tervale auf Basis von Datenanalysen ein erster Ansatz der Digitalisierungsroadmap umgesetzt.

Lösungsweg

Zur Darstellung der Digitalisierungspotenziale, die sich aus den Erkenntnissen der Datenanalysen der Serviceberichten ergeben können, wurde im ersten Schritt eine Digitalisierungsroadmap entwickelt. Die Roadmap wurde als Prezi (Präsentationsprogramm für eine interaktive Mindmap) erarbeitet und bietet so einen visuellen Einblick in die Vorhaben des Unternehmens. Bei der Erarbeitung ergaben sich fünf Potenzialfelder, die nachfolgend auf dem Deckblatt der Prezi zu sehen sind.

Für jedes einzelne Potenzialfeld wurde unter Berücksichtigung der Vorgehensweise des KDD-Prozesses (Knowledge Discovery in Databases), ein methodisches Vorgehen bereitgestellt. Dies beinhaltet, angepasst an das Potenzialfeld, die Punkte: Projektinitiierung, Datenaufnahme/-sichtung, Datenaufbereitung, Methodenanwendung, Interpretation und Implementierung. Die einzelnen Schritte wurden mit weiterführenden Informationen zu den Voraussetzungen, dem Aufwand, dem erwarteten Ergebnis sowie einer allgemeinen Beschreibung des Schrittes ergänzt. Zusätzlich wurde ein Fahrplan entwickelt, welcher die Vorhaben in eine logische Reihenfolge der Abarbeitung bringt, welche auf Abhängigkeiten zwischen den Vorhaben sowie einer Aufwands- und Nutzenabschätzung basiert. Die Reihenfolge ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.

Das erste Potenzial sind die Wartungsintervalle der Maschinen der Hako GmbH. Diese sollen analysiert und bei Bedarf angepasst werden. Bei der Störungsklassifikation sollen Unterstützungsmöglichkeiten für die Hako-Service-Techniker generiert werden, um zukünftige Schadensfälle systematisch einordnen zu können. Auf der Grundlage der erstellten Datenbank können anschließend auch andere Anwendungsfälle betrachtet werden, welches zu einer weiteren Wissensgenerierung führen soll. Im folgenden Schritt kann darauf aufbauend die Optimierung der Serviceberichte erfolgen. In der letzten Stufe möchte die Hako GmbH ihren Kunden mit Hilfe von Predictive Maintenance einen noch besseren Service bieten.



Abbildung 1: Hako Gruppe Reinigungsmaschinen

Im zweiten Schritt wurde das erste Potenzialfeld „Wartungsintervalle“ zusammen angegangen und eine Datenanalyse durchgeführt.

Bei der Hako GmbH gehören Servicetätigkeiten der Reinigungsmaschinen beim Kunden zu einem Kernelement des Geschäfts. Wenn ein Mitarbeiter einen Servi-

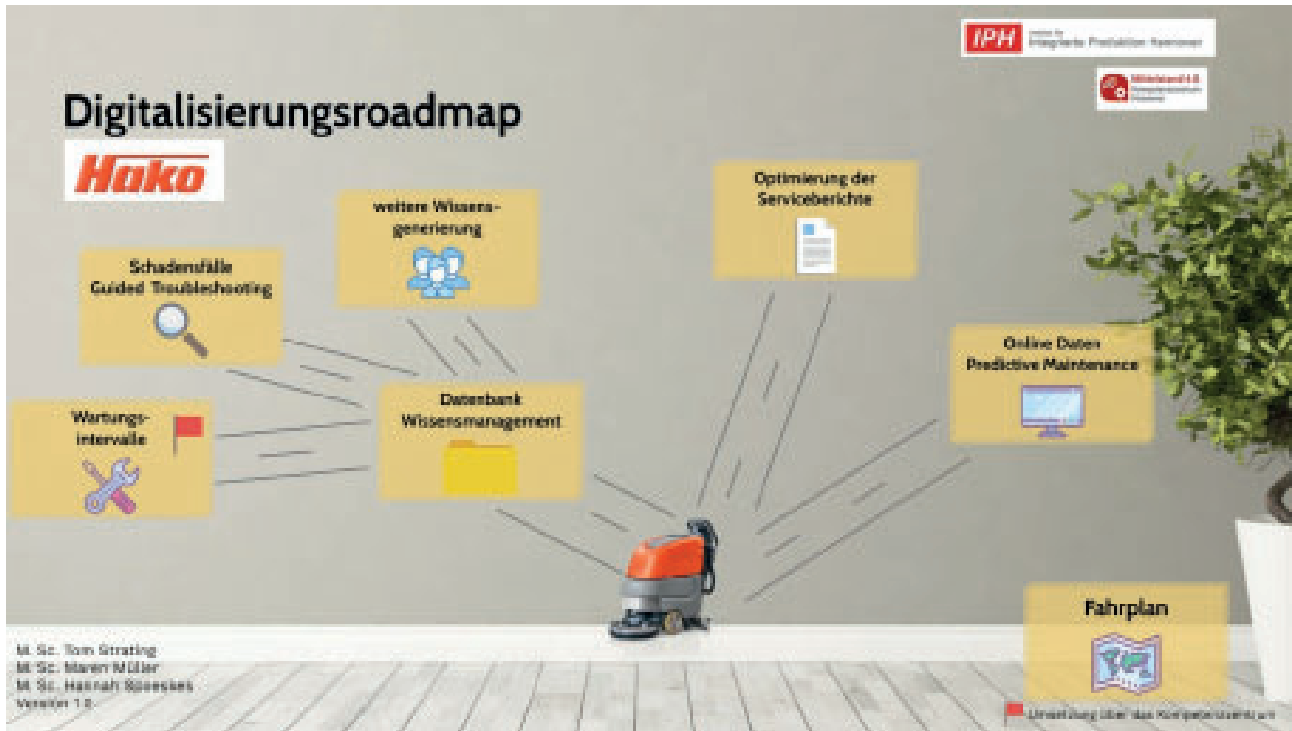


Abbildung 2: Deckblatt Digitalisierungsroadmap mit fünf Potenzialfeldern

ceauftrag beim Kunden ausführt, fertigt er dazu einen Servicebericht an, welcher entweder digital oder manuell ausgefüllt wird. Die Serviceaufträge erfolgen sowohl auf Basis von Wartungsintervallen als auch bei auftretenden Störungen. Eine Klassifizierung der Serviceart erfolgt durch den Mitarbeiter anhand der Auftragsart, welche er auf dem Servicebericht vermerkt.

Die Informationen aus den Serviceberichten werden seit einigen Jahren digital gesammelt. Im Rahmen des Umsetzungsprojektes wurden die Daten für eine exemplarische Reinigungsmaschine in Excel-Tabellen zusammengetragen und um weitere, zur Verfügung stehende Informationen, ergänzt. Die Auswahl der relevanten Informationen wurde dabei gemeinsam mit Mitarbeitern des Kompetenzzentrums und Domänenexperten der Hako GmbH anhand konkreter Fragestellungen durchgeführt.

Zur angesprochenen Datenaufbereitung und –auswertung wurde ein Modell in Python erstellt. Durch die Verwen-



Abbildung 3: Fahrplan zur Durchführung der Datenanalysen

dung einer Open-Source Umgebung mit umfangreichen Bibliotheken kann auch über das Projektende hinaus die Nutzung sichergestellt werden. Um Ergebnisse innerhalb des Modells zu visualisieren, erfolgte eine Umsetzung in einem Jupyter Notebook. Dadurch konnte der Programmcode strukturiert und durch Kommentare und Erklärungen ergänzt werden, die es im Nachgang des Projekts auch Mitarbeitern mit geringen Programmierkenntnissen ermöglicht, das Modell ausführen und einzelne Schritte nachvollziehen zu können. Auf diese Weise sind Methoden des Data Mining und des maschinellen Lernens auch ohne tiefere Expertise anwendbar. Dies kann sowohl zur einmaligen Erkenntnisgewinnung als auch im regelmäßigen Einsatz und zur Erfassung von Tendenzen genutzt werden.

Als inhaltliche Fragestellung wurde bspw. untersucht, wie häufig die unterschiedlichen Auftragsarten bei den Serviceberichten der exemplarischen Reinigungsmaschine vor kamen. Zudem wurde anschließend untersucht, welche Bauteile am häufigsten von einem Austausch betroffen sind. In Verbindung mit den Betriebsstunden einer Maschine kann die Hako GmbH diese Analyseergebnisse nutzen, um Ihren Kunden einen evtl. bevorstehenden Bauteilausfall zu ersparen.

Neben den Untersuchungen über Maschinen- und Bauteilausfällen wurde analysiert, wie erfolgreich ein Serviceauftrag durchgeführt wurde. Als Grundlage für die Qualität eines Serviceauftrags wurde dabei die Wahrscheinlichkeit bestimmt, mit der ein Auftrag beim ersten Kundenbesuch und damit ohne erneute Anreise vollständig bearbeitet werden kann. Da eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit er-

mittelt wurde, sind weder in der Qualität der Bearbeitung noch in der Planung der Servicetermine (z.B. Bestückung des Servicefahrzeugs mit Ersatzteilen) Handlungsbedarfe identifiziert worden.

Neben der Erhöhung der Kundenzufriedenheit durch bspw. Anpassungen der Wartungsintervalle, standen bei der Datenauswertung auch rein wirtschaftliche Aspekte im Fokus. Darunter fielen unter anderem die Analyse von den durch Serviceaufträge entstehende Kosten und die Betrachtung des Garantiezeitraumes. Durch die gewonnenen Erkenntnisse entstanden weitere Ansätze zur gezielten Kostenrechnung und ggf. zur Anpassung von Garantiezeiträumen.

Die Hako GmbH kann in den nächsten Schritten die Anwendung der Analysemethoden auf Serviceberichtsdaten weiterer Produkte übertragen. Anschließend können, nach der erarbeiteten Digitalisierungsroadmap, weitere Potenzialfelder erschlossen werden, um den Service für ihre Kunden stetig zu verbessern und effizienter arbeiten zu können. Die Hako GmbH möchte somit auch in Zukunft aktuelle und digitale Möglichkeiten nutzen, um ihren Kunden einen modernen und effizienten Service zu bieten.

Nutzen für den Mittelstand

Derzeit sehen sich viele kleine und mittlere Unternehmen mit ähnlichen Herausforderungen konfrontiert wie die Hako GmbH: Es ist eine große Menge an Daten in analoger sowie digitaler Form vorhanden, welche durch Methoden des Data Mining bzw. der Künstlichen Intelligenz genutzt werden sollen.

Mit Unterstützung des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hannover wurde die Hako GmbH im Rahmen des Umsetzungsprojektes dazu befähigt, den Datenbestand zu strukturieren und zweckgerichtet zu nutzen. Auf Basis dieses exemplarischen Datenbestandes wurden Erkenntnisse gewonnen, die das Erfahrungswissen der Mitarbeiter ergänzen und einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung von Wartungsintervallen und Serviceangeboten leisten. Eine Übertragung auf andere Produkte oder andere Unternehmensbereiche ist mit einem geringen Aufwand möglich.

Sowohl die Digitalisierungsroadmap als Konzept zur Darstellung von Zielen, Voraussetzungen und Handlungsschritten als auch die konkrete Datenauswertung können von anderen Unternehmen als Beispiel für die Nutzung von großen Datenbeständen betrachtet und in ähnlicher Form umgesetzt werden. Dabei soll verdeutlicht werden, dass zur Anwendung spezifischer Methoden aus den Bereichen Data Mining und Künstliche Intelligenz deutlich weniger fachliche Expertise benötigt wird als zum Aufbau eigener Modellstrukturen, wodurch mögliche Hemmnisse für den ersten Kontakt mit diesen Technologien reduziert werden.

Industrie 4.0

- Digitalisierungsroadmap
- Machine Learning und Data Mining zur effizienteren Gestaltung von Serviceaufträgen
- Predictive Maintenance für Maschinen, die beim Kunden genutzt werden

Autorin/Autor



Tom Strating, M. Sc. ist Mitarbeiter und Koordinator für Künstliche Intelligenz im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Tom Strating studierte Maschinenbau an der Leibniz Universität in Hannover und ist seit 2019 am Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) als Projektingenieur tätig. In der Logistik-Abteilung beschäftigt er sich mit Forschungsfragen aus der Produktionsplanung und -steuerung.



Maren Müller, M. Sc. studierte an der Technischen Universität Clausthal Wirtschaftsingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Produktion und Prozesse. Sie unterstützt das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover als Expertin. Seit August 2017 ist Frau Müller am Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) gGmbH als Projektingenieurin im Bereich Logistik tätig. Sie beschäftigt sich mit der Lagerplanung sowie der Auswahl und Einführung von ERP-/ME-Systemen.



Firmenprofil

Die Dietmar Müller Heizung-Lüftung-Sanitär GmbH wurde 1971 in Gehrden gegründet und beschäftigt 50 Mitarbeiter. Neben der Planung von Heizungs- und Sanitäreinrichtungen bietet das Unternehmen auch die dazugehörige Wartung und Instandhaltung an. Weitere Dienstleistungsschwerpunkte sind die Beratung und Installation von Klimatechnik oder auch die Nutzung von regenerativen Energien.

Auftragsabwicklung und Projektmanagement im Handwerk digitalisieren

Wie können lang gewachsene Geschäftsprozesse effizienter gestaltet und im Hinblick auf die fortschreitende Digitalisierung angepasst und modernisiert werden?

Durch den Einsatz von IT-Unterstützungssystemen wie bspw. ERP-Systemen können nahezu alle Geschäftsbereiche und Geschäftsprozesse digital abgebildet werden. Weitergehend kann durch ein strukturiertes Digitalisierungskonzept und dementsprechend definierte Prozesse eine Umstellung auf ein digitalisiertes und papierloses Büro erfolgen. Der Einsatz von IT-Unterstützungssystemen kann durch die digitalen und optimierten Strukturen die Effizienz innerhalb eines Unternehmens signifikant steigern. Ein Beispiel hierfür ist ein Projekt des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hannover bei der Dietmar Müller Heizung-Lüftung-Sanitär GmbH. Das Unternehmen ist ein Handwerksbetrieb und im Sanitärbereich tätig. Um den Aufwand in der Auftragsabwicklung zu reduzieren und sich für die zukünftigen digitalen Anforderungen wie bspw. der digitalen Rechnungsstellung vorzubereiten, ist die Implementierung von einheitlichen digitalisierten Prozessen für die Auftragsabwicklung notwendig.

Zur Digitalisierung der Geschäftsprozesse, insbesondere der Auftragsabwicklung, hat das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum im ersten Schritt eine Prozess- und Potentialanalyse für die bestehenden IST-Prozesse im Unternehmen

durchgeführt. Aus den ermittelten Potentialen wurden ZIEL-Prozesse definiert, welche eine einheitliche und digitalisierte Auftragsabwicklung ermöglichen. Zur Umsetzung der angestrebten Digitalisierung der Geschäftsprozesse ist der Einsatz von IT-Unterstützungssystemen notwendig. Anhand von gemeinsam definierten Use-Cases und Anforderungen, welche sich bei der Arbeit im Unternehmen ergeben, wurden geeignete IT-Systeme zur Umsetzung der definierten Prozesse ausgewählt.

Da die Auftragsabwicklung der Dietmar Müller Heizung-Lüftung-Sanitär GmbH exemplarisch für viele Handwerksbetriebe ist, lässt sich das durchgeführte Vorgehen auf eine große Anzahl kleiner und mittlerer Unternehmen übertragen. Eine Hauptanforderung bei der Geschäftsprozessdigitalisierung ist hierbei die Auswahl von effizienten und kostengünstigen IT-Unterstützungssystemen.

Unternehmen und Produkt

Die Dietmar Müller Heizung-Lüftung-Sanitär GmbH wurde als Handwerksbetrieb im Jahr 1971 gegründet. Neben Wartungsservice für Heizungen, Klimaanlage und Lüftungssystemen zählen die Planung und Umsetzung von Bauprojekten im Haustechnikbereich zum Kerngeschäft der Dietmar Müller Heizung-Lüftung-Sanitär GmbH. Die Dietmar Müller Heizung-Lüftung-Sanitär GmbH kann so in zwei Geschäftsbereiche unterteilt werden. Der erste Geschäftsbereich ist das Tagesgeschäft im Bereich Wartungsservice. Der zweite Geschäftsbereich ist der sogenannte Bereich der Großprojekte, in dem mehrmonatige Bauprojekten umgesetzt werden.

Problemstellung

Die Prozesse der Auftragsabwicklung für die beiden Geschäftsbereiche „Tagesgeschäft“ und „Großprojekte“ sind nicht einheitlich gestaltet. Darüber hinaus kommt es häufig zu Medienbrüchen, da einige Prozesse teilweise digital sind, aber viele Prozesse oder einzelne Prozessschritte immer noch auf Papierbasis durchgeführt werden. Dadurch wird häufig ein möglicher durchgehender digitaler Prozessablauf unterbrochen. Aus diesem Grund kommt es oft zu Datendopplungen und dadurch zu einem erhöhten Arbeitsaufwand für die Mitarbeiter. Ein weiteres Problem ist die Tatsache, dass es für einzelne Prozesse kein standardisiertes und festgelegtes Vorgehen gibt.

Als Projektziel wurde die Entwicklung von einheitlichen Prozessen in der Auftragsabwicklung sowohl im Tagesgeschäft als auch bei Großprojekten definiert. Neben der einheitlichen Prozessgestaltung sollen die dazugehörigen Prozesse digitalisiert werden, um eine Entwicklung in Richtung einer papierlosen Auftragsabwicklung zu ermöglichen. Ein weiteres Projektziel ist die Entwicklung einer digitalen Bauakte, welche eine durchgehende digitale Projektbearbeitung von Großprojekten ermöglicht und eine fehlerfreie Kommunikation und Zusammenarbeit von Außendienstmitarbeitern und Innendienstmitarbeitern ermöglicht. So sollen

bspw. Außendienstmitarbeiter mit Tablets ausgestattet werden, um digitale Prüfprotokolle vor Ort auszufüllen und Baustellenfortschritte zu dokumentieren. Diese Daten können die Mitarbeiter im Innendienst direkt nutzen und weiterbearbeiten.

Für die Digitalisierung der Auftragsabwicklung sollen IT-Unterstützungssysteme genutzt werden, die auch von anderen kleinen und mittleren Unternehmen im Handwerksbereich eingesetzt werden können bzw. für die Anforderungen wie beispielsweise der mobilen Nutzungszeit oder Schlagunempfindlichkeit der Branche geeignet sind. Darüber hinaus sollen IT-Insellösungen vermieden werden und die gestellten Anforderungen mit möglichst wenig IT-Unterstützungssystemen erfüllt werden. Durch Minimierung der verwendeten IT-Systeme soll die Akzeptanz der Belegschaft gewahrt und der Aufwand zur Implementierung der digitalen Prozesse geringgehalten werden.

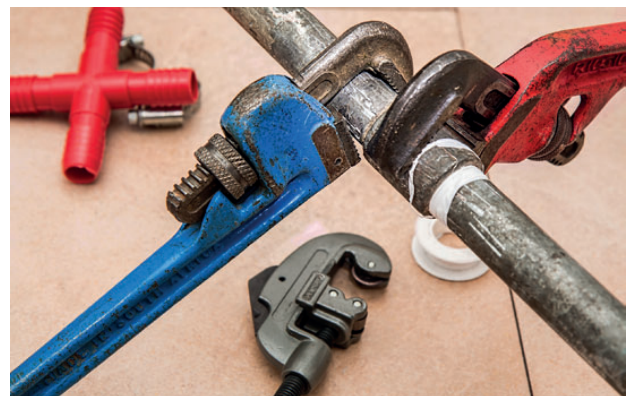
Lösungsweg

Für die Gestaltung eines einheitlichen und digitalisierten Prozesses wird zunächst eine Prozessanalyse der bestehenden Prozesse durchgeführt, um entsprechende Schwachstellen und Potentiale innerhalb der Auftragsabwicklung zu identifizieren. Die Aufnahme der IST-Prozesse wird in Workshops und Interviews mit den Mitarbeitern aus den verschiedenen Abteilungen durchgeführt.

Abschnitt 1 – Aufnahme IST-Prozesse und Potentialidentifizierung

In einem Zieldefinitionsworkshop definierten zunächst Mitarbeiter aus dem Tagesgeschäft, aus dem Geschäftsbereich der Großprojekte und der Geschäftsführung, die Projektziele und notwendigen Anforderungen. Gestellte Anforderungen an die Zielprozesse und die digitale Bauakte sind bspw. eine cloudbasierte und für mobile Endgeräte geeignete IT-Systemlösung. Darüber hinaus muss eine übersichtliche Verwaltung von Dokumenten wie Rechnungen und Bestellbriefen, sowie eine rechtssichere Archivierung der Dokumente gemäß den gesetzlichen Vorgaben gewährleistet werden.

Der betrachtete Prozess der Auftragsabwicklung geht von Angebotsanfrage bzw. Auftragserteilung, über durchge-





fürte Bestellungen und Projektdurchführung bis hin zur Rechnungsstellung und Archivierung der Projektdaten.

Anschließend wurden in einem weiteren Workshop die IST-Prozesse der Auftragsabwicklung für das Tagesgeschäft und Großprojekte aufgenommen. Dabei wurden insbesondere die verwendeten IT-Lösungen und eingesetzten Medien während der Auftragsabwicklung sowie die zuständigen Mitarbeiter für die einzelnen Prozessschritte dokumentiert. Auf Basis der Ergebnisse des Workshops erfolgte eine Visualisierung der aktuellen Geschäftsprozesse. Im Rahmen der Prozessanalyse wurden dann Schwachstellen wie bspw. Medienbrüche oder Datendopplungen durch verschiedene Prozessvarianten identifiziert. Bei der Analyse wurde herausgearbeitet, dass es häufig zu einer unnötigen Datendopplung kommt, da eine Abspeicherung der Daten in Papierform häufig nicht mehr notwendig ist. Außerdem wurde das bereits eingesetzte ERP-System nur teilweise genutzt - beispielsweise für die Terminplanung und Durchführung von Wartungsaufträgen im Tagesgeschäft. Bestellprozesse und das Projektmanagement von Großprojekten wurden allerdings nicht im ERP-System abgebildet. Nach der Identifizierung von Schwachstellen bzw. Potentialen in den aktuellen IST-Prozessen wurden die Prozesse optimiert und auf Basis der zu Projektbeginn definierten Projektziele und Anforderungen ZIEL-Prozesse entwickelt. Durch den Einsatz von IT-Unterstützungssystemen wie bspw. einem Dokumentenmanagementsystem (DMS) wurden Konzepte

für komplett digitalisierte Prozesse für die Auftragsabwicklung entwickelt und bisherige problematische Medienbrüche vermieden.

Abschnitt 2 – Auswahl IT-Unterstützungssysteme und Konzepterstellung

Zur Umsetzung der definierten Zielprozesse werden entsprechende IT-Systeme benötigt. Hierzu werden zunächst die Anforderungen aus den festgelegten Zielprozessen abgeleitet und definiert. Zum einen wird ein Dokumentenmanagementsystem (DMS) benötigt, welches eine digitale Durchführung der Geschäftsprozesse ermöglicht. Ein DMS bietet die Vorteile einer einheitlichen Archivierungsstruktur von Dokumenten inklusive einer direkten Verknüpfung mit Aufträgen. Darüber hinaus bietet das DMS auch eine gesetzlich abgesicherte fristgerechte Archivierung für verschiedene Dokumentenkategorien. Bei der Müller Sanitärtechnik GmbH ist bereits ein ERP-System im Einsatz, das allerdings nicht in vollem Funktionsumfang genutzt bzw. für alle Prozessschritte der Auftragsabwicklung eingesetzt wird. Eine aufwandsarme Lösungsmöglichkeit war die Erweiterung des ERP-Systems um das DMS-Modul. Daher war der erste Schritt die Kommunikation mit dem Anbieter des bereits im Einsatz befindlichen ERP-Systems, um zu prüfen, ob das DMS-System die gestellten Anforderungen erfüllt. Anhand von Use-Cases wurde festgestellt, dass die digitale Auftragsabwicklung des Tagesgeschäfts über das ERP-System und das zusätzliche DMS-Modul erfüllt werden kann. Für die Nutzung des DMS wurden

Konzepte zur Zugriffsberechtigung sowie zu Verwaltung und Erstellung unterschiedlicher Benutzergruppen (Bsp. Monteur, Geschäftsführung, Innendienstmitarbeiter) angelegt.

Die Anforderungen an digitale Auftragsabwicklung von Großprojekten bzw. die digitale Bauakte erfüllte das DMS allerdings nicht. Aus diesem Grund war eine zweite Software-Lösung notwendig. Für die digitale Bauakte hat sich das Softwarepaket von Microsoft Office 365 als gute Lösung herausgestellt. Hier wurden die entsprechenden Anforderungen, wie die cloudbasierte Dokumentenverwaltung und Bearbeitung von Dokumenten auf mobilen Endgeräten gewährleistet. Für die einzelnen Bauprojekte wurde ein digitales Projektmanagement durchgeführt und durch zahlreiche Unterstützungstools erfolgreich umgesetzt. Durch den Einsatz dieser Tools wird die Kommunikation zwischen Mitarbeitern im Außen- und Innendienst signifikant verbessert. Die Mitarbeiter auf der Baustelle werden mit einem Tablet ausgerüstet und können Prüfprotokolle ausfüllen und Baustellenfortschritte dokumentieren, notwendige Bestellungen von Produkten selbst aufgeben oder die Mitarbeiter im Innendienst über den Materialbedarf informieren. Die Innendienstmitarbeiter erhalten Informationen wie ausgefüllte Prüfprotokolle in Echtzeit. Außerdem können zukünftig auch externe Personen, wie bspw. der Bauherr oder Architekt bei den Bauprojekten in die digitale Bauakte mit eingebunden werden und der Datenaustausch von Montageanleitungen oder CAD-Dateien durchgeführt werden.

Nutzen für den Mittelstand

Die Dietmar Müller Heizung-Lüftung-Sanitär GmbH steht exemplarisch für viele kleinere und mittlere Unternehmen, die im Bereich des Handwerks tätig sind.

Vor der Durchführung des Projekts waren im Unternehmen keine standardisierten und durchgehend digitalisierten Prozesse in der Auftragsabwicklung implementiert. Dadurch kam es an mehreren Prozessschritten zu Medienbrüchen und Datendopplungen und somit zu erhöhtem Aufwand für die Mitarbeiter. Insbesondere die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Mitarbeitern im Außendienst auf Baustellen und den Mitarbeitern im Innendienst war aufgrund fehlender digitaler Lösungen zeitlich sehr aufwendig.

In Zusammenarbeit mit dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum wurde ein Konzept entwickelt, das einen einheitlichen und digitalisierten Prozess im Bereich der Auftragsabwicklung ermöglicht. Durch die eingesetzten Softwarelösungen wie das DMS wird effizienter gearbeitet. Zudem schafft die Nutzung einer einheitlichen Datenbasis Transparenz, verbessert den Informationsfluss und eliminiert Fehlerquellen, welche durch doppelt erfasste und inkonsistente Daten entstehen. Ein digitalisiertes Projektmanagement bzw. die Nutzung einer digitalen

Bauakte bei der Bearbeitung von Großprojekten steigert die Effizienz in der Projektbearbeitung und ermöglicht eine flexible und mobile Bearbeitung des Projekts sowie einen Datenaustausch zwischen den Mitarbeitern in Echtzeit.

Industrie 4.0

- Dokumentenmanagementsystem (DMS) in KMU
- Digitale Bauakte mit Anbindung an das ERP-System
- Papierlose Projektdurchführung
- Datendurchgängigkeit

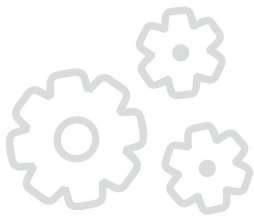
Autoren



Yorck Hedicke-Claus, M. Sc. ist Mitarbeiter im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Yorck Hedicke-Claus studierte Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover mit der Vertiefung Produktionstechnik und Antriebstechnik. Seit Februar 2018 ist er als Projektingenieur am Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) im Bereich der rechnergestützten Studienplanung von Umformprozessen tätig.



Robin Stöber, B. Eng. ist Mitarbeiter und Koordinator für Projekte im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Robin Stöber studierte Maschinenbau mit der Fachrichtung Produktion und Logistik an der FH Bielefeld. Seit 2018 ist er als Projekt-Ingenieur am Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) im Bereich der Fabrikplanung und der virtuellen Realität tätig.



Das Unternehmen darf aus Sicherheitsgründen nicht genannt werden.

Firmenprofil

Die IT-Sicherheit ist ein überaus sensibles Thema. Um keine Rückschlüsse auf das vom Kompetenzzentrum Hannover begleitete mittelständische Unternehmen zu ermöglichen, wird es im Praxisbericht namentlich nicht genannt. Es handelt sich um die lokale Vertretung eines Abfallaufbereitungs- und Entsorgungsunternehmens. Weitere Tätigkeitsfelder sind die Energieversorgung sowie die Trink- und Abwasserbehandlung.

Kippung auf Anfrage – IoT gestützte Entleerung von Abfallbehältern nach Bedarf

Neben der eigentlichen Entsorgung und Verwertung stellt die Logistik von Abfällen eine der wesentlichen Aufgaben von Entsorgungsdienstleistern dar. Im Auftrag von Städten und Kommunen sammeln diese Unternehmen Abfälle aus privaten Haushalten und Gewerben in regelmäßigen Abständen ein, um diese anschließend fachgerecht zu entsorgen und einer energetischen bzw. stofflichen Verwertung zuzuführen.

Der Aufwand, um beispielsweise Rest- oder Bioabfälle abzuholen, kann dabei je nach Region und Haushalt stark variieren. Während in der Stadt und ihrer direkten Umgebung viele Abfallbehälter auf engem Raum vergleichsweise kompakt zusammenstehen, nehmen die durchschnittlichen Fahrtwege pro Tonne im ländlichen Gebiet schnell zu. Folglich müssen Entsorgungsfahrzeuge und Personal signifikant größere Strecken für die gleiche Anzahl an Haushalten zurücklegen – mit entsprechenden ökonomischen und ökologischen Folgen. Dabei zeigt sich, dass ein besonders geringer Anteil von sehr abgelegenen Haushalten einen überproportional hohen Fahrt- und Personalaufwand verursachen. Hinzu kommt oft, dass viele dieser abgelegenen Haushalte den Entsorgungsservice nur gelegentlich in Anspruch nehmen, beispielsweise wenn diese nur selten oder saisonal genutzt werden. Solche unnötig durchgeführten Fahrten wiegen besonders schwer und sollten im gemeinsamen Interesse von Kommunen, Entsorgern und Bürgern so gering wie möglich gehalten werden.

Wie können daher Fahrtrouten optimiert und perspektivisch eine bedarfsgerechte Entleerung von Abfallbehältern realisiert werden? Moderne IoT-Netzwerke bieten ein großes Potential, um Prozesse wie diesen intelligenter und zielgerichteter zu gestalten. In Rahmen eines Umsetzungsprojektes wurde anhand eines konkreten Servicegebiets der aktuelle Stand, die technischen Herausforderungen und die Perspektiven einer „smarten Tonne“ diskutiert.

Unternehmen und Produkt

Der Projektpartner ist als Entsorgungsdienstleister tätig, zu dessen Tätigkeitsfeldern unter anderem die Trink- und Abwasserbehandlung oder das Abfallmanagement mit angeschlossenem Recycling zählen. Dabei unternimmt das Unternehmen besondere Anstrengungen, um entlang der Wertschöpfungskette die Nachhaltigkeit bei der Entsorgung und Aufbereitung zu steigern und die natürlichen Ressourcen zu schützen.

Problemstellung

Im konkreten Anwendungsfall wurde exemplarisch ein Gebiet im nordbayrischen Raum untersucht, welches abseits der Stadt eine ausgeprägte ländliche Struktur aufweist. Die Region ist durch Wälder und Mittelgebirge geprägt. Der Projektpartner ist in diesem Gebiet im Auftrag der Kommune als Entsorger tätig. Zu seinen Dienstleistungen zählt unter anderem die Entsorgung von Rest- und Bioabfällen privater Haushalte.

Aufgrund der ländlichen Prägung nimmt mit zunehmender Distanz zur Stadt die Abdeckung mit Mobilfunktechnologien ab. Abhängig vom jeweiligen Provider bestehen insbesondere in den relevanten Randbereichen signifikante Defizite, weshalb für eventuelle Digitalisierungsansätze andere Technologien erforderlich sind.

Kennzeichnend für die ländlich geprägte Umgebung ist eine geringe Dichte an Haushalten an den Rändern des Entsorgungsgebiets. Dadurch ergibt sich für einzelne Haushalte ein vergleichsweise hoher Einzelfahrt Aufwand von bis zu 8 km. Viele dieser besonders abseits gelegener Haushalte nehmen die Dienstleistung jedoch äußerst selten in Anspruch. Dennoch werden diese Haushalte wie alle anderen im zweiwöchigen Rhythmus angefahren, da nur so festgestellt werden kann, ob ein Bedarf für eine Abholung besteht. Der Projektpartner kann den entstandenen Aufwand jedoch nur abrechnen, wenn eine Abholung tatsächlich erfolgt.

Haushalte signalisieren einen Bedarf für die Abholung durch das Herausstellen der Abfallbehälter auf den Gehweg. In seltenen Fällen kommt es dabei zu Missverständnissen – wenn Abfallbehälter unbeabsichtigt entleert bzw. bei der Leerung übergangen werden oder die Kunden es versäumen ihre Mülltonne rechtzeitig rauszustellen und anschließend die nicht erfolgte Leerung reklamieren. Gegenwärtig kann jedoch technisch nicht dokumentiert

werden, ob und wann ein Abfallbehälter zur Abholung auf den Gehweg gestellt wurde.

Die Kombination aus Haushalten mit einer vergleichsweise abgelegenen Position und einem gleichzeitig geringen Bedarf an regelmäßigen Entleerungen führt zu einem erheblichen unnötigen Fahrtaufwand. Dieser hat zu Folge:

- Einen höheren Verschleiß der Entsorgungsfahrzeuge.
- Die ergebnislose Emission von CO₂ und Lärm.
- Eine erhebliche Bindung von Personalressourcen.
- In der Konsequenz höhere Kosten für Entleerung, welche in die Mischkalkulation einfließen.

Dadurch, dass es momentan keine Möglichkeit gibt den Bedarf für eine Leerung im Vorfeld technisch zu erfassen, folgt:

- Eine Optimierung der Fahrtroute für die Entsorgungsfahrzeuge kann mangels Daten nur rudimentär durchgeführt werden.
- Das Rausstellen der Tonne wird nicht dokumentiert und durch einen Zeitstempel nachverfolgbar.

Die primäre Zielsetzung des Projektpartners bestand darin, durch den Einsatz geeigneter technischer Lösungen, die zurückgelegte Wegstrecke bei der regelmäßigen Entleerung zu reduzieren. Um dies zu erreichen, soll in einem ersten Schritt der Bedarf für eine Entleerung in relevanten Haushalten im Vorfeld elektronisch erfasst und übermittelt werden. Entlegene Haushalte, welche keine Leerung ihrer Abfallbehälter benötigen, müssen auf diese Weise nicht durch das Entsorgungsfahrzeug angefahren werden. In einem zweiten Schritt soll aufbauend auf den erfassten Informationen eine intelligente Routenplanung etabliert werden. Mittelfristig sollen diese Maßnahmen bei einer gleichbleibenden Qualität die Wirtschaftlichkeit verbessern und zur Schonung der Umwelt beitragen.

Lösungsweg

Der Fortschritt der vergangenen Jahre hat die Einstiegsschwelle für einen großflächigen Einsatz von IoT-Lösungen deutlich abgesenkt. Spezialisierte Übertragungstechnologien, sparsame Elektronik, welche einen energieautarken Betrieb über Jahre hinweg ermöglicht, gesunkene Kosten für Hardware und Netzentgelte – all dies macht die Anwendung entsprechender Technik im Alltag zunehmend attraktiv. Generische Lösungen, welche sich mit geringem Aufwand adaptieren lassen, existieren jedoch in der Regel nicht. Die individuelle Abdeckung mit verschiedenen Übertragungstechnologien, unterschiedlichen Umgebungsbedingungen und spezifischen Anforderungen an die Datenerfassung und Übertragung müssen stets für den konkreten Anwendungsfall abgewogen werden. Um unnötige Fahrtwege zu vermeiden und die Routenplanung zu optimieren, sollte daher geprüft werden, inwiefern der Einsatz von Sensorknoten an den Abfallbehältern technisch umsetzbar und wirtschaftlich ist. An den Tonnen

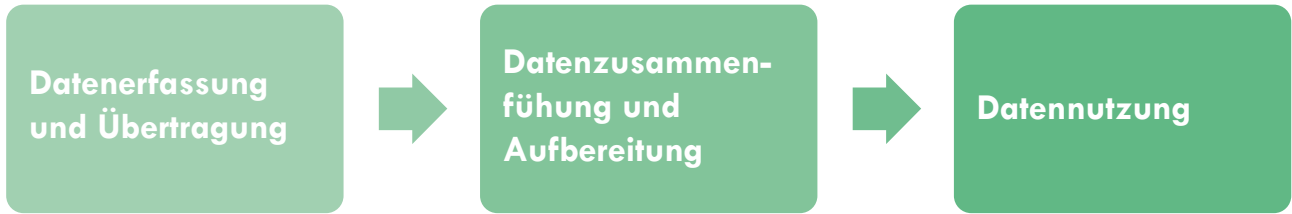


Abbildung 1: Meilensteine bei der Einführung einer „smarten Tonne“

montiert, sollen diese durch das Betätigen eines integrierten Druckknopfes einen Bedarf für eine Abholung übermitteln. Erfolgt keine rechtzeitige Meldung, muss der Haushalt nicht durch das Entsorgungsfahrzeug angefahren werden, was Zeit, Kosten und Emissionen einspart. Gleichzeitig wird der Anmelde- und Abholprozess dokumentiert und so die Transparenz und Nachverfolgbarkeit erhöht.

Die mögliche Einführung und Anwendung einer sogenannten „smarten Tonne“ stellt dabei einen mehrstufigen Prozess dar. Im ersten Schritt muss festgelegt werden, auf welche Weise die Informationen zur Abholung erfasst und übertragen werden. Dieser überwiegend hardwarenahe Schritt beleuchtet Fragestellungen zur Sensorik, Energieversorgung, Powermanagement oder der verwendeten Übertragungstechnologie. Im zweiten Schritt müssen die erfassten Daten zusammengeführt und für die weitere Nutzung aufbereitet werden. Bestandteil dessen ist die Auseinandersetzung mit Datenbankkonzept, Schnittstellen und Protokollen. Erst wenn die Informationen erfasst, übertragen, zusammengeführt und entsprechend aufgearbeitet wurden, können diese im letzten Schritt für eine Nutzung im Kontext einer Routenplanung herangezogen werden.

Im Rahmen des Projekts wurde der erste Schritt zur Datenerfassung und Übertragung durch Mitarbeiter des Kompetenzzentrums untersucht und in Teilprobleme untergliedert.

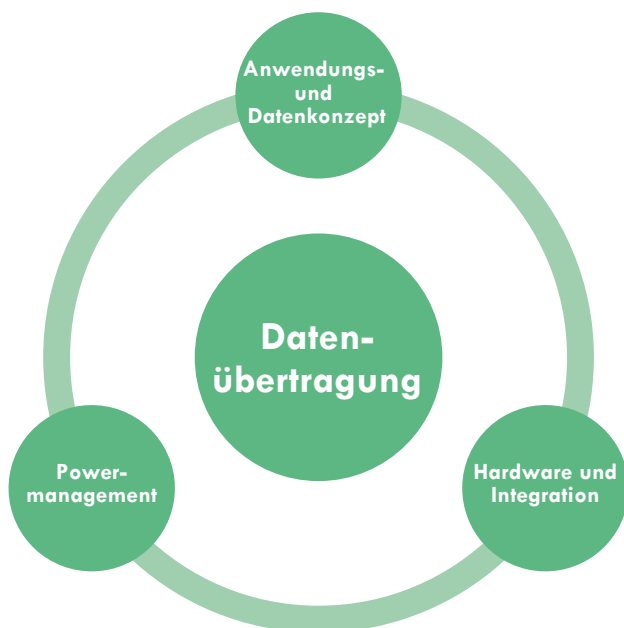


Abbildung 2: Teilproblemstellungen bei der Datenerfassung und Übertragung

Wenngleich jedes der Teilprobleme mit den jeweils anderen stark in Wechselwirkung steht, zeigte sich bereits früh im Projektverlauf, dass die Übertragung der Information und die zugrundeliegende Technik die wesentliche Herausforderung bei der Digitalisierung der Abfallbehälter darstellt. In dessen Folge schränkt die Wahl der Funktechnik wesentlich die Ausgestaltung von Powermanagement und die Auswahl der Hardware ein und gibt einen engen Rahmen für die Umsetzung vor.

Hardware und Integration

Abfallbehälter sind unscheinbare Gebrauchsgegenstände, welche im Alltag erheblichen Widrigkeiten trotzen müssen. Da sie in der Regel ungeschützt im Freien aufgestellt werden, sind sie mitunter erheblichen Witterungseinflüssen, wie Staub oder Spritzwasser ausgesetzt. Ein potenzieller Sensorknoten muss Minusgraden im Winter ebenso trotzen, wie starker Hitze bei direkter Sonneneinstrahlung im Hochsommer. Insbesondere bei der Entleerung wirken auf den Abfallbehälter erhebliche Kräfte, Stöße und Vibrationen. Darüber hinaus bestehen weitere Vorgaben bei der Verwendung von Elektronik an den Behältern hinsichtlich der Brandsicherheit und der zulässigen Stellen für eine Anbringung. Auch müssen die langen Nutzungszeiträume der Abfallbehälter berücksichtigt werden – dementsprechend robust, wartungsarm und energiesparend müssen die Komponenten ausgewählt werden.

Entsprechend der Umgebungsbedingungen wurden Anforderungen, wie z. B. die IP-Schutzklasse, festgelegt und gemeinsam mit dem Projektpartner quantifiziert. Die Erkenntnisse wurden anschließend in einem Lastenheft verschriftlich.

Powermanagement

Sollen Sensorknoten über viele Jahre hinweg energieautark funktionieren, müssen alle Entscheidungen unter der Prämisse eines minimalen Energieverbrauchs getroffen werden. Wesentlich bestimmt wird dieser durch die Art und Häufigkeit der Datenübertragung und die Betriebsform des Sensorknotens. Um die Versorgung der Elektronik sicherzustellen müssen die Rahmenbedingungen definiert werden. Wie wird die Energie gespeichert, mit welchem Batterietyp und welcher Kapazität? Könnten die Abfallbehälter bei Ihrer Entleerung induktiv versorgt werden? Ist es denkbar, den Bedarf des Sensorknotens vollständig oder anteilig durch eine Solareinheit zu decken? Diese und weiterführende Fragestellungen wurden in diesem Zusammenhang thematisiert.



Unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren, wie der Anfälligkeit für Verschmutzung, den technischen Aufwand, der Komplexität der Lösung und dem damit einhergehenden Wartungsaufwand, wurde gemeinsam mit dem Projektpartner festgelegt, dass für einen zyklischen Betrieb ein ausschließlich batteriebetriebener Sensorknoten ohne Ladefunktionalität am besten geeignet ist. Die konkreten Anforderungen wurden ebenfalls in das Lastenheft übernommen.

Anwendungs- und Datenkonzept

Die wesentlichen Aufgaben des Sensorknotens bestehen darin einen Bedarf für eine Abholung durch das Auslösen eines Tasters zu erfassen und diese Information zuverlässig zu dem Entsorger zu übertragen. Aufgrund des engen Energiebudgets kann die Übertragung nur unidirektional erfolgen. In der Praxisanwendung reicht es jedoch nicht aus, einen binären Wert zu übertragen. Informationen wie die ID des Sensors und dessen Batteriestatus müssen ebenfalls erfasst und in einem geeigneten Format codiert werden. Um den Ausfall eines Sensorknotens zu vermeiden und generell erkennen zu können, ist es ebenfalls erforderlich, unabhängig von der konkreten Bedarfsmeldung regelmäßig Statusinformationen im Wochentakt zu übermitteln. Bleibt eine solche Nachricht aus, liegt eine Funktionsstörung vor. Durch die Erfassung des Batteriestatus können die Sensorknoten beim Unterschreiten eines Grenzwertes koordiniert ersetzt werden.

Mitarbeiter des Kompetenzzentrums haben im Rahmen des Projekts skizziert, welche Regeln implementiert werden müssen und wie die Bedarfsmeldungen und Statusinformationen aufgebaut und interpretiert werden können. Aus diesen Erkenntnissen wurde ein grundlegendes Funktions

schema für den zyklisch betriebenen Mikrocontroller des Sensorknotens entworfen.

Datenübertragung

Die Informationen aus der Bedarfs- und Statusmeldung müssen mit minimalem Energiebedarf über große Strecken übertragen werden. Die Auswahl einer passenden und kostengünstigen Übertragungstechnik ist die zentrale Problemstellung bei der Digitalisierung von Abfallbehältern. Stark vereinfacht kann man drei gegenläufige Zielgrößen bei der Auswahl der Übertragungstechnik benennen: Ein möglichst geringer Energieverbrauch, eine möglichst hohe Reichweite und eine möglichst hohe Übertragungsrate. Keine existierende Technik kann alle drei Ziele vereinen.

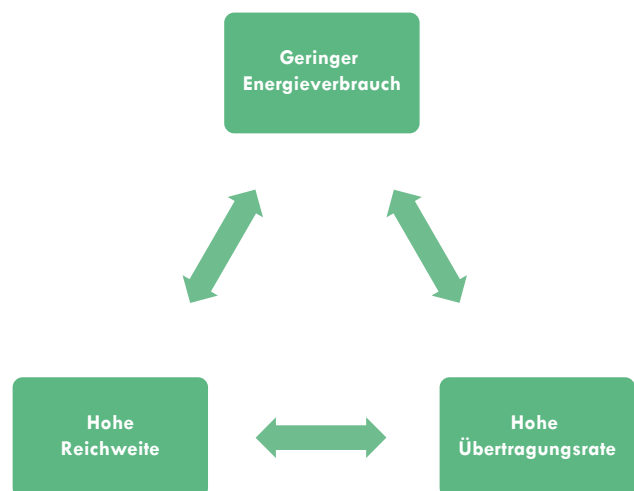


Abbildung 3: Gegenläufige Zielgrößen bei der Auswahl von Übertragungstechniken

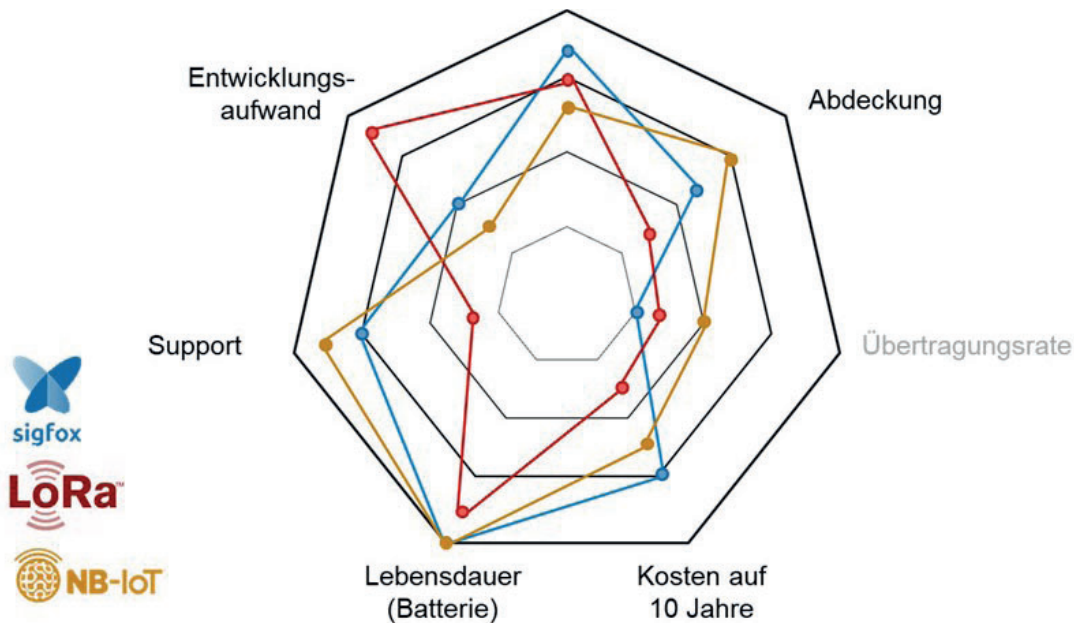


Abbildung 4: Vereinfachter Vergleich von LPWAN-Technologien für die Digitalisierung von Abfallbehältern.

So steigt bei der Übertragung mit zunehmender Reichweite und Übertragungsrate der Energieverbrauch tendenziell an. Dementsprechend ist es notwendig, die Anforderungen zu priorisieren und einen für die Anwendung geeigneten Kompromiss zu finden.

Um die erforderliche Abdeckung innerhalb des großflächigen Entsorgungsgebiets zu gewährleisten, ist eine Übertragungstechnik mit entsprechend hoher Reichweite erforderlich. Da mit einer abnehmenden Einwohnerdichte in der Regel ebenfalls die Dichte an Sende- und Empfangsstationen abnimmt, ist davon auszugehen, dass die Informationen über Distanzen von mehreren Kilometern übertragen werden müssen. Gleichzeitig muss hinsichtlich des auf mehrere Jahre hinweg ausgelegten autarken Betriebs der Energieverbrauch bei der Übertragung und deren Dauer so gering wie möglich ausfallen, was unter anderem durch eine unidirektionale Übertragung sichergestellt wird. Dem entgegengesetzt sind die Anforderungen an die Übertragungsrate minimal, da die Bedarfsmeldungen und Zusatzinformationen nur wenige Bytes erfordern.

Die Charakteristik einer hohen Reichweite, bei geringem Energieverbrauch und damit einhergehend geringen Übertragungsraten, wird durch eine Klasse von Funktechnologien erfüllt, welche unter dem Begriff LPWAN (Low Power Wide Area Network) zusammengefasst werden. Im Rahmen des Projekts wurde durch Mitarbeiter des Kompetenzzentrums aus dieser Gruppe die drei potenziell geeigneten Techniken auf Ihre Eignung hin untersucht: LoRa, Sigfox und NB-IoT der drei in Deutschland ansässigen Provider Telekom, Vodafone und Telefónica.

Die drei Übertragungstechniken wurden hinsichtlich folgender Merkmale miteinander verglichen:

- Energieverbrauch und realisierbare Lebensdauer bei 2 Übertragungen pro Woche.
- Reichweite und Abdeckung auf Basis des verfügbaren Kartenmaterials.
- Investitionskosten für die Hardware.
- Betriebs- und Lizenzkosten für die Nutzung kommerzieller Netzwerke.
- Technische Merkmale, wie Übertragungsrate, Protokoll, Frequenzbänder etc.

Da der Kunde den Aufbau einer eigenen Infrastruktur ablehnt, stellen LoRa-Netzwerke mittelfristig keine Option für die Digitalisierung von Abfallbehältern dar. Ausgehend von den durch die Anbieter bereitgestellten Kartenmaterialien zeigen lediglich das Sigfox-Netzwerk und die NB-IoT Netze der Telekom und Vodafone eine theoretische Anwendbarkeit, wobei kein Anbieter das Gebiet vollständig erschließt. Für diese drei verbleibenden Anbieter wurde eine Marktrecherche zu den Lizenzkosten und zu verfügbaren IoT-Geräten durchgeführt und dem Projektpartner zur Verfügung gestellt. Während die Netzentgelte sich auf wenige Euro jährlich belaufen, ist die Spanne kommerzieller Geräte mit 15 € bis ca. 150 € vergleichsweise hoch. Da es sich insbesondere bei NB-IoT um eine vergleichsweise junge Technik handelt, unterliegen Abdeckung und Preise gegenwärtig jedoch einer starken Dynamik.

Ergebnis und Ausblick

Der Fortschritt und die gesunkenen Kosten für IoT-Hardware, der Aufbau spezialisierter Netzwerke, deren zunehmende Abdeckung auch ländlicher Räume und die Einführung anwendungsorientierter Lizenzmodelle machen eine teilweise Digitalisierung von Abfallbehältern zu einem realistischen und wirtschaftlichen Szenario, das mittelfristig

umgesetzt werden könnte. Dennoch bestehen weiterhin Hürden. Die Abdeckung kann abhängig von der Geografie und dem Anbieter stark variieren. Die Voraussetzungen müssen stets für jeden Standort manuell ermittelt und die tatsächliche Abdeckung unabhängig überprüft werden, da die Angaben der Anbieter gerade an Randbereichen oft nicht reproduziert werden können.

Die hohe Dynamik, mit welcher der Ausbau der IoT-Netze voranschreitet und die Einführung maßgeschneiderter Lizenzmodelle, eröffnen eine Vielzahl neue Anwendungsfelder abseits der digitalisierten Abfallentsorgung – von der Steuerung der öffentlichen Beleuchtung, über das Parkplatzmanagement bis zur Überwachung von Versorgungsnetzen. Dieses Projekt reiht sich nahtlos in viele aktuelle Ansätze zur Digitalisierung des öffentlichen Raums ein, welche umgangssprachlich unter den Begriff „Smart City“ diskutiert werden.

Die Recherche hat gezeigt, dass für eine Digitalisierung der Abfallbehälter für eine bedarfsgerechte Abholung, insbesondere im SigFox-Netzwerk, bereits ausgereifte und potenziell geeignete Hardware existiert. Die Durchführung von Versuchen an relevanten Haushalten ist dadurch mit geringem Aufwand durchführbar und kann schnelle Ergebnisse über die Eignung der Technik liefern. Sollten die Erwartungen erfüllt werden, könnte zukünftig die „digitale Tonne“ dazu beitragen Kosten, Personal und die Umwelt zu schonen.

Nutzen für den Mittelstand

Obwohl das Abfallmanagement kein klassisches Arbeitsgebiet kleiner und mittelständischer Unternehmen darstellt, lassen sich die Methodik und Ergebnisse auf eine Vielzahl weiterer Felder übertragen. Neben den bereits genannten Anwendungen aus dem Gebiet der „Smart City“ betrifft dies vor allem Szenarien bei denen große Flächen mit eingeschränktem Zugang zu Strom- und Funknetzen abgedeckt werden sollen. Diese können beispielsweise weitläufige Außenlagerflächen sein, eine Verfolgung von Logistikketten über weite Distanzen oder Anwendungen in der Agrarindustrie. Das prinzipielle Vorgehen bei der Auswahl der Funktechnologie, der Hardware, des Powermanagements und Datenkonzepts ist dabei in vielen Fällen ähnlich. Die Potentiale, welche moderne IoT-Netze bieten, nehmen mit dem andauernden Fortschritt beständig zu und machen IoT auch für KMU zunehmend interessant.

Industrie 4.0

Im Rahmen des Projekts wurde ein Konzept für die bedarfsgerechte Abholung von Haushaltsabfällen mittels einer digitalisierten Mülltonne skizziert.

- Strukturierung Entwicklungsschritte bei der Einführung und Nutzung einer „smarten Tonne“
- Definition wesentlicher Anforderungen an Powerma-

- nagement, Datenkonzept, Hardware und Übertragungstechnik für einen Sensorknoten an dem Abfallbehälter
- Analyse zentraler LPWAN-Technologien für eine energiesparende Kommunikation über große Distanzen

Autor



Dipl.-Ing. Marvin Abt ist Mitarbeiter im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Marvin Abt studierte an der Technischen Universität Dresden Chemieingenieurwesen und ist seit 2017 am Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) als Projekt Ingenieur im Bereich Produktionsautomatisierung tätig. Im Rahmen seiner Forschungs- und Beratungsprojekte befasst er sich mit Sensortechnik und IoT-Anwendungen.



HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH

Firmenprofil

HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH ist ein kleines mittelständisches Unternehmen, das seinen Schwerpunkt in der Produktion von Sonder- und Einwegverpackungen aus Holz hat. Auch der Handel von Paletten und Nebenprodukten ist ein Standbein. Eine Hauptkompetenz ist die hohe Flexibilität sowie das Fertigen von Produkten ab einer Stückzahl von eins. Die Produktion besteht zu einem hohen Anteil aus manueller Arbeit, nur bei Produkten mit hohen Stückzahlen und Standardmaßen werden teilautomatisierte Anlagen zur Unterstützung eingesetzt.

Digitalisierung und Automatisierung in der Holzverpackungsfertigung

Die Digitalisierung und Automatisierung stellen in einer Produktion wichtige Schritte zur Steigerung der Effizienz dar. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen bieten die Digitalisierung und Automatisierung ein großes Potenzial, bringen aber auch gleichzeitig eine große Hürde mit sich. Aufgrund von begrenzten finanziellen und personellen Ressourcen müssen Lösungen gefunden werden, die eine Effizienzsteigerung bewirken und gleichzeitig von dem Unternehmen finanzierbar und im Regelbetrieb handelbar sind. Die HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH möchte ihre Produktionsprozesse effizienter gestalten, um auch in Zukunft konkurrenzfähig zu sein. Hierfür soll eine Automatisierungslösung für das Nageln von Holzpaletten entwickelt werden und geprüft werden, für welche Produkte und Prozesse im Vorfeld eine Digitalisierung durchzuführen ist.

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover hat für die HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH den Produktionsprozess analysiert. Auf Basis von gemeinsam erarbeiteten Anforderungen und Zielen konnten verschiedene Konzepte für eine Automatisierungslösung entwickelt und verglichen werden. Ein Kernelement ist die Integration von festen Taktzeiten in den Produktionsprozess, sodass Produktionszeiten und -kosten besser planbar sind. Die Konzepte wurden im Anschluss mit verschiedenen Herstellern und Lieferanten diskutiert und überarbeitet. Das Ergebnis ist ein ausgearbeitetes Automatisierungskonzept mit Kostenkalkulation.

Das Unternehmen und Produkt

Die HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH ist ein familiengeführtes Unternehmen mit 15 Mitarbeitern. Der Schwerpunkt des Unternehmens liegt auf der Produktion und dem Verkauf von Sonder- und Einwegverpackungen aus Holz. Ein weiteres Standbein ist der Handel mit Paletten und Nebenprodukten. Eine Hauptkompetenz ist die Fähigkeit Produkte ab einer Stückzahl von eins anzubieten. Durch kurze innerbetriebliche Wege und eine hohe Flexibilität, können Kundenwünsche sehr schnell und individuell erfüllt werden. Für die Größe der Produkte gibt es nahezu keine Beschränkungen.

Die Produktion geschieht zu einem großen Teil manuell und wird durch automatisierte Fertigungsschritte unterstützt. Besonders Produkte in hohen Stückzahlen werden auf Durchlaufmaschinen weitestgehend automatisiert gefertigt. Insbesondere die Produktion von Kleinserien geschieht komplett manuell mittels Handnagelpistolen. Beispiele für Produkte des Unternehmens sind auf Bild 1 dargestellt.

Problemstellung

Die hohe Flexibilität der HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH erfordert aktuell ein hohes Maß an manueller Arbeit. Unterschiedliche Verpackungen können in beliebigen Größen und Stückzahlen hergestellt und angepasst werden. Die manuelle Arbeit erfordert jedoch ausgebildete Fachkräfte, die besonders im ländlichen Raum und für kleine Unternehmen mit geringen Aufstiegschancen schwer zu akquirieren und zu halten sind. Weiterhin unterliegt die manuelle Arbeit Schwankungen in der Arbeitsgeschwindigkeit, da diese durch Mitarbeitermotivation, Erfahrungsgrad und körperliche Fähigkeiten beeinflusst wird. Dies erschwert eine exakte Kalkulation der Produktionszeiten und -kosten. Ein automatisierter Prozess gibt einen festen Takt vor, wodurch eine wesentlich präzisere Kalkulation möglich ist. Ein weiterer Nachteil der manuellen Arbeit bei der HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH ist die erhöhte Verletzungsgefahr insbesondere durch händische Nagelpistolen.

Die Einführung einer Automatisierungslösung erfordert in der Regel Personal, das sich um den Betrieb, Wartung, Reparaturen und das Umrüsten für neue Produktvarianten kümmert. Aufgrund der kleinen Betriebsgröße und geringen Mitarbeiterzahl ist dies für die HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH nicht ohne Weiteres möglich. Hierfür sollen die vorhandenen Mitarbeiter vorbereitet und eingebunden werden. Da aktuell keinerlei Erfahrung im Bereich Automatisierung besteht, muss das zu entwickelnde Konzept für das bestehende Personal händelbar sein. Das bedeutet die Steuerung und insbesondere das Programmieren von neuen Produkten oder Varianten muss über eine intuitive Eingabe möglich sein.

Damit die Automatisierungslösung auch langfristig einen großen Nutzen für das Unternehmen hat, muss das System

eine hohe Flexibilität besitzen. Durch die hohe Varianz an Produkten können sich in Zukunft Produkte verändern oder neue Varianten entstehen. Diese sollen in gewissem Maße auch durch die Automatisierungslösung abgedeckt werden. Gleichzeitig muss die Automatisierungslösung auch möglichst einfach gehalten werden, um die Investitionskosten gering zu halten.

Zusammengefasst muss für die HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH ein Kompromiss aus hohem Automatisierungsgrad, hoher Flexibilität, intuitiver Bedienung und geringem Investitionsvolumen gefunden werden. Eine kaufbare Komplettlösung für diesen Anwendungsfall ist auf dem Markt derzeit nicht verfügbar.

Lösungsweg

Am Anfang des strukturierten Lösungswegs der Mitarbeiter des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hannover stand die genaue Aufnahme des IST-Zustands. Gemeinsam mit der HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH wurden Anforderungen an die technische Lösung festgelegt. Mit Hilfe der Produktionsdaten der Vergangenheit konnte die zu automatisierende Produktpalette identifiziert werden. In diesem Projekt waren dies alle Paletten die kleiner als eine Europalette sind. Aus den zu betrachtenden Produkten und den damit verbundenen Prozessen konnten die Anforderungen abgeleitet werden. Dabei wurde jeder Prozess in Teilschritte zerlegt und hinterfragt, welche Schritte automatisiert und welche weiterhin manuell erfolgen sollen. In diesem Projekt wurde das Nageln der Holzleisten und Kanthölzer in der Palettenproduktion als zu automatisierender Prozessschritt identifiziert. Für jede im Rahmen dieses Projekts betrachtete Palette besteht eine Form, welche das zu vernagelnde Holz in Position hält. Auf dieses Vorgehen soll auch in der automatisierten Fertigung zurückgegriffen werden. Das Bestücken der Form sowie die Entnahme der fertigen Paletten soll weiterhin manuell erfolgen.

Die Festlegung darauf, die Form manuell zu befüllen vereinfacht die automatisierte Verarbeitung des Naturwerkstoffs Holz deutlich. Holz unterliegt als Werkstoff großen Schwankungen in Form und Qualität. Durch den manuellen Zwischenschritt kann aufwendige Sensorik zum Erkennen von Fehlstellen eingespart werden.

Nach der Aufnahme aller Anforderungen und der Festlegung des Automatisierungsgrads wurde diese schriftlich in Form eines Lastenhefts festgehalten. Auf dieser Basis wurde die Konzeption durchgeführt. Die entwickelten Konzepte sind alle vor dem Hintergrund der einfachen Umsetzbarkeit entstanden. Da die Nägel ausschließlich senkrecht von oben in das Holz geschossen werden sollen, wurden sowohl Konzepte mit Knickarmrobotern als auch mit dreiachsigen Portalsystemen bedacht. Dabei sollte eine Nagelpistole mit Magazin am Kopf des Roboters angebracht werden. In allen Konzepten sollte mit zwei Formen gearbeitet werden. Auf diese Weise ist das manuelle Befüllen und Entladen

der Form synchron zum durch den Roboter durchgeführten Nagelprozess möglich.

Das finale Konzept wurde gemeinsam mit einem Lieferanten von Automatisierungslösungen erarbeitet. Der Lieferant hat das Konzept gemeinsam mit dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover und der HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH kostenoptimiert und bis zur Umsetzungsreife entwickelt. Das Konzept beinhaltet zwei Schlitten für zwei Formen und einen dazwischenstehenden Knickarmroboter. Über die Schlitten werden die Formen in den Arbeitsbereich des Roboters gefahren.

Durch die flexible Möglichkeit weitere Formen zu entwickeln, können alle Größen im Arbeitsbereich des Roboters gefertigt werden. Auf diese Weise kann das System gut an zukünftige Anforderungen angepasst werden. Die Steuerung des Systems wurde besonders einfach konzipiert, so dass neue Varianten unkompliziert in die Robotersteuerung übertragen werden können.

Nutzen für den Mittelstand

In dem Projekt konnte erfolgreich gezeigt werden, dass Automatisierungslösungen auch stückweise und im „Kleinen“ entwickelt werden können. Das ausgewählte Konzept deckt alle im Vorfeld aufgenommenen Anforderungen ab und passt zum Digitalisierungsgrad des Unternehmens. Dieses Projekt ist ein hervorragendes Beispiel dafür, wie der Mittelstand die Automatisierung beginnen kann. Auch ohne große Digitalisierungslösungen kann hier ein einfacher Einstieg in die Automatisierung erfolgen. Mit der Umsetzung des Konzepts kann die HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH nicht nur die Produktion steigern sowie die Produktion besser planen, sondern auch Mitarbeiter und das Unternehmen in Richtung Zukunft weiterentwickeln. Gleichzeitig ist die geplante Anlage sehr variabel und kann für weitere Produkte nutzbar gemacht oder erweitert werden.

Die HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH hat durch das Umsetzungsprojekt des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hannover ein umsetzungsfertiges Konzept inklusive



Kostenkalkulation für eine nachhaltige Verbesserung ihrer Produktion erhalten. Dies versetzt die HVS HolzVerpackungSiedenburg GmbH in die Lage auf Basis aller nötigen Informationen eine sinnvolle Entscheidung zu treffen.

Industrie 4.0

Durch das Einbinden einer Automatisierungslösung in die bisher rein manuelle Produktion hält die Digitalisierung in die Holzverpackungsfertigung außerhalb der Standardgrößen Einzug.

- Niederschwellige Einführung von Automatisierungslösungen
- Interaktion zwischen Mensch und Maschine
- Ermöglichung strukturierterer und langfristige Produktionsplanung

Autoren



Dominik Melcher, M. Sc. ist Mitarbeiter im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Dominik Melcher studierte Maschinenbau an der Technischen Universität Braunschweig. Seit 2017 ist er Doktorand am Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) und forscht im Bereich Automatisierungstechnik.



Dipl.-Ing. Ake Kriwall ist Mitarbeiter im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Als Projektingenieur in der Automatisierungstechnik unterstützt er Unternehmen in Vorhaben zu den Themen Digitalisierung und Automatisierung.





Firmenprofil

Die Hedemann Technik GmbH aus Westerstede ist ein zertifizierter Schweißfachbetrieb mit aktuell 50 Mitarbeitenden. Seit über 125 Jahren ist das Handwerksunternehmen in der Agrarwirtschaft tätig. Zum Leistungsangebot zählen die Konstruktion und Fertigung u. a. von Silos, Kälberhaltungssystemen sowie Produkten des allgemeinen Metallbaus. Das Unternehmen verfügt über eine CNC-Plasmaschneidanlage, eine CNC-Abkantpresse und Bandsägen für den Profilzuschnitt. Die Weiterverarbeitung erfolgt durch MIG/MAG oder WIG-Schweißverfahren.

Aus alt wird digital – Retrofitting einer Bandsäge

Bei der Digitalisierung steht der betriebswirtschaftliche Nutzen stets im Vordergrund. Dieser lässt sich im Bereich der Produktion etwa durch die Optimierung von Fertigungsabläufen mit Hilfe digitaler Produktionssysteme erreichen. Derartige Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit können jedoch nur auf Basis verfügbarer Daten zielgerichtet umgesetzt werden. Diese Daten stehen jedoch häufig aufgrund des Alters der Maschinen nicht oder nur sehr eingeschränkt zur Verfügung. Somit ist etwa die dynamische Berechnung von Produktionskennzahlen oder die Anbindung an ein zentrales Fertigungssteuerungssystem häufig nicht möglich.

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover hat im Rahmen eines Projektes mit der Hedemann Technik GmbH die Machbarkeit des Retrofittings einer Bandsäge aufgezeigt, um die für Digitalisierungsvorhaben notwendige Datengrundlage zu schaffen. Dabei lag der Fokus auf der automatisierten Ermittlung und Visualisierung von Produktionskennzahlen in Echtzeit.

Problemstellung

Die Produktion der Firma Hedemann Technik ist überwiegend durch manuelle Arbeitsgänge wie Schweißen und Abkanten gekennzeichnet. Hinzu kommen kostenintensive CNC-Maschinen für spezielle Fertigungsaufgaben. Diese Maschinen müssen zur Optimierung der Gesamtproduktivität über die Fertigungsplanung bestmöglich ausgelastet werden. Gleichzeitig ist eine hohe Verfügbarkeit, also ein möglichst hoher Anteil direkt wertschöpfender Funktionen der Maschinen, von besonderer Bedeutung. Hierfür eingesetzte Produktionsleitsysteme basieren auf einer Betriebs- und Maschinendatenerfassung. Die erforderlichen Rückmeldedaten stehen jedoch aktuell bei der Hedemann Technik GmbH nicht zur Verfügung, sodass Daten zur Berechnung der Verfügbarkeit nur mit einem hohen manuellen Aufwand erfasst werden können.

Im Rahmen des Projekts sollen Daten über ein digitales Retrofitting am Beispiel einer Bandsäge erfasst werden, mit dem Ziel, die Verfügbarkeit der Bandsäge auf Basis der Maschinendaten in Echtzeit zu berechnen und über eine Benutzeroberfläche zu visualisieren. Aufwände aufgrund von Fehlplanungen sollen durch die gesteigerte Transparenz reduziert werden.

Bei der Bandsäge handelt es sich um eine MEP Shark 260, die in der Produktion überwiegend für den Zuschnitt von Stahlprofilen genutzt wird. Die Wahl der Prozesseinstellgrößen erfolgt, ebenso wie die Materialzuführung, händisch durch die Mitarbeitenden. Eine Nachverfolgung der bearbeiteten oder sich in Bearbeitung befindlichen Aufträge ist aufgrund der nicht vorhandenen Steuerungstechnik ausschließlich manuell möglich. Hieraus resultiert ein deutlich erhöhter Aufwand.

Lösungsweg

Zur Zielerreichung wird ein Sensorkonzept für die Datenerfassung durch das Kompetenzzentrum Hannover erstellt und prototypisch umgesetzt. Auf dieser Grundlage erfolgt die Ermittlung der Betriebszustände, die über eine Benutzeroberfläche dargestellt werden. Da die Mitarbeitenden das System mittelfristig eigenständig weiterentwickeln sollen, erfolgt die Programmierung dieser Anwendung mittels Low-Code.

Folgende Schritte sind für die Zielerreichung erforderlich:
1) Konzeptionierung einer Betriebsdaten- und Kennzahlenerfassung.

2) Prototypischer Aufbau einer sensorbasierten Kennzahlenerfassung an einer Bandsäge.

3) Test der Kennzahlenerfassung und Bewertung des betriebswirtschaftlichen Nutzens.

Konzeptionierung

Für die Konzeptionierung muss zunächst die Arbeitsfolge

und die Funktion der Maschine betrachtet werden, um über geeignete Sensorik die notwendigen Daten zur Berechnung der Verfügbarkeit nach Gleichung 1 erfassen zu können.

Gleichung 1)

$$\text{Verfügbarkeit [\%]} = \frac{\text{Hauptnutzungszeit HNZ}}{\text{Planbelegungszeit PBZ}}$$

Die Verfügbarkeit ist das Verhältnis von Hauptnutzungszeit (HNZ) zur Planbelegungszeit (PBZ) und gibt somit Auskunft über die tatsächliche Nutzung der Maschine für wertschöpfende Tätigkeiten. Dabei ist die Planbelegungszeit die an einem Arbeitstag verfügbare Zeit, abzüglich der produktionsfreien Zeit und der Zeit für geplante Stillstände. Die Hauptnutzungszeit ist hingegen die tatsächliche Produktionszeit, ohne Zeiten für Stillstände, Unterbrechungen und Rüstvorgänge. Im Beispiel der Bandsäge ist die Produktionszeit die Zeit, in der das Sägeblatt das Werkstück bearbeitet. Zusätzlich zur Berechnung der Verfügbarkeit wird der jeweils aktive Auftrag sowie die tatsächliche Rüstzeit ermittelt. Hierdurch können die Produktionszeiten pro Auftrag ermittelt und zur Nachkalkulation und somit als Grundlage zukünftiger Auftragsplanungen herangezogen werden.

Das Sensorkonzept muss daher die Ermittlung der unterschiedlichen Status-Kenngrößen Produktion, Rüsten und Stillstand sowie die Zuordnung zum jeweils aktiven Auftrag ermöglichen. Hierzu müssen zunächst die Statuskenngrößen definiert und über eine geeignete Sensorik messbar gemacht werden. Nachfolgend sind die Definitionen der drei Kenngrößen im Anwendungsfall der Bandsäge separat aufgeführt:

Produktion: Der Status Produktion liegt vor, wenn eine tatsächliche Bearbeitung des Werkstücks stattfindet. Dies ist am Beispiel der Bandsäge der Fall, wenn das Sägeblatt in das Werkstück eintaucht und eine spanende Bearbeitung stattfindet. Um diesen Zustand zu erfassen, stehen grundsätzlich zwei Optionen zur Verfügung. Die erste Option: Ein Beschleunigungssensor ermittelt den Zustand, indem er die Vibrationen durch den Zerspanprozess aufnimmt. Die zweite Option ist die Spannungsmessung über ein Energy Meter, der die erhöhte Leistungsaufnahme aufgrund der Zerspanungskräfte misst. Für den prototypischen Aufbau bei der Hedemann Technik GmbH wurde der Zustand Produktion über einen Beschleunigungssensor realisiert, da dieser flexibel einsetzbar ist und zudem unkompliziert über einen Magnethalter an der Maschine positioniert werden kann.

Rüsten: Vor Beginn der Produktion müssen die zu bearbeitenden Werkstücke aufgelegt und über die Spannvorrichtung fixiert werden. Die Zeit vom Auflegen des Werkstücks bis zum Eintauchen des Sägeblattes in das Werkstück wird als Rüstzeit definiert. Dabei wird



Abbildung 1: Prüffolge zur Statusermittlung

der Zeitpunkt des Auflegens eines Werkstücks über einen Reflexionslichttaster erfasst. Dieser löst aus, sobald ein Werkstück in die Zuführung gelegt beziehungsweise wieder entfernt wird. Sobald das Sägeblatt in das Werkstück eintaucht wechselt der Status von Rüsten auf Produktion.

Stillstand: Die Maschine befindet sich im Stillstand, wenn weder eine Bearbeitung stattfindet noch ein Rüstvorgang durchgeführt wird. Für diesen Status ist keine gesonderte Sensorik erforderlich, da die Ermittlung über die Statusprüffolge innerhalb der Programmierumgebung als Ausschlusskriterium sichergestellt werden kann.

Die Statusermittlung findet innerhalb der LowCode-Programmierungsumgebung NodeRed statt und erfolgt über eine Prüffolge auf Basis definierter Grenzwerte. Diese ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Kriterium Stillstand ist demnach nur dann erfüllt, wenn sowohl das Kriterium für Rüsten als auch für Produktion nicht erfüllt sind. Sobald das Kriterium für Rüsten, durch Auslösen des Reflexionstasters, zutrifft, befindet sich die Maschine in der Nebennutzungszeit „tatsächliches Rüsten“. Bei Überschreiten des Grenzwertes für den Status Produktion wechselt der Ausgabewert auf Produktion. Der Zeitraum für den Status Produktion wird als Hauptnutzungszeit dokumentiert.

Neben den Statusmeldungen Produktion, Rüsten und Stillstand wird der jeweils aktive Auftrag über einen Barcode-Scanner erfasst. Wenn ein Auftrag gescannt

wird, wird dieser in die Datenbank geschrieben und ist aktiv. Die Auftragsnummer wird im Dashboard angezeigt. Das vollständige Sensorkonzept ist in Abbildung 2 dargestellt. Der Beschleunigungssensor (Multisensor) sowie der Reflexionstaster sind an einem Gateway angeschlossen. Die Sensordaten werden mittels MQTT an die Low-Code-Programmierungsumgebung NodeRed übermittelt, um den jeweiligen Status der Maschine nach der in Abbildung 1 dargestellten Prüffolge zu ermitteln. Die Statusmeldungen werden zur weiteren Verarbeitung an eine MySQL-Datenbank übergeben. Die jeweils aktive Auftragsnummer wird über den Barcode-Scanner erfasst und über einen PC ebenfalls an die Datenbank übergeben. Auf diese Weise kann die Verfügbarkeit auf Basis der Datenbankeinträge zu unterschiedlichen Zeitintervallen berechnet und zwecks Visualisierung in einem Dashboard an NodeRed übergeben werden.

Prototypischer Aufbau und Test

Für den prototypischen Aufbau wird der Reflexionslichttaster unterhalb der Materialzuführung in unmittelbarer Nähe zur Einspannstelle positioniert. Auf diese Weise werden aufgelegte und eingespannte Werkstücke direkt erfasst. Der Beschleunigungssensor muss so angebracht werden, dass die Vibrationen des Bearbeitungsprozesses aufgenommen werden können. Bei falscher Positionierung liefert der Sensor keine ausreichend eindeutigen Daten. Daher wird der Beschleunigungssensor direkt an der Rückseite der Spannbacken platziert. Zur Überprüfung der Funktionsweise des Sensorkonzepts wird die Bearbeitung eines

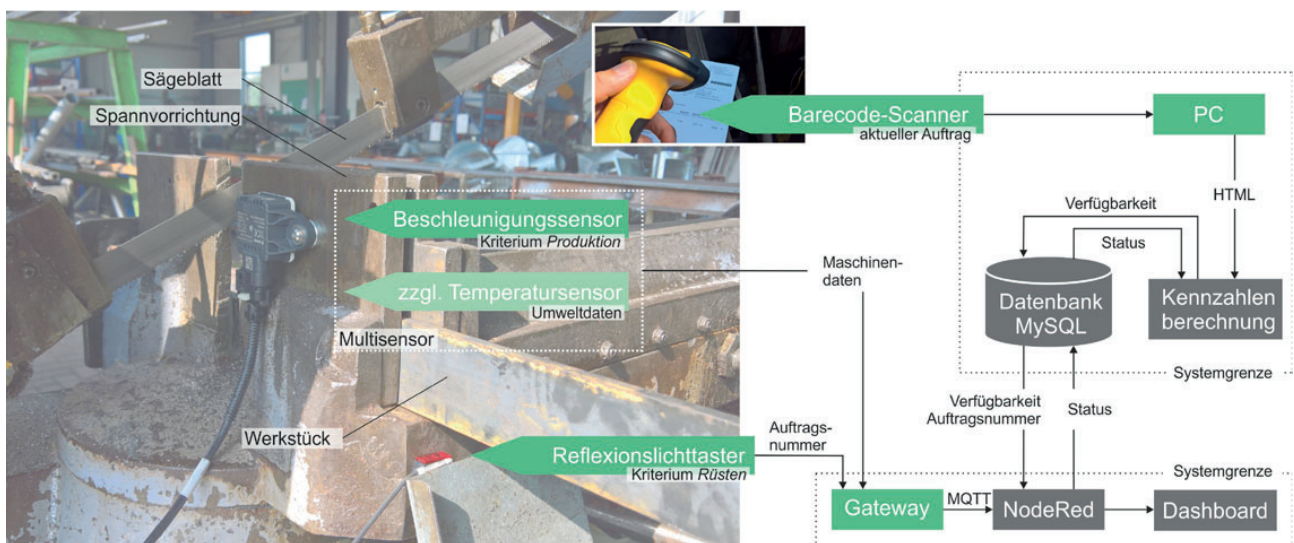


Abbildung 2: Sensorkonzept

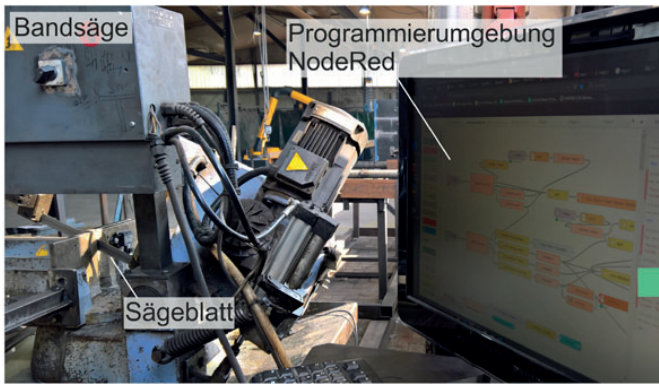
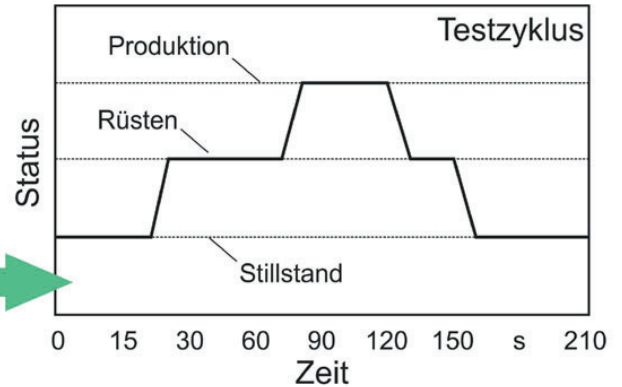


Abbildung 3: Auswertung Testzyklus



Vierkanthrores als Testzyklus durchgeführt. Abbildung 3 zeigt die Bandsäge mit der zur Statusermittlung laufenden Programmierumgebung NodeRed. In der rechten Bildhälfte ist der Statusverlauf innerhalb des Testzyklus dargestellt.

Nach dem Scannen des Auftrages und nach Auflegen des Bauteils wechselt der Status von Stillstand auf Rüsten. Es folgt die Bearbeitung und der damit verbundene Wechsel auf den Status Produktion. Nach Abschluss der Bearbeitung wechselt der Status zunächst wieder in den Status Rüsten und schließlich zurück in den Stillstand.

Für den Testzyklus kann die Verfügbarkeit mit einer auf diesen Zyklus angepassten Planbelegungszeit berechnet werden. Diese beträgt knapp 20 Prozent. Die Hauptaufwände entstehen in diesem Bearbeitungszyklus für das Rüsten der Maschine. Dieser Test stellt nur einen kleinen Ausschnitt der tatsächlich möglichen Produktionsleistung der Maschine dar. Dennoch zeigt das Ergebnis, dass der jeweilige Status eindeutig identifiziert und zur Berechnung von Produktionskennzahlen, wie der Verfügbarkeit, herangezogen werden kann. Zudem können die Produktionszeiten eindeutig einem Auftrag zugeordnet werden.

Nutzen für den Mittelstand

Im Rahmen des Projekts konnte am Beispiel einer Bandsäge aufgezeigt werden, dass mit dem passenden Sensorkonzept grundlegende Maschinendaten erfasst und zur Berechnung aussagekräftiger Informationen herangezogen werden können. Mit Hilfe industrietauglicher Sensorik kann die Verfügbarkeit der betrachteten Bandsäge in Echtzeit berechnet und zusammen mit den aufgenommenen Rüstzeiten zur Optimierung der Fertigungsplanung herangezogen werden. Zudem können die tatsächlichen Produktionsaufwände dem jeweiligen Auftrag zugeordnet und für die Nachkalkulation genutzt werden. Hierdurch wird eine weitere Verbesserung im Bereich der Angebotserstellung erreicht.

Das hier realisierte Konzept ist auf andere Maschinen übertragbar. Es können also auch unterschiedliche Maschinen und Anlagen in ein digitales Produktionsumfeld mit Hilfe eines gezielten Retrofittings integriert werden. Die hierdurch

verfügbare Datenbasis ist die notwendige Grundlage zur Steigerung von Effektivität und Wirtschaftlichkeit in der Produktion.

Firma Hedemann hat das Konzept überzeugt und plant auf dieser Grundlage ein System zur Produktionsplanung und -steuerung einzuführen.

Industrie 4.0

- Retrofitting
- Sensorintegration
- Visualisierung

Autoren



Dr.-Ing. Michael Rehe ist Geschäftsführer im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Herr Dr. Rehe studierte Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover und hat 2015 am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen promoviert. Vor seiner Zeit im Kompetenzzentrum war er in leitender Funktion bei einem mittelständischen Automobilzulieferer tätig.



Dirk Leenderts, B. Eng. ist Geschäftsführer der Hedemann Technik GmbH in Westerstede. Herr Leenderts studierte internationales Wirtschaftsingenieurwesen.

Ihr persönlicher Weg in die digitale Zukunft

Step 1



Information

Neue Technologien – anschaulich vorgestellt

Worum geht es bei der Digitalisierung? Wie gehe ich das Thema im Unternehmen an? Auf diese Fragen geben wir Ihnen Antworten – zum Beispiel in unseren Demofabriken. Und: Mit unseren Informationsveranstaltungen und unserer Roadshow, der mobilen Fabrik, sind wir für Sie unterwegs.

Besuchen Sie unsere Roadshow in Ihrer Nähe oder unsere Demofabrik auf dem Messegelände.
www.mitunsdigital.de/roadshows

Step 2



Schulung

Fit für die digitale Zukunft

Die Qualifizierung der Beschäftigten ist entscheidend für die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens. Von der Produktionstechnik über Recht bis hin zu Arbeit 4.0 und Organisation – wir bieten Ihnen praxisnahe, methodisch abwechslungsreiche Schulungen und machen Mitarbeitende fit für die Zukunft Ihres Unternehmens.

Wählen Sie Ihr passendes Thema. Besuchen Sie unsere kostenfreien Schulungen jetzt.
www.mitunsdigital.de/schulungen

Step 3



Dialog

Impulse, die Sie weiterbringen

Wir kommen in Ihr Unternehmen, ermitteln Ihre firmenspezifischen Bedarfe und besprechen mit Ihnen Lösungen und mögliche Digitalisierungsschritte für Ihren Betrieb.

Unsere Digitalisierungsexperten stehen für Sie bereit. Vereinbaren noch heute einen Termin.
www.mitunsdigital.de/dialog

Step 4



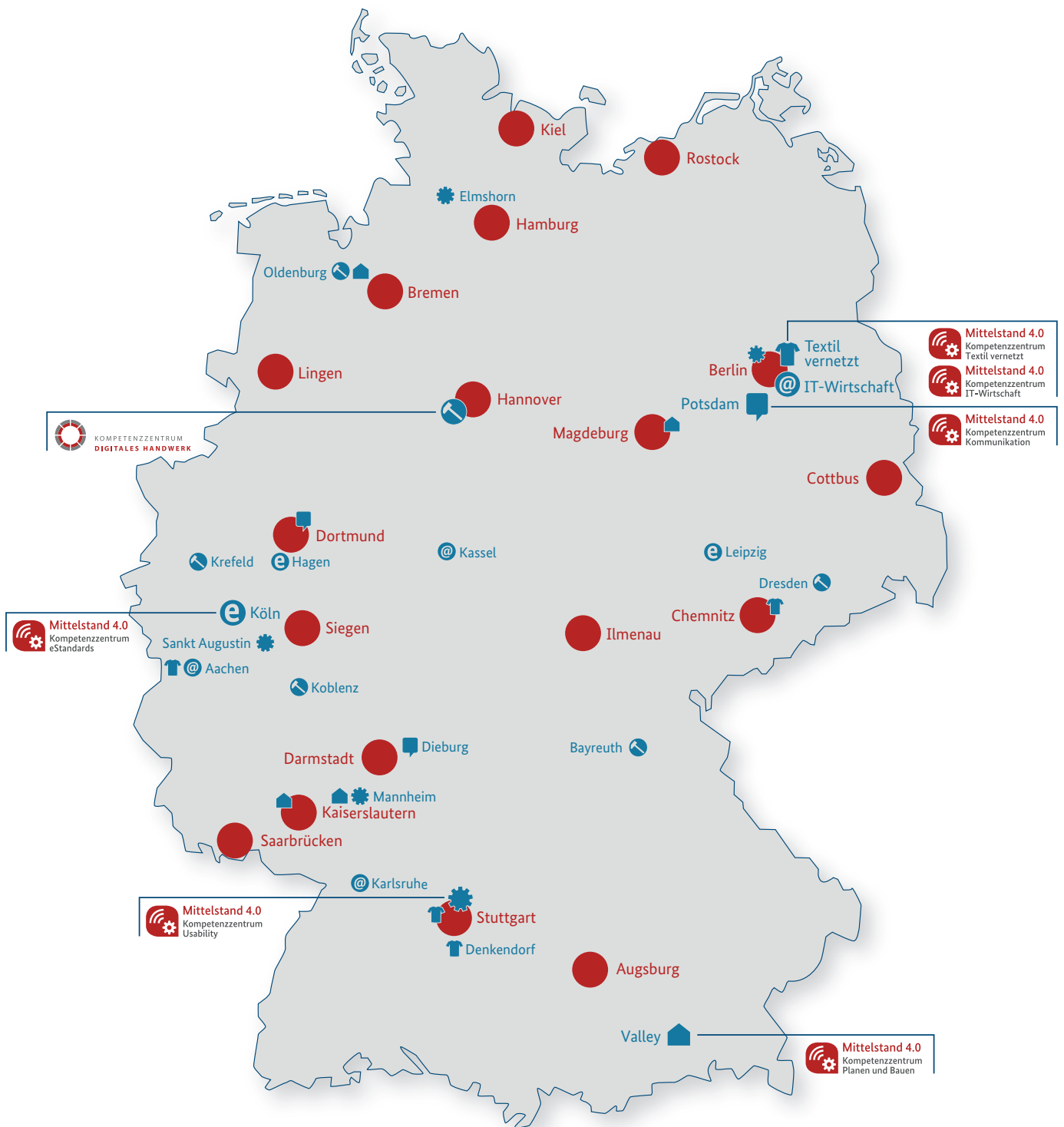
Projekt

Erfolgreich und schnell umgesetzt

Wir begleiten Firmen bei der Umsetzung von Digitalisierungsvorhaben, übernehmen das Projektmanagement und realisieren mit Ihnen Testaufbauten. Die Dauer der individuell angepassten Projekte: sechs Wochen bis zu sechs Monate.

Gehen Sie die ersten Digitalisierungsschritte mit uns. Bewerben Sie sich jetzt.
www.mitunsdigital.de/projekte

Die regionalen Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren und Themenzentren mit ihren Stützpunkten



Weitere Informationen finden Sie unter www.mittelstand-digital.de

Stand: Dezember 2019

Impressum

**Schriftenreihe des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hannover
Ausgabe 5**

**Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen
der Leibniz Universität Hannover
An der Universität 2
30823 Garbsen**

**Herausgeber:
Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena**

**Redaktion: Gerold Kuiper
Satz und Layout: Martin Türk**

Bildnachweis:

IPH: Titel, S. 5, S. 6, S. 7, S. 11, S. 15, S. 18, S. 19, S. 21, S. 22, S. 24, S. 25
IFW: S. 3, S. 26, S. 28, S. 29
Shutterstock: S. 4, S. 16, S. 19
Hako: S. 8, S. 9, S. 10
Dietmar Müller Heizung-Lüftung-Sanitär GmbH: S. 12, S. 13, S. 14
Hedemann Technik GmbH: S. 29

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch das des Nachdruckes, der Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung des vollständigen Werkes oder von Teilen davon, sind vorbehalten.

© TEWISS-Technik und Wissen GmbH, April 2021

**An der Universität 2
30823 Garbsen**

**Tel: 0511-762-19434
www.tewiss-verlag.de**

**Fax: 0511-762-18037
mail: info@tewiss-verlag.de**

gedruckte Ausgabe: ISBN 978-3-95900-565-4
digitale Ausgabe: ISBN 978-3-95900-566-1



Information



Schulung



Firmengespräche



Projekte

Erfolgreich und schnell umgesetzt

Wir begleiten Firmen bei der Umsetzung von Digitalisierungsvorhaben, übernehmen das Projektmanagement und realisieren mit Ihnen Testaufbauten. Die Dauer der individuell angepassten Projekte: sechs Wochen bis zu sechs Monate.

