



**Digitale Weiterbildung und Wissensmanagement s. 4**

## » DIGITALISIERUNG erfolgreich umgesetzt



### weitere Themen

Intelligente Personaleinsatzplanung  
Mit IT-Sicherheitsanalysen immer auf dem aktuellen Stand  
Drohnenbasierte 3D-Layoutaufnahmen  
Implementierung digitaler Assistenzsysteme  
Vom Handwerk zur Produktion



**Mittelstand 4.0**  
Kompetenzzentrum  
Hannover

Ausgabe 4  
**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](http://www.mittelstand-digital.de)

Mittelstand-  
Digital 

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Digitalisierung erfolgreich umgesetzt

<i>Berend Denkena</i> Editorial	3
<i>Nele Lüpkes</i> Digitale Weiterbildung und Wissensmanagement	4
<i>Sebastian Stobrawa / Stefan Jacob</i> Intelligente Personaleinsatzplanung	8
<i>Christopher Tebbe</i> Mit IT-Sicherheitsanalysen immer auf dem aktuellen Stand!	14
<i>Dominik Melcher, Robin Stöber</i> Drohnenbasierte 3D-Layoutaufnahme unterstützt bei der Fabrikplanung	22
<i>Tom Strating, Can Sönmez, Robin Stöber</i> Konzepterstellung zur Implementierung digitaler Assistenzsysteme	28
<i>Cristoph Digwa, Michael Rehe</i> Vom Handwerk zur Produktion: Die IT darf nicht auf der Strecke bleiben!	34



# Editorial

Sehr geehrte Damen und Herren,

die COVID-19-Pandemie hat uns die Bedeutung digitaler Technologien für Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft sehr klar vor Augen geführt. Sie haben sich in vielen Bereichen als krisenfest herausgestellt. Die Pandemie treibt die Digitalisierung voran. Vor dem Hintergrund, die Krise zu bewältigen und in Zukunft gerüstet zu sein, ist es mehr denn je von immenser Bedeutung, welche Digitalisierungspotenziale im eigenen Betrieb noch ungenutzt sind und welche neuen Möglichkeiten die Digitalisierung eröffnet. Die Möglichkeiten und den Nutzen digitaler Technologien insbesondere auch für kleine und mittlere Unternehmen stellen wir Ihnen in diesem Magazin beispielhaft an sechs erfolgreichen Digitalisierungsprojekten vor.

„Digitale Weiterbildung und Wissensmanagement“ heißt der Beitrag zum einem Projekt mit der KIRCHNER Engineering Consultants GmbH. Zusammen mit dem Unternehmen hat das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover einen Leitfaden für die Erstellung von Erklärvideos zur zeit- und ortsunabhängigen Qualifizierung der Mitarbeitenden entwickelt.

Wie können digitale Assistenzsysteme zur Effizienzsteigerung in der Produktion unter Berücksichtigung der unternehmensspezifischen Herausforderungen eingesetzt werden? Antworten auf diese Frage finden Sie im Projektbeitrag „Konzepterstellung zur Implementierung digitaler Assistenzsysteme“ mit der Tietjen GmbH.

Im Projekt mit einem Konsortium aus dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover und den Anwendungspartnern Miele, Jung, Schubs und Sennheiser wurde eine „Intelligente Personaleinsatzplanung“ entwickelt und simulativ getestet.

Wie die Umstrukturierung eines Fabriklayouts effizient und fehlerfrei geplant werden kann, zeigt das Projekt mit der Zerspanungstechnik Kuhn Edelstahl GmbH. Die „Drohenbasierte 3D-Layoutaufnahme unterstützt bei der Fabrikplanung“, verbessert die Planungsqualität und verkürzt die Umsetzungsdauer.

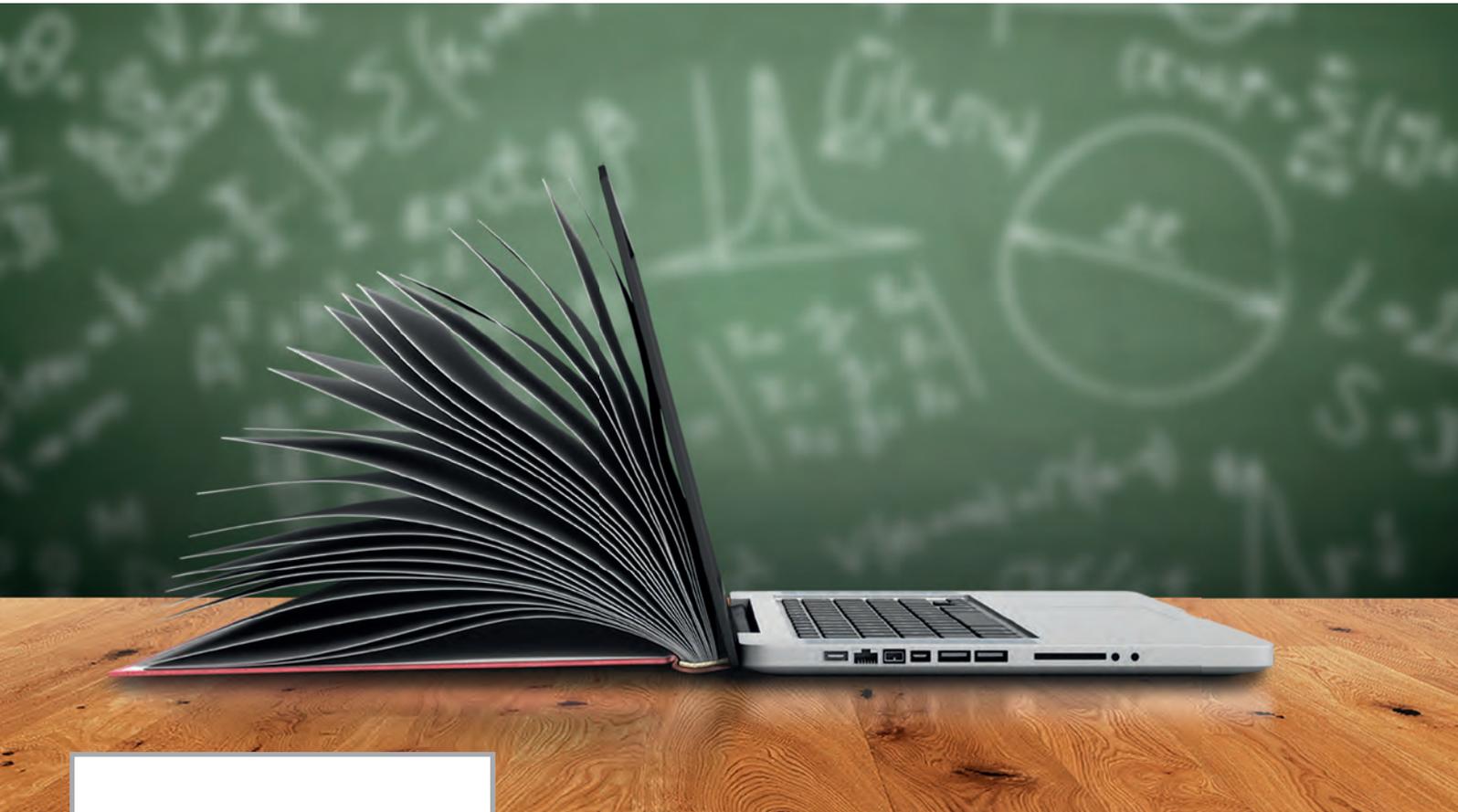
„Vom Handwerk zur Produktion: Die IT darf nicht auf der Strecke bleiben!“ heißt das Projekt mit der Tischlerei Mundzik. Es beschreibt den Weg zu einem passgenauen ganzheitlichen IT-System für das Unternehmen.

In der beispielhaften Betrachtung einer Kläranlage wird im Beitrag „Mit IT-Sicherheitsanalysen immer auf dem aktuellen Stand!“ erläutert, wie ein IT-Sicherheitskonzept mit Hilfe einer IT-Sicherheitsanalyse erarbeitet werden kann.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen.



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



### *Firmenprofil*

*Die Kirchner Engineering Consultants GmbH ist Teil einer unabhängigen, interdisziplinär beratenden Unternehmensgruppe mit Schwerpunkt in den Themenbereichen Infrastruktur und Umwelt, technische Gebäudeausrüstung und Energietechnik, Grafik- und Datenbanksysteme, Vermessung sowie Immobilienbewertung.*

*Mit über 160 Mitarbeitern an zwölf Standorten in Nord- und Ostdeutschland bieten KIRCHNER Ingenieure Ingenieurleistungen im Bereich der Planung, Begleitung und Überwachung an.*

## Digitale Weiterbildung und Wissensmanagement

**Im Zuge der Digitalisierung sind Unternehmen mit einer stetigen Flexibilisierung und Transformation bestehender Prozesse und Strukturen konfrontiert. Wenn Arbeit und Leben immer digitaler werden, fordert dies auch eine entsprechende Ausrichtung auf die sich wandelnden Qualifikations- und Informationsanforderungen der Mitarbeitenden. Digitale Lernformate können in der unternehmensinternen Weiterbildung als Element eines zentralen Wissensmanagements bei diesem Wandel unterstützen.**

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover hat gemeinsam mit der Kirchner Engineering Consultants GmbH das digitale Format des Erklärvideos anhand von bestehenden Strukturen und Rahmenbedingungen als ein bedarfsgerechtes digitales Lernformat identifiziert, dieses nach pädagogischen Kriterien aufbereitet und bei der Erstellung eines ersten Videos unterstützt.

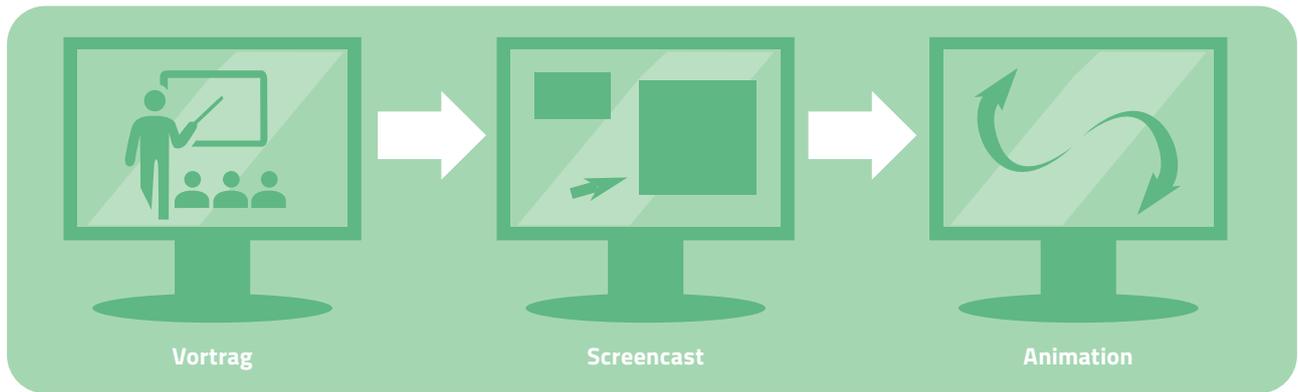


Abbildung 1: Formate eines Erklärvideos

## Problemstellung

Die Kirchner Engineering Consultants GmbH berät zu den Themen Infrastruktur und Umwelt, technische Gebäudeausrüstung und Energietechnik, Grafik- und Datenbanksysteme, Vermessung sowie Immobilienbewertung. Das Unternehmen hat eine Vielzahl an Niederlassungen im nord- und ostdeutschen Raum. Aus diesem Grund ist es eine stetige Herausforderung, den Mitarbeitenden an den einzelnen Standorten einheitlich Informationen zukommen zu lassen und firmenrelevantes Wissen bereitzustellen. Im Rahmen ihrer Dienstleistung übernimmt die Kirchner Engineering Consultants GmbH eine interdisziplinäre Funktion und ist im ständigen Austausch mit zahlreichen Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartnern. Durch die ISO 9001-Zertifizierung ist zwar eine Vielzahl an Formularen vorgegeben, die Abläufe dahinter sind aber nicht immer eindeutig festgelegt und kaum standardisiert. Da die Projekte darüber hinaus von verschiedenen Mitarbeitenden bearbeitet werden, entstehen aufgrund fehlender Vorgaben unterschiedliche Vorgehensweisen und daraus resultierend nicht einheitliche Wissensstände innerhalb des Unternehmens.

In Bezug auf die Bereitstellung, Aktualisierung und Vernetzung dieses Wissens zwischen den Unternehmensbereichen ist das Wissensmanagement in der Kirchner Engineering Consultants GmbH bisher nur gering strukturiert. Seit circa zwei Jahren existiert ein firmenweites Intranet über SharePoint, allerdings wird dieses bisher nur relativ starr über die Bereitstellung von Informationen in Textform genutzt. Weiterbildungen werden zudem bislang in Form von reinen Präsenzs Schulungen von den Dozentinnen und Dozenten des Unternehmens an unterschiedlichen Standorten durchgeführt. Damit verbunden ist ein erheblicher Personalaufwand. Sowohl die Dozentinnen und Dozenten als auch die teilnehmenden Mitarbeitenden sind dadurch zeitgleich gebunden.

## Lösungsweg

Die Idee des gemeinsamen Umsetzungsprojektes zwischen der Kirchner Engineering Consultants GmbH und dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover war es, die

bestehenden Strukturen in SharePoint stärker für die interne Weiterbildung und das Wissensmanagement der Mitarbeitenden zu nutzen. Wissen sollte nicht länger disparat und variabel innerhalb der einzelnen Organisationseinheiten bestehen, sondern zentral von den Mitarbeitenden selbstständig über digitale Formate bereitgestellt, aktualisiert und geteilt werden können.

Das Projekt gliedert sich in drei Phasen. Grundlage der Zusammenarbeit war dabei die Durchführung einer Bedarfsanalyse in Form eines Gespräches zwischen dem Kompetenzzentrum Hannover und der Kirchner Engineering Consultants GmbH. Im Fokus stand hier zum einen die Definition der Ausgangslage sowie der Problemstellung, zum anderen ging es um die Identifikation der Bedarfe im Kontext vorhandener Rahmenbedingungen im Unternehmen und daran anschließend um die oben aufgeführte Zielstellung der zentralen Wissensbereitstellung für die Mitarbeitenden.

In der ersten Phase erstellte das Kompetenzzentrum ausgehend von den Bedarfen der KIRCHNER Engineering Consultants GmbH ein Leitfadens für die Umsetzung digitaler Weiterbildung im Unternehmen. In diesem lag der Schwerpunkt zum einen auf Potenzialen und Chancen von digitalem Lernen im Unternehmen, zum anderen auf der praxisnahen Aufarbeitung zweier beispielhafter Formate mit dem Fokus auf das Erklärvideo.

Erklärvideos lassen sich auf unterschiedliche Art und Weise umsetzen. Der Vortrag meint die Aufnahme eines Referenten vor der Web-Cam. Über den Screencast kann eine Aufnahme des Bildschirms bereitgestellt und anschließend vertont werden. Animierte Erklärvideos lassen sich über verschiedene Softwares im Internet erstellen. Alle drei Formate sind vergleichsweise niedrigschwellig und können über bereits vorhandene Tools oder frei zugängliche und zumeist kostenfreie Software im Internet selbstständig von den Mitarbeitenden erstellt werden. Hierzu braucht es nicht viel mehr als einen PC mit Internetverbindung und ggf.

eine Webcam und ein Headset. Aus diesem Grund haben die Projektmitarbeitenden das Erklärvideo als das ideale Format für den Auftakt des digitalen Wissensmanagements und das selbstständige Bereitstellen von Inhalten der Mitarbeitenden bei der KIRCHNER Engineering Consultants GmbH festgelegt.

Im Leitfaden schließt sich an die Aufbereitung der digitalen Formate auch die Fragestellung an, wie die Einführung digitaler Weiterbildung im Unternehmen gestaltet werden kann. Wenn die Mitarbeitenden digitale Lerninhalte zu ihrem Expertenwissen selbstständig erstellen und nutzen sollen, müssen seitens des Unternehmens entsprechende Rahmenbedingungen gegeben sein. Am wichtigsten ist hierbei, dass der Auftakt digitaler Weiterbildung vom Unternehmen und konkret von den Entscheidungsträgern begleitet wird. Es müssen Ansprechpartner festgelegt und Handreichungen sowie Zielstellungen für die Erstellung digitaler Formate nachvollziehbar bereitgestellt werden, sodass ein entsprechender Auftakt gestaltet werden kann. Mit der Unterstützung durch das Kompetenzzentrum sind diese Punkte im Rahmen des Projektes gemeinsam umgesetzt worden.

Auf der Basis des Leitfadens entwickelte das Kompetenzzentrum gemeinsam mit der KIRCHNER Engineering Consultants GmbH ein Erklärvideo als erstes digitales Format. Die Projektmitarbeitenden identifizierten zunächst ein passendes Thema, planten Inhalte in Form eines Drehbuches und setzten letztendlich ein animiertes Video über eine im Internet verfügbare Software um. In der dritten Phase erstellte das Kompetenzzentrum Hannover ein How-to Erklärvideo, in welchem die Verantwortlichen der Kirchner Engineering Consultants GmbH von ihren gesammelten Erfahrungen in der Umsetzung des Erklärvideos berichteten und der zuvor erstellte Leitfaden visuell aufbereitet wurde. Dieses Video fungiert zusammen mit dem gemeinsam erstellten Erklärvideo als Auftakt der digitalen Weiterbildung im Unternehmen und hat in diesem Kontext vor allem die folgenden zwei Zielstellungen.

- 1. Befähigung der Mitarbeitenden zur selbstständigen Erstellung eigener Erklärvideos.
- 2. Motivation der Mitarbeitenden zur selbstständigen Erstellung und Nutzung der bereitgestellten Erklärvideos.

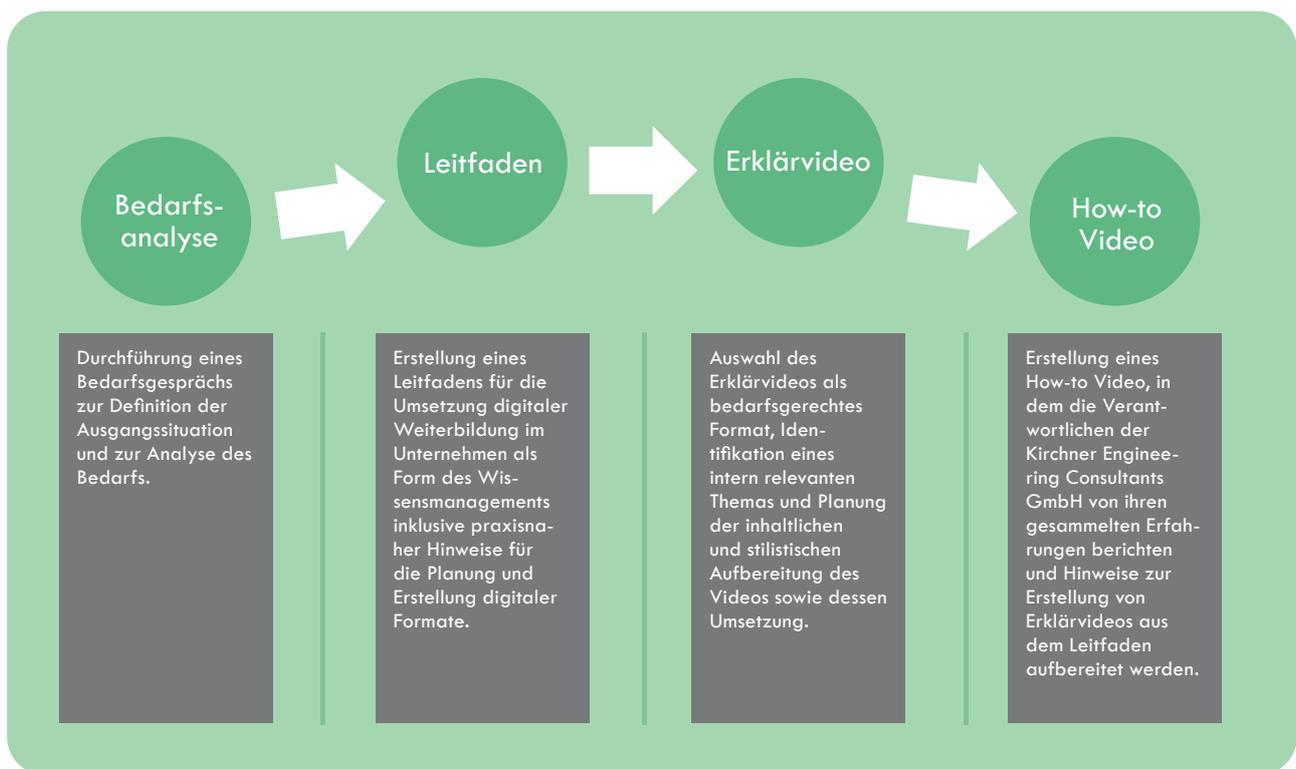


Abbildung 2: Projektablauf Digitale Weiterbildung und Wissensmanagement



## Nutzen für den Mittelstand

Für die Befähigung der Mitarbeitenden in der Gestaltung einer digitalisierten Arbeitswelt müssen sich Unternehmen als lernende Organisationen verstehen. In einer vernetzten Welt erneuert und aktualisiert sich das Wissen im Unternehmen ständig und muss daher nachhaltig erfasst, veröffentlicht und geteilt werden. Aus diesem Grund ist ein kontinuierliches (weiter-)lernen (lebenslanges Lernen) der Mitarbeitenden notwendig. Zum anderen müssen sich Unternehmen die Frage stellen, über welche Zugänge bestehendes Wissen für Mitarbeitenden zugänglich gemacht wird. Das vorliegende Projekt zeigt eine Möglichkeit auf, wie in der digitalen Weiterbildung über online verfügbare Lernformate bestehendes Wissen zentral verortet werden kann. Digitale Weiterbildung als Wissensmanagement bringt damit verschiedene Potenziale für Unternehmen mit sich:

**1. Flexibler Einsatz:** Online bereitgestellte Lerneinheiten sind überall abrufbar, wo Internet zur Verfügung steht. Lernen wird damit ortsunabhängig und kann in den Arbeitsprozess direkt integriert werden.

**2. Anschauliche Visualisierung von Abläufen:** Bilder und Simulationen zu bestimmten Fragestellungen dienen der Veranschaulichung und interaktiven Auseinandersetzung der Lernenden mit den jeweiligen Inhalten.

**3. Wettbewerbsvorteil:** Über die zentrale Bereitstellung von Inhalten können einheitliche Vorgaben für standardisierte Prozesse und Vorgehensweisen im Unternehmen kommuniziert werden und ermöglichen so ein effizientes

Arbeiten über alle Unternehmensbereiche hinweg. In der Ergänzung zu klassischen Weiterbildungen in Präsenzform können über das Online-Lernen zudem Personalressourcen eingespart werden.

## Digitales Lernen

- Chancen und Potenziale von digitalem Lernen
- Wissensmanagement und Qualifizierung von Mitarbeitenden über Digitale Lernangebote
- Erklärvideo als digitales Lernformat

## Autorin



*Nele Lüpkes, M. A. ist Mitarbeiterin im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover. Seit 2018 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung und im Kompetenzzentrum als Referentin für Pädagogik und Didaktik verantwortlich für die Qualitätssicherung des Schulungsangebotes. Nele Lüpkes studierte Sozialwissenschaften und Bildungswissenschaften an der Leibniz Universität Hannover.*



## **SCHUBS** Steuerungstechnik

### **Firmenprofil**

Die SCHUBS GmbH, mit Sitz in Hameln, plant und fertigt Schaltanlagen für die Branchen Elektrotechnik, Druckluft, Nahrungsmittel, Straßenbaumaschinen, Photovoltaik, Windkraft sowie für den allgemeinen Maschinen- und Anlagenbau. Die Bandbreite erstreckt sich vom individuellen Projekt mit einem Schaltschrank in Losgröße 1 bis zur Serienfertigung in größeren Stückzahlen.

## **SENNHEISER**

### **Firmenprofil**

Die Sennheiser electronic GmbH & Co.KG, mit Sitz in der Wedemark bei Hannover, ist ein weltweit agierender Hersteller im Bereich der Elektronikindustrie. Mit ca. 2750 Mitarbeitern weltweit davon 1300 Mitarbeitern am Standort Wedemark (Region Hannover) entwickelt und produziert das Unternehmen in überwiegend manuellen Montageprozessen hochwertige Produkte der Elektroakustik, Kommunikations- und drahtlosen Übertragungstechnik.

## **JUNG**

### **Firmenprofil**

Die Albrecht Jung GmbH & Co. KG wurde 1912 im sauerländischen Schalksmühle gegründet und ist ein mittelständisches, inhabergeführtes Unternehmen mit 750 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von 160 Millionen Euro. Unter dem Leitsatz „Fortschritt als Tradition“ hat sich das Unternehmen als Spezialist für Schalter und Systeme etabliert.

## **Miele**

### **Firmenprofil**

Miele ist der weltweit führende Anbieter von Premium-Hausgeräten für die Bereiche Kochen, Backen, Dampfgaren, Kühlen/Gefrieren, Kaffeezubereitung, Geschirrspülen, Wäsche- und Bodenpflege. Hinzu kommen Geschirrspüler, Waschmaschinen und Trockner für den gewerblichen Einsatz sowie Reinigungs-, Desinfektions- und Sterilisationsgeräte für medizinische Einrichtungen und Labore (Geschäftsbereich Professional).

# Intelligente Personaleinsatzplanung

Der Fachkräftemangel führt dazu, dass Unternehmen vorausschauender mit begrenzten Arbeitskraftkapazitäten planen müssen. Beispielsweise wird die Personaleinsatzplanung, also der Vorgang um Arbeitspersonen zu Arbeitsplätzen zuzuordnen, in der Regel durch eine Führungskraft auf Basis ihrer Erfahrung durchgeführt. Dabei wird subjektiv entschieden, wer die anstehende Aufgabe am besten erfüllen kann. Häufig wird hier jedoch auf Gewohnheit gesetzt, sodass eine starre Planung entsteht. Mit einer intelligenten Personaleinsatzplanung, die objektiv, rechnergestützt und nachvollziehbar eine systematische Planung durchführt, werden neue Potenziale, wie Anpassung der Personaleinsatzplanung auf die aktuelle Auftragslage oder die gleichzeitige Berücksichtigung unterschiedlicher Kriterien, nutzbar.

Zusammen mit einem Konsortium aus dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover und den Anwendungspartnern Miele, Jung, Schubs und Sennheiser wurde eine intelligente Personaleinsatzplanung entwickelt und simulativ getestet. Die Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

## Problemstellung und Zielsetzung

In der deutschen Industrie sind viele personalintensive Produktionssysteme zu finden. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass ein großer Teil der Wertschöpfung durch Menschen erbracht wird. Die Arbeitspersonen haben unterschiedliche Fähigkeiten, Kompetenzen und Wissen. Es ist daher sinnvoll, die Mitarbeitenden auf der Grundlage ihrer Qualifikationen einzuschätzen, um sie optimal einsetzen zu können. Der optimale Personaleinsatz ist ein wesentlicher Hebel für die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Produktion. Aber nicht nur die Fähigkeiten, Kompetenzen und das Wissen der Belegschaft sind in diesem Zusammenhang interessant:

- Wie kann die Zufriedenheit der Arbeitspersonen gesteigert werden, um so zu einer höheren Motivation zu gelangen und so wiederum die Leistung zu steigern?
- Wie können Fähigkeiten, Kompetenzen und Wissen gesteigert werden?
- Wie kann verhindert werden, dass Gelerntes wieder vergessen wird?
- Wie können Belastungen besser ausgeglichen werden, um Ausfällen vorzubeugen?



Abbildung 1: Montagetätigkeiten in einem personalintensiven Produktionssystem

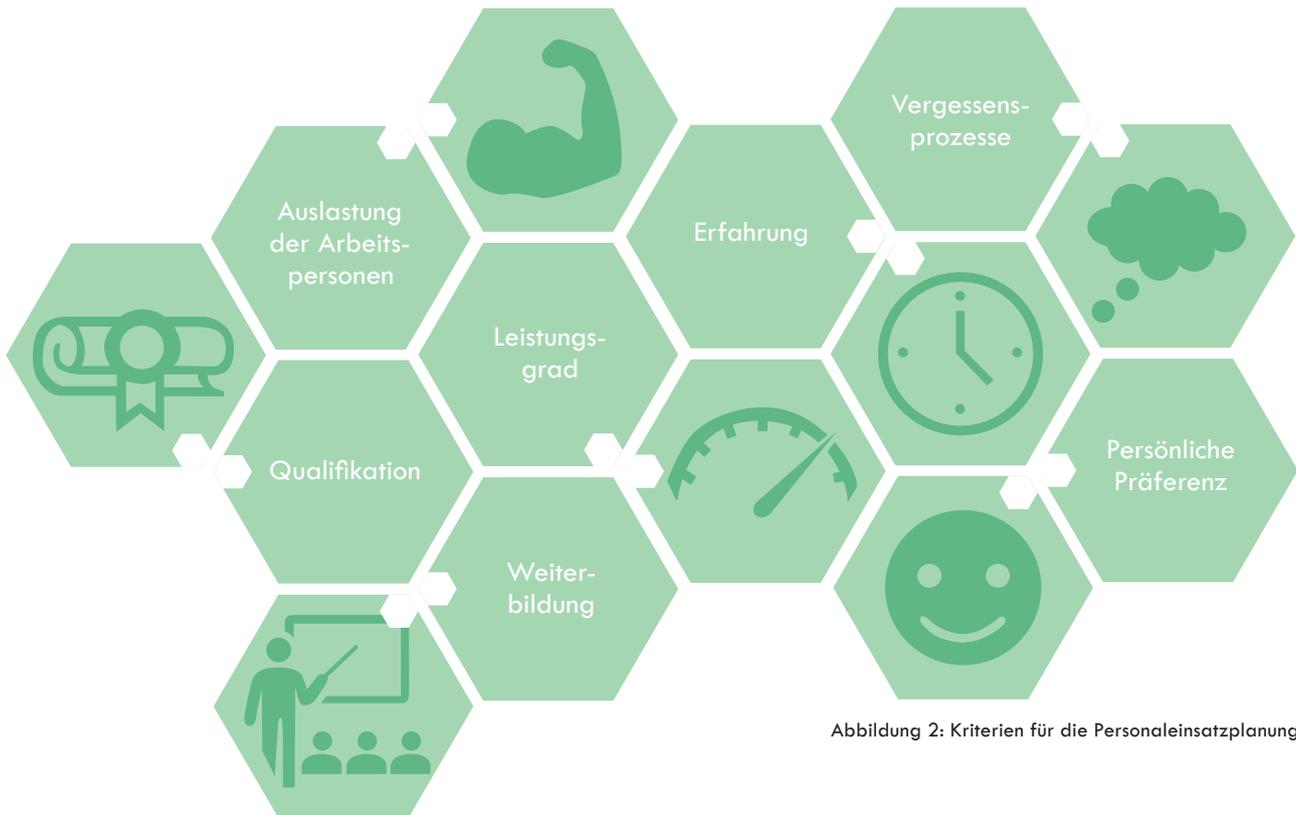


Abbildung 2: Kriterien für die Personaleinsatzplanung

Diese Fragen sind nur eine Auswahl an Fragestellungen und Herausforderungen, denen sich die Personalplanung in industriellen Unternehmen stellen muss. Jedoch wird diesem Sachverhalt in der Regel wenig fundiert begegnet. Stattdessen wird Personal überwiegend so eingeplant, dass der Auftragsbestand möglichst schnell abgearbeitet wird. Aus den oben genannten Fragestellungen ergeben sich aber Notwendigkeiten, um die Zufriedenheit der Belegschaft, Weiterentwicklungspotenziale, Übungsgrade und Belastungen mit in die Überlegungen einzubinden. Wie diese vielfältigen Kriterien in die Planung eingebunden werden können und wer die aufwendige Planung dazu leistet, sind Fragen, die beantwortet werden müssen.

Die Entwicklung einer intelligenten Personaleinsatzplanung in einer IT-Lösung, die einen Algorithmus zur Zuordnung von Arbeitspersonen zu Arbeitsplätzen nutzt, ist eine effiziente Möglichkeit, um vielfältigen Planungskriterien gerecht zu werden. Mit dieser Lösung ist sichergestellt, dass

- viele unterschiedliche Kriterien, wie die Zufriedenheit der Belegschaft und Weiterentwicklungspotenziale in der Planung berücksichtigt werden können,
- der Planungsvorgang keinen weiteren Aufwand erzeugt, der durch eine Führungskraft geleistet werden muss und
- die Planung objektiv und nachvollziehbar auf Basis von fundierten Daten erfolgt.

## Lösungsansatz

Die Personaleinsatzplanung wird im Lösungsansatz durch einen prototypischen Algorithmus unterstützt, indem die Arbeitspersonen kontinuierlich in der konkreten Situation beurteilt werden und anschließend die beste Zuordnung berechnet wird. Generell ist der Algorithmus erweiterbar und skalierbar gestaltet, das heißt, dass beliebig viele Arbeitspersonen zu beliebig vielen Arbeitsplätzen zugeordnet werden können. Ebenso ist es möglich, die Kriterien, die der Algorithmus verwendet, beliebig auszuwählen oder sogar um weitere Kriterien zu erweitern. In der Umsetzung wurden die Kriterien, wie in Abbildung 2 dargestellt, ausgewählt.

Demnach berücksichtigt die Personaleinsatzplanung die Qualifikation der Arbeitspersonen, das heißt, dass auf Basis einer Qualifikationsmatrix ermittelt wird, ob eine konkrete Person überhaupt, und - wenn ja - wie gut, an einem Arbeitsplatz eingearbeitet ist. Ebenso geht der Leistungsgrad und die Erfahrung der Person in die Berechnung ein. Durch die Einbeziehung dieser Kriterien für die Personaleinsatzplanung werden Fähigkeit und Leistungsmerkmale berücksichtigt.

Daneben werden Weiterbildungspotenziale ermittelt und Vergessensprozesse eingebunden. Durch diese Kriterien plant der Algorithmus Arbeitspersonen zu Arbeitsplätzen ein, die möglicherweise in diesem Moment keine optimale Leistung erwarten lassen, dafür jedoch ihren Einarbeitungs-

grad steigern können. Dadurch wird das Produktionssystem insgesamt stabiler, da Ausfälle besser kompensiert werden können. Zusätzlich wird die Auslastung der Arbeitsperson betrachtet, um sicherzustellen, dass die Arbeitslast innerhalb der Belegschaft gleichmäßig verteilt wird. Auch dieses Kriterium verhindert Ausfälle, die aus Überlastung entstehen. Als letztes Kriterium wird die persönliche Präferenz eingebunden, um auch die Wünsche der Belegschaft mit einzubinden. So kann die Akzeptanz und langfristig die Zufriedenheit gesichert werden.

Alle Kriterien können in der Personaleinsatzplanung beliebig gewichtet werden. Das heißt, dass Unternehmen beispielsweise in Zeiten hoher Auftragseingänge die Leistungskriterien priorisieren und Kriterien wie die Weiterbildung und die Auslastung der Arbeitspersonen unberücksichtigt lassen können. Andersherum kann in Zeiten geringer Auftragseingänge anders gewichtet werden, sodass der Algorithmus auf eine langfristige Personalentwicklung, Robustheit und Zufriedenheit der Belegschaft setzt.

## Ergebnisse

Da die Personaleinsatzplanung getestet werden sollte, ohne das reale Produktionssystem zu beeinflussen, haben die Projektteilnehmenden zunächst beschlossen, eine Simulationsstudie durchzuführen. Hierzu wurde ein Zeitraum von 63 Produktionstagen betrachtet. In diesem Zeitraum wurde ein Produktionsprogramm, bestehend aus realen Aufträgen, Startzeitpunkten, Lieferterminen und Losgrößen, in einem Modell simuliert. Dabei wurde zunächst die Ausgangslage untersucht, indem die reale Zuordnung von Arbeitspersonen zu Arbeitsplätzen, also die ursprüngliche Personaleinsatzplanung, eingesetzt wurde. Anschließend haben die Zentrumsmitarbeitende die intelligente Personaleinsatzplanung in der Simulationssoftware programmiert

und der gleiche Simulationszeitraum mit dem identischen Produktionsprogramm simuliert.

Das Projektteam hat für die Bewertung dieser beiden Szenarien fünf Zielgrößen definiert: der Wertschöpfungsanteil, die Liefertreue, das Qualifizierungsniveau der Belegschaft, die Zufriedenheit der Belegschaft und die Performanz. Die Zielgrößen sind jeweils in einen Bereich zwischen null (schlecht) und hundert (gut) normiert, damit sie zu einer Gesamtbewertungskennzahl verdichtet werden konnten. Die Kennzahl zeigt, wie gut die Personaleinsatzplanung die Zielgrößen insgesamt erfüllt. Das Ergebnis der Simulationsstudie ist in Abbildung 3 dargestellt. Hier wird über die simulierten Produktionstage die Gesamtbewertung der beiden Planungsalternativen dargestellt.

In den Ergebnissen ist zu erkennen, dass die neu entwickelte Personaleinsatzplanung eine bessere Gesamtbewertung aufweist als in der Ausgangssituation (ursprüngliche Personaleinsatzplanung). Der grau hinterlegte Teil der Abbildung stellt ein am Anfang noch sehr stark vorhandenes Schwanken dar, das durch das Anlaufverhalten der Simulation zu erklären ist. Das Anlaufverhalten ist simulationsbedingt und entsteht beispielsweise dadurch, dass Pufferstrecken volllaufen. Diese erste Phase in der Simulation, die etwa am dritten Tag endet, wird deswegen im Folgenden für die Beurteilung beider Szenarien nicht berücksichtigt. Die Abbildung 3 zeigt über den gesamten Zeitraum von 63 Produktionstagen ein höheres Niveau der Gesamtbewertung bei der neu entwickelten intelligenten Personaleinsatzplanung. Die Gesamtbewertung schwankt, da ein Zielkonflikt zwischen den einzelnen Zielgrößen besteht (bspw. Qualifizierungsniveau vs. Liefertreue), der unterschiedlich gut durch die Personaleinsatzplanung aufgelöst werden kann. Dieses betrifft sowohl die Ausgangssituation als auch die intelligente Einsatzplanung, was durch den parallelen Kurvenverlauf deutlich wird.

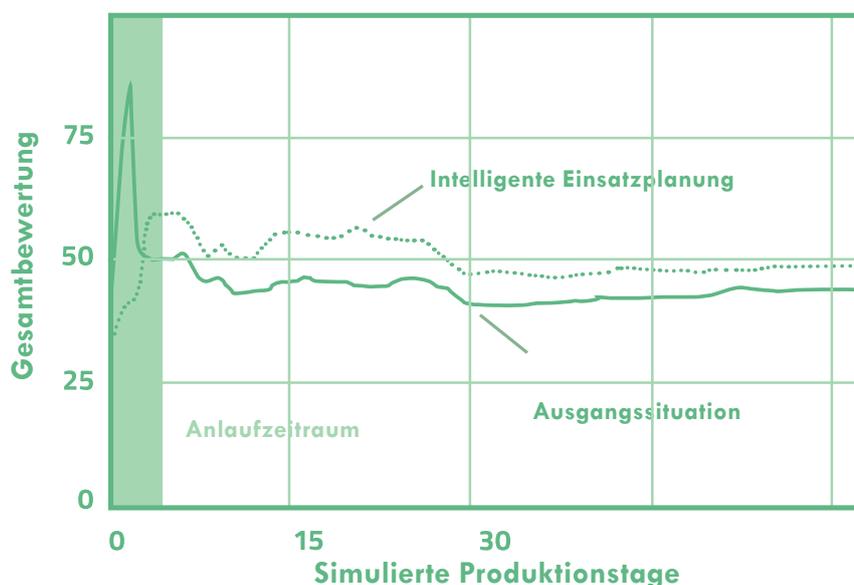


Abbildung 3: Ergebnis der Simulationsstudie

Auch die Untersuchung der einzelnen Zielgrößen bestätigt das oben genannte Ergebnis. Dabei erreichen die Zielgrößen Zufriedenheit der Belegschaft, Leistung und Wertschöpfungsanteil mit der neu entwickelten Personaleinsatzplanung bessere Werte. Das Qualifizierungsniveau ist kaum verändert, was erwartbar war, denn Änderungen in der Qualifizierung ergeben sich langfristig, sodass ein Zeitraum von 63 Tagen hierfür nicht ausreichend ist. Die Zielgröße Liefertreue verschlechtert sich im Vergleich zur Ausgangssituation. Dieses ist damit zu erklären, dass aufgrund der gewählten Gewichtungen eine Verschlechterung dieser Zielgröße in Kauf genommen wurde, um das Gesamtergebnis zu verbessern. Hier ist gewissermaßen der Spielraum entstanden, um andere Zielgrößen zu einem besseren Ergebnis zu führen.

### Nutzen für den Mittelstand

Zusammenfassend haben die Untersuchungen die Erkenntnis gebracht, dass die neu entwickelte Personaleinsatzplanung, die vorher gesteckten Ziele erfüllt. Bei Verwendung der intelligenten Personaleinsatzplanung können unterschiedliche Kriterien, wie die Zufriedenheit und Kompetenzen der Belegschaft verbessert werden, ohne dass die Belastung steigt oder die Leistung sinkt. Der Planungsvorgang wird durch einen Algorithmus berechnet und erfordert damit keinen zusätzlichen manuellen Aufwand. Ebenso basiert die Zuordnung von Arbeitspersonen zu Arbeitsplätzen auf objektiven und fundierten Daten, sodass eine hohe Akzeptanz bei der Belegschaft zu erwarten ist. Mittelständische Unternehmen können mit der neu entwickelten Personaleinsatzplanung ihre Arbeitskräfte passender zur aktuellen Auftragsituation einplanen, deren Weiterentwicklung fördern und gleichzeitig die Zufriedenheit steigern.

### Industrie 4.0

- Personaleinsatzplanung zur optimalen Zuordnung von Arbeitsaufgaben
- Automatisierter Planungsvorgang auf Basis von objektiven Daten
- Beliebig skalierbar und unternehmensindividuell anpassbar
- Kriterien, wie Lern- und Vergessensprozesse oder Mitarbeiterzufriedenheit, werden berücksichtigt
- Planungsvorgang unterstützt digitale Transformation

### Autoren

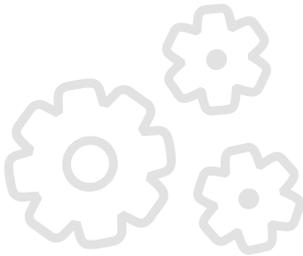


*Sebastian Stobrawa, M. Sc. unterstützt als Experte das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover. Er ist seit 2016 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover. Hier forscht er im Bereich Produktionssysteme an der Integration der Personalplanung in die Produktionsplanung und -steuerung sowie an der effizienten Erstellung von Digitalen Zwillingen von Produktionssystemen. Sebastian Stobrawa studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Dortmund und war als Planungsingenieur in der Hausgeräte- sowie Medizingeräteindustrie tätig.*



*Stefan Jacob, Dipl.-Ing. war bis Ende 2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW). Dort unterstützte er unter anderem als Experte das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover, leitete die Abteilung Fertigungsplanung und -steuerung und war verantwortlich für die Themen „Digitalisierung der Fertigung“ und Ressourceneffizienz in fertigungstechnischen Prozessketten. Jacob studierte Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover.*





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 einen kommunalen Energieversorger mit rund 300 Mitarbeitern, der rund 40.000 Haushalte mit Wasser und Gas versorgt und darüber hinaus für die Abwasserentsorgung zuständig ist.

## Mit IT-Sicherheitsanalysen immer auf dem aktuellen Stand!

**Produzierende Unternehmen und deren Produktionsanlagen werden immer häufiger angegriffen. Die Gefahren für die Unternehmen nehmen zu: Das Ausfallrisiko und die Gefahr des Verlustes vertraulicher Daten und von Know-how steigt. Diese potenziellen Gefahren nutzen die Angreifer auch für Lösegeldforderungen. Und: Zunehmend dienen kleine und mittlere Unternehmen als Sprungbrett für Angriffe auf größere Unternehmen (z. B. Zulieferer der Automobilindustrie). Die Angriffswege sind dabei vielfältig (z. B. betrügerische Nachrichten, infizierte Webseiten, Fehler durch Mitarbeiter oder Dienstleister, infizierte Geräte). Durch die Einführung neuer Technologien und die steigende Vernetzung im Rahmen der Digitalisierung steigen die Herausforderungen zusätzlich, die IT-Sicherheit im eigenen Unternehmen sicherzustellen.**

Auf Grund der vielfältigen Bedrohungen ist ein aktuelles IT-Sicherheitskonzept von ausschlaggebender Bedeutung. IT-Sicherheitskonzepte verbinden verschiedene Schutzmaßnahmen so miteinander, dass ein ganzheitlicher Schutz erreicht werden kann. Bei einer strukturierten und begründeten Ermittlung der notwendigen Schutzmaßnahmen sind IT-Sicherheitsanalysen ein wichtiges Werkzeug, um alle relevanten Schutzmaßnahmen zu identifizieren.

Generell umfasst eine IT-Sicherheitsanalyse die Ermittlung des IST-Zustands einer zu analysierenden Produktionsanlage inklusive der zu schützenden Güter, die Ermittlung der möglichen Bedrohungen und die darauf basierende Ableitung der benötigten Schutzmaßnahmen. Als Resultat der IT-Sicherheitsanalyse liegt ein auf die zu schützenden Güter ausgerichtetes IT-Sicherheitskonzept vor, das einen Schutz gegen die zuvor ermittelten Bedrohungen ermöglicht. Durch das strukturierte Vorgehen werden die erforderlichen Schutzmaßnahmen ermittelt. Die regelmäßige Durchführung stellt zudem die Aktualität des IT-Sicherheitskonzepts sicher.

Anhand der im Folgenden aufgeführten, beispielhaften Betrachtung einer Kläranlage wird erläutert, wie ein IT-Sicherheitskonzept mit Hilfe einer IT-Sicherheitsanalyse erarbeitet werden kann. Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover hat den Betreiber der Kläranlage bei der Durchführung begleitet und ein entsprechendes IT-Sicherheitskonzept erarbeitet. Das Vorgehen einer IT-Sicherheitsanalyse lässt sich auf beliebige Produktionsanlagen anwenden und soll deshalb in den Vordergrund gestellt werden.

## Problemstellung und Zielsetzung

Zentrale Aufgabe einer Kläranlage ist, Verunreinigungen aus dem Abwasser zu entfernen. Das Abwasser wird dabei in mehreren Stufen mechanisch und biologisch gereinigt. Zu diesem Zweck setzt sich die Kläranlage aus verschiedenen Anlagenteilen zusammen. Die Anlagenteile erstrecken sich über verschiedene Gebäude und Aufbauten. Abbildung 1 zeigt einen beispielhaften Blick auf die Schlammwässerung einer Kläranlage.



Abbildung 1: Blick auf die Schlammwässerung einer Kläranlage

Die jeweiligen Anlagenteile bestehen aus verschiedenen Maschinen und Steuerungen, mit deren Hilfe die einzelnen Anlagenteile betrieben werden. Zusätzlich visualisiert ein Leitstand die laufenden Prozesse und ermöglicht den Anlagenfahrern über das Prozessleitsystem (PLS) Eingriffe. Ergänzend sind ein Büronetzwerk und Videokameras vorhanden, die verschiedene Prozesse filmen und über das Netzwerk bereitstellen. Abbildung 2 zeigt den vereinfachten Aufbau einer Kläranlage aus Sicht der Netzwerktopologie.

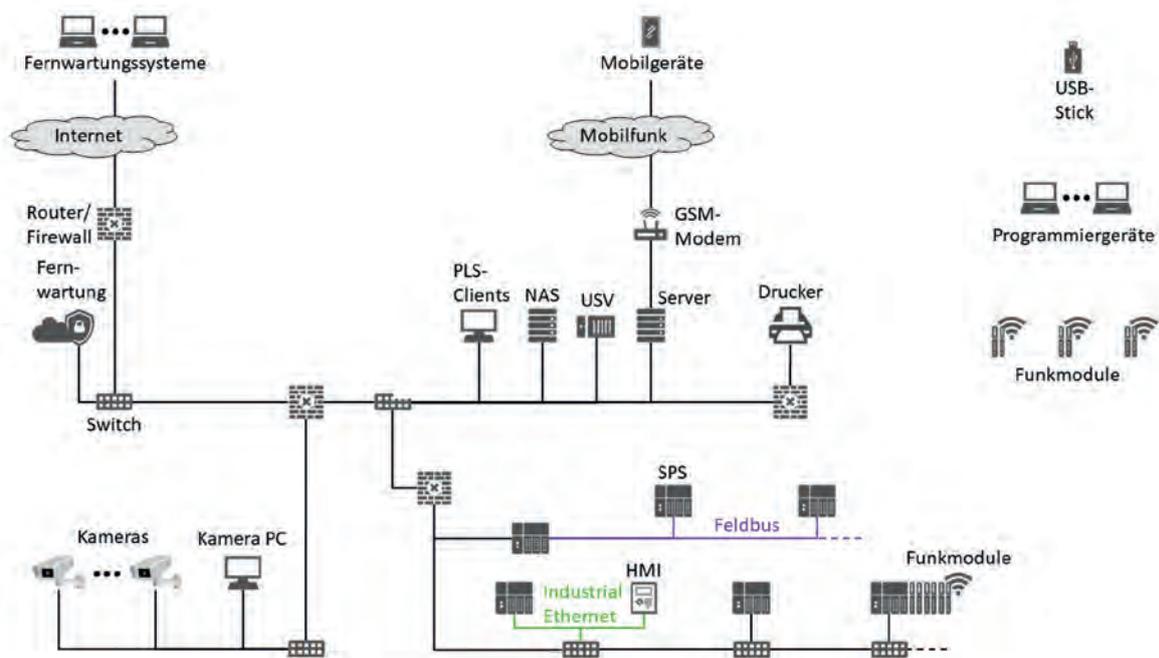


Abbildung 2: Vereinfachter Aufbau einer Kläranlage aus Sicht der Netzwerktopologie

Der Projektpartner des Kompetenzzentrums Hannover hat aufgrund der Erneuerung der Kläranlage verschiedene Digitalisierungsmaßnahmen geplant und teilweise bereits umgesetzt. Neben der Aktualisierung der bestehenden Technik war insbesondere die Flexibilisierung von Arbeitszeitmodellen Treiber dieser Maßnahmen. Um den Anlagenfahrern Nachtschichten vor Ort zu ersparen, sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, dass die Anlagenfahrer jederzeit sicher von außen auf das Prozessleitsystem zugreifen können. Hieraus resultierten folgende Digitalisierungsmaßnahmen:

- Modernisierung der IT-Infrastruktur des Prozessleitsystems
- Erneuerung der Verkabelung zwischen Anlagenteilen und Gebäuden
- Verbesserung von Fernzugriffsmöglichkeiten für Anlagenfahrer und Dienstleister

Die Berücksichtigung der IT-Sicherheit bei der Digitalisierung war für das Unternehmen von besonderer Bedeutung. Deshalb bestand der Bedarf, das bestehende IT-Sicherheitskonzept zu überarbeiten und an die Digitalisierungsmaßnahmen anzupassen.

Das Ziel des Projekts war daher die konzeptionelle Erstellung eines IT-Sicherheitskonzepts für das neue Prozessleitsystem (PLS) der Kläranlage, um einen sicheren Betrieb der Anlage zu ermöglichen. Das IT-Sicherheitskonzept sollte dabei sowohl den aktuellen Entwicklungen im Unternehmen und der Arbeitswelt als auch den einschlägigen Vorgaben und Normen entsprechen. Wesentlicher Aspekt des IT-Sicherheitskonzepts war die Identifikation und Beschreibung der notwendigen Schutzmaßnahmen und ihre Funktion. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine IT-Sicherheitsanalyse durchgeführt. Durch die strukturierte Vorgehensweise werden alle benötigten Schutzmaßnahmen identifiziert, sodass die Ergebnisse als Grundlage für das IT-Sicherheitskonzept herangezogen werden können.

Hinweis: Kläranlagen und Anlagen aus anderen Branchen können ab einer gewissen Anzahl versorgter Einwohner unter das IT-Sicherheitsgesetz fallen (siehe [https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/KRITIS/IT-SiG/it\\_sig\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/KRITIS/IT-SiG/it_sig_node.html)). In diesem Fall besteht eine gesetzliche Verpflichtung alle zwei Jahre eine IT-Sicherheitsanalyse anhand eines der Branchen entsprechenden Standards (Branchenstandards) durchzuführen. Im Fall einer Kläranlage handelt es sich um den Branchenstandard Wasser / Abwasser (B3S WA).

## Lösungsweg

Die Umsetzung des Projekts erforderte zwei aufeinander aufbauende Teillösungen, bei denen das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover unterstützt hat. Der erste Schritt war die Durchführung einer IT-Sicherheitsanalyse bei der zunächst eine IST-Aufnahme der gesamten Kläranlage notwendig war, bevor mögliche Bedrohungen und Schutzmaßnahmen identifiziert werden konnten. Basierend auf den Ergebnissen der IT-Sicherheitsanalyse wurde dann in einem zweiten Schritt ein umfassendes IT-Sicherheitskonzept erarbeitet, das die einzelnen Schutzmaßnahmen für die Kläranlage detailliert.

## Durchführung der IT-Sicherheitsanalyse

Die IT-Sicherheitsanalyse wurde basierend auf verschiedenen Normen und Standards durchgeführt. Das Vorgehen der IT-Sicherheitsanalyse orientiert sich an dem Vorgehen der ISO 27000-Reihe, die ein Informationssicherheitsmanagement beschreibt. Die betrachtete Kläranlage ist aufgrund der Anzahl der versorgten Haushalte nicht als kritische Infrastruktur einzustufen. Da zukünftig jedoch mit einer Senkung der Grenzwerte zu rechnen ist, wurde zusätzlich der Branchenstandard Wasser/Abwasser herangezogen. Des Weiteren wurde auch die Normenreihe IEC 62443 zum Stand der Technik berücksichtigt. Das Vorgehen nach Standards macht die IT-Sicherheitsanalyse und ihre Ergebnisse vergleichbar und stellt sicher, dass alle relevanten Aspekte berücksichtigt werden.

An der Durchführung von IT-Sicherheitsanalysen sollten Mitarbeitende aus den folgenden Bereichen beteiligt sein:

- **IT-Sicherheitsexperte**, der das IT-Sicherheitswissen bereitstellt und das Vorgehen bei der IT-Sicherheitsanalyse steuert.
- **Anlagenexperten**, die das System und die Anwendung kennen.
- **Entscheidungsträger** als Betroffene, um Entscheidungen zu möglichen Schutzmaßnahmen und Aussagen zu der Risikobereitschaft des Unternehmens treffen zu können.

Abbildung 3 fasst die einzelnen Schritte der durchgeführten IT-Sicherheitsanalyse zusammen. Diese werden im Folgenden näher betrachtet.



Abbildung 3: Ablauf der durchgeführten IT-Sicherheitsanalyse

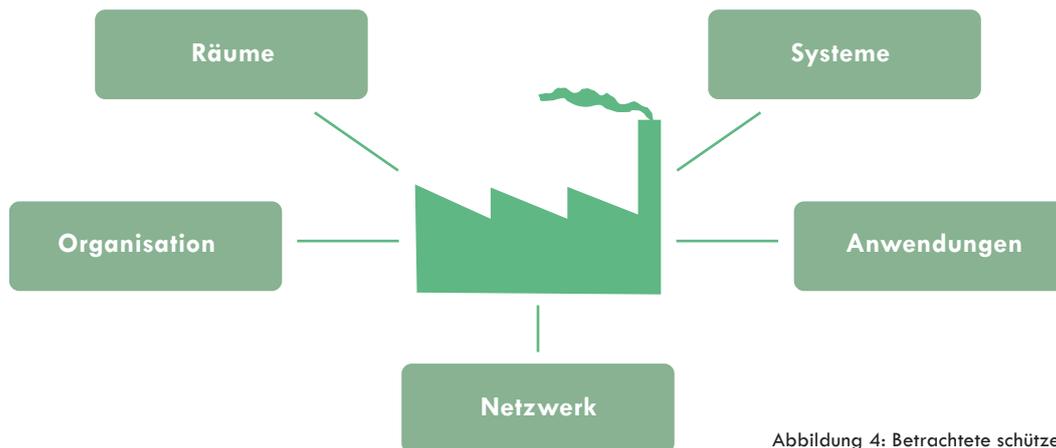


Abbildung 4: Betrachtete schützenswerte Güter

## Festlegung der Rahmenbedingungen

Als erster Schritt einer IT-Sicherheitsanalyse wird die genaue Ausrichtung festgelegt. Da es in dem Unternehmen bereits unternehmensweite organisatorische Schutzmaßnahmen gab, wurde die IT-Sicherheitsanalyse auf technische Schutzmaßnahmen beschränkt. Die bereits zuvor genannten Standards und Normen (ISO 27000, IEC 62443 und der Branchenstandard Wasser/Abwasser) wurden als wesentliche Dokumente festgelegt und dienen zur Orientierung der Vorgehensweise zur Durchführung der IT-Sicherheitsanalyse.

Auch andere Aktivitäten des Unternehmens, die Einfluss auf die IT-Sicherheitsanalyse haben könnten, wurden in die Planung aufgenommen. Dazu gehörten vor allem:

- Erneuerung der IT-Systemlandschaft
- Verlegung eines neuen Lichtwellenleiters für die Anbindung der einzelnen Anlagenteile

Neben dem IT-Sicherheitsgesetz können weitere regulatorische Vorgaben bestehen, die Auswirkungen auf die Anforderungen an die IT-Sicherheit haben. Bei der Kläranlage hätte dies zum Beispiel die Störfallverordnung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz sein können. Dies war jedoch nicht der Fall. Allerdings besteht über das Wasserhaushaltsgesetz die Anforderung, die Laborwerte der regelmäßig genommenen Wasserproben fünf Jahre aufzubewahren. Außerdem wurde der Bedarf festgestellt, dass für die Videoüberwachung geprüft werden muss, ob Datenschutzaspekte berührt werden.

*Das Ergebnis des Schritts „Festlegung der Rahmenbedingungen“ ist die Klärung und Dokumentation aller einzuhaltenden Vorgaben und die Festlegung, wie die IT-Sicherheitsanalyse durchzuführen ist. Auch die teilnehmenden Personen werden festgehalten.*

## Festlegung des Betrachtungsbereichs und Ermittlung der schützenswerten Güter

Der Betrachtungsbereich der IT-Sicherheitsanalyse wurde auf die komplette Kläranlage festgelegt. Aus- und eingehender Datenverkehr wird damit bis zur Grenze der Kläranlage betrachtet. Die in dem Betrachtungsbereich enthaltenen schützenswerten Güter wurden auf Räume, Systeme, Anwendungen, Netzwerk und Organisation beschränkt (siehe Abbildung 4).

Im Fall der Kläranlage umfassen die verschiedenen Kategorien die folgenden schützenswerten Güter:

- **Räume:** Büroräume, der Leitstand, das Labor sowie Schalträume, in denen Teile der Netzwerkinfrastruktur und oder Steuerungen in Schaltschränken verbaut sind.
- **Systeme:** Netzwerkinfrastruktur, Automatisierungssysteme, PCs und Server sowie mobile Geräte und Datenträger.
- **Anwendungen:** Software-Lösungen und Netzwerkdienste, die für den Betrieb der Kläranlage benötigt werden.
- **Netzwerk:** Verkabelung der Kläranlage und schützenswerte Kommunikationsbeziehungen (zum Beispiel das Senden von Alarmen zu den Störmeldeempfängern).
- **Organisation:** Personengruppen, die auf die IT-Sicherheit der Kläranlage einwirken können. Hierzu zählen neben den Anlagenfahrern und Programmierern auch Dienstleister (z. B. Integratoren, Lieferanten und Reinigungspersonal) und Führungspersonal.

Sind im Rahmen einer IT-Sicherheitsanalyse viele schützenswerte Güter mit übereinstimmenden Eigenschaften vorhanden, empfiehlt sich die Erstellung von Gruppen. Die schützenswerten Güter werden dann gemäß ihrer Eigenschaften einer Gruppe zugeordnet. Dies reduziert einerseits den Aufwand für die IT-Sicherheitsanalyse deutlich und erhöht andererseits die Übersichtlichkeit.

Ein Beispiel ist die Gruppe der speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS). Da sich die meisten Steuerungen nur geringfügig unterscheiden, konnte eine Gruppe erstellt werden, die die relevanten Merkmale dieser Steuerungen zusammenfasst. Dadurch mussten die in den nächsten Schritten zu ermittelnden Schutzbedarfe, Bedrohungen und Schutzmaßnahmen nur einmal gesucht werden, anstatt für jede Steuerung einzeln. Steuerungen mit abweichenden Charakteristiken wurden in Untergruppen eingeordnet.

Die Erfassung der schützenswerten Güter erfolgte manuell, obwohl für die Erfassung von Systemen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung stehen, mit deren Hilfe Systeme aktiv über das Netzwerk abgefragt werden können. Solche Werkzeuge können Asset-Inventories sein, die das Netzwerk nach neuen Assets durchsuchen oder Netzwerk-Scanner mit deren Hilfe laufende Dienste auf Systemen identifiziert werden. Der Verzicht auf den Einsatz solcher aktiven Werkzeuge wurde beschlossen, da diese negative Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb haben können (z. B. Ausfall einer Steuerung). Auch das ICS-Security-Kompendium des BSI für Betreiber von Produktionsanlagen geht auf diese Problematik ein. Als Alternative wurden zwei nicht mit dem Kläranlagennetzwerk verbundenen Steuerungen auf relevante Informationen wie laufende Netzwerkdienste geprüft und die Ergebnisse für die Gruppe Steuerungen aufgenommen.

*Das Ergebnis des Schritts „Festlegung des Betrachtungsbereichs und Ermittlung der schützenswerten Güter“ ist eine Dokumentation aller schützenswerten Güter und des festgelegten Betrachtungsbereichs.*

## Einstufung in Schutzbedarfe

Nach der Identifizierung der (Gruppen der) schützenswerten Güter wurden die jeweiligen Schutzbedarfe für Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität in gering, mittel oder hoch eingestuft. Die verschiedenen Schutzbedarfe haben dabei folgende Bedeutung:

- **Vertraulichkeit:** Informationen sind nur für Personen oder Systeme verfügbar, die autorisiert sind, diese Informationen einzusehen.
- **Verfügbarkeit:** Der Zugriff auf schützenswerte Güter ist jederzeit gewährleistet. Außerdem können schützenswerte Güter jederzeit ihre Funktion ausführen.
- **Integrität:** Die schützenswerten Güter und Informationen können nur durch autorisierte Personen oder Systeme geändert werden.

Die Schutzbedarfe der schützenswerten Güter wurden mit Fokus auf die Verfügbarkeit der Funktionalität der Kläranlage bestimmt.

Bei der Kläranlage werden keine personenbezogenen Daten oder sonstigen vertraulichen Informationen verarbeitet oder übertragen. Daher wird der Schutzbedarf für die „Vertraulichkeit“ aller schützenswerten Güter als „gering“ eingestuft. Die Verfügbarkeit und Integrität der schützenswerten Güter wurden hingegen oft als mittel und gelegentlich auch hoch eingeschätzt, da diese für den fehlerfreien Ablauf des Prozesses notwendig sind. Hohe Schutzbedarfe werden vor allem bei Räumen, die Komponenten mit hohem Schutzbedarf enthalten, bei dem Leitsystem sowie dem dazugehörigem Datenbank-Server und den Störmeldeempfängern bzw. der Anbindung an das Mobilfunknetz angenommen.

*Das Ergebnis des Schritts „Einstufung in Schutzbedarfe“ ist eine Zuordnung der Relevanz der Schutzbedarfe Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität zu jeder Gruppe der schützenswerten Güter.*

## Identifikation möglicher Bedrohungen

Das Vorgehen bei der Bestimmung von Bedrohungen wurde für die Kläranlage in drei Schritten durchgeführt (siehe Abbildung 5).

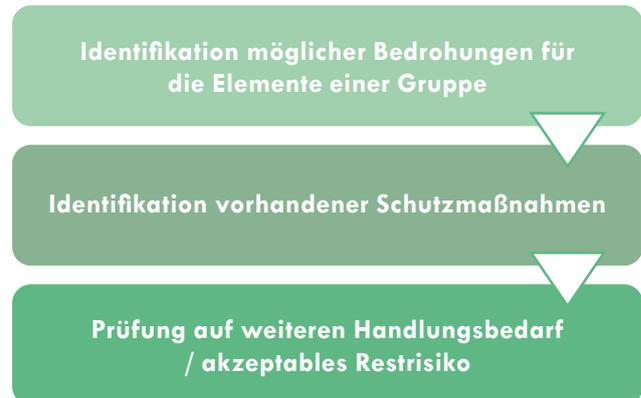


Abbildung 5: Schritte bei der Risikoanalyse

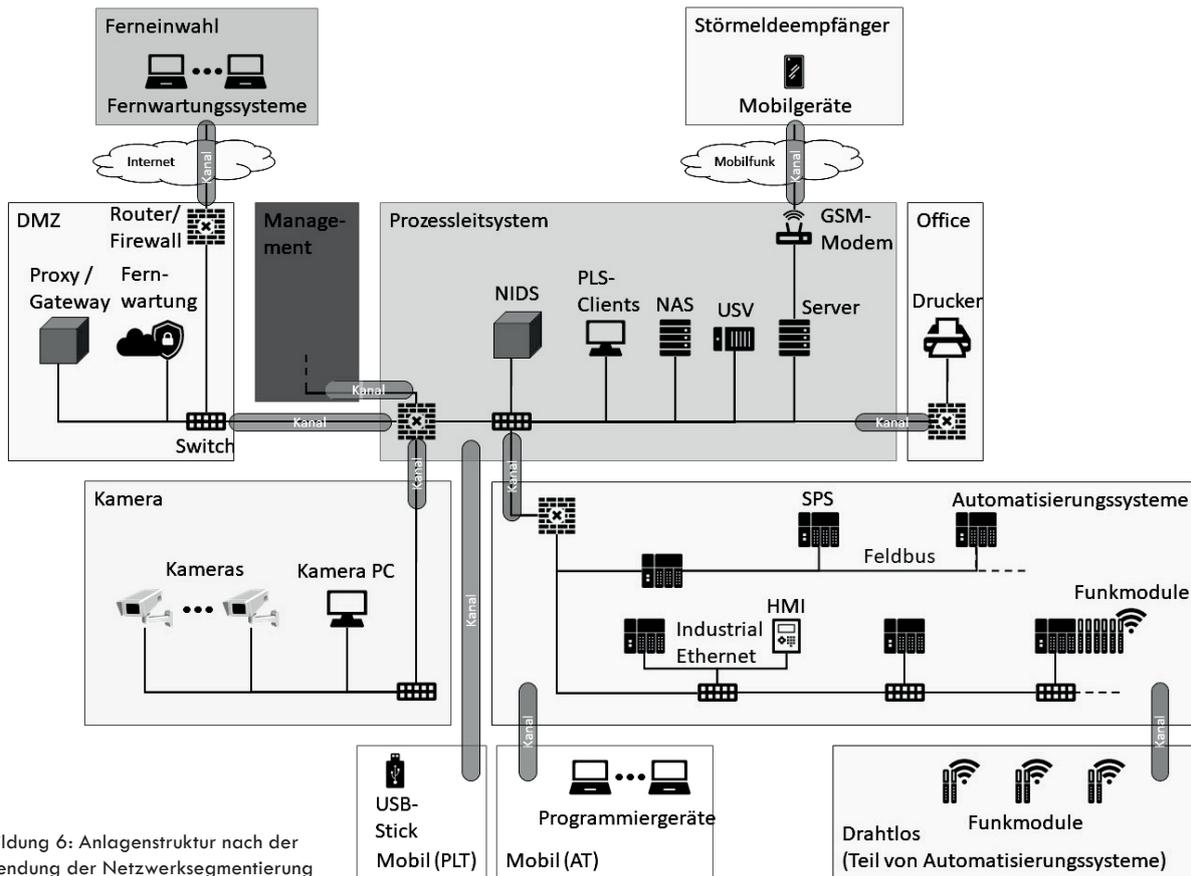


Abbildung 6: Anlagenstruktur nach der Anwendung der Netzwerksegmentierung

Zunächst wurden für jedes schützenswerte Gut bzw. jede Gruppe von schützenswerten Gütern mögliche Bedrohungen identifiziert. Anschließend wurden die bereits umgesetzten Schutzmaßnahmen ermittelt, die die Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. den Handlungsbedarf für die Etablierung weiterer Schutzmaßnahmen reduzieren. Abschließend wurde ermittelt und untersucht, ob weitere Schutzmaßnahmen benötigt werden.

Ist das verbleibende Risiko für das Eintreffen einer Bedrohung noch über dem durch das Unternehmen maximal getragene Risiko (akzeptables Restrisiko), müssen weitere Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Im Rahmen der IT-Sicherheitsanalyse wurde das akzeptable Restrisiko auf gering gesetzt. Das bedeutet, dass ein Restrisiko nur dann akzeptabel ist, wenn es als gering angesehen wird.

Das Ergebnis des Schritts „Identifikation möglicher Bedrohungen“ ist die Zuordnung aller möglichen Bedrohungen zu den jeweiligen schützenswerten Gütern und dem daraus entstehenden Handlungsbedarf (Risiko).

### Ableitung notwendiger Schutzmaßnahmen

Wurde in dem Schritt „Identifikation möglicher Bedrohungen“ festgestellt, dass für eine Bedrohung weitere Schutzmaßnahmen benötigt werden, werden hier zusätzliche Schutzmaßnahmen ermittelt, die das Risiko bzw. den Handlungsbedarf für die Bedrohung reduzieren. Es werden so viele Schutzmaßnahmen kombiniert, bis das Restrisiko auf ein akzeptables Maß gesunken ist.

Neben dem Wissen des IT-Sicherheitsexperten können für die Ermittlung von Schutzmaßnahmen (und auch Bedrohungen) verschiedene Quellen genutzt werden. Dazu gehören zum Beispiel die Kataloge des BSI Grundschatz (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik). Auch andere Veröffentlichungen wie das ICS Security Kompendium und die NIST SP 800-82 enthalten entsprechende Informationen. Als Orientierung für die IT-Sicherheitsanalyse der Kläranlage wurden unter anderem die elementaren Gefährdungen des BSI Grundschatzes und die grundlegenden Anforderungen (Foundational Requirements) der IEC 62443 verwendet.

Das Ergebnis des Schritts „Ableitung notwendiger Schutzmaßnahmen“ ist eine Übersicht zusätzlicher notwendiger Schutzmaßnahmen, um die Risiken bzw. den Handlungsbedarf auf ein akzeptables Maß zu reduzieren.

### Erstellung des IT-Sicherheitskonzepts

Die vorherigen durchgeführten Schritte sind die Grundlage für ein umfassendes IT-Sicherheitskonzept. Abbildung 6 gibt einen Überblick über das grundlegende Konzept, welches auf der Segmentierung des Netzwerks und dem Defense-in-Depth-Ansatz basiert. Anhand dessen wurden die anderen im Rahmen der IT-Sicherheitsanalyse ermittelten Schutzmaßnahmen für das IT-Sicherheitskonzept der Kläranlage konzipiert. Die verschiedenen Graustufen der Rahmen stehen für einzelne Netzwerksegmente.

Unter Netzwerksegmentierung wird die Aufteilung des Netzwerks eines Unternehmens bzw. einer Produktionsanlage in einzelne Segmente mit gleichen Schutzbedarfen verstanden (siehe graue Kästchen in Abbildung 6, S. 19). Ein Beispiel ist das Netzsegment Prozessleitsystem, welches einen hohen Anspruch an die Verfügbarkeit der Systeme stellt, damit eine Überwachung und Steuerung der Kläranlage jederzeit sichergestellt ist. Ein anderes Beispiel ist das Netzsegment Management, in dem die Konfigurationsschnittstellen der Netzwerkinfrastruktur zu erreichen sind. Hier ist vor allem der Schutzbedarf Integrität von Relevanz. Entsprechend zu dem Schutzbedarf werden dann die notwendigen Schutzmaßnahmen im Sinne des Defense-in-Depth-Ansatzes konzipiert. Die ein- und ausgehende Kommunikation zwischen den Segmenten ist dabei besonders zu sichern. Bei der Anwendung des Defense-in-Depth-Ansatzes werden mehrere verschiedene Schutzmaßnahmen so miteinander verbunden, dass der Angriff eines Angreifers in einem Maße erschwert wird, dass dieser sich ein leichteres Angriffsziel sucht.

Ergänzend zeigt Abbildung 6 zwei weitere ermittelte Schutzmaßnahmen. Das Gateway bzw. der Proxy ermöglicht zum einen das sichere Surfen im Internet und zum anderen die Bereitstellung von Updates für Systeme, die keine Verbindung mit dem Internet aufbauen dürfen (z. B. der Kamera PC oder die PLS Clients). Als Werkzeug zur Erkennung von Angriffen im Netzwerk wurde ein Network Intrusion Detection System (NIDS) als Schutzmaßnahme ermittelt.

*Das Ergebnis des Schritts „Erstellung des IT-Sicherheitskonzepts“ ist ein umfassendes IT-Sicherheitskonzept nach dem aktuellen Stand der Technik, das den tatsächlichen Schutzbedarfen der Kläranlage entspricht.*

### Nutzen für den Mittelstand

Durch ein IT-Sicherheitskonzept nach dem Stand der Technik wird insbesondere die Verfügbarkeit und Integrität des Prozessleitsystems der Kläranlage gemäß der bestehenden Vorgaben sichergestellt. Die konsequente Planung und Anwendung von Schutzmaßnahmen kann die Ausbreitung von Angriffen im Unternehmen verhindern bzw. verringern. Die Berücksichtigung von IT-Sicherheitsaspekten bereits während der Planung von Systemänderungen reduziert die Kosten für die Einführung von IT-Sicherheitsmaßnahmen im Vergleich zu einer späteren Integration. Ebenfalls kann so frühzeitig die Netzwerkinfrastruktur angepasst werden. Ein umfassendes IT-Sicherheitskonzept reduziert das Risiko von IT-Sicherheitsvorfällen, was neben den direkten monetären Schäden auch Pönalen, beispielsweise durch fehlende oder manipulierte Messwerte sowie Umweltschäden bedeuten kann.

Die strukturierte Ermittlung von Schutzmaßnahmen anhand einer IT-Sicherheitsanalyse ermöglicht die Identifikation aller relevanten Schutzmaßnahmen. Dadurch können die

Herausforderungen der Digitalisierung aus Sicht der IT-Sicherheit adressiert werden. Zudem kann vor Fehlplanungen und Fehlinvestitionen bei Schutzmaßnahmen geschützt werden. Das strukturierte Vorgehen und die regelmäßige Wiederholung machen die Ergebnisse der IT-Sicherheitsanalyse nachvollziehbar und vergleichbar. Die Gruppierung ähnlicher schützenswerter Güter erleichtert die Durchführung von IT-Sicherheitsanalysen und reduziert damit den Aufwand für das Unternehmen.

Die regelmäßige Wiederholung der IT-Sicherheitsanalyse ermöglicht ein ständig aktuelles Sicherheitskonzept und reduziert die Chance auf kostenintensive Vorfälle. Der Aufwand für die Durchführung der IT-Sicherheitsanalyse reduziert sich nach der ersten Durchführung deutlich, da nur Änderungen der schützenswerten Güter eingepflegt und neue Bedrohungen und Schutzmaßnahmen ermittelt werden müssen. Das IT-Sicherheitskonzept ist das zentrale Dokument zur IT-Sicherheit und kann gleichzeitig als Dokumentation der verfügbaren Komponenten genutzt werden (Schlagwort „Asset-Management“). Das IT-Sicherheitskonzept kann außerdem als Beweis für Kunden dienen, dass das Thema IT-Sicherheit im Unternehmen verankert ist und ernst genommen wird.

### Industrie 4.0

- Ortsunabhängige Wartung und Kontrolle mittels Fernzugriff für Anlagenfahrer und Dienstleister
- IT-Sicherheitsanalyse gemäß der ISO 27000-Reihe
- IT-Sicherheitskonzept für ein Prozessleitsystem (PLS)

### Autor



*Christopher Tebbe, M. Sc. ist der Experte für das Thema IT-Sicherheit im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Christopher Tebbe studierte angewandte Informatik mit Schwerpunkt auf sichere Informationssysteme an der Hochschule Hannover. Seit 2015 ist er Doktorand an der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg und forscht im Bereich IT-Sicherheit von Produktionsanlagen.*





**Kuhn Edelstahl**   
High Performance Key Components

### **Firmenprofil**

Seit 1960 produziert Kuhn in Radevormwald hochwertige Bauteile aus Edelstahl. Das Familienunternehmen ist mittlerweile auf rund 300 Mitarbeiter angewachsen. Mit Erfolg hat sich das Unternehmen auf rotationssymmetrische Komponenten spezialisiert, die im Schleudergussverfahren hergestellt werden. Aufgrund der breit angelegten Fertigungsmöglichkeiten können alle Bauteile individuell nach Kundenwunsch endbearbeitet werden. Einsatzgebiete der Fertigteile finden sich in verschiedenen Branchen wie beispielsweise dem Schiffsbau und der Separationstechnik.

## **Drohnenbasierte 3D-Layoutaufnahme unterstützt bei der Fabrikplanung**

**Wie kann die Umstrukturierung eines Fabriklayouts effizient und fehlerfrei geplant werden? Dank digitaler dreidimensionaler Fabrikplanung kann die Qualität bei Planungsprojekten verbessert und die Umsetzungsdauer verkürzt werden. Das zeigt der beispielhafte Einsatz eines digitalen Werkzeuges in einem Projekt des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hannover bei der Zerspanungstechnik Kuhn Edelstahl GmbH. Das Unternehmen fertigt rotationssymmetrische Bauteile, die unter anderem mit Zerspanungsmaschinen bearbeitet werden. Damit der Maschinenpark auch in Zukunft die Nachfrage nach immer flexibleren Prozessen bei hochbleibender Prozessqualität erfüllen kann, müssen die Maschinen schrittweise durch neuere Modelle ersetzt werden, die jedoch in den meisten Fällen nicht die gleichen Abmessungen haben. Weitergehend soll auch die Layoutstruktur der Fertigung an neue Anforderungen wie beispielsweise einen gerichteten Materialfluss angepasst werden.**

Um den Aufwand bei dem Ersetzen der Maschinen - beispielsweise durch das testweise Verschieben von anderen Maschinen - möglichst gering zu halten, wird bisher versucht, das Fabriklayout manuell auszumessen und die neu ausgewählten Maschinen in zweidimensionale Layouts einzuplanen.

Da der Aufwand bei dem manuellen Messvorgang sehr hoch ist, werden meist nur grobe Abmaße aufgenommen. Diese verursachen jedoch schlechte Planungsergebnisse. Der vorhandene Platz wird entweder nicht voll genutzt oder er reicht in der Realität für Fabrikobjekte nicht aus.

Um genauere Planungsergebnisse für ein neues Fabriklayout zu erhalten, hat das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover im ersten Schritt mehrere tausend Bilder des aktuellen Layouts bei einem Drohnenflug aufgenommen. In einem weiteren Bearbeitungsschritt wurden die Bilddaten zu einer Punktwolke weiterverarbeitet. Anschließend wurde die Punktwolke des gesamten Layouts zu einzelnen Fabrikobjekten segmentiert und zu CAD-Objekten konvertiert. Die Zentrumsmitarbeiter haben im Projekt nicht nur ein dreidimensionales Fabriklayout erzeugt, sondern auch die weitere Verwendung digitaler Fabrikplanung in dem Unternehmen sichergestellt: Sie schulten das Unternehmenspersonal im Umgang mit den zuvor erstellten dreidimensionalen Planungsobjekten in CAD-Softwaretools.

Das bei der Kuhn Edelstahl GmbH durchgeführte Vorgehen lässt sich auf weitere kleine und mittlere Unternehmen übertragen, welche bereits 3D-CAD-Software einsetzen oder dies planen. Dank des Einsatzes standardmäßig verwendeter Software ist dabei auch der Schulungsaufwand der Mitarbeiter sehr gering. Um auch für die Drohne schwer erreichbare Positionen berücksichtigen zu können, wurde zusätzlich ein weiteres Konzept zur Datenaufnahme verfolgt. Mithilfe eines manuell geführten Gimbals wurden die Drohnenbilder um ebenerdige Aufnahmen ergänzt, wodurch beispielsweise detailliertere Darstellungen von Maschinenzwischenräumen ermöglicht wurden.

## Unternehmen und Produkt

Die Zerspanungstechnik Kuhn Edelstahl GmbH fertigt seit 1960 rotationsymmetrische Bauteile mit einer Kernbohrung in einer eigenen Schleudergießerei. Einsatzgebiete der gegossenen und bearbeiteten Komponenten sind unter anderem der Dekanterbau, Pumpen- und Armaturenhersteller, die Papierindustrie und der Dieselmotorenbau. Als Rohmaterial werden rostfreie Edelstähle, Nickelbasislegierungen und weitere Legierungen verwendet. Als erster Schritt der Produktion werden die Halbzeuge gegossen, wobei hierbei insbesondere das Schleudergussverfahren zum Einsatz kommt. Im weiteren Verlauf des Produktionsprozesses werden die gegossenen Rohlinge mit Wärmebehandlungen wie beispielsweise dem Härten oder dem Spannungsarmglühen weiter optimiert. In einem letzten Prozessschritt folgt die Zerspanung der Bauteile, bei der mithilfe moderner CNC-Dreh- und Fräsmaschinen die Fertigteilform hergestellt wird. Eine weitere Leistung im Bereich der Zerspanung ist das Honen. Bei diesem Verfahren können spezielle Oberflächenstrukturen mit Genauigkeiten von bis zu 0,02 mm hergestellt werden.

## Problemstellung und Zielsetzung

Die Dekanterfertigung ist ein Teilbereich der Zerspanung, in dem regelmäßig Maschinen ausgetauscht werden müssen, um auf Marktveränderungen reagieren zu können. Als Vorbereitung für eine Umplanung des Maschinenparks wurden die Layouts bisher sehr aufwändig manuell vermessen. Trotz des großen Aufwands konnte jedoch nur ein für die Fabrikplanung mangelnder Detaillierungsgrad erreicht werden. Weitergehend konnten dreidimensionale Daten durch die hohe Komplexität der Datenaufnahme nicht hinterlegt werden. Dies führte oft zu Problemen, wie beispielsweise beim Austausch und Anschluss von Maschinen.

Ziel des Projektes war es daher, ein dreidimensionales Abbild der vorhandenen Fertigungshallen der Dekanter-

fertigung zu erstellen. Weitergehend sollte sichergestellt werden, dass die digitale Fabrikplanung für weitere Fabrikplanungstätigkeiten nutzbar ist, wie dem Ersetzen von Maschinen oder einer Umplanung von ganzen Bereichen. Das wichtigste Werkzeug bei diesen Planungsprozessen ist die dreidimensionale Kollisionsanalyse, bei der geprüft wird, ob es zu einer Überschneidung von zwei oder mehreren Fabrikobjekten in dem geplanten Layout kommt.

Für die geometrische dreidimensionale Planung sollten digitale Werkzeuge genutzt werden, die bereits in kleinen und mittleren Unternehmen eingesetzt werden. Mit dieser Vorgabe wurde sichergestellt, dass Planungsaufgaben auch in Zukunft selbstständig durchgeführt werden können. Eine weitere Einsatzmöglichkeit war die Visualisierung der Fabrik. Hierbei kann das geplante Layout beispielsweise mit den Fertigungsmitarbeitern vor der Umsetzung betrachtet werden. Eventuelle Problemstellen fallen bei der dreidimensionalen Visualisierungsmethode durch den hohen Immersionsgrad gegenüber der zweidimensionalen Methode leichter und schneller auf. Weiterhin sollte die Akzeptanz der Belegschaft durch die Integration in den Planungsprozess gesteigert werden.

## Lösungsweg

Zur Erzeugung des dreidimensionalen Fabriklayouts wurde die Photogrammetrie ausgewählt. Dieses Vermessungsverfahren basiert auf vielen verschiedenen Fotos, aus denen eine Punktwolke erzeugt wird. Da die Fotos aus möglichst verschiedenen Perspektiven und damit auch verschiedenen Höhen aufgenommen werden sollen, wurde eine mit Kameras bestückte Drohne zur Datenerstellung gewählt. Bei dieser Vorgehensweise können für die Fabrikplanung ausreichende Maßtoleranzen bei einer im Vergleich zur Laserpunktwolkenerstellung kurzen Aufnahmedauer erzielt werden.



Abbildung 1: Drohne mit zwei montierten GoPros

Die Punktwolkenerstellung mithilfe einer Drohne kann in zwei Abschnitte unterteilt werden: Der erste Schritt endet mit der Erstellung einer texturierten Punktwolke, welche anschließend im zweiten Schritt zu CAD-Fabrikobjekten weiterverarbeitet wird.

### Abschnitt 1 Erstellung der Punktwolke

Vor dem Drohnenflug wurde das vorhandene Layout be-  
sichtigt und die Route des anschließenden Fluges geplant. Diese Begehung des zu planenden Bereiches diente unter anderem der Aufnahme von Risikofaktoren, wie beispielsweise sehr hohen Maschinen oder von der Decke herabhängender Beleuchtung, die bei Nichtberücksichtigung zu Kollisionen mit der Drohne führen könnten. Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Begehung war die Planung der Aufnahmewinkel der Kameras und die Abschätzung der Drohnenüberflugdauer von Objekten zur Fotoaufnahme. Beeinflusst werden diese Faktoren beispielsweise von sehr niedrigen und weit auseinanderstehenden Maschinen, welche einen schnelleren Drohnenflug und einen weiten Winkel der Kamera in die Fabrik ermöglichen. Hohe sowie eng zusammenstehende Maschinen hingegen erfordern eine lange Überflugdauer zur Aufnahme einer höheren Anzahl von Fotos und einen Kamerawinkel, der einen kleineren Bereich detaillierter aufnimmt. Die Auswahl dieser

Einstellungen erfolgte vor dem Hintergrund möglichst geringer Berechnungszeit der Punktwolken bei einer für die Fabrikplanung ausreichenden Qualität der dreidimensionalen Daten.

Nach der Planung der Flugroute wurde der Drohnenflug durchgeführt. In dem Umsetzungsprojekt wurde hierbei eine DJI Phantom Drohne genutzt. Diese Drohne zeichnet sich durch das gut steuerbare Flugverhalten auch in geschlossenen Räumen aus. Weitergehend ist die Traglast der Drohne für die Montage von zwei GoPro Kameras ausreichend, welche mit einem selbst erstellten Halter unterhalb der Drohne montiert wurden (Abbildung 1).

Beim Flug wurde die Liveübertragung des drohneigenen Kamerasystems genutzt. Durch diese Funktion war es möglich, die Drohne sowohl vom Standpunkt des Drohnenpiloten als auch aus Kameraperspektive der Drohne zu steuern. Eine Überprüfung der aufgenommenen Daten war somit direkt während des Flugs möglich und erleichterte damit die Prozessüberwachung.

Der Drohnenflug mit den Kameras konnte innerhalb einer Mittagspause durchgeführt werden und beeinflusste somit nicht den Produktionsbetrieb. Die aufgenommenen

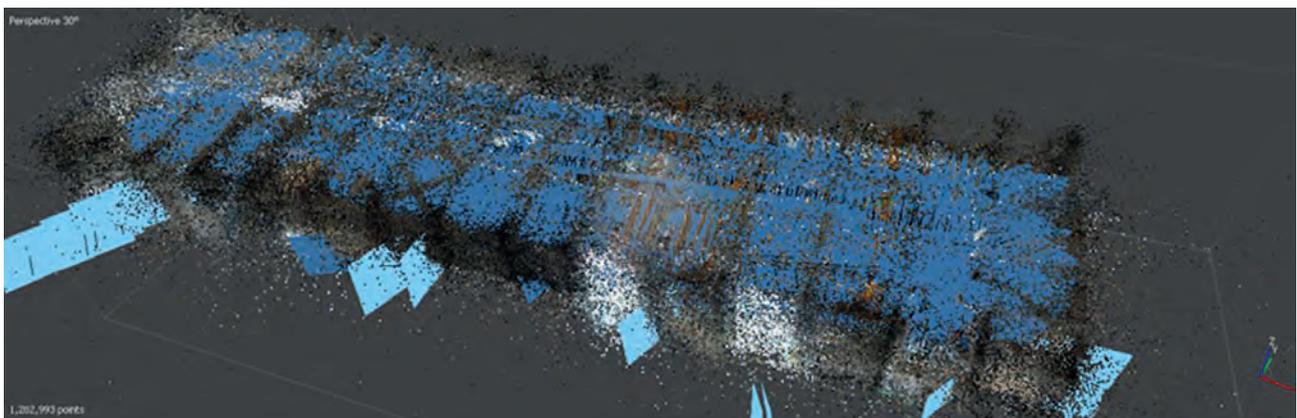


Abbildung 2: Kameraausrichtung in der Punktwolke

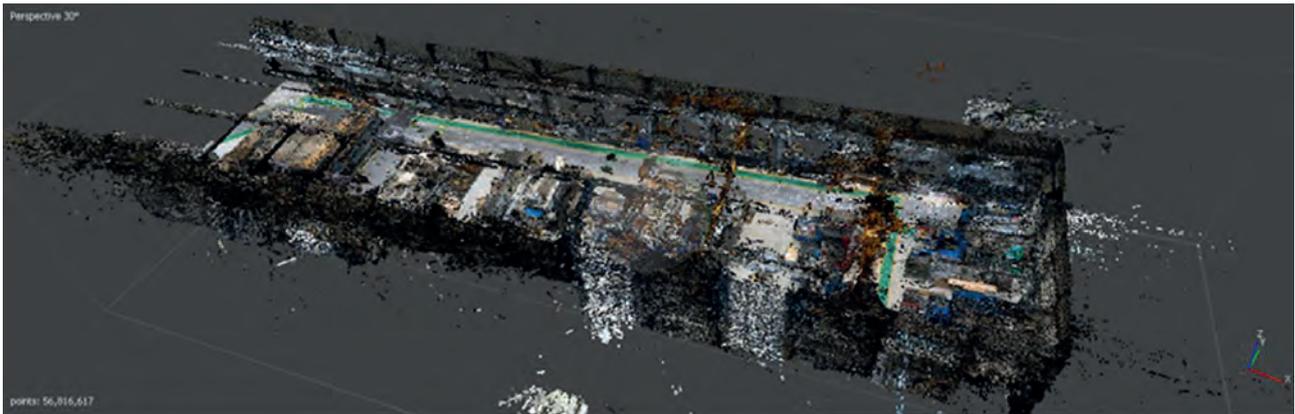


Abbildung 3: Grobe Punktwolke

Bilder wurden anschließend auf das Einladen in eine Photogrammetrie-Software vorbereitet. Hierbei wurden zuerst die Start- und Landesequenzen und verschwommene Bilder gelöscht. Im weiteren Verlauf der Datenaufbereitung wurden beispielsweise die Schärfe oder die Lichtverhältnisse der einzelnen Bilder geprüft und Aufnahmen mit geringer Qualität aussortiert.

Als nächster Schritt folgte die virtuelle Ausrichtung der einzelnen Kameras innerhalb eines groben Fabrikmodells. Diese Vorgehensweise ermöglichte es, Fotos, welche nicht dem Modell zugeordnet werden konnten oder falsch platziert waren, vor dem eigentlichen Erstellen der Punktwolke auszusortieren. In der folgenden Abbildung 2 sind die einzelnen Kamerabilder als blaue Rechtecke zu erkennen. Nach diesem Bearbeitungsschritt erfolgte die Erstellung einer groben Punktwolke. Hierbei wurde jedes einzelne Bild mit jedem anderen Bild von der Software verglichen. Kam es zu Übereinstimmungen bei der Orientierung verschiedener Punkte, wurde anhand der verschiedenen Aufnahme perspektiven ein Punkt im dreidimensionalen Modell erstellt. Die grobe Punktwolke ist in Abbildung 3 dargestellt.

Nach der Kontrolle der groben Punktwolke und dem Definieren des zu berechnenden Raumes wurde die feine Punktwolke erstellt. Hierbei vervielfachte die Software die Anzahl der im Raum orientierten Punkte durch die Addition von Punkten, welche im vorherigen Schritt die sehr hoch gesetzten Anforderungen der Orientierung

nicht erfüllt haben. Mit diesem zweistufigen Vorgehen wurde sichergestellt, dass zuerst nur sehr genau erkannte Punkte das Grundmodell bilden. Diese konnten im zweiten Schritt durch die bereits erstellte Orientierung der Bilder ergänzt werden.

Im weiteren Verlauf der Modellherstellung wurde aus der zuvor erzeugten feinen Punktwolke ein Mesh-Objekt gebildet. Mesh-Objekte werden durch Meshing-Algorithmen erzeugt. Dieser Vorgang kann als das „Auflegen“ eines Polygonnetzes beschrieben werden. Der Vorteil dieser oberflächenbasierten Struktur gegenüber einer Punktwolke ist die bessere Kompatibilität mit der CAD-Software. Mit der Erstellung des Mesh-Objektes (Abbildung 4) wurde Abschnitt eins - die Erstellung der Punktwolke - beendet.

## Abschnitt 2 Weiterverarbeitung zu CAD-Fabrikobjekten

In diesem Abschnitt wurde das zuvor erstellte Mesh-Objekt der gesamten Fabrik in einzelne Fabrikobjekte unterteilt, die mit 3D-CAD-Software wie Standard-CAD-Objekte genutzt werden können. Zuerst folgte hierbei das Einladen des Polygonnetzes in ein Matlab-Tool, das zur Bearbeitung von Punktwolken entwickelt wurde. Nach diesem Schritt folgte das Orientieren des Modells im virtuellen Raum. Dieser Schritt erleichterte anschließend das Segmentieren der Objekte, da der Boden als Grundfläche definiert wurde. Dafür musste die Skalierung des Modells auf den realen Maßstab erfolgen, da eine durch Photogrammetrie

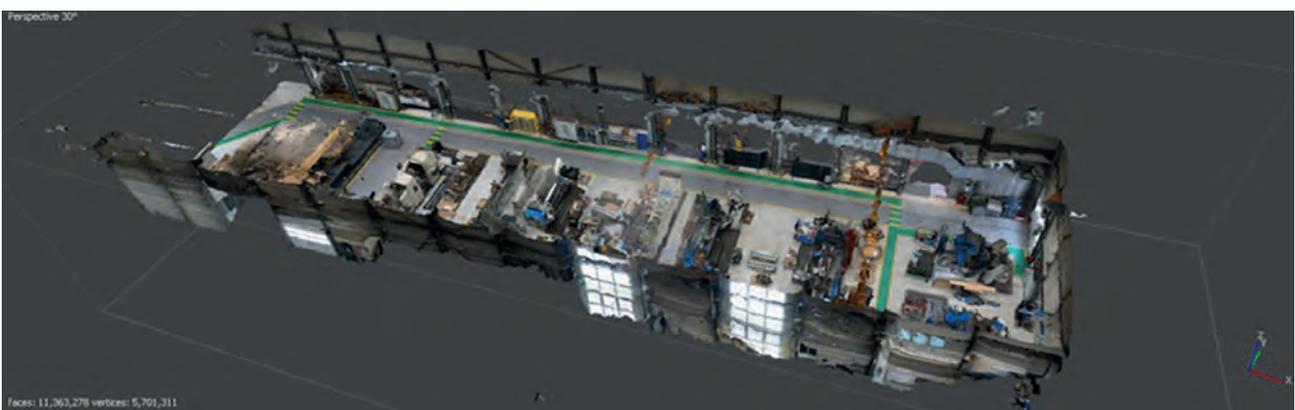


Abbildung 4: Mesh-Objekt aus Punktwolke erstellt

erstellte Punktwolke zunächst keinen festen Maßstab hat. Dies bedeutet, dass das Verhältnis der einzelnen Objekte zueinander genau definiert ist, der reale Abstand jedoch nicht. Mithilfe einer Messung in der realen Halle und dem anschließenden Übertragen auf das Modell wurde schließlich ein Maßstab hinterlegt und durch Vergleichsmessungen verifiziert.

In einem nächsten Schritt wurde die Segmentierung der einzelnen Objekte durch manuelles Einrahmen durchgeführt. Anschließend wurden diese Objekte benannt, damit sie später im Objektbrowser des CAD-Programms identifiziert werden können. Nachdem die in einem Vorgespräch gewünschten Objekte vom Rest des Modells getrennt wurden, konnte ein neuer Ordner mit den einzelnen Objekten erstellt werden. Hierbei behielten die einzelnen Objekte den Maßstab und die Orientierung des Grundmodells. Dadurch konnten sie problemlos gemeinsam in ein CAD-Programm importiert und ihre Platzierung übertragen werden. Die gesamte Halle wurde daraufhin als eine CAD-Baugruppe zusammengefügt. Hierdurch können einzelne Fabrikobjekte verschoben oder auch ersetzt und gelöscht werden. Eine Einbindung von neuen Maschinen, welche beispielsweise als CAD-Modell vom Hersteller vor der Bestellung an den Kunden weitergegeben werden, ist somit problemlos möglich. Auch eine Umstrukturierung des bisherigen Layouts kann dreidimensional geplant werden.

Zuletzt wurde der Import neuer Fabrikobjekte und der Umgang mit der CAD-Software exemplarisch im Unternehmen an einer Umplanung gezeigt. Hierbei zeigte sich, dass der Schulungsbedarf durch den bisherigen Umgang mit der CAD-Software sehr gering war.

### Nutzen für den Mittelstand

Die Kuhn Edelstahl GmbH steht exemplarisch für viele kleinere und mittlere Unternehmen, die im Bereich der Produktion tätig sind. Insbesondere das Fabriklayout der Dekanterfertigung ist durch die Struktur und die vorhandenen Maschinen beispielhaft für eine zerspannende Fertigung.

Vor der Durchführung des Projektes standen dem Unternehmen keine digitalen dreidimensionalen Layouts zur Verfügung. Weitergehend wiesen die vorhandenen Layouts eine geringe Qualität hinsichtlich der Maßhaltigkeit und der Aktualität auf. Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum konnte hierfür eine Komplettlösung erstellen, bei der vorhandene CAD-Systeme zur Fabrikplanung genutzt werden können. Durch die dreidimensionale Digitalisierung der Layouts kann effizienter und genauer geplant werden. Schlecht kalkulierbare Kosten bei der Umsetzung der Fabriklayouts können somit vermieden werden. Die dadurch erreichte Zeit- und Kostenersparnis trägt zur Standortsicherung und Zukunftsfähigkeit des Unternehmens bei. Weitergehend sorgt die texturierte Visualisierung vor der Umsetzung für eine bessere Übersicht und eine Steigerung der Akzeptanz der Mitarbeiter.

## Industrie 4.0

- Digitale Fabrikplanung
- Digitale Fabrik
- 3D-Fabrikplanung
- Punktwolke
- Photogrammetrie

## Autoren

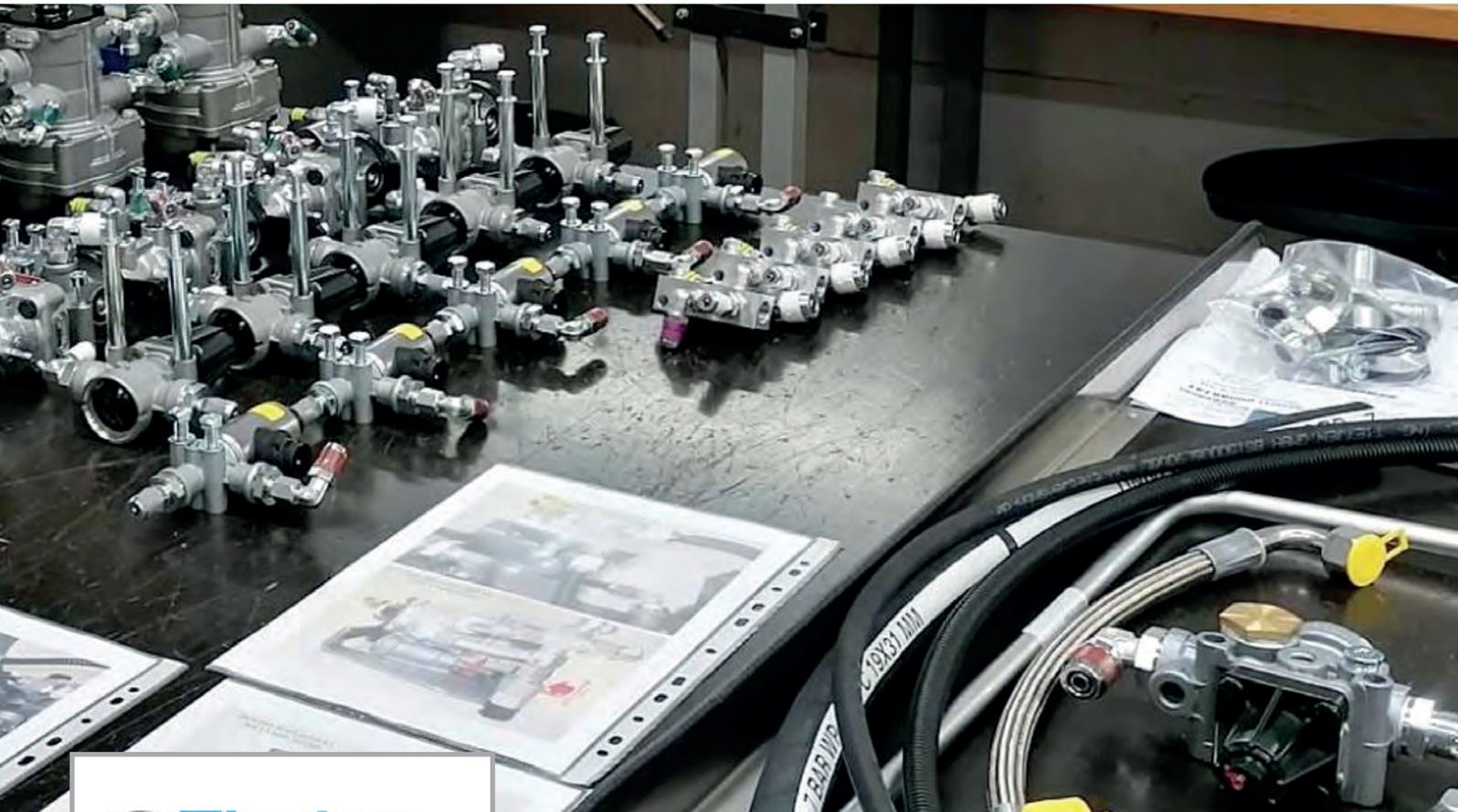


*Dominik Melcher, M. Sc. ist Mitarbeiter im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Dominik Melcher studierte Maschinenbau an der TU Braunschweig. Seit 2017 ist er als Projektingenieur am Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) gGmbH im Bereich der Bildverarbeitung und Automatisierungskonzepte 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 Projektingenieur am Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) gGmbH im Bereich der Fabrikplanung und der virtuellen Realität tätig.*





### *Firmenprofil*

Die Tietjen GmbH mit 55 Mitarbeitern mit Firmensitz in Bücken stellt Druckluftbremsanlagen für LKW (On-Highway) und Traktoren bzw. Baumaschinen (Off-Highway) her. Die Produkte werden als Bausätze oder fertig montierte Baugruppen an Fahrzeugbesitzer oder Hersteller verkauft. Weitere Angebote umfassen Beratungsleistungen und die Herstellung von Anhängerkupplungen mit Adapterfunktion.

## Konzepterstellung zur Implementierung digitaler Assistenzsysteme

**Der Einsatz digitaler Assistenzsysteme kann zur Senkung nicht wertschöpfender Tätigkeiten beitragen und hat somit einen erheblichen Nutzen für kleine und mittlere Unternehmen. Der zeitliche Aufwand regelmäßig anfallender Aufgaben kann durch standardisierte Prozesse reduziert werden. Bei der konventionellen Bearbeitung individueller Produktionsaufträge kommt hauptsächlich der Informationsbeschaffung und -bereitstellung eine große Bedeutung zu. Ein digitales Assistenzsystem liefert hingegen eine direkte Bereitstellung relevanter Prozessinformationen und damit eine Möglichkeit Zeit einzusparen. Darüber hinaus wird auch die Erfassung aktueller Prozessparameter wie die Lokalisierung eines Produktes innerhalb des Produktionsprozesses ermöglicht.**

Bis ein Unternehmen von den Vorteilen eines digitalen Assistenzsystems profitiert, wird es jedoch mit einigen Herausforderungen konfrontiert. Insbesondere die Anschaffung neuer Hard- und Softwaresysteme sowie die Anbindung an bestehende (Informations-)Systeme verursacht einen hohen zeitlichen sowie monetären Aufwand und ist eine große Hürde für kleine und mittlere Unternehmen. Eine weitere Hürde bei der Einführung von Assistenzsystemen im Unternehmen stellt die Auswahl geeigneter Unterstützungstools für die jeweilige Arbeitsaufgabe dar.

Um diesen Hemmnissen zu begegnen hat das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover im Umsetzungsprojekt mit der Firma Tietjen GmbH ein Konzept zur Auswahl und Implementierung von Assistenzsystemen erstellt. Hierbei wurde sowohl unternehmensspezifischen Problemstellungen als auch allgemeingültigen Unternehmenszielen wie einer gesteigerten Effizienz in der Produktion nachgegangen.

## Unternehmen und Produkt

Die Tietjen GmbH entwickelt seit über 35 Jahren Druckluft-Bremssysteme für die Nach-, Um- und Erstausrüstung von Land- und Baumaschinen sowie Zugmaschinen und Anhänger. Das inhabergeführte Unternehmen wird derzeit in der dritten Generation geleitet. Mit mehr als 5.000 Druckluft-Bremsanlagen-Varianten bietet Tietjen eine breite Auswahl an fertigen Lösungen und entwickelt außerdem kundenindividuelle Neulösungen. Die Produktpalette schließt neben Druckluft-Bremssystemen auch Reinigungsanlagen, Bausätze für Bremsanlagen, Ersatzteile oder die Nachrüstung von Anhängerkupplungen ein.

## Problemstellung und Zielsetzung

Optimierungspotenzial bestand bei der Tietjen GmbH insbesondere in der Kommissionierung, der Montage sowie der Dokumentation. In der Bauteilkommissionierung wurden die digitalen Stücklisten aus dem ERP-System ausschließlich in ausgedruckter Form verwendet und die Papierinformationen konnten nicht immer aktuell gehalten werden. Dies führte innerhalb der umfangreichen manuellen Kommissionierung häufig zu Mehraufwand. Eine unterschiedliche Sortierung der Lagerplätze (nach Bauteilart) und Kommissionierlisten (nach Montagereihenfolge) führte zu weiteren Aufwänden.

Der manuelle Abgleich von Identifizierungsnummern bei entnommenen oder rückgelagerten Bauteilen sowie die mangelnde Dokumentation bedingten eine hohe Fehleranfälligkeit und damit einhergehend einen hohen Grad an Unübersichtlichkeit. Zudem wurde der Bestand an Bauteilen und Bauteilgruppen im Montageprozess nicht erfasst, wodurch zusätzliche manuelle Überprüfungen nötig waren und Liefermengen nur ungenau bestimmt werden konnten.

Hauptziel des Projektes war deshalb eine durchgehende Erfassung von Produkt- und Bauteilinformationen innerhalb des Unternehmens. Um den dadurch entstehenden zeitlichen Aufwand so gering wie möglich zu halten, sollten digitale Assistenzsysteme eingesetzt werden.

Durch die Bearbeitung der unternehmensspezifischen Problemstellungen mithilfe digitaler Assistenzsysteme erhofft sich die Tietjen GmbH insbesondere Einsparungen im Bestand sowie eine Reduzierung nicht wertschöpfender Tätigkeiten.

Da die Einführung von Assistenzsystemen keinem Selbstzweck dienen, sondern langfristig gewinnbringend angewendet werden soll, kommt der Akzeptanz innerhalb des Unternehmens eine besondere Bedeutung zu. Aus diesem Grund wird ein Großteil der Belegschaft bereits von Beginn an in unterschiedliche Aufgaben des Projektes miteingebunden.

## Lösungsweg

Die Einführung von Assistenzsystemen bei der Tietjen GmbH erfolgte in vier aufeinander aufbauenden Phasen. Eine Übersicht der einzelnen Arbeitsschritte ist in Abbildung 1 dargestellt. Es wurde zunächst eine Zieldefinition durchgeführt und anschließend die Ist-Situation der Unternehmensprozesse erfasst. Im Anschluss wurden verschiedene Assistenzsysteme auf die Eignung hinsichtlich der spezifischen Anforderungen überprüft und bewertet. Abschließend konnte ein Konzept zur Einführung beziehungsweise Umsetzung in der Praxis erarbeitet werden. Sämtliche Prozesse wurden gemeinsam mit dem Unternehmen durchgeführt, um für zukünftige Implementierungen von Assistenzsystemen die notwendigen Grundlagen zu schaffen.



Abbildung 1: Projektablauf zur Auswahl von Assistenzsystemen

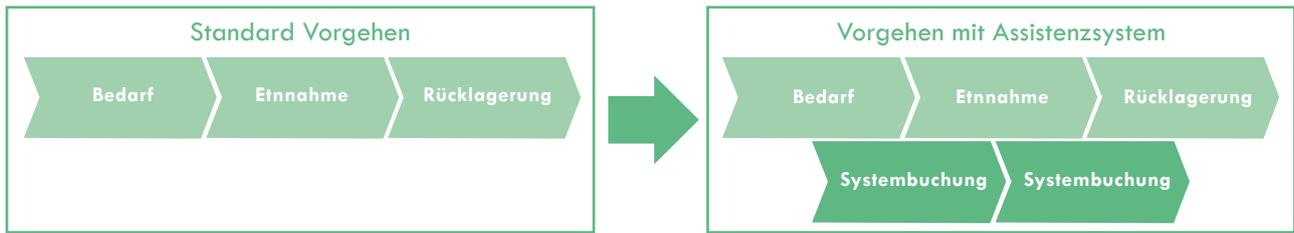


Abbildung 2: Funktionserweiterung in Lager und Kommissionierung

## Zieldefinition

Um einen Nutzen durch die Einführung von Assistenzsystemen zu erlangen, mussten zunächst die strategischen Ziele festgelegt werden. In einem gemeinsamen Zieldefinitionsworkshop mit der Geschäftsführung stellte sich heraus, dass neben allgemeingültigen Zielen wie der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit oder der Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit auch ganz konkrete Vorstellungen über direkt messbare Veränderungen im Produktionsablauf vorlagen. Ein wesentlicher Ansatzpunkt sollte dabei die Vermeidung von Bauteilverwechslungen sein, welche aufgrund der bisher nicht digital unterstützten Entnahme aus dem Lager einen wesentlichen Einfluss auf Prozessübersichtlichkeit und Ergebnisqualität hatten. Im Rahmen einer durchgehenden Erfassung von Material und Bauteilen innerhalb der Produktionsprozesse sollten außerdem eine bessere Planbarkeit und dadurch Einsparungen im Bestand realisiert werden.

Um die strategischen Ziele in konkreten vorliegenden Problemstellungen angehen zu können, wurden gemeinsam mit einem Großteil der Belegschaft Handlungsfelder identifiziert, in denen Verbesserungspotential vermutet wurde. Hierzu wurden unter anderem Partnerinterviews geführt, bei denen die Mitarbeiter sich gegenseitig befragten und im Anschluss die Vorschläge beziehungsweise Probleme des Partners vorstellen konnten. Hierdurch wurde eine intensive Auseinandersetzung mit den Planungsaufgaben im gesamtheitlichen Produktionsprozess erreicht und die Notwendigkeit von Änderungsmaßnahmen verstanden. Zusätzlich wurden erste Lösungsvorschläge der Mitarbeiter gesammelt. Dadurch wurde die Einführung von digitalen Assistenzsystemen als Ansatz zur Prozessverbesserung zu einem Projekt des gesamten Unternehmens, wodurch die Akzeptanz innerhalb der Belegschaft gefördert wurde.

Die Ergebnisse des Workshops wurden hinterher geordnet und häufig genannte Kernaussagen herausgestellt. Dabei zeigte sich, dass die von der Geschäftsführung als Ziele formulierten Änderungswünsche mit den von den Mitarbeitern aufgezeigten Problemen übereinstimmten. Im Lager wurden hier Platzmangel sowie Defizite im Bereich der Bestandspflege als wesentliche Schwachstellen identifiziert. Außerdem wurden die statischen (selten aktualisierten) Stücklisten sowie eine unzureichende Unterstützung bei der Kommissionierung und Rücklagerung als wesentliche Kritikpunkte angeführt.

Im Rahmen der unternehmensinternen Lösungsvorschläge konnten sowohl Verbesserungen im Betriebsablauf (zum Beispiel Änderung der Sortiersysteme im Lager oder die Anpassung des Hallenlayouts), als auch direkte Einsatzgebiete von Assistenzsystemen (beispielsweise Bearbeitung digitaler Stücklisten, Unterstützung der Kommissionierung durch Scanner) erkannt werden.

## Ist-Analyse

Um den bestmöglichen Einsatzort beziehungsweise -bereich von möglichen Assistenzsystemen zu identifizieren, wurde im weiteren Verlauf eine Ist-Analyse der Unternehmensprozesse durchgeführt. Hierbei wurde eine Standard-Auftragsbearbeitung als Referenz genommen, um den Durchlauf eines Auftrages durch die Wertschöpfungskette aufzuzeigen.

Anhand der zuvor ermittelten Problemfelder innerhalb der Unternehmensabläufe wurden Aufgaben aufgezeigt, bei denen Assistenzsysteme zum Einsatz kommen könnten. Außerdem wurden Bereiche herausgestellt, in denen sich durch den Einsatz von Assistenzsystemen Vorteile ergeben könnten. Als relevante Prozesse wurden dabei der Beschaffungsvorgang und seine Schnittstelle zur Lagerung inklusive der Erstellung der Artikelnummer, der Einlagerung und der Buchung aus dem Lager identifiziert. Im Produktionsprozess wurden die Informationsbeschaffung für die Montage (Anleitungen, Stücklisten, Montagepläne, etc.) sowie die Kommissionierung als Einsatzorte von Assistenzsystemen aufgezeigt.

## Assistenzsysteme

Im Fokus der unternehmensspezifischen Zieldefinition und Problemformulierung standen explizite Verbesserungsmöglichkeiten wie die Erfassung von Lagerungsvorgängen. Der in diesen Bereichen erkannte Nachholbedarf, der in Abbildung 2 beispielhaft als zusätzliche Systembuchungen verdeutlicht wurde, würde einen erheblichen Mehraufwand für die Mitarbeiter bedeuten. Durch die Nutzung von Assistenzsystemen sollte ebendieser Mehraufwand auf ein Minimum reduziert werden. Die Auslegung der Assistenzsysteme sollte somit seiner Aufgabe entsprechend zweckmäßig erfolgen und einfach beziehungsweise aufwandsarm zu benutzen sein. Bereits der Einsatz bei simplen Vorgängen wie der Systembuchung bei Lagervorgängen kann somit durch geringen Aufwand innerbetriebliche Abläufe verbessern.

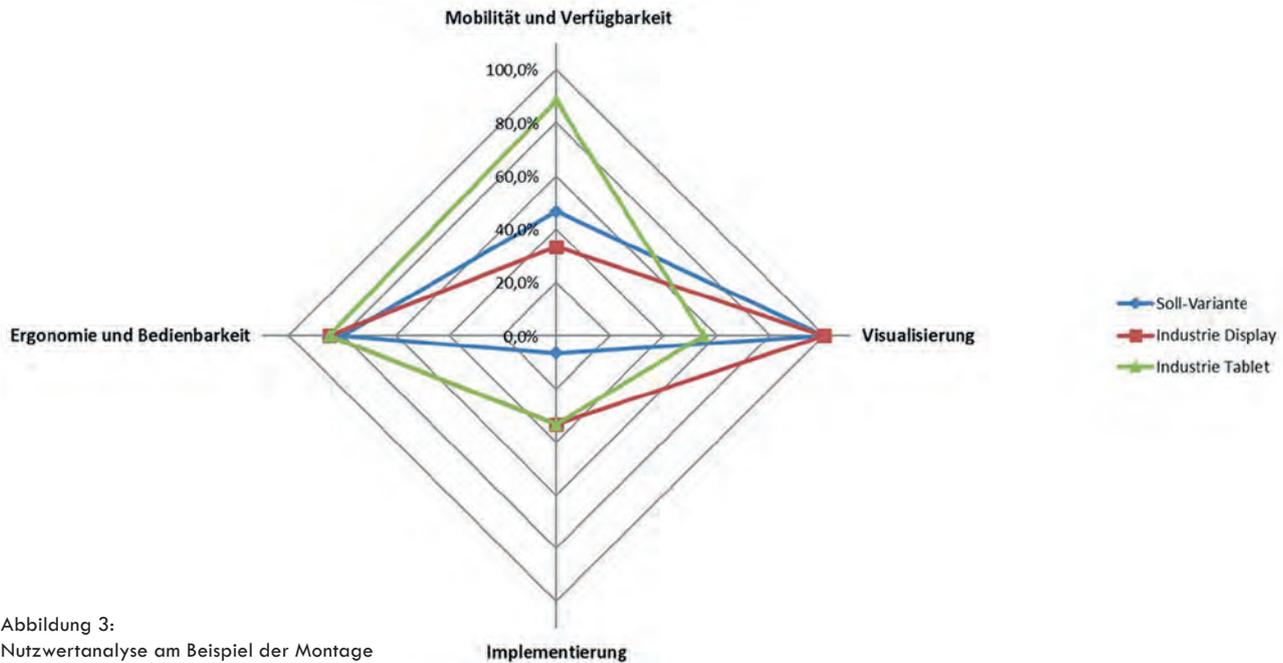


Abbildung 3:  
Nutzwertanalyse am Beispiel der Montage

Um mögliche Assistenzsysteme hinsichtlich ihrer Eignung für die geforderten Unternehmensziele bewerten und miteinander vergleichen zu können, wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt. In Abbildung 3 ist exemplarisch die Nutzwertanalyse ausgewählter Assistenzsysteme für die Montage dargestellt. Dazu wurden zunächst Kriterien zur Auswahl passender Assistenzsysteme bestimmt und diese in den Bereichen Mobilität und Verfügbarkeit, Visualisierung, Implementierung sowie Ergonomie und Bedienbarkeit zusammengefasst. Die einzelnen Kriterien innerhalb dieser vier Bereiche wurden anhand spezifischer Anforderungen und ihrer Auswirkungen auf den jeweiligen Bereich gewichtet. Im Anschluss wurde über einen paarweisen Vergleich eine Gewichtung der vier Kriterien zueinander erstellt.

Für die einzelnen Aufgaben und Einsatzgebiete wurden außerdem Anforderungen aufgestellt, die ein potenzielles Unterstützungstool erfüllen muss. Anhand dieser Anforderungen wurden anschließend einige passende am Markt verfügbare Assistenzsysteme ausgesucht und für diese jeweils ein Steckbrief geschrieben. Der Steckbrief basierte dabei zum einen auf öffentlich verfügbaren Herstellerinformationen, zum anderen auf bereits vorliegenden Erfahrungswerten der Mitarbeiter des Kompetenzzentrums.

### Konzepterstellung

Die durchgeführten Nutzwertanalysen sowie die Steckbriefe der einzelnen Systeme dienen der Entscheidungsunterstützung bei der Wahl der richtigen Hardware beziehungsweise Software. Häufig verfügen marktübliche Anwendungen jedoch über einen höheren Funktionsumfang als den im Rahmen der Zieldefinition geforderten. Aus diesem Grund wurde für die Tietjen GmbH ein Bedienungskonzept erstellt. Dieses Konzept ermöglicht auch für weiterführende Fragestellungen und zukünftige Anwendungsfälle die zweckmäßige Umsetzung. Hierbei stehen unter anderem

Fragen nach der Art, dem Umfang und der Aktualisierungsrate verfügbarer Daten im Fokus.

Konkret wurden im Rahmen des Projektes Assistenzsysteme für die Kommissionierung, die Montage sowie die Qualitätssicherung beziehungsweise Dokumentation ausgewählt. In der Kommissionierung sollen Handscanner mit einem Farbdisplay zum Einsatz kommen, um die Erfassung von Bauteilen und Produkten im Unternehmen sicherzustellen und in Ausnahmesituationen auch Bauteilbilder anzuzeigen. Die Montage wird zukünftig durch Arbeitsanweisungen (zum Beispiel Fotos, CAD-Zeichnungen und Texte) auf stationären Monitoren unterstützt. Diese werden gegebenenfalls um Tablets erweitert, welche ebenfalls für die Dokumentation verwendet werden und zur Verbesserung der Qualitätssicherung mit beispielsweise der Erstellung von Fotos beitragen. Für alle ausgewählten Assistenzsysteme wurden Anwendungsleitfäden erstellt, die eine einfache Implementierung und Inbetriebnahme ermöglichen. Zusätzlich wurden die Ergebnisse der Auswahlprozesse visualisiert, um die Auswahlprozesse transparent darzulegen und gleichzeitig die Funktionsweisen der verschiedenen Assistenzsysteme zu verdeutlichen.

Zur Anbindung der ausgewählten Hardware an das ERP-System wurden gemeinsam mit dem ERP-Anbieter Schnittstellen und zu erfassende Informationen besprochen. Bei der Umsetzung weiterführender Betriebs- sowie Maschinendatenerfassung konnte zwischen der Tietjen GmbH und dem ERP-Anbieter vermittelt werden. Das weitere Vorgehen wurde in Ablaufdiagrammen visualisiert und weitere Unterstützungsangebote aufgezeigt.

## Nutzen für den Mittelstand

Die Tietjen GmbH steht exemplarisch für viele kleinere und mittlere Produktionsunternehmen. Das Unternehmen verfügte bereits über einige Lösungsansätze aus dem Bereich der Digitalisierung, sah sich jedoch der Herausforderung konfrontiert, aus einem breiten Angebot am Markt verfügbarer Assistenzsysteme eine geeignete Auswahl zu treffen, um unternehmensbezogenen Problemen und Fragestellungen begegnen zu können.

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover konnte gemeinsam mit der Tietjen GmbH ein Einführungskonzept für digitale Assistenzsysteme erstellen. Dieses Konzept beinhaltet unter anderem eine umfangreiche Zieldefinition sowie eine Erfassung des Ist-Zustands zur Identifikation von Potenzialen innerhalb des Unternehmens. Für die jeweiligen Herausforderungen wurden mögliche Assistenzsysteme aufgezeigt und diese hinsichtlich zuvor aufgestellter Kriterien bewertet. Durch die Zusammenarbeit mit dem Anbieter des bei der Tietjen GmbH genutzten ERP-Systems konnten weiterführende Schritte zur Implementierung der ausgewählten Assistenzsysteme aufgezeigt und somit eine nahezu reibungslose Einführung gewährleistet werden.

## Autoren



*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 Projektengineer tätig. In der Logistik-Abteilung beschäftigt er sich mit Forschungsfragen aus der Produktionsplanung und -steuerung.*



*Can Sönmez studiert Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover. Seit 2018 unterstützt er als wissenschaftliche Hilfskraft die Projektengineure am Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH). In Forschungs- und Industrieprojekten beschäftigt er sich mit der Fabrikplanung und der Assistenzsystemauswahl.*



*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 Projektengineer am Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) gGmbH im Bereich der Fabrikplanung und der virtuellen Realität tätig.*

## Industrie 4.0

- ERP-Daten in der Fertigung nutzen
- Digitale Assistenz in der Montage
- Assistenzsystem für Kommissionierung
- Papierlose Fertigung
- Live-Daten erfassen und nutzen





Manuel Wesemann  
**tischlerei m undrzik**

### Firmenprofil

*Neben der klassischen individuellen Möbelfertigung und -montage, fertigt die Hans Mundrzik Tischlerei GmbH aus Bad Pyrmont mit 12 Mitarbeitern Komponenten für die Küchenindustrie. In den letzten Jahren ist dieses Segment gewachsen, sodass eine neue Werkhalle gebaut und zusätzliche Maschinen angeschafft wurden.*

## Vom Handwerk zur Produktion: Die IT darf nicht auf der Strecke bleiben!

**Im Rahmen der Digitalisierungswerkstatt 2018 wurden fünf Tischlerbetriebe ein Jahr lang auf ihrem persönlichen Weg in die Digitalisierung begleitet. Das Kompetenzzentrum Digitales Handwerk hat zusammen mit der Handwerkskammer Hannover das Programm ausgearbeitet. Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover hat dabei die Tischlerei Mundrzik im Projektmanagement, der Prozessanalyse und der Vorausswahl von ERP-Anbietern unterstützt.**

### Problemstellung

Das Geschäftsmodell der Hans Mundrzik Tischlerei GmbH aus Bad Pyrmont hat sich in den vergangenen Jahren gewandelt. Bestand vor zehn Jahren das Tagesgeschäft noch aus der individuellen Möbelfertigung für den Privatkunden und Unternehmer, so gleicht das heutige Kerngeschäft eher einer Produktionslinie. Zwölf Mitarbeiter fertigen als Zulieferer für die Küchenbauindustrie Standardteile mit individuellen Parametern. Dazu gehören beispielsweise Schrankböden, Schubladen und Schrankwände. Dabei variieren die Maße, Plattendicke, Bohrungen, Oberflächen und Kanten. Die Werkstatt ist zusammen mit diesem Wandel gewachsen. Neben der Werkstatt entsteht derzeit ein Neubau, in dem zunächst ein vollautomatisches digitales Plattenlager mit zugehöriger automatischer Säge untergebracht sein wird. Ein wichtiges Kernelement ist bei der Entwicklung bisher nicht mitgewachsen: das IT-System. Bisweilen

dient eine Branchensoftware aus dem Handwerker-Umfeld als Mittel zum Zweck. Morgens werden alle 300 bis 500 Aufträge des Tages händisch angelegt und die zugehörigen Auftragszettel ausgedruckt. Ein erfahrener Mitarbeiter kommt eine Stunde früher als die anderen Beschäftigten der Tischlerei, um die Auftragszettel zu sortieren. Der Mitarbeiter legt die Reihenfolge der Aufträge fest und erstellt die dazugehörigen Lose mit dem Ziel, den Verschnitt in der Fertigung möglichst gering zu halten. Der Auftragszettel wird mit einem Klebestreifen an den gesägten Brettern befestigt und begleitet den Auftrag durch die gesamte Produktion.

Die auf Maß gesägten Platten und Bretter werden für die Weiterverarbeitung mit einem Rollwagen zum Kantenanleimer transportiert. An der neun Meter langen Maschine prüft ein Mitarbeiter den Auftragszettel und richtet die Maschine für die Werkstücke und die zu bearbeitende Kante ein. Nach dem automatisierten Anleimen der Kanten werden die Werkstücke mit dem Rollwagen zur CNC-Fräse gefahren, der Auftrag kontrolliert, das passende CNC-Programm auf der Fräsmaschine ausgewählt und die Werkstücke weiterverarbeitet.

In der abschließenden Qualitätskontrolle werden die Werkstücke optisch begutachtet und händisch vermessen. Ein Mitarbeiter kontrolliert, ob das Werkstück dem Auftrag entsprechend angefertigt wurde. Für die anschließende Verpackung der Werkstücke werden die Maße vom Auftragszettel in die Kartonzuschnitt-Maschine abgetippt. Nach dem Verpacken gehen die Auftragszettel zurück ins Büro und werden im IT-System bestätigt.

Grundlage für die Fertigung bei Mundrzik sind die im Papierformat erstellten Aufträge. Dabei beinhaltet die Übertragung der Daten vom analogen Auftrag zu digitalen Systemen ein großes Fehlerpotenzial. Sei es bei der Erstellung des Auftragszettels, der Reihenfolgebildung per Zettelstapel, der manuellen Programm-Auswahl an der CNC-Fräsmaschine oder dem händischen Erfassen der Verpackungsgrößen.

Um die Produktion weiter zu verbessern, ist das Shopfloor Management ein weit verbreiteter und guter Ansatz. Wenn dem IT-System jedoch lediglich die Zeitpunkte der Auftragserteilung und des Auftragsabschlusses bekannt sind, dann gibt es wenig Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Optimierung. Wesentliche Voraussetzung für eine Optimierung der gesamten Auftragsabwicklung inklusive Fertigung und Versand ist eine umfassende Transparenz des Status von Fertigungsaufträgen, Arbeitsstationen und Beständen zu jedem Zeitpunkt. Aus der Datengrundlage lassen sich für die Verbesserung wichtige Kennzahlen, wie Durchlaufzeit, Bestände und Auslastung ermitteln.

## Zielsetzung

Ein ganzheitliches IT-System kann eine transparente Produktion von der Auftragserteilung bis zur Rechnungsstellung ermöglichen. Informationen sollen zu dem Zeitpunkt, an dem sie gebraucht werden, an dem Ort, an dem sie benötigt werden, bereitstehen. Ein weiteres Ziel, das mit der Implementierung des neuen IT-Systems verfolgt wird, ist die Verhinderung von Medienbrüche, um die Fehleranfälligkeit durch die händische Übertragung von Informationen zu minimieren und die damit einhergehenden nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten zu reduzieren. Auch die Reihenfolgeplanung und die Ansteuerung der neuen Plattensäge sollen automatisch ablaufen. Außerdem wird das Ziel der effizienteren Gestaltung der Auftragserstellung und -abwicklung verfolgt, wodurch freiwerdende Kapazitäten für die Produktion genutzt werden können.

## Lösungsweg

Prozesse beschreiben den Fertigungsablauf. Um die Prozesse zu verstehen, verfolgt das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover im ersten Schritt den Weg der Zettel, als zentrales Dokument, durch das Unternehmen. Alle Arbeitsstationen werden betrachtet, beschrieben und klassifiziert. Dabei entsteht eine Wertstromanalyse. Diese übersichtliche Darstellung zeigt die Abhängigkeiten der Prozesse und hilft dabei, die wertschöpfenden Tätigkeiten zu identifizieren. Anschließend werden die Anforderungen an das IT-System aufgestellt. Dabei werden die Ziele berücksichtigt. So werden beispielsweise Medienbrüche vermieden und Produktionskennzahlen berechnet. Die Anforderungen fließen in eine Anbietervorauswahl.

Auf dem Markt gibt es zahlreiche Lösungsanbieter für ganzheitliche IT-Systeme. Häufig decken die Anbieter jedoch nicht alle Anforderungen der Unternehmen ab. Für die Auswahl eines geeigneten IT-Systems ist die Erstellung eines Anforderungskatalogs eine wesentliche Grundlage. Darüber hinaus ist die Branchenerfahrung des Anbieters ein weiteres Auswahlkriterium. Im Projekt hat das Kompetenzzentrum Hannover die Tischlerei Mundrzik bei der Erstellung eines Anforderungskatalogs unterstützt. So konnte die Liste potenzieller Anbieter auf zehn reduziert werden, die alle das Kriterium der Branchenerfahrung erfüllen und zu über 90 Prozent die Unternehmensanforderungen abdecken. Der Anpassungsaufwand für das passgenaue IT-System für Mundrzik wird dadurch möglichst geringgehalten.

Die Tischlerei Mundrzik wird über die gesamte Projektlaufzeit von einem Jahr durch die Digitalisierungswerkstatt begleitet. Den Rahmen bildet der Kick-Off-Workshop - bei dem eine persönliche Digitalisierungs-Roadmap entwickelt wird - und die Abschlussveranstaltung. An zwei Strategieworkshops wird der Projektfortschritt protokolliert, über Erfolge und Misserfolge gesprochen. Die Strategieworkshops bilden eine hervorragende Plattform für

den Austausch der fünf beteiligten Tischlereibetriebe: Sie berichten über ihre Fortschritte und Erfahrungen in ihren Digitalisierungsprojekten. Im Rahmen der Workshops stehen die Digitalisierungsexperten mit ihrem Know-how als Ansprechpartner für die Unternehmen zur Verfügung. An zwei Stammtischen findet darüber hinaus – jeweils nach einem Impulsvortrag – der Austausch in entspannter Atmosphäre statt. Über die gesamte Projektlaufzeit haben das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover und die Kooperationspartner die Betriebe durch ein umfangreiches und zum Teil gezielt auf ihre Bedarfe zugeschnittenes Schulungsangebot qualifiziert.

### Nutzen für den Mittelstand

Der Wandel im Unternehmen Mundrzik von einem Handwerksbetrieb zum produzierenden Unternehmen schreitet weiter voran. Dank des Projekts kann auch das IT-System den Weg der Transformation mitgehen. Die Tischlerei hat nun einen schematischen Überblick über ihre Prozesse und die sich daraus ableitenden Anforderungen an ein IT-System.

Durch ein ganzheitliches IT-System kann Verschwendung gemindert werden, wenn bei der Umsetzung auf ein medienbruchfreies Konzept geachtet wird. Die gewonnenen Daten bewirken weiterhin einen Transparenzzuwachs. Insgesamt kann die Effizienz der Produktion gesteigert werden, da nicht-wertschöpfende Tätigkeiten vom IT-System übernommen werden.

### Industrie 4.0

- Anforderungen an ERP und MES
- Digitales Shopfloor Management
- Kommunikation zwischen Maschine und IT-System

### Autoren



*Christoph Digwa, M. Sc. ist Mitarbeiter im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“. Als Koordinator für Information ist er dafür verantwortlich, Unternehmen für die Digitalisierung zu sensibilisieren. Dafür finden Messeauftritte, Demonstrationen und Vorträge statt. Christoph Digwa studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Leibniz Universität Hannover. Er war in der Luftfahrtbranche im Lean Management und in der Getränkeproduktion als Entrepreneur tätig. Seit 2018 ist er Doktorand am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) und forscht im Bereich Digitalisierung.*



*Michael Rehe, Dr.-Ing. 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 (IFW) promoviert. Vor seiner Zeit im Kompetenzzentrum war er in leitender Funktion bei einem mittelständischen Automobilzulieferer tätig.*



# 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](http://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](http://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](http://www.mitunsdigital.de/dialog)

Step 4



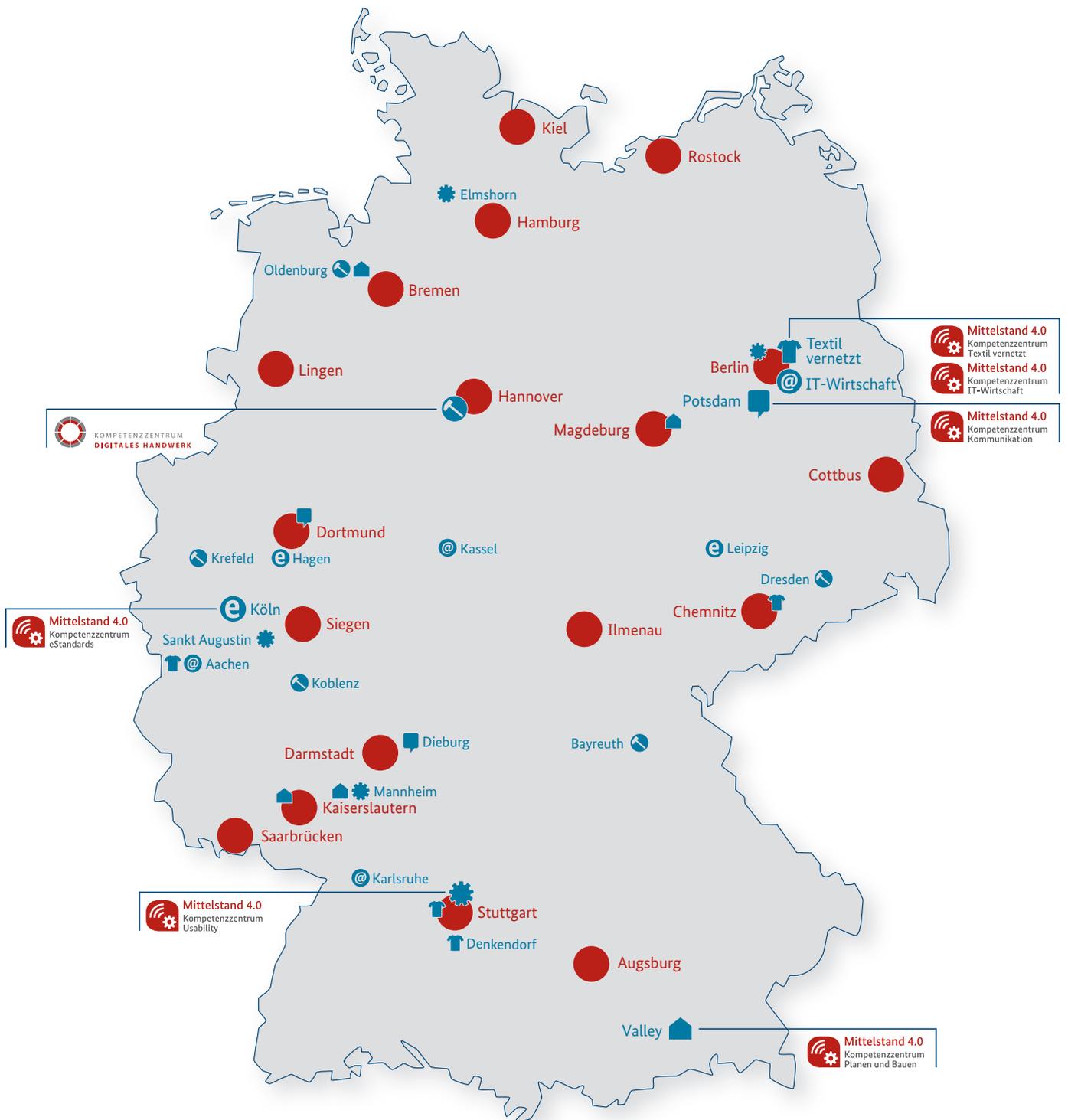
## Projekt

### 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](http://www.mitunsdigital.de/projekte)

# Die regionalen Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren und Themenzentren mit ihren Stützpunkten



Weitere Informationen finden Sie unter [www.mittelstand-digital.de](http://www.mittelstand-digital.de)

Stand: Dezember 2019

# Impressum

**Schriftenreihe des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Hannover  
Ausgabe 4**

**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: Jan Linhart & Martin Türk**

**Bildnachweis:**  
IPH: S. 24, S. 25, S. 28,  
IFW: S. 34  
Shutterstock: Titel, S. 4, S. 8, S. 13, S. 21, S. 22, S. 27, S. 33, S. 37  
Pixabay: S. 14  
Miele: S. 9  
Daniel McCullough on Unsplash: S. 7

**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, Oktober 2020**  
**An der Universität 2**  
**30823 Garbsen**  
**Tel: 0511-762-19434**                      **Fax: 0511-762-18037**  
**[www.tewiss-verlag.de](http://www.tewiss-verlag.de)**                      **mail: [info@tewiss-verlag.de](mailto:info@tewiss-verlag.de)**

gedruckte Ausgabe:    ISBN 978-3-95900-485-5  
digitale Ausgabe:     ISBN 978-3-95900-486-2