



Mittelstand-Digital
**Zentrum
Hannover**

Zukunft.Digital

Digitalisierung
von der Idee zur Umsetzung
Ausgabe 02/2023



Im Fokus

**Digitales Lernen:
Flexibilität im lebens-
langen Lernprozess**

Seite 08

Künstliche Intelligenz

**Unsupervised-Learning-
Algorithmen als Teil
der Diagnostik**

Seite 30

Aus der Forschung

**Per Drohne zum Digitalen
Zwilling: Leuchtturmprojekt
für die Industrie 5.0**

Seite 46



Das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover ist Teil des Netzwerks Mittelstand-Digital. Das Netzwerk bietet mit den **Mittelstand-Digital Zentren** und der **Initiative IT-Sicherheit in der Wirtschaft** umfassende Unterstützung bei der Digitalisierung. Kleine und mittlere Unternehmen profitieren von konkreten Praxisbeispielen und passgenauen, anbieterneutralen Angeboten zur Qualifikation und IT-Sicherheit. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz ermöglicht die kostenfreie Nutzung und stellt finanzielle Zuschüsse bereit.

Weitere Informationen finden Sie unter:

www.mittelstand-digital.de

Mittelstand-
Digital



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Zukunft.Digital

**Digitalisierung
von der Idee zur Umsetzung**
Ausgabe 02/2023

Inhalt

Aus dem Zentrum

**Ohne Programmierkenntnisse
in die digitale Zukunft mit
Low-Code/No-Code**

Seite 06

**CO₂-Fußabdruck im Fokus:
Der Digitale Zwilling schafft
Transparenz in der Lieferkette**

Seite 08

Im Fokus:

Digitales Lernen

**Flexibilität im lebenslangen
Lernprozess**

Seite 10

**Digitale Lerneinheiten zur Unter-
stützung von Montageprozessen**

Seite 12

**Blended Learning zur Steigerung
der Flexibilität von Lernangeboten**

Seite 16

**Trends im digitalen Lernen:
Einblicke in die Lernlandschaften
der Zukunft**

Seite 20

**Interview:
Die Zukunft des KI-gestützten
Lernens in Unternehmen ist
vielversprechend**

Seite 22

Künstliche Intelligenz

**Voraussetzung für Künstliche
Intelligenz: Saubere Daten**

Seite 25

**Datenqualität in der Fertigung
regelbasiert überprüfen**

Seite 26

**KI in der Medizintechnik:
Unsupervised-Learning- Algorith-
men als Teil der Diagnostik**

Seite 30

Aus der Praxis

**Konzept zur Bestimmung von
SOLL-Zeiten an variantenreichen
Montagearbeitsplätzen**

Seite 34

**Digitale Wegenetzplanung unter-
stützt bei der FTS-Einführung**

Seite 38

Aus der Forschung

**Digitale Geometrieerfassung
von Schweißverbindungen zur
Qualitätssicherung**

Seite 42

**Per Drohne zum Digitalen
Zwilling: Leuchtturmprojekt
für die Industrie 5.0**

Seite 46

Editorial



Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena
Konsortialleiter des
Mittelstand-Digital Zentrums
Hannover

Der Weg zur erfolgreichen Implementierung von digitalem Lernen und Wissensmanagement in Unternehmen mag zunächst komplex erscheinen, aber die Vorteile sind es wert. „Wissen ist eine entscheidende Ressource für die Resilienz, die Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit von Unternehmen. Daher ist es wichtig, vorhandenes Wissen sichtbar zu machen, zu teilen und für die Weiterentwicklung des Unternehmens zu nutzen“, sagt meine Kollegin Steffi Robak, Professorin am Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung der Leibniz Universität Hannover im Interview ab Seite 22.

Digitales Lernen ist das Schwerpunktthema dieses Magazins und spätestens seit der Corona-Pandemie steht es auch auf der Agenda vieler Betriebe. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen eröffnet sich damit die Möglichkeit, schnell und kostengünstig auf die sich ändernden Anforderungen der Märkte zu reagieren und ihre Mitarbeitenden kontinuierlich weiterzubilden und zu fördern, ohne die Betriebsabläufe zu stören. Ob durch E-Learning-Plattformen, Webinare oder maßgeschneiderte Schulungen: Digitales Lernen schafft eine flexible und effiziente Lernumgebung.

Wie es Unternehmen gelingt, ohne eigene Weiterbildungsabteilung digitale Lerneinheiten zu erstellen und zu teilen, zeigen wir im Bericht zum Digitalisierungsprojekt mit dem Schaltschrankhersteller SCHUBS Steuerungstechnik GmbH. Im Rahmen des Projekts mit Sennheiser hingegen stellen wir Ihnen vor, wie Sie aus Präsenzworkshops innovative Blended Learning Formate gestalten können, um Ihren Mitarbeitenden optimale Lernmöglichkeiten anzubieten.

In unserer neuesten Ausgabe erwarten Sie nicht nur weitere spannende Beiträge zu unserem Fokusthema, sondern auch eine vielseitige Mischung interessanter Artikel aus unseren bewährten Rubriken „Aus dem Zentrum“, „Aus der Praxis“, „Künstliche Intelligenz“ und „Aus der Forschung“. Ein Blick hinein lohnt sich auf jeden Fall, und ich hoffe, Sie haben beim Lesen genauso viel Freude wie wir bei der Zusammenstellung!

Ohne Programmierkenntnisse in die digitale Zukunft mit Low-Code/No-Code

Wollen Sie die digitale Transformation in Ihrem Unternehmen voranbringen? Brauchen Sie dafür eine neue Website, eine mobile App oder eine Desktop-Anwendung? Es muss nicht kompliziert sein, Geschäftsprozesse und Aufgaben in Ihrem Unternehmen zu digitalisieren. Eine neue Chance, Digitalisierung in Ihrem Unternehmen auch ohne umfassende Programmierkenntnisse umzusetzen, bietet dabei die Softwareentwicklung mit Hilfe von Low-Code/No-Code (LC/NC). In unserer Handreichung „Wie wähle ich eine passende Low-Code/No-Code-Plattform aus?“ informieren wir Sie über Anwendungsmöglichkeiten und geben Ihnen Tipps zur Auswahl der passenden Software. Im Folgenden sind wesentliche Inhalte der Handreichung zusammengefasst.

Digitalisierung mit Low-Code/ No-Code

Anstatt eine fertige Software zu kaufen oder ein passendes Produkt von einem Programmierer entwickeln zu lassen, kön-

nen Sie mit Hilfe einer LC/NC-Plattform sogar ohne Programmierkenntnisse Ihre eigenen Apps für Ihr Unternehmen erstellen. LC/NC-Tools erleichtern Ihnen das Software Engineering, indem Sie als Benutzer*in Schritt für Schritt durch die Softwareentwicklung geführt werden, damit Sie selbstständig in kurzer Zeit Anwendungssoftware erstellen können. Wie genau die Softwareentwicklung mit LC/NC funktioniert und welche Vor- und Nachteile damit verbunden sind, erfahren Sie in den nachfolgenden Absätzen.

Was ist Low-Code/No-Code?

LC/NC heißt auf Deutsch „wenig Code“ bzw. „kein Code“. Das Ziel von LC/NC ist die schnelle und einfache Softwareentwicklung. LC/NC stellt also eine Alternative zur üblichen Programmierweise dar, die das Erlernen einer Programmiersprache voraussetzt, um dann als Programmierer*in Quellcode von Hand zu schreiben. Anstatt klassische, textbasierte Programmiersprachen zu verwenden, können Sie

mit einer LC/NC-Plattform über eine grafische Benutzeroberfläche Ihre eigene Software nach dem Baukastenprinzip erstellen. Per Drag-and-Drop können Sie die einzelnen Softwarekomponenten, die auf der Plattform zur Verfügung gestellt werden, nach Ihren Wünschen zusammenstellen. Dabei haben Sie zum Beispiel eine Auswahl an verschiedenen Design-Vorlagen und vorgefertigten Programmierbausteinen. Der Programmcode wird dann entsprechend der Anordnung der visuellen Elemente automatisch generiert.

Sowohl bei einer Low-Code- als auch No-Code-Plattform handelt es sich um eine intuitive, visuelle Entwicklungsumgebung, mit der Sie einfache bis komplexe Anwendungssoftware erstellen können, ohne dabei über (umfangreiche) Programmierkenntnisse zu verfügen. Der Unterschied zwischen Low-Code und No-Code liegt in der Programmiererfahrung, die Sie für die Softwareentwicklung mitbringen müssen. Während Sie mit No-Code das Programmieren gänzlich umgehen können, da Sie

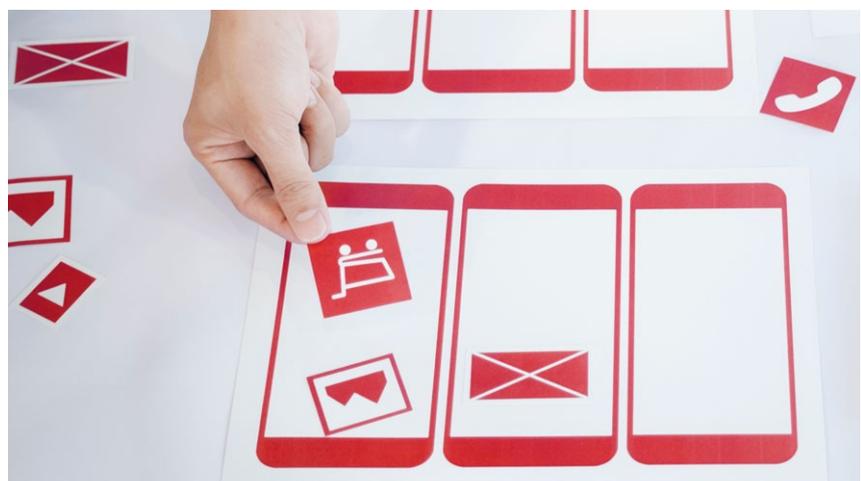


Bild 1

Websites und Apps können via Baukastenprinzip aufgebaut werden.

keine einzige Codezeile schreiben müssen, besteht bei Low-Code-Plattformen ein geringer Programmieraufwand, wenn Sie z. B. den Quellcode an Ihre Anforderungen anpassen oder individuelle Änderungen vornehmen wollen.

Low-Code richtet sich daher an Benutzer*innen, die bereits etwas Programmiererfahrung haben oder zumindest über geringe oder grundlegende Programmierkenntnisse verfügen. Fortgeschrittene oder umfangreiche Kenntnisse sind also nicht notwendig. Dennoch kann Low-Code auch für professionelle Entwickler*innen eine sinnvolle Option sein, wenn beispielsweise eine Softwareanwendung in kurzer Zeit erstellt werden muss.

Digitale Transformation durch Citizen Developer

Für sogenannte „Citizen Developer“, die keine oder nur geringe Programmierkenntnisse haben, eröffnet sich mit LC/NC nun die Möglichkeit, selbstständig Anwendungssoftware zu erstellen. Citizen Developer sind Fachexpert*innen (in einem Unternehmen), die gewöhnlich keine Programmierer oder Softwareentwickler sind. Sie bringen Ihre Fachexpertise in die Softwareentwicklung für einen bestimmten Anwendungsfall ein und sind insbesondere mit No-Code in der Lage, eigene Software-Lösungen zu erstellen.

Dadurch kann die digitale Transformation in Unternehmen unterstützt werden, denn LC/NC-Tools eignen sich für alle, die Prozesse und Aufgaben digitalisieren, vereinfachen oder automatisieren wollen und dabei nach schnellen und einfachen Lösungen suchen oder eigene Lösungen bevorzugen.

Da hierfür keine professionellen Entwickler*innen beauftragt werden müssen, können durch LC/NC die eigenen Unternehmensressourcen verwendet werden, um den digitalen Wandel im Unternehmen voranzutreiben.

Vor- und Nachteile von Low-Code/No-Code-Plattformen

Die Einsatzbereiche von LC/NC-Plattformen sind vielfältig. Denn aufgrund der

Digitalisierung werden Webanwendungen, Websites oder Apps, die nun auch mit LC/NC erstellt werden können, heutzutage praktisch in jeder Branche benötigt und können unterschiedlich eingesetzt werden. Neben der Beschleunigung von Digitalisierungsprozessen und der besseren Nutzung vorhandener Ressourcen können als weitere Vorteile von LC/NC folgende Punkte genannt werden:

- Selbstständige Entwicklung von Anwendungssoftware
- Beschleunigte Entwicklung von digitalen Geschäftsmodellen und Prototypen
- Vorkodierte bzw. vorgefertigte Programmbausteine und Designvorlagen
- Einfache Bedienung dank intuitiver Benutzeroberfläche
- Kosteneinsparungen, z. B. durch Senkung der Programmierressourcen oder durch das Automatisieren von repetitiven Aufgaben

Als wesentlicher Nachteil von LC/NC-Plattformen ist die Hersteller- bzw. Plattformabhängigkeit zu nennen und die daraus resultierenden Einschränkungen in Bezug auf die Anpassbarkeit und Flexibilität in der Softwareentwicklung.

Low-Code/No-Code anwenden

Die Wahl der Plattform ist ausschlaggebend für das Ergebnis Ihres Digitalisierungsvorhabens. Sie sollten daher gut überlegen, für welche Plattform Sie sich entscheiden. Die Suche nach einer geeigneten Plattform, die den Unternehmensanforderungen bestmöglich entspricht, wird jedoch durch die Tatsache erschwert, dass inzwischen eine Vielzahl von verschiedenen LC/NC-Plattformen im Internet angeboten wird. Wie Sie trotzdem eine passende Plattform finden können, erfahren Sie aus unserer Handreichung zum Thema LC/NC, die unter anderem zehn Kriterien und einen Fragenkatalog enthält. Die Handreichung finden Sie auf unserer Website unter [„Downloads“](#).

Für weitere Informationen zu LC/NC empfehlen wir Ihnen außerdem die auf unserer Website im Bereich „E-Learning“ dazugehörigen Lernnuggets.



Die Handreichung finden Sie auf unserer Website unter digitalzentrum-hannover.de/downloads

Autorin

Kamila Serwa
Projektingenieurin am
Mittelstand-Digital Zentrum
Hannover

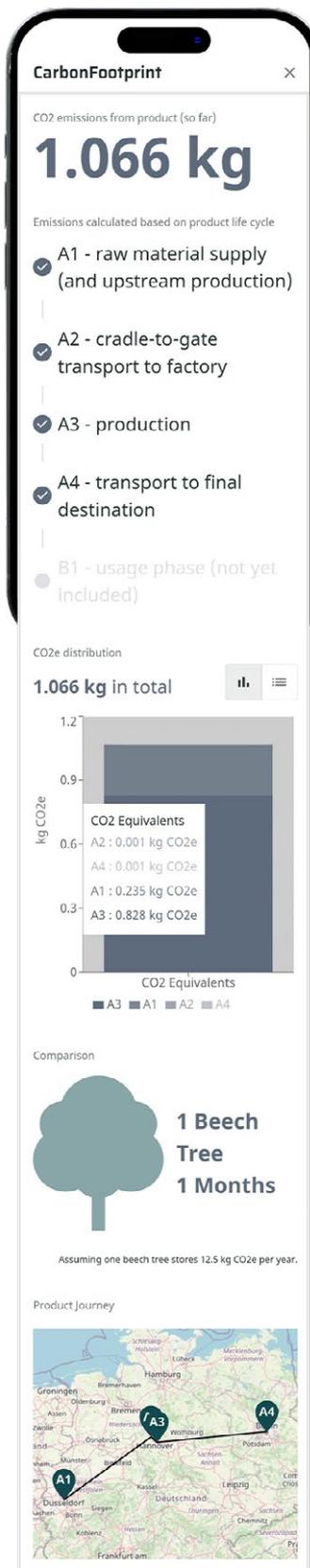


Bild 1

Visualisierung des CO₂-Fußabdrucks auf dem Smartphone

CO₂-Fußabdruck im Fokus: Der Digitale Zwilling schafft Transparenz in der Lieferkette

Das Thema Nachhaltigkeit wird immer wichtiger und hält damit auch in der Politik und Wirtschaft Einzug. Mit dem Lieferkettengesetz stehen nicht nur große, sondern auch kleine und mittlere Unternehmen vor der Herausforderung die Transparenz in der gesamten Lieferkette zu erhöhen. Wie dies am Beispiel des Product Carbon Footprint (PCF) eines Produktes aussehen kann, zeigt ein Demonstrator des Mittelstand-Digital Zentrum Hannover. Dieser ermöglicht mithilfe des Digitalen Zwillings über die gesamte Lieferkette den ökologischen Fußabdruck eines Produktes abzubilden.

Um die gesetzlichen Anforderungen im Lieferkettengesetz zu erfüllen und damit die Transparenz in der Lieferkette zu erhöhen, ist beispielsweise auch die Ausweisung der mit der Herstellung verbundenen Treibhausgasemissionen eines Produktes erforderlich. Ein Produkt besteht in der Regel aus mehreren Komponenten und Rohmaterialien, die von unterschiedlichen Herstellern weltweit bezogen werden. Um die gesamten mit dem Produkt verbundenen Treibhausgasemissionen erfassen zu können, müssen diese für alle Komponenten, die Transportwege und die Produktion bekannt sein. Es ist somit erforderlich diese nicht nur zu messen, sondern auch einem Produkt zuzuordnen und den CO₂-Fußabdruck (PCF) mit diesem Produkt zu verknüpfen. Der PCF ist somit Teil des digitalen Produktpasses (DPP) der mit den Produkten ausgeliefert wird, sodass die Informationen auch für nachfolgende Produktionsschritte zur Verfügung stehen. Der Produktpass kann dabei ein Bestandteil des Digitalen Zwillings vom Produkt sein.

Digitaler Zwilling

Ein Digitaler Zwilling ist ein digitales Abbild von einem i. d. R. physisch existierenden Gegenstand. Dies kann ein Produkt, eine Maschine, eine Anlage oder auch eine gesamte Firma sein. Bisher baut jeder seinen Digitalen Zwilling so auf, wie er ihn für seinen Anwendungsfall benötigt. Damit dieser Zwilling hersteller- und länderübergreifend verstanden werden kann, ist eine einheitliche Beschreibung erforderlich. Daher wurde unter anderem von der Plattform Industrie 4.0 und dem Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) ein weltweiter branchenneutraler Standard entwickelt: die Verwaltungsschale (engl. Asset Administration Shell). Sie bietet eine standardisierte semantische und technische Abbildung zwischen den Assets und den beteiligten Softwaresystemen. Hierdurch ist es möglich Digitale Zwillinge einfach weltweit auszutauschen.

Umsetzung im PCF-Demonstrator

Die beispielhafte Umsetzung des CO₂-Fußabdrucks für die Herstellung eines Kugelschreibers erfolgte in der Lernfabrik „Digitale Produktion“ am Mittelstand-Digital Zen-

trum Hannover. Der PCF-Demonstrator bildet den Produktionsschritt der Laserbeschriftung ab und wurde gemeinsam mit Partnern im Testbed des LNI 4.0 (Labs Network Industrie 4.0 e.V.) aufgebaut.

In der Lernfabrik kann sich der Besuchende einen individualisierten Kugelschreiber konfigurieren und anschließend herstellen. Er durchläuft alle Prozessschritte, die zur Herstellung erforderlich sind und erlebt an den einzelnen Stationen, wie Digitalisierung in der Produktion unterstützen kann. Nach der Konfiguration wird ein Digitaler Zwilling vom Produkt erstellt, der über eine eindeutige ID (AAS-ID) fest mit dem Produkt verbunden ist. Der Digitale Zwilling besteht aus mehreren Teilmodellen, die unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten zeigen. Neben den für die Fertigung relevanten technischen Daten und dem Fertigungsablauf enthält er ein digitales Typenschild (DNP) mit Informationen zum Hersteller. Im Produktpass des digitalen Zwillings wird auch der PCF gespeichert. Hierzu wird am Ende des Fertigungsprozesses das Teilmodell PCF mit den entsprechenden Emissionen der einzelnen Lebenszyklusphasen befüllt.

Die Umweltauswirkungen in den Lebenszyklusstadien eines Produkts werden in die Herstellung (A), Nutzungsphase (B) und End of Life (C) eingeteilt. Für den Demonstrator werden die Umweltauswirkungen während der Herstellung (Phase A) erfasst. Sie berücksichtigt das Rohmaterial, den Transport sowie die Fertigung auch bei Zulieferern. Die Betrachtung endet nach der Übergabe des Produkts an den Kunden (cradle to gate). Die weiteren Phasen werden zunächst nicht betrachtet.

Um die Energieaufnahme in der Fertigung zu erfassen, wurden die Maschinen mit Energiemessgeräten ausgestattet. Der Energiebedarf wird über eine Modbus Schnittstelle mithilfe einer Middleware ausgelesen und in eine Zeitreihendatenbank (influxDB) geschrieben, die für jede Maschine einen Bucket (Speicherort) besitzt. Jedes Bucket besitzt dabei eine Aufbewahrungsrichtlinie, die beispielweise definiert, wie lange Messdaten gespeichert werden sollen. Im Digitalen Zwilling der Maschine ist der Speicherort zu diesen Energiedaten im Teilmodell TimeSeries Data (IDTA 02008-1-1) hinterlegt. Dies erfolgt über einen Endpoint (URL zum Zeitreihenserver) und eine Query (Link zur Datenabfrage), über den die Daten abgerufen werden können. Während der Fertigung des Kugelschreibers werden für jeden Kugelschreiber und Produktionsschritt die Maschinen-ID (AAS ID) sowie die Bearbeitungs-Start- und Endzeit gespeichert. Aus diesen Daten berechnet ein zentrales Fertigungsleitsystem den PCF für die Herstellung.

Über alle Produktionsschritte werden die so ermittelten Werte summiert und in das Teilmodell Product Carbon Footprint als A3-Wert (Produktion) geschrieben. Zusätzlich werden die Rohmaterialien (A1) und Transport zur Produktionsstätte (cradle-to-gate) (A2) eingetragen. Solange die Zulieferer die hierfür erforderlichen Daten nicht bereitstellen, muss hierfür auf Datenbanken zurückgegriffen werden. Gleiches gilt für den Transport vom Zulieferer zum Werk. Um den Einfluss der Transportwege zu zeigen, kann im Demonstrator eine Zieladresse und ein bevorzugtes Transportmittel eingegeben werden.

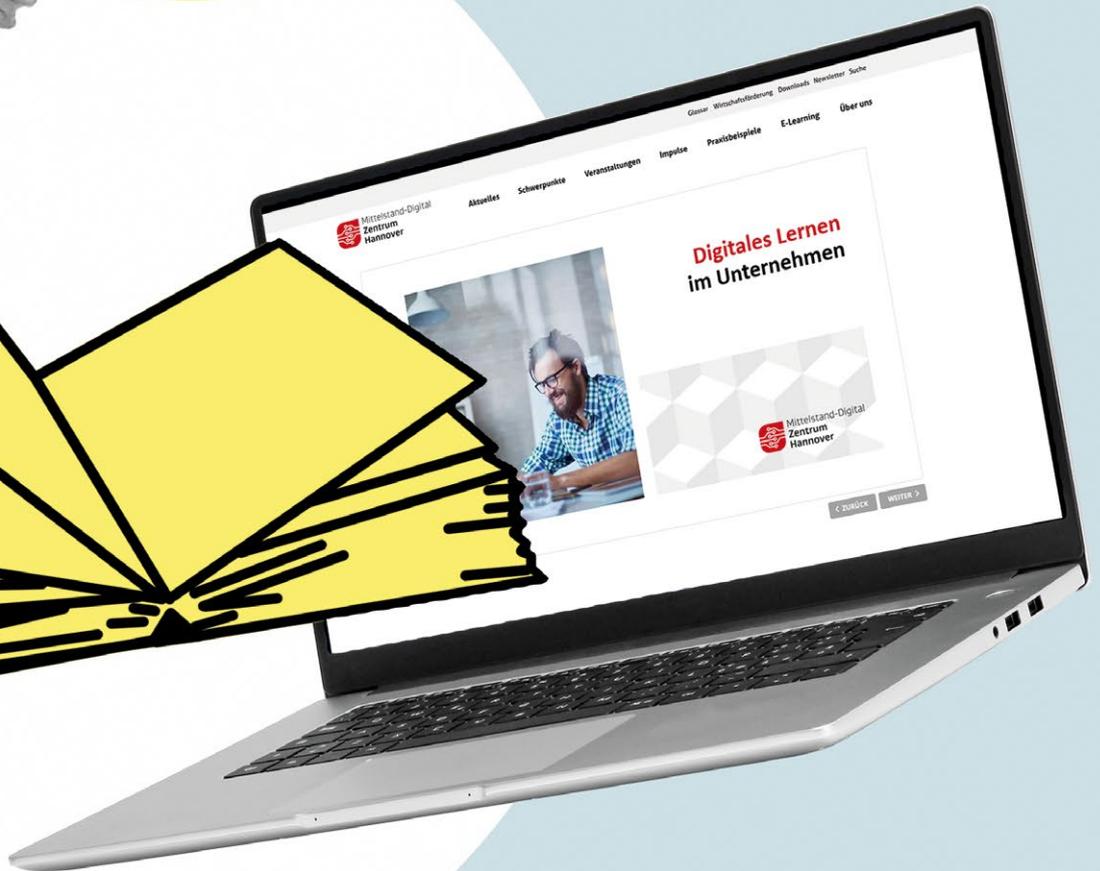
Mit dem Demonstrator ist es erstmalig gelungen den Product Carbon Footprint (PCF) eines Produktes mit der Verwaltungsschale in einer internationalen Lieferkette abzubilden. Er zeigt, dass Digitalisierung in der Produktion sowie der Einsatz von standardisierten Digitalen Zwillingen dazu beitragen können, Abläufe zu vereinfachen und Regularien aufwandsarm zu erfüllen. Insbesondere im weltweiten Warentransport zwischen unterschiedlichen Herstellern können die PCF-Daten einfach übermittelt werden. Die Verwaltungsschale bietet somit eine Grundlage, um reale Daten zu den Umwelteinflüssen zu erfassen und damit die Transparenz in der Fertigung zu steigern. In zukünftigen Datenrauminitiativen, wie Manufacturing-X, werden weitere Anwendungsfälle untersucht, in denen die Verwaltungsschale dazu beitragen wird, dass Digitalisierung auch in kleinen und mittleren Unternehmen einfacher gelingt.



Über den QR-Code kann der [Digitale Zwilling eines Kugelschreibers](#) aufgerufen werden. Die Darstellung mit dem Rahmen und dem Dreieck in der rechten unteren Ecke ist standardisiert nach DIN SPEC 91406:2019-12 für Verwaltungsschalen.

Autor

Dr.-Ing. Thomas Lepper
Themenmanager Manufacturing-X am Mittelstand-Digital Zentrum Hannover



Digitales Lernen: Flexibilität im lebenslangen Lernprozess

Es ist unstrittig, dass wir uns in einer Welt des lebenslangen Lernens befinden. Neue Technologien, sich wandelnde Kundenanforderungen und globale Märkte erfordern kontinuierliches Lernen und Anpassen. Für Unternehmen kann diese Aktualisierung und Erweiterung des Wissens ein wesentlicher Wettbewerbsvorteil sein.

Das digitale Lernen spielt heute eine zentrale Rolle, wenn es darum geht, lebenslanges Lernen im Unternehmen zu implementieren und zu etablieren. Es fördert Wissensmanagement, Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit, unterstützt das Onboarding und hilft bei der Bewältigung von aktuellen Herausforderungen wie Fachkräftemangel und Wirtschaftskrisen.

Die Anpassbarkeit des digitalen Lernens ist ein unschätzbare Vorteil. Es ermöglicht, maßgeschneiderte Schulungsprogramme anzubieten, die den individuellen Bedürfnissen der Mitarbeitenden gerecht werden. Egal, ob es um die Entwicklung spezifischer Fähigkeiten, die Anpassung an neue Technologien oder die Einhaltung branchenspezifischer Vorschriften geht – digitales Lernen bietet die Flexibilität, die erforderlich ist, um auf die dynamischen Anforderungen des modernen Geschäftsumfelds reagieren zu können.

Unternehmen, die in lebenslanges Lernen und digitale Bildung investieren, werden besser gerüstet sein, um ihren langfristigen Erfolg zu sichern und sich den ständigen Veränderungen in der Unternehmenswelt anzupassen.

Digitale Lerneinheiten zur Unterstützung von Montageprozessen

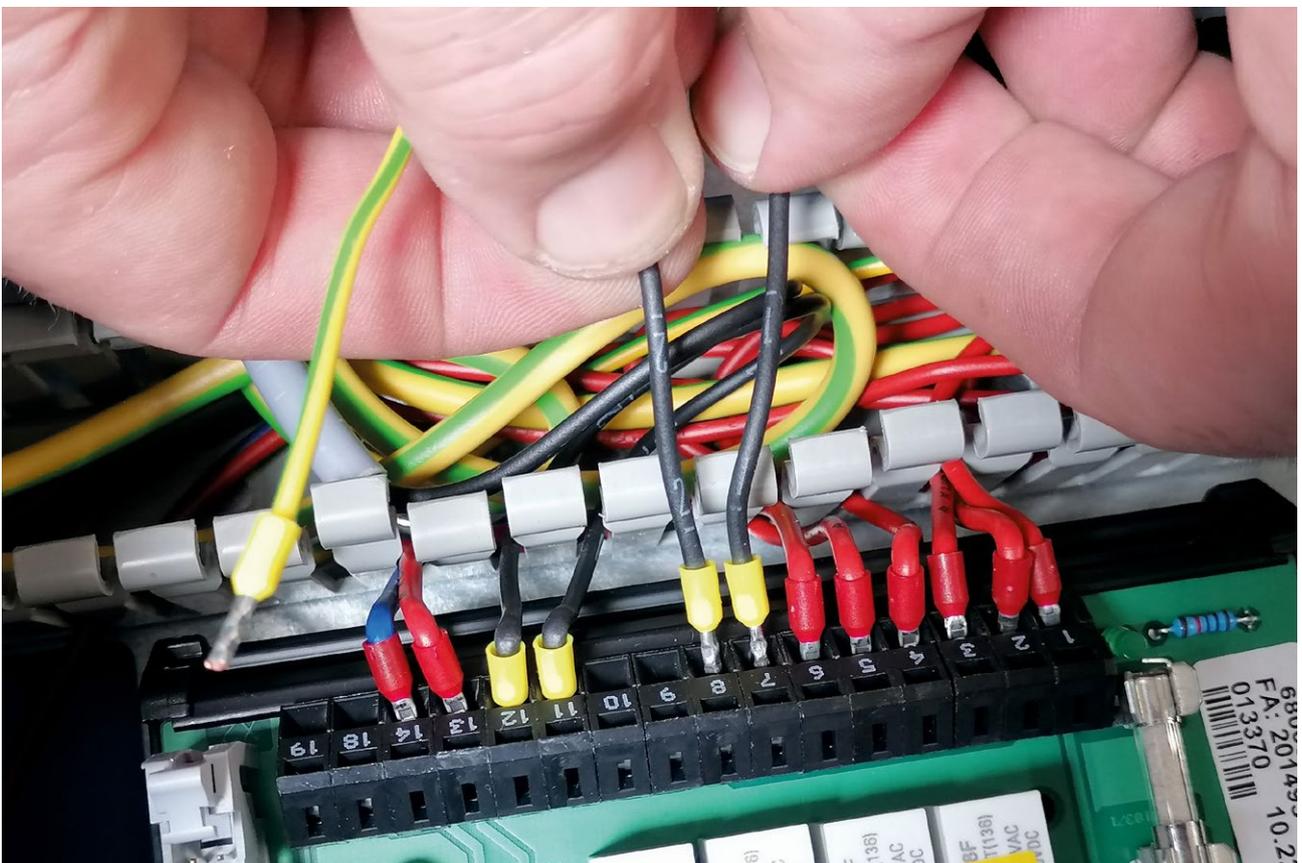
Projekt-Abschlussbericht von Dr. Eike Asche und Sofie Bauer

Digitales Lernen hat in den vergangenen Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen und trägt bereits – vor allem in größeren Unternehmen mit eigener Weiterbildungsabteilung – zu einer Professionalisierung des Wissensmanagements bei. Und das verwundert nicht. So bieten digitale Lerneinheiten beispielsweise die Möglichkeit, Mitarbeitende effektiver zu schulen, Wissen und Fähigkeiten auf dem neuesten Stand zu halten, Fehler zu minimieren und die Produktivität zu steigern.

Und: Durch den Einsatz interaktiver und spielerischer Elemente macht den Beschäftigten das Lernen im Idealfall auch noch Spaß. In dieser Hinsicht werden die vielfältigen Potenziale des digitalen Lernens für Unternehmen immer deutlicher und sind ein Schlüssel zur Bewältigung aktueller Herausforderungen wie dem Fachkräftemangel.

Bild 1

Die Montagearbeiten an Schaltschränken sind komplex.



Projektüberblick

Digitales Lernen kann dazu beitragen, Mitarbeitende effektiv weiterzubilden, Fehler im Produktionsprozess zu minimieren und die Produktivität zu steigern. Doch wie gelingt es kleinen Unternehmen ohne eigene Weiterbildungsabteilung, digitale Lerneinheiten zu erstellen und zu teilen? Diese Frage haben die Firma SCHUBS Steuerungstechnik und das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover in einem gemeinsamen Digitalisierungsprojekt bearbeitet. Am Beispiel der Vormontage von Schaltschränken, die an Werkstätten für Menschen mit Behinderung ausgelagert ist, wurde das Ziel verfolgt, digitale Lerneinheiten durch die Fachkräfte von SCHUBS erstellen zu lassen, um diese als Hilfsmittel an den Montagearbeitsplätzen in den Werkstätten abrufen zu können. Auf diese Weise sollen die Menschen mit Beeinträchtigung befähigt werden, sich selbst in Montageprozesse einzuarbeiten und auch komplexere Bauteile fehlerfrei zu montieren.

Im Ergebnis des Digitalisierungsprojekts zeigte sich, dass kleine Unternehmen digitales Lernen durchaus gewinnbringend einsetzen können, dabei aber zwingend darauf zu achten ist, die richtigen Rahmenbedingungen von Beginn an mitzugestalten.

Unternehmen und Produkt

Die Firma SCHUBS Steuerungstechnik ist ein mittelständisches Unternehmen mit Sitz im niedersächsischen Hameln. Mit seinen rund 80 Mitarbeitenden werden Schaltanlagen gefertigt, vom individuellen Schaltschrank in Losgröße 1 bis zur Serienfertigung in größeren Stückzahlen. Bereits seit einigen Jahren wird das Unternehmen bei der Schaltschrankfertigung von außerhalb unterstützt. So wird die Vormontage von wiederkehrenden Baugruppen durch eine Kooperation mit paritätischen Einrichtungen im Umland von Hameln realisiert.

Herausforderung und Zielsetzung

Bei der Vormontage handelt es sich um eine komplexe Tätigkeit, die durchaus fehleranfällig ist. Zur korrekten Montage der Schaltschränke werden daher ein breites Fach- und Erfahrungswissen benötigt. Dieses Wissen kann jedoch nicht immer bei den Menschen mit Beeinträchtigung in den unterbeauftragten Werkstätten für Menschen mit Behinderung vorausgesetzt werden. Insbesondere die Einarbeitung in neue Prozesse wird daher gelegentlich zum Stolperstein. Eine Herausforderung besteht folglich darin, das zur Erfüllung der Arbeitsaufgaben benötigte Wissen, welches auf Seiten der Facharbeitenden der Firma SCHUBS vorhanden ist, jederzeit auch an den Montageplätzen in den Werkstätten verfügbar zu haben.

Zielstellung des gemeinsam von der Firma Schubs und dem Mittelstand-Digital Zentrum Hannover durchgeführten Projekts war es, die Menschen mit Beeinträchtigung zu befähigen, sich selbst in Montageprozesse einzuarbeiten und auch komplexere Tätigkeiten eigenverantwortlich durchzuführen. Um dieses Ziel zu erreichen, sollten Fachkräfte der Firma Schubs lernen, ihr individuell vorhandenes Wissen mittels geeigneter Autorentools in digitale Lerninhalte zu überführen, welche die Menschen mit Behinderung direkt an ihren Arbeitsplätzen abrufen können. Die hierbei benötigten Strukturen und Prozesse wurden im Projekt parallel ausgearbeitet.

Lösungsweg

Im Digitalisierungsprojekt wurde die zuvor genannte Zielstellung systematisch angegangen. Das Projektteam des Mittelstand-Digital Zentrums Hannover analysierte die bisherigen Vorgehensweisen und prüfte die Voraussetzungen vor Ort. Gemeinsam mit den Fachkräften von SCHUBS wurde ein Konzept zur Erstellung digitaler Lerninhalte ausgearbeitet und erprobt, das von der Auswahl eines Autorentools über die exemplarische Umsetzung eines Montageprozesses bis zur Präsentation des Prototyps in der Werkstatt für Menschen mit Beeinträchtigung reichte. Der Projektverlauf bzw. der Lösungsweg lassen sich in fünf Schritte aufteilen. Lesen Sie mehr auf der nächsten Seite.

Umsetzung in 5 Schritten

Schritt 1

Als erstes wurden bei der Firma SCHUBS solche Montagetätigkeiten ausgewählt und priorisiert, die sich besonders für die Überführung in digitale Lerneinheiten, sogenannte Lernnuggets, eignen. Dies fand unter Einbezug von parallel entwickelten Leitfragen statt, die die Mitarbeitenden bei der Bedarfsabschätzung unterstützten. In diesem Zusammenhang wurde die Vormontage eines Schaltschranktyps ausgewählt, der relativ häufig produziert wird, sodass ebenfalls von einer häufigen und langfristigen Nutzung des zu erstellenden Lernnuggets auszugehen ist.

Schritt 2

Die notwendigen Einzeltätigkeiten zur Vormontage des Schaltschranks wurden anschließend in einem Storyboard festgehalten. Das Storyboard dient dazu, die Erstellung des Lernnuggets möglichst systematisch anzugehen und sich bereits im Vorfeld auf die wesentlichen Montageschritte zu konzentrieren. Hierbei wurde auch entschieden, dass die Darstellungen im Lernnugget in erster Linie auf Bildern beruhen sollen und möglichst wenig Text einzubinden ist, wodurch die besonderen Voraussetzungen der Menschen mit Beeinträchtigung berücksichtigt werden sollten.

Schritt 3

Im Anschluss an die Bedarfserhebung und die Erstellung des Storyboards wurde die Montage des Schaltschranks von den Facharbeitenden selbst durchgeführt und dabei kleinteilig jeder Montageschritt einzeln fotografiert und dokumentiert. Die Inhalte wurden anschließend gemeinsam von Mitarbeitenden des Mittelstand-Digital Zentrum Hannover und dem zuständigen Mitarbeiter von SCHUBS umgesetzt. Zur Anwendung kam ein von SCHUBS aufgrund seiner intuitiven Bedienbarkeit ausgesuchtes Autorentool. Die gemeinsame Erstellung des Prototyps diente dabei ebenfalls der Einarbeitung des Mitarbeiters von SCHUBS in das Tool. So wurden gemeinsam verschiedene Interaktionen erstellt und alle wichtigen Funktionen ausprobiert.

Schritt 4

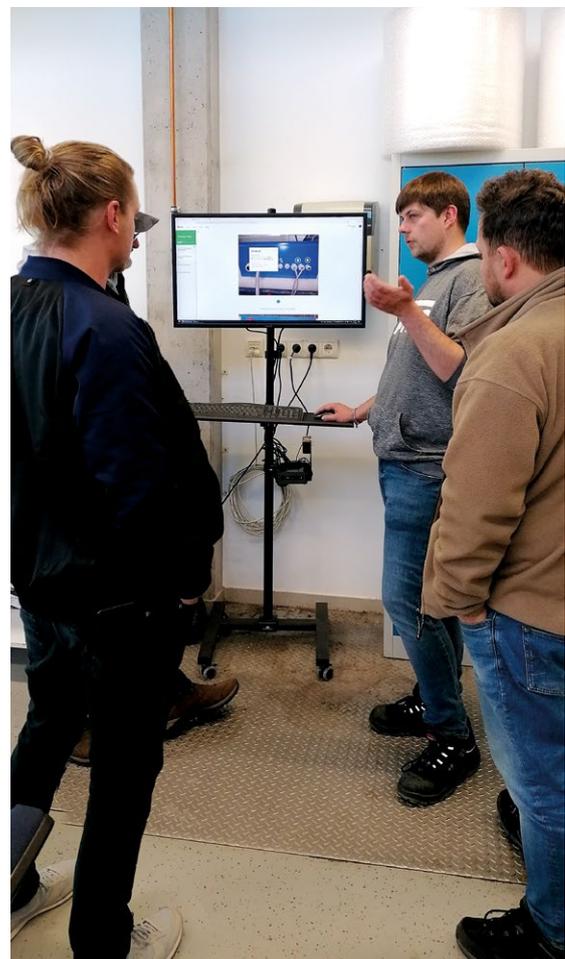
Nach Fertigstellung des ersten Prototyps wurde dieser bei einer Werkstatt für Menschen mit Behinderung vorgestellt (Bild 2). Hierdurch wurde die Passung des Lernnuggets mit den Bedarfen der Menschen mit Beeinträchtigung überprüft. Es zeigte sich, dass die Art der Aufbereitung den Anforderungen genügt und im Arbeitsalltag eingebunden werden kann. Die technischen Voraussetzungen hierfür wurden geklärt.

Schritt 5

Zum Schluss des Digitalisierungsprojekts wurde von Seiten des Mittelstand-Digital Zentrums ein Gesamtkonzept erstellt. Dieses fasst alle notwendigen Prozessschritte für die eigenständige Konzeption und Umsetzung von Lernnuggets von der Bedarfserhebung (Schritt 1) bis zum Abrufen der Inhalte am Arbeitsplatz in den Werkstätten für Menschen mit Behinderung (Schritt 4) zusammen und dient damit als Blaupause für die innerbetriebliche Erstellung von Lernnuggets bei der Firma SCHUBS.

Bild 2

Tim Johnen, Mitarbeiter der Schubs GmbH, präsentiert den Prototypen der ersten Lerneinheit in einer Werkstatt für Menschen mit Behinderung.



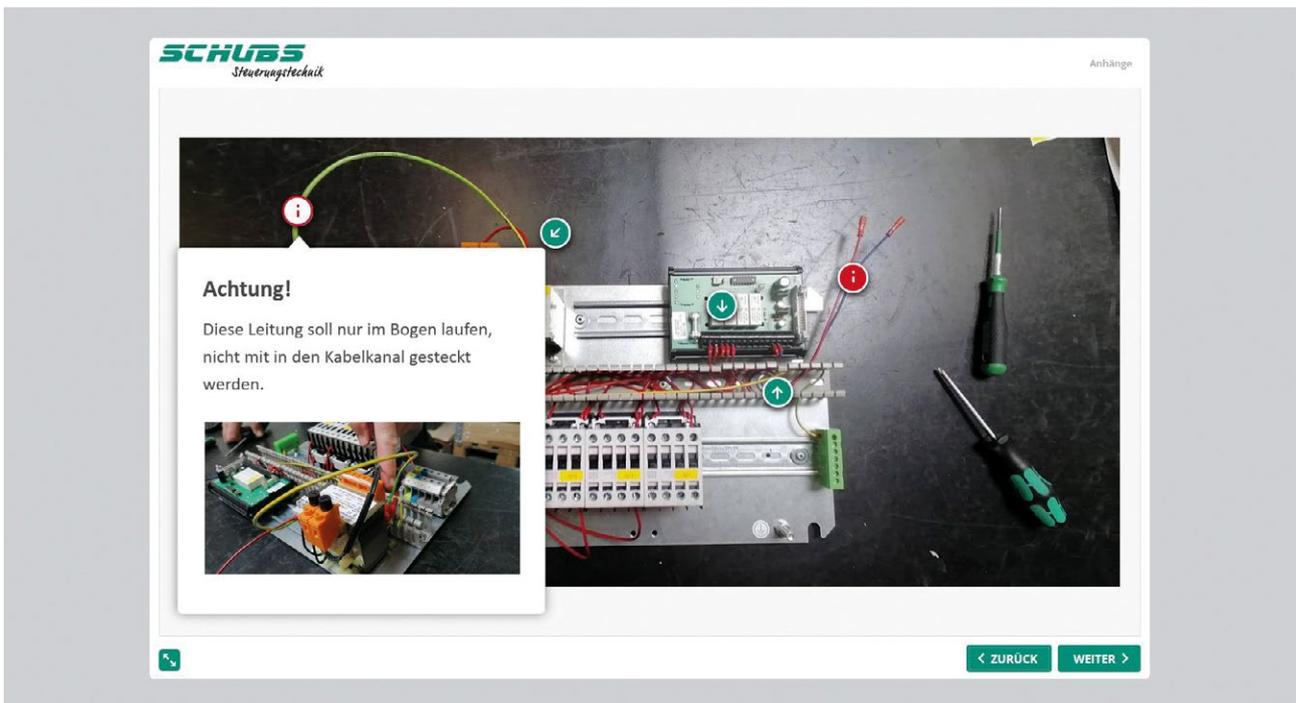


Bild 3

Digitale Lerninhalte stellen die benötigten Informationen übersichtlich und jederzeit abrufbar zur Verfügung.

Nutzen für den Mittelstand

Das Digitalisierungsprojekt mit SCHUBS hat gezeigt, dass digitales Lernen durchaus geeignet ist, das eigene Fach- und Erfahrungswissen aufzubereiten, um es innerhalb eines Unternehmens und sogar über Unternehmensgrenzen hinweg zu teilen. Im Projektverlauf wurde deutlich, dass es zuallererst ein einfach zu bedienendes Autorentool braucht, um lange Anlernphasen zu vermeiden und schnelle Erfolgserlebnisse für die Mitarbeitenden zu schaffen.

Zugleich ist es unerlässlich im Arbeitsalltag ausreichend Ressourcen bereitzustellen, um geeignete Inhalte auszuwählen und diese in Nuggets umzusetzen. Die wichtigste Ressource in diesem Zusammenhang ist ausreichend Zeit, die den Mitarbeitenden zur Verfügung steht, damit sie sich mit der Auswahl von Inhalten und deren Umsetzung in Lernnuggets beschäftigen können. Parallel müssen geeignete Strukturen aufgebaut und Prozesse festgelegt werden – beispielsweise darüber, wie Qualitätssicherungs- und Freigabeprozesse zu gestalten sind oder auf welchen Kanälen die fertigen Lernnuggets im Unternehmen sowie über Unternehmensgrenzen hinweg geteilt werden. Diese Aufgaben sind explizit gemeinsam von Führungskraft und Mitarbeitenden anzugehen.

Vor diesem Hintergrund können digitale Lerneinheiten perspektivisch einen Beitrag gegen den Fachkräftemangel leisten, indem Wissen passgenau am Arbeitsplatz verfügbar ist, wenn es benötigt wird. Dies bezieht sich auch auf komplexere Tätigkeiten, die unter Einsatz der digitalen Lerninhalte erfolgreich von un- und angelernten Personen bewältigt werden können.

Autoren

Dr. Eike Asche
Geschäftsführer und Netzwerkmanager im Mittelstand-Digital Zentrum Hannover und Experte für digitales Lernen in Unternehmen

Sofie Bauer
Mediengestalterin und Designexpertin im Mittelstand-Digital Zentrum Hannover

Blended Learning zur Steigerung der Flexibilität von Lernangeboten

Projekt-Abschlussbericht von Dr.-Ing. Petra Hildebrandt, Dr.-Ing. Michael Rehe und Sofie Bauer

Projektüberblick

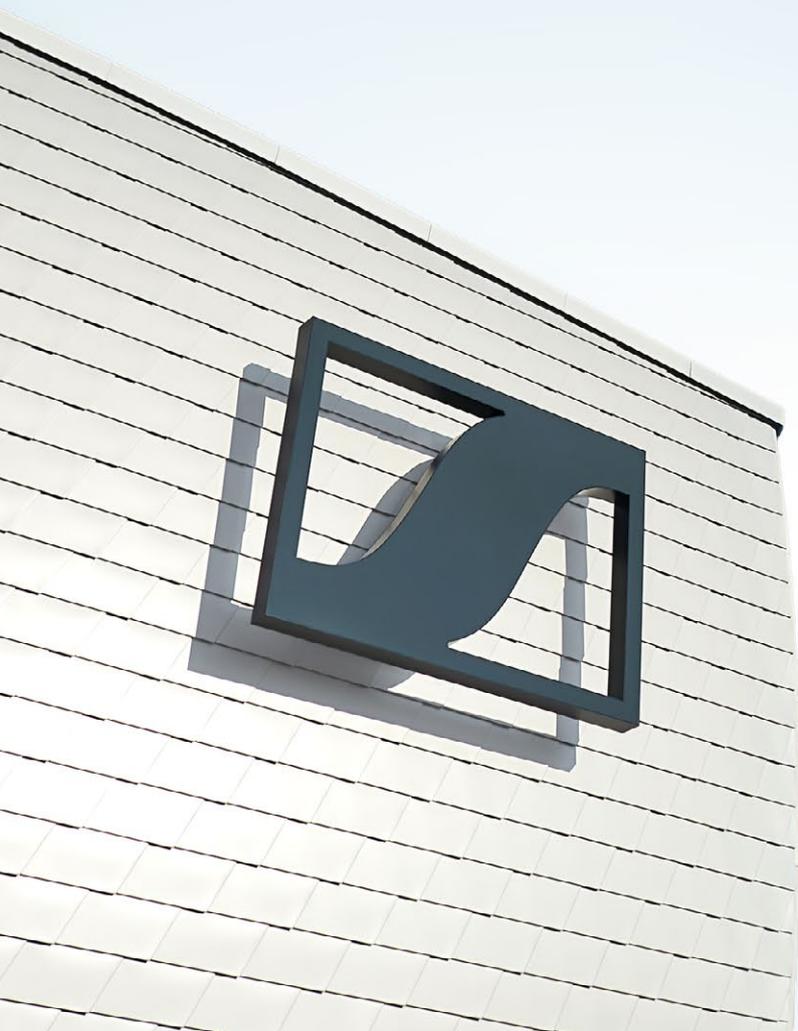
Kontinuierliche Weiterbildung ist eine wesentliche Voraussetzung für nachhaltigen wirtschaftlichen Erfolg. Eine besondere Herausforderung sind Präsenzworkshops mit einem starken Praxisbezug. Sie finden oft nur sporadisch statt, da die erforderliche Mindestteilnehmerzahl nicht regelmäßig erreicht wird. Das Hauptziel des Projekts bestand daher darin, ein Blended Learning Konzept zu entwickeln, das den Mitarbeitenden eine zeitnahe Qualifizierung ermöglicht. Besonderes Augenmerk lag dabei auf der Anpassung der Praxisanteile, die für den Erfolg der Präsenzworkshops entscheidend sind, um sicherzustellen, dass der Lernerfolg auch im digitalen Raum gewährleistet ist.

Im Rahmen des Projekts wurde anhand verschiedener Kriterien ein geeigneter Präsenzworkshop ausgewählt, der als Grundlage für ein Blended Learning Konzept dient. Es wurde bewertet, welche Inhalte digital umsetzbar sind und welche in Präsenz beibehalten werden müssen. Die Praxisanteile, die als Gruppenarbeit ausgelegt waren, wurden neu konzipiert und mithilfe eines „Werkzeugkoffers“ in den Online-Kurs integriert.

Das Projekt zeigt, dass selbst Präsenz-Workshops mit starkem Praxisanteil erfolgreich mithilfe von Blended Learning Konzepten in digitale Formate überführt werden können. Dadurch wird es möglich, Schulungen unabhängig von der Anzahl der Teilnehmenden anzubieten und Ressourcen effizient zu nutzen.

Bild 1

Die Sennheiser electronic GmbH & Co. KG hat ihren Hauptsitz in der Wedemark.



Das Unternehmen

Das Familienunternehmen Sennheiser wurde im Jahr 1945 gegründet und ist heute mit gut 2.000 Mitarbeitenden einer der führenden Anbieter im Bereich professioneller Audiotechnik. Hierzu gehören etwa Kopfhörer, Soundbars und Mikrofone sowie Konferenzsysteme. Seit 2013 leiten Daniel Sennheiser und Dr. Andreas Sennheiser das Unternehmen in der dritten Generation. Der Hauptsitz der Sennheiser-Gruppe befindet sich in Wedemark in der Wedemark, nahe Hannover. Die Zukunft der Audiowelt zu gestalten und für Kund*innen einzigartige Sound-Erlebnisse zu schaffen – dieser Anspruch eint die Mitarbeitenden und Partner der Sennheiser-Gruppe weltweit. Eine Voraussetzung dafür ist u.a. die kontinuierliche Weiterbildung.

Herausforderung und Zielsetzung

Im Rahmen der betrieblichen Weiterbildung können Präsenzworkshops mit hohem Praxisanteil nur in größeren zeitlichen Abständen durchgeführt werden, um ausreichend große Lerngruppen zu erhalten. Um den Mitarbeitenden dennoch eine zeitnahe Qualifizierung zu ermöglichen, braucht es Lernangebote, die von einzelnen Lernenden flexibel genutzt werden können. Vor diesem Hintergrund bestand das Ziel des Projekts darin, auf Basis eines bestehenden Präsenzworkshops ein Blended Learning Konzept zu erarbeiten, das die zeitliche Flexibilität für individuell Lernende erhöht. Der besondere Fokus im Projekt lag darauf, die im Präsenzworkshop essentiellen Gruppenarbeiten so weiterzuentwickeln, dass diese auch ohne feste Lerngruppe von einzelnen Lernenden mittels eines „Werkzeugkoffers“ bearbeitet werden können.

**Bild 2**

Digitale Lerninhalte können das flexible Lernen unterstützen.

Lösungsweg

Schritt 1

Auswahl und Vorbereitung

Die Auswahl eines Präsenzworkshops zur Umwandlung in ein Blended Learning Format basierte auf verschiedenen Kriterien. Dazu gehörten die Größe des Anwenderkreises, die Häufigkeit der Schulungsdurchführung, die Notwendigkeit regelmäßiger, inhaltlicher Anpassungen, die Relevanz der Tätigkeit sowie die Spezifität der Lerninhalte im Hinblick auf das Unternehmen. Je mehr Kriterien zugleich erfüllt sind, desto höher der Nutzen eines Blended Learning Modells auch gegenüber den Kosten und Aufwänden für die Erstellung.

Im Rahmen dieses Projektes wurde ein halbtägiger Statistik-Präsenzworkshop als Beispiel für das Blended Learning Konzept ausgewählt. Dies begründete sich in der breiten Anwenderbasis, der häufigen Durchführung und der hohen Relevanz der zu vermittelnden Informationen. Zudem müssen die Inhalte nicht häufig aktualisiert werden, sodass diese über einen langen Zeitraum ohne Anpassungen genutzt werden können.

Die Umstellung auf ein digital angereichertes Lernkonzept erforderte eine Bewertung, um festzustellen, welche Inhalte digital übertragbar sind und welche als praktische Übungsaufgaben umgesetzt werden müssen. Während die theoretischen Inhalte in eigenständige digitale Lernmodule umgewandelt werden konnten, war dies für die Praxisanteile nicht ohne Weiteres möglich. Die Anpassungen der Praxisanteile, die ursprünglich für Gruppenarbeiten geplant waren und auch nur in der Gruppe durchgeführt werden konnten, erforderten einen neuen Ansatz, um den Lernerfolg weiterhin sicherzustellen.

Schritt 2

Digitale Lerneinheiten erstellen

Die ausgewählten theoretischen Inhalte wurden im nächsten Schritt mithilfe eines Autorentools aus einer bestehenden PowerPoint-Präsentation in digitale Lerninhalte umgewandelt und dabei um interaktive Elemente erweitert. Bei der Erstellung dieser Lernnuggets waren einige wichtige Aspekte zu beachten:

- **Klare und verständliche Formulierung der fachlichen Inhalte:** Die fachlichen Informationen zu jedem Thema sollten in einer klaren und leicht verständlichen Sprache formuliert sein. Dies ist entscheidend, da die Lernenden die Lerninhalte eigenständig bearbeiten sollen.
- **Geeignete Struktur für das Lernnugget:** Um sicherzustellen, dass die Inhalte für die Zielgruppe nachvollziehbar sind, war es wichtig, eine sorgfältige Struktur für das Lernnugget zu entwickeln. Welche Inhalte sind relevant und wie bauen diese am besten aufeinander auf?
- **Förderung der Lernmotivation:** Um die Motivation der Lernenden zu steigern, war es wichtig, das Lernnugget abwechslungsreich zu gestalten. Dies konnte durch die Integration von interaktiven Elementen, Quizfragen, Fallstudien oder kurzen Videos erreicht werden.

Durch die Berücksichtigung dieser Aspekte wurde sichergestellt, dass die digitalen Lerninhalte effektiv und ansprechend für die Zielgruppe gestaltet sind.

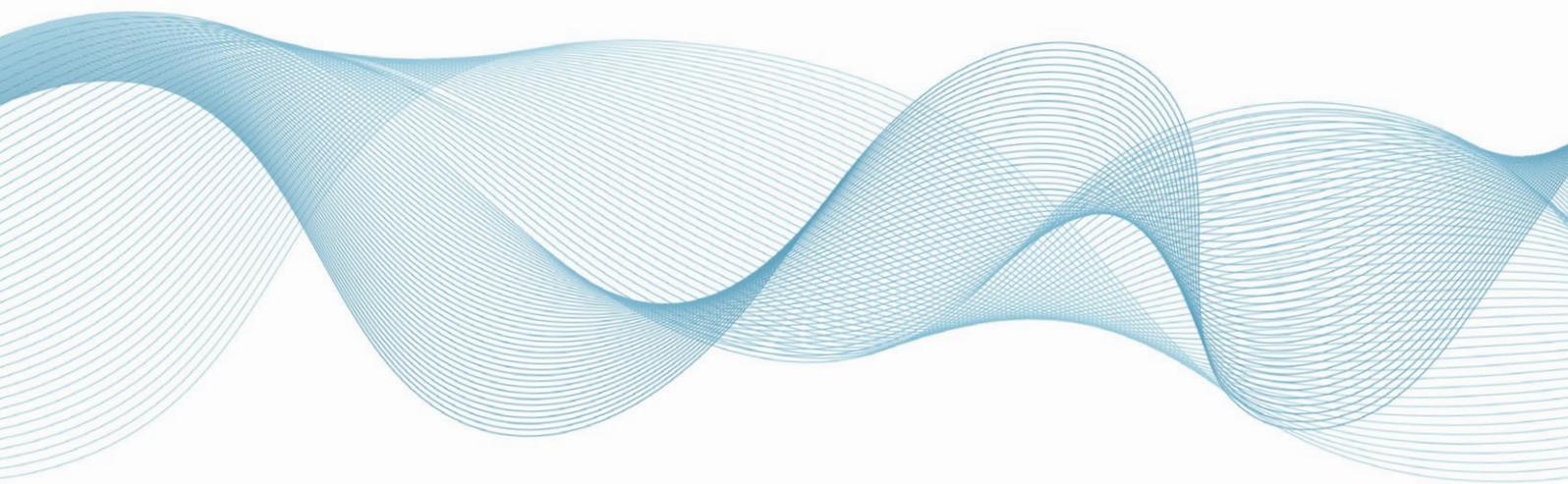
Schritt 3

Gruppenarbeit neu konzipieren

Die bisherigen Praxisanteile wurden in einem neuen Ansatz umgestaltet, um sie für Lernende im Online-Kurs durchführbar zu machen. Statt wie zuvor in Gruppen während des Workshops zu arbeiten, erhalten die Teilnehmenden einen sogenannten „Werkzeugkoffer“. In diesem Koffer sind alle erforderlichen Materialien für die praktischen Übungen enthalten. Durch das notwendige Abholen und spätere Zurückbringen des „Werkzeugkoffers“ ergibt sich ein persönlicher Kontakt zum Dozenten oder zur Dozentin. Dies senkt die Hemmschwelle für die Lernenden, Fragen zu stellen. Zusätzliche digitale Hilfsmittel, wie Anleitungen, Exceltools, Datensätze werden über den Online-Kurs zum Herunterladen bereitgestellt.

Da der Online-Kurs ohne feste Lerngruppe durchführbar sein soll, müssen die Lernenden nun eigenständig mit dem Inhalt des „Werkzeugkoffers“ arbeiten. Hierzu benötigen sie alternativ zur Lerngruppe lediglich eine Übungspartnerin oder -partner, der ihnen bei den praktischen Aufgaben zur Seite steht. Dieser Partner kann beispielsweise eine Kollegin oder ein Kollege sein.

Nachdem die Lernenden die Übungen abgeschlossen haben, wird in einem interaktiven Szenario im Online-Kurs das Ergebnis abgefragt. Die Lernenden erhalten Feedback und Hinweise zu Verbesserungsmöglichkeiten.



Im Online-Kurs wird zusätzlich auf die Möglichkeit hingewiesen, auch dem Dozenten oder der Dozentin Fragen zu stellen. Diese Herangehensweise ermöglicht es, die Gruppenarbeiten zeitlich flexibel durchzuführen und damit erfolgreich in den Online-Kurs zu integrieren, da das Lernen mit Unterstützung eines Übungspartners durchgeführt wird.

Schritt 4

Gesamtkonzept und Pilotierung

Die entstandenen Lerninhalte wurden in ein Gesamtkonzept integriert und in die bestehenden Strukturen des Unternehmens eingebunden. Dieses Konzept umfasst sowohl digitale Lerneinheiten (Lernnuggets) als auch praktische Module, die mithilfe eines Werkzeugkoffers umgesetzt werden können.

Um sicherzustellen, dass das Gesamtkonzept optimal funktioniert und den Bedürfnissen der Arbeitsbereiche gerecht wird, wurde es in ausgewählten Arbeitsbereichen pilotiert. Während dieser Pilotphase wurde die Anwendbarkeit des Gesamtkonzepts sorgfältig bewertet und die Rückmeldungen der Mitarbeitenden fließen in eventuelle Anpassungen ein. Dieser Evaluationsprozess stellt sicher, dass das Gesamtkonzept zielführend umgesetzt und erfolgreich in den Arbeitsalltag integriert werden kann.

Nutzen für den Mittelstand

Das neue Konzept, welches digitale Lerneinheiten mit ebenfalls zeitunabhängigen praktischen Modulen im Rahmen eines Blended Learning Ansatzes vereint, bietet bedeutende Vorteile, speziell für mittelständische Unternehmen. Es wurde gezeigt, dass selbst Präsenzworkshops mit interaktiven Gruppenübungen in ein flexibles Blended Learning Konzept transformiert werden können.

Hierdurch ist eine Kursbereitstellung unabhängig von einer notwendigen Mindestteilnehmerzahl für Präsenzveranstaltungen möglich. Diese Anpassung erlaubt es neuen Mitarbeitenden, schnell die erforderlichen Schulungen zu erhalten. Dies führt insgesamt zu einer gesteigerten Effizienz und optimierten Arbeitsprozessen im Unternehmen.

Autor*innen

Dr.-Ing. Petra Hildebrandt
Manager Production Platforms
& Technologies, Supply Chain
Division, Sennheiser electronic
GmbH & Co KG

Dr.-Ing. Michael Rehe
Geschäftsführer des Mittelstand-
Digital Zentrums Hannover

Sofie Bauer
Mediengestalterin und Design-
expertin am Mittelstand-Digital
Zentrum Hannover

Trends im digitalen Lernen: Einblicke in die Lernlandschaften der Zukunft

Digitales Lernen im Wandel

Die Art und Weise, wie in Unternehmen gelernt wird, verändert sich grundlegend. So wird das digitale Lernen immer wichtiger. Dieses umfasst ortsunabhängiges Lernen mithilfe digitaler Formate und Tools, von Webinaren bis zu Selbstlernangeboten. Das Lernen in Unternehmen wird damit flexibler, individueller und bedarfsgerechter. In unserer Publikation „Trends im digitalen Lernen: Einblicke in die Lernlandschaften der Zukunft“ stellen wir Ihnen mit Praxisbeispielen und Tipps zur Umsetzung die neuesten Trends im digitalen Lernen vor. Dieser Artikel greift zentrale Aspekte der Publikation auf und bietet Ihnen einen ersten Überblick über wichtige Trends im digitalen Lernen

Gesellschaftliche Entwicklungen und digitales Lernen

Gesellschaftliche Entwicklungen wie die digitale Transformation, New Work, Fachkräftemangel und Krisenbewältigung haben einen tiefgreifenden Einfluss auf die Arbeitswelt. Digitales Lernen ist eine (von mehreren) Antworten auf diese Herausforderungen. Mitarbeitende müssen sich an technologische Entwicklungen anpassen und permanent neues Wissen erwerben. Digitales Lernen ermöglicht den Zugriff auf Informationen und Lernmaterialien zu jeder Zeit und an jedem Ort.



Lesen Sie die ganze Publikation unter
digitalzentrum-hannover.de/downloads

Von Präsenz-Seminaren zum digitalen Lernen

Bezogen auf die zuvor beschriebenen gesellschaftlichen Entwicklungen gewinnt digitales Lernen gegenüber klassischer Weiterbildung stark an Bedeutung. Zeitintensive Seminare werden vermehrt durch digitale Lernsettings wie E-Learnings und Webinare ersetzt, die ortsunabhängig über verschiedene mobile Endgeräte verfügbar sind. Diese Angebote werden zunehmend durch hybride Lernformate und Blended Learning ergänzt. Hybride Lernformate ermöglichen eine zeitgleiche Präsenz- und online-Teilnahme. Blended Learning hingegen kombiniert Präsenzzeiten mit digitalen Inhalten, um den Mitarbeitenden sowohl ein flexibles und selbstorganisiertes Lernen als auch den Austausch untereinander zu bieten.

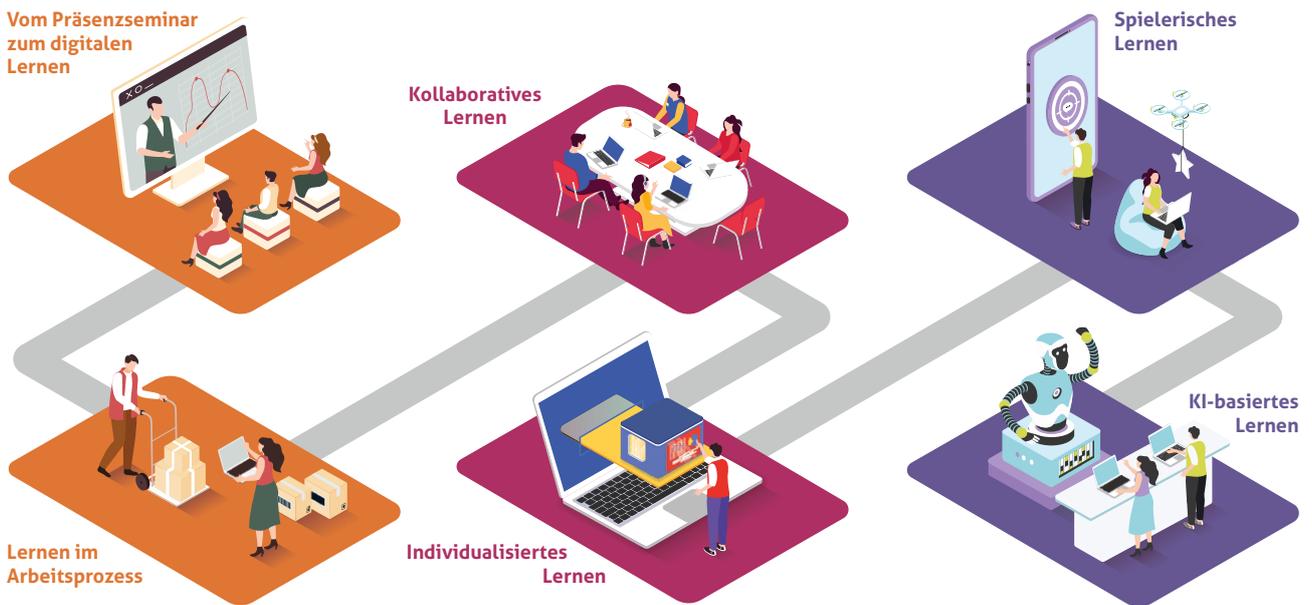
Lernen im Arbeitsprozess

Um nachhaltiges Lernen zu fördern, ist es wichtig, es in den Arbeitsprozess zu integrieren. Micro Learnings sind kurze, multimediale Lerneinheiten, die sich ideal dafür eignen. Sie sind flexibel im Arbeitsalltag einsetzbar und unterstützen Mitarbeitende dabei, benötigtes Wissen bedarfsgerecht abzurufen und anzuwenden. Simulationen und praktische Aufgaben innerhalb der Lernangebote erleichtern darüber hinaus den Transfer des Gelernten in den Arbeitsalltag.

Kollaboratives Lernen

In der heutigen Arbeitswelt ist kollaboratives Lernen wichtiger denn je, denn es fördert den Wissensaustausch und die Zusammenarbeit zwischen Mitarbeitenden. Dies kann sowohl formell als auch informell stattfinden. Soziale Medien und Kollaborationstools werden dabei immer häufiger zum Austausch von Informationen und Ideen genutzt.

Darüber hinaus unterstützen Communities of Practice, Learning Circles und Mentoring-Programme die Zusammenarbeit und das Wissensmanagement im Unternehmen. Communities of Practice (CoP) sind informelle Gruppen von Mitarbeitenden, die sich treffen, um Fachwissen auszutauschen, gemeinsam Probleme zu lösen und voneinander zu lernen. Learning Circles sind kleine Lerngruppen, in denen Mitarbeitende sich gemeinsam mit einem Thema beschäftigen, sich gegenseitig unterstützen und Wissen teilen. In Mentoring-Programmen unterstützen erfahrene Mitarbeitende neue Kolleg*innen bei der Einarbeitung in einen Arbeitsbereich.



Individualisiertes Lernen

Beim individualisierten Lernen stehen die unterschiedlichen Bedürfnisse der Mitarbeitenden im Mittelpunkt. Upskilling, Learning Journeys und persönliches Wissensmanagement sind dabei die aktuell diskutierten Schlüsselkonzepte für individualisiertes Lernen. Upskilling zielt auf den individuellen Kompetenzaufbau im Abgleich mit künftigen Arbeitsanforderungen ab. Learning Journeys beschreiben den individuellen Lernprozess, der die Lernziele und Lernpräferenzen der Mitarbeitenden berücksichtigt. Persönliches Wissensmanagement beinhaltet schließlich Strategien für eigenverantwortliches Lernen und den Umgang mit Wissen.

Spielerisches Lernen

Spielerisches Lernen oder Gamification ist ein anhaltender Trend im digitalen Lernen. Spielerische Elemente wie Quizze und Serious Games werden vermehrt in Unternehmen eingesetzt, um die Motivation der Lernenden zu erhöhen. Augmented und Virtual Reality sowie das Metaverse eröffnen zudem neue Möglichkeiten für das spielerische Lernen, indem sie die reale Welt um einzelne virtuelle Elemente oder vollständige virtuelle Umgebungen erweitern.

KI-basiertes Lernen

Künstliche Intelligenz (KI) wird in Unternehmen in Zukunft eine immer größere Rolle für das digitale Lernen spielen. KI unterstützt personalisiertes Lernen, indem sie individuelle Lernprofile erstellt und automatisiertes Feedback gibt. KI-gesteuerte Chatbots, Predictive Analytics und Adaptive Learning sind drei weitere Beispiele für KI-Anwendungen im digitalen Lernen. KI-gesteuerte Chatbots helfen Lernenden bei Fragen und Problemen, Predictive Analytics prognostiziert zukünftige Qualifikationsanforderungen und Adaptive Learning passt Lerninhalte dynamisch an die Bedürfnisse der Lernenden an.

Rahmenbedingungen für die Umsetzung von digitalem Lernen

Drei Aspekte sind für eine erfolgreiche Einführung von digitalem Lernen entscheidend:

- **Technische Voraussetzungen:** Die technischen Voraussetzungen müssen vorab geprüft werden. Dazu gehört, dass die Mitarbeitenden über die erforderlichen Geräte und eine ausreichende Bandbreite verfügen.
- **Change-Management:** Die Einführung digitaler Lernangebote stellt eine Veränderung für die Lernenden dar. Ein systematischer Change-Management-Prozess kann dabei helfen, diese Veränderung zu begleiten und die Akzeptanz zu fördern.
- **Lernförderliche Unternehmenskultur:** Nachhaltiges digitales Lernen erfordert die Etablierung einer lernförderlichen Unternehmenskultur, in der Fehler als Lernmöglichkeiten angesehen und individuelle Bedürfnisse berücksichtigt werden.

Autorinnen

Kerstin Grönemeyer und Mira Hesterman
Pädagogische Referentinnen und Expertinnen für digitales Lernen am Mittelstand-Digital Zentrum Hannover

Die Zukunft des KI-gestützten Lernens in Unternehmen ist vielversprechend

Das Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung (IfBE) der Leibniz Universität Hannover vereint die vier Teams Erwachsenenbildung/Weiterbildung, Berufspädagogik, berufliches Lehramt und Sozial-/Sonderpädagogik. Damit beinhaltet das Angebot des IfBE die Ausbildung von zukünftigen Lehrkräften für berufliche Schulen und des pädagogischen Personals im Bereich der lebensbegleitenden Bildung. Als Partner des Mittelstand-Digital Zentrums Hannover verantwortet das IfBE die didaktische Qualität der Lernangebote und trägt darüber hinaus das Thema digitales Lernen über Firmengespräche, Workshops, Webinare, E-Learnings und Digitalisierungsprojekte in die Unternehmen.

Prof. Dr. Steffi Robak leitet das Team für Erwachsenenbildung und Weiterbildung. Die Mitarbeitenden untersuchen, wie und wo Erwachsene lernen und sich weiterbilden und welche Institutionen dies finanzieren. Konkret geht es um die Arten von Bildung, wie allgemeine, kulturelle, politische und berufliche sowie betriebliche Weiterbildung. Ein Forschungsschwerpunkt des Teams Erwachsenenbildung und Weiterbildung liegt hierbei auf der Digitalisierung.



Frau Professorin Robak, die Erwachsenen- und Weiterbildung hat vor dem Hintergrund aktueller Herausforderungen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Haben sich mit dieser Entwicklung die Schwerpunkte an Ihrem Institut im Bereich der Erwachsenen- und Weiterbildung verändert? Welche Schwerpunkte setzen Sie in Forschung und Lehre?

Zu den aktuellen Herausforderungen in der Erwachsenen- und Weiterbildung gehören die Mitgestaltung der digitalen Transformation, die Ausrichtung auf relevante Kompetenzen angesichts sich ändernder Arbeitsmärkte sowie darüber hinaus die Sicherung der Bildungsqualität. In der Lehre fließen diese Aspekte in verschiedene Veranstaltungen ein. Sie beschäftigen sich unter anderem mit ausgewählten, aktuellen Themen der Erwachsenenbildung/Weiterbildung und der betrieblichen Weiterbildung im Rahmen der digitalen Transformation in Unternehmen.

Zusätzlich zum digitalen Lernen, das etwa am Beispiel so genannter „MOOCs“ (Massive Open Online Courses, Anm. d. Red.) oder digitaler Lern-Apps behandelt wird, erhalten auch KI-Tools in der Weiterbildung zunehmend Einzug in die Lehre – beispielsweise im Bereich der Angebotsplanung. Einen guten Überblick über die pädagogischen Gestaltungsmöglichkeiten der Digitalisierung, die bildungswissenschaftlichen Forschungsperspektiven und potenzielle Anwendungsfelder in den Betrieben bietet unsere Publikation [„Digitalisierung und Weiterbildung“](#).

Digitales Lernen, das ist ein Stichwort, das ich gerne aufnehme. Gibt es spezifische Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die dieses Thema an Ihrem Institut fokussieren?

Ja, wir setzen schon seit Jahren unseren Fokus auf interdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bereich der Digitalisierung und legen darin Wert auf einen starken Praxisbezug. Ziel dabei

ist es, den Technologie- und Wissenstransfer aus der Universität in die Unternehmen voranzubringen. Dabei spielt digitales Lernen eine entscheidende Rolle. In erster Linie ist hier selbstverständlich das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover zu nennen. Hier bringt sich das IfBE mit Angeboten für kleine und mittlere Unternehmen zum Thema digitales Lernen ein und unterstützt diese in der Umsetzung. Zusätzlich sichern wir die didaktische Qualität der digitalen Lernangebote in anderen Themenbereichen und forcieren den Ausbau des Netzwerks zur Unterstützung von Unternehmen bei der digitalen Transformation.

Wir entwickeln in zahlreichen Projekten digitale Lernangebote zu Themenbereichen, die für Unternehmen im Zuge der Digitalisierung brisant sind, wie Künstliche Intelligenz und Cybersicherheit. Dazu zählen zum Beispiel der European Digital Innovation Hub für KI und Cybersicherheit ([DAISEC](#)), die Transferstelle Cybersicherheit im Mittelstand und die Leibniz AI Academy. Im Projekt [SEARCH](#) (Intelligenter digitaler Bildungsraum zur problem- und nutzerorientierten Suche von digitalen Lerninhalten, Anm. d. Red.) bauen wir ein KI-gestütztes Assistenzsystem für produzierende Unternehmen auf, das Weiterbildungsangebote filtert und zu individuellen Lernpfaden kombiniert. In diesen Projekten gestalten und fördern wir nachhaltig das digitale Lernen in Unternehmen.

Ist das digitale Lernen denn bei Unternehmen inzwischen ein Thema?

Spätestens seit der Pandemie ist das digitale Lernen in einem Großteil der Unternehmen angekommen. In dieser Zeit war es notwendig, für die Mitarbeitenden im Homeoffice nicht nur Arbeitsprozesse und Kommunikationswege, sondern auch Weiterbildungsangebote zu digitalisieren.

Wissen ist eine entscheidende Ressource für die Resilienz, die Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit von Unternehmen. Daher ist es wichtig, vorhandenes Wissen sichtbar zu machen, zu teilen und für die Weiterentwicklung des Unternehmens zu nutzen. Erfahrungswissen von ausscheidenden Mitarbeitenden muss gesichert werden und es müssen Möglichkeiten geschaffen werden, neues Wissen zu generieren und in das Unternehmen zu integrieren.

Digitales Lernen visualisiert Wissen, beschleunigt die Verbreitung, trägt zur Wissenssicherung und -aktuali-

sierung bei und ermöglicht eine zeit- und ortsunabhängige Wissensaneignung. Insofern ist es von zentraler Bedeutung für die Etablierung eines systematischen Wissensmanagements und wird in diesem Zusammenhang in Unternehmen derzeit häufig thematisiert.

Die Wirtschaftskrise, Lieferkettenengpässe und Rohstoffmangel sind aktuelle Herausforderungen für Unternehmen, zu deren Bewältigung digitales Lernen einen Beitrag leisten kann.

Auch der Fachkräftemangel ist zu einer großen Herausforderung geworden. Kann durch die interne Weiterbildung in Unternehmen, insbesondere durch digitales Lernen, dieser Mangel kompensiert werden?

Betriebliche Weiterbildung kann einen Beitrag dazu leisten, den Fachkräftemangel zu kompensieren, indem Fachkräfte aufgebaut, gefördert und dadurch im Unternehmen gehalten werden. Dies geschieht, wenn bestehende Mitarbeitende sich mit Hilfe digi-

taler Lernangebote neues Fachwissen aneignen, sich in andere Arbeitsgebiete einarbeiten und das Erfahrungswissen von ausscheidenden Mitarbeitenden verinnerlichen.

Aber der Fachkräftemangel kann nicht allein durch interne Weiterbildung gelöst werden. In Anbetracht der demographischen Entwick-

lungen wird es unerlässlich sein, zusätzliche Fachkräfte zu gewinnen. Insbesondere jüngeren Generationen ist die Möglichkeit zur persönlichen Weiterentwicklung wichtig und ein entscheidendes Auswahl- und Entscheidungskriterium im Bewerbungsprozess. Unternehmen, die digitales Lernen für ihre Mitarbeitenden anbieten, haben einen Wettbewerbsvorteil auf dem Arbeitsmarkt bei der Rekrutierung von Fachkräften.

Ein weiterer Vorteil des digitalen Lernens für die Unternehmen: Es vereinfacht die Onboarding-Prozesse für neue Mitarbeitende. Ein Teil der Inhalte, die für die Einarbeitungsphase in einem Unternehmen relevant sind, lässt sich digitalisieren und somit mehrfach flexibel nutzen. Und dadurch, dass digitale Lernangebote mit Übersetzungstools in verschiedenen Sprachen entwickelt werden können, kann die Reichweite der Unternehmen erhöht, also der internationale Arbeitsmarkt erschlossen werden. Diese Fachkräfte lassen sich mit digitalen Tools einfacher und schneller integrieren.



Welche Voraussetzungen brauchen Unternehmen, um digitales Lernen zu implementieren? Haben Sie Tipps, wie Unternehmen bei sich das Thema angehen können?

Zunächst müssen die technischen Voraussetzungen für das Lernen im Arbeitsprozess geschaffen werden. Dazu gehören zum Beispiel die notwendige Hard- und Software. Zu Beginn bietet es sich an, eher auf niedrigschwellige und preisgünstige Tools und Formate zu setzen.

Die Beteiligung der Mitarbeitenden an dem Entwicklungsprozess ist dabei ein entscheidender Gelingensfaktor. Mitarbeitende sind motivierter, die mit dem digitalen Lernen einhergehenden Veränderungen mitzutragen und die Lernangebote später zu nutzen, wenn sie in den Prozess involviert sind, ihre Lernbedarfe berücksichtigt werden und sie eigene Vorschläge einbringen können.

Ist das digitale Lernen eingeführt, ist eine Lernbegleitung sinnvoll. Dies fördert die Selbstlernkompetenzen der Mitarbeitenden und erleichtert den Transfer des Gelernten in den Arbeitsalltag. Dafür kann eine Person im Unternehmen verantwortlich sein oder die Lernenden können sich in einer selbstorganisierten Lerngruppe gegenseitig unterstützen.

Frau Professorin Robak, die Anwendungsmöglichkeiten des digitalen Lernens sind bereits jetzt vielfältig und bringen den Unternehmen Vorteile. Wie wird sich das digitale Lernen insbesondere auch für die Betriebe in Zukunft gestalten? Welche Entwicklungen sehen Sie?

Bereits jetzt lassen erste Ansätze erahnen, dass die Zukunft des Lernens auch von KI bestimmt sein wird. Sie wird insbesondere den Mitarbeitenden in Unternehmen helfen, neues Wissen effizient zu erwerben. Dabei ermöglicht der Einsatz von KI die Personalisierung von Lernprogrammen. Auch können Lücken im Wissen der Lernenden identifiziert und die Lernprozesse entsprechend angepasst werden. Chatbots können beim Lernen und bei Fragen im Lernprozess in Echtzeit unterstützen.

Gleichzeitig erfordert die Integration von KI in den Lernprozess aber auch die Thematisierung bildungswissenschaftlicher Fragestellungen und ethischer Bedenken, etwa zu Fairness, Datenschutz und Transparenz. Der Stellenwert der KI in der Weiterbildung wird weiter zunehmen.

Ich halte es für wichtig, dass wir uns einerseits auch die Frage stellen, in welchen Bereichen und auf welche Weise wir KI für uns nutzen wollen. Andererseits gilt es zu reflektieren, wie mit Hilfe dieser Technik die Qualität von Kommunikation und Kollaboration erhalten bleiben oder sogar gefördert werden kann. Die Zukunft des KI-gestützten Lernens in Unternehmen ist also vielversprechend, sofern in den kommenden Jahren mit ausreichend guten Metadaten und pädagogischen Vorüberlegungen die Grundlage dafür geschaffen wird.

Frau Professorin Robak, es ist faszinierend zu sehen, wie das digitale Lernen und die Integration von KI die Bildungslandschaft in Unternehmen revolutionieren. Ihre Forschungsansätze verdeutlichen die Chancen und Herausforderungen, die diese Entwicklungen mit sich bringen. Wir danken Ihnen herzlich für Ihre wertvollen Einblicke und Ihre Zeit.



Die Publikation „Digitalisierung und Weiterbildung“ finden Sie sowohl analog als auch digital unter <https://shop.budrich.de>



Voraussetzung für Künstliche Intelligenz: Saubere Daten

Daten sind die Grundlage jeder Anwendung von Künstlicher Intelligenz (KI). Um Algorithmen zu trainieren, werden große Datensätze benötigt. Anschließend können Algorithmen selbstständig Daten auswerten, Kennzahlen berechnen, Zusammenhänge erkennen und sogar Vorhersagen treffen. Doch was, wenn die Eingangsdaten zu viele Fehler enthalten? Dann werden auch die Ergebnisse schnell unbrauchbar. Um das zu vermeiden, hat das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover in einem Digitalisierungsprojekt mit der Trivium Packaging GmbH den Prototyp einer automatisierten Datenqualitätskontrolle entwickelt – und einen Leitfaden geschrieben, um kleinen und mittleren Unternehmen eine klare Anleitung zur Datenqualitätskontrolle in der Produktion bereitzustellen. Mehr dazu lesen Sie auf den folgenden Seiten.

Auch in der Medizintechnik kommt Künstliche Intelligenz zum Einsatz – und auch hier sind saubere Eingangsdaten unerlässlich. In einem Digitalisierungsprojekt mit der MediTECH Electronic GmbH wurden die vorhandenen Daten deshalb zunächst bereinigt. Anschließend kamen sogenannte Unsupervised-Learning-Algorithmen zum Einsatz, sie in der Lage sind, Patient*innendaten zu gruppieren und Ärzt*innen und Therapeut*innen in der Diagnostik zu unterstützen. Mehr dazu ab Seite 30.

Datenqualität in der Fertigung regelbasiert überprüfen

Projektabschlussbericht von Paolo Pappé und Philipp Harder

Die Trivium Packaging GmbH, ein führender Hersteller von Metallverpackungen, nutzt hochautomatisierte Fertigungslinien für die Produktion. Die Linien sind mit einem Line Monitoring System ausgestattet, welches eine umfassende Datenerfassung und -auswertung ermöglicht. Allerdings ist die Aussagekraft der in dem Monitoring System errechneten Key-Performance-Indicators (KPIs) teilweise stark eingeschränkt –

unter anderem aufgrund fehlerbehafteter Inputdaten durch Eingabefehler der Benutzer sowie defekte bzw. falsch kalibrierte Sensoren. Um die Berechnung korrekter und aussagekräftiger KPIs im Line Monitoring System sicherzustellen, wurde im Rahmen dieses Projekts ein Prototyp einer automatisierten Datenqualitätskontrolle entwickelt.



Bild 1 Automatisierte Fertigungslinie für die Herstellung unterschiedlicher Dosen

Unternehmen und Produkt

Zu den Produkten der Trivium Packaging GmbH gehören Gewindeflaschen, Aerosole, Getränkebehälter, Lebensmitteldosen und andere Verpackungen aus Stahl, Weißblech und Aluminium. Im niedersächsischen Seesen betreibt das Unternehmen ein Werk mit mehreren Fertigungslinien. Je nach Modernisierungsgrad der Maschinen sind diese entweder direkt oder nachträglich durch installierte Sensoren an das Line Monitoring System angebunden.

Herausforderung und Zielsetzung

Die zentrale Herausforderung besteht darin, dass fehlerhafte Daten in den Produktionsdatenbanken die Berechnung wichtiger Leistungskennzahlen (KPIs) wie die Gesamtanlageneffektivität (OEE) beeinträchtigen können. Das Hauptziel des Projekts war daher die Entwicklung eines Verfahrens zur aufwandsarmen Evaluierung der Datenqualität, um derartige Fehler frühzeitig zu erkennen und korrigieren zu können.

Projektüberblick

Bei der Verbesserung der Datenqualität an ihren Fertigungslinien unterstützte das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover die Trivium Packaging GmbH im Rahmen eines Digitalisierungsprojekts. Ziel war die Entwicklung eines Prototyps zur aufwandsarmen Evaluierung der Datenqualität, um die Verlässlichkeit der Produktionsdaten für KPI-Berechnungen zu gewährleisten. Das Projekt konzentrierte sich auf die Datenqualitätsanalyse sowie die prototypische Implementierung von Plausibilitätschecks für Maschinen- und Linien-Status-Kombinationen, um Störungen im Fertigungsbetrieb zu identifizieren und Linienverantwortliche möglichst frühzeitig über Auffälligkeiten zu informieren. Dieser Ansatz trug dazu bei, die Zuverlässigkeit des KPI „Overall Equipment Effectiveness“ (OEE) sicherzustellen. Zusätzlich entstand im Projekt ein Leitfaden für die Sicherstellung der Datenqualität von Produktionsdaten für zuverlässige KPI-Berechnungen.

Lösungsweg

Im ersten Schritt des Projekts wurde der aktuelle Status Quo des Datenaufnahmeprozesses im Unternehmen überprüft. Dies umfasste eine detaillierte Analyse des Fertigungsprozesses und der Datenerfassungsmethoden. Dadurch konnte ein vertieftes Prozessverständnis geschaffen und erste mögliche Fehlerquellen identifiziert werden.

Nach der Prüfung des Status Quo wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Unternehmen die unternehmensseitigen Anforderungen an die Datenqualität definiert. Dies umfasste die Festlegung von Qualitätsmetriken, anhand derer die Qualität der Daten gemessen werden sollte. In umfangreicher Literaturrecherche wurden zahlreiche Datenqualitätsdimensionen und -Metriken identifiziert.

Für dieses Projekt wurden in Expertendiskussionen die Metriken „Vollständigkeit“, „Konsistenz“, „Einzigartigkeit“ und „Validität“ gewählt (siehe Bild 2), da sie die essenziellen Aspekte der Datenqualität im betrachteten Fall widerspiegeln. Besonders viel Gewicht wurde auf die Metrik „Validität“ gelegt, da zuvor falsche Ergebnisse bei der Berechnung der OEE erkannt wurden und die Überprüfung der Validität als entscheidend angesehen wurde.

Bild 2

Beschreibungen der verwendeten Datenqualitätsmetriken



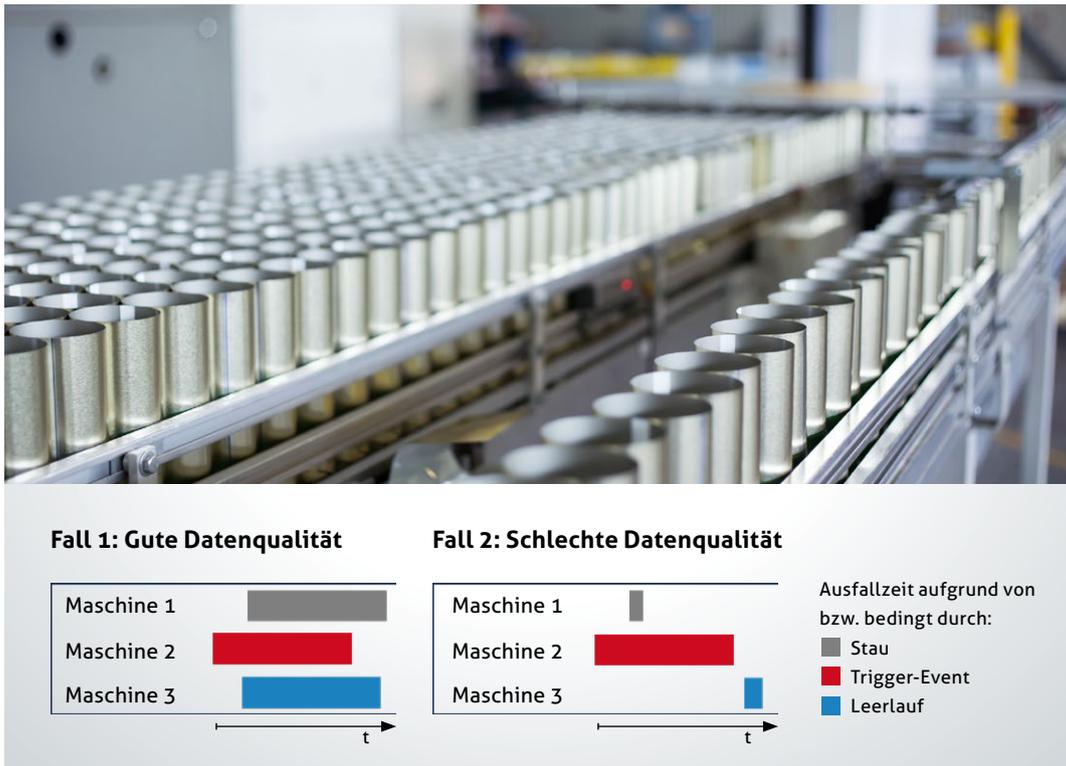


Bild 3

Beispiel der Validitätsprüfung zwischen den Maschinen-Status nach einem Trigger-Event an Maschine 2

Im nächsten Schritt des Projekts erfolgte die Konzeption eines Evaluationsprozesses. Dieser Prozess sollte sicherstellen, dass die Daten, die in den Produktionslinien erfasst wurden, den zuvor festgelegten Anforderungen an die Datenqualität entsprachen. Das Konzept sah eine Überprüfung der Qualitätsmetriken nach jeder Schicht vor. So sollte pro Schicht die Datenqualität bewertet werden. Darauf aufbauend sollte eine Entscheidung hinsichtlich der Nutzung der berechneten KPIs getroffen werden können. So sollte schichtweise die Gültigkeit der erfassten Daten überprüft, potenzielle Fehler oder Abweichungen identifiziert und die Zuverlässigkeit der KPI-Berechnungen bewertet werden.

Algorithmen und Regeln erkennen Abweichungen

Im Evaluationsprozess, der als Prototyp für zwei ausgewählte Fertigungslinien entwickelt wurde, erfolgte die Implementierung von Algorithmen und Regeln. Diese überwachten die Daten schichtweise und erkannten Abweichungen.

Ein konkretes Beispiel dafür ist die Anwendung von Algorithmik zur Überprüfung des Status von Maschinen, die unmittelbar miteinander in Verbindung ste-

hen. In Bild 3 sind drei aufeinanderfolgende Maschinen dargestellt. An Maschine 2 tritt eine Störung auf (gekennzeichnet durch den roten Balken eines Trigger Events), was zum Anhalten der Maschine führt. Durch direkte Abhängigkeiten der Maschinen entlang der Fertigungslinie hat ein solcher Maschinenausfall auch Auswirkungen auf die umgebenden Maschinen (zur Vereinfachung sind hier nur Maschine 1 und Maschine 3 dargestellt).

Im dargestellten Fall 1, dem Fall einer guten Datenqualität, ist zu erkennen, dass der Ausfall der Maschine 2 zu leicht zeitverzögerten Reaktionen auf Maschine 1 (grau = Stau) bzw. Maschine 3 (blau = Leerlauf) führt, die von einer ähnlichen Dauer wie das Trigger Event auf Maschine 2 sind. Im Fall 2, der eine schlechte Datenqualität bedeutet, wurde festgestellt, dass die Auswirkungen des Trigger Events auf umliegende Maschinen so gering war (hier dargestellt durch vergleichsweise kurze Statusänderungen auf Maschine 1 und 3), dass es sich um einen Fehler in den Daten handeln musste.

Wenn Daten als ungültig oder fehlerhaft erkannt wurden, wurden die Ursachen in einem Bericht dokumentiert und die Fehler entsprechend ihrer Schwere be-

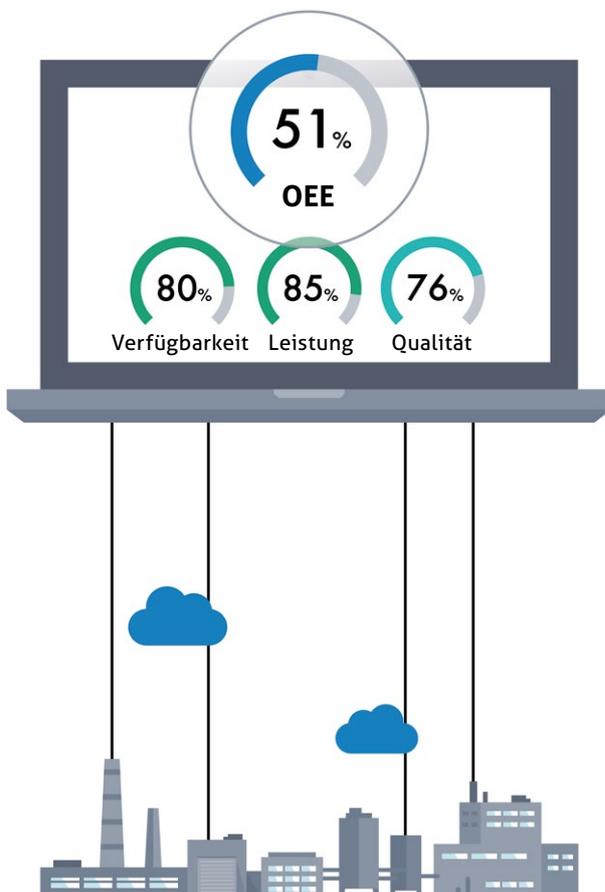
wertet. Nach Abschluss einer Schicht berechnet das Evaluationswerkzeug die Qualitätsmetriken und wies den Benutzer auf potenzielle Fehlerquellen hin, um geeignete Korrekturmaßnahmen zu ergreifen.

Dieses entwickelte Tool trug maßgeblich dazu bei, die Genauigkeit der Produktionsdaten zu erhöhen, die verlässliche Berechnung der Gesamteffektivität der Anlagen (OEE) sicherzustellen und letztendlich die Effizienz und Leistung der Fertigungslinien zu steigern.

Nach erfolgreicher Umsetzung des Prototyps wurde ein Leitfaden entwickelt, um anderen kleinen und mittleren Unternehmen eine klare Anleitung zur Datenqualitätskontrolle in der Produktion bereitzustellen. Dieser Leitfaden umfasst Schritte wie die Definition von Projektzielen, die Identifizierung von Datenquellen, die Durchführung von Expertenanalysen, Überprüfung der Dateninhalte/-struktur Anwendung der Qualitätsmetriken und die regelmäßige Prüfung der Datenqualität, um nachhaltige Ergebnisse zu erzielen.

Bild 4

Beispiel eines Dashboards zur Visualisierung der OEE, die sich aus den Kennzahlen für die Verfügbarkeit, die Leistung und die Qualität der Linie zusammensetzt



Nutzen für den Mittelstand

Die beschriebenen Herausforderungen der Trivium Packaging Germany GmbH in Bezug auf die Validität ihrer erfassten Fertigungsdaten sind repräsentativ für viele produzierende Unternehmen, die ähnliche Schwierigkeiten bewältigen müssen. Die Gewährleistung der Validität der Daten ist von entscheidender Bedeutung, um fundierte datengestützte Entscheidungen zu treffen und die eigene Performance zu verfolgen.

Der konzipierte Leitfaden bietet mittelständischen Unternehmen eine wertvolle Ressource, um ihre Datenqualität zu verbessern und somit ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Indem sie die beschriebenen Methoden anwenden, können diese Unternehmen genauere KPIs generieren, effizientere Produktionsprozesse etablieren und bessere Geschäftsentscheidungen treffen. Dies führt zu einer nachhaltigen Verbesserung ihrer Betriebsleistung und Wettbewerbsposition auf dem Markt.

Autoren

Paolo Papp

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und KI-Trainer am Mittelstand-Digital Zentrum Hannover

Philipp Harder

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und Experte für ERP- und ME-Systeme sowie Data Science und KI am Mittelstand-Digital Zentrum Hannover

KI in der Medizintechnik: Unsupervised-Learning- Algorithmen als Teil der Diagnostik

Projektabschlussbericht von Paolo Pappe und Paulina Merkel



Bild 1
Der Brain-Boy der
MediTECH Electronic GmbH

Eine alternde Gesellschaft sowie das Auftreten immer neuer Krankheiten erzeugen ein schnelles Wachstum der Gesundheitsbranche in vielen Industriestaaten. Die Nutzung von KI kann zu einer Leistungssteigerung bei gleichzeitigem Einsparen von Kosten führen. Daher nimmt der Einsatz von KI im Bereich der Medizintechnik kontinuierlich zu, angetrieben von den zahlreichen Vorteilen, die sie mit sich bringt, unter anderem:

- Die Diagnosestellung kann erheblich optimiert werden, indem umfangreiches Erfahrungswissen in KI-Systeme eingepflegt und von diesen abgerufen werden kann. In dieser Hinsicht befähigt KI, Bilder, Laborergebnisse sowie Patient*innenakten zu analysieren und auszuwerten.
- Individualisierte Behandlungspläne können durch die Anwendung von KI entwickelt werden. Diese Pläne berücksichtigen ganzheitlich sämtliche Aspekte der Patient*innen und tragen dadurch dazu bei, die Wirksamkeit der Therapie in bedeutender Weise zu steigern.
- Prädiktive Analysen werden durch die Nutzung von KI ermöglicht. Hierbei kann die KI Risikofaktoren identifizieren und Komplikationen vorhersagen.

Projektüberblick

Die MediTECH Electronic GmbH entwickelt Analysemethoden, unter anderem für den Bereich der Hör- und Wahrnehmungsstörungen. In Zusammenarbeit mit dem Mittelstand-Digital Zentrum Hannover wurde eine Künstliche Intelligenz (KI) eingesetzt, welche eine Gruppierung der Patient*innen anhand von Daten ermöglicht.

Dafür wurden die Daten aus der Softwareapplikation ausgelesen, aufbereitet, bereinigt und anschließend mittels unterschiedlicher Algorithmen aus dem Unsupervised-Learning-Spektrum (dt.: unüberwachtes Lernen) untersucht. Auf Basis der angewendeten Algorithmen konnten Cluster mit ähnlichen Patient*innen identifiziert werden. Diese Projektergebnisse sind für MediTECH Grundlage für weitere Analysen, um die zugrundeliegenden Diagnosen für die identifizierten Cluster zu ermitteln und so langfristig die Diagnostik zu optimieren.

Unternehmen und Produkt

Die MediTECH Electronic GmbH ist ein Unternehmen mit Sitz in der Region Hannover, welches im Bereich der Medizintechnik angesiedelt ist. Das mittelständische Unternehmen entwickelt und vermarktet medizintechnische Analyseverfahren mit dazugehöriger Hard- und Software. Diese Analyseverfahren bewegen sich in den Bereichen Hör-, Wahrnehmungs- und Gleichgewichtsstörungen sowie Bio- und Neurofeedback. Kund*innen des Unternehmens sind Institutionen und Personen aus dem internationalen Medizinwesen, wie etwa Ärzt*innen, Kliniken, Therapeut*innen und Pädagog*innen.

Herausforderung und Zielsetzung

Die in Trainings und Therapien generierten Daten werden derzeit lokal in den jeweiligen Softwarelösungen gespeichert. Dadurch entstehen zwei wesentliche Nachteile: Aufgrund mangelnder Schnittstellen zwischen den einzelnen Software-Programmen der Firma MediTECH besteht keine Möglichkeit, individuelle Patient*innendaten miteinander zu verknüpfen. Das erschwert die Entwicklung ganzheitlicher Therapieansätze für Patient*innen mit mehreren Gesundheitsproblemen. Außerdem fehlt Ärzt*innen, Therapeut*innen und Pädagog*innen die Option, anonymisierte Gesundheitsanalysen ihrer Patient*innen mit einem umfangreichen Datenpool ähnlicher Fälle zu vergleichen und auszuwerten. Daher wurde innerhalb eines Digitalisierungsprojekts in Kooperation mit dem Mittelstand-Digital Zentrum Hannover eine prototypische KI-Lösung für die Auswertung der Daten konzipiert und realisiert. Es wurde aufgrund einer großen Anzahl vorliegender Patient*innendaten die Anwendung MediTOOLS ausgewählt.

Das Hauptziel des Projektes bestand darin, den Nutzen von KI bei der Auswertung von medizinischen Daten zu verdeutlichen. Die verfolgten Teilziele des Projektes waren die Definition von Maßnahmen zur Datenbereinigung und -transformation, die Analyse der einzelnen Testanwendungen und die Entwicklung einer effektiven KI-Lösung zur Auswertung und Gruppierung von Patient*innendaten, um Diagnose- und Therapieprozesse zu optimieren.

Lösungsweg

Das Vorgehen im Projekt lässt sich in vier Schritte unterteilen:

Schritt 1 Verarbeitung des Datenformats und Import der Daten in Python

Die MediTECH Electronics GmbH stellte dem Mittelstand-Digital Zentrum Hannover Patient*innendaten zur Verfügung. In der Datei sind Test- und Trainingsergebnisse der unterschiedlichen Patient*innen sowie die anonymisierten personenbezogenen Daten (Patient*innen-ID für die Zuordnung durch autorisiertes Personal, Alter der Testperson, optional auch Geschlecht der Testperson) gespeichert. Das übergebene Dateiformat (GDB) ist nicht mit der Programmiersprache Python kompatibel, welche für die Programmierung der KI genutzt wurde. Daher erfolgte erst eine Umwandlung in eine CSV-Datei mit einem Programm der Firma IBExpert.

Schritt 2 Überprüfung des Datenformats und Problemidentifikation

Im zweiten Schritt erfolgte eine Untersuchung der Formatierung. Die enthaltenen Informationen aus den Daten wurden extrahiert und in eine tabellarische Struktur überführt, um eine anschließende Auswertung zu ermöglichen.

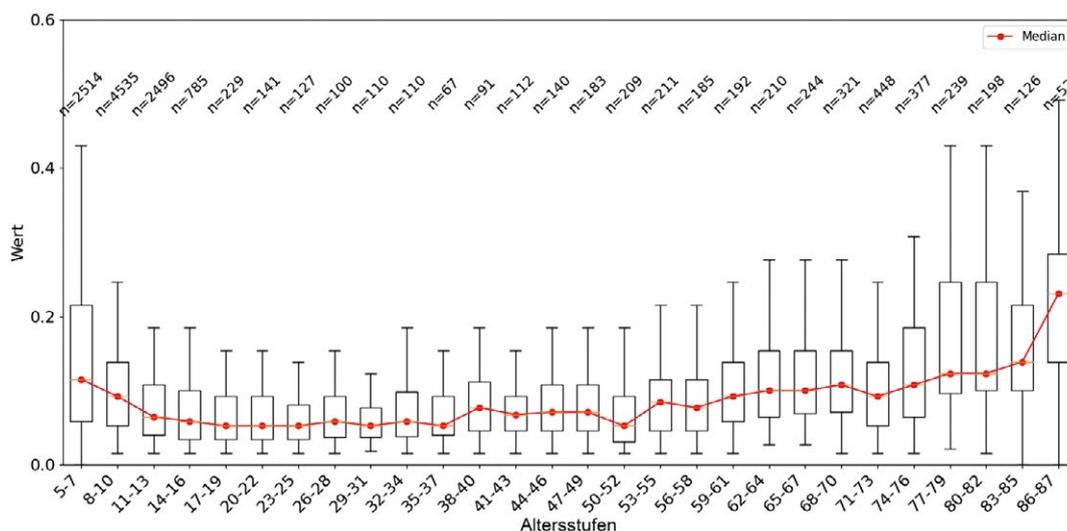


Bild 2
Boxplots für die Anwendung Blitzboy nach Altersgruppen

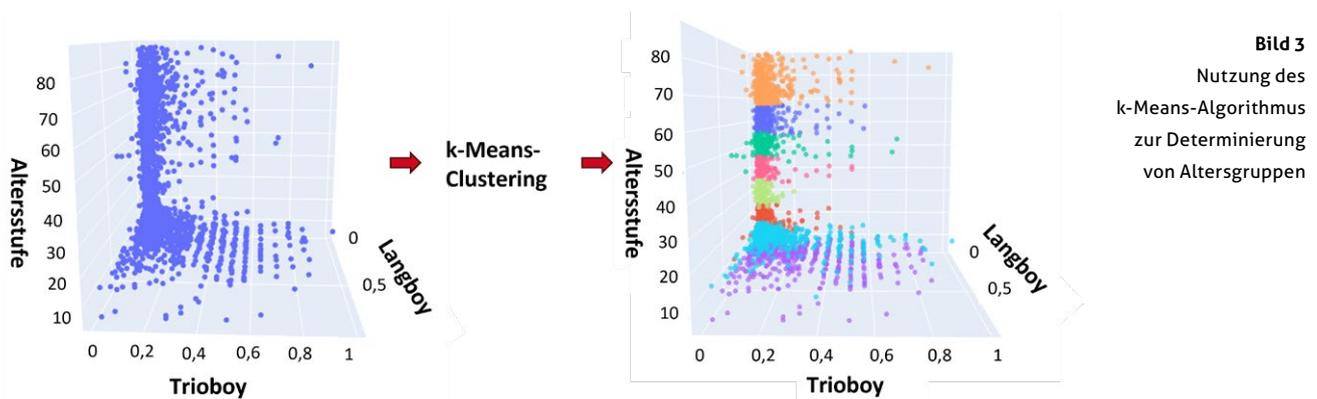


Bild 3
Nutzung des
k-Means-Algorithmus
zur Determinierung
von Altersgruppen

tion zu ermöglichen. Im Rahmen dieser Datenextraktion wurden Unregelmäßigkeiten und Herausforderungen erkennbar, welche auf die vorliegende Formatierung zurückzuführen waren. Zum Beispiel wurden gespeicherte Testergebnisse in verschiedenen Sprachen (Polnisch, Englisch und Deutsch) festgestellt. Während diese Formatierung keine Beeinträchtigung für die Nutzung der Anwendung „MediTOOLS“ darstellte, erwies sie sich als hinderlich für eine effektive KI-Auswertung. Aus diesem Grund wurden spezifische Python-Befehle entwickelt, um eine kohärente, neue Datenstruktur zu erstellen, die für die KI-Auswertung optimal nutzbar ist.

Schritt 3 Datenbereinigung und Transformation

Im dritten Schritt erfolgte eine inhaltliche Analyse der Datensätze, gefolgt von einer Datenbereinigung. Zunächst wurden die Datenwerte im Hinblick auf ihre Relevanz für das Projektziel bewertet und irrelevante Informationen entfernt. Anschließend wurden mithilfe von Python-Befehlen Messfehler eliminiert. In den Datensätzen traten verschiedene Fehler auf, darunter Datenduplikationen, mehrfache Werte in einer Spalte, Sonderzeichen und leere Spalten.

Schritt 4 Visualisierung und Datenmodellierung

Im anschließenden Schritt erfolgte die Datenmodellierung mit Ansätzen aus dem Bereich Data Science und KI. Zunächst

wurde eine detaillierte Analyse der Verteilung der Testergebnisse einzelner Patienten (auch Bestwerte genannt) der einzelnen MediTOOL-Testanwendungen durchgeführt.

In Bild 2 (vorige Seite) sind die Ergebnisse der Testanwendung „Blitzboy“ dargestellt. Beim Blitzboy wird die Wahlreaktionszeit der Testperson untersucht, indem über Kopfhörer aus zwei unterschiedlichen Richtungen jeweils ein Ton abgespielt wird. Die Testperson muss dann entscheiden, welcher Ton (auf welcher Seite) der tiefere war und möglichst schnell den entsprechenden Knopf auf dem Gerät drücken. Bild 2 stellt die Boxplots der Testergebnisse pro Altersgruppe dar. Ein Ergebnis nahe 0 ist dabei gut, nahe 1 ist schlecht.

Es zeigte sich in Bild 2 eine signifikante Abhängigkeit der Ergebnisse vom Alter der Proband*innen. Darauf aufbauend wurden im nächsten Modellierungsschritt die Testergebnisse unterschiedlicher Testanwendungen untereinander verglichen. Es wurde ein KI-Algorithmus genutzt, um die Patienten in Cluster mit ähnlichen Testergebnissen zu sortieren.

In Bild 3 werden die Ergebnisse zweier Testanwendungen in Abhängigkeit vom Alter grafisch dargestellt. Die Bestwerte der Testanwendungen sind über den Altersstufen der Testpersonen abgebildet. Zu sehen ist, dass jüngere Patient*innen sehr breit verstreute Testergebnisse erhalten, während Patient*innen zwischen 20 und 40 Jahren eher Testergebnisse nahe 0 erzielen. Ab 40 verteilen sich die Testergebnisse

wieder etwas breiter. Die Anwendung der Clustering-Methode führte zur Identifizierung von Altersgruppen (farblich illustriert), welche sich durch ähnliche Testergebnisse auszeichnen.

Um das dritte Teilziel, die Gruppierung von Patient*innen anhand ihrer Testergebnisse, zu erreichen, wurden exemplarisch vier unterschiedliche KI-Methoden prototypisch angewendet: K-Means-Clustering, hierarchische Clusteranalyse, DBSCAN und mean shift. Im Folgenden werden die Ergebnisse der hierarchischen Clusteranalyse sowie des k-Means-Clusterings präsentiert.

Zur Veranschaulichung der Erkenntnisse wurden Polarplots erstellt (Bild 4). Die sieben untersuchten Testanwendungen finden sich am äußersten Rand des Kreises wieder. Diese werden mittels weißer Linien mit dem Ursprung des Koordinatensystems verbunden. Auf diesen Linien sind die Durchschnittswerte der jeweiligen Testergebnisse der gebildeten Cluster als Punkte abgebildet. Zur besseren Veranschaulichung der Cluster sind diese Mittelwert-Punkte miteinander verbunden, sodass sie eine Fläche umspannen. Die Prozentzahl in der Legende gibt an, wie groß der Anteil an Patient*innen aus der Gesamtmasse in dem jeweiligen Cluster ist. In diesem Fall wurden vier Cluster für die Altersgruppe 5-10 Jahre gebildet. Zu sehen ist, dass beide Cluster-Algorithmen zu ähnlichen Resultaten führten.

Es wird deutlich, dass Cluster 1 die Patient*innen umfasst, die in sämtlichen Anwendungen sehr gute Ergebnisse erzielten.

Bild 4

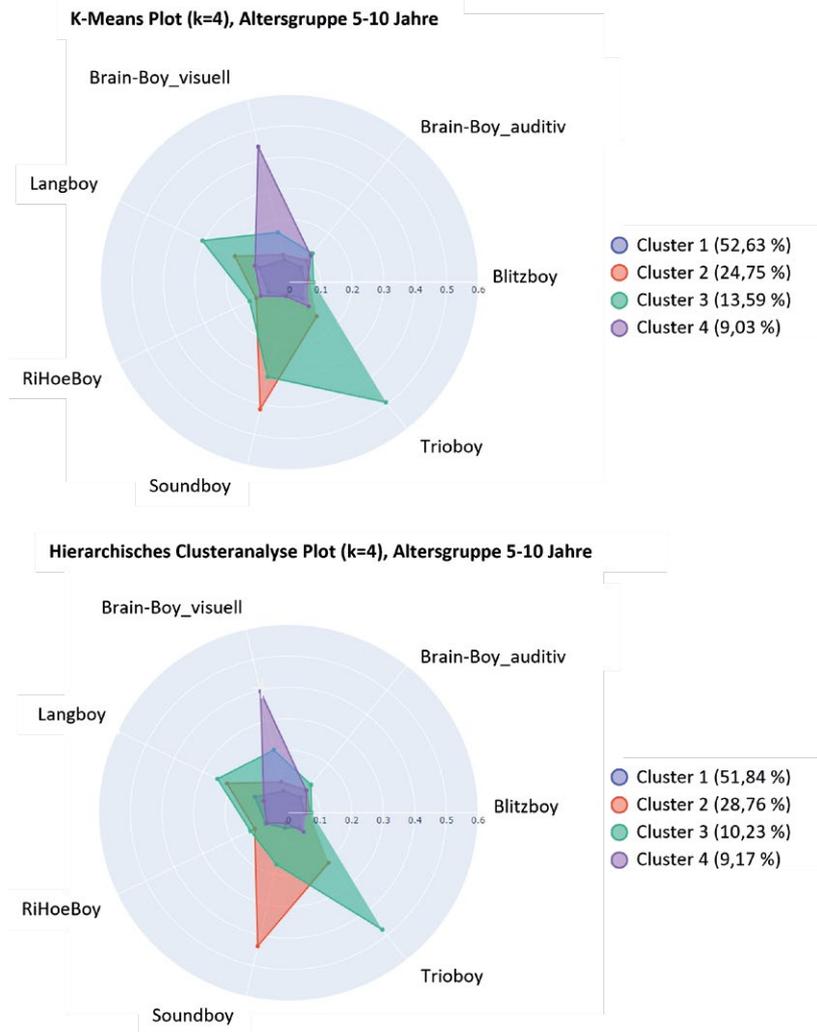
Darstellung der vier Cluster, welche mit dem Algorithmus k-Means und der hierarchischen Clusteranalyse erstellt wurden

Cluster 2 beinhaltet jene Patientinnen, die Schwächen in der Anwendung „Soundboy“ aufweisen sowie geringfügige Defizite in den Anwendungen „Langboy“ und „Trioboy“. Patientinnen im Cluster 3 zeigen hingegen deutliche Schwächen in der Anwendung „Trioboy“ und leichtere Defizite in den Anwendungen „Langboy“ und „Soundboy“. Schließlich umfasst Cluster 4 diejenigen Patient*innen, die in der Anwendung „Brain-Boy_visuell“ weniger gute Ergebnisse erzielt haben.

Nutzen für den Mittelstand

Im Rahmen dieses Projekts wurden prototypisch verschiedene Algorithmen des unüberwachten Lernens entwickelt, um Patient*innendaten zu gruppieren und somit die diagnostischen Prozesse zu unterstützen. Parallel dazu wurden unternehmensweite Maßnahmen zur Datensäuberung und -bereinigung definiert sowie die grundlegenden Bedingungen für die Implementierung einer KI-Komponente kommuniziert.

Mithilfe von Unsupervised Learning können Unternehmen Muster und Zusammenhänge in ihren Daten ermitteln. Dabei bieten die Algorithmen eine hohe Variabilität und Flexibilität. Unsupervised Learning Algorithmen können Daten anhand von Strukturen und Mustern clustern, Assoziationen gemäß der Korrelation in den Daten ermitteln oder Daten mit vielen Variablen durch eine Dimensionsreduktion auf die wesentlichen Variablen reduzieren. Dabei können oftmals Rohdaten genutzt werden, die in vielen Unternehmen sehr leicht beschafft werden können. Die häufigsten Anwendungen der Unsupervised Learning Algorithmen liegen in der Anomalieerkennung (z. B. bei Cyberangriffen oder bei Maschinenstörungen), im Marketing für die Identifikation von Kundengruppen und -merkmalen und in der Warenkorbanalyse zur Untersuchung des Kaufverhaltens.



Autor*innen

Paolo Pappé

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und KI-Trainer am Mittelstand-Digital Zentrum Hannover

Paulina Merkel

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und koordinierende KI-Trainerin am Mittelstand-Digital Zentrum Hannover

Konzept zur Bestimmung von **SOLL-Zeiten** an variantenreichen Montagearbeitsplätzen

Projekt-Abschlussbericht von Vera Wiefermann

Viele produzierende Unternehmen, darunter insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU), stehen vor der zentralen Herausforderung in der Produktion, Soll-Prozesszeiten von Montagevorgängen bei einer hohen Produktvarianz zu verarbeiten. Eine präzise Bestimmung von realitätsnahen Soll-Zeiten eines Montageprozesses kann eine enorme Arbeitserleichterung insbesondere für die Kapazitätsplanung der Arbeitsvorbereitung sein, um valide Aussagen hinsichtlich der logistischen Lieferfähigkeit zu machen. Gegenüber den Prozessen der mechanischen Fertigung auf Werkzeugmaschinen, welche mittels Software die Soll-Prozesszeiten errechnen, liegen für den Bereich der manuellen Montage kaum zutreffende Soll-Prozesszeiten vor und stellen somit hohe Anforderungen an die Elemente des Produktionssystems.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover konnte die Kählig Antriebstechnik GmbH dabei unterstützen, ein Konzept zur präzisen Bestimmung von realitätsnahen Soll-Zeiten zu entwickeln. Der folgende Bericht fokussiert insbesondere das Vorgehen im Projekt.

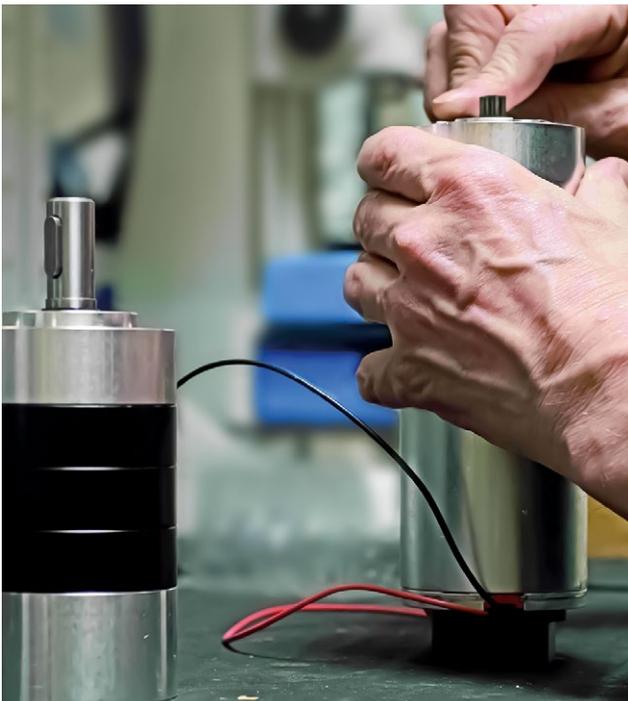


Bild 1
Ausschnitt aus dem Musterbau

Projektüberblick

Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Leibniz Universität Hannover als Partner im Mittelstand-Digital Zentrum Hannover konnte in Zusammenarbeit mit der Kählig Antriebstechnik GmbH ein Konzept zur präzisen Bestimmung von realitätsnahen Soll-Prozesszeiten ableiten.

Aufgrund der hohen Anzahl kundenindividueller Anfertigungen, welche sich unter anderem durch verschiedene Montagevorgänge unterscheiden, sind präzise Prognosen von Soll-Prozesszeiten für die Kapazitätsplanung der Arbeitsvorbereitung von Bedeutung. Bisherige angewandte Verfahren sind mit hohem Zeitaufwand und unzureichender Genauigkeit verbunden gewesen. Das Tool basiert auf einem einheitlichen Zonenkonzept. Auf dieser Grundlage werden die einzelnen Greifbewegungen und Vorgänge in den einzelnen standardisierten Zonen definiert, kumuliert und ausgewertet. Für den Benutzenden wurde so ein individuell konfigurierbares Tool geschaffen, indem aus der Zoneneinteilung der Arbeitsplätze die Soll-Prozesszeit mittels der benötigten Komponenten ermittelt werden kann.

Unternehmen und Produkt

Die Kählig Antriebstechnik GmbH aus Hannover bietet ihren Kunden kompakte und vielseitige Gleichstromantriebe für unterschiedliche Anwendungsbereiche, wie bspw. in der Medizintechnik, Gebäudetechnik oder Agrartechnik. Zu den Kernkompetenzen des Unternehmens zählen dabei kundenindividuelle Speziallösungen.

Das Unternehmen kann auf über 50 Jahre Erfahrung zurückblicken. Eine der wichtigsten Zielgrößen des aus mehr als 160 Mitarbeitenden bestehenden Unternehmens stellt dabei die Kundenzufriedenheit dar. Kählig Antriebstechnik GmbH stellt nicht nur Standardprodukte, sondern auch komplexe Produkte in höchster Qualität her.

Herausforderung und Zielsetzung

Für die Kapazitätsplanung ist eine möglichst exakte Abschätzung der Soll-Prozesszeiten für den Montageprozess erforderlich. Derzeit werden diese durch Erfahrungswissen der Mitarbeitenden in der Arbeitsvorbereitung geschätzt. Die bisher eingesetzten Verfahren zur Bestimmung der Soll-Prozesszeiten an Montagearbeitsplätzen waren mit einem hohen Zeitaufwand verbunden. Die derzeit bestehenden Soll-Prozesszeiten unterliegen einer starken Abweichung von den tatsächlichen Prozesszeiten, welche die Kapazitätsplanung und die interne Bestimmung der Produktionskosten erschweren. Damit einhergehend soll eine Normierung der bereits existierenden Prozessdaten vorgenommen werden. Das Konzept zur Bestimmung von Soll-Prozesszeiten soll eine hohe Realitätsnähe aufweisen und die Anwendung des Konzepts mit möglichst geringem Zeitaufwand verbunden sein.

Daher war das Ziel des Projektes mit der Kählig Antriebstechnik GmbH, aus technischen Produktmerkmalen und anonymisierten Referenzzeiten ein Verfahren zur Soll-Prozesszeit-Bestimmung zu entwickeln. Dazu wird eine prototypische Anwendung genutzt, welche auf Grundlage eines einheitlichen Zonenmodells in Kombination mit der Fertigungszeitberechnung nach Methods-Time Measurement (MTM) die Prozesszeiten errechnet.

Bild 2

Neue Montagehalle



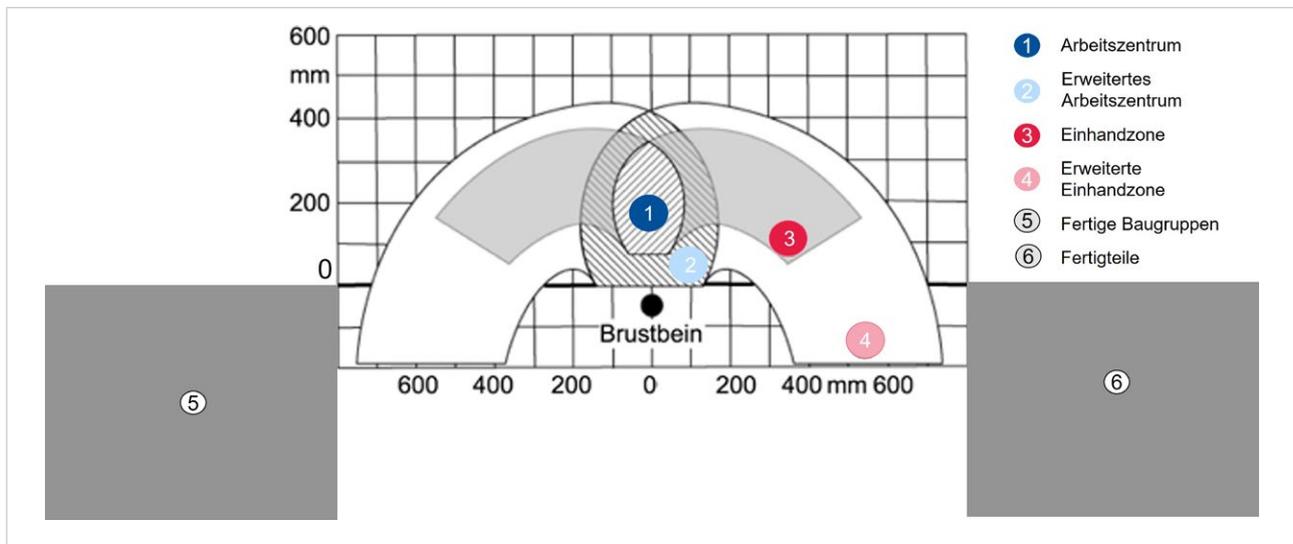


Bild 3

Angewandtes Zonenkonzept für Produktionsarbeitsplätze

Lösungsweg

Um die Prozesszeiten genauer ermitteln zu können, ist eine Normierung von standardisierten Montagearbeitsplätzen erforderlich. Dafür wurden im ersten Schritt die verschiedenen Arbeitsplätze einheitlich in verschiedene Zonen eingeteilt, um eine Vergleichbarkeit der Prozesszeiten und eine erste Grundlage für die MTM-Berechnung zu schaffen. Das Zonenkonzept basiert auf dem Wirkraum des Hand-Arm-Systems. Insgesamt unterteilt sich das Zonenkonzept in sechs Bereiche, welche durch die Parameter „Greiffläche“ und „Hinlang-Länge“ definiert sind. Aus diesen lassen sich für jede Zone Prozesszeiten ermitteln (siehe Bild 3).

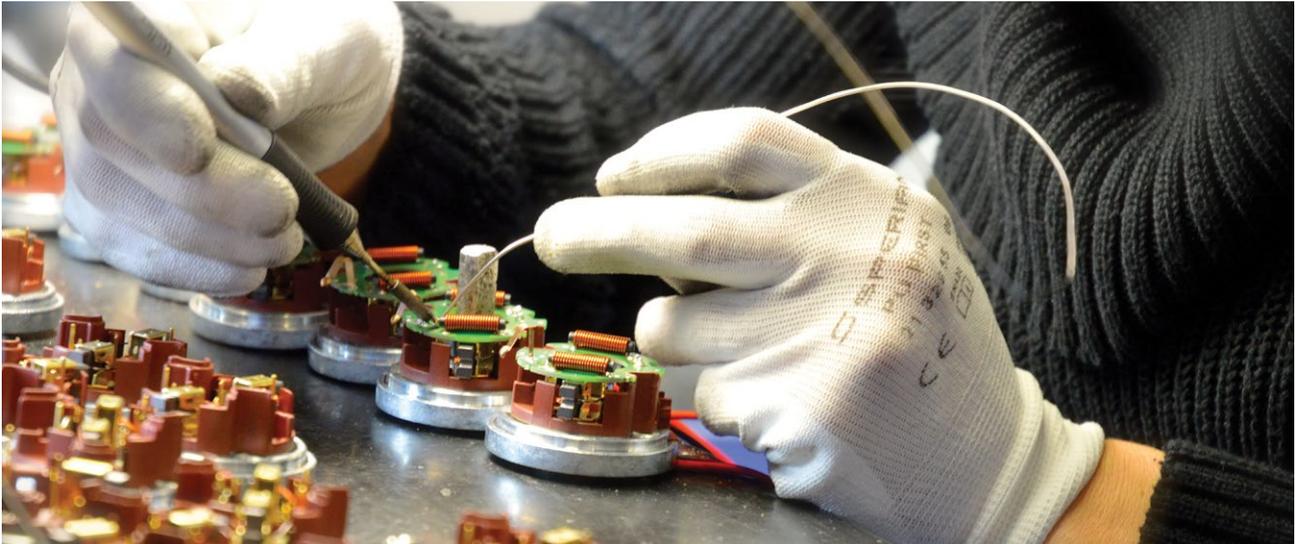
In Zone 1 und 2 wird die sogenannte Beidhandzone betrachtet: Beide Hände sind im Blickfeld und befinden sich direkt vor dem Brustbein. In Zone 1 befindet sich das Arbeitszentrum, in welchem die Montagevorgänge ausgeführt werden. Das erweiterte Arbeitszentrum wird durch die Zone 2 abgedeckt. Zone 3 beschreibt die Einhandzone und Zone 4 die erweiterte Einhandzone. Die Bereiche links und rechts neben dem Arbeitsplatz, wobei sich der Arbeitende mit dem Oberkörper bewegen muss, werden durch die Zonen 5 und 6 dargestellt.

Darauf aufbauend konnten nun die verschiedenen Anordnungen des Materials, der Werkzeuge und Vorrichtungen in den verschiedenen Zonen vorgenommen werden. Dadurch kann jede Tätigkeit durch Aktionen in den definierten Zonen eindeutig beschrieben werden. Dabei bietet das Zonenmodell den Vorteil, dass sie einheitlich auf alle Arbeitsplätze übertragbar und dadurch definierte Weglängen vorhanden sind. In Zone 5 befinden sich meist Halbfabrikate und Verpackungsmaterial, in Zone 6 werden die fertig montierten Produkte abgelegt.

Im weiteren Verlauf dienen bereits aufgenommene und anonymisierte Prozesszeiten nach REFA - einer Vereinigung von Unternehmen und Rationalisierungsfachleuten, die Möglichkeiten zur

Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und zur Humanisierung der Arbeit untersucht (REFA-Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e. V.) - sowie Analysen der Arbeitsbewegungen als Grundlage für die Zeitenberechnung mittels MTM. Die MTM definiert die bei der Durchführung einer bestimmten Arbeit beanspruchte Zeit, welche von der gewählten Methode der Tätigkeit abhängt. Dabei stellt die kleinste Maßeinheit die Time Measurement Unit (TMU) dar. Für die Zeitdauer wurde eine hunderttausendstel Stunde festgelegt, das entspricht 0,036 Sekunden. Die Grundbewegungen nach MTM sind Hinlangen, Greifen, Bringen, Fügen und Loslassen, welche abhängig von der Weglänge und Schwierigkeit des Greifvorgangs eine fest definierte TMU besitzen. Damit lassen sich für die einzelnen Zonen Zeiten in Abhängigkeit des Weges genau bestimmen und festlegen.

Das Tool ist so gestaltet, dass es auf möglichst viele Varianten und Arbeitsabläufe anzuwenden ist. Es werden die zur Montage und dementsprechend zur Wertschöpfung benötigten Vorgänge pro Stück gezählt und nach den benötigten Zonen eingeteilt. Zu einem Vorgang gehört das Hinlangen, Greifen und in Zone 1 das Bringen des Werkzeugs sowie der Bewegungsablauf, um das Werkzeug zurückzubringen. Die Arbeitsplätze enthalten je nach Produkt unterschiedliche Einrichtungen, deren Positionen oftmals fest vorgegeben sind. Daraus resultierende Verschiebungen der Zonen können durch die Veränderung des mittleren Greifabstands der jeweiligen Zone durch den Anwendenden angepasst werden. Für eine möglichst exakte Prognose von Soll-Prozesszeiten müssen individuelle Parameter wie die Presslänge, Schraubdauer pro Schraube und produktspezifische Montagezeiten einstellbar sein. Zudem wird für feststehende Werkzeuge oder Handlager am Arbeitsplatz, wie beispielsweise eine Presse oder das Handlager für Schrauben, der Abstand zur Zone 1 fest definiert. Aus diesen Werten werden die

**Bild 4**

Ausschnitt aus dem Lötvorgang

Vorgangszeiten pro Zone berechnet, welche eine Zeit pro Stück ergibt. Auf diese Zeit können prozentuale Zuschläge wie die Erfahrung des Mitarbeitenden oder Leistungszuschläge durch Früh- oder Spätschicht aufgerechnet werden, sodass als Ergebnis eine Fertigungszeit für die angegebene Menge errechnet und ausgegeben wird.

Eine Validierung der Anwendung des Tools zeigte eine verbesserte Vorhersagegenauigkeit der Soll-Prozesszeiten, sodass für künftige Produktanläufe das Tool genutzt werden kann. Da das Einpflegen der Daten eine gewisse Zeit benötigt, ist das Erstellen einer Datenbank sinnvoll. Dadurch kann langfristig durch das Auswählen des gewünschten Modells mit leichten Variationen der Vorgänge eine Zeitersparnis erbracht werden.

Nutzen für den Mittelstand

Die Anwendung der erarbeiteten prototypischen Anwendung ermöglicht es KMU, selbstständig, mit geringem Aufwand und ohne die Durchführung zeitintensiver Messungen und Berechnungen, realitätsnahe Soll-Prozesszeiten zu ermitteln. Gerade im Mittelstand setzen sich Produktportfolios aus kundenindividuellen Produkten oder Speziallösungen zusammen, sodass eine Vorhersage der Prozesszeiten wie bei Großserien schwer zu realisieren sind. Folgend führt eine verbesserte Genauigkeit von Soll-Prozesszeiten nicht nur zu einer möglichen Produktivitätssteigerung, sondern verbessert die Termintreue und den Ressourceneinsatz. Durch eine solche methodisch-integrierte Herangehensweise kann der steuernde Aufwand stark gesenkt werden und die Produktivität sowie die Termintreue maßgeblich gesteigert werden.

Autorin

Vera Wiefermann
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin am
Institut für Fabrik-
anlagen und
Logistik (IFA) der
Leibniz Universität
Hannover und Pro-
jektingenieurin am
Mittelstand-Digital
Zentrum Hannover



Digitale Wegenetzplanung unterstützt bei der FTS-Einführung

Projekt-Abschlussbericht von Robin Stöber und Can Sönmez

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) sind flurgebundene Systeme, bestehend aus mehreren Komponenten, die den logistischen Materialtransport automatisiert und fahrerlos organisieren können. Die Vorteile, die mit einer Einführung von FTS einhergehen, können besonders für kleinere oder mittlere Unternehmen (KMU) interessant sein. Durch eine gezielte Erhöhung des Automatisierungsgrades bei der Organisation innerbetrieblicher Abläufe mithilfe von FTS kann ein erhöhtes Materialtransportaufkommen zuverlässig und mit hoher Verfügbarkeit bewältigt werden, ohne dass gleichzeitig mehr Personal gebunden werden muss. So können Personalressourcen effizienter eingesetzt und durch die Nutzung von FTS entlastet werden.

Um die Einführung von FTS zu ermöglichen und in den bestehenden Betrieb einbinden zu können, sind bestimmte Anforderungen an das Layout, den Materialfluss und die Wegenetze zu beachten. Hierbei sind insbesondere die Wegebreiten, Anzahl und Entfernung von Transporten zu berücksichtigen, um die Einführung eines FTS nicht nur sicher, sondern auch effizient, produktivitätssteigernd und wirtschaftlich umzusetzen. Insbesondere Mehr-

schichtbetriebe wie die Integralis Industriebuchbinderei, Lettershop und Fulfillment GmbH können von der Einführung von FTS profitieren, da gleichzeitig Personalressourcen effizienter eingesetzt und eine wirtschaftliche Auslastung der FTS gewährleistet werden kann. Eine zielgerichtete FTS-Einführung setzt sich daher aus einer Analyse des im Betrieb befindlichen Hallenlayouts, des Materialflusses und des aktuell genutzten Wegenetzes zusammen.

Hierbei kommen unterstützend digitale Fabrikplanungswerkzeuge zum Einsatz, die durch die zwei- und dreidimensionalen Visualisierungsmöglichkeiten und die Möglichkeit von Echtzeitanalysen sowie Variantenvergleichen von Hallenlayouts Optimierungspotenziale und konkrete Anpassungsmöglichkeiten aufzeigen.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover unterstützte die Integralis Industriebuchbinderei, Lettershop und Fulfillment GmbH bei ihrem Vorhaben, fahrerlose Transportsysteme (FTS) einzuführen und setzte dabei digitale Fabrikplanungswerkzeuge wie den Fabrikplanungstisch ein.



Bild 1
Beispielbild für ein FTS

Unternehmen und Produkt

Die Integralis Industriebuchbinderei, Lettershop und Fulfillment GmbH mit Sitz in Ronnenberg (Region Hannover) ist ein Systempartner für Druckereien. Das Kerngeschäft ist die Verarbeitung und Veredelung von Papierprodukten wie Kalender, Bücher und Prospekte. Durch ein großes Angebot an unterschiedlichen Maschinen können eingehende Aufträge individuell bearbeitet werden. Daraus ergibt sich eine Vielzahl möglicher Prozesse, die ein Produkt auf dem komplexen und weit verzweigten Betriebsgelände von Integralis durchlaufen kann.

Herausforderung und Zielsetzung

Die Betriebsanlagen von Integralis unterteilen sich in mehrere Hallenbereiche, die teilweise weit voneinander entfernt sind. Die Aufträge, die Integralis bearbeitet, sind oft sehr individuell, sodass nicht immer alle Bereiche der Verarbeitung und Veredelung durchlaufen werden. Dies hat zur Folge, dass die Anlagen nicht optimal für einen standardisierten Materialfluss angeordnet werden können, sondern viele manuelle Transporte mit langen Wegen zu den verschiedenen Anlagen im Werk notwendig sind, um die individuellen Aufträge abzuarbeiten. Diese Transporte binden Personal. Eine Folge dieser Personalbindung können Verzögerungen im Betriebsablauf sein, da das Personal entweder nicht wie vorgesehen an den Anlagen arbeiten kann oder sich die unregelmäßigen Transporte zwischen den Hallenbereichen verzögern, da diese nur im Rahmen freier Kapazitäten durchgeführt werden.

Projektüberblick

Zusammen mit der Integralis Industriebuchbinderei, Lettershop und Fulfillment GmbH wurde eine digitale Wegenetzplanung zur Einführung von FTS durchgeführt. Diese Art der Planung ermöglicht aufwandsarm eine tiefgehende datenbasierte Analyse mehrerer Layoutvarianten.

In dem Projekt wurde ein Fabrikplanungstisch mit digitalen Werkzeugen wie einem Distanz-Intensitäts-Diagramm zur Identifikation langer hochfrequentierte Materialflüsse sowie eine 2D- und 3D-Visualisierung eingesetzt. Auch die Berücksichtigung spezieller FTS-bedingter Anforderungen an das Layout wie beispielsweise der Wegbreite oder die Kreuzungsgestaltung konnte durch die digitale Durchführung realisiert werden. Weitergehend konnten durch die einfache Bedienbarkeit des Fabrikplanungstisches per Touchdisplay alle Projektbeteiligten mitplanen und eigene Ideen einbringen.

Auf Basis der digitalen Wegenetzplanung konnten für den Einsatz von FTS geeignete Materialflüsse identifiziert, ausgewählt und geplant werden. Konzepte für die Umgehung von Engstellen und Kreuzungen zwischen Mensch und FTS konnten direkt in der Planung erarbeitet und ausgelegt werden.

Das FTS soll eingeführt werden, um manuelle Transporte einzusparen und Personalressourcen effizienter einzusetzen. Mit der Erhöhung des Automatisierungsgrades will sich das Unternehmen außerdem im Sinne einer zukunftsorientierten Wertschöpfung weiterentwickeln. Da weder das aktuelle Hallenlayout noch das Wegekonzept für den Einsatz dieser Systeme geeignet sind, war das Ziel des Projektes, eine Groblayoutvariante der Produktion mit einem optimierten Wegenetz zu erarbeiten. Die Optimierung des Wegenetzes wurde anhand verschiedener Zielkriterien wie der Überschneidungsfreiheit und der Berücksichtigung von Mindestwegbreiten durchgeführt. Dieses Ergebnis bildete die Grundlage für eine Restrukturierung der Produktion und der anschließenden Einführung fahrerloser Transportsysteme (FTS).

Lösungsweg

Als Grundlage für tiefere Analysen und Layoutvariantenvergleiche wurde zunächst das Groblayout erfasst und mittels des Fabrikplanungstisches digitalisiert. Im nächsten Schritt wurden die Materialflüsse innerhalb dieses digitalen Fabrikplanungswerkzeuges mit dem Hallenlayout verknüpft, sodass die Materialtransporte zweidimensional innerhalb des Layouts angezeigt werden konnten.

Auf dieser Grundlage konnten Layout- und Wegenetzvarianten erarbeitet und anschließend in Workshops mit Unternehmensverantwortlichen analysiert, optimiert und diskutiert werden.

Konzepterstellung

Für die Analyse der Materialflüsse wurde insbesondere das sogenannte Distanz-Intensität (D-I)-Diagramm genutzt. Dieses Tool stellt die einzelnen Materialflüsse (Transport einer Einheit, hier eine Palette) dar und berücksichtigt dabei die Anzahl jährlicher Transporte und die jeweilige Distanz.

Bild 2 zeigt den Materialfluss von Integralis vor und nach den Anpassungen. Eine FTS-gerechte Gestaltung wurde durch die Bündelung von Materialflüssen erreicht, sodass eine hohe Anzahl von Transporten und große Distanzen mit einem FTS bewältigt werden können. Dadurch wird eine produktive Auslastung des FTS gewährleistet und die zeitliche Personalbindung reduziert. In der Abbildung sind Materialflüsse, die künftig durch FTS bedient werden sollen, durch die blauen Kreise gekennzeichnet. Materialflüsse, die weiterhin durch manuelle Transporte erfolgen sollen, sind durch weiße Kreise gekennzeichnet. Die vorgenommenen Anpassungen wirken auf das D-I-Diagramm, indem sich die blauen Kreise nach rechts verschieben bzw. FTS-Transporte längere Transportwege haben. Eine vollständige Zuordnung

von hochintensiven Materialflüssen ist betriebs- und layoutbedingt nicht möglich. Neben der fehlenden Möglichkeit eines standardisierten Transports, zählt die Ortsgebundenheit einzelner Maschinen zu den Gründen, die eine vollständige Einführung eines FTS verhindern.

An die Materialflussanpassung auf Grundlage des Groblayouts wurden in der Feinlayoutplanung besondere Schwierigkeiten des Layouts adressiert. In Bild 3 ist das vereinfachte Layout von Integralis dargestellt. Der Versand ist zentraler Bestandteil des Hallenlayouts, da der Großteil des Materialflusses hier startet oder endet.

Eine weitere Herausforderung ist, dass es lange Transportwege zwischen den eng im Prozess verknüpften Hallen gibt. In der Halle A befinden sich hochautomatisierte Anlagen, welche eine sehr saubere Umgebung benötigen, wohingegen in Halle B Arbeitsschritte wie das Prägen, Stanzen und Kleben Papierreste emittieren. Eine besondere Motivation von Integralis ist es, den zentral gelegenen Versand und die Halle A mit der Halle B über ein FTS zu verbinden, um die Transporte über diese besonders große Distanz zu automatisieren. Für die Umsetzung dieses Vorhabens sind Anpassungen notwendig, die in der Detailansicht der Abbildung dargestellt sind.

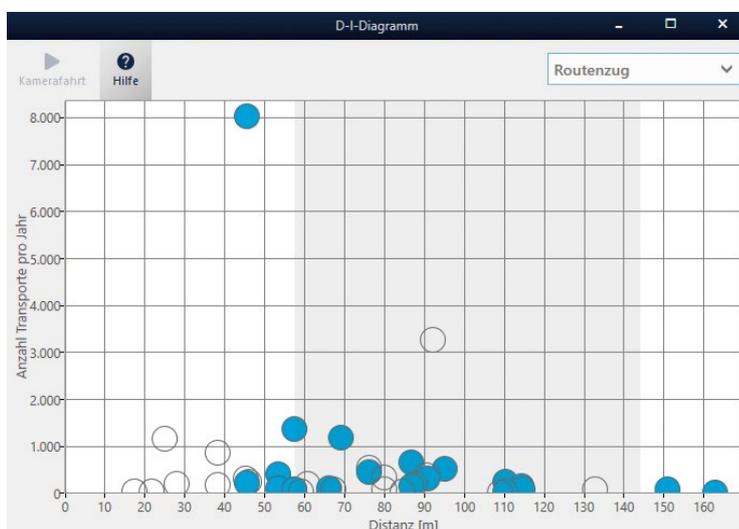
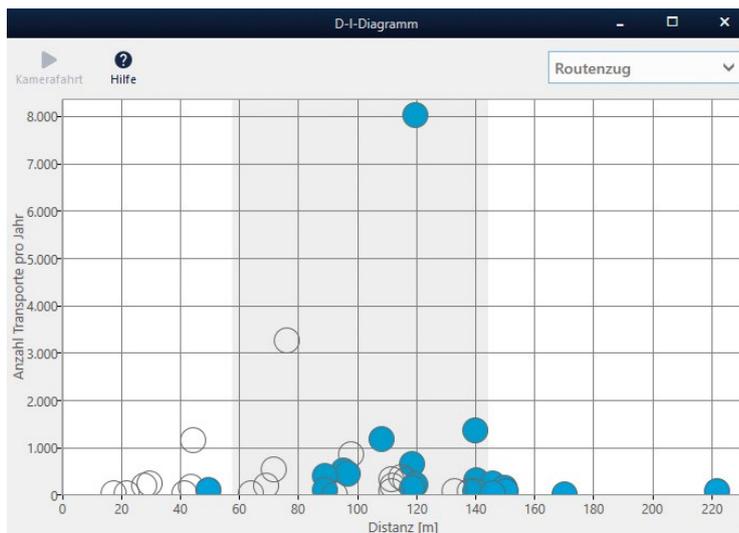


Bild 2

D-I-Diagramm vor (oben) und nach (unten) Anpassung des Materialflusses Werkzeug und Messensorik

Da der Gang, der die beiden Hallenteile verbindet, einen gemeinsamen Fußgänger- und Fahrzeugverkehr vorsieht, müssen gemäß der Arbeitsschutzrichtlinie (ASR) A1.8 besondere Mindestmaße für Wegenetze beachtet werden. Unter anderem sieht die ASR vor, dass in diesem Fall ein Mindestabstand von einem Meter zu Türen eingehalten wird. Da der Gang baulich nicht verändert werden kann, der Sicherheit der Fußgänger dennoch Rechnung getragen werden soll, wurde eine Layoutvariante konzipiert, die eine Leitplanke vorsieht, welche die Verkehrswege im Türbereich trennt.

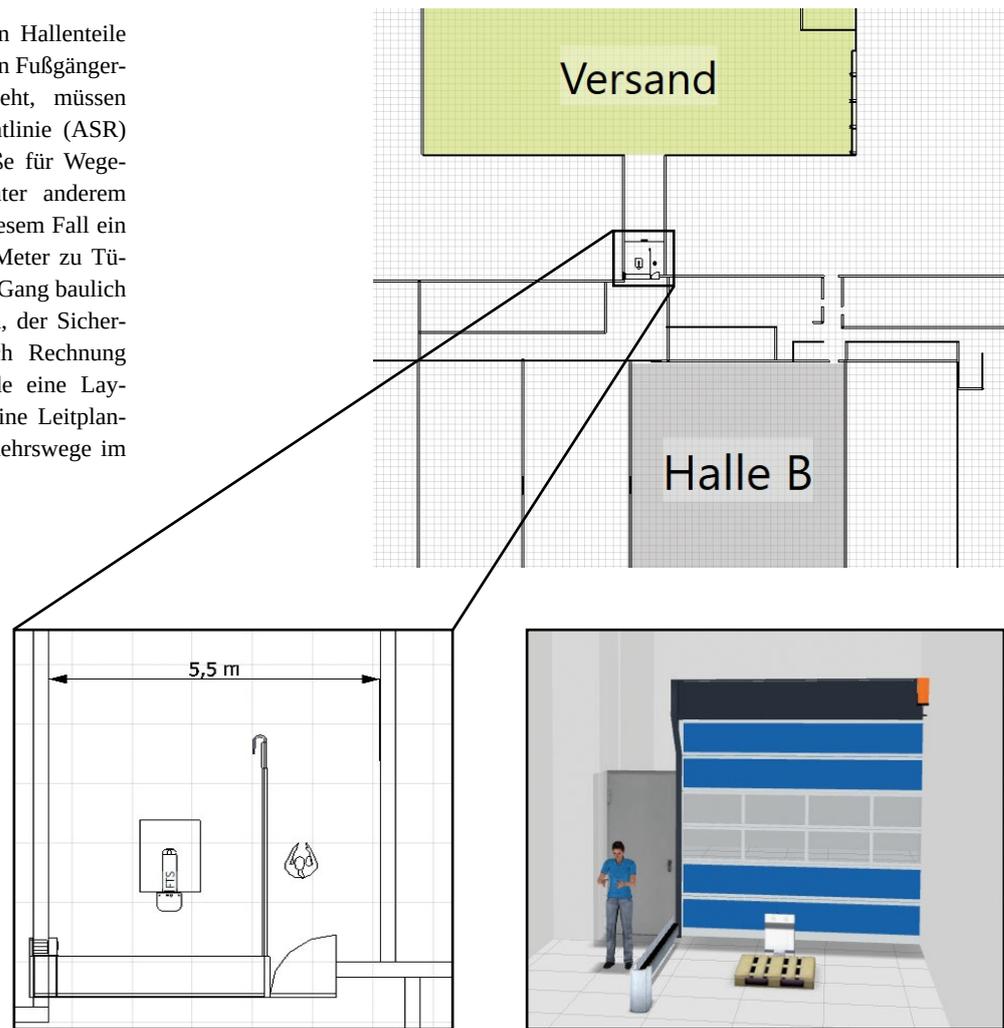


Bild 3
Vereinfachtes Groblayout und Detaildarstellung der Feinlayoutplanung in 2D und 3D

Nutzen für den Mittelstand

Die Erfassung und Visualisierung der Materialflüsse im Groblayout mittels digitaler Werkzeuge ermöglicht es, Optimierungspotenziale des Layouts und des Wegenetzes zu erkennen. Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit der Echtzeit-Analysen und -Vergleiche. In Workshops können auch Teilnehmende ohne technischen Hintergrund in die Planung einbezogen werden, indem zum Beispiel Layoutvarianten und deren Auswirkungen auf Materialflusseffizienz oder Transportentfernungen anschaulich, einfach und verständlich dargestellt werden.

Dadurch können auch kleine und mittlere Unternehmen wie die Integralis GmbH, die ihre Fabrik planen oder anpassen wollen, mit digitalen Werkzeugen wie dem Fabrikplanungstisch aktiv in die Planung eingebunden werden. Im Projekt mit der Integralis GmbH wurde die Grundlage für die Einführung von FTS gelegt und Voraussetzungen geschaffen, die es ermöglichen, Personalressourcen effizienter einzusetzen, Kosten und Zeit einzusparen und den Automatisierungsgrad zu erhöhen.

Autoren

Robin Stöber

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und FTS-Experte am Mittelstand-Digital Zentrum Hannover

Can Sönmez

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und FTS-Experte am Mittelstand-Digital Zentrum Hannover

Digitale Geometrieerfassung von Schweißverbindungen zur Qualitätssicherung

Christian Dänekas, Klaas Heide, Steffen Heikebrügge

Eine wirtschaftliche und ressourcenschonende Konstruktion von Offshore-Windenergieanlagen ist notwendig, um die klimapolitischen Ziele der Europäischen Kommission umzusetzen. Tragstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen, zum Beispiel sogenannte Monopiles, bestehen aus einer Vielzahl geschweißter Stahlsegmente. Eine automatisierte Qualitätssicherung der ermüdungskritischen Schweißverbindungen bietet großes Potenzial, um eine weniger konservative Auslegung der Tragstrukturen zu ermöglichen. Das Institut für Stahlbau (IfS) und das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover haben gemeinsam die Anwendung eines Qualitätssicherungssystems zur Bewertung der lokalen Schweißnahtgeometrie in zwei Projekten der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) erforscht.

Der von der Europäischen Kommission vorgestellte „European Green Deal“ sieht vor, die Netto-Treibhausgasemissionen bis 2050 auf Null zu reduzieren. In Deutschland ist dies ohne einen massiven Ausbau der Windenergie, insbesondere Offshore, nicht zu erreichen. Aufgrund der hohen dynamischen Belastungen, denen Offshore-Windenergieanlagen ausgesetzt sind, ist die Auslegung der Tragstrukturen in der Regel ermüdungsorientiert. Insbesondere die Schweißnähte stellen ermüdungskritische Punkte dar. Nach den aktuellen Normen muss die Ermüdungsauslegung nach dem Nenn- oder Strukturspannungskonzept erfolgen. Mögliche Imperfektionen sowie Streuungen der Schweißnahtgeometrie werden normativ in so genannten Kerbfällen berücksichtigt. Dies ermöglicht zwar eine einfache und schnelle Ermüdungsauslegung, kann aber sehr konservativ sein.

Da die Ermüdungslebensdauer von Schweißverbindungen wesentlich von der lokalen Schweißnahtgeometrie beeinflusst wird, werden bei weiteren Ansätzen zur Auslegung die Beanspruchungen am Übergang von Zusatzwerkstoff zu Grundwerkstoff berücksichtigt (Kerbspannungskonzept). Die Bestimmung der Kerbspannungen kann mit numerischen Modellen oder analytischen Formeln erfolgen. Da verschiedene Untersuchungen gezeigt haben, dass insbesondere der Kerbradius und der Nahtanstiegswinkel einen wesentlichen Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit von

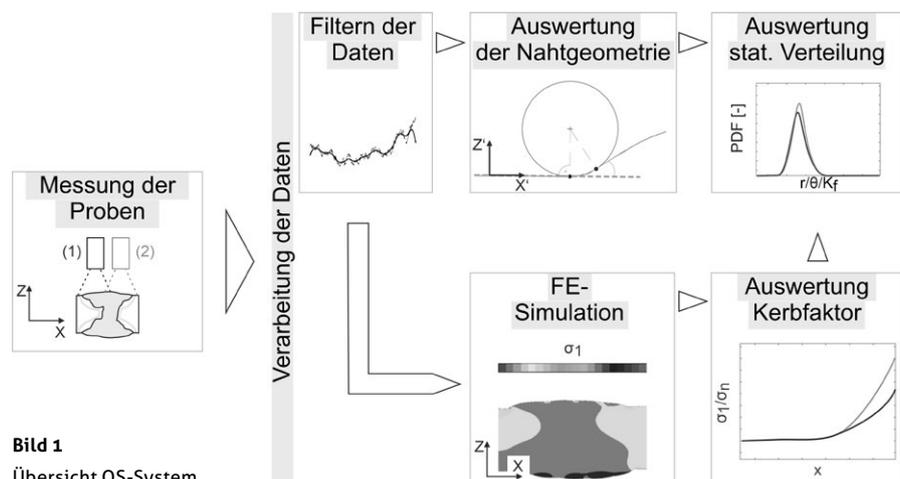


Bild 1
Übersicht QS-System



Schweißnähten haben, sind diese Parameter neben anderen Eingangsparametern in den analytischen Formeln enthalten. Zur Beurteilung der Schweißnahtqualität hinsichtlich der Ermüdungsfestigkeit sind daher die Parameter Kerbradius, Nahtanstiegswinkel und Spannungskonzentration im Nahtübergang geeignet.

Die Bewertung der Schweißnahtqualität muss aktuell nach DIN EN ISO 5817 durchgeführt werden. Hier werden Schweißverbindungen auf Basis ihrer lokalen Nahtgeometrie durch Sichtprüfung mit Schweißnahtlehren in so genannte Bewertungsgruppen eingeteilt. Um die Bewertungsgruppe B zu erreichen, die für ermüdungsbeanspruchte Schweißverbindungen erforderlich ist, wird bei der Sichtprüfung ausschließlich der mehr oder weniger lokale Nahtanstiegswinkel berücksichtigt. Gängige Richtlinien berücksichtigen also den direkten Zusammenhang zwischen den weiteren Geometrieparametern und der resultierenden Ermüdungsfestigkeit nicht.

Um eine ressourceneffizientere Auslegung zu ermöglichen, ist eine fertigungsbegleitende Qualitätssicherung (QS) der Schweißnähte hinsichtlich der Ermüdungsfestigkeit erforderlich. In diesem Beitrag werden Untersuchungen zur Entwicklung eines automatisierten Qualitätssicherungssystems (siehe Bild 1) zur Bewertung von Schweißnähten hinsichtlich ihrer Ermüdungsfestigkeit vorgestellt.

Entwicklung des QS-Systems

Der für die Entwicklung des QS-Systems verwendete Grundwerkstoff ist ein thermomechanisch gewalzter Offshore-Feinkornbaustahl S355MLO nach EN 10225-1. Die Bleche wurden bei der Fa. EEW Pipe Production Erndtebrück GmbH & Co. KG durch automatisiertes sechslagiges Unterpulverschweißen (UP) hergestellt. Dieser Schweißprozess ist üblich für die Herstellung der Gründungsstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen. Anschließend wurden Probengeometrien mittels Wasserstrahlschneiden und Fräsen erzeugt. Ein Querschliff der untersuchten Schweißverbindungen ist in Bild 2 dargestellt.

Die Geometrie der Proben wurde vollautomatisch mit einem in einer CNC-Werkzeugmaschine integrierten Laserliniensensor vom Typ LJ-V 7080 der Fa. Keyence AG gemessen, siehe Bild 3.

Bild 2

Querschliff einer Unterpulver-Schweißverbindung

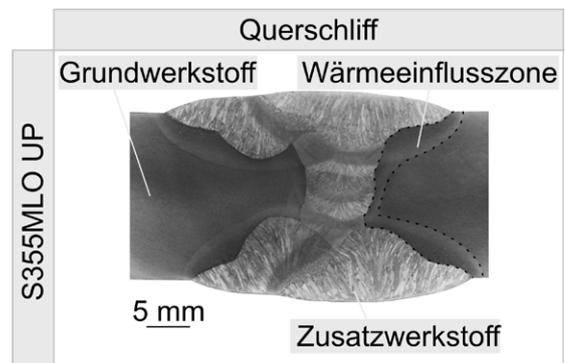
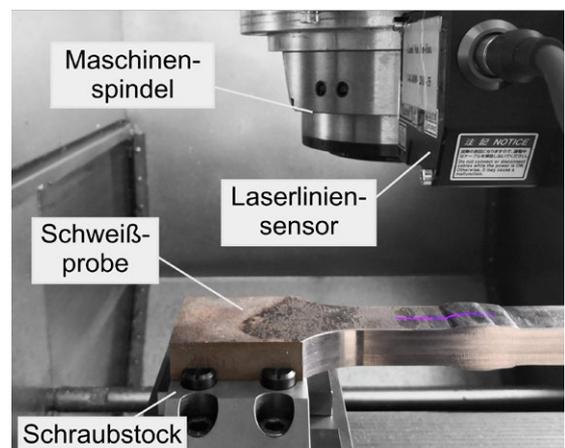


Bild 3

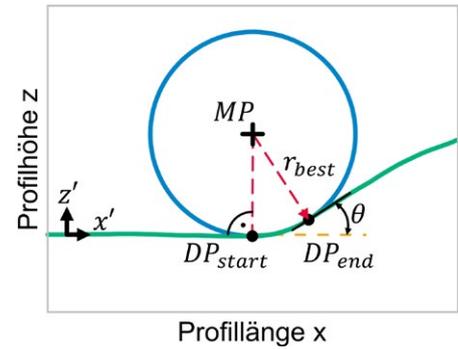
Scan-Vorgang einer geschweißten Probe



Der Lasersensor ist auf dem Spindelkasten montiert und auf die Maschinenachsen ausgerichtet. Für die Messung wurde jede Probe auf einer Seite in einem Schraubstock eingespannt, wobei die Rückseite separat gescannt wurde. Jede Seite enthält zweidimensionale Geometriedaten (XZ-Werte) von 57 Linien mit jeweils 1201 Datenpunkten.

Zur Bestimmung der lokalen Schweißnahtgeometrieparameter Kerbradius r und Nahtanstiegswinkel θ wurden aufgenommene Daten mit der mathematisch-statistischen Software MATLAB gefiltert und ausgewertet. Das Auswerteverfahren zur Bestimmung der lokalen Schweißnahtparameter basiert auf der Annahme, dass der Nahtübergang durch ein Kreissegment approximiert werden kann, das durch einen Startdatenpunkt, einen Enddatenpunkt und einen Radius bestimmt ist (siehe Bild 4). Für jede Kombination an Kreissegmenten werden die Abstände zwischen den Datenpunkten und dem Kreis ausgewertet. Die Kombination mit der besten Bewertung wird als maßgebliche Kreisapproximation ausgewählt.

Neben der Auswertung des Kerbradius und des Anstiegswinkels wurden die gefilterten Scandaten auch zur Bestimmung der Spannungskonzentrationen an den Nahtübergängen verwendet. Die Berechnung aller Spannungskonzentrationsfaktoren (SCF) wurde vollautomatisch mit der FE-Software ANSYS Mechanical APDL durchgeführt, siehe Bild 5.



Profilhöhe z

Profillänge x

Bild 4

Kreisapproximation

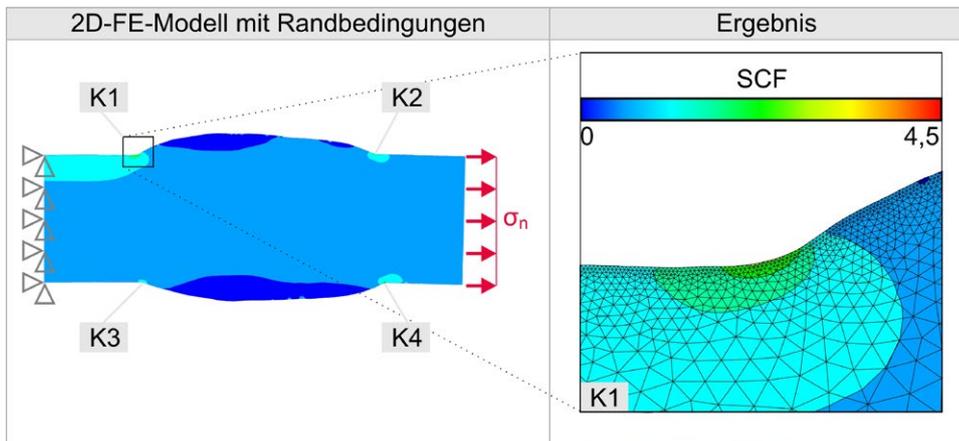


Bild 5

Ergebnis einer FE-Berechnung

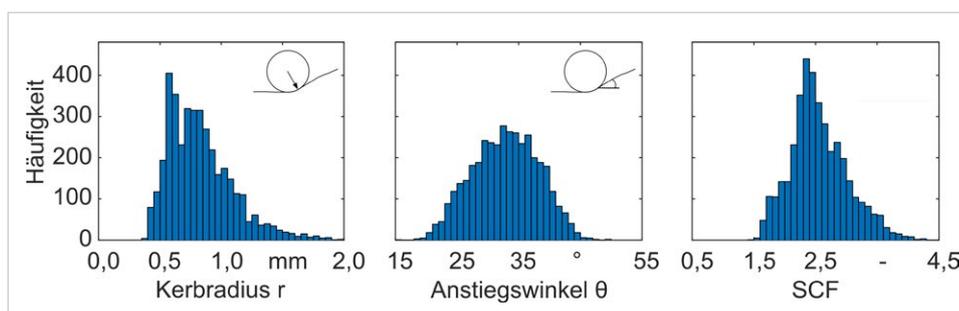


Bild 6

Histogramme der Nahtgeometrieparameter

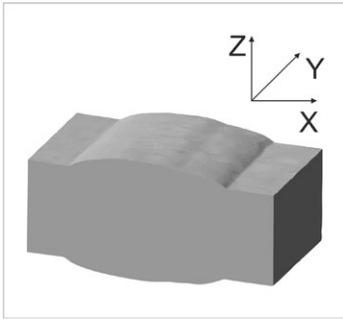


Bild 7
3D-Geometrie einer
zweidimensional
gescannten Schweiß-
verbindung

Statistische Auswertung

Die statistischen Verteilungen der Kerbradien r , der Nahtanstiegswinkel θ und der Spannungskonzentrationsfaktoren SCF sind in Bild 6 dargestellt. Die Daten umfassen die Ergebnisse von über 60 Proben für die 57 Scanlinien und vier Kerben jedes Profils. Es ist zu erkennen, dass die Kennwerte nicht normalverteilt sind. Die 10 %- und 90 %-Dezile der Kerbradien liegen bei 0,54 und 1,18 mm. Für die Flankenwinkel liegen die Dezil-Werte bei 25,54 bzw. 39,73°. Das 10 %-Dezil für den SCF beträgt 1,98 und das 90 %-Dezil 3,20.

Um die Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817 zu erreichen, sind für Stumpfnähte maximale Nahtanstiegswinkel von 30° erforderlich. In Bild 6 ist zu erkennen, dass viele berechnete Flankenwinkel größer als der Grenzwert sind und die untersuchten Proben aufgrund dieses Kriteriums in die Bewertungsgruppe C eingestuft werden. Der Nachweis der Grenzwerte der DIN EN ISO 5817 basiert jedoch auf einer Sichtprüfung mittels Schweißnahtlehren nach DIN EN ISO 17635. Die Berechnung der Flankenwinkel auf der Basis von Scandaten stellt dagegen eine neue Methode dar, die potenziell wesentlich genauere Ergebnisse liefern kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Das vorgestellte System kann in der Zukunft genutzt werden, um eine vollständig digitale Qualitätssicherung von Schweißverbindungen in der Fertigungskette zur Herstellung eines Monopiles zu ermöglichen. Dies kann zu einer wirtschaftlicheren und ressourcenschonenderen Bemessung der Offshore-Windenergieanlagen beitragen. Darüber hinaus kann das System für ein „Reverse Engineering“ genutzt werden, das eine dreidimensionale Abbildung der Nahtgeometrien auf Basis der 2D-Scanlinien ermöglicht, siehe Bild 7. Dadurch sind weitere Erkenntnisse, insbesondere im Bereich der numerischen Bewertung der Ermüdungsfestigkeit der Schweißverbindungen, möglich.

In weiteren Untersuchungen sollte zudem ein Vergleich zwischen den verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Nahtgeometrieparameter durchgeführt werden. Insbesondere sollte geprüft werden, inwieweit die Einhaltung der Grenzwerte nach DIN EN ISO 5817 auch für die Auswertung mittels Laserliniensensoren erforderlich ist.



Autoren

Christian Dänekas

Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Institut für Stahlbau (IfS), Leibniz
Universität Hannover

Klaas Heide

Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Institut für Fertigungstechnik
und Werkzeugmaschinen (IFW),
Leibniz Universität Hannover

Steffen Heikebrügge

Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
IFW, Leibniz Universität Hannover

Per Drohne zum Digitalen Zwilling: Leuchtturmprojekt für die Industrie 5.0

Susann Reichert, Hendrik Kumpe

Eine autonom fliegende Indoor-Drohne entwickelt das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH im Forschungsprojekt AIMS 5.0 als eines von 20 Anwendungsbeispielen für die Industrie der Zukunft. Das Projekt wird von der Europäischen Union (EU) gefördert, beteiligt sind 53 Forschungs- und Industriepartner aus zwölf Ländern.



Bild 1

Eine autonome Kamera-Drohne für den Indoor-Einsatz entwickelt das IPH im EU-Projekt AIMS 5.0. Mit den Messdaten, die die Drohne erhebt, wird der Digitale Zwilling einer Fabrikhalle erstellt.

Die autonome Drohne des IPH wird künftig durch eine Fabrikhalle der BMW Group fliegen, vollständig autonom navigieren und jeden Millimeter vermessen – um einen Digitalen Zwilling der Halle zu erstellen und regelmäßig zu aktualisieren.

Ziel ist es, die Fabrikhalle jederzeit als aktuelles, dreidimensionales Abbild verfügbar zu haben. Das erleichtert es, Produktionslinien umzustrukturieren oder neu aufzubauen, wenn beispielsweise neue Produkte gefertigt werden sollen. Dafür wird jede Maschine, jeder Roboter, jeder Arbeitsplatz im sogenannten Werkkoordinatensystem verzeichnet.

Um den Digitalen Zwilling aktuell zu halten, muss die Fabrik regelmäßig vermessen werden. Das geschieht durch ein Fahrerloses Transportsystem (FTS), einen

Roboterhund und die Drohne, die das IPH entwickelt. Aus der Luft kann die Drohne jene Bereiche vermessen, die vom Boden aus nicht erreichbar sind, wie beispielsweise abgeschlossene Roboterzellen oder Förderbänder.

BMW arbeitet schon länger an einem Digitalen Zwilling der Produktion. Im Forschungsprojekt AIMS 5.0 soll dieses Ziel auf die Spitze getrieben werden, mit Unterstützung von Wissenschaftler*innen des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und der Universität Madrid. Die Ergebnisse des öffentlich geförderten Forschungsprojekts sollen am Ende auch anderen Unternehmen zu Gute kommen und den gesamten Produktionsstandort Europa stärken.

Auf dem Weg zur Industrie 5.0

53 Partner aus zwölf Ländern gehören zum Projektkonsortium von AIMS5.0, darunter produzierende Unternehmen, Zulieferbetriebe, Spezialist*innen, Forschungsinstitute und Universitäten. In unterschiedlichen Arbeitsgruppen arbeiten sie an 20 Anwendungsfällen aus neun Branchen. Ihr gemeinsames Ziel ist es, die nächste industrielle Revolution in Europa voranzubringen: von der automatisierten, digitalisierten Produktion – der Industrie 4.0 – zur intelligenten, denkenden Produktion, der Industrie 5.0.

„Moderne Produktionsprozesse im Sinne von Industrie 5.0 beziehen den Menschen, die Umwelt und die gesamte Lieferkette ein“, sagt Rutger Wijburg, Chief Operating Officer der Infineon Technologies AG, die das Forschungsprojekt AIMS5.0 leitet und koordiniert. Durch den verstärkten Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) könnten Unternehmen nicht nur ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern, sondern auch nachhaltiger produzieren.

Im Forschungsprojekt sollen zahlreiche KI-Tools entwickelt werden und das Vertrauen in Künstliche Intelligenz soll gestärkt werden – als wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz und Umsetzung der neuen Technologien in Unternehmen. Um aufzuzeigen, was künftig in der Industrie 5.0 möglich ist, werden innerhalb von AIMS5.0 20 Anwendungsfällen in Unternehmen umgesetzt – einer davon ist der Digitale Zwilling der Fabrikhalle.

Herausforderungen beim autonomen Drohnenflug

Innerhalb des Anwendungsfalls übernimmt das IPH die gesamte Entwicklung der autonomen Drohne. Das Team um den Drohnen-Experten Hendrik Kumpke stellt zunächst die Hardware zusammen, entscheidet, welche Arten von Kameras oder Sensoren für den autonomen Flug am geeignetsten sind und wie die Drohne konstruiert sein muss, um zusätzliche Ausrüstung – den sogenannten Payload – tragen zu können. Darüber hinaus entwickelt das Team die Software für den autonomen Drohnenflug.

Technisch ist der autonome Drohnenflug eine Herausforderung. Die Drohne muss

jederzeit ihre Position bestimmen können, ohne dabei GPS zu nutzen, weil dies in geschlossenen Räumen nicht funktioniert. Sie muss Hindernisse erkennen und Kollisionen sicher vermeiden können – nicht nur mit Wänden, sondern auch mit Kabeln, Glasscheiben oder beweglichen Hindernissen. Sie muss selbstständig ihre Flugroute planen, um in unbekanntem Raum bis in den letzten Winkel explorieren zu können – und das in möglichst kurzer Zeit, um die Produktion nicht zu stören. Und sie muss gegebenenfalls selbstständig eine Ladestation anfliegen oder den Akku wechseln.

Die autonome Flugplanung will das IPH-Team auf drei verschiedene Arten umsetzen. Zum einen soll die Geschwindigkeit optimiert werden – die Drohne soll einen unbekanntem Raum in möglichst kurzer Zeit vollständig erkunden. Zum anderen soll die Drohne photogrammetrie-optimiert fliegen, also in optimaler Höhe und mit optimalem Abstand zu Objekten, um diese vollständig und dreidimensional erfassen zu können. Und zu guter Letzt wird die Flugplanung für den Laserscan optimiert. In diesem Fall muss die Drohne in gewissen Abständen in der Luft stehen bleiben und den Scan durchführen.

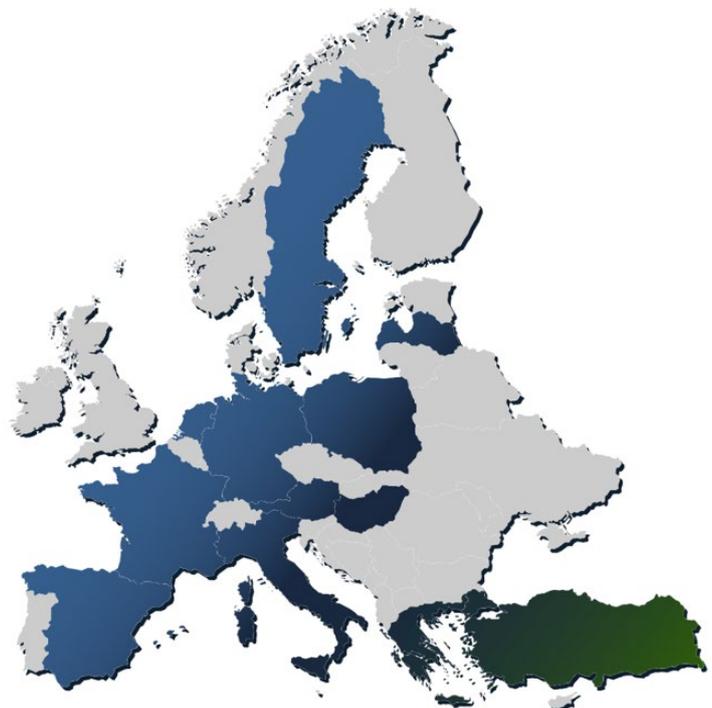


Bild 2

53 Partner aus zwölf Ländern gehören zum Projektkonsortium des Forschungsprojekts AIMS5.0, das von der Europäischen Union gefördert wird.

**Bild 3**

Automobilproduktion aus der Vogelperspektive: Die autonome Indoor-Drohne kann Bereiche der Fabrik erfassen, die vom Boden aus nicht erreichbar sind, wie beispielsweise Förderbänder.

„Unser Ziel ist es, dass wir am Ende an der Drohne einstellen können, in welchem Modus sie fliegen soll“, erklärt Hendrik Kumpe. So könnten Unternehmen ein- und dasselbe System für unterschiedliche Anwendungsfälle nutzen.

Drohnen-Messdaten fließen in Digitalen Zwilling der Fabrikhalle ein

Nachdem das IPH die Drohne entworfen, gebaut und getestet hat, wird BMW damit die Fabrikhalle aufnehmen und die Daten in das Werkkoordinatensystem integrieren. Ziel ist eine Vermessung auf mindestens zwei Millimeter genau.

Geplant ist, dass die Drohne jede Nacht fliegt, sodass der Digitale Zwilling der Fabrikhalle alle 24 Stunden aktualisiert werden kann. Aus Sicherheitsgründen darf die Drohne nach aktuellen Richtlinien nur fliegen, wenn sich keine Menschen in der Produktionshalle befinden. Bei BMW ist das in der Nacht der Fall, in anderen Unternehmen müsste die Drohne beispielsweise Pausenzeiten nutzen und im Geschwindigkeits-optimierten Modus sehr schnell die Halle vermessen.

Autonome Drohnen in der Katastrophenhilfe, im Bergbau oder in Atomkraftwerken

Die Vermessung von Fabrikhallen zur Erstellung eines Digitalen Zwillings ist dabei nur einer von mehreren Anwendungsfällen für autonome Drohnen. Künftig könnten autonome Drohnen überall dort zum Einsatz kommen, wo unbekannte Räume erkundet werden müssen, ohne Menschen in Gefahr zu bringen. Autonome Drohnen könnten eingestürzte oder brennende Gebäude durchsuchen, Bergwerke inspizieren oder in stillgelegte Atomkraftwerke fliegen, um die Strahlung zu messen.

Für produzierende Unternehmen erleichtert die Drohnentechnik insbesondere die Planung und Umstrukturierung von Fabrikhallen. So können Unternehmen zum einen den vorhandenen Platz effizienter nutzen, zum anderen können sie ihre Produktion schnell und mit verhältnismäßig wenig Aufwand an den sich wandelnden Markt anpassen.

Das Forschungsprojekt mit dem Förderkennzeichen 16MEE0363 wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) sowie von der Europäischen Union im Rahmen des gemeinsamen Programms für digitale Schlüsseltechnologien (Key Digital Technologies Joint Undertaking, KDTJU) gefördert.



Autor*innen

Susann Reichert

PR-Referentin am IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Hendrik Kumpe

Projektingenieur am IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und Experte für Unbemannte Luftfahrtsysteme

Impressum

Schriftenreihe des Mittelstand-Digital Zentrums Hannover
Zukunft.Digital – Digitalisierung von der Idee zur Umsetzung
Ausgabe 02/2023

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: Sofie Bauer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind online unter <https://www.dnb.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, November 2023
An der Universität 2, 30823 Garbsen
Telefon: 0511 762 19434. Mail: info@tewiss-verlag.de
www.tewiss-verlag.de

**Konsortialführung
des Mittelstand-Digital Zentrums Hannover:**



Bildnachweis

- Titel, Seite 10: Andrii/stock.adobe.com
- Seite 05, Seite 42 unten – 45: Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW)/Leibniz Universität Hannover
- Seite 06, 17, Rückseite links: ijeab/elements.envato.com
- Seite 07 – 09, 12 – 15, 20: Mittelstand-Digital Zentrum Hannover
- Seite 16: Sennheiser electronic GmbH & Co. KG
- Seite 18/19: Mirror/adobe.stock.com
- Seite 21: Abbildungen basierend auf Grafiken von alexdndz/freepik.com
- Seite 22: Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung (IfBE)/Leibniz Universität Hannover
- Seite 25: pinkeyes/adobe.stock.com
- Seite 26: Chake/adobe.stock.com
- Seite 27, 28 unten, 31 – 33, 40, 41, 46, 47, 49, Rückseite rechts unten: IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
- Seite 28 oben: vadimborkin/adobe.stock.com
- Seite 29: Abbildung basierend auf Mimi Potter/adobe.stock.com
- Seite 30: MediTECH Electronic GmbH
- Seite 34, 35, 37, Rückseite rechts oben: Kählig Antriebstechnik GmbH
- Seite 36: Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA)/Leibniz Universität Hannover
- Seite 38/39: Es sarawuth/shutterstock.com
- Seite 42/43 oben, Rückseite rechts mittig: Photocreo Bednarek/adobe.stock.com
- Seite 48: Gorodenkoff/adobe.stock.com

ISSN der Reihe Zukunft.Digital
2941-3044

ISBN der gedruckten Ausgabe
978-3-95900-876-1

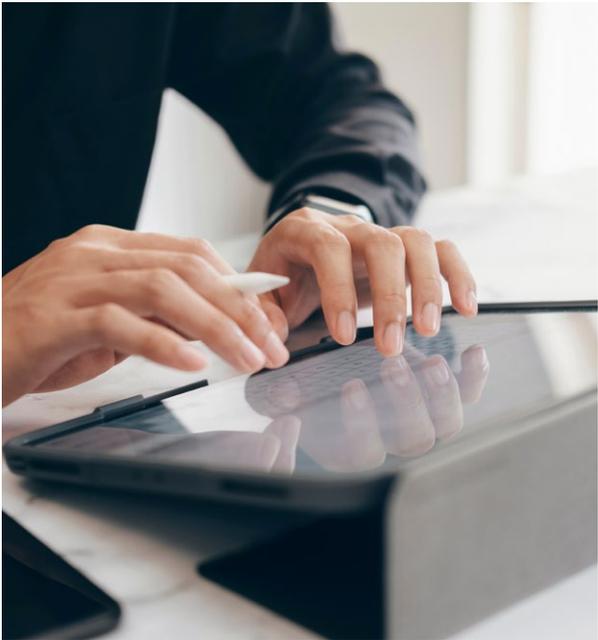
ISBN der digitalen Ausgabe
978-3-95900-877-8





Zukunft.Digital online

digitalzentrum-hannover.de/downloads



Mittelstand-Digital
**Zentrum
Hannover**