

FURN5.●

Handbuch zur Erleichterung der Einführung von Industrie 5.0-Praktiken in der EU-Möbelbranche

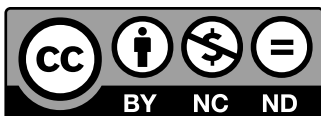
Ein Leitfaden zur Förderung einer
menschenzentrierten, nachhaltigen und
widerstandsfähigen intelligenten Fertigung

© AMBIT 2026
Av. Generalitat, 66 - 43560
La Sénia (Tarragona), SPANIEN
Tel. +34 977 57 01 22
ambitcluster.org

Diese Publikation wurde mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Union erstellt. Dieses Projekt wurde im Rahmen folgender Ausschreibung der Europäischen Kommission finanziert: Unterstützung des sozialen Dialogs (SOCPL-2023-SOC-DIALOG). Referenznummer der Finanzhilfvereinbarung: 101145616. Die Unterstützung der Europäischen Kommission bei der Erstellung dieser Publikation stellt keine Billigung der Inhalte dar, die ausschließlich die Ansichten der Autor:innen widerspiegeln. Die Kommission übernimmt keine Verantwortung für die Verwendung der in dieser Publikation enthaltenen Informationen.

Dieser Leitfaden wurde unter Mitwirkung eines multidisziplinären Expertenteams erstellt:
Alessandra Cecchini, Francesco Balducci, Valentina Vedovi - Manifaktura S.r.l. (Anwendung: 7) | Alessandro Fumagalli, Anna Pellizzari, Claudia Reeder - Material (Anwendung: 4) | Alfredo Ferrer Marco, Gonzalo Ruiz Manzanares - Kampal Data Solutions (Anwendung: 15) | Amaia Castelruiz Aguirre (Anwendung: 8-9), Imanol Ordoñez Zaragoza (App.: 5, 6), Ivan Arakistain Markina (Anwendung: 10, 11) - TECNALIA | Héctor Zapata Cebrián - Tetravol S.L. (Anwendung: 2) | Inmaculada Soler Ramos - Sciling (Anwendung: 12, 13, 14) | Manuel Vinagre Ruiz, Raúl Zaragoza Sacristán von LEITAT (Anwendung: 1) | Ramon Morera i Cuatrecasas - PRODUKTIA (Anwendung: 3) | Ricardo García Bahamonde (Einleitung).

Unter der Anleitung und fachlichen Aufsicht des AMBIT-Teams: Julio Rodrigo Fuentes, Massimiliano Rumignani, Francesc Reolid Sanz, Jaisiel Madrid Sánchez, Lluís Ferrés Solé, Joaquim Solana Monleón sowie mit Beiträgen von Projektpartnern FEDERLEGNOARREDO und EFIC. Design: srbeardman.com



NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International
(CC BY-NCND 4.0). creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en

Sie müssen eine entsprechende Quellenangabe machen, einen Link zur Lizenz bereitstellen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben dürfen in jeder angemessenen Weise erfolgen, jedoch nicht in einer Form, die den Anschein erweckt, der Lizenzgeber unterstütze Sie oder Ihre Nutzung.

Es sind weder Modifikationen noch eine kommerzielle Nutzung erlaubt.

Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen. Wenn Sie das Material bearbeiten, verändern oder anderweitig darauf aufbauen, dürfen Sie das modifizierte Material nicht verbreiten.

Anerkennung	5
Eine anwendungsorientierte Einführung	7
Anwendungen der Industrie 5.0-Technologien	
1. Interaktion zwischen Mensch und Roboter (Human-Robot Interaction, HRI) in der Möbelbranche	16
2. Erweiterte Realität in Produktdesign- und Prototypingprozessen	22
3. Die Nutzung erweiterter Realität für die Aus- und Weiterbildung der Arbeitskräfte in der Möbelbranche	28
4. Intelligente Funktionen in der Möbelbranche	34
5. Optimierung der Produktentwicklungsprozesse durch den Einsatz von Digital-Twin-Technologien	40
6. Erhöhung der Sicherheit und Produktivität von Fertigungsprozessen bei gleichzeitiger Minimierung ihrer Umweltbelastung durch den Einsatz von Simulationstechniken innerhalb von Digital Twins	50
7. Produktrückverfolgbarkeit in der Möbelbranche durch den digitalen Produktpass (Digital Product Passport, DPP)	60
8. Data Science in der Möbelherstellung	68
9. Interoperabilität zwischen Mensch und Maschine	76
10. AIoT für intelligente Fertigung	84
11. Die Entwicklung von IoT und Konnektivität	92
12. Generative KI für individuelles Design und schnelles Prototyping	98
13. KI-gesteuerte Wissensmanagementsysteme	106
14. Optimierung von Marketing- und Vertriebsprozessen mit generativer KI: Automatisierung und Personalisierung von Inhalten	114
15. Kluge Entscheidungsfindung in der Möbelbranche durch Datenkorrelation und KI-gestützte Analysen	122
Industrie 5.0: Stand der Technik und Stakeholder-Empfehlungen	
- Bericht über Industrie 5.0 in der EU-Fertigungsbranche	127
- Bericht über den Reifegrad von Industrie 5.0 in der EU-Möbelbranche	128
- Kompetenzbedarf und Empfehlungen für Stakeholder in der Möbelbranche	129
Anhänge	
A1 Tool zur Selbsteinschätzung für Industrie 5.0	134
A2 Erfahrungsberichte von Unternehmen	136
A3 Ergebnisbericht des Pilotprojekts des Online-Tools zur Selbsteinschätzung	144

Wir möchten unseren Kolleg:innen von FURN5.0-Partnern Chiara Terraneo, Giorgia Von Berger, Greta Maravai – FederlegnoArredo, Gabriella Kemendi und Nicole Gaglioti – EFIC danken. Ihre wertvollen Einblicke und Fachkenntnisse haben die Entwicklung dieses Leitfadens und die verschiedenen Projektaktivitäten maßgeblich inspiriert und gefördert.

Wir danken den Mitarbeitenden der Europäischen Kommission herzlich für ihre Unterstützung während des gesamten Projektverlaufs.

Wir möchten die wichtigsten Beiträge der externen Industrie 5.0-Experten würdigen, die zur Erstellung dieses Leitfadens beigetragen haben:

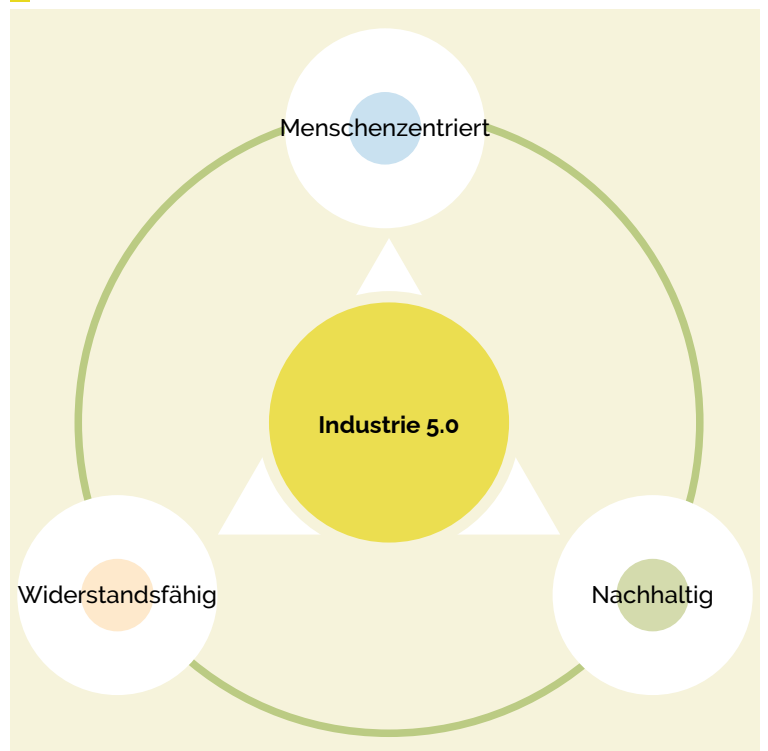
Alessandra Cecchini, Alessandro Fumagalli, Alfredo Ferrer Marco, Amaia Castelruiz Aguirre, Anna Pellizzari, Claudia Reder, Francesco Balducci, Gonzalo Ruiz Manzanarares, Héctor Zapata Cebrián, Imanol Ordoñez Zaragoza, Inmaculada Soler Ramos, Ivan Arakistain Markina, Manuel Vinagre Ruiz, Ramon Morera i Cuatrecasas, Raúl Zaragoza Sacristán, Ricardo García Bahamonde und Valentina Vedovi.

Wir möchten außerdem allen Expert:innen danken, die zur Überarbeitung der FURN5.0-Karten beigetragen und am Experten-Workshop teilgenommen haben. Mit ihrem multidisziplinären und ergänzenden Feedback und Beiträgen haben sie dazu beigetragen, ein besseres Verständnis und einen praxisorientierteren Ansatz für die Industrie 5.0 in der Möbelbranche aufzubauen. Zusätzlich zu den bereits genannten Experten möchten wir uns bei folgenden Personen bedanken:

Alba Tomàs, Albert Graçon Padilla, Alessio Gnaccarini, Àlex Jiménez, Anaïs Le Corvec, Andrea Berra, Antonio Torrente Ortiz, Dermot O'Donovan, Emilio Arasa, Giada Fioretti, Gil Arasa, Heiner Strack, Irene Pellecchia, Javier Portolés, Jeroen Doom, Joan Ortega, Jordi Sort, Juan Carlos Alonso, Juan Sala Martínez, Leonardo Cavo, Marco Denni, Matteo Bottenghi, Mattia Calogero, Nathalie Bekx, Rebecca Squeri, Ricardo García Bahamonde, Ruben Sagone, Santiago Pérez de la Hoz, Stefano Santoni, Vittorio Riponi und Xavier Pi i Palomés.

Die Umsetzung des FURN5.0-Projekts war nur dank der Finanzierung durch die Ausschreibung der Europäischen Kommission zur Unterstützung des sozialen Dialogs (SOCPL-2023-SOC-DIALOG) möglich.

1



Industrie 5.0 und die intelligente Zukunft der Möbel

Industrie 5.0 stellt die nächste Entwicklungsstufe der modernen Fertigung dar und geht über die traditionellen Ziele von Effizienz und Produktivität hinaus, um einen stärker **menschenzentrierten, nachhaltigeren und widerstandsfähigeren** Ansatz zu verfolgen. Einfach ausgedrückt geht es bei Industrie 5.0 darum, *fortschrittliche Technologien so einzusetzen, dass sie die Arbeitskräfte stärken, der Gesellschaft zugute kommen und die Umwelt respektieren*. Dieses einleitende Kapitel erläutert, was Industrie 5.0 für die Möbelbranche bedeutet, welche Schlüsseltechnologien dahinterstehen, und welche relevanten Anwendungsbeispiele später im Bericht vorgestellt werden. Dieses FURN5.0-Handbuch bietet Führungskräften und Techniker:innen der Möbelbranche praktische, validierte Tools für den strategischen Übergang zu Industrie 5.0 und befasst sich mit der zentralen Herausforderung, Talente zu gewinnen und zu halten und gleichzeitig das Wohlbefinden der Arbeitskräfte zu verbessern. Anhand praktischer Beispiele erhalten Branchenleiter:innen und Techniker:innen eine klare Vision der intelligenten Zukunft der Möbelbranche und erfahren, welche konkreten Maßnahmen sie umsetzen können, um die Digitalisierung und Wettbewerbsfähigkeit der Branche zu stärken.

Was ist Industrie 5.0 in der Möbelbranche?

Industrie 5.0 ist ein neues industrielles Paradigma, das von der Europäischen Kommission formuliert wurde und *„über Effizienz und Produktivität als alleinige Ziele“ der Fertigung hinausgeht*. Stattdessen **stellt es das Wohlbefinden der Arbeitskräfte in den Mittelpunkt der Produktion und verfolgt weitgehende gesellschaftliche und ökologische Ziele**, die den bestehenden Industrie-4.0-Rahmen ergänzen. Im Wesentlichen basiert Industrie 5.0 auf drei Hauptsäulen: **Menschzentrierung, Nachhaltigkeit und Resilienz** (siehe Abbildung 1). FURN5.0 fördert das Wohlbefinden der Arbeitskräfte, verbesserte Sicherheit und notwendige Kompetenzentwicklung. Dieser menschenzentrierte Ansatz stärkt den kritischen sozialen Dialog für einen sozial gerechten industriellen Wandel in der EU. Dies bedeutet, dass Fabriken der Zukunft nicht nur intelligent und automatisiert sind, sondern auch auf die Bedürfnisse der Menschen zugeschnitten, ökologisch verantwortungsvoll und störungsresistent sein müssen.

1 Die drei Kernsäulen von Industrie 5.0

Industrie 5.0 in der Möbelbranche ist in erster Linie **menschenzentriert**. Anstatt Technologie als Ersatz für Menschen zu betrachten, fördert sie menschliche Fähigkeiten und Kreativität. Kollaborative Roboter übernehmen sich wiederholende oder gefährliche Aufgaben; intuitive

Schnittstellen wie AR/VR machen Schulung, Einrichtung und Problemlösung einfacher und schneller; und Wissenstools helfen den Arbeitnehmer:innen, auf Fachwissen zuzugreifen und es zu teilen. Das Ergebnis sind sicherere, sauberere Arbeitsplätze sowie attraktivere Positionen für neue Talente, wodurch Weiterbildung und Inklusion in der gesamten Belegschaft gefördert werden.

Aufbauend auf der Digitalisierung von Industrie 4.0 gestaltet Industrie 5.0 die Einführung im Hinblick auf das Wohlbefinden der Arbeitnehmer:innen, Arbeitsqualität und sinnvolle Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine und ermöglicht gleichzeitig eine Massen Anpassung, die sich an handwerklichen und gestalterischen Prinzipien orientiert. Diese auf den Menschen ausgerichteten Vorteile hängen natürlich mit übergeordneten Zielen zusammen: widerstandsfähige Abläufe durch datengestützte Entscheidungen und interoperable Systeme sowie Nachhaltigkeit durch Abfallvermeidung, intelligentere Materialauswahl und Transparenz über den gesamten Lebenszyklus (z. B. digitale Produktpässe). Die politische Landschaft in Europa – die sich in Initiativen wie FURN5.0 widerspiegelt – fördert diesen Wandel nicht nur durch die Förderung von Schlüsseltechnologien, sondern auch durch die Unterstützung des sozialen Dialogs, der Entwicklung von Fähigkeiten und einer attraktiven Vision moderner Fertigung. Kurz gesagt, Industrie 5.0 verbindet fortschrittliche Technologie mit besseren Arbeitsplätzen, besseren und nachhaltigeren Produkten sowie verantwortungsvollem Wachstum, wobei der Mensch im Mittelpunkt steht und gleichzeitig Wettbewerbsfähigkeit und Umweltleistung gestärkt werden.

Zweitens ist Industrie 5.0 in der Möbelbranche ebenfalls auf Nachhaltigkeit ausgerichtet (z. B. zirkuläres Design und Ressourceneffizienz). Europäische Initiativen wie der Green Deal, der neue Clean Industrial Deal, der Competitiveness Compass und andere Vorschriften drängen Möbelhersteller dazu, Abfall zu reduzieren und den ökologischen Fußabdruck von Produkten zu dokumentieren. Bei Industrie 5.0 wird Technologie zu einem Mittel für diese Zwecke: zum Beispiel durch **die Nutzung von Daten und Sensoren zur Überwachung des Energie- und Materialverbrauchs** oder durch **die Einführung zirkulärer Materialien und Prozesse**, zur Minimierung der Umweltauswirkungen. Kurz gesagt bietet Industrie 5.0 eine *„Vision der Branche, die (...) neue Technologien nutzt, um Wohlstand über Arbeitsplätze und Wachstum hinaus zu schaffen, während die Produktionsgrenzen des Planeten respektiert werden.“* Für Möbelhersteller könnte dies bedeuten, Produkte auf Langlebigkeit und Wiederverwertbarkeit auszurichten, biobasierte Materialien zu

verwenden und intelligente Systeme zu nutzen, um die Produktion umweltfreundlich zu optimieren.

Schließlich ist **Resilienz** – die dritte Säule – für die Möbelherstellung in einer nach der Pandemie globalisierten Welt von großer Bedeutung und erstreckt sich über die Fabrikmauern hinaus bis in das Gebiet, in dem Unternehmen tätig sind. Resilienz aufzubauen bedeutet größere Produktionsflexibilität, transparente und diversifizierte Lieferketten sowie agile, kontinuierlich weitergebildete Arbeitskräfte. Dazu gehört auch, die Wertschöpfung lokal zu verankern: regionale Lieferantennetzwerke zu stärken, Logistikwege zu verkürzen und industrielle Symbiose zu fördern (z. B. gemeinsame Dienstleistungen, zirkuläre Materialschleifen und Energiegemeinschaften). Industrie 5.0 ermutigt dazu, Wertschöpfungsketten und Energiepraktiken nicht nur so zu überarbeiten, dass sie Schocks überstehen, sondern auch gemeinsam mit dem lokalen Ökosystem weiterzuentwickeln. Genau dieser Wettbewerbseffekt wird seit langem von der Clustertheorie (formuliert von Michael Porter) hervorgehoben, wonach enge Verbindungen

zwischen Unternehmen, Institutionen und Talenten Produktivität und Innovation steigern. In der Möbelbranche bedeutet dies Fähigkeiten wie die schnelle Umstellung der Produktlinien, die Schulung von Teams zu digitalen Kompetenzen und die Nutzung digitaler Plattformen für Beschaffung und Vertrieb unter Priorisierung regionaler Partner, es umfasst außerdem die Herkunftsnachverfolgung, die Entwicklung von Second-Source-Optionen in der Nähe sowie die Nutzung von Clusterorganisationen für gemeinsame Tests, Schulungen und Marktzugang. Das Ergebnis ist ein Sektor, der widerstandsfähiger gegenüber Störungen und wettbewerbsfähiger ist, weil er eingebettet, kollaborativ und lokal regenerativ ist.

Insgesamt verbindet Industrie 5.0 in der Möbelbranche technologische Innovation mit einem breiten Spektrum menschlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten – Kreativität, Handwerkskunst, kritisches Urteilsvermögen, Problemlösungskompetenz, Zusammenarbeit, Anpassungsfähigkeit und kontinuierliches Lernen – zusammen mit Umweltverantwortung, damit die Branche wirtschaftlich, sozial und ökologisch gedeihen kann.

Schlüsseltechnologien für Industrie 5.0

Industrie 5.0 basiert auf einer Reihe fortschrittlicher **Schlüsseltechnologien**, die ihre menschenzentrierte und nachhaltige Vision ermöglichen. Viele dieser Technologien sind Weiterentwicklungen von Industrie-4.0-Tools, die nun intelligenter, kollaborativer und empathischer eingesetzt werden und somit menschliche Bedürfnisse, Wohlbefinden und Kreativität in den Mittelpunkt der industriellen Innovation stellen. Laut der Europäischen Kommission zählen „maßgeschneiderte

Interaktion zwischen Mensch und Maschine, von der Natur inspirierte Technologien und intelligente Materialien, Digital Twins und Simulationen, Technologien zur Datenübertragung/-speicherung/-analyse, künstliche Intelligenz sowie Technologien für Energieeffizienz und Autonomie“ zu den Schlüsseltechnologien von Industrie 5.0. In der Praxis sind die folgenden technologischen Bereiche im Kontext der Möbelherstellung besonders relevant:



Kollaborative Interaktionen zwischen Mensch und Maschine

Ein Markenzeichen von Industrie 5.0 ist, dass Menschen und Maschinen nahtlos zusammenarbeiten. Dazu gehört der Einsatz **kollaborativer Roboter (Cobots)**, die Seite an Seite mit den Arbeitskräften in der Fabrikhalle arbeiten. Im Gegensatz zu herkömmlichen Industrierobotern, die hinter Sicherheitszäunen bleiben, sind Cobots mit Sensoren und Kraftbegrenzungen ausgestattet, damit sie den Arbeitsplatz sicher mit den Menschen teilen können. Sie übernehmen schwere, sich wiederholende oder ergonomisch anspruchsvolle Aufgaben – zum Beispiel das Heben schwerer Platten, das Schleifen großer Flächen oder präzises Bohren – und **verbessern so die Sicherheit und Effizienz der Arbeitskräfte**. Entscheidend ist, dass diese Roboter „*kollaborativ und kognitiv*“ sind, was bedeutet, dass sie sich an menschliche Absichten anpassen und Feedback geben können (z. B. KI zur Interpretation von Handlungen oder

Sprachbefehlen von Arbeitskräften). Neben der Robotik stärken **fortschrittliche Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine** wie erweiterte Realität (Augmented Reality, AR) und virtuelle Realität (Virtual Reality, VR) die Arbeitskräfte in der Möbelbranche. AR/VR kann digitale Informationen in die reale Welt einblenden oder virtuelle Umgebungen simulieren, was *sich in der Fertigung als „nützlich für Schulungen, Wartung und Design“* erweist. Neue Möbelmonteure könnte beispielsweise eine AR-Brille tragen, die Montagerichtlinien Schritt für Schritt anzeigt, oder Produktdesigner:innen könnte VR nutzen, um einen virtuellen Prototyp eines neuen Möbelstücks durchzugehen. Diese intuitiven Schnittflächen erleichtern es den Arbeitskräften, mit komplexen Maschinen und Prozessen zu interagieren, und verkörpern damit das Industrie 5.0-Ideal der „*individualisierten Interaktionen zwischen Mensch und Maschine*“.



Intelligente und nachhaltige Materialien

Industrie 5.0 nutzt zudem **von der Natur inspirierte und intelligente Materialien**, um Produkte zu innovieren und die Umweltbelastung zu verringern. „Intelligente“ oder smarte Materialien können auf ihre Umgebung reagieren – zum Beispiel Stoffe, die ihre Eigenschaften mit der Temperatur verändern, oder Holzverbundwerkstoffe, die in Sensoren eingebettet sind. In der Möbelbranche könnten **intelligente Funktionen die in Möbelstücke integriert** werden (wie ein Tisch, der Geräte aufladen oder die Höhe automatisch anpassen kann, oder Stühle, die die Körperhaltung überwachen). Dies umfasst außerdem biobasierte Materialien und **zirkuläre Materialien** (recyclbare, erneuerbare Ressourcen), die mit den Nachhaltigkeitszielen übereinstimmen. Durch den Einsatz fortschrittlicher Materialien können Möbelhersteller Produkte entwickeln, die langlebiger, individueller oder umweltfreundlicher sind. Dieser Technologiebereich überschneidet sich oft mit Designinnovationen: Ingenieure experimentieren mit **Biomimikry** (lernen von Naturdesigns), um Möbelmaterialien zu entwickeln, die leicht, aber robust sind, oder mit selbstheilenden Beschichtungen, die die Lebensdauer des Produkts verlängern. Auch wenn diese „von der Natur inspirierten Technologien und intelligenten Materialien“ vielleicht nicht so sichtbar hochtechnologisch sind wie Roboter oder KI, stellen sie einen entscheidenden Teil des Strebens von Industrie 5.0 nach nachhaltiger Innovation dar. Ein Möbelunternehmen, das Industrie 5.0 einführt, könnte beispielsweise **holzähnliche Verbundstoffe aus recycelten Fasern** oder **intelligente Textilien** erforschen, die auf die Bedürfnisse der Nutzer:innen reagieren, und so altmodische Handwerkskunst mit moderner Technik verbinden.



Digital Twins und Simulationen

Ein Digital Twin ist eine **virtuelle Nachbildung eines physischen Produkts, Prozesses oder einer gesamten Fabrik**. Industrie 5.0 nutzt Digital Twins und fortschrittliche Simulationen, um die Produktion zu optimieren und Ergebnisse ohne teure Versuche und Irrtümer in der realen Welt vorherzusagen. In der Möbelbranche könnten Digital Twins bahnbrechend sein. Stellen Sie sich ein digitales Modell eines Möbelstücks vor, das sich während der Herstellung in Echtzeit aktualisiert und es Ingenieur:innen ermöglicht, Anpassungen virtuell zu testen oder Wartungsbedarf vorhersehen zu können. Diese Fabriken können Digital Twins auch zu ihren Produktionslinien hinzufügen, um Workflow-Änderungen zu simulieren oder eine neue Maschine in die Software zu integrieren, bevor sie sie in der Fertigung einsetzen. Eine besondere Anwendung, die für das Nachhaltigkeitsziel von Industrie 5.0 relevant ist, **ist die Simulation**

von Umwelt- und sozialen Auswirkungen. Bevor Unternehmen Änderungen an Materialien oder Prozessen vornehmen, können sie mithilfe von Software modellieren, wie sich diese Veränderungen auf ihren CO₂-Fußabdruck, die Abfallproduktion oder sogar die Ergonomie der Arbeitskräfte auswirken. Das FURN5.0-Projekt hebt Technologien zur „*Simulation und Messung von Umwelt- und sozialen Auswirkungen hervor*“ und unterstreicht die Bedeutung des Einsatzes digitaler Tools zur Förderung der Nachhaltigkeit in Design und Produktion. Die Einführung der Digital-Twin-Technologie ermöglicht es Möbelherstellern, **proaktiver und datenorientierter** zu agieren, Probleme virtuell zu lösen (wie etwa die Anpassung eines Designs, um weniger Material zu verwenden) und optimale Ergebnisse in Bezug auf Effizienz und Nachhaltigkeit sicherzustellen.



Datenkonnektivität und Rückverfolgbarkeit

Im Rahmen von Industrie 5.0 **sind Daten das Bindeglied**, das alle Teile der Wertschöpfungskette verbindet. Aufbauend auf IoT (Internet of Things) der Industrie 4.0 werden Möbelfabriken Netzwerke mit Sensoren und intelligenten Geräten auf Maschinen, in Lagern, sogar auf gelieferten Produkten einsetzen, um Echtzeitdaten zu sammeln. Das Ziel ist es, eine kontinuierliche Rückkopplungsschleife für Verbesserung und Transparenz zu schaffen. Der Einsatz **von IoT und Big Data zur Erfassung und Analyse von Informationen in Echtzeit kann das Ressourcenmanagement und die Entscheidungsfindung** erheblich verbessern. Sensoren an einer Produktionslinie könnten beispielsweise den Energieverbrauch erfassen, und Analysen können dann Möglichkeiten vorschlagen, Strom zu sparen oder Wartungszeiten optimal zu planen. Ein weiterer entscheidender Aspekt ist die **Interoperabilität**, d. h. die nahtlose Zusammenarbeit verschiedener Maschinen und Softwaresysteme beim Datenaustausch innerhalb der Fabrik und der Lieferkette. Industrie 5.0 fördert die „*Interoperabilität von Daten und Systemen*“, sodass alle Beteiligten (von Materiallieferanten bis hin zu Einzelhandelsgeschäften) in einem digitalen Ökosystem vernetzt werden können. Ein konkretes Beispiel für datengetriebene Transparenz in Europa ist der **Digital Product Passport (DPP)**. Im Wesentlichen ist ein DPP ein digitales Protokoll, das einem Produkt beiliegt und detaillierte Informationen über dessen Materialien, Herkunft, Herstellung und Entsorgungshinweise enthält. In naher Zukunft werden Möbelhersteller verpflichtet sein, solche Daten für jedes Produkt bereitzustellen, um Nachhaltigkeitsvorschriften zu erfüllen. Das Scannen eines einfachen QR-Codes auf einem Möbelstück könnte seine gesamte „Lebensgeschichte“ enthüllt werden, was Praktiken der Kreislaufwirtschaft wie einfacheres Recycling und verantwortungsbewusste Beschaffung ermöglicht. In unserem Kontext **ist die Rückverfolgbarkeit des Produkts durch eine DPP eine Schlüsse-**

lanwendung, die sicherstellt, dass jeder Schritt der Lebensdauer eines Möbelprodukts transparent ist. Dies schont nicht nur die Umwelt, sondern schafft auch einen Mehrwert für Verbraucher:innen, die wissen wollen, wie ihre Möbel hergestellt wurden. Insgesamt sind robuste Dateninfrastrukturen – von IoT-Sensoren auf dem Fabrikboden bis hin zu Cloud-Plattformen, die Big Data aggregieren – grundlegende Technologien, die die *intelligente, vernetzte und transparente* Natur von Industrie 5.0 ermöglichen.



Künstliche Intelligenz und Automatisierung

KI ist der Motor, der alle Daten und die Komplexität von Industrie-5.0-Systemen versteht. In einem menschenzentrierten Rahmen fungiert künstliche Intelligenz als ergänzendes Tool für menschliche Entscheidungsfindung und Kreativität. Es gibt hier zwei große Kategorien von KI-Anwendungen: *analytische KI* und *generative KI*. Analytische KI bezieht sich auf den Einsatz von maschinellen Lernalgorithmen, um Muster zu erkennen, Ergebnisse vorherzusagen und Entscheidungen zu unterstützen. Für einen Möbelhersteller könnte analytische KI zur Bedarfsplanung, Qualitätskontrolle oder Prozessoptimierung eingesetzt werden – zum Beispiel ein KI-System, das Produktionsdaten analysiert, um Maschinenausfälle vorherzusagen oder Materialfehler zu erkennen (was die Widerstandsfähigkeit und Qualität verbessert). Eine der im FURN5.0-Handbuch beschriebenen Anwendungen konzentriert sich auf „*KI-Analytik und Musteranalyse*“ und analysiert, wie KI große Datensätze durchsuchen kann, um Trends zu finden, die Menschen übersehen könnten. Generative KI hingegen umfasst KI-Systeme, die neue Inhalte oder Designs erstellen können. Dies ist ein aufstrebendes Gebiet mit spannenden Perspektiven, nicht nur für Möbeldesign und Marketing, sondern auch für organisatorische Effizienz. Stellen Sie sich eine KI vor, die Hunderte individueller Möbeldesignvarianten basierend auf den Vorlieben eines Kunden generieren oder schnell Prototypen in einer virtuellen Umgebung produzieren kann – etwas, das die Designphase erheblich beschleunigen könnte. Diese „*generative KI für individuelles Design und schnelles Prototyping*“ ist eine der Anwendungen, die in diesem Projekt vorgestellt werden. In ähnlicher Weise kann generative KI genutzt werden, um das operative Management und die Effizienz zu verbessern, zum Beispiel durch die Optimierung und Schaffung neuer Formen des Wissensmanagements, Automatisierung von Dokumentationen und die Verbesserung der Kundeninteraktion. Zum Beispiel könnte ein KI-gesteuertes Wissenssystem es Arbeitskräften ermöglichen, eine Datenbank in natürlicher Sprache abzufragen (wie ein KI-Assistent, der die Designregeln des Unternehmens und frühere Projekte kennt). Im Vertrieb und Marketing können generative KI-Tools automatisch personalisierte Marketinginhalte oder Visualisierungen der Innenein-

richtung für Kund:innen erstellen und so das Kundenerlebnis verbessern. Der gemeinsame Nenner ist, dass KI, wenn sie verantwortungsvoll eingesetzt wird, menschliche Fähigkeiten verstärkt – sei es durch Kreativität im Design oder Effizienz in der Produktion – anstatt die menschliche Rolle zu ersetzen. Industrie 5.0 betont „*einen menschenzentrierten Ansatz für digitale Technologien, einschließlich KI*“, und stellt sicher, dass KI-Lösungen mit Blick auf das Wohlbefinden und die Befähigung der Arbeitskräfte entwickelt werden.



Nachhaltige Energie und Autonomie

Abgerundet wird das Technologieportfolio durch Innovationen in den Bereichen **Energieeffizienz, erneuerbare Energien und autonome Systeme**. Diese Technologien sind zwar nicht auf die Möbelbranche beschränkt, aber für die Erreichung des Nachhaltigkeitsziels von Industrie 5.0 von entscheidender Bedeutung. Dies kann alles umfassen, von Fabriken, die Solarpaneele und intelligente Energiemanagementsysteme installieren, um ihren CO₂-Fußabdruck zu verringern, bis hin zur Erforschung autonomer Logistik (wie selbstfahrende Gabelstapler oder Lieferdrohnen), die die Widerstandsfähigkeit im Betrieb erhöhen können. Energieorientierte Technologien waren nicht als eigenständiger Abschnitt im FURN5.0-Handbuch enthalten, bilden aber die Grundlage für den breiteren Kontext: Letztlich tragen viele Verbesserungen von Industrie 5.0 (darunter effiziente Maschinen, optimierte Prozesse mittels KI, Einsatz von Digital Twins zur Abfallreduzierung) zu **Energieeinsparungen und grünerer Produktion** bei. Die europäische Industrie-5.0-Strategie hebt ausdrücklich die Bedeutung von „Technologien für Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Energiespeicherung und Autonomie“ als Teil dieses zukünftigen Industriemodells hervor. In einer Möbelfabrik könnte sich dies beispielsweise in der Einführung intelligenter Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage sowie Beleuchtungssystemen äußern, die auf Echtzeitbedingungen reagieren, oder in der Nutzung von Energie, die aus Produktionsprozessen gewonnen wird, um andere Abläufe zu betreiben. Der Schwerpunkt liegt darauf, dass Technologie dazu beitragen sollte, den ökologischen Fußabdruck der Fertigung zu minimieren und so *Nachhaltigkeit* nicht nur durch Materialien, sondern auch durch die Art und Weise zu erreichen, wie wir unsere Fabriken mit Strom versorgen und betreiben.

Zusammenfassend bilden die unterstützenden Technologien von Industrie 5.0 einen vernetzten Werkzeugkasten.

Kollaborative Robotik und AR/VR konzentrieren sich auf den *menschlichen* Aspekt, intelligente Materialien und saubere Technologien zielen auf *Nachhaltigkeit* ab, und Digital Twins, IoT und KI sorgen für *Resilienz* und Intelligenz. Wichtig ist, dass viele dieser Technologien bereits heute in fortschrittlichen Unternehmen Einzug halten (wie ein Bericht von 2024 feststellt, *sind sie „bereits in Unternehmen vorhanden, die auf dem Weg der Digitalisierung schon weit fortgeschritten sind“*). Industrie 5.0 sieht

jedoch eine integrierte, menschenzentrierte Einführung im gesamten Fertigungssektor vor. Für Möbelunternehmen, die diese Reise antreten, ist das Verständnis dieser Technologien der erste Schritt. Dennoch zeigt die aktuelle Forschung, dass eine **Wissenslücke** besteht: Im Durchschnitt gaben *50 % der befragten EU-Möbelunternehmen an, wenig über Industrie-5.0-Technologien zu wissen (wobei einige Technologien bis zu 70 % geringe Bekanntheit aufweisen)*. Hier kommen die Bildungsmaterialien des FURN5.0-Projekts als nützliche Ressourcen ins Spiel, indem sie helfen, diese Lücke zu schließen und zu veranschaulichen, was diese Innovationen in der Praxis bedeuten.

Was Sie von diesem Handbuch erwarten können – Anwendungsübersicht

Der Kern des Handbuchs des FURN5.0-Projekts ist eine Sammlung von **Industrie-5.0-Anwendungen** – prägnante, praktische Fallstudien oder Informationsblätter –, die jeweils eine spezifische Anwendung der Industrie 5.0-Technologie in der Möbelbranche hervorheben. Diese Anwendungen sind so gestaltet, dass sie leicht lesbar und informativ sind, damit Führungskräfte, Arbeitskräfte oder andere interessierte Leser:innen in der Möbelbranche schnell verstehen können, wie eine bestimmte Technologie funktioniert und welche Vorteile

sie bietet. Dieses einleitende Kapitel bietet eine Übersicht über die Abschnitte des Handbuchs, erklärt die behandelten Inhaltsarten sowie deren Navigation.

Die Anwendungen sind nach Technologiebereichen organisiert und orientieren sich an den oben genannten grundlegenden Technologiekategorien. Diese thematische Gruppierung hilft den Leser:innen, verwandte Themen zu verbinden und das große Ganze zu sehen. Die wichtigsten Anwendungsgebiete und ihre zugehörigen Anwendungen sind wie folgt:



Interaktion zwischen Mensch und Maschine und Robotik

Der Inhalt in diesem Bereich zeigt, wie die Möbelproduktion durch *kollaborative Robotik und immersive Schnittstellen* menschenzentrierter werden kann. Beispielsweise konzentriert sich eine spezielle Anwendung auf **die Interaktion zwischen Menschen und Robotern (Human-Robot Interaction, HRI)** (Nr. 1) in Möbelfabriken und zeigt, wie *kollaborative Roboter („Cobots“)* Arbeitskräfte bei Aufgaben wie Montage oder Oberflächenveredelung unterstützen können. Eine weitere Anwendung behandelt den Einsatz von **erweiterter Realität (Extended Reality, XR)** (Nr. 2) – also Augmented und Virtual Reality – im Produktdesign und Prototyping. Es gibt auch eine Anwendung zur **Nutzung von XR für die Ausbildung und Weiterbildung der Arbeitskräfte** (Nr. 3) in der Möbelbranche. Durch diese Beispiele sehen die Leser:innen, wie Bediener:innen *Hand in Hand mit intelligenten Maschinen* arbeiten können: von der Verwendung von AR-Brillen, um ein neues Küchendesign in 3D zu visualisieren, bevor es gebaut wird, bis hin zur Programmierung eines Cobots durch einfaches Führen einer Bewegung (anstatt komplexer Codierung). Die wichtigste Erkenntnis ist, dass Industrie-5.0-Technologien die Fabrikumgebung interaktiver, intuitiver und sicherer für die Menschen machen können.



Intelligente Materialien und Funktionen

In diesem Bereich ist eine der Anwendungen den **intelligenten Funktionen in der Möbelbranche** gewidmet (Nr. 4), bei der fortschrittliche Materialien und eingebettete Technologien erforscht werden, die Möbel neue Fähigkeiten verleihen. Zum Beispiel könnte es intelligente Möbelprototypen wie etwa ein **Tisch mit integrierter drahtloser Ladefunktion und Sensoren** präsentiert werden oder die Verwendung von **Formgedächtnismaterialien**, die es den Komponenten ermöglichen, sich selbst anzupassen. Der Inhalt wird verdeutlichen, wie intelligente Materialien einen Mehrwert schaffen (Möbel, die sich an Nutzer oder Umwelt anpassen) und die Nachhaltigkeit verbessern können (Materialien, die länger halten oder leichter recycelbar sind). Durch die Lektüre dieser Anwendung werden Branchenleiter:innen und Techniker:innen das Konzept der *„intelligenten Materialien“* im Kontext von Industrie 5.0 verstehen und erkennen, dass die Materialwissenschaft bei der Gestaltung der Zukunft der Möbelherstellung ebenso wichtig ist wie die Informatik.



Digital Twins und Simulationen

Zwei Anwendungsbeispiele fallen in diesen Bereich und verdeutlichen die Leistungsfähigkeit von Virtualisierung und Modellierung. Das erste umfasst **Digital Twins von Produkten und Prozessen** (Nr. 5) und erklärt, wie die Erstellung eines digitalen Spiegels eines Möbelstücks oder einer gesamten Produktionslinie bei Design, Tests und Wartung helfen kann. Das zweite befasst sich mit **Technologien zur Simulation und Messung von Umwelt- und Sozialauswirkungen** (Nr. 6) in der Möbelherstellung. Diese Anwendung ist besonders zukunftsorientiert: Sie zeigt Tools, die einen Prozess simulieren (wie die Herstellung eines Tisches) und dessen CO₂-Emissionen oder sogar ergonomische Auswirkungen auf Arbeitskräfte berechnen können. Die Leser:innen erfahren, wie digitale Simulationen die Entscheidungsfindung hin zu nachhaltigeren und ergonomischeren Produktionsanlagen unterstützen können. Zusammengefasst betonen diese Anwendungen eine zentrale Idee von Industrie 5.0: „Zweimal messen, einmal schneiden“, das heißt, digitale Modelle nutzen, um Prozesse und Produkte virtuell zu perfektionieren und so Zeit und Ressourcen in der realen Welt zu sparen.



Datenintegration und Rückverfolgbarkeit

Dieser Bereich umfasst das datengetriebene Rückgrat von Industrie 5.0 in der Möbelbranche. Verschiedene Anwendungen beleuchten ihn aus unterschiedlichen Perspektiven:

- **Produktrückverfolgbarkeit durch den Digital Product Passport (DPP)** (Nr. 7): Eine der Anwendungen führt das Konzept eines Digital Product Passport für Möbel ein. Er beschreibt, wie ein DPP-System ein Möbelstück vom Rohstoff bis zum Ende seiner Lebensdauer nachverfolgen kann, wobei Informationen wie Holzherkunft, verwendete Klebstoffe, CO₂-Fußabdruck und Recyclinganweisungen gespeichert werden. Dies ist direkt mit den zukünftigen EU-Nachhaltigkeitsvorschriften verknüpft und stellt ein praktisches Tool für die Einhaltung von Vorschriften und Transparenz dar.
- **Datenverarbeitung für Lernprozesse** (Nr. 8): Diese Anwendung untersucht, wie Unternehmen Rohdaten in Industrie 5.0 in umsetzbares Wissen umwandeln können, wo Fabriken, Maschinen und Systeme umfangreiche Daten generieren; dieser Abschnitt behandelt Methoden wie maschinelles Lernen oder Datenanalyse, die aus Produktionsdaten lernen, um Abläufe zu optimieren (zum Beispiel die Analyse von Produktionsliniendaten zur Identifizierung von Ineffizienzen oder das Training von KI-Modellen zur Vorhersage von Qualitätsproblemen). Sie hebt hervor, dass das bloße Erfassen von Daten nicht ausreicht – sie müssen verarbeitet und

es muss *daraus gelernt werden*, um sich kontinuierliche Verbesserungen zu erzielen.

- **Daten- und Systeminteroperabilität** (Nr. 9): Diese Anwendung beschäftigt sich mit der Herausforderung, verschiedene IT-Systeme und -Geräte so zu integrieren, dass sie effektiv kommunizieren. In vielen Möbelunternehmen sind Designsoftware, Produktionsausführungssysteme, Bestandsdatenbanken usw. oft isoliert. Die Anwendung behandelt Strategien oder Standards zur Interoperabilität (wie die Nutzung gängiger Datenformate oder IoT-Plattformen), um eine besser vernetzte Fabrik zu ermöglichen und wird so zu einem Sprungbrett zu Industrie 5.0, wo alles in einem digitalen Ökosystem verbunden ist.
- **IoT und Sensorintegration in Produktion und Produkten**: Zwei eng verwandte Anwendungen konzentrieren sich auf Netzwerksensoren, eine auf der Ebene der **Fertigungskette** (Nr. 10) und eine auf Produktebene (Nr. 11). Die erste zeigt, wie die Integration von IoT in den Produktionsprozess (den Fabrikboden) Echtzeitüberwachung und intelligentere Automatisierung ermöglicht. So können beispielsweise Sensoren an Maschinen eine vorausschauende Wartung ermöglichen – also Ausfälle vorhersehen, bevor sie auftreten – und so die Widerstandsfähigkeit verbessern. Die zweite betrifft **das IoT in den Möbelprodukten** selbst. Dies kann von intelligenten Büromöbeln, die sich an ergonomische Vorlieben anpassen, bis hin zu vernetzten Wohnmöbeln reichen, die mit Benutzergeräten interagieren. Indem diese Themen zusammengefasst werden, können Leser:innen den gesamten Umfang von Konnektivität schätzen: Von internen Prozessen bis zur Endnutzererfahrung fließen Daten die Wertschöpfungskette auf und ab. Insgesamt zeigen die Abschnitte dieses Daten-/Rückverfolgbarkeitssets, wie **Informationen in Industrie 5.0 genauso wichtig werden wie das physische Produkt**, was Rückverfolgbarkeit, intelligentere Entscheidungsfindung und neue Dienstleistungen ermöglicht.



Anwendungen der künstliche Intelligenz

Die in diesem Bereich enthaltenen Inhalte tauchen in **KI-getriebene Innovationen** in der Möbelbranche ein. Vier Anwendungen veranschaulichen unterschiedliche KI-Anwendungsfälle:

- **Generative KI für individuelles Design und schnelles Prototyping** (Nr. 12): Diese Anwendung erläutert, wie generative Algorithmen Designvariationen oder sogar visuelle Prototypen schnell erstellen können. Eine KI könnte beispielsweise Dutzende von Stuhl-Designs auf der Grundlage der Vorgaben eines Designers oder sogar von Kundenfeedback generieren, was den Iterationsprozess erheblich beschleunigt. Dies könnte Beispiele für KI-generierte Möbeldesigns umfassen oder wie 3D-Druck mit KI kombiniert werden kann, um schnell Prototypen zu erstellen.

- **KI-gesteuerte Wissensmanagementsysteme** (Nr. 13): Hier liegt der Fokus darauf, KI zu nutzen, um Wissen innerhalb eines Möbelunternehmens zu erfassen und zu organisieren. Dies könnte eine intelligente Datenbank sein, die natürliche Sprachanfragen verwendet (was es Mitarbeitern ermöglicht, Fragen zu stellen wie: „Wie wurde das Polsterproblem dieses Modells letztes Jahr gelöst?“ und Antworten aus früheren Aufzeichnungen erhalten), oder KI-Chatbots, die bei der Schulung neuer Arbeitskräfte helfen, indem sie technische Fragen beantworten. Es zeigt KI als Unterstützungstool, um Fachwissen zu erhalten und Arbeitskräfte im Einklang mit der menschenzentrierten Philosophie zu leiten.
- **Optimierung von Marketing und Vertrieb mithilfe von generativer KI** (Nr. 14): Diese Anwendung überprüft die kundenorientierte Seite und zeigt, wie KI Inhalte personalisieren und automatisieren kann. Möbelhändler und -hersteller müssen häufig Kataloge, Raumvisualisierungen oder Marketingtexte erstellen – generative KI kann Teile davon automatisieren, maßgeschneiderte Marketingmaterialien für verschiedene Zielgruppen oder interaktive Raumdesigns für Kunden in Echtzeit erstellen. Sie zeigt, wie KI selbst über den Fabrikboden hinaus Mehrwert in der Möbelbranche schaffen kann, indem sie die Kundenbindung steigert und Kreativität im Marketingbereich freisetzt.
- **KI-Analyse und Musteranalyse** (Nr. 15): Die letzte KI-Anwendung beschäftigt sich mit der Nutzung von KI für Datenanalyse und Unterstützung von Entscheidungen. Sie umfasst den Einsatz fortschrittlicher Analysen oder maschineller Lernmethoden, um Muster in komplexen Datensätzen zu erkennen – wie Trends in Verbraucherpräferenzen, Verhaltensmuster in der Maschinenleistung oder Engpässe in der Lieferkette – und um Manager bei strategischen Entscheidungen zu unterstützen. Durch die Implementierung dieser analytischen KI können Möbelunternehmen zu datengetriebenen Strategien übergehen, wodurch das Unternehmen widerstandsfähiger und reaktionsfähiger gegenüber Veränderungen wird (ein zentrales Ergebnis von Industrie 5.0).

Durch die Erkundung dieser KI-orientierten Anwendungen erhalten die Leser:innen Einblicke darin, wie **künstliche Intelligenz als vielseitiges Tool in Industrie 5.0** – vom kreativen Design bis hin zu intelligenteren Geschäftsabläufen – stets mit dem Ziel eingesetzt wird, menschliche Fähigkeiten zu ergänzen und die Produktivität nachhaltig zu steigern.

2

Inhaltsstruktur des FURN5.0-Anwendungshandbuchs

1	Interaktion zwischen Mensch und Maschine
2	Intelligente Materialien
3	Digital Twins und Simulation
4	Datenintegration und IoT
5	Künstliche Intelligenz

3

FURN5.0-Anwendungen

1	Interaktion zwischen Mensch und Roboter (Human-Robot Interaction, HRD)
2	Erweiterte Realität (Extended Reality, XR)
3	Nutzung von XR für die Schulung und Weiterbildung der Arbeitskräfte
4	Intelligente Funktionen in der Möbelbranche
5	Digital Twins von Produkten und Prozessen
6	Technologien zur Simulation und Messung der Umwelt- und Sozialauswirkungen
7	Produktrückverfolgbarkeit durch den digitalen Produktpass (Digital Product Passport, DPP)
8	Datenverarbeitung für Lernprozesse
9	Interoperabilität von Daten und Systemen
10	Integration von IoT und Sensoren in der Produktionskette von Produktherstellung
11	Integration von IoT und Sensoren in Produkten
12	Generative KI für individuelles Design und schnelles Prototyping
13	KI-gestützte Wissensmanagementsysteme
14	Optimierung von Marketing und Vertrieb mit generativer KI
15	KI-gestützte Daten- und Musteranalyse

FURN5.0 Handbuch: Inhaltsstruktur

Die Inhalte des FURN5.0-Handbuchs sind in die fünf oben genannten Technologiebereiche unterteilt:

2 Inhaltsstruktur des FURN5.0-Handbuchs

Die folgende Tabelle fasst die oben genannten (nummerierten) Anwendungen zusammen, die den einzelnen Technologiebereichen zugeordnet sind.

3 Anwendungen im FURN5.0-Handbuchs

Die Inhalte folgen einem **logischen Ablauf, beginnend mit Technologien zur Interaktion von Mensch und Maschine, über die digitale Infrastruktur bis hin zur KI,**

. In jedem Bereich behandeln einzelne Abschnitte wie beschrieben spezifische Anwendungen.

Diese Klassifikation hat zwei Vorteile:

Sie **spiegelt die Struktur der zuvor eingeführten Industrie 5.0-Technologien** wider und stärkt das Verständnis der Leser:innen, indem verwandte Themen gruppiert werden (zum Beispiel finden Leser:innen nach der Lektüre über kollaborative Roboter und AR/VR in der

Einleitung sofort den entsprechenden Abschnitt im HMI-Abschnitt).

Sie hebt die **Verbindungen** zwischen den Abschnitten hervor. Leser:innen, die sich für einen bestimmten Aspekt interessieren (z. B. Konnektivität), können alle datenbezogenen Abschnitte leicht gemeinsam finden und erhalten so ein umfassendes Bild davon, wie Rückverfolgbarkeit, Interoperabilität und IoT gemeinsam zu einem vernetzten Industrie-5.0-Ökosystem beitragen.

Einige Anwendungen decken mehrere Bereiche ab (zum Beispiel nutzt ein Cobot KI für die Bildverarbeitung, oder ein KI-Design tool könnte ebenfalls eine Form der Interaktion zwischen Mensch und Maschine sein). In solchen Fällen basiert die Klassifizierung auf dem Hauptfokus des Abschnitts.

Die vorgeschlagene Reihenfolge ist nicht die einzige Möglichkeit, die Inhalte zu ordnen, aber sie bietet einen klaren und didaktisch sinnvollen Ablauf von den greifbaren Innovationen in der Produktion (Roboter, Materialien) bis hin zu den digitalen und immateriellen Innovationen (Daten, KI).

Überblick

Dieses einleitende Kapitel soll den Leser:innen helfen, sich in den Anwendungen des FURN5.0-Handbuchs zu rechtzufinden. Das Handbuch beschreibt, was Industrie 5.0 bedeutet – insbesondere für Möbelhersteller – und identifiziert die Schlüsseltechnologien, die diese Transformation ermöglichen. Zusammenfassend liegt der Fokus von **Industrie 5.0 darauf, fortschrittliche Technologien mit menschlicher Note und einem umweltbewussten Ansatz zu integrieren:** Es ist die Möbelfabrik, in der Handwerker Seite an Seite mit Cobots arbeiten, in der das Design durch KI beschleunigt, aber von Natur und Nachhaltigkeit inspiriert wird und in dem jedes Produkt einen Pass seiner nachhaltigen Reise trägt. Die fünfzehn im Handbuch enthaltenen Anwendungen veranschaulichen diese Konzepte mit konkreten Beispielen und Anwendungsfällen.

Durch die strukturierte Präsentation der Anwendungen (gruppiert nach Bereichen), können Leser:innen leicht interessante Themen finden und verstehen, wie sich die einzelnen Elemente in das Gesamtbild von Industrie 5.0 einfügen. Ob Manager eines Möbelunternehmens

oder Techniker, der eine Innovationsstrategie bewertet, ein Mitarbeiter, der neugierig auf die Zukunft seiner Arbeit ist, oder einfach ein Enthusiast für intelligentes Design – aus jedem Abschnitt gibt es etwas zu lernen. **Das Zeitalter von Industrie 5.0 in der Möbelbranche hat begonnen** und verspricht eine Zukunft, in der Technologie und Handwerkskunst zusammenkommen, um eine intelligentere, nachhaltigere und stärker von Menschen orientierte Möbelbranche zu schaffen.

Letztlich zielt das FURN5.0-Projekt darauf ab, die Beteiligten mit dem Wissen und den Tools auszustatten, um diesen Übergang zu meistern. Durch das Verständnis der Erkenntnisse in diesen Abschnitten werden Führungskräfte der Branche besser darauf vorbereitet, an der Gestaltung einer „intelligenten Zukunft der Möbel“ mitzuwirken.

Willkommen bei Industrie 5.0!

Anwendungen der Industrie5.0-Technologien

Ein Leitfaden zur Förderung einer
menschenzentrierten, nachhaltigen und
widerstandsfähigen intelligenten Fertigung

Interaktion zwischen Mensch und Roboter (HRI) in der Möbelindustrie



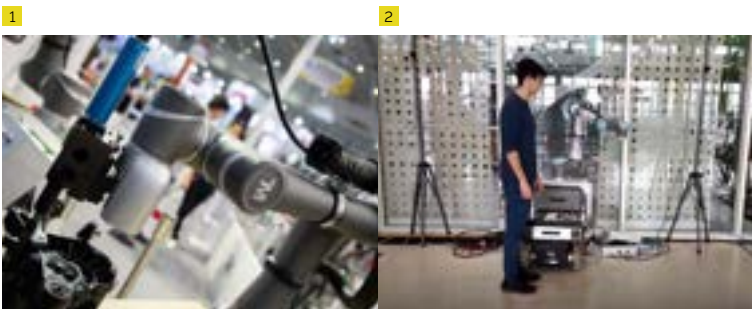
Beschreibung

Im Zuge des Übergangs zu Industrie 5.0 entwickelt sich die Interaktion zwischen Mensch und Roboter über die physische Zusammenarbeit hinaus und umfasst kognitive Interaktion, intuitive Kontrolle und menschliche Selbstbefähigung in Echtzeit. In der Möbelherstellungsbranche bedeutet dies Roboter und KI-Systeme, die darauf ausgelegt sind, sich an menschliche Bedürfnisse, Fähigkeiten und Absichten anzupassen, anstatt dass sich die Arbeitskräfte an die Maschine anpassen müssen.

1 *Der kollaborative Techman-Roboterarm führt Schraubvorgänge aus, die von seinem integrierten künstlichen Bildverarbeitungssystem zur automatisierten Montage gesteuert werden. Quelle: Techman-Roboter*

Vor diesem Hintergrund besteht der erste Ansatz der Robotik in Richtung Industrie 5.0 darin, dass sie mit Menschen zusammenarbeiten muss. Kollaborative Roboter entsprechen den Normen ISO10218 und ISO TC 15066. Diese Roboter sind darauf ausgelegt, ihre Kraft und Aufprallenergie zu begrenzen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Industrierobotern (die meist hinter Sicherheitszäunen arbeiten) verfügen Cobots über Kraftsensoren und Bewegungsbegrenzungsfunktionen, sodass sie sich einen Arbeitsplatz mit Menschen sicher teilen können. Einige der wichtigsten Merkmale dieser Roboter sind Nutzlastkapazität, Reichweite und Wiederholbarkeit, um schwere Aufgaben zu ermöglichen, die Präzision erfordern.

Kollaborative Robotik ist notwendig, aber nicht ausreichend für die Anforderungen der Robotik für Industrie 5.0. Die Robotik muss mit der Fähigkeit zum intelligenten Denken ausgestattet sein, um dem Menschen ein kontinuierliches Situationsbewusstsein in seiner Umgebung zu ermöglichen. Die kognitive Robotik nutzt den aktuellen Kontext der KI als aufstrebende Technologie, um menschliche Handlungen, Umweltdaten und Produktionskontext zu interpretieren und so adaptive



Implementierungsschwierigkeiten: **Gering**Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel-hoch**

Interaktion zwischen Mensch und Roboter (HRI) In der Möbelindustrie

Verhaltensweisen zu ermöglichen (z. B. die Anpassung der Kraftaktivierung je nach Materialhärte oder Defekterkennung unter gleichzeitiger Information des Menschen).

An diesem Punkt ist es wichtig, die Bedeutung nicht-invasiver Berichterstattung in Verbindung mit der Bereitstellung umfassender Umweltinformationen und maschineller Absichten für den Menschen anzuerkennen. Strategien wie Looming bieten den Bediener:innen eine visuelle Darstellung der Roboterbewegungspläne, bevorstehenden Bewegungen und Absichten (Lichtprojektionen auf dem Arbeitsplatz), sodass sie immer wissen, was der Roboter als Nächstes tun wird. Dadurch werden Unsicherheit und Stress reduziert.

2 *Der UR5-Kollaborationsroboter von Universal Robot testet die Looming-Strategie. Der Mensch kann die Lichtprojektionen am Boden beobachten, um die Absicht der Roboterbewegungen zu erkennen. Eigene Quelle.*

Eine weitere Strategie für die Interaktion zwischen Roboter und Mensch ist die Integration von dialogbasierter KI. Modelle zur Verarbeitung natürlicher Sprache ermöglichen es Bediener:innen, dem Roboter Fragen zu stellen, Anweisungen zu geben oder Erklärungen in natürlicher gesprochener Sprache anzufordern, wodurch eine intuitive und zugängliche Steuerung erleichtert wird. Dieser Ansatz stellt sicher, dass die Bediener:innen stets über die bevorstehenden Aktionen des Roboters informiert sind, wodurch Unsicherheit und Stress minimiert werden.

Die Interaktion zwischen Mensch und Roboter bedeutet außerdem, Bediener:innen mit den Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Steuerung des Roboters auszustatten. Dies wird durch die Vereinfachung der Robotersteuerung erreicht. Dabei handelt es sich um die automatische Erzeugung von Roboterbahnen aus visuellen Formaten eines Teils oder des zusammengesetzten Möbelstücks. Dies ist eine effektive Lösung für Oberflächenbehandlungsvorgänge, bei denen der Pfad automatisch aus einer CAD-Datei generiert wird.

3 *Simulation eines automatischen Trajektoriengenerierungssystems, das Pfade programmiert. OnRobot*

Ein weiterer Ansatz könnte die Erleichterung des Zugangs zu Prozessprogrammierung sein. Die Blockprogrammierung ist eine visuelle und geführte Methode zur Planung der Abfolge der vom Roboter auszuführenden Aufgaben. Diese Methodik ermöglicht es Bediener:innen ohne spezielle Schulung, Programme zu erstellen, die der Roboter interpretieren und ausführen kann.

4 *Blockbasierte Roboterprogrammierung mit KUKA Teach Pendants. Quelle: KUKA*



Anwendung

Kollaborative und kognitive Robotik findet aufgrund der großen Bewegungsfreiheit der 6 Achsen (Standard), der Last, die sie bewältigen können (5-10 kg), und ihrer Wiederholgenauigkeit direkte Anwendung in der Möbelherstellungsbranche. Gleichzeitig bieten sie den Arbeitskräften mehr Sicherheit, da sie sie aus einer bestimmten Entfernung steuern können, ohne gefährliche oder schmutzige Bedingungen ausgesetzt zu sein.

Einige Aufgaben in der Möbelbranche, für die kollaborative Robotik angewendet werden kann:

- Holzfräsen: Das robotische Fräsen bietet im Vergleich zu anderen Formen der Fräsautomatisierung eine enorme Flexibilität. Strategien wie Looming können mehr Sicherheit und Vertrauen in die Interaktion zwischen Mensch und Roboter bringen. Andererseits kann das Frässystem bedienerfreundlicher gestaltet werden, wenn es visuell programmiert werden kann.
- Schleifen und Oberflächenbehandlung: Der große Vorteil der Verwendung von Robotern zum Schleifen liegt in der Gleichmäßigkeit der erzielten Oberflächenbeschaffenheit. Kollaborative Robotik kann den Weg des Roboters durch Lehren programmieren, und der Roboter bewegt das abrasive Material jedes Mal auf die gleiche Weise über die Oberfläche des Materials. Diese Aufgaben lassen sich mit automatischen Verfahren zur Werkzeugweggenerierung, die die Oberfläche des Teils durchlaufen, indem sie die CAD-Daten des Teils eingeben, effizienter ausführen.
- 9** *Der mit einem Schleifkopf ausgestattete Roboter CR5 von Dobot-Robots führt adaptives Oberflächenschleifen mittels Konstantkraftregelung durch. Quelle: Dobot-Roboter.*
- Lackierung und Beschichtung: Lackierroboter sind eine perfekte Option, um die Effizienz Ihrer Möbellackierarbeiten zu verbessern. Ähnlich wie beim Schleifen kann die Lackierbahn des Roboters automatisch aus dem CAD der zu lackierenden Oberfläche generiert werden.
- 10** *Der kollaborative Roboter von Universal Robots führt eine Pulverbeschichtungsaufgabe auf einer Metallstruktur durch. Quelle: Universal Robots*
- Montage von Bauteilen: Cobots können beim Halten, Ausrichten oder Antreiben von Befestigungselementen helfen. In der Praxis können Cobots wiederholte Schritte ausführen (z. B. das Einsetzen eines Dübels, das Einsetzen eines Scharniers), während Menschen feine Anpassungen vornehmen. Fortschrittliche Planungsrahmen sind vielversprechend für gemischte Mensch-Roboter-Fließbandlinien in Möbelabriken.

Durch Sprachsteuerung basierend auf sequentiellen Befehlen in natürlicher Sprache könnten die Effizienz und Ergonomie der Möbelmontage verbessert werden.

11 *Omron-Cobot mit integriertem Bildverarbeitungssystem für automatische Qualitätskontrolle, mit Schwerpunkt auf der Anomalieerkennung. Quelle: Omron-Website, UNIKA Anwendungsfall.*

- Inspektion: Roboter können mit Bildverarbeitungssystemen, Ultraschallscannern und anderen Sensoren integriert werden. Dies beschleunigt den Möbelinspektionsprozess.
- Dimensionsskalierung: Ein großer Vorteil des Einsatzes von Robotern für die Möbelherstellung ist ihr großer Arbeitsbereich. Die Größe des Arbeitsbereichs fast jedes Roboters lässt sich durch einfaches Hinzufügen externer Achsen vergrößern. Dies ist sehr nützlich bei der Arbeit mit großen Möbelstücken, da es die Skalierung erleichtert und somit die Bearbeitungszeiten im Vergleich zu anderen Automatisierungsformen verkürzt.
- Palettisierung: Es gibt bereits Palettisierungslösungen, bei denen Menschen und kollaborative Roboter interagieren und so mehr Sicherheit und Präzision beim Kommissionieren und Platzieren bieten. Visuelle Markierungen, die auf den Arbeitsbereich projiziert werden, bieten Bediener:innen mehr Vertrauen und mehr Sicherheit.

12 *KUKA-Roboter mit Arm für die Handhabung von Holzmaterialien*



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Gering

Das Ökosystem der meisten kollaborativen Roboter ist für eine schnelle und einfache Bereitstellung konzipiert. Da diese Roboter in der Regel klein sind, sind sie oft an den Werkbänken selbst befestigt. Die Steuerung des Roboters ist im Vergleich zu industriellen Steuerungen meist klein. Die meisten Hersteller bieten Zugang zu Tutorials zum Selbststudium, bieten aber auch Schulungen zur Inbetriebnahme. Die Programmierumgebung eines kollaborativen Roboters, um einfache Operationen wie Bewegungen und Pick-and-Place-Aktionen auszuführen, ist sehr benutzerfreundlich.

Zusätzlich werden kollaborative Roboter auf standardisierte Weise durch Demonstration programmiert, wobei der Roboter von Hand zu den gewünschten Punkten bewegt wird. Der Roboter wiederholt dann die Bewegungen. Vor allem verfügen die meisten über grafische Programmier-

systeme, die sich von traditioneller textbasierter Programmierung abgrenzen und den Prozess vereinfachen. Die meisten kollaborativen Roboter verfügen über ein Hardware-/Software-Ökosystem, das einem App-Store für Mobiltelefone ähnelt. Sie kaufen ein bestimmtes Gerät (z. B. einen Greifer), montieren es am Roboter, laden Software aus einem Repository herunter und installieren sie direkt, und der Roboter ist einsatzbereit. Sie müssen nichts konfigurieren; Das System macht das automatisch.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel-hoch

Die wirtschaftliche Rentabilität der Implementierung kollaborativer Roboter in der Möbelherstellungsbranche ist mittel- bis hoch, bedingt durch das Gleichgewicht zwischen Anfangskosten und betrieblichen Nutzen. Mit Preisen zwischen 25.000 und 50.000 € können Cobots sich wiederholende Aufgaben automatisieren, ohne Sicherheitsressourcen (Sicherheitskäfige, aktive Sicherheitselemente usw.) ausschließlich für ihren Betrieb benötigt werden, was die Produktivität steigert und arbeitsbedingte Verletzungen reduziert. Ihre einfache Programmierung und Flexibilität, sich an verschiedene Prozesse anzupassen, machen sie mittelfristig profitabel, insbesondere in variablen oder maßgeschneiderten Produktionsumgebungen.

Die Kosten eines Industrieroboters setzen sich wie folgt zusammen: 33 % für den Roboter selbst + 33 % für Peripheriegeräte und Zusatzkomponenten + 33 % für Programmierung und Inbetriebnahme. Ein kollaborativer Roboter kann den Bedarf an Peripheriegeräten und Programmierung verringern. Durch den Einsatz kollaborativer Robotik lässt sich eine Kostenreduktion von 27,5 % erzielen.

■ Menschliche Faktoren

Die Integration kollaborativer Roboter (Cobots) in die Möbelherstellung verändert grundlegend, wie menschliche Arbeitskräfte mit Technologie, Aufgaben und untereinander interagieren. Obwohl Cobots darauf ausgelegt sind, sicher in Menschnähe zu operieren, ist anfängliche Zögerlichkeit der Arbeitskräfte häufig und entsteht oft aufgrund von Unbekanntheit, wahrgenommenen Risiken oder Sorge über Arbeitsplatzverlust. Um diesen Bedenken zu begegnen, bedarf es einer transparenten Kommunikation, praktischen Demonstrationen und einer klaren Darstellung davon, wie Cobots menschliche Rollen unterstützen (nicht ersetzen). Aus psychologischer Sicht müssen Cobots als hilfreiche Teammitglieder und nicht als aufdringliche Maschinen wahrgenommen werden. Arbeitskräfte, die sich an ihrer Einführung beteiligt fühlen und beeinflussen können, wie Cobots integriert werden, akzeptieren und übernehmen die Technologie eher. Vertrauen wird durch konsequentes Cobot-Verhalten, klares Feedback (z. B. visuelle oder auditive Signale) und klar definierte Sicherheitszonen gefördert. Es ist wichtig, dass Cobots Sicherheitsvorschriften wie ISO 10218 und ISO/TS 15066 einhalten müssen, die Anforderungen an

sichere physische Interaktion und Kraftbegrenzungen bei der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter definieren. Regelmäßiger Kontakt und schrittweise Aufgabenübergabe helfen den Arbeitskräften, im Laufe der Zeit Vertrautheit und Selbstvertrauen aufzubauen.

Die Bediener:innen müssen nicht nur in den technischen Aspekten der Programmierung und Überwachung von Cobots geschult werden, sondern auch in kollaborativer Aufgabenplanung und grundlegender Fehlerbehebung. Moderne Cobots verwenden oft benutzerfreundliche, Low-Code-Schnittstellen oder gestenbasierte Programmierung, die die Lernkurve verkürzt, wenn sie richtig angeleitet werden.

Durch die Entlastung körperlich anspruchsvoller oder repetitiver Aufgaben verringern Cobots Müdigkeit, beugen Muskel-Skelett-Verletzungen vor und ermöglichen älteren oder weniger körperlich leistungsfähigen Arbeitskräften, weiterhin aktive Beiträge zu leisten. Diese ergonomischen Vorteile müssen jedoch durch eine ordnungsgemäße Arbeitsplatzgestaltung verstärkt werden. Kollaborative Umgebungen sollten gemeinsam unter Einbeziehung der Bediener:innen gestaltet werden, um Komfort, Arbeitsabläufe und Transparenz zu gewährleisten. Schlecht geplante Layouts können zu Verwirrung oder Sicherheitsproblemen führen.

Letztlich sind Cobots am erfolgreichsten, wenn sie nicht als Ersatz, sondern als Wegbereiter für ein ausgewogeneres, sichereres und erfüllenderes Arbeitsumfeld betrachtet werden.

Umweltfaktoren

Die Einführung kollaborativer Roboter (Cobots) in der Möbelherstellungsbranche wirft sowohl auf Arbeitsebene als auch im gesamten Produktlebenszyklus wichtige Umweltaspekte auf. Was die unmittelbaren Arbeitsbedingungen betrifft, ist der physische Raum ein entscheidender Faktor: Cobots benötigen ausreichende Freiraum für sichere Interaktion mit Menschen, Zugang zu Werkzeugen und Materialien. Kompakte und flexible Montagelösungen (Boden, Tisch, Decke) helfen dabei, die Raumaufteilung in engen Werkstätten zu optimieren. Auch Beleuchtung und Sichtbarkeit spielen eine wichtige Rolle, insbesondere bei Cobots die Bildverarbeitungssysteme verwenden. Eine stabile Beleuchtung verbessert die Genauigkeit und reduziert Materialverluste durch

Inspektionsfehler oder Nachbearbeitung. Staub aus der Holzverarbeitung sowie hohe Luftfeuchtigkeit oder Temperatur können Sensoren und Verbindungen beeinträchtigen, sodass Schutzmaßnahmen oder vorbeugende Wartungsarbeiten erforderlich sind.

Aus Lebenszyklussicht erstrecken sich die Umweltauswirkungen von Cobots über mehrere Stadien. Die Materialgewinnung für Metalle (z. B. Aluminium, Stahl) und seltene Erden (z. B. Neodym) hat einen hohen ökologischen Fußabdruck. Die Fertigungsphase ist energieintensiv, während Cobots in der Nutzungsphase die Ressourceneffizienz verbessern können, indem sie Abfall reduzieren und Just-in-Time-Arbeitsabläufe ermöglichen. KI-gesteuerte Robotik ist jedoch oft auf Rechenzentren und Cloud-Infrastrukturen angewiesen, die ebenfalls erhebliche Energie und Wasser verbrauchen. Außerdem tragen Cobots letztendlich zum Elektroschrott bei; Ihr komplexes mechatronisches Design kann Demontage und Recycling erschweren.

Ein positiver Vorteil ist, dass die Integration von KI-gestützter kognitiver Robotik eine präzisere Bewegungsplanung und adaptives Verhalten ermöglicht, was unnötige Bewegungen minimiert, den Energieverbrauch senkt und die Materialnutzung optimiert. Für einen wirklich nachhaltigen Einsatz sind Fortschritte bei energieeffizienten Prozessoren, neuromorphen Chips und Edge-AI-Optimierung unerlässlich, um den ökologischen Fußabdruck intelligenter Robotersysteme zu verringern.

Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Kollaborative Robotik wird hauptsächlich durch ISO 10218-1/2 und ISO/TS 15066 geregelt, die Sicherheitsanforderungen für industrielle und kollaborative Roboter festlegen. ISO 10218 definiert allgemeine Richtlinien für sicheres Design und Betrieb, während ISO/TS 15066 diese Anforderungen für kollaborative Anwendungen ergänzt, indem sie Grenzwerte für Kraft, Druck und sicheren Kontakt zwischen Roboter und Mensch festlegt. Die Installation des kollaborativen Roboters erfordert eine weltweite Zertifizierung, die den Roboter, die Tools und die Software umfasst. Es gibt Unternehmen, die sich darauf spezialisiert haben, den Einsatz von Cobots nach aktuellen Standards zu zertifizieren, physikalische Messungen durchzuführen und zu überprüfen, ob die zulässigen Grenzwerte nicht überschritten werden.





Lösungen



Automatisierte Schleifzelle

Mirka + Universal Robots

Finnland / Dänemark ↔

Eine flexible Cobot-basierte Schleiflösung, die für die Oberflächenbearbeitung in der Holz- und Möbelproduktion entwickelt wurde. Das System integriert den elektrischen Schleifer von Mirka nahtlos mit den kollaborativen Armen von Universal Robots und ermöglicht so programmierbare, wiederholbare Bewegungen. Es ermöglicht schnellen Werkzeugwechsel, verstellbare Druckregelung und die Kompatibilität mit verschiedenen Schleifpapiertypen, was es ideal für flache und geschwungene Möbeloberflächen macht.



KI-Beschleuniger

Universal Robots (mit der Muttergesellschaft Teradyne Robotics und Mobile Industrial Robots - MiR), Partnerschaft mit NVIDIA (Isaac™ Robotics Platform)

Vereinigte Staaten ↔

Mit KI ausgestattete Cobots erlangen die Fähigkeit zu lernen, sich anzupassen und fundierte Entscheidungen auf Grundlage ihrer Sinneseindrücke zu treffen, und bewältigen komplexe Aufgaben wie das Aufsammeln verschiedener Objekte aus Behältern. Cobots verstehen ihre Umgebung besser, planen optimale Wege und führen Aufgaben sicher und effizient aus. Als Beispiel kann der MiR1200 Pallet Jack mithilfe von LiDAR komplexe Lageranforderungen und dynamische Umgebungen für eine vollständig autonome Navigation bewältigen.



Sprühbeschichtung für große Objekte mit Cobot und 3D-Kamera

Cefla

Italien ↔

Der iGiotto ist ein fortschrittlicher 6-achsiger Roboter mit anthropomorpher Sprühbeschichtung, der für die Oberflächenbehandlung großer und komplexer Gegenstände wie Türen, Fensterrahmen und verschiedener Möbelteile entwickelt wurde. Mit dem optionalen 2D/3D c-Vision Scanner kann er autonom präzise Sprühwege erzeugen, wodurch die manuelle Programmierung entfällt und die Einrichtungszeit um bis zu 50 % reduziert wird. Seine Integrierte Sprühfunktion ermöglicht eine Echtzeitsteuerung, einschließlich des Verlangsamens oder Anhaltens des Förderbands bei Bedarf.



KI-gesteuerte Roboterprogrammierung

KI-gesteuerte Roboterprogrammierung

Kanada ↔

RoboDK ist eine leistungsstarke Offline-Programmier- und Simulationsplattform für industrielle Roboter. Sie ermöglicht Benutzer:innen, CAD-Modelle zu importieren, Werkzeugpfade zu definieren und Roboterprogramme zu generieren, ohne die Produktion zu unterbrechen. Die Anwendungsgebiete umfassen Schweißen, Fräsen, Lackieren, Inspektion und Pick-and-Place, mit KI-optimierten Funktionen zur Wegoptimierung und Kollisionsvermeidung.



Multisensorischer Intelligenter Roboterassistent (MAiRA) für Möbel

Neura Robotics

Deutschland ↔

MAiRA ist ein kognitiver All-in-One-Roboter, der Computer Vision, künstliche Intelligenz, Umweltwahrnehmung sowie Sprach-/Gestensteuerung kombiniert. In der Möbelherstellung übernimmt er Schleif-, Bohr-, Klebe- und Inspektionsaufgaben und passt sich an unterschiedliche Materialien und Formen an. Er ermöglicht eine sichere, intuitive Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter ohne Absperrungen, was die Qualität und Flexibilität auf der Werkstattfläche verbessert.



NoCode-Schnittstelle für robotische Montageprogrammierung

YK-Robotics

Italien ↔

Diese robotergestützte Klebe- und Dosierlösung ist für Holz- und Möbelmontageprozesse optimiert. Sie verfügt über eine NoCode-basierte, objektorientierte Schnittstelle, die eine einfache, intuitive und flexible Programmierung von Roboterzellen ermöglicht. Sowohl Entwickler als auch Bediener:innen von Maschinen können ohne vorherige Programmiererfahrung Programme erstellen und modifizieren, was eine schnelle Anpassung an neue Produktgeometrien oder Klebstoffe ermöglicht.



Beispiele



Alnea
Polen



Möbelstücke in flache Kartons verpacken: Das robotische Möbelverpackungssystem von Alnea nutzt fortschrittliche Bildverarbeitung für intelligentes Greifen und Trajektoriensteuerung. Der Cobot nutzt KI-gesteuerte Bilderkennung, um Teile zu lokalisieren, sich an ihre Positionen anzupassen und kollisionsfreie Wege in Echtzeit zu planen. Dies gewährleistet eine effiziente, schadensfreie Verpackung verschiedener Möbelkomponenten, insbesondere in variablen Produktionslinien.



Techman-Roboter
Taiwan



Kognitiver Schleif-Cobot: Die kollaborative Schleifanwendung von Techman Robots kombiniert KI, Bilderkennungssysteme und Kraftsteuerung, um sich an verschiedene Möbeloberflächen anzupassen. Diese Cobots identifizieren Objektformen, passen den Schleifdruck dynamisch an und führen präzise Trajektorien aus. Dank ihrer integrierten intelligenten Bildverarbeitung sind sie ideal für automatisierte Holzbearbeitungsaufgaben in der Möbelproduktion.



Industrial Robotics
Litauen



Robotergestützter Tischler: Die Lösung zur Herstellung von Holzkomponenten von Industrial Robotics verwendet eine 6-achsige RoboMill-Zelle, die mit automatischen Werkzeugwechslern zum Bohren, Fräsen, Fräsen und Nieten ausgestattet ist. Dieses flexible robotergestützte System bearbeitet komplexe Holzrahmentteile. Durch die programmierbare Konfiguration sind Kleinserienfertigung und die Herstellung unterschiedlicher Geometrien möglich, wodurch die Abhängigkeit von qualifizierten Arbeitskräften reduziert wird. Bei der Erstellung von CAD/CAM-Projekten müssen Bediener:innen lediglich die Bestellnummer und Menge eingeben, die Rohlinge auf das Förderband laden und das System starten. Der robotergestützte Tischler führt die Aufgaben dann eigenständig aus.



Pickle Robot
Vereinigte Staaten



KI- und robotergestützte Depalettierung: Pickle Robot bietet KI-gestützte robotergestützte Depalettierung für unstrukturierte Ladungen wie Möbelkartons. Das System nutzt Echtzeitwahrnehmung, um gemischte Gegenstände effizient zu identifizieren, zu greifen und zu bewegen. Da keine vordefinierten Layouts benötigt werden, ermöglicht es ein flexibles und autonomes Entladen und optimiert so den Arbeits- und Betriebsablauf in der Möbellogistik.



CMA Robotics
Italien



Automatisierte Holzveredelung: CMA Robotics hat fortschrittliche Robotersysteme für die automatisierte Lackierung von Holzmöbelkomponenten, darunter Stühle, Tische und Paneele, implementiert. Diese Systeme nutzen 3D-Vision-Technologie, um verschiedene Formen genau zu identifizieren und zu lackieren, wodurch die Oberflächenqualität und Produktionseffizienz in der Möbelbranche verbessert werden.



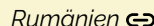
Medienos Era
Litauen



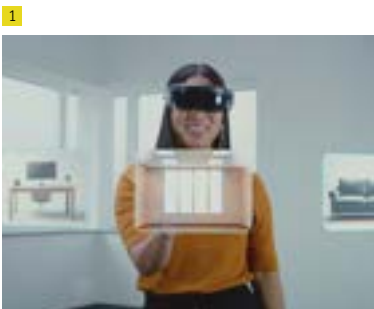
Kundenspezifische Verpackungsautomatisierung: Medienos Era, ein litauischer Hersteller von Massivholzmöbeln, implementierte die von Industrial Robotics Company entwickelte RoboCut-Lösung. Dieses robotische System ermöglicht die hauseigene Herstellung maßgeschneiderter Kartonverpackungen, wodurch Abfall reduziert und die logistische Effizienz verbessert wird. Die Technologie gewährleistet eine gleichbleibende Qualität und größere Flexibilität bei der Handhabung unterschiedlicher Produktdimensionen.



Becker Romania (Tochtergesellschaft des deutschen Unternehmens Becker Brakel)
Rumänien



Montageaufgaben: Einführung von zwei kollaborativen Robotern (UR10), die im Tandem arbeiten, um Klebstoff zu dosieren und die Pick-and-Place-Aufgaben in der Fertigungslinie aus geformtem Holz übernehmen, wobei menschliche Bediener:innen gemeinsam mit den beiden kollaborativen Robotern zusammenarbeiten. Die Einrichtung wird vom Teach Pendant gesteuert und das vordefinierte Programm CircleMove wurde für die Programmierung übernommen; Anwendungsspezifische Variablen wurden definiert, um mit Bediener:innen zu interagieren, zum Beispiel um sie zu warnen, wenn der Klebstoff gewechselt werden muss.



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel-hoch**

Erweiterte Realität in Produktdesign- und Prototypingprozessen



Beschreibung

Extended Reality (XR) umfasst das gesamte Spektrum immersiver Technologien, darunter Virtual Reality (VR), Mixed Reality (MR) und Augmented Reality (AR). Im Kontext von Möbeldesign und Prototyping ermöglicht die XR-Technologie die Interaktion mit digitalen dreidimensionalen Modellen sowohl in virtuellen als auch in physischen Umgebungen und bietet so ein hochrealistisches Erlebnis. Diese Technologie basiert auf der Integration von spezialisierter Hardware (Headsets, Controller, Sensoren) und Software, um simulierte Umgebungen zu erstellen oder digitale Informationen in reale Umgebungen einzublenden.

XR steht für einen Paradigmenwechsel. Vor ihrem Aufkommen wurde das Design dreidimensionaler Objekte wie Möbel stets über flache Schnittstellen durchgeführt – sei es Papier und Bleistift oder Maus und Bildschirm. Heute ist es möglich, Möbel direkt in drei Dimensionen zu entwerfen und so sofort und genau Maße, Funktion und Ergonomie zu überprüfen.

Während der Konzeptphase ermöglicht XR den Designern, einen maßstabsgetreuen Prototyp mit großer Genauigkeit zu visualisieren und dessen Ergonomie, Ästhetik und Funktion zu bewerten, bevor mit der physischen Produktion begonnen wird. Sie ermöglicht außerdem eine schnelle Iteration mehrerer Designvarianten, was Kosten senkt und die Entwicklungszeiten verkürzt. Nutzer:innen können virtuell um ein Stuhlmodell herumgehen, dessen Proportionen prüfen oder sogar das Sitzen simulieren, um den Komfort der Form zu testen.

Augmented Reality ermöglicht hingegen die Interaktion mit virtuellen Objekten im physischen Raum. Beim maßgefertigten Möbeldesign können Kunden ein mobiles Gerät oder AR-Brillen verwenden, um Oberflächen, Farben oder Maße auszuwählen, während sie das Möbelstück in ihrer eigenen Umgebung betrachten. Dies erhöht den Grad der gemeinsamen Gestaltung, da der Kunde aktiv am Design- und Prototyping-Prozess teil-

nimmt, Parameter in Echtzeit anpasst und das Ergebnis sofort visualisieren kann.

XR lässt sich nahtlos mit anderen digitalen Technologien wie Digital Twins oder dem Internet der Dinge (IoT) integrieren. Beispielsweise können Sensordaten (Materialien, Spannung, Widerstand) in Echtzeit auf einem immersiven 3D-Modell erhalten und visualisiert werden. Dies unterstützt datenbasierte Entscheidungsfindung, minimiert Fehler und fördert Nachhaltigkeit, da die Notwendigkeit physischer Prototypen in mehreren Iterationen vermieden wird.

Letztlich bringt Extended Reality der Möbelbranche greifbare Vorteile: schnellere und genauere Prototypen, größere Produktpassung basierend auf Kundenpräferenzen und einen hochflexiblen und kooperativen Designprozess. All dies führt zu weniger Abfall, kürzeren Entwicklungszeiten und einem befriedigenderen Endnutzererlebnis. XR ist dank seiner immersiven und virtuellen Manipulationsmöglichkeiten ein zentrales Tool in der digitalen Transformation der Möbelbranche und lenkt sie zu Geschäftsmodellen, die auf Innovation, Effizienz und Umweltverantwortung ausgerichtet sind.



Anwendung

Extended Reality hat einen entscheidenden Einfluss auf den Möbeldesign- und Prototyping-Prozess, indem es eine immersive Plattform bietet, um Ideen schnell zu visualisieren, zu iterieren und zu validieren, ohne sich ausschließlich auf physische Prototypen verlassen zu müssen. Ihr größter Wert liegt in der Fähigkeit, virtuelle Arbeitsbereiche nachzubilden, in denen Designteams, Kunden und andere Beteiligte ein hochdetailliertes und realistisches 3D-Modell betrachten können.

Erstens ermöglichen immersive Simulationen mit VR eine effektive Bewertung formaler und ästhetischer Merkmale. Möbel erwachen in einem virtuellen Raum im Originalgröße zum Leben und bieten Perspektiven, die mit

5



6



herkömmlichen 2D-Zeichnungen unmöglich zu erreichen sind. Dies ermöglicht frühzeitige Anpassungen der Ergonomie oder Abmessungen, ohne Materialien oder Ressourcen für physische Prototypen zu verbrauchen.

XR ermöglicht außerdem die direkte gemeinsame Gestaltung mit den Kunden. Mit AR kann ein digitaler Prototyp in der Umgebung des Nutzers – wie ein Wohnzimmer oder Büro – eingeblendet werden, wo Farben, Texturen oder strukturelle Konfigurationen verändert werden können. Auf diese Weise definiert der Kunde das Produkt aktiv mit, sieht Änderungen sofort und bewertet, wie gut es zur Ästhetik und zum verfügbaren Raum passt. Diese Dynamik erhöht die Zufriedenheit und reduziert gleichzeitig Rückgaben und Produktionsfehler. Weitere Merkmale wie physisches Feedback, Unterschiede in der physikalischen Beschaffenheit von Materialien und sogar der Geruch von Holz und anderen Materialien stellen nach wie vor ein zu lösendes Problem dar, um die bestmögliche Immersion zu erreichen und mehr Entscheidungsfaktoren zu adressieren, die aus ingenieurtechnischer Sicht nicht unbedingt objektiv sind, sondern eher mit emotionaler Wahrnehmung zusammenhängen.

Eine weitere wichtige Anwendung ist die funktionale Validierung in frühen Phasen. Der virtuelle Prototyp kann simulierten „Gebrauchstests“ unterzogen werden, um sein Verhalten unter verschiedenen Last-, Belastungs- oder Bewegungsbedingungen zu analysieren. In Kombination mit Datenanalyse- und Sensortools (Digital Twins) werden präzisere Messwerte für strukturelle Tests erzielt, was die Qualität und Sicherheit des Enddesigns verbessert.

Zusammenarbeit ist ein weiterer entscheidender Faktor. Ingenieure, Designer:innen und Lieferant:innen können sich unabhängig vom Standort gleichzeitig mit einer gemeinsamen VR-Umgebung verbinden, um Aspekte des Prototyps in Echtzeit zu besprechen und zu überarbeiten. Diese reibungslose Kommunikation vereinfacht letztlich die Entscheidungsfindung, vermeidet Missverständnisse und fördert kollektive Kreativität.

Schließlich hat XR einen erheblichen Einfluss auf die Ressourcenoptimierung in Produktinnovationsprozessen, indem der Bedarf an mehreren physischen Prototypen minimiert wird. Während traditionelles physisches Prototyping pro Möbel-Iteration 2.000–15.000 US-Dollar kostet, reduziert die XR-Implementierung diese Kosten um 60–80 %, wobei sich die Investition für mittelständische Möbelunternehmen in der Regel innerhalb von 8 bis 12 Monaten amortisiert. Die Verkürzung der Entwicklungszeit liegt laut Branchenfallstudien durchschnittlich bei 30–50 %. Jede virtuelle Iteration ist ein konkreter Schritt zur endgültigen Version mit reduziertem Materialverbrauch, was nicht nur die ökologische Nachhaltigkeit unterstützt, sondern auch den wirtschaftlichen Druck in den Anfangsphasen des Möbeldesigns mindert.



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Mittel

Die Einführung von XR für Design und Prototyping erfordert eine anfängliche Investition in Ausrüstung (Headsets, spezialisierte Software) und Personalschulungen. Obwohl die Technologie ausgereift ist, kann ihre Integration in den täglichen Geschäftsablauf organisatorische und kulturelle Veränderungen mit sich bringen. Es sind Workflow-Aktualisierungen und Koordination zwischen multidisziplinären Teams (Designer, Ingenieure, Entwickler) notwendig. Allerdings flacht die Lernkurve mit der Zeit ab: Grundlegende VR-Kenntnisse können typischerweise in 2 bis 3 Wochen erreicht werden, fortgeschrittene Design-Workflows in 2 bis 3 Monaten, und die vollständige Teamintegration in 4 bis 6 Monaten, mit Schulungskosten von etwa 1.500–3.000 US-Dollar pro Designer:in. Kommerzielle Lösungen bieten in der Regel umfassende Unterstützung und auf KMU ausgerichtete bewährte Verfahren.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel-hoch

Trotz der Investitionen in Hardware und Schulungen amortisiert sich der Aufwand schnell durch Reduzierung von Fehlern und physischen Prototypen. Durch Verkürzung der Entwicklungszyklen und größere Individualisierung können Unternehmen Lagerbestände optimieren, Nachbearbeitungskosten senken und schnell auf Kundenanforderungen reagieren. Der Mehrwert interaktiver Erlebnisse beschleunigt die Entscheidungsfindung und verbessert die Kundenzufriedenheit. Mittelfristig wird der ROI durch gezielteren Vertrieb und weniger Abfall gestärkt.

■ Menschliche Faktoren

Die Integration von XR-Technologien in Design- und Prototypingprozesse beeinflusst maßgeblich, wie Arbeitsteams in der Möbelbranche zusammenarbeiten und operieren. Erstens hängt eine erfolgreiche Einführung von kontinuierlicher Weiterbildung und digitaler Weiterbildung ab: Designer:innen, Ingenieure und Anlagenbetreiber:innen müssen sich die nötigen Kompetenzen aneignen, um immersive Geräte selbstbewusst und effektiv zu bedienen. Diese Lernkurve hilft, den Widerstand zu verringern, stärkt das Vertrauen und ermöglicht eine reibungslosere Integration von XR-Tools in die täglichen Innovationsroutinen.

Darüber hinaus fördern VR und AR eine stärkere Zusammenarbeit, indem sie eine gemeinsame, visuelle und interaktive Sprache bereitstellen. Dadurch werden Kommunikationsbarrieren zwischen den Abteilungen reduziert und Teams auf visuelle Prototypen und Echtzeit-Feedback ausgerichtet. Dadurch werden die Arbeitskräfte stärker eingebunden und sich für den kreativen Prozess verantwortlich, indem sie sehen, wie

ihre Beiträge direkt in der virtuellen Umgebung materialisiert werden.

Allerdings bringt die Nutzung von XR auch ergonomische und gesundheitliche Überlegungen mit sich. Eine längere Nutzung immersiver Umgebungen kann zu Augenmüdigkeit, Desorientierung oder Reisekrankheit führen – daher ist es unerlässlich, klare Nutzungsprotokolle wie zum Beispiel Pausen zwischen den XR-Sitzungen einzuplanen. Es ist auch wichtig, die Reisekrankheit als häufige Implementierungsbarriere zu erwähnen, die anfangs 15–25 % der Nutzer betrifft. Ebenso erfordert AR, dass Nutzer:innen die Aufmerksamkeit zwischen physischen und virtuellen Elementen steuern, was spezifische Sicherheitsmaßnahmen zur Vermeidung kognitiver Überlastung oder Unfälle erfordert.

Wenn XR menschenzentriert angewendet wird, kann sie Lernen, Engagement und Wohlbefinden fördern – vorausgesetzt, ergonomische, kognitive und organisatorische Aspekte werden angemessen berücksichtigt, um ein sicheres und inklusives Arbeitsumfeld zu gewährleisten.

■ Umweltfaktoren

Die Anwendung von XR in der Möbelbranche hilft, den Materialverbrauch und die Abfallproduktion zu reduzieren, da die meisten Tests und Validierungen virtuell durchgeführt werden. Es ist nicht mehr notwendig, für jede Produktiteration oder Variante physische Prototypen zu produzieren, wodurch der CO₂-Fußabdruck beim Transport von Komponenten und der Entsorgung von Altteilen verringert wird.

Darüber hinaus reduziert die Möglichkeit, gemeinsam mit Kunden aus der Ferne zu gestalten, den Bedarf an persönlichen Treffen und physischen Proben. Dies führt zu geringeren Emissionen und geringeren logistischen Auswirkungen. Darüber hinaus ermöglichen XR-integrierte Datenanalysesysteme – wie Digital Twins und Simulationstools – das Design von Möbeln mit ökologischen Design- und Energieeffizienzkriterien, wodurch der Rohstoffverbrauch optimiert und Abfall minimiert wird.

Aus Lebenszyklus-Sicht umfassen XR-fähiger Geräte hingegen hochwertige Materialien und Komponenten (z. B. am Kopf montierte Displays (HMDs), Sensoren, Controller und manchmal externe Computer oder Smartphones), die eine Mischung aus Kunststoffen, Metallen, seltenen Erden (Rare Earth Elements, REEs) und komplexen elektronischen Schaltungen enthalten. Diese Komponenten erfordern umweltfreundliche Extraktions- und Herstellungsprozesse. Diese Umwelt-

belastung wird durch die kurze Lebensdauer vieler XR-fähiger Geräte für Verbraucher:innen verschärft, die aufgrund rascher technologischer Fortschritte oft innerhalb von 2–3 Jahren ersetzt werden müssen. In der Nutzungsphase variieren der Energiebedarf je nach System, aber die kontinuierliche Nutzung von High-End-HMDs und Verarbeitungseinheiten kann im Laufe der Zeit zu einem erheblichen kumulativen Energieverbrauch führen. Am Ende ihrer Lebensdauer verschärfen XR-fähige Geräte wachsende, mit Elektroschrott verbundene Probleme, da sie Komponenten wie Lithiumbatterien, LED-Displays und Sensoren verwenden, die gefährlich sein können, wenn sie nicht richtig entsorgt werden.

Kurz gesagt könnte XR bei bewusster Implementierung ein positives ökologisches Gleichgewicht bieten und dabei einen globalen Fokus auf Ressourceneinsparung und nachhaltiges Design beibehalten.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

XR-Projekte im Möbeldesign müssen zunächst mit horizontalen Management-Rahmenwerken übereinstimmen: ISO 45001 stellt das Arbeitsschutzsystem bereit, das die Ergonomie von Headsets, die Sitzungsdauer und die allgemeine Sorgfaltspflicht regelt; die DSGVO der EU regelt alle während immersiver Sitzungen gesammelten personenbezogenen Daten, von Benutzerkonten bis zu biometrischen Spuren, und fordert eine Datenschutz-Folgenabschätzung, wenn Blickverfolgung oder räumliche Kartierung sensible Merkmale offenlegen können; ISO 14001 hingegen erweitert dieselbe Lebenszyklus-Disziplin auf die Umweltleistung und stellt sicher, dass virtuelle Prototypen den Rohstoff-, Energie- und Elektroschrott-Fußabdruck von XR-Geräten wirklich ausgleichen.

Aufbauend auf dieser Grundlage sollten Möbelhersteller ISO/IEC 23053:2022 für die gesamte XR/AI-Systemarchitektur sowie die IEEE 2048-Serie für Gerätetaxonomie, Latenz, Medienformate und Benutzeroberflächensicherheit heranziehen; zusammen bieten sie eine gemeinsame Sprache für Lieferant:innen und Auditor:innen. Am Arbeitsplatz behandelt die OSHA-Richtlinie für virtuelle Schulungen immersive Schulungen nur dann als „angemessen“, wenn sie nachweislich das Gefahrenbewusstsein verbessern und so die Notwendigkeit von Risikobewertungen vor dem Einsatz verbessern. Schließlich muss Hardware, die in die EU geliefert wird, die Funk-, EMV- und Niederspannungsrichtlinien erfüllen und das CE-Kennzeichen tragen; die technischen Unterlagen sollten die Einhaltung der oben genannten Standards dokumentieren.

Erweiterte Realität in Produktdesign- und Prototypingprozessen



Lösungen



VR-Skizze

Barocksoftware



Multinational ↻

Kollaboratives VR-Plugin für SketchUp, das es mehreren Nutzer:innen ermöglicht, 3D-Modelle in einer immersiven Umgebung zu entwerfen und zu bearbeiten. Es beschleunigt die Validierung und reduziert Designfehler, indem es Echtzeit-Visualisierungen in großem Maßstab bietet. Zielt auf die gemeinsame Arbeit von Ingenieuren und Kreativen ab.



Gravity Sketch

Gravity Sketch Group



Vereinigtes Königreich ↻

Professionelle Software, die sich auf immersive 3D-Modellierung konzentriert. Sie integriert NURBS-Kurven und intuitive Tools in VR- oder AR-Umgebungen und ermöglicht so die gemeinsame Produktion in Echtzeit. Wird in der Möbelindustrie verwendet, um Prototypen zu erstellen und komplexe Geometrien vor der Endfertigung zu validieren.



Enhance

Enhance XR



Spanien ↻

Plattform zur Entwicklung von E-Commerce-Lösungen in der Möbelbranche unter Verwendung von 3D- und AR-Technologie. Sie ermöglicht es den Nutzer:innen, Möbel in Echtzeit interaktiv anzupassen.



Moblo

MYTiforge



Frankreich ↻

Plattformübergreifende Software, die entwickelt wurde, um grundlegende Möbelmodelle für VR- und AR-Ansichten (nur mobil) zu erstellen. Sie ermöglicht grundlegende Modellierung aus editierbaren Blöcken sowie die Erstellung von Materialbibliotheken. Die Benutzeroberfläche ist einfach und agil, bietet jedoch keine Mehrbenutzerfunktionen.



ShapesXR

ShapesXR Inc.



Dänemark ↻

Kollaborative VR-Designplattform, die es multidisziplinären Teams ermöglicht, Möbelprototypen in Echtzeit zu erstellen und zu iterieren. Verfügt über spezialisierte ergonomische Messtools, Möglichkeiten zur Materialspannungsanalyse und biomechanische Simulationen. Kompatibel mit mehreren VR-Headsets (Meta Quest, HTC Vive, Pico) und bietet einen direkten Export an Fertigungssoftware, einschließlich CNC-Programmierung und 3D-Druckvorbereitung.



Beispiele



Bakken & Bæck

Norwegen



Technocarpenter – Möbelmodellierung in VR: Ein experimentelles Projekt, das KI und natürliche Gesten in einer VR-Umgebung nutzt, um einzigartige Möbel zu modellieren. Nutzer:innen gestalten ihre Ideen mit Handbewegungen, die das System in 3D-Modelle übersetzt, die druckfertig oder herstellungsbereit sind, um gemeinsame Kreativität und Innovation zu fördern.



Paolo de Jesus y XR+

Deutschland-Frankreich



Ergonomischer Frauenstuhl: Eine Initiative des WORTH Partnership Project, die einen Schaukelstuhl für CNC-Fertigung vorschlägt. Sie umfasst AR-basierte Anleitungen, die die Nutzer:innen durch die Montage führen. Das immersive Erlebnis fördert Engagement und Individualisierung und bietet einen menschlicheren und kreativeren Möbelentwicklungsansatz.



Damiano Latini & Nicholas Baker

Italien



Dieses Unternehmen hat VR in seinen konzeptionellen Design- und Prototypenprozess übernommen. Ein herausragendes Beispiel ist der „Super Chair“, der in Zusammenarbeit mit dem Designer Nicholas Baker entwickelt und vollständig in 3D mit VR modelliert wurde, bevor ein physischer Prototyp entwickelt wurde.



Matt Antes & Cullan Kerner

Vereinigte Staaten



Chair1: Ein Prototyp-Stuhl aus recyceltem PETG, der in VR entworfen wurde, um schnelles Prototyping und virtuelle Anpassungen vor der nachhaltigen Herstellung durch industriellen 3D-Druck zu ermöglichen. Entworfen mit Gravity Sketch.



UIMAGE ApS

Dänemark



Umage Augmented Reality: AR-Anwendung für gemeinsame Gestaltung und virtuelles Innenarchitektur-Prototyping. Ihre Website verfügt über eine AR-Funktion, mit der Nutzer:innen die Lampen und Möbel von UMADE in realem Maßstab in ihrem eigenen Zuhause vor dem Kauf sehen können.



Roche Bobois

Frankreich



Mah Jong 3D: Diese mobile App ermöglicht es Nutzer:innen, eine Mah Jong Sofa-Komposition digital zu erstellen und anzupassen, Modulkonfigurationen auszuwählen und verschiedene Stoffe anzuwenden (darunter Jean Paul Gaultier, Kenzo Takada, Missoni usw.) und anschließend das Ergebnis in 3D und AR zu visualisieren.



IKEA

Schweden



Im Jahr 2017 brachte IKEA IKEA Place auf den Markt, das es einfacher macht, Kaufentscheidungen in der eigenen Wohnung zu treffen, sich inspirieren zu lassen und viele verschiedene Produkte, Stile und Farben in realen Umgebungen mit einer Handbewegung auf dem Apple-Gerät auszuprobieren.



Natuzzi Italia

Italien



Natuzzi Augmented Store: Italiens größter Möbelhersteller hat in Zusammenarbeit mit Microsoft und Hevolus Innovation eine umfassende XR-Lösung namens „Augmented Store“ implementiert. Mit Microsoft HoloLens 2 geben Kunden eine digital gerenderte Version ihres eigenen Zuhauses in VR ein, um Natuzzi-Möbelstücke zu visualisieren und anzupassen. Das Augmented-Store-Konzept verbindet VR-Immersion mit AR-Home-Visualisierung und wurde weltweit an über 1.000 Natuzzi-Standorten eingeführt.

3



Beschreibung

Extended Reality (XR) umfasst eine Reihe von immersiven Technologien, die die physische und digitale Welt miteinander verbinden. Sie umfasst drei Hauptzweige: Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR), die jeweils unterschiedliche Immersions- und Interaktionsgrade bieten.

Virtuelle Realität (VR)

Virtuelle Realität lässt die Nutzer:innen vollständig in eine dreidimensionale digitale Umgebung eintauchen, indem spezielle Headsets oder Brillen verwendet werden. Diese Technologie eignet sich besonders gut zur Simulation von Holzwerkstätten oder Möbelproduktionslinien und ermöglicht den Erwerb komplexer Fähigkeiten in einem sicheren und kontrollierten Umfeld. Bediener:innen können bestimmte Bewegungen üben, virtuelle Tools bedienen und Schritt-für-Schritt-Abläufe ohne physische Risiken oder Materialverschwendung befolgen. Die Interaktion innerhalb der simulierten Umgebung ermöglicht die Replikation realer Übungen, einschließlich Leistungsbewertungen auf Grundlage von Erfolgen und Fehlern. VR-basierte Schulungen erweisen sich sowohl für einführende Anweisungen als auch für die Weiterbildung oder Umschulung in mechanischen oder automatisierten Prozessen als wertvoll. Branchenstudien haben gezeigt, dass VR-Schulungen die Wissensspeicherung bedeutend verbessern (bis zu 80 %) und den Fähigkeitserwerb im Vergleich zu traditionellen Methoden beschleunigen. Darüber hinaus ermöglicht es die Erfassung von Fortschrittskennzahlen, die Identifizierung häufiger Fehler und die Anpassung der Schulungsinhalte an das individuelle Lerntempo der einzelnen Arbeitskräfte. ¹

1



2



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**Wirtschaftliche Rentabilität: **Hoch**

Die Nutzung von Extended Reality für die Berufsausbildung und Weiterbildung in der Möbelbranche

Erweiterte Realität (Augmented Reality, AR)

Augmented Reality blendet digitale Informationen in die reale Umwelt ein, die über transparente Smartbrillen oder mobile Geräte zugänglich sind. Sie ist besonders wertvoll bei Montage-, Wartungs- und Qualitätskontrollprozessen, wo Echtzeitpräzision unerlässlich ist. Schritt-für-Schritt-Anweisungen können direkt auf Möbelkomponenten oder Maschinen projiziert werden und führen Bediener:innen anhand kontextueller Hinweise durch Aufgaben. Dank integrierter Kameras können Trainer:innen oder technische Experten aus der Ferne Unterstützung leisten, indem sie das Sichtfeld der Arbeitskräfte betrachten und synchronisierte visuelle Unterstützung senden. AR ermöglicht außerdem die Interaktion mit verankerten 3D-Modellen im physischen Arbeitsbereich und verbessert so das Verständnis von Strukturen, Komponenten oder Betriebsabläufen. Darüber hinaus erleichtert sie selbständiges Lernen am Arbeitsplatz, da Lehrmaterialien direkt im Arbeitsumfeld zugänglich sind, ohne die Produktionsaktivitäten zu unterbrechen. Darüber hinaus ermöglicht AR eine einfache und schnelle digitale Aktualisierung von Lehrinhalten, wodurch der Bedarf an gedruckten Handbüchern reduziert und Prozessänderungen schneller verbreitet werden. ²

Gemischte Realität (Mixed Reality, MR)

Mixed Reality stellt eine fortschrittliche Konvergenz von VR und AR dar, die es ermöglicht, interaktive virtuelle Objekte in Echtzeit in physische Umgebungen zu integrieren. Im Gegensatz zu VR isoliert MR die Nutzer:innen nicht, sondern verbessert die Umgebung mit kontextuellen digitalen Inhalten. Sie wird hauptsächlich in zwei Gerätetypen verwendet: transparenten optischen Headsets (z. B. HoloLens) und undurchsichtigen Headsets mit externen Kameras (z. B. Meta Quest 3, Apple Vision Pro). MR ermöglicht es Bediener:innen, mit echten Maschinen zu arbeiten, während virtuelle Anweisungen in ihr Sichtfeld eingeblendet werden. Die Anleitung kann das Markieren bestimmter Bereiche, das Anzeigen von Montageplänen oder das Aussenden vi-

sueller Sicherheitswarnungen umfassen. In Design- und Überwachungskontexten ermöglicht MR Prototypenvalidierung, dimensionale Verifikation und kollaborative Überprüfung in Echtzeit, ohne Produktionsabläufe zu unterbrechen. Die Wahl des Headsets hängt vom erforderlichen Detailgrad und der Art der Aufgabe ab und reicht von leichter Überwachung bis hin zu fortschrittlicher technischer Simulation. MR verbessert außerdem die Fernarbeit, indem mehrere Nutzer:innen gleichzeitig mit demselben digitalen Modell von verschiedenen Orten aus interagieren können.

Zusammen bieten diese drei Technologien ein breites Spektrum an Schulungslösungen, die sich an verschiedene berufliche Profile innerhalb der Möbelbranche anpassen können (von Produktionsarbeitskräften bis zu technischen Designer:innen), was einen starken Einfluss auf Effizienz, Sicherheit und die Standardisierung von Prozessen hat. ³



Anwendung

Die Möbelbranche, die sich durch stark manuelle Prozesse und spezialisiertes Handwerk auszeichnet, verwendet zunehmend Extended Reality (XR)-Technologien als zentrale Tools für die Ausbildung der Arbeitskräfte und kontinuierliche Entwicklung technischer Fähigkeiten.

Virtual Reality (VR) ermöglicht die Simulation realer Arbeitsumgebungen wie Tischlerwerkstätten, Fließbändern oder CNC-Maschinenkonzepte, ohne dass physische Materialien benötigt werden. Mit VR-Headsets können Arbeitskräfte komplexe Aufgaben wie Möbelmontage, den Einsatz von Elektrowerkzeugen oder die Programmierung automatisierter Maschinen in einer vollständig immersiven und sicheren Umgebung üben. Dies verringert die beruflichen Gefahren. Unternehmen, die VR-Schulungen einführen, berichten von einer Reduzierung von Arbeitsunfällen um bis zu 70 %, da die Arbeitskräfte risikoreiche Tätigkeiten sicher virtuell

3



4



5



6



Die Nutzung von Extended Reality für die Berufsausbildung und Weiterbildung in der Möbelbranche

durchführen können. Dies minimiert außerdem den Ressourcenverbrauch und verkürzt die Lernkurven.

Augmented Reality (AR) erweist sich besonders effektiv bei Montage- und Wartungsaufgaben. Durch transparente Smartbrillen oder mobile Geräte können die Arbeitskräfte Schritt-für-Schritt-Anweisungen visualisieren, die direkt auf physische Komponenten eingeblendet werden. Dies erleichtert Lernen in Echtzeit ohne ständige Überwachung und erhöht die Genauigkeit bei repetitiven oder hochpräzisen Operationen. In der Möbelbranche gilt dies besonders für die Montage komplexer Konstruktionen, Qualitätskontrollverfahren und individuelle Anpassungen.

Mixed Reality (MR) geht noch einen Schritt weiter, indem sie es virtuellen Elementen ermöglicht, mit der physischen Umgebung zu interagieren. Zum Beispiel kann ein Auszubildender ein 3D-Modell eines Möbelstücks betrachten, das auf eine reale Oberfläche projiziert wird, es virtuell manipulieren und vor dem physischen Bau ein besseres Verständnis für seine Struktur gewinnen. Darüber hinaus kann videobasierte MR (Video See-Through) komplette Betriebsszenarien simulieren, wie beispielsweise die Steuerung einer Produktionslinie, was eine direkte Interaktion zwischen realen und digitalen Umgebungen ermöglicht.

Diese Technologien können in folgenden Prozessen besonders effektiv sein:

- Ausbildung im Umgang mit CNC-Maschinen und Spezialtools.
- Montage und Installation modularer Bauteile.
- Qualitätskontrolle mit Hilfe von Anleitungen.
- Produktdesign und Personalisierung für bedarfsgerechte Fertigung.

Industriedesigner:innen können VR nutzen, um 3D-Prototypen schnell zu entwickeln und Proportionen, Materialien und Funktionen von Möbelprodukten in immersiven Umgebungen zu bewerten und so physische Modelle zu vermeiden. Diese fortschrittliche Visualisierung unterstützt zudem eine kollaborative Modellüberprüfung vor der technischen Validierung. ⁴

Ausbilder:innen können AR in der Produktionsumgebung nutzen, um Verfahren zu standardisieren, indem sie visuelle Anweisungen direkt auf die Arbeitsstation projizieren und so consequente, praxisnahe Schulungen für Montage-, Schneid- oder Bearbeitungsaufgaben gewährleisten. Dies ist besonders vorteilhaft für die Einarbeitung neuer Arbeitskräfte oder die Verwaltung interner Rotationen, da Betreiber:innen jeden Schritt direkt über die eigentlichen Komponenten hinweg verfolgen können. ⁵

Gleichzeitig ist MR besonders vorteilhaft für fortgeschrittene technische Profile und Produktionsleiter:innen. Diese Fachleute können mit digitalen Fließbandmodellen interagieren, Engpässe identifizieren oder Prozessverbesserungen vorschlagen, ohne die tatsächlichen

Abläufe zu stören. MR kann außerdem dazu verwendet werden, um individuelle Produktkonfigurationen vor der physischen Montage zu validieren. ⁶



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Mittel

Die Integration von XR in die Möbelbranche ist machbar, erfordert jedoch Investitionen in Hardware, Software und Schulungen für die Arbeitskräfte. VR für die Schulung von Arbeitskräften lässt sich relativ einfach mit bestehenden Marktlösungen implementieren und wird komplexer, wenn maßgeschneiderte, nicht generische Lösungen speziell für einzelne Unternehmen benötigt werden. MR und AR können aufgrund der Notwendigkeit einer realen Synchronisation in der realen Umgebung größere Implementierungsherausforderungen darstellen als VR. Der Ressourcenaufwand für die Erstellung von Assets und Simulationen muss so bemessen werden, dass die Systeme mittelfristig profitabel sind. Wie bei jedem Skalenvorteil ist der Einfluss dieser Entwicklungen und methodischen Aktualisierungen auf den Betrieb einer der größten Risikofaktoren bei der Einführung neuer Tools, sei es physisch oder digital.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Hoch

Der Einsatz von XR in der Möbelbranche kann die Design- und Produktionskosten erheblich senken, Fehler minimieren und Arbeitsunfälle verhindern. Unternehmen, die MR, AR und VR für Schulungen und Weiterbildung einsetzen, können erhebliche Effizienzsteigerungen erzielen, was anfängliche Investitionen rechtfertigt (insbesondere bei Unternehmen mit hohem Produktionsvolumen und hoher Personalfuktuation). Die Kosten bestimmter Geräte sind relativ niedrig, und die Implementierung ist unkompliziert mit bestehenden Standardlösungen.

■ Menschliche Faktoren

Die Einführung von Augmented and Virtual Reality (AR/VR) in der Möbelbranche bringt eine Reihe kritischer menschlicher Faktoren mit sich, die eine erfolgreiche Umsetzung beeinflussen.

Ein wichtiger Aspekt ist die Lernkurve der Nutzer:innen im Zusammenhang mit immersiven Technologien, insbesondere für Arbeitskräfte, die mit am Kopf montierten Displays (HMDs), räumlicher Navigation oder gestenbasierter Interaktion nicht vertraut sind. Ohne ausreichende Schulung und Übung können sich die Arbeitskräfte

desorientiert fühlen oder sich der Interaktion mit virtuellen Umgebungen widersetzen.

Unbehagen, Müdigkeit oder Cyberkrankheit – insbesondere in VR-Umgebungen – können bei längerer Nutzung Herausforderungen darstellen, insbesondere wenn Ergonomie oder Kalibrierung nicht richtig berücksichtigt werden. Dies unterstreicht die Notwendigkeit hochwertiger, ergonomisch gestalteter Hardware und personalisierter Nutzungsprotokolle (z. B. Sitzungslänge, Sitzhaltung, visuelle Anpassungen).

Das Engagement der Arbeitskräfte ist ein weiterer zentraler Faktor. Wenn die Arbeitskräfte AR/VR als von den tatsächlichen operativen Bedürfnissen losgelöst oder einfach als ein weiteres Technikexperiment wahrnehmen, kann ihre Motivation zur Einführung dieser Technologien sinken. Umgekehrt steigt die Akzeptanz der Arbeitskräfte erheblich, wenn sie frühzeitig einbezogen werden – beispielsweise bei der Erstellung von Inhalten oder beim Testen von Szenarien.

Vertrauen in virtuelle Inhalte ist ebenfalls entscheidend. Ungenaue oder schlecht kontextualisierte Simulationen verringern das Vertrauen und können dazu führen, dass die Arbeitskräfte auf traditionelle Methoden zurückgreifen. Die Aufrechterhaltung hoher Bildqualität und Interaktion verbessert nicht nur die Immersion, sondern auch das Vertrauen der Nutzer:innen in den Wert der Technologie.

Darüber hinaus sollten AR/VR-Lösungen inklusiv sein. Die Lösungen müssen unterschiedliche körperliche und kognitive Fähigkeiten der Nutzer:innen berücksichtigen, etwa bei Personen mit Sehbehinderungen oder eingeschränkter Fingerfertigkeit. Dazu gehört die Anpassung der Schriftgröße, der Komplexität der Benutzeroberfläche und der Interaktionsmodi (z. B. Sprach- vs. Handsteuerung).

Schließlich erfordert die Implementierung von AR/VR einen kulturellen Wandel. Die Ermutigung zum Experimentieren, das Schaffen digitaler Übungsumgebungen und die Förderung von Peer-Learning tragen dazu bei, Angst zu reduzieren und das Selbstvertrauen zu stärken. Die Manager:innen spielen eine Schlüsselrolle, indem sie immersive Tools als Arbeitshilfen und nicht als Leistungsüberwachungssysteme präsentieren. Mit einer menschenzentrierten Design- und Einführungsstrategie können AR/VR-Technologien zu leistungsstarken Instrumenten für die Steigerung der Arbeitskräftekompetenzen, operatives Lernen und die Schaffung gesundheitsbewusster Arbeitsumgebungen werden.

■ Umweltfaktoren

Die Einführung von XR-Technologien zur Ausbildung, Weiterbildung und Umschulung in der Möbelbranche kann maßgeblich zur ökologischen Nachhaltigkeit beitragen, sofern sie unter dem Gesichtspunkt der verantwortungsvollen Nutzung erfolgt. Einer der wichtigsten

Umweltvorteile von XR im industriellen Lernen liegt in seiner Fähigkeit, den intensiven Einsatz physischer Materialien durch immersive virtuelle Umgebungen zu ersetzen. Die Arbeitskräfte können sich in den Bereichen Design, Prototyping, Montage oder Wartung weiterbilden, ohne dabei reale Ressourcen wie Holz, Hardware, Klebstoffe oder Beschichtungen zu verbrauchen. Durch interaktive Simulationen können Fehler gemacht, Prozesse wiederholt und mehrere Szenarien bewertet werden, ohne Abfall zu erzeugen oder Rohstoffe zu verschwenden.

Der Einsatz von XR in der technischen Ausbildung ermöglicht zudem eine bessere Planung des Anlagen- und Werkstattbetriebs, optimiert Arbeitsabläufe sowie den Einsatz von Maschinen, Werkzeugen und Produktionsräumen. Dies kann unnötige Reisen reduzieren, den Energieverbrauch minimieren und Emissionen senken, die durch logistische oder dezentrale Präsenzschulungen entstehen, die oft Reisen zwischen den Standorten oder Vor-Ort-Einsätze von spezialisiertem technischem Personal beinhalten.

Es ist auch wichtig, den ökologischen Fußabdruck der für XR-Lösungen benötigten Infrastruktur zu berücksichtigen. Bei der Herstellung und Wartung von Headsets, Sensoren, Controllern und Servern werden Kunststoffe, Metalle und elektronischen Materialien mit hoher Umweltbelastung (z. B. kritische Rohstoffe, Seltene Erden usw.) verwendet, die am Ende ihrer Lebensdauer oft schwer zu recyceln sind, was zu einer nicht übersehbaren ökologischen Belastung beiträgt. Darüber hinaus können intensive grafische Verarbeitung und kontinuierlicher Datentransfer zu einem erhöhten Energieverbrauch während der Nutzung führen, wenn sie nicht durch effiziente Ressourcenstrategien gesteuert werden. Auch cloudbasiertes Rendering, Multiplayer-Umgebungen, Echtzeit-Datensynchronisation und KI-optimierte Umgebungen erfordern Unterstützung von Rechenzentren und Edge-Computing, die große Strom- und Wassermengen verbrauchen.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Die in der Möbelbranche angewandten XR-Technologien müssen mit Arbeitsschutzstandards wie ISO 45001 übereinstimmen, indem sie realistische Schulungen in Gefahrenerkennung und Risikoprävention ermöglichen und so sichere Arbeitsumgebungen auch in virtuellen Simulationen gewährleisten. Diese Technologien können auch die Einhaltung von Umweltstandards wie FSC- oder PEFC-Zertifizierungen unterstützen, indem sie digitale Rückverfolgbarkeitssysteme und die Visualisierung der Materiallebenszyklen ermöglichen. Darüber hinaus können XR-basierte technische Schulung dazu beitragen, die Einhaltung von Qualitätsnormen und Vorschriften zur Verhinderung von Arbeitsrisiken zu stärken.

Die Nutzung von Extended Reality für die Berufsausbildung und Weiterbildung in der Möbelbranche



Lösungen



XR-Streaming für die Holzbearbeitung

Felder Group
Österreich ↔

Einsatz von XR zur Schulung von Bediener:innen im Umgang mit CNC-Maschinen, wodurch die Lernkurve verkürzt und die Produktionseffizienz verbessert wird.



SimLab XR-Schulung für Möbel

SimLab Soft
Deutschland ↔

VR- und AR-basierter Möbelmontagesimulator, der es Bediener:innen ermöglicht, vor dem Umgang mit physischen Materialien eine praktische Schulungen zu erhalten.



VR Zimmereisimulator

UP360
Kanada ↔

Virtual-Reality-Simulator, der es den Arbeitskräften ermöglicht, Tischlerwerkzeuge und -techniken in einer sicheren und kontrollierten Umgebung zu üben.



SimSpray VR Lackierausbildung

VRSim, Inc
Vereinigte Staaten ↔

Simspray bietet benutzerfreundliche, simulationsbasierte Schulungen für Lackier- und Beschichtungsverfahren. Die Schulungen zu HVLP-, Airless- oder Airassisted-Airless-Verfahren. Spart Zeit, reduziert Abfall und beschleunigt die Ausbildung mit immersiver VR-Technologie.



Dynamics 365-Leitfäden für die Ausbildung von Holztechniker:innen

Microsoft
Vereinigte Staaten ↔

Mixed Reality-Anwendung zur Anleitung der Schulungen und Arbeitsabläufe von Arbeitskräften und Studierenden an realen Maschinen im Arbeitsumfeld. Die holografischen, dreidimensionalen Anweisungen führen die Techniker:innen bei der Ausführung ihrer Aufgaben an physischen Materialien und Maschinen. Die maßgeschneiderte, interne Inhaltentwicklung ist einfach und schnell und die Software ist mit verschiedenen XR-Headsets kompatibel.



KIT-AR - KIT-Assist & Insight

KIT-AR
Portugal / Vereinigtes Königreich ↔

Eine Suite industrieller Augmented-Reality-Tools, die darauf abzielen, schrittweise 3D-Anweisungen und Prozessanalysen bereitzustellen.



Simuladores de Realidad Virtual para Formación Profesional

VRFP
Spanien ↔

Ein Simulator, der den korrekten Umgang mit Holzbearbeitungsmaschinen lehrt, mit dem die Auszubildenden lernen, die Teile einer Gehrungssäge, einer Tischkreissäge und einer Bandsäge sowie die Funktionen der einzelnen Werkzeuge kennenzulernen.



Beispiele

**Fologram***Australien*

Demonstration der Mixed-Reality-Tischlerkunst: Ein AR- und VR-Projekt, das darauf ausgelegt ist, die Montage vorgefertigter Bauteile in Tischlereien und im Bauwesen zu verbessern. Über die Twinbuild-Plattform können Tischlerlehrlinge komplexe Holzkonstruktionen mithilfe von virtuellen Anleitung und Echtzeitunterstützung zusammenbauen.

**Human Interface Technology Lab (HITLab) – Howest Fachhochschule***Belgien*

Woodcraft VR ist eine lehrreiche Virtual-Reality-Anwendung für Meta Quest, bei der Nutzer:innen grundlegende Tischlertechniken erlernen und virtuell mit Handwerkzeugen in einer simulierten Werkstatt arbeiten können.

**Innoarea Projekte S.L***Spanien*

VR ist ein Virtual-Reality-Projekt, das entwickelt wurde, um Fachleute in der Holz- und Möbelbranche im Umgang mit bestimmten Maschinen auszubilden. Es ermöglicht die sichere Simulation industrieller Umgebungen und verbessert die technische Ausbildung durch immersive Szenarien.

**SCM Group***Italien*

SCM Maestro Smartech AR ist ein drahtloses Augmented-Reality-Gerät, das es den Techniker:innen ermöglicht, Kunden effizient auch aus der Ferne zu unterstützen. Es bietet Funktionen wie Live-POV-Videoströming für Remote-Techniker:innen; freihändige Datenvisualisierung und -interaktion; bidirektionaler Austausch von Bauplänen, Schaltplänen und Checklisten; Echtzeit-Anmerkungen sowie Text- und Sprachkommunikation vom Remote-Team. ▶

**Artwood Akademy***Italien*

Mixed Reality-Schulungen für Auszubildende im Bereich Holzbearbeitung in der Artwood Akademy. Ein zusammen mit Dynamics 365 Guides und Hololens2 entwickeltes MR-Projekt für die praktische Ausbildung im Umgang mit Holzbearbeitungsmaschinen wie CNCs und Kantenanleimmaschinen. Durch die Befolgung von Video-, Text- und 3D-holografischen Anweisungen können Techniker:innen die Maschinen in Echtzeit bedienen: Eingabeaufforderungen und Anweisungen leiten die Auszubildenden bei Standardverfahren, normaler Wartung und Fehlersuche an. ▶

**JYSK***Dänemark*

Im Jahr 2023 brachte der Möbelhändler JYSK „The Right Sales Attitude“ auf den Markt, ein realistisches, Web-VR-basiertes virtuelles Trainingstool, das Arbeitskräfte in interaktive, spielerische Kundenszenarien eintaucht, um Verkaufs- und Kundenservicekompetenzen zu verbessern.

**CETEM-EU***Spanien*

XR4Crafts. Entwicklung von Schulungsmaterialien mit XR Extended Reality in Verbindung mit haptischen Handschuhen zur Simulation von Herstellungs- und Bauprozessen wie Tischlerei, Wandanstrich, Dachbau und Installation schwimmender Dielenböden.

4



Beschreibung

Intelligente Materialien, auch bekannt als intelligente oder reaktionsfähige Materialien, sind technische Lösungen, deren Eigenschaften sich bei Einwirkung äußerer Reize wie mechanischer Belastung, Druck, Feuchtigkeit, elektrischer oder magnetischer Felder, Licht, Temperatur oder bestimmter Chemikalien kontrolliert verändern können.

Im Bereich Möbel und Design verbessern sie Funktion und Anpassungsfähigkeit, steigern die Leistungsfähigkeit und unterstützen nachhaltige Lösungen.

Diese Materialien lassen sich basierend auf strukturellen und betrieblichen Merkmalen in drei Hauptgruppen einteilen, die jeweils deutliche Vorteile für die Weiterentwicklung von Möbeln bietet.

Die erste Gruppe intelligenter Materialien sind diejenigen, die durch **konstruierte Strukture**ngewonnen werden. Diese Kategorie umfasst alle Materialien mit „intelligenten“ Strukturen, die darauf ausgelegt sind, besser auf mechanische Belastungen zu reagieren, zum Beispiel in Textilien, Schäumen oder Verbundstoffen; oder auf Licht, wie etwa bei bearbeiteten Oberflächen durch Lasergravur von Formen, um die Lichtreflexion und -transmission zu steuern. Weitere Beispiele sind Textilstrukturen für Sitze, technisch hergestellte Schäume (Memory, Entwässerung usw.) und andere Polsterlösungen und alle **Metamaterialien**, künstlich konstruierte Materialien, die Eigenschaften besitzen, die sich aus ihrer inneren Struktur und nicht aus ihrer chemischen Zusammensetzung ergeben. Metamaterialien können über 3D-gedruckte Strukturen gewonnen werden, mit dem Ziel der Verstärkung, Gewichtsreduzierung und dem Ersatz von Schaumstoffpolstermaterialien.

Eine zweite Kategorie sind die **leitfähigen Materialien**. Sie können über eingebettete oder gedruckte Schaltkreise verfügen, die die Integration von Möbeln in die breitere Smart-Home-Infrastruktur erleichtern. Durch das Einbetten leitfähiger Tinten, Filme oder Leiterplat-

1



2



3



4



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel-hoch**

Intelligente Funktionen im Möbelsektor

ten können Möbelstücke als interaktive Komponenten dienen, die als Steuerungsschnittstellen, Ladestationen oder Datenerfassungsknoten fungieren und so den Nutzerkomfort und die Interaktion in einer technologisch integrierten Haushaltsumgebung verbessern. So können beispielsweise Bürotische und Arbeitsplatten zu Steuerflächen umgewandelt werden, indem leitfähige Eigenschaften in typischerweise nicht-kapazitive Materialien wie Holz oder Keramikplatten integriert werden. Die Leitfähigkeit hilft auch dabei, eine "Infrastruktur" für Sensoren und Aktoren zu schaffen und ermöglicht eine dynamische Reaktion auf Berührungen, wie haptisches Feedback, sodass Möbel auf Eingaben reagieren können, die taktile Empfindungen erzeugen, die Erlebnisse in virtueller Realität oder Entspannungsszenarien verbessern können.

Schließlich weist die breitere Gruppe **funktionaler Beschichtungen und Additive** die vielleicht interessantesten Eigenschaften für die Möbelbranche auf. Sie reichen von wirklich intelligenten Materialien, die aktiv und reversibel auf äußere Reize wie Phasenwechselmaterialien reagieren, bis hin zu Materialien mit passiven Funktionen und Mehrwert, wie z. B. Anti-Fingerabdruck-Oberflächen.

Diese Beschichtungen und Additive bieten Schutz, Dekoration und funktionale Verbesserungen der Substrate und bieten eine Reihe interessanter Eigenschaften wie Hydrophobie, Fleckenschutz, Kratzfestigkeit, antistatisches Verhalten, thermochromatisches Verhalten, Photolumineszenz, selbstheilende Eigenschaften, Licht- und Temperaturkontrolle, antibakterielle Wirkung, sanfte Berührung, Farbe, besondere ästhetische Effekte und vieles mehr.

Additive werden häufig während des Formulierungsprozesses beigemischt, um die Materialeigenschaften zu verbessern. Intelligente Additive können zu fortschrittlichen Funktionen wie Temperaturregulierung und schnellem Trocknen beitragen. Phasenwechselmaterialien (Phase Change Materials, PCMs) regulieren beispielsweise die Temperatur in Polsterung und Bettwäsche, indem sie ihren Aggregatzustand reversi-

bel ändern, um Wärme aufzunehmen und abzugeben und so Überhitzung zu verhindern. In Stoffe integrierte Aktivkohle sorgt für Geruchsabsorption und schnelles Trocknen. Durch Nanotechnologie wird die Oberfläche von Aktivkohle vergrößert, was eine schnelle Feuchtigkeitsableitung und Verdunstung ermöglicht.

Beschichtungen werden auf die Materialoberfläche aufgetragen, wo sie am Substrat haften. Beschichtungen können häufig sowohl funktionale als auch ästhetische Vorteile für Oberflächen bieten. Zum Beispiel kann eine Beschichtung eine hydrophobe, ultramatte, weiche Oberfläche und selbstheilende Eigenschaften für Mikroratzer bieten.

- 1 *Flexible Elektronik, die die Funktionalisierung (Softschalter, Sensoren) von Stoff, Leder und Furnieroberflächen ermöglicht* – Hersteller: Loomia ⇨
- 2 *Illustration potenzieller Merkmale einer intelligenten Touch-Oberfläche (Bildmaterial)*
- 3 *Thermochrome Pigmente und Farbstoffe von Olikrom* ⇨
- 4 *Phasenwechsel-Polyurethanschaum Thermofresh von Pelma* ⇨
- 5 *Schadstoffabsorbierendes Gewebesystem theBreath®* ⇨



Anwendung

Die praktischen Anwendungsmöglichkeiten intelligenter Materialien im Möbeldesign erstrecken sich über ein breites Spektrum an Bereichen und bieten innovative Lösungen, die Funktion, Komfort, Ästhetik und Nachhaltigkeit verbessern.

Bei **Sitzmöbeln, Polsterung** und **Bettwäsche** werden intelligente Materialien hauptsächlich verwendet, um den Komfort und die Ergonomie zu verbessern. Diese Materialien sind so konzipiert, dass sie den Körper stützen und das Gewicht effizient umverteilen oder den Bedarf an herkömmlicher Polsterung verringern. Im Bettbereich werden temperaturregulierende Schäume verwendet, die Phasenwechselmaterialien enthalten, um Wärme aufzunehmen und abzugeben und eine ideale Schlaftemperatur aufrechtzuerhalten.

Die Entwicklung **intelligenter akustischer Absorber** ist zwar noch nicht weit verbreitet, aber vielversprechend für die Zukunft. Diese innovativen Materialien können ihre Absorptionseigenschaften dynamisch an die umgebende Schallumgebung anpassen und potenziell zur Schaffung eines intelligenten akustischen Innenraums beitragen.



Ein weiterer Aspekt des allgemeinen Wohlbefindens in Innenräumen hängt mit der **Luftqualität in Innenräumen** zusammen. Mehrschichtige Produkte mit Sandwichstruktur enthalten verborgene Innenelemente, die Schadstoffe aus Heizsystemen oder chemischen Produkten auffangen. Die Vielseitigkeit dieser Produkte ermöglicht die Anwendung in gewerblichen und privaten Gebäuden und trägt zu einem gesünderen Lebensraum bei. Sie sind darauf ausgelegt, funktionale Elemente mit einer dekorativen, anpassbaren Oberfläche zu verbinden und eignen sich als Raumteiler, Vorhänge und Möbelbezüge. Intelligente Materialien werden auch eingesetzt, um die **Interaktion und Konnektivität** zu Hause, in Büros, im Einzelhandel und in öffentlichen Umgebungen zu verbessern. Multifunktionale, sensorintegrierte Oberflächen werden auf Tisch- und Küchenplatten angebracht, um intuitive, berührungsempfindliche Steuerungen für Beleuchtung und Multimedia zu ermöglichen und Technologie nahtlos in Alltagsmöbel zu integrieren.

Im Bereich **Ladeneinrichtung** können intelligente Regale mit Drucksensoren den Lagerbestand in Echtzeit überwachen und Beleuchtung oder Präsentationslayouts je nach Kundenbewegung anpassen. In **öffentlichen Räumen** können interaktive Installationen – mit responsiven Oberflächen oder dynamischer Ästhetik – die Nutzer:innen auf sinnvolle Weise einbinden und die Umgebung bereichern.

Bei **Gartenmöbeln** sorgen hydrophobe Beschichtungen dafür, dass Wasser und Flecken abgewiesen werden, was die Reinigung erleichtert und die Haltbarkeit verbessert – besonders wichtig in stark frequentierten oder exponierten Umgebungen. Bei **Küchenmöbeln** vereinfachen hydrophobe und oleophobe Oberflächen nicht nur die Pflege, sondern verlängern auch die Lebensdauer von Oberflächen, wodurch die Instandhaltungskosten gesenkt werden.

Beim **Lichtdesign** können strukturell konstruierte transparente intelligente Oberflächen die Lichtdurchlässigkeit modulieren, Blendung reduzieren und sich dynamisch an unterschiedliche Beleuchtungsbedürfnisse für private und gewerbliche Anwendungen anpassen.

Aus **ästhetischer** Sicht bieten intelligente Materialien sowohl Schönheit als auch Funktionalität. Anti-Fingerabdruck-Beschichtungen erhalten die Transparenz bei glänzenden oder metallischen Oberflächen, während

mikro- oder nanostrukturierte Oberflächen Farbwechseleffekte erzeugen können, die statische Möbel in visuell dynamische Stücke verwandeln.

Nachhaltigkeit ist ebenfalls ein zentraler Punkt. Durch die Verbesserung der Haltbarkeit und die Reduzierung des Austauschbedarfs tragen intelligente Materialien zur Verringerung der Umweltbelastung bei. Selbstheilende Polymere können beispielsweise Kratzer, Risse oder kleinere Risse autonom reparieren, was die Lebensdauer des Produkts verlängert und Abfall reduziert. Dies entspricht den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und unterstützt nachhaltigere Designpraktiken.

Aus futuristischer Sicht könnten **energiegewinnende** Arbeitsstationen mit piezoelektrischen Materialien mechanische Energie aus Tippen oder Bewegung in elektrische Energie umwandeln, die zum Betrieb eingebetteter Geräte oder zum Aufladen von Elektronik genutzt werden kann – was die Energieeffizienz direkt in den Arbeitsbereich bringt.

6 *Himmelbett, in dem interaktive Funktionen für Unterhaltung, Gesundheit und Wohlbefinden per App (Hi-Interiors) gesteuert werden* ⇨

7 *Schreibtischunterlage mit graphenangereicherter antibakterieller Beschichtung (Deskpad ⇨ Secondo Piano von Giulio Iacchetti für Danese Milano, Graphenbeschichtung von Directa Plus) ⇨*



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Mittel

Die Integration intelligenter Materialien in das Möbeldesign erfordert Fachkenntnisse in Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Hersteller:innen müssen in Forschung und Entwicklung investieren, um die Eigenschaften und das Verhalten dieser fortschrittlichen Materialien vollständig zu verstehen. Die Anpassung von Produktionsprozessen, die Sicherstellung von Langlebigkeit und die Aufrechterhaltung der Benutzersicherheit können eine Herausforderung darstellen. Während einige Lösungen sofort anwendbar sind, erfordern andere zusätzliche Fertigungsschritte. Leitfähige Materialien, oft Teil größerer Systeme, benötigen eine sorgfältige Integration mit IoT- und Haussteuerungstechnologien, um eine nahtlose Kommunikation und Funktionalität zu gewährleisten.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel-hoch

Die Kosten für die Integration intelligenter Materialien sind in der Regel höher, bedingt durch Forschungs- und Entwicklungskosten sowie Materialkosten. In vielen Fällen ist der Preisunterschied beim Endprodukt jedoch nicht so gravierend (z. B. Anti-Fingerabdruck-, reparierbare Nanooberflächen vs. Standardlaminat). Außerdem wird



erwartet, dass mit dem technologischen Fortschritt und der Produktionssteigerung die Kosten voraussichtlich sinken, was die wirtschaftliche Machbarkeit verbessert. Schließlich können sich intelligente Lösungen wie RFID für Logistik langfristig auszahlen.

■ Menschliche Faktoren

Die Integration intelligenter Materialien in das Möbeldesign hat erhebliche Auswirkungen auf sowohl die Endverbraucher als auch die an der Fertigung beteiligten Arbeitskräfte.

Für die Nutzer:innen erhöhen Möbel, die sich individuellen Bedürfnissen anpassen, den Komfort und die Ergonomie und führen zu mehr Wohlbefinden und Zufriedenheit. Funktionen wie selbstheilende Oberflächen und leicht zu reinigende Beschichtungen reduzieren den Pflegeaufwand und tragen zu einem besseren Nutzererlebnis bei.

Diese Funktionen sind intuitiv und können von den Nutzer:innen nahtlos übernommen werden.

Die zunehmende Integration von Kommunikationstechnologegeräten in unser tägliches Leben wird voraussichtlich zu einem größeren Angebot an intelligenten, vernetzten Möbeln und Hausautomationssystemen führen. Die Einführung von eingebetteter Elektronik und Sensoren kann jedoch Unterstützung erfordern, um eine effektive und sichere Nutzung zu gewährleisten.

Bei der Bewertung der Integration intelligenter Materialien ist zu berücksichtigen, dass die Möbel- und Polsterbranche traditionell konservativ ist und Nutzer:innen sich möglicherweise gegen Komplexität oder Veränderungen ihrer gewohnten Interaktionen mit Objekten wehren.

Die Anwendung nutzerzentrierter Designprinzipien kann diesen Übergang erleichtern und eine breitere Akzeptanz fördern.

Die Zusammenarbeit zwischen Designer:innen, Ingenieuren und Produktionsmitarbeiter:innen wird zunehmend wichtiger, um sicherzustellen, dass die Implementierung intelligenter Materialien mit den Designabsichten und Fertigungskapazitäten übereinstimmt.

Für die Arbeitskräfte in diesem Sektor erfordert die Einführung von intelligenten Materialien Fortbildungsmöglichkeiten im Umgang mit neuen Materialien und Technologien.

Ausbildungsprogramme sollten technisches Wissen sowie kollaborative und sicherheitsrelevante Aspekte abdecken und so ein gemeinsames Verständnis zwischen den Abteilungen fördern.

eventuell müssen zunächst Arbeitssicherheitsprotokolle aktualisiert werden, um neue Gefahren im Zusammenhang mit diesen Materialien zu berücksichtigen.

Die frühe Einbindung der Arbeitskräfte, die Integration neuer, digitalerer Profile und eine klare Kommunikation über Zweck und Vorteile intelligenter Materialien können den Widerstand verringern und die Beteiligung am Transformationsprozess erhöhen.

■ Umweltfaktoren

Im Allgemeinen verwenden die meisten intelligenten Materialien knappere Materialien und sind komplexer herzustellen, benötigen mehr Energie und Ressourcen, was oft zu einem höheren ökologischen Fußabdruck im Vergleich zu herkömmlichen Materialien führt. Aufgrund ihrer komplexen Zusammensetzung – wie der Einsatz chemischer Zusatzstoffe, Beschichtungen oder ihres Status als Nischenmaterialien wie Formspeicherlegierungen – sind viele intelligente Materialien derzeit nicht mit etablierten Recyclingströmen kompatibel. Leitfähige Materialien zur Integration von Elektronik sind Teil vollständiger Systeme und bestehen aus mehreren Komponenten wie Leiterplatten, an flexible Trägermaterialien befestigten Drähten, Lötverbindungen, Klebstoffen, Nähten und Isolierschichten, was das Recycling noch komplizierter macht.

Außerdem können Produkte, die solche elektrischen oder elektronischen Komponenten enthalten, als WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) klassifiziert werden und müssen möglicherweise als solche getrennt, behandelt und entsorgt werden.

Andererseits können einige intelligente Materialien dazu beitragen, den Energieverbrauch und den den betriebsbedingten CO₂-Ausstoß von Wohnungen zu senken, z. B. indem sie Matratzen durch PCM ein frischeres Gefühl verleihen, ohne dass Klimaanlage erforderlich sind, die Gesamtbilanz sollte jedoch überprüft werden.

Die Durchführung einer Lebenszyklusbewertung (Life Cycle Assessment, LCA) kann wertvolle Einblicke in die Gesamtauswirkungen von Bergbau, Herstellung, Entsorgung und Energieverbrauch geben, die mit jedem spezifischen intelligenten Material verbunden sind.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Derzeit gibt es keine spezifischen Vorschriften für intelligente Materialien in Möbeln. Die Produkte müssen jedoch den allgemeinen Sicherheitsvorschriften (GPSR), chemischen (REACH, RoHS) und elektrischen Richtlinien (LVD, EMC) entsprechen, wenn Elektronik integriert wird. Standardisierungsorganisationen wie **ISO**, **CEN**, **IEC** und **ASTM** entwickeln Rahmenwerke für intelligente Systeme in anderen Branchen, die sich auf Möbel ausweiten können. Designer:innen sollten die Materialsicherheit, Haltbarkeit und Umweltbelastung bewerten und bei der Integration von Sensoren, Beleuchtung oder Energie Nutzungsfunktionen die Einhaltung sicherstellen.



Lösungen



Gitter und Schaummaterialien (Konstruktionsbauten)

EcoLattice

Vereinigtes Königreich, Indien ↔

Anpassbare Gitter- und Schaumstoffstrukturen, die durch fortschrittliche additive Fertigungsverfahren mit recyceltem TPU hergestellt werden. Je nach verwendetem Polymertyp können diese leichten und atmungsaktiven Strukturen flexibel oder starr, hart oder weich sein, und ihre komplexe Struktur trägt ebenfalls zur Schallabsorption bei. Die Anwendungen umfassen Polsterung, Überzüge für Möbelzubehör und Beleuchtung.



Touch-Oberfläche (leitend)

Loxone

Österreich, Global ↔

Die Touch-Oberfläche ist eine unsichtbare Taste, die es ermöglicht, Touch-Steuerungselemente direkt in harte Möbel und Oberflächen zu integrieren und so Arbeitsflächen, Tische sowie andere Innen- und Außenflächen in intelligente Elemente zur Steuerung von Hausautomatisierungsfunktionen wie Licht, Ton, Schatten, Heizung und Kühlung verwandeln kann.



Maßgeschneiderte intelligente Textilien (Leitfähig)

Embro GmbH

Deutschland ↔

Maßgeschneiderte intelligente Textilien, die mithilfe von Sticktechnologie hergestellt werden, um elektrische Leiter in textile Substrate zu integrieren. Die Anwendungsbereiche umfassen Druck- und Bewegungssensoren, Heizelemente, LEDs und Touch-Schnittstellen, wodurch die Textilien sowohl für den Einsatz in Möbeln als auch in anderen Bereichen geeignet sind.



Tempotest Home® (Funktionale Beschichtungen und Additive)

Parà

Italien ↔

Möbelstoffe mit UV-beständigen, hydrophoben Oberflächen, die auch die Entfernung öligter Substanzen erleichtern. Kürzlich wurde die Beschichtung aktualisiert und ist nun frei von per- und polyfluoralkylhaltigen Substanzen (PFAS), deren Verwendung derzeit im Rahmen des REACH-Programms in der EU eingeschränkt werden soll.



Temperaturregulierende intelligente Textilien (Funktionale Beschichtungen und Additive)

Outlast Technologies GmbH

Deutschland ↔

Fortschrittliche intelligente Textilien mit mikroverkapselten Phasenwechselmaterialien (PCMs), die proaktiv Wärme und Feuchtigkeit regulieren. Diese ursprünglich für die NASA entwickelte Technologie absorbiert, speichert und gibt überschüssige Körperwärme ab und sorgt für ein stabiles Mikroklima. Studien deuten auf eine mögliche Reduzierung des Schwitzens um bis zu 48 % hin, was zu erholsamerem Schlaf führt.



Beispiele

**Arper***Italien*

Das wesentliche Design des Tisches wird zusätzlich durch Fenix, ein ultramattes Oberflächenmaterial, das die Tischplatte bedeckt, hervorgehoben. Das Laminat vereint eine Reihe von Eigenschaften, die auf die visuellen Sinne (Reflektivität bei geringem Licht, ultramatte Optik), Haptik (weiche Berührung) reagieren und mit pflegearme Eigenschaften (wasserresistent, fingerabdruckfreies Finish) und die Möglichkeit aufweisen, oberflächlicher Mikrokratzer thermisch zu heilen.

**TPBtech***Australien*

Eine multifunktionale Oberfläche mit integriertem unsichtbaren Induktionskochfeld. Die hochresistente Porzellan-Keramik-Oberfläche ist mit einer wärmeableitenden Aluminiumschicht versehen und enthält ein berührungsempfindliches Steuerungssystem, das in die Induktionskochfeld integriert ist. Sie kann als Oberfläche zum Schneiden, Kochen und Anrichten verwendet werden und auch als Tischplatte dienen.

**Cassina***Italien*

Das Bett ist mit Materialien zur Unterstützung des Wohlbefindens ausgestattet. Die Luftreinigung wird durch den Einsatz von theBreath-Stoff® erreicht, einer patentierten Technologie, die Schadstoffe auffängt und abbaut, um die natürliche Zirkulation sauberer Luft zu fördern. Gleichzeitig wird durch die Integration von Soundfil-Schalldämpfern® aus recycelten, hygienischen Material zur Verringerung von Schwingungsfrequenzen akustischer Komfort erzielt.

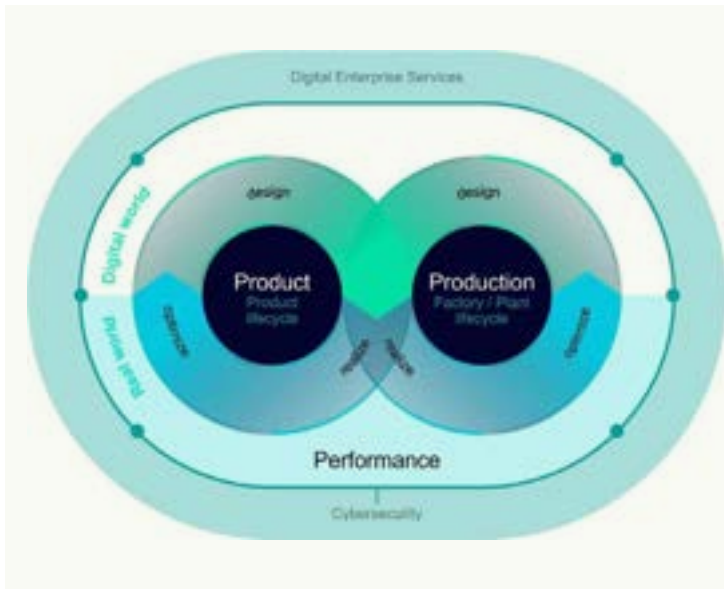
**Bauformat***Deutschland*

Der Küchenhersteller verwendet intelligente Materialien wie selbstheilende Oberflächen, thermoreaktive Lamine und antimikrobielle Oberflächen. Diese Materialien reagieren auf Reize wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit und verbessern so die Lebensdauer und Hygiene von Küchenmöbeln. Zusätzlich integrieren sie Technologien wie automatisierte Beleuchtung und intelligente Aufbewahrungslösungen und optimieren so die Funktionalität und Effizienz des Küchenbereichs.

Intelligente Produktentwicklungsprozesse durch die Einführung von Digital-Twin-Technologien



1



2



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**
 Wirtschaftliche Rentabilität: **Hoch**

Intelligente Produktentwicklungsprozesse durch die Einführung von Digital-Twin-Technologien



Beschreibung

Der Erfolg und Misserfolg von Unternehmen hängt von ihrer Fähigkeit ab, neue Produkte zu entwickeln und auf den Markt zu bringen. Vor diesem Hintergrund sind Unternehmen bestrebt, ihre Fähigkeiten zur digitalen Produktentwicklung zu verbessern und sehen diese Technologien als Möglichkeit, Design- und Entwicklungszyklen zu beschleunigen und gleichzeitig die Kosten durch Optimierung von F&E-Prozessen zu senken. Auch digitale Produktentwicklungsansätze entwickeln sich rasant weiter und bauen auf Fortschritten in den Bereichen Rechenleistung, analytische Ansätze und künstliche Intelligenz auf. Dies hat zur Entstehung von Digital Twins (DTs) geführt: digitale Nachbildungen aktueller oder zukünftiger Produkte, die alle Eigenschaften ihrer physischen Gegenstücke simulieren können. Die Interaktion mit einem Produkt in einem virtuellen Raum kann schneller, einfacher und sicherer sein als in der realen Welt.

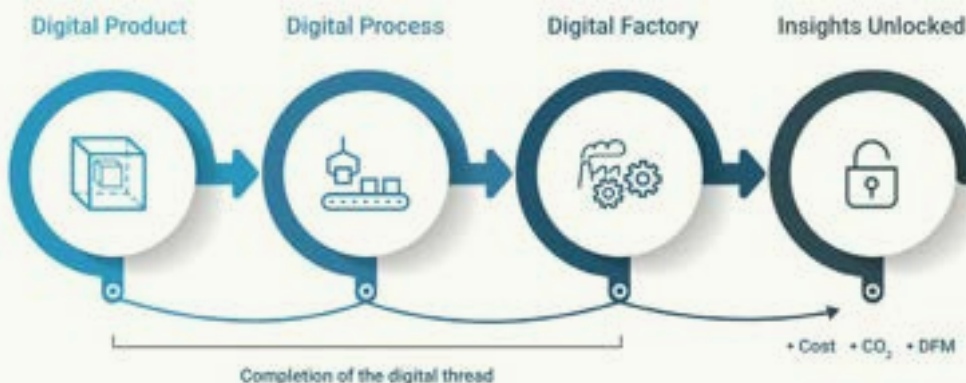
1 Flexible und effiziente Fertigung (SRC ↔)

Produktentwicklungsleiter:innen erwarten, dass DTs Produktentwicklungsprozesse beschleunigen und Ergebnisse verbessern – und das alles bei gleichzeitiger Kostensenkung. Die Implementierung von DTs in der Möbelbranche **verbessert Design und Prototyping durch die Erstellung virtueller Nachbildungen von Produkten**, sodass Hersteller:innen Designs testen und verfeinern können, wodurch Abfall reduziert und die

Entwicklung beschleunigt wird. Durch die Integration von Echtzeitdaten von IoT-Geräten und Sensoren optimieren DTs **Produktionsprozesse**, ermöglichen vorausschauende Wartung und minimieren Ausfallzeiten. Sie ermöglichen außerdem **Szenario-Simulationen und -vorhersagen**, die Unternehmen dabei helfen, Probleme vorherzusehen und verschiedene Lösungen zu bewerten, bevor sie reale Veränderungen vornehmen. Darüber hinaus fördern DTs **die Nachhaltigkeit**, indem sie den Material- und Energieverbrauch durch effiziente virtuelle Tests und Optimierungen reduzieren.

Ein Unternehmen mit einer robusten Digital-Twin-Plattform kann hingegen umfassende vollständige Produktsimulationen in einer virtuellen Umgebung durchführen, bevor ein vorgeschlagenes Design vom Kunden genehmigt wird. Da komplexe Maschinen typischerweise eine Kombination aus bestehenden und neu entwickelten Elementen verwenden, können Unternehmen eine Bibliothek von Digital-Twin-Modellen von Schlüsselkomponenten führen und sie mit den Modellen neuer Bauteile kombinieren, um den vollständigen Digital Twin zu erstellen. Dieser Twin kann verwendet werden, um Kund:innen die vorgeschlagene Lösung zu demonstrieren und zu überprüfen, ob das neue Design ihren Bedürfnissen entspricht. Und die Digital-Twin-Modelle der neuen Komponenten können dann der Bibliothek hinzugefügt werden, sodass sie für zukünftige Projekte

Connecting Digital Twins = Seamless Digital Thread



Intelligente Produktentwicklungsprozesse durch die Einführung von Digital-Twin-Technologien

mit ähnlichen Anforderungen verfügbar sind.² *Datenanalyseprozesse innerhalb von DTs (SRC ↔)*

So bieten DTs Möbelherstellern ein leistungsstarkes Tool, um die Designpräzision zu verbessern, die Produktion zu optimieren, Kunden einzubinden und Umweltverantwortung zu fördern. Die Nutzung dieser Technologie versetzt Unternehmen in die Lage, in einem zunehmend wettbewerbsintensiven und umweltbewussten Markt erfolgreich zu sein.

Dennoch ist der Aufbau einer Digital-Twin-Plattform nicht so einfach, wie es sein könnte. Das bedeutet, dass ein erfolgreiches Digital-Twin-Programm ein Change-Management-Projekt ist, das Engagement und Unterstützung seitens des Führungsteams sowie ein starkes Programmmanagementteam erfordert, um Meilensteine zu verfolgen, neue Prozesse zu entwickeln und deren Einführung durch das Unternehmen zu unterstützen.

3 *Digitaler Fahrplan für Hersteller und Fabriken (SRC ↔)*

Um diese potenziellen Hindernisse zu überwinden, können Unternehmen einen stufenweisen Ansatz bei der Einführung von Digital-Twin-Modellen verfolgen. Die ersten drei Phasen befassen sich mit technologischen Herausforderungen wie Plattformwahl, Architekturdesign und Integration: **Wettbewerbsanalyse und Scoping**, bei denen das Unternehmen verfügbare Lösungen bewertet und deren potenziellen Wert schätzt; **Architekturdesign und Software-Stack-Definition**, wobei die notwendigen Softwarekomponenten ausgewählt und die Systemarchitektur definiert werden; und **Softwareentwicklung**, wo das Unternehmen die Prozesse und Fähigkeiten entwickelt, die für den Aufbau, die Integration und den Start ihrer Digital-Twin-Plattform erforderlich sind. Die folgenden Phasen konzentrieren sich auf die organisatorische Transformation, die notwendig ist, um neue Prozesse und Arbeitspraktiken einzuführen.



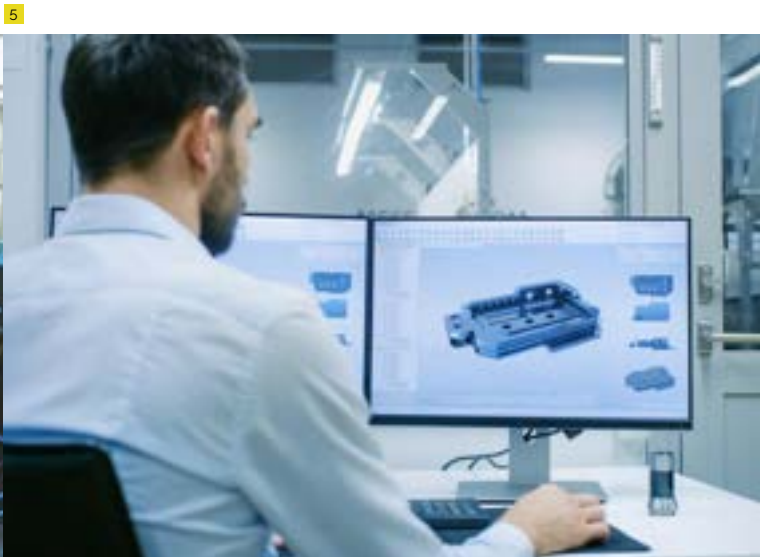
Anwendung

DTs können in der Möbelbranche je nach den spezifischen Bedürfnissen von Herstellern, Designern und sogar Endnutzern unterschiedlich angewendet werden. Sie besitzen die Fähigkeiten, **die Möbelbranche zu revolutionieren**, indem sie die Fertigung intelligenter machen, das Kundenerlebnis verbessern, das Produktdesign optimieren und die Nachhaltigkeit fördern. Im Folgenden sind einige wichtige Anwendungen aufgeführt, die alle nach ihrem Zweck kategorisiert sind:

Anwendung für intelligente Fertigung und Prozessoptimierung

DTs können Möbelproduktionsprozesse simulieren und optimieren, um Abfall zu reduzieren, die Effizienz zu steigern und potenzielle Maschinenausfälle vorherzusagen. Vor diesem Hintergrund könnte eine Möbelfabrik einen DT ihrer Produktionslinie integrieren, um die Leistung in Echtzeit zu analysieren und Engpässe in verschiedenen Prozessen wie Zuschnitt, Montage oder Lackieren (unter anderem) zu erkennen. Hierfür ist der Einsatz von IoT-Sensoren unerlässlich, um den Rohstoffverbrauch und die Leistung der Maschinen zu überwachen und so Ausfälle zu verhindern, bevor sie auftreten. Darüber hinaus trägt die Implementierung von KI-gesteuerten Simulationen zur Abfallreduzierung bei, indem sie effizientere Schnittmuster für Holzplatten vorschlägt. Diese Anwendung könnte den Materialabfall um 15–30 % reduzieren und die Produktionsgeschwindigkeit durch Echtzeitdatenanalyse und vorausschauende Wartung um 10–20 % verbessern.

4 *Anwendung für intelligente Fertigung und Prozessoptimierung*



Anwendung für virtuelle Prototypenerstellung und Anpassung

DTs ermöglichen es Möbeldesignern und Kunden, virtuelle Prototypen zu erstellen, verschiedene Konfigurationen zu testen und Möbel vor der physischen Produktion zu personalisieren. Vor diesem Hintergrund könnte ein Unternehmen, das sich auf Büromöbel spezialisiert hat, einen DT mit anpassbaren Schreibtischen und Stühlen erstellen, mit dem Kunden in einer virtuellen Umgebung Maße, Materialien und Farben anpassen können. Der DT simuliert dann die Ergonomie basierend auf Nutzerdaten und stellt so sicher, dass sich die Möbel vor der Produktion an die Bedürfnisse des Endnutzers anpassen. DVas VR/AR-Modul ermöglicht zudem eine Echtzeitvisualisierung, wie die individuell angepassten Möbel in einem Büro oder einer Wohnumgebung aussehen werden. Diese Anwendung könnte zu einem kürzeren Produktentwicklungszyklus führen, indem das physische Prototyping reduziert und die Kundenzufriedenheit durch personalisierte Designs und ergonomische Validierung erhöht wird.

5 Virtuelle Prototyping- und Anpassungsanwendung

Anwendung für vorausschauende Wartung

DTs können die Leistung intelligenter oder industrieller Maschinen in Echtzeit überwachen und den Wartungsbedarf vorhersagen. Ein Unternehmen, das intelligente Arbeitsstationen herstellt, könnte beispielsweise Sensoren in seine Produktionszellen integrieren, um Nutzungsmuster, strukturelle Integrität und Motorschwingungen zu überwachen. Der DT analysiert diese Daten, um Abnutzungserscheinungen zu erkennen und so vorherzusagen, wann bestimmte Komponenten gewartet oder ausgetauscht werden müssen. Dieser proaktive Ansatz hilft Facility-Managern, Probleme vor

Ausfällen zu beheben, wodurch unerwartete Ausfallzeiten reduziert und die Wartungskosten gesenkt werden.

6 *Wartungs-Schlüsselkonzept durch Sensoren (SRC)*

Nachhaltige Materialverfolgung und Kreislaufwirtschaft

DTs helfen dabei, Materialien über den gesamten Möbellebenszyklus zu verfolgen und unterstützen so Initiativen für nachhaltige Fertigung und Kreislaufwirtschaft. Ein Beispiel dafür wäre eine nachhaltige Möbelmarke, die DTs für alle ihre Produkte erstellt und die Herkunft von Holz, Stoffen und Metallteilen nachverfolgt. In Verbindung damit und unter Integration der IoT-Technologie könnten Nutzer:innen überprüfen, wie recycelbar jede Komponente ist, und wenn das Möbelstück das Ende seines Lebenszyklus erreicht hat, schlägt der Digital Twin vor, bestimmte Teile wiederzuverwenden oder zu recyceln, um Abfall zu vermeiden. Diese Anwendung könnte zur Unterstützung umweltfreundlicher Design- und Nachhaltigkeitsziele führen und Möbel-als-Service-Modelle ermöglichen, bei denen Kunden Teile austauschen können, anstatt komplette Produkte zu ersetzen.

7 *Digitales Produktpasskonzept (SRC)*

6

Figure 1: Evolution of maintenance



Intelligente Produktentwicklungsprozesse durch die Einführung von Digital-Twin-Technologien



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Mittel

Die Einführung von DTs in der nachhaltigen Produktion bietet erhebliche Vorteile, bringt aber auch Herausforderungen mit sich. Zu den wichtigsten Herausforderungen gehört die Integration von Produktions- und Nachhaltigkeitskennzahlen in ein einheitliches Modell, das datengestützte Entscheidungen ermöglicht, die Effizienz und Umweltverantwortung in Einklang bringen. Darüber hinaus sind Skalierbarkeit und Bereitschaft der Arbeitskräfte von entscheidender Bedeutung und erfordern Qualifikationen und kosteneffiziente Schulungen, die DTs mithilfe virtueller Simulationen ermöglichen können. Die Hersteller stehen zudem vor der komplexen Aufgabe, jeden Prozess und jede Maschine miteinander zu verbinden, sowie Bedenken hinsichtlich Datengenauigkeit, Sicherheit und Datenschutz zu betrachten.

Um diese Hürden zu überwinden, kann ein schrittweiser Ansatz, der mit Prozesssimulation beginnt und im Laufe der Zeit skaliert, das Risiko reduzieren. Darüber hinaus ist die Förderung einer Innovationskultur und die Weiterbildung von Arbeitskräften für eine erfolgreiche Umsetzung unerlässlich. Die Integration und Interoperabilität von Daten über verschiedene Systeme und Altgeräte hinweg bleiben eine erhebliche Herausforderung für den flächendeckenden Einsatz von DTs dar.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Hoch

Die Implementierung der Digital Twin (DT)-Technologien erfordert erhebliche Anfangsinvestitionen in Sensoren, IoT-Geräte, Software, Infrastruktur und qualifiziertes Personal, was eine Einstiegshürde darstellen kann. Trotz hoher anfänglicher Kapitalkosten (CAPEX) führen die langfristigen Vorteile, darunter Einsparungen bei den Betriebskosten, verbesserte Effizienz und Umsatzwachstum, oft zu einer hohen Kapitalrendite (ROI). Der Fokus auf Bereiche wie Asset-Optimierung, vorausschauende Wartung und operative Effizienz ist entscheidend, um den Wert der Digital-Twin-Technologie zu maximieren.

Die Einführung der Digital-Twin-Technologie in der Fertigung bleibt auf **große Unternehmen** mit ausreichenden finanziellen und technischen Ressourcen beschränkt. Die Komplexität und der Umfang der Implementierung machen es für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) schwierig, DTs effektiv einzusetzen. Obwohl die Simulationsfähigkeiten und Verbesserungen im Produktionsmanagement, die DTs bieten, bedeutend sind, zeigt die aktuelle Marktlandschaft, dass ihre breite Anwendung weiterhin auf Branchenführer konzentriert ist.

■ Menschliche Faktoren

Die Einführung der Digital-Twin-Technologie erfordert oft organisatorische Veränderungen und eine kulturelle Transformation. Widerstand gegen Veränderungen, digitaler Analphabetismus oder mangelndes Bewusstsein für die Vorteile können eine erfolgreiche Einführung behindern. Um Kontinuität zu gewährleisten, müssen sich die Arbeitskräfte weiterbilden und die digitale Kluft überbrücken, ohne den Betrieb zu stören.

Daher sollten DTs nicht als Arbeitskräfte, sondern als Ermöglicher:innen intelligenterer und wertschöpfender Aufgaben verstanden werden. An der Schnittstelle der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine entstehen neue Karrierewege – wie Digital-Twin-Betreiber:innen, Process Intelligence-Analysten und XR-Simulationsdesigner:innen. Die Arbeitskräfte wechseln von traditionellen Betreiber:innen zu Mitentwicklern in hybriden Umgebungen, die für die Überwachung der Automatisierung, datenbasierte Entscheidungen und die Feinabstimmung von Prozessen verantwortlich sind. Zusammenfassend hat die Fabrik der Zukunft nicht das Ziel, den Menschen zu ersetzen – sondern seine Fähigkeiten zu verbessern. Während Maschinen Routineaufgaben übernehmen, gewinnen menschliche Arbeitskräfte eine zentrale Rolle bei der Steuerung, Anpassung und Verbesserung intelligenter Systeme. Die Herausforderung besteht darin, Menschen mit den richtigen Fähigkeiten, der richtigen Einstellung und den richtigen Unterstützungssystemen auszustatten, um in dieser Augmented-Arbeitsrealität erfolgreich zu sein.

■ Umweltfaktoren

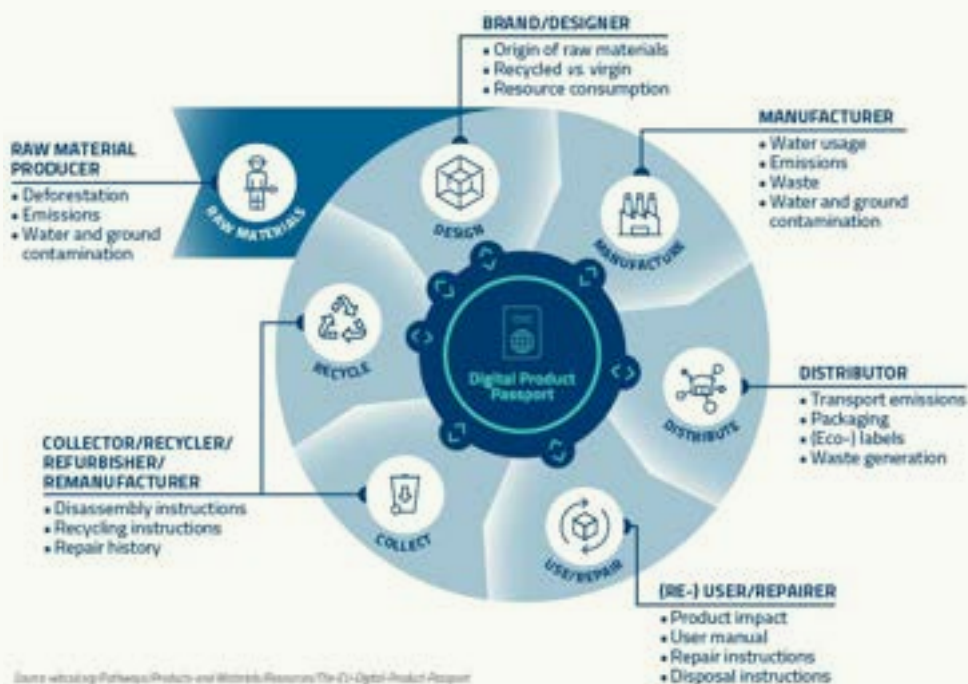
Die Implementierung von DTs reduziert den CO₂-Fußabdruck, indem der Energieverbrauch optimiert, Abfall minimiert und die Effizienz in der Möbelherstellung verbessert wird, da sie hauptsächlich zur Simulation von Fertigungsprozessen eingesetzt werden können. Diese führen zu Energie- und Ressourceneinsparungen, Abfallprävention, weniger physischen Tests und zur Optimierung von Logistikrouten, wodurch CO₂-Emissionen und andere Umweltauswirkungen reduziert werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass DTs als Wegbereiter für die vorausschauende Instandhaltung verstanden werden können, die die Lebensdauer von Geräten verlängern und unnötige Eingriffe reduzieren. All diese DT-Anwendungen könnten dazu beitragen, die Umweltbelastung erheblich zu verringern und sicherzustellen, dass die Herstellerprozesse den Umweltvorgaben und -bestimmungen entsprechen.

Außerdem müssen bei der Implementierung eines DT in der Fertigung mehrere Umweltfaktoren berücksichtigt werden. Dazu gehören der Energieverbrauch für Datenverarbeitung und Hardware, der Energie- und Wasserverbrauch von Rechenzentren und Infrastruktur sowie der Ressourcenverbrauch (Verwendung knapper Materialien), insbesondere im Hinblick auf Materialeffizienz und Elektroschrott. Darüber hinaus sollten Hersteller sich darauf konzentrieren, die Nachhaltigkeit der Lieferkette zu optimieren, die Datenspeicherung effizient zu verwalten und sicherzustellen, dass der DT zur Abfallreduzierung und Energieoptimierung in der Produktion beiträgt. Die Einhaltung von Umweltvorschriften, Lebenszyklusanalysen und die Anwendung von Ökodesignkriterien sind ebenfalls wichtige Überlegungen, um die Umweltauswirkungen von DTs zu minimieren.

Ein weiterer Aspekt ist die Konnektivität durch Internet-of-Things-Geräte (IoT), Cloud-Computing und Echtzeit-Datenanalyse. Die Herstellung und Wartung von Sensornetzwerken, die zur Erfassung von Telemetriedaten verwendet werden – wie Beschleunigungssensoren, Wärmesensoren und RFID-Tags – verursachen materielle und energetische Umwelteinflüsse. Diese Geräte verwenden häufig seltene Erden, Lithiumbatterien und spezialisierte Halbleiter, deren Gewinnung und Verarbeitung erheblich zu Treibhausgasemissionen, **Energieverbrauch**, Wasserverschmutzung und giftigen Abfällen beitragen **und die im Allgemeinen am Ende ihrer Lebensdauer schwer zu recyceln sind.**

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Die Implementierung eines DT in einer Fabrik erfordert die Einhaltung mehrerer Vorschriften und Standards in Bezug auf Datensicherheit (ISO/IEC 27001, IIC Security Framework), Datenschutz (DSGVO), Cybersicherheit (NIST), Interoperabilität (IEC 62264 / ISA-95), Umweltauswirkungen (Pariser Abkommen und Netto-Null-Ziele, ISO 14001) und branchenspezifische Anforderungen (CCPA, KI-Gesetz, ISO 50001). Diese Richtlinien und Standards sind entscheidend, um Datenschutz, Cybersicherheit, Energieeffizienz und nachhaltige Herstellungspraktiken zu gewährleisten.



Intelligente Produktentwicklungsprozesse durch die Einführung von Digital-Twin-Technologien



Lösungen



Digital Twin für die Fertigung

TWINZO

Slowakei ↔

Twinzo ist eine mobile-first, Echtzeit-3D-Digital-Twin-Plattform, die umfassende Einblicke in Fertigungs- und Logistikprozesse ermöglicht. Sie ermöglicht es Nutzer:innen, digitale Live-Nachbildungen von Anlagen – wie Fabriken, Lagerhäuser oder ganze Städte – zu erstellen, die IoT-Sensordaten, RTLS (Echtzeit-Ortungssysteme) und Betriebskennzahlen in eine interaktive 3D-Umgebung integrieren, die über Smartphones, Tablets oder Desktops zugänglich ist.



Digital Twin für die Fertigung

Siemens

Deutschland ↔

Siemens Xcelerator ist eine umfassende digitale Geschäftsplattform, die Unternehmen dabei unterstützt, Produktdesign, Fertigung und Betrieb durch eine leistungsstarke Kombination aus Software, Hardware und Dienstleistungen zu optimieren. In der Möbelbranche ermöglicht sie die Erstellung detaillierter Digital Twins für Produkte und Produktionslinien, unterstützt maßgeschneiderte und modulare Designs und bietet Tools für Fabrikimulationen, IoT-Integration und Low-Code-App-Entwicklung. Mit Lösungen wie Teamcenter für PLM, Tecnomatix für Prozessoptimierung und Mindsphere für Smart-Factory-Einblicke ermöglicht sie Möbelherstellern, die Effizienz zu steigern, Abfall zu reduzieren und die Innovation vom Konzept zum Kunden zu beschleunigen.



Digital Twin für die Fertigung

Microsoft

Vereinigte Staaten ↔

Azure Digital Twins ist eine Plattform von Microsoft, die die Erstellung umfassender digitaler Modelle realer Umgebungen wie Gebäude, Fabriken oder ganzer Lieferketten ermöglicht. Sie verwendet eine offene Modellierungssprache (DTDL), um Entitäten, Beziehungen und Verhaltensweisen zu definieren und eignet sich daher ideal für die Simulation komplexer Systeme in Echtzeit. Im Kontext von Branchen wie der Möbelherstellung oder dem Einzelhandel kann sie alles modellieren, von Fabrikabläufen bis hin zu Ladenlayouts, Anlagen mit IoT-Daten verfolgen und intelligente Analysen für Optimierung und Nachhaltigkeit ermöglichen. Tief in das Azure-Ökosystem integriert, unterstützt sie skalierbare, sichere und intelligente Digital-Twin-Lösungen.



Digital Twin für die Fertigung

Bentleys Systeme

Vereinigte Staaten ↔

Die iTwin-Plattform von Bentley ist vor allem für Infrastruktur und Ingenieurwesen bekannt, bietet aber auch leistungsstarke Tools zur Modellierung und Simulation von Industrie- und Fertigungsumgebungen. Sie ermöglicht die Erstellung aussagekräftiger Digital Twins in Echtzeit, die Designdaten (aus BIM/CAD), Sensorfeeds und Betriebssysteme in eine einzige, verbundene Ansicht integrieren. Für die Fertigung bedeutet dies, dass Sie Fabriklayouts visualisieren, die Leistungsfähigkeit der Ausrüstung überwachen, Prozesse simulieren und Abläufe über den gesamten Asset-Lebenszyklus optimieren können. Dank starker Unterstützung für Realitätsmodellierung und Integration mit IoT-Plattformen helfen die Digital Twins von Bentley, die Zuverlässigkeit von Anlagen, die Effizienz von Arbeitsabläufen und die datengetriebene Entscheidungsfindung in komplexen Fertigungsanlagen zu verbessern.



Digital Twin für die Fertigung

PTC INC

Vereinigte Staaten ↔

ThingWorx, entwickelt von PTC, ist eine robuste industrielle IoT- und Digital-Twin-Plattform, die darauf ausgelegt ist, physische Anlagen und Abläufe zu verbinden, zu analysieren und zu optimieren. Sie ermöglicht es Herstellern, digitale Darstellungen von Produkten, Maschinen oder kompletten Produktionslinien in Echtzeit zu erstellen, indem Daten von Sensoren, Systemen (wie ERP/PLM) und Benutzereingaben kombiniert werden. ThingWorx zeichnet sich durch die Unterstützung von vorausschauender Wartung, Fernüberwachung und Leistungsoptimierung, insbesondere in Fertigungsumgebungen, aus. Sie lässt sich außerdem mit Vuforia für Augmented Reality integrieren, sodass Nutzer:innen auf immersive Weise mit Digital Twins interagieren können – ideal für Schulungen, Fehlersuche oder individuelle Produktvisualisierung. Ihre Flexibilität und Low-Code-Tools machen es zu einer hervorragenden Wahl für Unternehmen, die die digitale Transformation in Technik und Betrieb beschleunigen möchten.



Dassault Systèmes DELMIA

Dassault Systèmes

Frankreich ↔

Ermöglicht eine fortschrittliche Fertigungssimulation und -optimierung, die Möbelherstellern hilft, die Produktion zu optimieren, Ressourcen zu verwalten und Ausfallzeiten zu reduzieren.

**B SOLID Digital Replica-
Simulationssoftware für CNC***BIESSE**Italien* ↔

B-SOLID ermöglicht es Anwender:innen, einen Einblick in ihre CNC-Maschine zu erhalten, indem es einen Digital Twin erstellt. Dadurch können sie ein Bearbeitungsprogramm für jedes spezifische Projekt entwerfen, eine realistische 3D-Simulation dieser Aufgabe durchführen, die Bearbeitungsgeschwindigkeit, die Werkzeugauswahl überprüfen und die Fertigstellungszeit des Auftrags schätzen. Eine Kollisionsprüfung in der virtuellen Umgebung ermöglicht es, jeglichen Kontakt zwischen Maschinenteilen hervorzuheben und so Kollisionen zwischen Maschinenkopf und Arbeitstisch zu vermeiden.

**Digital Twin-Software für CNC-Maschinen***SIEMENS**Deutschland* ↔

Siemens NX ermöglicht in Kombination mit Sinumerik One die Entwicklung eines echten Digital Twin des CNC-Systems, der das Verhalten von Werkzeugmaschinen genau simuliert. Diese fortschrittliche Technologie wurde von CMS (Teil der SCM Group) in seiner hybriden CMS Kreator-Plattform übernommen. Durch die Nutzung des Digital Twins kann CMS Werkzeugpfade validieren, Kollisionen verhindern und Fertigungsprozesse vor der physischen Ausführung optimieren. Das System integriert außerdem MindSphere und Edge Computing für Echtzeitüberwachung und vorausschauende Wartung. Dieser Ansatz ist besonders wertvoll für Hersteller von Holzbearbeitungsmaschinen, da er dazu beiträgt, die Inbetriebnahmezeiten zu verkürzen und die allgemeine betriebliche Effizienz zu steigern.

**Nachhaltiges Möbeldesign durch Digital Twins***AMUEBLA**Spanien* ↔

Im AMUEBLA-Projekt, das gemeinsam mit SANCAL und AIDIMME entwickelt wurde, werden Digital Twins verwendet, um Vorschriften und nachhaltige Designs vor der physischen Herstellung zu validieren. Dieser Fall ist ein starkes Beispiel dafür, wie die Digital-Twin-Technologie Compliance- und Nachhaltigkeitsziele in der Möbelbranche unterstützt.

**Circularise***Circularise**Die Niederlande* ↔

Blockchain-basierte Plattform zur Rückverfolgung von Materialherkunft, Lebenszyklus und Recyclingfähigkeit für zirkuläre Fertigung.

**SAP Predictive Asset Insights***SAP**Deutschland*

Prognostiziert den Wartungsbedarf intelligenter Möbel mithilfe von IoT- und maschinellen Lernanalysen.

**Autodesk Configurator 360***Autodesk**Vereinigte Staaten* ↔

Webbasierte 3D-Konfiguratorplattform zur Erstellung anpassbarer Möbelmodelle, die parametrisches CAD-Design integrieren.

**TopSolid Wood***TopSolid**Frankreich* ↔

TopSolid Wood ist eine integrierte CAD/CAM-Software, die speziell für die Holzindustrie entwickelt wurde und komplettes Projektmanagement vom Entwurf bis zur Produktion ermöglicht. Sie bietet unbegrenzte 3D-Modellierung, anpassbare Bearbeitungsfunktionen und nahtlose Integration mit CAM- und Schnittoptimierern, was die Produktivität von Holzbearbeitungsprofis und Herstellern steigert.

Intelligente Produktentwicklungsprozesse durch die Einführung von Digital-Twin-Technologien



Beispiele



Twinzo
Slowakei
↔

Digital Twin fürs Lagermanagement: Die Logistik-Arbeitskräfte bewegen sich durch die Anlage, suchen nach Materialien, die geliefert werden müssen oder leeren Verpackungen, die sie von der Produktionslinie entfernen können, oft zufällig oder nach vordefinierten Zyklen. Diese Vorgehensweise führt aufgrund von Materialengpässen häufig zu Produktionsstillständen im Laufe des Tages, was insgesamt zu kumulierten Ausfallzeiten führt. Hinzu kommt das weit verbreitete Problem der ungleichen Fahrerauslastung: Einige Fahrer sind überlastet, während andere unproduktiven Tätigkeiten wie dem Surfen in sozialen Medien nachgehen.



Siemens
Deutschland
↔

Transformation der Branche für die Zukunft: DMG MORI, ein weltweit führender Hersteller von Werkzeugmaschinen, bietet den ersten End-to-End-Digital Twin einer Werkzeugmaschinen auf dem Siemens Xcelerator-Marktplatz an. In enger Zusammenarbeit mit Siemens entwickelt, stellt diese bahnbrechende Innovation einen echten Meilenstein für die Branche dar – eine Lösung, die an individuelle Kundenbedürfnisse angepasst werden kann.



Visual Components
Finnland
↔

Digital Twin für die Herstellung von Badezimmerschränken: Die Kunden von heute fordern personalisierte Produkte und erwarten gleichzeitig niedrige Preise, was für Hersteller eine Herausforderung darstellt. Dieser scheinbare Widerspruch entsteht, weil Produktvielfalt die Produktionskomplexität erhöht. Massenanpassung bietet jedoch eine Lösung, wie es in Branchen wie Automobil- und Badezimmere Möbeln zu sehen ist. Unternehmen wie die MBFZ toolcraft GmbH spezialisieren sich auf fortschrittliche Technologien wie individuelle schlüsselfertige Roboterlösungen und helfen Herstellern, sich an diesen Trend anzupassen. MBFZ wurde 1989 gegründet und hat sich zu einem führenden Unternehmen auf diesem Gebiet entwickelt. Es bietet innovative Lösungen für Branchen wie Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik und Automobilindustrie, wodurch Unternehmen effizient Anpassungen in großem Umfang verwalten können.



Digitiza Designs
Vereinigte Staaten
↔

Transformation von Innenarchitektur mit 3D-Scan-Technologie: Genaue Maße sind unerlässlich, und im Gegensatz zu den meisten Online-Geschäften müssen Möbel oft persönlich hinsichtlich Textur, Komfort und Stil beurteilt werden. Rooms To Go wollte diese Herausforderungen bewältigen, indem es digitale Möbelmodelle schuf, die so realistisch sind, dass sie von Innenarchitekten genutzt werden können, um die Einrichtung virtuell abzuwägen, das perfekte Erscheinungsbild zu erzielen und ihre kreativen Visionen zu verwirklichen.



Dassault Systemes
Frankreich
↔

Virtuelles Testen mit PowerFLOW: Virtuelles Testen mit PowerFLOW: Die Küche hat sich in modernen Haushalten zu einem zentralen Treffpunkt für Familien und zur Unterhaltung entwickelt. Küchendesigns und -funktionen entwickeln sich weiter, um mehr Aktivitäten zu ermöglichen, was einen Wandel von praktischem zu vielseitigem Wohnraum widerspiegelt. Forscher:innen des Silestone Institute veröffentlichten eine globale Küchenstudie, die ergab, dass Küchen heutzutage über traditionelle Rollen hinausgehen, indem sie lebendige Zentren für verschiedene Aktivitäten wie Geselligkeit, Arbeit und Essen fungieren. Offene Raumkonzepte mit bequemen Sitzgelegenheiten und innovativen Designelementen können Küchen in einladende soziale Räume verwandeln, in denen sich Menschen treffen und gleichzeitig den praktischen Komfort bieten, köstliche Snacks und Mahlzeiten zuzubereiten.



Beamo
Republik Korea
↔

Digital-Twin-Anwendungsfall in der Gastgewerbebranche: Die Digital-Twin-Plattform von Beamo nutzt 360-Grad-Kameras und Smartphones, um virtuelle Nachbildungen zu erstellen und Anwendungen jenseits traditioneller Branchen zu finden. Ein Hotelbetrieb setzte die Technologie erfolgreich für Marketing und Repräsentation ein. Erzielung von Kosteneinsparungen, reduzierten Datenausgaben sowie verbesserten Arbeitsabläufen und Dokumentation. Die vielseitigen Anwendungen der Digital-Twin-Technologie entwickeln sich kontinuierlich weiter und zeigen ihre positive Wirkung in verschiedenen Branchen.

**Denodo Technologies**

Vereinigte Staaten



Eine Fallstudie zur Echtzeit- und Datenvirtualisierung: Beschreibt, wie CITY Furniture den Erfolg eines Echtzeit-Datensystems für den Vertrieb auf mehrere Abteilungen ausweitete. Die Reise beginnt mit einem Softwareingenieur und einem IBM-Großrechner und endet mit einer Datendemokratisierungsinitiative. Es gibt viele interessante Zwischenstationen – eine Streaming-Schicht, ein IBM Cloud-Data-Warehouse, eine Vielzahl von Datenspeichern, eine Dateinfrastruktur und Datenvirtualisierung.

**Cetem**

Spanien



Ein Digital Twin für Möbel ermöglicht es, Prototypentests voranzutreiben, um die Einhaltung von Branchen- und gesetzlichen Vorschriften einzuhalten: AMUEBLA hat gemeinsam mit AIDIMME, CETEM, ARVET und dem Unternehmen SANCAL ein innovatives Projekt beantragt, das darauf abzielt, das Design des Prototyps durch Digital-Twin-Simulationen im Hinblick auf die Einhaltung gesetzlicher und industrieller Vorgaben vor der Fertigung zu verbessern und gleichzeitig die Kosten aufgrund der Nichteinhaltung der Norm zu senken.



China



Ein Digital-Twin-Werkstattmodell wurde im Verpackungsprozess in der Möbelherstellung eingesetzt, um die Integration mit Informationssystemen zu verbessern. Das in Unternehmen W implementierte Programm identifizierte Ineffizienzen, schlug Optimierungen vor und steigerte durch Simulation und reale Tests die Effizienz der Verpackungslinie um 20 %, während der Arbeitsaufwand um 5–6 Arbeitskräfte reduziert wurde. Das Modell unterstützt intelligente Fertigung und Systemverbesserungen.

**Hamon**

Frankreich



Modernisierung veralteter Maschinen: Im Rahmen des Nachrüstungsprojekts einer Maschine zum Zuschneiden von Holzplanken auf einheitliche Abmessungen wurde ein Digital Twin (vom Actemium-Systemintegrator, basierend auf Rockwell Automations Emulate 3D Dynamic Digital Twin-Software) implementiert, um die neuen Automatisierungsprogramme offline zu entwickeln und zu testen, den Programmcode zu optimieren und potenzielle Probleme vor realen Tests an der Maschine vorherzusehen. Es wurde eine deutliche Reduzierung der Ausfallzeiten erreicht.

**Simplan**

Deutschland



Digital Twin-Simulation zur Analyse der Produktionsprozesse: Die Software-Anlagensimulation von Siemens wird vom deutschen Möbelhersteller Nolte-Möbel genutzt, um dessen komplexe Vorproduktionsabläufe zu optimieren. Die Software erstellt einen Digital Twin der Produktionsumgebung und integriert dabei reale Daten aus Excel für eine präzise Modellierung. Nolte nutzt dies, um Planungsszenarien und Prozessvariationen zu simulieren, ohne den laufenden Betrieb zu stören. Das Tool bietet einen vollständigen Überblick über Materialfluss und Ressourcennutzung.

**FlexSim Software Products, Inc**

Vereinigte Staaten



FlexSim Twin-Modellierung für maßgeschneiderte Möbel: Simulationsbasierte Untersuchung zur Massenproduktion von Möbeln mit FlexSim 3D-Software bei einem polnischen Unternehmen. Es wird analysiert, wie steigende Produktionsmengen die Arbeitsbelastung der Maschinen und die Systemeffizienz beeinflussen. Die Empfehlungen umfassen das Hinzufügen von Ausrüstung und die Optimierung des Materialflusses, um eine skalierbare, effiziente Produktion zu ermöglichen und ein Wachstum auf das Zehnfache der aktuellen Kapazität zu unterstützen.

**Girsberger Holding AG**

Schweiz



Optimierung der Möbelproduktion mit einem Digital Twin: Das Möbelunternehmen Girsberger optimiert den Holzschnitt mit einem Digital Twin, um Kollisionen zu verhindern und die Produktionseffizienz zu steigern. Diese praktische Umsetzung hilft, die Fähigkeiten von ThingWorx auf greifbare und nachvollziehbare Weise zu verdeutlichen.

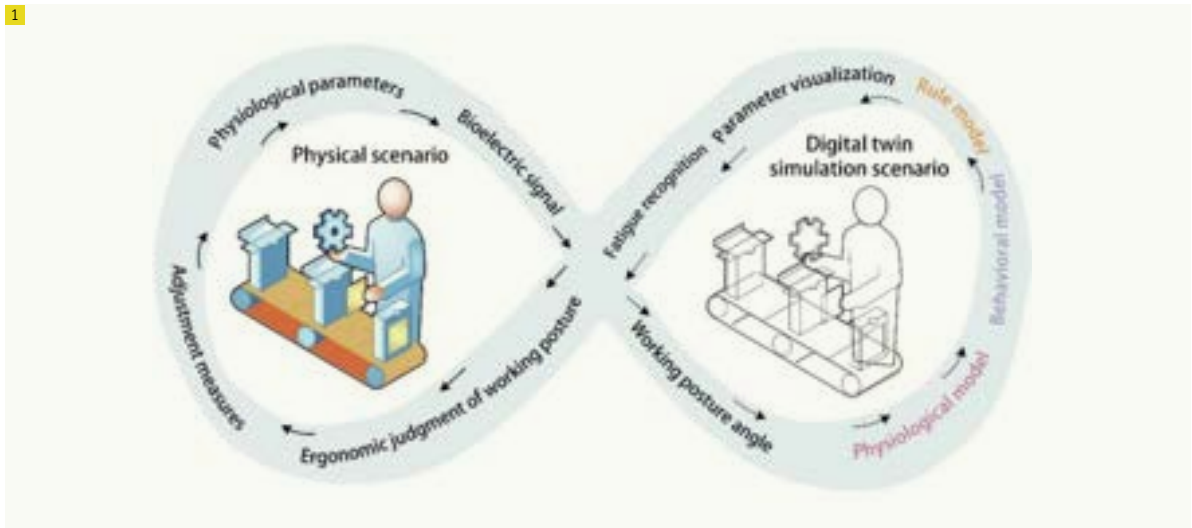
**Siemens**

Deutschland



Girsberger simuliert und optimiert Holzfällvorgänge offline mithilfe eines Digital Twins: Beschreibt, wie Girsberger seine Fertigungsprozesse durch die Einführung von Digital-Twin-Technologien optimiert hat, da sie die Holzbearbeitungsvorgänge offline mit dem Digital Twin der Maschine testen und optimieren können, was Zeit und Fehlversuche spart und Kollisionen vermeidet.

Erhöhung der Sicherheit und Produktivität von Fertigungsprozessen bei gleichzeitiger Minimierung ihrer Umweltbelastung durch die Einführung von Simulationstechniken in Digital Twins



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**Wirtschaftliche Rentabilität: **Hoch**

Erhöhung der Sicherheit und Produktivität von Fertigungsprozessen bei gleichzeitiger Minimierung ihrer Umweltbelastung durch die Einführung von Simulationstechniken in Digital Twins



Beschreibung

Digital Twins (DTs) werden immer wichtiger, um Nachhaltigkeit in der sich wandelnden Fertigungsbranche voranzutreiben. Ihre Vorhersagefähigkeiten tragen dazu bei, Ausfallzeiten zu reduzieren, die Lebensdauer der Geräte zu verlängern und Abfall durch proaktive Wartung und Risikominderung zu minimieren. Durch die Integration von Echtzeitdaten von Sensoren und Maschinen erstellen DTs genaue virtuelle Nachbildungen physischer Systeme, sodass Hersteller Szenarien simulieren, Prozesse optimieren und Probleme identifizieren können, ohne die Produktion zu unterbrechen. Der kontinuierliche Vergleich zwischen Echtzeitdaten und aus der Simulation gewonnenen Daten kann von der Software genutzt werden, um das Verständnis des DT für das reale Problem zu verbessern und so **genaue Simulationen** zu ermöglichen, was wiederum enorm zur Nachhaltigkeit der Fertigungsprozesse beiträgt.

Darüber hinaus ist im Zeitalter von Industrie 5.0 der menschenzentrierte Ansatz in der Fertigung entscheidend. Angesichts der alternden Belegschaft und der zunehmenden Zahl von Frauen, die traditionell männlich dominierte Berufe wählen, ist es entscheidend, diese Vielfalt in die ergonomische Gestaltung von Systemen und Umgebungen einzubeziehen und gleichzeitig Arbeitsplätze auf alle Personen zuzuschneiden.

Vor diesem Hintergrund hat der Einsatz von DTs in Kombination mit **ergonomischen Simulationen** jüngster Zeit dazu beigetragen, sowohl die Sicherheit als auch die Produktivität am Arbeitsplatz zu steigern.

1 Digital-Twin-Ansatz für die Simulation der menschlichen Ergonomie (SRC ☞)

Das Gebiet der Ergonomie hat sich in den letzten Jahrzehnten weiterentwickelt und umfasst sowohl Simulationen in 3D-Umgebungen als auch Techniken der künstlichen Intelligenz zur Schätzung arbeitsbedingter Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSDs). Dank Fortschritten bei der Simulationsgeschwindigkeit und intuitiven Benutzeroberflächen hat sich der Zeitaufwand für die Entwicklung ergonomischer Simulationen drastisch verringert, wodurch diese praxisnäher geworden sind. Die traditionelle ergonomische Analyse umfasste die Verwendung von MTM-Tabellen und allgemeinen Faustregeln, um Sicherheitsfaktoren und Heuristiken zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit einzubeziehen. Dieser Ansatz erschwerte es oft, einzelne Aufgaben zu bewerten, oder zwang Ingenieure, teuren Lösungen zu wählen, um die Sicherheit zu gewährleisten. Um diese

Lücke zu schließen, hat der DT-Ansatz für Design und Prozessmanagement Ingenieuren schneller denn je bessere Tools zur Verfügung gestellt, da DT die Bewertung der Ergonomie aus physischer und kognitiver Perspektive ermöglicht.

Die physikalische ergonomische Simulation umfasst die Beurteilung der physischen ergonomischen Umgebung. Dabei werden die Reichweite des Bedieners, die Bewertung der Belastungen des Körpers, die Messung der verbrauchten Kilokalorien zur Bestimmung der Müdigkeit sowie die Analyse von Haltungen und Bewegungen mit beobachtungs-basierten Tools wie RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Whole Body Assessment), OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) und OCRA (Occupational Repetitive Actions Index) analysiert. Bei der Bewertung der Reichweite ermöglichen Simulationen eine Anpassung der Anthropometrie der Testpuppe, um sicherzustellen, dass sowohl die kleinste Frau als auch der größte Mann eine Aufgabe problemlos erfüllen können. Basierend auf einem bestimmten ausgewählten Standard oder Gewicht kann die Simulation so konfiguriert werden, dass sie während einer Aufgabe eine Körperhaltung bewertet. Simulationen können auch verwendet werden, um die Zugänglichkeit für eine bestimmte Aufgabe zu beurteilen, indem die Zykluszeit bestimmt und überprüft wird, ob die Körperhaltung der Arbeitskraft während der gesamten Aufgabe in einem akzeptablen Zustand bleibt.

2 Physische Ergonomie in Fertigungsprozessen (SRC ☞)

Die Bewegungen und Haltungen der Testpuppen werden häufig durch Daten gesteuert, die mithilfe von optischen Geräten oder Trägheitssensoren am Körper der verfolgten Person in realen Situationen gewonnen werden. Diese Systeme sind zwar robust, aber kostspielig, haben Einschränkungen beim Setup und stellen in realen Arbeitsumgebungen eine Herausforderung dar, zuverlässige und realistische Simulationen zu erstellen. Maschinelles Lernen, insbesondere Deep-Learning-Techniken, ermöglichen es, die Gelenke des menschlichen Körpers durch Videos von RGB-Kameras zu erkennen und direkt ergonomische Indizes zu bewerten oder Simulationen zu unterstützen.

Die kognitive ergonomische Simulation analysiert die mentale Seite einer Aufgabe. Oft bezieht sich dies auf visuelle Hilfsmittel, die einer Arbeitskraft zur Verfügung gestellt werden, um ihr bei der Ausübung ihrer Aufgaben zu helfen und den mentalen Stress im Zusammenhang mit der Arbeit zu minimieren. Der Bereich der kognitiven Ergonomie übernimmt zunehmend das Konzept eines DT, um den Arbeitskräften zu ermöglichen, eine Arbeitsumgebung zu erleben, bevor sie gebaut wird. **ES1**

Erhöhung der Sicherheit und Produktivität von Fertigungsprozessen bei gleichzeitiger Minimierung ihrer Umweltbelastung durch die Einführung von Simulationstechniken in Digital Twins

hat sich gezeigt, dass eine schlechte kognitive Ergonomie zu kognitiver Belastung führt: Störungen (z. B. Gespräche, Lärm und Bewegung von Elementen usw.); Unterbrechungen (z. B. Kolleg:innen, die um Hilfe bitten, Interaktionstechnologien und -benachrichtigungen, fehlende Informationen oder Entscheidungen, die die Kontinuität der Arbeit blockieren, usw.); Informationsüberflutung (z. B. Multitasking, Überwachung und parallele Überwachung mehrerer Dinge, Wechsel zwischen Aufgaben während der Arbeit usw.).

3 Kognitive Belastungsquellen in Fertigungsprozessen (SRC ↔)



Anwendung

Es ist allgemein bekannt, dass DTs eine Schlüsselrolle bei der Verringerung der Umweltbelastung bei der Fertigung spielen, indem sie die Nachhaltigkeit in allen Prozessen verbessern. Sie ermöglichen eine Ressourcenoptimierung, indem sie Materialverbrauch, Abfall und Energiedaten analysieren, um Ineffizienzen zu identifizieren. Durch virtuelle Simulationen helfen DTs, den Energieverbrauch zu senken und gleichzeitig die Ausgangsqualität zu erhalten. Digital Twins ermöglichen beispielsweise die Erstellung realistischer virtueller Prototypen, die Produkte oder Prozesse nachbilden, wodurch der Bedarf an kostspieligen und zeitaufwändigen physischen Prototypen reduziert wird. Dadurch können Mängel während der Entwurfsphase identifiziert und behoben werden, was Material-, Arbeits- und Zeitkosten sowie den Energieverbrauch senkt. Änderungen können schnell getestet werden, was die Entwicklung und die Markteinführungszeit beschleunigt und gleichzeitig die Endproduktqualität verbessert.

Sie unterstützen außerdem die Abfallreduzierung, indem sie vorausschauende Wartung ermöglichen und die Lebensdauer der Geräte verlängern. Darüber hinaus erleichtern DTs zirkuläre Produktionsmodelle wie Recycling und Wiederaufbereitung, indem sie Materialflüsse und Ressourcenrückgewinnung optimieren. Vor diesem Hintergrund könnten DTs auch dazu verwendet werden, um das Verhalten der Arbeitskräfte zu simulieren, um Sicherheit, Geschwindigkeit und Effizienz in der Fertigung zu verbessern. Die Antwort lautet ja, allerdings ergeben sich Herausforderungen bei der Nachbildung menschlicher Bewegungen und Ergonomie.

Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Sensoren und der Grenzen der biomechanischen Modellierung eine präzise Darstellung menschlicher Bewegungen zu erreichen.

Datenlatenz- und Synchronisationsprobleme behindern zudem die Reaktionsfähigkeit in Echtzeit und verursachen Abweichungen zwischen simulierten und tatsächlichen Bewegungen. Die Integration unterschiedlicher Datenquellen und Technologien erhöht die Komplexität aufgrund von Kompatibilitätsproblemen und Interoperabilitätsbeschränkungen. Datenschutz- und ethische Bedenken hinsichtlich der Erhebung und Verarbeitung von menschlichen Bewegungsdaten unterstreichen zusätzlich die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen, die individuelle Rechte schützen.

4 Digital Twins zur Ergonomiebewertung in Fertigungsprozessen

Die Simulation der Interaktion zwischen Mensch und Roboter erfordert fortschrittliche Modellierungs- und Steuerungsalgorithmen, um eine nahtlose Zusammenarbeit zu erreichen. Skalierbarkeitsprobleme, mangelnde Standardisierung und das Fehlen bewährter Praktiken behindern die Einführung zusätzlich und unterstreichen die Notwendigkeit branchenweiter Leitlinien. Die Bewältigung dieser Herausforderungen durch fortschrittliche Modellierungstechniken, maschinelles Lernen, Deep Learning, verbesserte Datenintegration und ethische Rahmenbedingungen ist unerlässlich, um das volle Potenzial von DTs in der menschlichen Simulation zu entfalten.

Darüber hinaus könnten DTs verwendet werden, um die gesamte Belegschaft unter verschiedenen Szenarien zu visualisieren, wodurch aufgezeigt wird, wie die Arbeitskräfte unter bestimmten Bedingungen am besten abschneiden und eine präzise Ressourcenplanung ermöglichen. Die virtuelle Darstellung jeder Arbeitskraft ermöglicht eine vorausschauende Überwachung, sodass Probleme vorhergesehen und proaktiv gelöst werden.

5 Digital Twins für die Personalsteuerung und -planung
DTs bieten transformatives Potenzial für das Personalmanagement, indem sie es Unternehmen ermöglichen, mitarbeiterbezogene Entscheidungen vor der Umsetzung zu simulieren und zu optimieren. Sie verbessern Prognosegenauigkeit durch präzise, datenbasierten Personalprognosen, verringern Risiken bei organisatorischen Veränderungen und unterstützen die strategische Planung. Durch die Erfassung von Fähigkeiten und Leistung in Echtzeit können Unternehmen Ressourcen effektiver zuweisen, personalisierte Karrierewege schaffen, die Terminplanung optimieren und sich schnell an veränderte Anforderungen anpassen.

Insgesamt steigern die DTs die Effizienz, sorgen für eine bessere Rollenausrichtung und unterstützen die kontinuierliche Entwicklung und Agilität der Belegschaft. Einfach ausgedrückt helfen DTs dabei, sich auf unerwartete Ereignisse wie Veränderungen beim Personalbedarf,

Fluktuation oder neue Projekte vorzubereiten. Sie können als Tools betrachtet werden, um langfristige Entwicklungen vorherzusehen und Risiken und Chancen zu identifizieren. Im Gegensatz zu statischen Modellen nutzen DTs Echtzeitinformationen, um die Belegschaft dynamisch darzustellen und die Reaktionen des Teams auf Szenarien wie Arbeitsbelastungsänderungen oder geänderte Zeitpläne zu simulieren.



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Mittel

Die Implementierung von Fertigungsprozesssimulationen, insbesondere im Hinblick auf Ergonomie, bringt Herausforderungen wie die Integration von Echtzeitdaten, den Bedarf an technischer Expertise und den Widerstand des Personals mit sich. Die menschliche Barrieren umfassen Skepsis gegenüber digitalen Tools, mangelndes ergonomisches Bewusstsein und Angst vor Überwachung oder Arbeitsbewertung. Darüber hinaus können Manager Produktivität vor der Ergonomie Vorrang einräumen. Die Überwindung dieser Herausforderungen erfordert klare Kommunikation, inklusive Planung, Schulungen und die Demonstration des Wertes von Ergonomie für Sicherheit und Effizienz. Eine sorgfältige, schrittweise Implementierung mit der richtigen Software und den passenden Ressourcen kann eine erfolgreiche Einführung unterstützen.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Hoch

Wirtschaftliche Hürden können die Einführung ergonomischer Simulationstechnologien erheblich beeinflussen, insbesondere für kleine und mittelständische Hersteller, da die Anfangskosten für Software, Hardware, Schulungen und Beratung hoch sind. Diese Unternehmen priorisieren oft kurzfristige Produktivität gegenüber langfristigen ergonomischen Vorteilen, die finanziell schwer zu quantifizieren sind. Mit strategischer Planung,

klarer Kommunikation der langfristigen Vorteile und schrittweiser Umsetzung kann Simulation jedoch letztlich zu sichereren, effizienteren und kostengünstigeren Abläufen führen.

Die vollständige Implementierung eines Digital Twins zur vollständigen Prozesssteuerung bleibt jedoch eine erhebliche Herausforderung. Es erfordert eine umfassende **Parametrisierung, Systemintegration und kontinuierliche Datenausrichtung**, was erheblichen Zeitaufwand, Fachwissen und finanzielle Investitionen erfordern kann. Daher müssen Unternehmen die Einsatzbereiche anhand des Wirkungspotenzials **priorisieren** und dabei mit Prozessen mit hohem Verbrauch oder hohem Risiko beginnen.

■ Menschliche Faktoren

Ein wichtiger menschlicher Faktor bei der Ergonomie-Simulation ist die Akzeptanz und Beteiligung der Nutzer:innen. Arbeitskräfte und Manager:innen könnten digitale Tools ablehnen, wenn sie als aufdringlich, kontrollierend oder hauptsächlich zur Leistungsbewertung und nicht als unterstützende Hilfsmittel betrachtet werden. Diese Skepsis verstärkt sich, wenn Technologien wie Motion Capture oder VR ohne klare Erklärung ihres Zwecks und ihrer Vorteile eingeführt werden. Eine erfolgreiche Implementierung erfordert nicht nur ein grundlegendes Verständnis der Tools und ergonomischen Prinzipien, sondern auch gut strukturierte Schulungs- und Einarbeitungsprogramme. Die digitalen Kompetenzen variieren stark nach Rollen – Bediener:innen, Ingenieure und Vorgesetzte haben möglicherweise unterschiedliche Vorkenntnisse im Umgang mit fortschrittlichen Plattformen – was, wenn dem nicht entgegengewirkt wird, zu einer uneinheitlichen Nutzung führt.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass Simulationen ausschließlich von technischen Teams und ohne Einbeziehung der die Aufgaben ausführenden Personen entwickelt werden. Dieser Top-Down-Ansatz führt oft zu Modellen, die die Feinheiten von Arbeitsabläufen oder Herausforderungen in der Fertigung übersehen. Die Etablierung partizipativer Prozesse, bei denen die Ar-

5



6



Erhöhung der Sicherheit und Produktivität von Fertigungsprozessen bei gleichzeitiger Minimierung ihrer Umweltbelastung durch die Einführung von Simulationstechniken in Digital Twins

Arbeitskräfte an Design, Tests und Validierung mitwirken, gewährleistet Genauigkeit, stärkt das Verantwortungsgefühl und verbessert die Akzeptanz. Klare Kommunikation über Ziele, Vorteile und Grenzen fördert ebenfalls Vertrauen und Zusammenarbeit.

Schließlich müssen ethische Bedenken berücksichtigt werden. Die Arbeitskräfte könnten Angst vor Überwachung, Missbrauch personenbezogener Daten oder Verlust ihrer Autonomie haben, wenn ihre Bewegungen aufgezeichnet und analysiert werden. Fehlinterpretationen von Daten können das Vertrauen untergraben. Unternehmen müssen daher transparente Richtlinien zur Datennutzung etablieren, informierte Zustimmung einholen und sichere Handhabungspraktiken gewährleisten. Durch die proaktive Auseinandersetzung mit Datenschutzfragen und die Förderung von Transparenz wird ein vertrauensbasiertes Umfeld geschaffen, in dem Technologie als kollaboratives Tool betrachtet wird, das Arbeitskräfte unterstützt, statt sie zu bedrohen.

■ Umweltfaktoren

Umweltfaktoren beeinflussen ebenfalls die Genauigkeit und Nützlichkeit von Ergonomie-Simulationen. Der Grundriss einer Anlage muss realistisch modelliert werden, um effektive Beurteilungen zu gewährleisten. Bedingungen wie Beleuchtung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Lärm können das Wohlbefinden und die Leistung der Arbeitskräfte erheblich beeinflussen. Schlechte Arbeitsumgebungen können Stress verstärken, die Konzentration verringern und ergonomische Risiken erhöhen. Die Einbeziehung dieser Variablen in

DT-Simulationen ermöglicht ein ganzheitlicheres Verständnis der Arbeitsbedingungen.

Nachhaltigkeit ist ein weiterer wesentlicher Aspekt.

Digitale Geräte selbst verbrauchen Ressourcen: Datenverarbeitung, Hardware und unterstützende Infrastrukturen wie Rechenzentren benötigen erhebliche Mengen an Energie und Wasser, während sie knappe Materialien verwenden, die zum Elektroschrott beitragen. Die effiziente Verwaltung der Datenspeicher und die Anwendung von Ecodesign-Prinzipien helfen, die Umweltbelastung zu verringern. Lebenszyklusanalysen und die Einhaltung von Vorschriften wie ISO 14001 sind entscheidend, um den ökologischen Fußabdruck von DTs zu minimieren.

Die Konnektivität bringt weitere Herausforderungen mit sich. DTs basieren auf IoT-Geräten, Cloud-Computing und Echtzeit-Analysen. Die Herstellung und Wartung von Sensornetzwerken – Beschleunigungsmesser, Wärmesensoren, RFID-Tags – bringt Material- und Energiekosten mit sich. Diese Geräte verwenden häufig seltene Erden, Lithiumbatterien und Halbleiter, deren Gewinnung und Verarbeitung Treibhausgasemissionen, Wasserverschmutzung, giftige Abfälle und Recyclingprobleme verursachen.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Die Implementierung eines Digital Twins (DT) in der Fertigung erfordert die Einhaltung wichtiger Normen, darunter ISO/IEC 27001:2022 für Datensicherheit, DSGVO (2016) für Datenschutz, NIST (2018) für Cybersicherheit, ISO 14001:2015 für Umweltauswirkungen, ISO 50001:2018 für Energiemanagement und ISO 45001:2018 für Arbeitssicherheit. Ergonomie und Interoperabilität werden durch ISO 9241 (2019), EN 1335:2020 und IEC 62264 (2013) abgedeckt, was nachhaltige, sichere und effiziente Abläufe gewährleistet.



Erhöhung der Sicherheit und Produktivität von Fertigungsprozessen bei gleichzeitiger Minimierung ihrer Umweltbelastung durch die Einführung von Simulationstechniken in Digital Twins



Lösungen



Menschenzentrierte Fertigung

Siemens

Deutschland ↔

Tecnomatrix ist eine umfassende digitale Fertigungs-Software-Suite, die von Siemens Digital Industries Software entwickelt wurde. Sie ermöglicht es Herstellern, Produktionsprozesse digital zu planen, zu simulieren und zu optimieren, wodurch die Umsetzung innovativer Ideen in greifbare Produkte erleichtert wird. Durch die Integration von Echtzeitdaten aus verschiedenen Fertigungsdisziplinen trägt es zur Synchronisierung von Produktentwicklung, Fertigungstechnik, Produktionsausführung und Servicetechnik bei und maximiert so die Fertigungseffizienz.



Digitale menschliche Modellierung in der virtuellen Ergonomie

Dassault Systemes

Frankreich ↔

DELMIA unterstützt Fertigungsingenieure bei der virtuellen Gestaltung sicherer und effizienter Arbeitsplätze, um kostspielige Fehler in der realen Welt zu vermeiden. Unsere virtuelle Ergonomieware ermöglicht es Designer:innen und Ingenieur:innen, Haltungsprobleme zu überwinden, indem menschliche Interaktion und ergonomisches Verhalten zwischen Produkt und System bereits in den frühesten Phasen des Designprozesses simuliert werden. Produktdesigner:innen und Fertigungsingenieur:innen können ergonomische Probleme virtuell so früh wie möglich lösen, um das Wohlbefinden der Arbeitskräfte zu steigern, die Kosten für arbeitsbedingte Verletzungen zu senken und die Produktivität in der realen Welt zu steigern. Darüber hinaus können sie durch die Bereitstellung relevanter Anleitungen für Produkt- und Arbeitsplatzdesigner:innen, auch solche mit geringen ergonomischen Kenntnissen, schnelle und effiziente Entscheidungen treffen, um ihre Designziele zu erreichen.



Kognitive digitale Lösungen für Branchenführer

Cognitwins

Vereinigte Staaten ↔

CogniTwins hilft dabei, die Leistungsfähigkeit kognitiver Digital Twins, Threads und Swarms zu nutzen, um bestehende Geschäftsmodelle erfolgreich zu transformieren und neue, zukunftssichere Produktlinien intelligenter Produkte, Lösungen und Dienstleistungen zu entwickeln.



KI-betriebene

Arbeitsrisikenpräventionssoftware

Siali Technologies

Spanien ↔

Safe ist die Plattform, die das EHS Ihres Unternehmens automatisiert, indem sie Unfälle antizipiert, um die Sicherheit Ihrer Arbeitskräfte zu verbessern. Sie ist ein aktives Instrument zur Risikoprävention. Sie erkennt und warnt in Echtzeit über alle potenziell gefährlichen Situationen, wie z. B. fehlende Schutzausrüstung, versperrte Wege und überhöhte Fahrzeuggeschwindigkeit, um Maßnahmen ergreifen zu können, bevor die Situation kritisch wird.



Ergonomischer Digital Twin

Moovency

Frankreich ↔

KIMEA ist eine innovative ergonomische Digital-Twin-Lösung, die entwickelt wurde, um Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSDs) am Arbeitsplatz zu bewerten und zu verhindern. Durch den Einsatz von Tiefensensorkameras wie Microsoft Kinect erfasst KIMEA 3D-Skelettdaten von Arbeitskräften bei der Ausführung von Arbeiten. Diese Daten werden anschließend mithilfe von fortschrittlichen Algorithmen verarbeitet, um mögliche Verstopfungen und Ungenauigkeiten zu korrigieren und so auch in komplexen industriellen Umgebungen präzise Analysen zu gewährleisten. Das System erzeugt einen Digital Twin der Bediener:innen in Echtzeit und wandelt Gesten und Haltungen automatisch in ergonomische Indikatoren um. Dies ermöglicht eine dynamische Analyse der Muskel-Skelett-Erkrankungsrisiken, sodass Unternehmen Interventionen effektiv priorisieren und gezielte Präventionsstrategien umsetzen können.



HEGO

Emoj

Italien ↔

Der Body Tracker von Emoj, genannt HEGO, ist ein KI-gestütztes, nicht-invasives System zur Echtzeitüberwachung der Haltung und Bewegungen der Arbeitskräfte. Es bewertet ergonomische Risiken durch die Analyse verschiedener Körperpositionen und -winkel, wie Kopf- und Oberkörperbeugung, Armbewegungen und Gelenkwinkel. Das System berechnet internationale ergonomische Indizes wie REBA, RUSA und OCRA und bietet eine detaillierte Risikobewertung für Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSDs). Die Daten sind über ein Dashboard sowohl für Unternehmen als auch für Ergonomieexpert:innen zugänglich, was proaktive Interventionen und personalisierte Anpassungen am Arbeitsplatz ermöglicht. Body Tracker ist vollständig DSGVO-konform und verbessert die Arbeitssicherheit und Ergonomie, ohne dass störende Geräte erforderlich sind.



Intelligente Sicherheitsanalyse

Soter

Vereinigte Staaten ↔

SoterAI ist eine KI-basierte Plattform, die EHS-Führungskräften beispiellose Risikotransparenz und Vorhersagekraft verleiht. Die Plattform analysiert auf sichere Weise komplexe, multiquellenbasierte Unternehmenssicherheitsdaten, um aufkommende Risiken zu identifizieren und potenzielle Vorfälle vorherzusagen, bevor sie eintreten. Sie liefert die notwendigen umsetzbaren Erkenntnisse, um Risiken proaktiv zu mindern, die Einhaltung der Vorschriften an allen Standorten sicherzustellen und Ihre gesamte EHS-Strategie für messbare Geschäftsergebnisse zu optimieren.



DT zur Lebenszyklusanalyse industrieller Anlagen

Hexagon

Schweden ↔

HxGN SDx2 ist eine Cloud-native Plattform, die von Hexagon entwickelt wurde, um den gesamten Lebenszyklus industrieller Anlagen zu verwalten. Es integriert Echtzeit-2D/3D-Visualisierungen, technische und betriebliche Daten, was vorausschauende Wartung, verbesserte Sicherheit und datenbasierte Entscheidungen ermöglicht. Auf Microsoft Azure basierend, unterstützt es Digital-Twin-Umgebungen für industrielle Effizienz und Nachhaltigkeit.



Gesundheits- und Sicherheitsschulungen mithilfe von Digital Twins

PREVU3D

Kanada ↔

Prevu3D ist eine Digital-Twin-Software zur 3D-Visualisierung von Anlagen und ermöglicht so die Echtzeitüberwachung ihres Betriebszustands und der historischen Daten. Die Plattform bietet immersive Navigationsmodi, von der virtuellen Begehung bis hin zu CAD-Ansichten aus der Vogelperspektive, was die Sichtbarkeit und Ausrichtung zwischen Teams verbessert. Fortschrittliches 3D-Scanning und Netzverarbeitung unterstützen Kapazitätsplanung und simulieren Layoutänderungen ohne die Notwendigkeit physischer Anwesenheit. Prevu3D befähigt Unternehmen außerdem, die Schulungen für Arbeitskräfte durch immersive 3D-Szenariotests zu verbessern, wodurch Sicherheit priorisiert und operative Risiken minimiert werden.



Nachhaltige Produktion

Institut für Industrietechnologien und Automatisierung (Institute of Industrial

Technologies and Automation, ITIA) – Nationaler Forschungsrat (National Research Council, CNR) Italien ↔

Das Projekt „Nachhaltige Fertigung“, das vom ITIA-CNR geleitet wird und an dem wichtige Partnern wie das Politecnico di Milano und die Università Politecnica delle Marche beteiligt sind, zielt darauf ab, unterstützende Technologien und Methoden für nachhaltiges Produkt- und Fabrikdesign über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg zu entwickeln. Es fördert Ökodesign, effiziente Ressourcennutzung und menschenzentrierte Produktion. Die Anwendungen umfassen Polymerformulierung, Öko-Fabriken und Demontage. Zu den wichtigsten Innovationen zählen energieeffiziente Systeme, mit Sensoren ausgestattete Arbeitskleidung, intuitive multimodale Schnittstellen und Augmented Reality für die Überwachung der Fabrik. Das Projekt entwickelt zudem neue Geschäftsmodelle für die zirkuläre Fertigung. Unterstützt von einem breiten Unternehmensnetzwerk stärkt es die italienische Führungsposition im Bereich leistungsstarker, nachhaltiger Fertigungssysteme. Während des Projekts wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, verschiedene ergonomische Bewertungsinstrumente zu testen, die mit DTs der beteiligten Fabriken integriert sind, um potenzielle Anwendungen zur Reduzierung von Muskel-Skelett-Erkrankungen, zur Verbesserung der Gestaltung von Arbeitsplätzen und allgemein zur industriellen Nachhaltigkeit zu identifizieren.

Erhöhung der Sicherheit und Produktivität von Fertigungsprozessen bei gleichzeitiger Minimierung ihrer Umweltbelastung durch die Einführung von Simulationstechniken in Digital Twins



Beispiele



Ford

Vereinigte Staaten



Ergonomie trifft auf immersive Technik: Fließbandarbeit ist nicht einfach. Die Produktion eines Fahrzeugs alle 60 Sekunden erfordert viel Dehnen, Greifen, Heben, Ziehen und Schieben. Durch die Weiterentwicklung von Bewegungserfassung und -simulation im Bereich der immersiven Gestaltung erzielt die Ford Motor Co. durch ergonomische Analysen enorme Fortschritte bei der dramatischen Reduzierung von Montageverletzungen. Als zusätzlicher Vorteil hat sich die Qualität verbessert.



BMW Group

Österreich



Reduzierung des Lebenszyklus-Energieverbrauchs von Automotoren mit Anlagensimulation: Automobilhersteller stellen in der Regel die meisten Kernteile und Komponenten ihrer Motoren selbst her. Kurbelgehäuse, Kurbelwelle, Zylinderkopf und Pleuelstangen werden in Werken wie der BMW Motoren GmbH, dem größten Motorenwerk der BMW-Gruppe in Steyr, Österreich, etwa drei Autostunden vom Hauptsitz München, Deutschland, gedreht, gefräst, gebohrt, geschliffen und gehont.



Electrolux

Vereinigte Staaten



Weltweite 3D-Fabrik- und Materialflussplanung: Mit den guten Visualisierungsmöglichkeiten von Tecnomatix kann ich dem Management eine frühe Planungsphase zeigen, die die Prozesse plausibel macht. Die 3D-Technologie hilft bei der Überprüfung von Montagekonzepten sowie bei der Auswahl von Lieferanten für Automatisierungslösungen und liefert Einblicke, die mir zuvor fehlten.



KONE

Finnland



Auf der Suche nach einem 3D-Simulations- und Layout-Planungstool: KONE entschied, dass es an der Zeit sei, nach einer Lösung zu suchen, die ihnen nicht nur bei der Planung und Gestaltung neuer Produktionslösungen helfen, sondern auch die Kommunikation mit den Stakeholdern während des Planungs- und Entwicklungsprozesses verbessern kann.



Volkswagen

Deutschland



Das „Virtual Human“-Tool verbessert die Ergonomie:

Ergonomie war früher ein fremd klingendes Wort, das Unternehmen wenig sagte, aber heutzutage kann es jedoch einen großen Einfluss auf die Produktivität haben. Stellen Sie sich vor, die Ergonomie eines Arbeitsplatzes wird ignoriert – die Folgen könnten katastrophal sein. Stellen Sie sich folgendes Szenario vor: Eine bestimmte Schraubverbindung ist für eine Arbeitskraft schwer zu erreichen, und folglich ist es schwierig, die Schraube festzuziehen. Das Fließband läuft unaufhörlich weiter, und die Arbeitskraft hat Schwierigkeiten, mitzuhalten, was seine ohnehin schon unbequeme Position beim Versuch, die Arbeit fortzusetzen, noch schmerzhafter macht. Dies könnte zur Folge haben, dass die gesamte Produktionslinie abrupt zum Stillstand kommt – ein Ergebnis, das sich kein Unternehmen leisten kann. In manchen Situationen ist es sogar nicht möglich, die Lieferzeiten einzuhalten.



CETEM

Spanien



Der Digital Twin erkennt, wo die Möbelsicherheit verbessert werden kann, und schlägt Neugestaltungen für neue Prototypen vor: Das auf prädiktive künstliche Intelligenz basierende System für Möbeltests wird die Effizienz und Produktivität des spanischen Möbelsektors unterstützen und Kosten sparen, aber nicht die traditionellen physikalischen Prüfungen ersetzen, die für nationale und internationale Produktzertifikate durch akkreditierte Labore notwendig sind.



TuMeke Ergonomie

Vereinigte Staaten



KI-gestützte Risikobewertungsplattformen: Die KI-gestützte Plattform von TuMeke ermöglicht die Echtzeitüberwachung der Körperhaltung und -bewegungen am Arbeitsplatz mittels Computer Vision und identifiziert ergonomische Risiken automatisch. Sie zentralisiert Daten über mehrere Standorte in einem einheitlichen Dashboard, beseitigt Inkonsistenzen und ermöglicht standardisierte Bewertungen. Das System liefert sofortige Warnungen bei gefährlichen Verhaltensweisen (wie unsicherem Heben oder sich wiederholenden Bewegungen) und ermöglicht so zeitnahe Eingriffe. Sie beschleunigt die Risikobewertung im Vergleich zu herkömmlichen Methoden um das 20-fache und reduziert Verletzungen um bis zu 68 %, was die Arbeitssicherheit verbessert.

**Universität Kampanien Luigi Vanvitelli***Italien*

Digital Twin zur Überwachung der Ergonomie während der Fertigung: Im Zeitalter der intelligenten Fabriken ist der Digital Twin (DT) in Bezug auf die Ergonomie der Produktionsprozesse der Schlüssel, um neuartige Modelle zur Überwachung der Ausführung manueller Arbeitstätigkeiten zu etablieren, die nahezu in Echtzeit Ergebnisse liefern und den Entscheidungsprozess zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen unterstützen können. Diese Studie hat zum Ziel, einen methodischen Rahmen vorzuschlagen, der durch die Implementierung eines menschlichen DT die Überwachung und Entscheidungsfindung bezüglich der ergonomischen Leistungen manueller Produktionslinien unterstützt. Zur Demonstration der Anwendbarkeit und Effektivität des vorgeschlagenen Rahmens wird eine im Labor durchgeführte Fallstudie vorgestellt. Die Ergebnisse zeigen, wie sich die betrieblichen Probleme eines manuellen Arbeitsplatzes identifizieren und wie sich Verbesserungslösungen vorschlagen und testen lassen.

**KITT4SME***Italien*

Gesundheit, Sicherheit und ErGOnomic für die menschenzentrierte Fabrik der Zukunft: Das Projekt, das durch die offene Ausschreibung KITT4SME Type-A (n. 952119) finanziert wurde, umfasste die Entwicklung eines KI-gestützten ergonomischen Bewertungstools, das bei Salvarani, einem in Reggio Emilia ansässigen Hersteller von Landmaschinen, eingesetzt wird. Das KI-System analysierte die Bewegungen und Haltungen der Arbeitskräfte in Echtzeit und berechnete automatisch ergonomische Risikoindizes wie REBA und RULA. Die Ergebnisse zeigten, dass die KI-basierte Bewertung nicht nur mit traditionellen Methoden mit virtuellen Testpuppen und Expertenbeobachtungen vergleichbar, sondern in manchen Fällen sogar noch genauer und konsistenter war. Das Tool ermöglicht eine kontinuierliche, nicht-invasive Überwachung und bietet eine skalierbare Lösung zur Verbesserung der Arbeitsplatzergonomie in industriellen Umgebungen.

**Biesse Group und Università Politecnica delle Marche***Italien*

Das Intelligence 5.0-Projekt, durchgeführt von der Università Politecnica delle Marche und Biesse (einem führenden Hersteller von Möbelverarbeitungsmaschinen), adressierte den wachsenden Bedarf an vorausschauender Wartung und Diagnostik im mechatronischen Sektor und nutzte dabei Technologien aus Industrie 4.0.

Diese Dienste sind zwar vielversprechend, wurden aber aufgrund von Komplexität, mangelnder Fachkenntnis und unsicheren Renditen oft wenig genutzt. Im Rahmen des Projekts wurde eine neue Generation von „selbstbewussten“ Maschinen entwickelt, die Digital Twin, KI, Wissensmanagement und Augmented Reality integrieren. Diese Systeme sammeln Echtzeitdaten, verarbeiten sie durch kognitive Modelle und schlagen optimale Wartungs- und Produktionsstrategien vor. Ein nutzerzentrierter Ansatz gewährleistete die Ausrichtung auf reale operative Anforderungen. Das Ergebnis: erhöhte Zuverlässigkeit der Maschinen, reduzierte Ausfallzeiten und klügere Entscheidungen in den Bereichen Design, Betrieb und Logistik.

**Biesse-Gruppe***Italien*

Digital Twin für den Holz- und Möbelsektor: Die Biesse Group verwendet B_SOLID, eine Digital Twin-Software, die CNC-Holzbearbeitungsmaschinen in 3D simuliert. Sie ermöglicht virtuelle Tests von Bearbeitungsprozessen, wodurch Fehler verhindert, Werkzeugwege optimiert und die Produktionseffizienz verbessert wurde. Diese Innovation verbessert die Produktqualität, reduziert Abfall und unterstützt die vorausschauende Wartung in der Holzmöbelbranche.

**BMW Group***Deutschland*

Innovative menschliche 3D-Simulation zur Planung und Ausbildung für zukünftige Produktionen: Das BMW Group Werk Regensburg nutzt fortschrittliche „menschliche 3D-Simulationstechnologie“, die in den Digital Twin des Werks integriert ist, um die Produktion der neuen NEUE KLASSE-Fahrzeuggeneration Jahre im Voraus zu planen. Diese digitale Simulation bildet nicht nur die Fabrikumgebung und Fließbänder detailgetreu nach, sondern auch die Bewegungen und Aufgaben der Bediener:innen und ermöglicht ergonomische Analysen und Optimierungen des Arbeitsablaufs. Die Bediener:innen können außerdem frühzeitig mithilfe von VR-Brillen geschult werden, die sie in eine realistische virtuelle Umgebung eintauchen lassen. Dies verbessert die Effizienz und Sicherheit, bevor die eigentliche Produktion beginnt. Dieses Projekt stellt einen wichtigen Schritt hin zur intelligenten, vernetzten Fabrik der Zukunft von BMW dar, reduziert Planungszeit und Kosten und verbessert gleichzeitig die Qualität der menschlichen Arbeit in der Fertigungshalle.

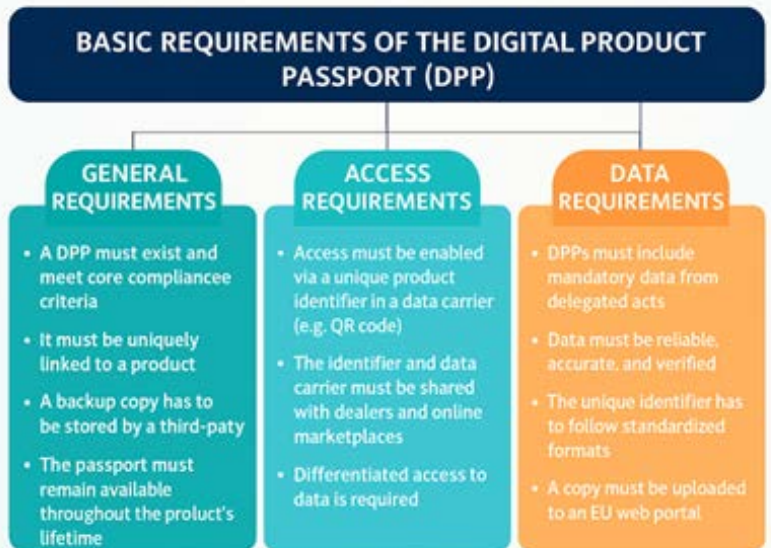
Produkt­rück­ver­fol­g­bar­keit im Mö­bel­sektor durch den Digital Product Passport (DPP)



1



2



Implementierungsschwierigkeiten: **Hoch**

Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel**

Produktrückverfolgbarkeit im Möbelsektor durch den Digital Product Passport (DPP)



Beschreibung

Der Begriff Produktrückverfolgbarkeit bezeichnet die Fähigkeit, den Ursprung, die Geschichte und den Weg eines Produkts und seiner Komponenten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg zu verfolgen. Er ist ein wichtiger Faktor für die nachhaltige Produktion, Einhaltung gesetzlicher Normen und Verbrauchertypansparenz. In diesem Zusammenhang erweist sich der Digital Product Passport (DPP) als zentrales Tool, um produktbezogene Daten über seinen Lebenszyklus hinweg zu strukturieren und weiterzugeben.

Der DPP ist ein Kernelement der EU-Verordnung über Ökodesign für nachhaltige Produkte (EU Eco-Design for Sustainable Products, ESPR), die darauf abzielt, Transparenz, Zirkularität und Nachhaltigkeit zu fördern. Obwohl der DPP keine Technologie ist, basiert seine Implementierung auf einer Reihe digitaler Tools, die einen strukturierten, sicheren und Echtzeit-Datenaustausch ermöglichen.

Im Mittelpunkt des DPP stehen unterstützende Technologien, die es ermöglichen, jedes physische Produkt eindeutig zu identifizieren und digital mit verifizierten Informationen zu verknüpfen. Dazu gehören:

QR-Codes, Barcodes, RFID- oder NFC-Tags, die als Datenträger im Produkt integriert sind, um sicheren Zugriff auf seine digitale Identität zu gewährleisten;

Cloudbasierte Plattformen, die strukturierte Lebenszyklusdaten sicher verwalten und speichern;

Blockchain-Technologien, die Datenintegrität, Transparenz und Authentifizierung bieten können;

Digital-Twin-Systeme, die eine virtuelle Darstellung jedes Produkts erstellen, Informationen darüber liefern, was es ist, wer die Kontrolle darüber hat, wo es sich geografisch in der Lieferkette befindet und werden kontinuierlich mit Daten zu Materialien, Prozessen und Nachhaltigkeitskennzahlen aktualisiert.

Diese Technologien ermöglichen die sichere Erfassung und kontrollierte Weitergabe einer Vielzahl von Informationen, wie etwa Rohstoffbeschaffenheit, Herstellungsdetails, CO₂-Fußabdruck, Recyclinganteil,

Sicherheitsvorschriften, Reparaturanweisungen und Entsorgungsoptionen.

1 DPP – Informationsaustausch

Verbraucher:innen, Regulierungsbehörden und Akteur:innen entlang der Lieferkette können ausgewählte Daten sofort abrufen, indem sie einen Code scannen oder mit einer digitalen Schnittstelle interagieren.

2 DPP – QR-Code-Technologie

Die ESPR definiert Mindestanforderungen für die Implementierung des DPP, darunter eine eindeutige Produktkennung, Interoperabilität mit anderen Systemen, Datengenauigkeit und -verifikation sowie differenzierte Zugriffsstufen. Eine Sicherungskopie muss sicher von einem vertrauenswürdigen Drittanbieter gespeichert werden, und der DPP muss während der gesamten Lebensdauer des Produkts verfügbar bleiben.

3 DPP – Grundvoraussetzungen

In Branchen wie Möbelherstellung, wo Materialien und Komponenten oft aus unterschiedlichen Quellen stammen, bieten DPP-fähige Technologien einen robusten Rahmen zur Verwaltung der Rückverfolgbarkeit. Sie fördern die Einhaltung der EU-Gesetze, einschließlich der Allgemeinen Produktsicherheitsverordnung (General Product Safety Regulation, GPSR), der EU-Abholzungsverordnung (EU Deforestation Regulation, EUDR) und REACH, während sie ein nachhaltigeres Produktdesign und eine transparentere Kommunikation mit den Verbraucher:innen ermöglichen.

Es ist wichtig zu beachten, dass die EU voraussichtlich in den kommenden Monaten im Rahmen delegierter Rechtsakte detailliertere Informationen zu den Anforderungen an DPPs veröffentlichen wird.

Abschließend lässt sich sagen, dass der DPP durch ein technologisches Ökosystem ermöglicht wird, das physische Produkte mit ihren digitalen Identitäten verbindet und so die Rückverfolgbarkeit nicht nur nicht nur machbar, sondern zentral für zukunftsfähige, zirkuläre und konforme Lieferketten macht.

Produktrückverfolgbarkeit in der Möbelbranche durch den Digital Product Passport (DPP)



Anwendung

Stellen Sie sich vor, Sie scannen den QR-Code eines Stuhls und entdecken sofort, woher seine Materialien stammen, wie er hergestellt wurde, wie lange er hält und wie er am Ende seiner Lebensdauer recycelt werden kann.

4 DPP – Anwendung in den Möbelbranche

Dies ist das Versprechen des Digital Product Passport (DPP) in der Möbelbranche. Der DPP wurde entwickelt, um Nachhaltigkeit, Transparenz und Rückverfolgbarkeit zu verbessern, und wird zu einem unverzichtbaren Tool für Unternehmen, die sich den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und einer größeren Umweltverantwortung verschrieben haben.

5 DPP – Rückverfolgbarkeit und Innovation

6 DPP – LCA und Zirkularität

Materialrückverfolgbarkeit und Produktionstransparenz

Beim DPP wird jedes Möbelstück zu einer dokumentierten Geschichte. Die Materialien lassen sich auf verantwortungsvoll verwaltete oder recycelte Quellen zurückführen, und ihr ökologischer Fußabdruck wird sichtbar. Ein einfacher Scan verschafft den Verbraucher:innen Zugang zu Quellenangaben, Lieferketten und Produktionsdaten. Er zeigt außerdem, wie viel CO₂ während der Herstellung erzeugt wurde und welche Komponenten recycelt oder wiederverwendet werden können.

Zertifizierungen, Normen und Einhaltung gesetzlicher Vorschriften

Der DPP kann relevante Zertifizierungen in Bezug auf Produktqualität, Sicherheit und Umweltverträglichkeit enthalten, wie z. B. emissionsarme Materialien oder Feuerbeständigkeit. Im Kontext sich entwickelnder europäischer Vorschriften unterstützt der Pass die Einhaltung rechtlicher Bestimmungen, reduziert Risiken und stärkt die Glaubwürdigkeit eines Unternehmens bei der Nachhaltigkeitsberichterstattung.

Messung von Nachhaltigkeit und Umweltauswirkungen

Unternehmen können den DPP nutzen, um die Umweltleistung ihrer Produkte zu überwachen und zu kommunizieren. Dazu gehören Daten zu Energieverbrauch, CO₂-Emissionen und Zirkularitätsindikatoren wie Recyclingfähigkeit oder Kompostierbarkeit. Die Veröffentlichung dieser Informationen unterstützt fundierte Kaufentscheidungen und stärkt die Umweltwerte der Marke.

Wartung, Garantie und Produktpflege

Verbraucher:innen können problemlos auf Pflegeanweisungen, Handbücher und Ersatzteilm Informationen zugreifen. Im Laufe der Zeit können Reparaturhistorie und Wartungsunterlagen in den Pass aufgenommen werden, wodurch er zu einem dynamischen Tool für die vorausschauende Wartung wird. Dies trägt dazu bei, die Lebensdauer des Produkts zu verlängern und fördert Reparaturen statt eines frühzeitigen Austauschs.

Leitfaden für die Entsorgung und das Recycling von Produkten am Ende ihres Lebenszyklus

Der DPP enthält klare Demontageanweisungen und identifiziert Materialien, wodurch die Trennung der Komponenten zum Recycling erleichtert wird. Dies vereinfacht die Sammelprozesse, erhöht die Recyclingeffizienz und unterstützt das Kreislauf-Ressourcenmanagement.

Unterstützung von Geschäftsmodellen für zirkuläres Design und Wiederverwendung

Durch nachverfolgbare digitale Aufzeichnung über die Lebensdauer eines Produkts unterstützt der DPP innovative Geschäftsmodelle wie Leasing, Rückkaufprogramme, Wiederverkauf gebrauchter Möbel und Renovierung. Der Pass kann aktualisiert werden, wann immer ein Produkt repariert oder modifiziert wird, wodurch sein Wert und seine Nutzbarkeit über mehrere Lebenszyklen erhalten bleibt.

Einbindung von Verbraucher:innen durch transparente Informationen

Transparenz stärkt das Vertrauen der Verbraucher:innen. Der DPP bietet sofortigen Zugang zu verifizierten Informationen zur Produktzusammensetzung, Herkunft und Nachhaltigkeit. Kund:innen können so bewusste, verantwortungsbewusste Entscheidungen treffen und dies unterstützt einen Wandel hin zu ethischeren Konsumgewohnheiten.

Optimierung von Lager- und Produktionsplanung

Wenn er in digitale Systeme wie ERP-Plattformen integriert wird, verbessert der DPP den Datenfluss über Abteilungen hinweg. Genaue Echtzeitinformationen zu jedem Produkt helfen dabei, den Bestand zu optimieren, die Produktion an die Nachfrage anzupassen und Verschwendung in Logistik- und Lieferkettenabläufen zu reduzieren.



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Hoch

Die Umsetzung des Digital Product Passport (DPP) im Möbelsektor ist unsicher und komplex. Sie erfordert die Bewertung verschiedener Technologien (z. B. Blockchain, Datendienstökosysteme), die Sicherstellung der Interoperabilität und die Integration des DPP in bestehende Systeme. Weitere Herausforderungen ergeben sich aus der Struktur des Sektors: viele kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit unterschiedlichen digitalen Bereitschaftsgraden sowie eine stark fragmentierte Lieferkette mit zahlreichen Lieferanten und Subunternehmern. Effektive Zugangskontrolle, Datensicherheit und Verifikationsmechanismen sind ebenfalls unerlässlich.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel

Die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Digital Product Passport (DPP) in der Möbelbranche kann als mittelmäßig angesehen werden, da die Anfangskosten im Zusammenhang mit der Einführung neuer Technologien, Personalschulungen und IT-Systemaufrüstungen insbesondere für KMU erheblich sind. Mittel- bis langfristig bietet der DPP jedoch klare wirtschaftliche Vorteile: erhöhte Effizienz, Zugang zu nachhaltigkeitsorientierten Märkten, verbessertes Markenimage und Abfallreduzierung. Kollaborative Lieferkettenmodelle und öffentliche Anreize können die wirtschaftliche Nachhaltigkeit der Initiative weiter verbessern.

■ Menschliche Faktoren

Die Umsetzung des Digital Product Passport (DPP) im Holz- und Möbelsektor umfasst mehr als nur technologische Innovationen, sie erfordert eine menschenzentrierte Transformation. Die Arbeitskräfte und ihre Fähigkeit, sich anzupassen, zu lernen und aktiv mit neuen Systemen umzugehen, spielen eine zentrale Rolle

bei dieser Transformation und sind ein entscheidender Faktor für den Erfolg des DPP.

Um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden, müssen Fachkräfte ein breites Spektrum digitaler Fähigkeiten entwickeln. Dazu gehören technologische Kompetenz, Datensicherheitsbewusstsein und solide Kenntnisse von IKT-Tools, Datenverarbeitung und digitalen Dokumentationsprozessen.

Allerdings ist das Beherrschen von Technologie nur ein Teil der Gleichung.

Die Umstellung auf digitale Prozesse erfordert auch Soft Skills wie Anpassungsfähigkeit, analytisches Denken, Zusammenarbeit und effektive Kommunikation, die entscheidend sind, um die Abstimmung zwischen digitalen Arbeitsabläufen und realen Praktiken zu fördern. Ein zentraler menschlicher Aspekt ist die Notwendigkeit, eine Denkweise des kontinuierlichen Lernens zu fördern.

Da sich digitale Tools und Systeme weiterentwickeln, müssen die Arbeitskräfte durch barrierefreie Schulungen, Mentoring und Peer-Learning-Initiativen unterstützt werden, insbesondere diejenigen, die mit digitalen Technologien weniger vertraut sind.

Die Förderung kontinuierlicher Weiterbildung stellt sicher, dass alle selbstbewusst an Innovationen teilhaben, anstatt zurückzubleiben.

Es ist auch wichtig, die emotionalen und psychologischen Aspekte des Wandels zu berücksichtigen. Die Digitalisierung kann zu Unsicherheit, Widerstand oder Angst führen, insbesondere wenn die Transformation von oben nach unten, zu technisch oder vom Alltag losgelöst wirkt. Deshalb ist der Aufbau einer unterstützenden, inklusiven Unternehmenskultur entscheidend. Die Arbeitskräfte sollten in den Übergangsprozess eingebunden werden, sich gehört fühlen und ein Gefühl von Eigenverantwortung, Anerkennung und Wachstumsmöglichkeiten vermittelt bekommen.

Letztlich hängt der Erfolg des DPP nicht nur von den eingeführten Tools, sondern auch davon ab, wie sinnvoll die einzelnen Personen geschult, eingebunden und befähigt werden, im Rahmen ihrer sich entwickelnden Rolle im Unternehmen mit ihnen zu interagieren.

5



Produktrückverfolgbarkeit im Möbelsektor durch den Digital Product Passport (DPP)

■ Umweltfaktoren

Die Einführung des Digital Product Passport (DPP) in der Holz- und Möbelbranche markiert einen bedeutenden Schritt in Richtung mehr ökologischer Nachhaltigkeit. Dieses digitale Tool ermöglicht die Erfassung, Nachverfolgung und Weitergabe detaillierter Informationen über den Lebenszyklus eines Produkts – von der Rohstoffbeschaffung über die Produktion, den Vertrieb, die Nutzung bis hin zum Lebensende.

In diesem Zusammenhang spielen Umweltfaktoren eine zentrale Rolle und beeinflussen direkt, wie Produkte entworfen, hergestellt und entsorgt werden.

Durch den DPP können Unternehmen wichtige Umweltindikatoren wie CO₂-Fußabdruck, Energieverbrauch, Recyclingfähigkeit von Materialien, das Vorhandensein gefährlicher Chemikalien und den Kreislaufgrad überwachen und darüber berichten. Diese Daten ermöglichen nicht nur eine bessere Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts, sondern fördern auch verantwortungsvollere Praktiken und umweltfreundlichere Designstrategien.

Darüber hinaus fördert der DPP Transparenz und Verantwortlichkeit über die gesamte Wertschöpfungskette von Herstellern bis Verbrauchern und ermöglicht so fundiertere und nachhaltigere Kaufentscheidungen. Er verbessert außerdem das Entsorgungsmanagement, indem er den Zugang zu Informationen über Materialien und Komponenten erleichtert und so Wiederverwendung, Recycling oder ordnungsgemäße Entsorgung erleichtert. Allerdings muss auch die ökologische Nachhaltigkeit der DPP-Systeme selbst kritisch bewertet werden, wobei die digitale Infrastruktur, das Datenmanagement und die Hardwareabhängigkeiten berücksichtigt werden, die ihre Implementierung unterstützen.

DPPs basieren auf produktspezifischen Identifikatoren wie RFID-Tags, QR-Codes und eingebetteten IoT-Sensoren, die mit cloudbasierten Datenbanken sowie Blockchain- oder zentralisierten Informationssystemen verknüpft sind. Für die Herstellung dieser digitalen Kennungen und Tags werden Kunststoffen, siliziumbasierten Chips, Antennen und in einigen Fällen auch aus Batterien benötigt. Dies wirft Bedenken hinsichtlich Ressourcenverbrauch, Elektroschrott und giftiger Materialien auf, insbesondere wenn DPPs in großem Umfang über Millionen von Produkten eingesetzt werden.

Darüber hinaus führt die Dateninfrastruktur, die DPPs zugrunde liegt, wie Server oder Cloud-Plattformen, zu erheblichem Ressourcenverbrauch sowie Energie- und Wasserbedarf. Blockchain-basierte DPP-Systeme, die zwar Transparenz und Datenunveränderlichkeit bieten, wurden aber für ihre hohe Energieintensität kritisiert. Selbst cloudbasierte oder hybride Ansätze beinhalten kontinuierliche Datenübertragung, Speicherung und Sicherheitsoperationen, die zur Umweltbelastung digitaler Lieferketten beitragen.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Der DPP in der Möbelbranche muss den EU-Vorschriften wie **Ökodesign für nachhaltige Produkte (Ecodesign for Sustainable Products Regulation, ESPR)**, die **REACH-Verordnung (einschließlich Formaldehydbeschränkungen)**, die **Allgemeine Produktsicherheitsverordnung (General Product Safety Regulation, GPSR)**, die **EU-Abholzungsverordnung (Deforestation Regulation, EUDR)** und die **Umweltorientierte öffentliche Beschaffung (Green Public Procurement, GPP)** entsprechen.

Je nach Produkttyp kann eine **Die CE-Kennzeichnung** erforderlich sein. Freiwillige Programme wie **FSC, PEFC, EU Ecolabel** und **EPDs** unterstützen Transparenz und sind wertvoll, wenn sie in den DPP hinsichtlich Nachhaltigkeit und Compliance-Kommunikation integriert werden.

Verweise auf EU-Verordnungen:

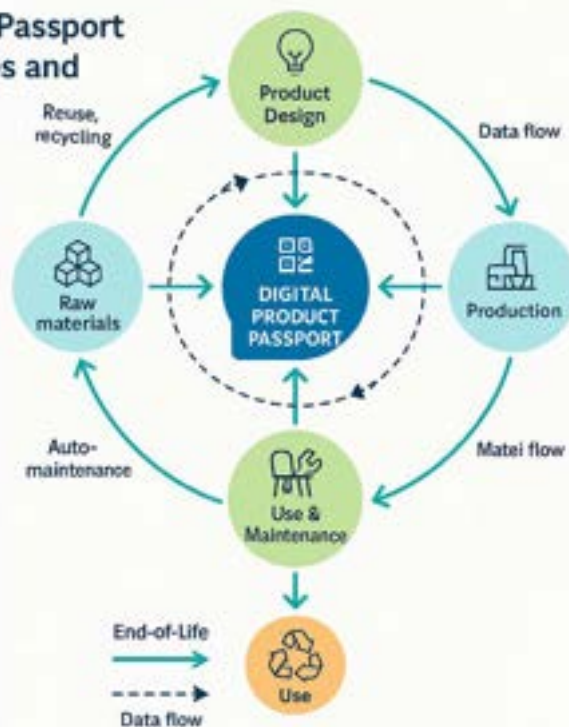
- Ökodesign für nachhaltige Produkte (ESPR): ➞
- REACH-Verordnung (einschließlich Formaldehydbeschränkungen): ➞
- Allgemeine Produktsicherheitsverordnung (GPSR): ➞
- EU-Abholzungsverordnung (EUDR): ➞
- Umweltorientierte öffentliche Beschaffungskriterien (GPP): ➞

How the Digital Product Passport supports traceability and innovation in furniture sector



6

How the Digital Product Passport connects lifecycle phases and supports circularity



7

Produktrückverfolgbarkeit in der Möbelbranche durch den Digital Product Passport (DPP)



Lösungen



Blockchain

EZ Lab

Italien ↔

EZ Lab entwickelte die Made in Block-Plattform, um digitale Produktpässe für Möbelprodukte zu erstellen. und Dabei wurde Blockchain-Technologie eingesetzt, um die Rückverfolgbarkeit und Unveränderlichkeit von Daten entlang der gesamten Produktionskette sicherzustellen. Das Scannen eines QR-Codes auf dem Produkt bietet Zugang zu Informationen über Produktion, Herkunft der Rohstoffe und Nachhaltigkeitszertifikate, was Transparenz gewährleistet und die Vorbereitung für die zukünftige Einhaltung der ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation) unterstützt.



QR code

ScanTrust

Schweiz ↔

ScanTrust bietet eine QR-CODE-basierte Lösung zur Unterstützung der Implementierung des Digital Product Passport (DPP) an. Die Plattform ermöglicht es Herstellern, jedes Produkt mit einem dynamischen, sicheren und nachverfolgbaren QR-CODE zu verknüpfen, der mit einem digitalen Profil verbunden ist, das detaillierte Informationen zu Materialherkunft, Nachhaltigkeit, Produktionsprozess, Nutzungsanweisungen, Reparatur, Wiederverwendung und Recycling enthält.



NFC (Near Field Communication)

Smartrac (Avery Dennison)

Niederlande ↔

Smartrac, Teil der Avery Dennison-Gruppe, bietet NFC-Lösungen (Near Field Communication) an, um Produkte zu verfolgen und die Interaktion mit Verbraucher:innen zu verbessern. Ihre NFC-Technologie wird verwendet, um personalisierte Erlebnisse zu schaffen und detaillierte Produktinformationen wie deren Herkunft, Authentizität und Nachhaltigkeitsdaten bereitzustellen. NFC-Tags ermöglichen es Verbraucher:innen, einfach über Smartphones mit Produkten zu interagieren und auf exklusive Inhalte oder zusätzliche Informationen zuzugreifen, indem sie ihr Gerät einfach in die Nähe des Produkts halten.



Cloudbasierte Plattform

WOOD.BE

Belgien ↔

WOOD.BE entwickelt in Zusammenarbeit mit TripleR.io FurniPASS, einen digitalen Produktpass, der speziell auf die Möbelbranche zugeschnitten ist. Als Teil der belgischen „BBBC 2023“-Initiative zielt das Projekt darauf ab, einen funktionierenden Prototyp zu schaffen, der den zukünftigen ESPR-Anforderungen entspricht. FurniPASS richtet sich an Stakeholder:innen entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Hersteller, Recycler, Verbraucher:innen und Institutionen) und umfasst Aktivitäten wie Lieferkettenkartierung, Ökodesignrichtlinien und Tests in einer Demo-Umgebung. Das Projekt läuft von 2024 bis Mitte 2026 ↔



Digital Twin

HARTING

Deutschland ↔

Immer mehr Lebensbereiche werden elektrifiziert, und Branchen werden intelligent miteinander verbunden. Um echte Klimaneutralität zu erreichen, müssen Unternehmen auch die ihre Produktkomponenten kritisch prüfen. Hier kommt HARTING ins Spiel: Der Digital Twin ist der Schlüssel zur Bestimmung der Nachhaltigkeitsinformationen eines Produkts im Kontext der Digitalisierung. Der DPP versorgt den Digital Twin mit umfassenden Daten zu jeder Produktkomponente und macht ihn nachverfolgbar.



Beispiele



Tonin Casa

Italien



Tonin Casa, eine italienische Möbelmarke mit über 45 Jahren Erfahrung, hat einen Digital Product Passport eingeführt, der mit Blockchain-Technologie integriert ist, um die Transparenz und Rückverfolgbarkeit zu verbessern. Diese Initiative unterstützt das Engagement des Unternehmens für authentische italienische Handwerkskunst und bereitet es auf zukünftige EU-Nachhaltigkeitsvorschriften vor. Während der Salone del Mobile präsentierten Produkte wie der Lisa-Stuhl ihren gesamten Produktionsprozess über QR-Codes, sodass Nutzer:innen detaillierte Informationen zu Materialien, Sicherheit und Herkunft erhalten konnten.



System 180 GmbH

Deutschland



System 180 ist ein deutsches Unternehmen, das Möbel für zeitgenössische Arbeits- und Wohnräume entwirft und herstellt. Im Rahmen des nun abgeschlossenen Projekts „KI-gestützte Objekterkennung zur Steigerung der Ressourceneffizienz“ trug das Unternehmen zur Entwicklung eines Kreislaufwirtschaftsmodells bei, indem es die Ressourceneffizienz in der Möbelproduktion verbesserte. Das Projekt konzentrierte sich auf die Implementierung von Computer-Vision-Technologien zur Erkennung und Klassifizierung von Möbelkomponenten und deren Zustand. Ein zentrales Ergebnis war die Integration dieser objektbezogenen Daten in den Digital Product Passport (DPP), wodurch eine genauere Rückverfolgbarkeit, ein verbessertes Wiederverwendungspotenzial und eine verbesserte datengetriebene Entscheidungsfindung über den gesamten Produktlebenszyklus ermöglicht wurden.



NORNORM

Dänemark



NORNORM ist der technologiegetriebene Kreislaufmöbel-Mietservice, der Ressourcenverschwendung minimiert und anpassungsfähige Lösungen für die sich wandelnden Anforderungen von Arbeitsplätzen bietet. Der Circular Passport von NORNORM verwendet QR-Codes auf jedem Möbelstück und gewährt den Nutzer:innen Zugang zu Produktspezifikationen, Daten zum CO₂-Fußabdruck und der Nutzungshistorie des Pro-

dukts sowie zur Meldung von Problemen. Dieses Tool verbessert den Kundenservice durch die Möglichkeit, Probleme zu melden, und unterstützt das Engagement des Unternehmens für Zirkularität durch transparente Lebenszyklusverfolgung. ⇄



AkzoNobel Schutzbeschichtungen

Niederlande



AkzoNobel Protective Coatings hat eine sichere Rückverfolgungslösung eingeführt, um Fälschungen zu bekämpfen und die digitale Kommunikation mit den Kund:innen zu verbessern. Jeder Farbbehälter verfügt über einen einzigartigen, sicheren QR-Code, der eine sofortige Überprüfung der Produktauthenzität per Smartphone ermöglicht. Nach dem Scannen werden die Nutzer:innen in einen dedizierten digitalen Bereich geleitet, in dem sie auf regionsspezifische Produktdatenblätter, Sicherheitsdokumente und Anwendungsanweisungen zugreifen können. Ein zentrales Dashboard verfolgt Interaktionen in Echtzeit und bietet Einblicke in das Kundenverhalten und die Präferenzen. Durch die Umstellung von papierbasierter zu digitaler Dokumentation verbessert das System nicht nur die Transparenz und Nutzererfahrung, sondern reduziert auch die Umweltbelastung und unterstützt die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften.



R-evolve EU-Projekt

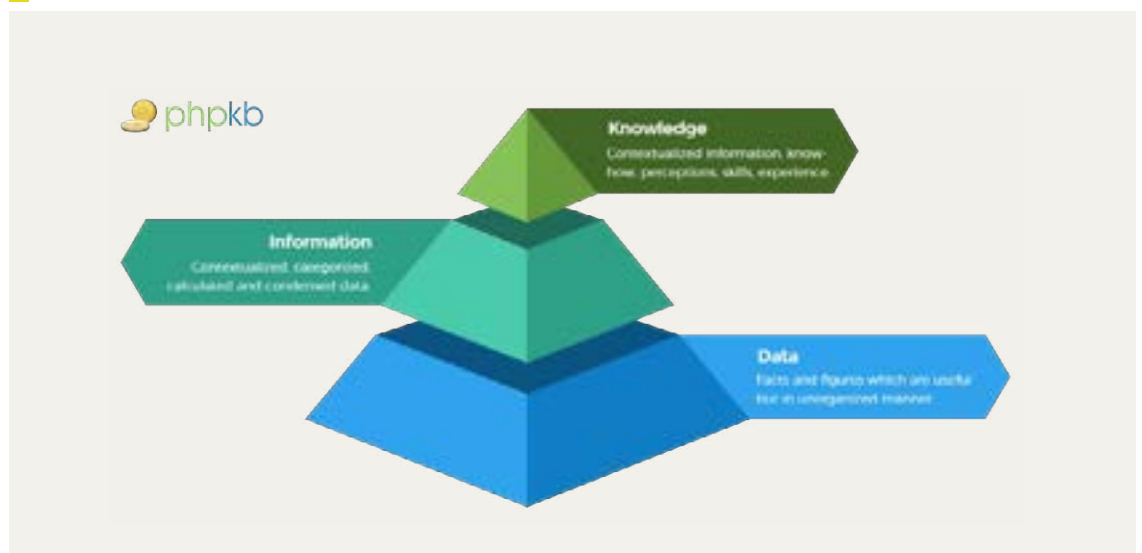
Italien



R-evolve ist ein von der EU finanziertes Horizon-Projekt, das darauf abzielt, den Übergang zur Kreislaufwirtschaft in der europäischen Möbelbranche zu beschleunigen. Die Initiative zielt darauf ab, zirkuläre Geschäftsmodelle, nachhaltiges Design, die Verwendung biobasierter oder recycelter Materialien sowie digitale Tools wie den Digital Product Passport (DPP) zu integrieren. „R-evolve“ bindet die gesamte Möbellieferkette einschließlich privater, geschäftlicher und öffentlicher Verbraucher ein, und führt neun Pilotprojekte mit Herstellern, Einzelhändlern und Dienstleistern in ganz Europa durch, um die vorgeschlagenen Innovationen zu testen. Um eine nachhaltige Wirkung zu erzielen, plant „R-evolve“ die Entwicklung praktischer Leitlinien, Schulungsmaterialien und eine Community of Practice, um den Wissensaustausch und den Austausch bewährter Praktiken zum zirkulären Übergang zwischen den verschiedenen Beteiligten in der Lieferkette zu erleichtern. Dies wird von FederlegnoArredo koordiniert.



1



Implementierungsschwierigkeiten: **Niedrig-Mittel**

Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel-hoch**

Anwendung von Data Science in der Möbelherstellung



Beschreibung

Data Science bezeichnet die Analyse von Daten, um Wissen zu extrahieren, das Unternehmen für datenbasierte Entscheidungen nutzen können. Heutzutage erzeugen Unternehmen in jeder Phase des Prozesses große Datenmengen: von den frühen Phasen des Produktdesigns über die Fertigung bis hin zu jeder Interaktion mit Kund:innen und Lieferanten. Die Analyse dieser Daten kann Unternehmen helfen, Einblicke in ihre Prozesse zu gewinnen, ihre Leistung zu verbessern, fundierte Geschäftsentscheidungen zu treffen und Innovationen voranzutreiben.

1 Wissensgewinnung aus Daten ↔

Einige der von Unternehmen in der Möbelbranche erzeugten Daten umfassen: Lieferkettendaten, Produktdesign und Materialien, Produktionskosten, Umsatz- und Kundendaten. Darüber hinaus können IoT-Technologien zusätzliche Echtzeitinformationen wie Umweltinformationen (Temperatur, Lärmniveau, Verschmutzung oder Luftqualität) oder Überwachung des Herstellungsprozesses (Energie- oder Wasserverbrauch, Maschinennutzung und -status, Erkennung von Fehlern und Fehlern sowie Effizienzkenzahlen) erfassen.

2 Cloudbasierte Fertigungssystemarchitektur

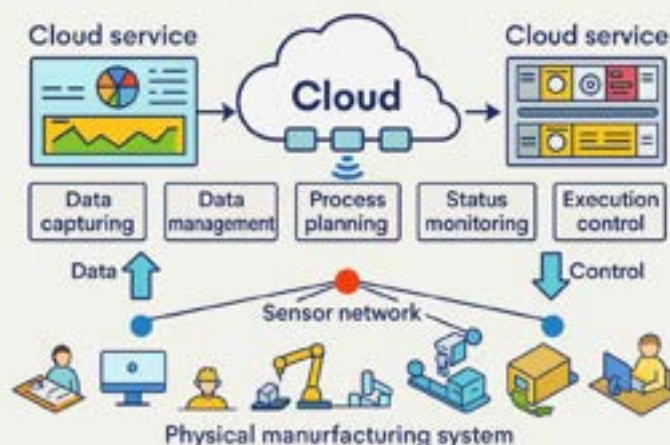
Durch geeignete Analyseverfahren können aussagekräftige Informationen aus den Daten extrahiert werden. Es muss beachtet werden, dass es unabhängig von der

Art der verwendeten Analyse wichtig ist, die Qualität der Eingabedaten sicherzustellen, die folgende Eigenschaften erfüllen müssen: Genauigkeit (wie korrekt oder fehlerfrei die Daten sind), Vollständigkeit (Menge der korrekten oder vollständigen Daten), Zuverlässigkeit (Konsistenz der Daten mit anderen vertrauenswürdigen Quellen), Relevanz (ob die Daten nützlich und für die Aufgabe geeignet sind) und Aktualität (ob die Daten aktuell sind).

Sobald die Datenqualität gewährleistet ist, kann deren Analyse die Entscheidungen der Unternehmen in vielen verschiedenen Bereichen unterstützen. Je nach gewünschtem Ergebnis können unterschiedliche Analyseverfahren erforderlich sein. Diese Verfahren können statistische Analysen, Datenverarbeitung, Datenvisualisierung oder Algorithmen für künstliche Intelligenz umfassen.

3 Der konzeptionelle Rahmen für die intelligente Möbelfertigung basierend auf Big-Data-gesteuerter Technologie (Quelle: Autor)

Die Möbelherstellungsbranche kann von der Datenverarbeitung über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg profitieren: von der Entwicklung neuer Produkte, die auf die Trends und Bedürfnisse der Kunden abgestimmt sind, über die Messung der Effektivität von Kampagnen und das bessere Verständnis des Kundenverhaltens und der Kundenpräferenzen für effektivere Strategien zur Kundenbindung und -gewinnung; von der Prognose von Angebot und Nachfrage, die eine kundenorientierte Produktionsplanung ermöglicht und die Logistik und



Anwendung von Data Science in der Möbelherstellung

den Transport der Produkte optimiert; der Sicherstellung der Produktqualität durch Echtzeitüberwachung des Fertigungsprozesses; der Anwendung von Fehlererkennungsalgorithmen zur Vorhersage von Maschinenausfällen und zur Vermeidung von Ausfällen, was zu vorausschauender Wartung führt; oder der Reduzierung des Energieverbrauchs durch Energiemanagementalgorithmen, Umplanungs- und Optimierungsprozessen. Über die Optimierung von Abläufen und Produktdesign hinaus können Daten auch genutzt werden, um die Personalentwicklung durch **datengestützte Schulungen** zu verbessern. Dieser Ansatz stellt eine weitere strategische Anwendung von Data Science innerhalb von Unternehmen dar. Durch die Analyse von Arbeitskräfte-Leistungskennzahlen, Arbeitsanalysedaten, finanziellen Einschränkungen und Stakeholder-Input können Unternehmen zielgerichtete, effiziente und auf die Geschäftsziele abgestimmte Schulungsprogramme entwickeln. Datengestützte Schulungen ermöglicht es den menschlichen Entwicklungsteams, Kompetenzlücken zu identifizieren, den Fortschritt in Echtzeit zu überwachen und die Wirksamkeit von Schulungsmaßnahmen zu bewerten. Es geht nicht nur um bessere Inhalte, sondern um klügere, evidenzbasierte Entscheidungen, die Lernergebnisse direkt mit der Geschäftsleistung verknüpfen.



Anwendung

Wie bereits erwähnt, gibt es viele Möglichkeiten, wie Datenverarbeitungstechnologien in der Möbelbranche angewendet werden können. Die verfügbaren Datenquellen können durch verschiedene Techniken kombiniert und genutzt werden und den Unternehmen in verschiedenen Bereichen Verbesserungen bieten. Zu diesen Entwicklungen gehören:

- Anwendungen, die darauf abzielen, **die operative Effizienz des Fertigungsprozesses** durch IoT-basiertes Monitoring, Datenanalysen und Automatisierungen zu optimieren. Diese Technologien können zur kontinuierlichen und detaillierten Überwachung von Produktionsprozessen, Erkennung von anomalen Verhaltensweisen, Verbesserung der industriellen Cybersicherheit und Entwicklung vorausschauender Wartungsstrategien eingesetzt werden, um Ausfallzeiten zu minimieren, Produktivität und Qualität zu steigern sowie Wartungskosten und Abfall zu reduzieren.
- 4 **Wartungsarten** (Quelle: )
- Anwendungen zur Optimierung der **Fertigungs- und Distributionslieferkette**. Die Verkaufsprognose ist entscheidend, um die Nachfrage von Endkunden und Gewerbekunden vorherzusehen. Datenanalysen können meistverkaufte Produkte, Markttrends und Kundenverhalten identifizieren, um diese zukünftige Nachfrage vorherzusagen. Außerdem können die Informationen aus ERP-Systemen und Vertriebsrichtlinien analysiert werden, um Kundentrends zu identifizieren. Damit diese Prognosen genau sind, erfordern sie die Zusammenarbeit zwischen Vertriebs-, Marketing-, Betriebs- und Logistikteams. Sobald die Prognosen vorliegen, können

3



sie zur Optimierung der Lagerbestände – um sowohl Engpässe als auch Lagerüberschüsse zu vermeiden – und zur Minimierung der Herstellungskosten eingesetzt werden. In Kombination mit vorausschauender Wartung der Geräte und Qualitätskontrollanwendungen können potenzielle Probleme identifiziert werden, um **Verzögerungen zu vermeiden**. In ähnlicher Weise können sie in Kombination mit Routenoptimierungsalgorithmen die **Logistik und Lieferung** optimieren und Transport- und Vertriebskosten minimieren.

5 Lieferkettenplanung durch vorausschauende Analysen

- Anwendungen im Bereich **Nachhaltigkeit und Abfallreduzierung**, die Datenverarbeitung beinhalten, um automatisch die Umweltauswirkungen der verschiedenen Lebensphasen der Produkte oder den CO₂-Fußabdruck der Produkte zu bewerten. Sie können sich auch auf eine Analyse der Abfallerzeugungsmuster beziehen, um Möglichkeiten zur Abfallreduzierung und zur Steigerung des Recyclings zu identifizieren.
- Anwendungen im Bereich **Qualitätskontrolle und Inspektion**, basierend auf Bild- und Sensordaten, die mittels maschinellem Lernen (ML) verarbeitet werden. Diese Technologien können dabei helfen, Unregelmäßigkeiten und Mängel in Produkten automatisch zu erkennen und so die Produktqualität vor dem Vertrieb sicherzustellen.

6 Schematische Darstellung des Fehlererkennungssystems

- Anwendungen im Zusammenhang mit dem **Design und Prototyping von Produkten**. **Generative Design-Algorithmen** können Designer:innen bei der Generierung mehrerer Optionen auf Grundlage von Anweisungen und Regeln unterstützen, die von Designer:innen festgelegt wurden, und bieten so neue Modellierungssansätze. Die Technologien ermöglichen es außerdem, neue Designs auf der Grundlage früherer Designs der

Natur, mithilfe komplexer Formen oder der Modellierung maßgeschneiderter Produkte zu entwickeln. Sie können eine breite Palette von Ergebnissen liefern und ermöglichen so die Änderung von Parametern wie Materialien, Abmessungen oder Funktion.

- Anwendung zur **Verbesserung des Marketings und Kundenerlebnisses**. Datenanalysen können auf Kundenprofile angewendet werden, um personalisierte Produktempfehlungen zu erstellen, Marketingkampagnen individuell anzupassen und den Kundenservice allgemein zu verbessern. Natürliche Sprachverarbeitung (NLP) und Chatbot-Technologien bieten die Möglichkeit, rund um die Uhr Kundensupport anzubieten.

4





Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Niedrig/Mittel

Angesichts der Vielzahl von Datenverarbeitungslösungen in der Fertigung ist es schwer, deren Implementierungsaufwand einzuschätzen. Insgesamt gibt es stabile Technologien, die gute Lösungen bieten, um verschiedene Prozessaspekte mit geringem Aufwand zu verbessern. Wenn die Lösung Algorithmen mit künstlicher Intelligenz umfasst, besteht eine der Hauptschwierigkeiten darin, dem System genügend genaue Daten zum Training der Algorithmen bereitzustellen.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel-hoch

Die Kosten für die Bereitstellung der Lösung hängen von Softwarelizenzen, Entwicklungs- oder Anpassungskosten und insbesondere von den unterschiedlichen Hardwareanforderungen ab (die von kostengünstigen IoT-Geräten bis hin zu Robotik oder automatisierten Maschinen reichen können). In jedem Fall muss eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt werden, um die erzielten wirtschaftlichen Vorteile und Kostensenkungen (durch Optimierung der Wartung, Bestandsminimierung usw.) zu bewerten und die Kapitalrendite der Implementierung zu berechnen.

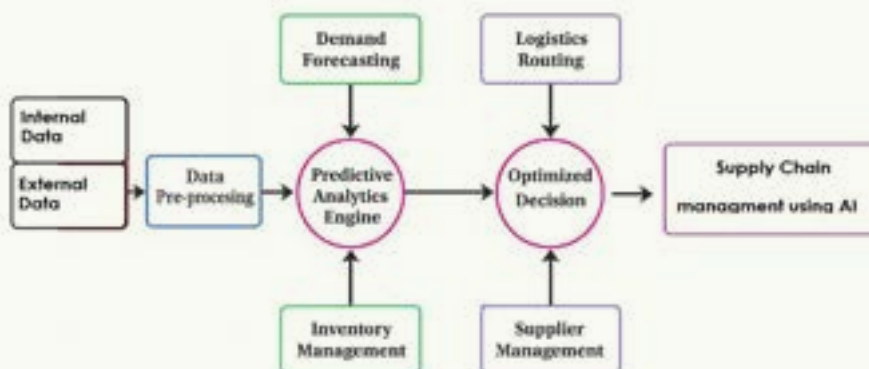
■ Menschliche Faktoren

Datenverarbeitungstechnologien können bei den Beschäftigten bestimmte Bedenken hervorrufen, wie etwa Angst um ihren Arbeitsplatz und Fragen im Zusammenhang mit dem Datenschutz. Die Arbeitskräfte könnten befürchten, dass diese neuen Technologien wie Automatisierung oder künstliche Intelligenz ihre Arbeitsplätze gefährden könnten. Diese Technologi-

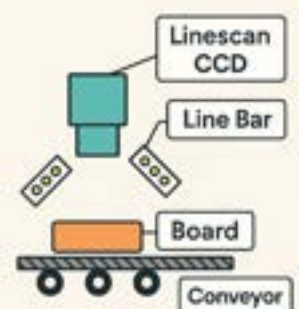
en können jedoch auch neue Arbeitsplätze schaffen, wie zum Beispiel die Bedienung und Wartung neuer Maschinen oder das Verständnis und die Nutzung von Datenanalysen. Um einen reibungslosen Übergang zu ermöglichen, ist es entscheidend, proaktiv zu kommunizieren, dass diese Tools darauf ausgelegt sind, menschliches Fachwissen zu unterstützen – nicht zu ersetzen. Schulungsprogramme können den Arbeitskräften helfen, sich an neue Möglichkeiten anzupassen und Arbeitsplatzverluste zu minimieren.

Im Hinblick auf den Datenschutz beinhaltet die Nutzung von Datenanalysen das Erheben und Verarbeiten großer Datenmengen, die personenbezogene Daten der Arbeitskräfte umfassen können. Es ist von entscheidender Bedeutung sicherzustellen, dass die erhobenen Informationen ethisch korrekt und in Übereinstimmung mit den Datenschutzbestimmungen behandelt werden. Ein klares Verständnis darüber, welche Informationen erhoben, wie sie verwendet werden und welchem Zweck diese Analyse dient, wird der Akzeptanz dieser Lösungen ebenfalls zugutekommen. Transparenz, informierte Einwilligung und die Einhaltung der DSGVO sind wesentliche Säulen einer ethischer Datenverwaltung. Gleichzeitig können Datenverarbeitungstechnologien auch die Arbeitsbedingungen verbessern, indem sie deren Sicherheit durch die Vorhersage potenzieller Gefahren erhöhen und durch die Überwachung der Anlagen Unfälle verhindern. Sie können außerdem die Ergonomie verbessern und körperliche Belastung verringern, indem sie risikoreiche oder sich wiederholende Aufgaben automatisieren oder optimieren. Zusammenfassend hängt die erfolgreiche Implementierung von Datenverarbeitungstechnologien nicht nur von technischer Implementierung, sondern auch vom Aufbau digitaler Sicherheit, dem Schutz der Arbeitnehmerrechte und der Verankerung von menschenzentriertem Design in Systemen und Arbeitsabläufen ab.

5



6



■ Umweltfaktoren

Es gibt mehrere Umweltfaktoren, die die Einführung von Datenverarbeitungstechnologien in dieser Branche unterstützen.

Zum Beispiel können diese Technologien die Effizienz der verbrauchten Ressourcen verbessern. Datenverarbeitungstechnologien verfügen über die Kapazität, den Materialverbrauch zu optimieren, Abfall zu reduzieren und den CO₂-Fußabdruck von Fertigungsprozessen zu minimieren. Die Analyse der Produktionsdaten ermöglicht die Identifizierung von Bereichen, in denen Ressourcen effizienter genutzt werden können. Darüber hinaus ermöglicht die Überwachung von Maschinen und Produktionsanlagen eine bessere Steuerung des Energieverbrauchs, erhöht deren Effizienz und reduziert Treibhausgasemissionen.

Diese Technologien unterstützen auch die Umsetzung von Ökodesign, indem sie die Auswirkungen der verschiedenen Prozesse über den gesamten Lebenszyklus von Produkten und Materialien hinweg bewerten, sowie Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, indem sie diese entlang der gesamten Lieferkette verfolgen und deren Recycling- und Upcyclingprozesse erleichtern. Eine effizienter Umgang mit Abfall ist durch die Identifizierung der Quellen und Arten der erzeugten Abfälle ebenfalls möglich, um die Recycling- und Entsorgungsmaßnahmen zu optimieren.

Schließlich können Datenverarbeitungstechnologien Hersteller bei der Einhaltung von Umweltvorschriften unterstützen, indem sie Berichte zu verschiedenen Umweltkennzahlen und -indikatoren vereinfachen und automatisch erstellen sowie die Umweltzertifizierungsprozesse und die Einhaltung von Branchennormen unterstützen.

Das Herzstück der Datenverarbeitung bildet jedoch eine physische Infrastruktur aus Servern, Speichermedien, Netzwerkgeräten und Kühlsystemen, die meist in zentralen oder Edge-Rechenzentren untergebracht sind. Diese Anlagen benötigen erheblichen Mengen an Strom und Wasser für ihren Betrieb, nicht nur zur Strom-






versorgung der Rechenprozesse, sondern auch zur Aufrechterhaltung der Kühlung und zur Gewährleistung von Redundanz. Die Hardware-Herstellungsphase ist zudem mit erheblichen Umweltkosten verbunden, die durch den Abbau und die Aufbereitung der verwendeten Materialien (Metalle, Seltene Erden usw.) und Komponenten (Elektronik usw.) entstehen. Darüber hinaus verschärfen schnelle Veraltungszyklen von IT-Hardware (oft 3–5 Jahre) die Erzeugung von Elektroschrott, von dem ein Großteil aufgrund seiner Komplexität nicht ordnungsgemäß recycelt wird.

Eine der energieintensivsten Anwendungen der Datenverarbeitung ist die KI und maschinelles Lernen, aber ein zunehmend wichtiger Bereich ist die Datenspeicherung und Redundanz. Diese gespeicherten, aber ungenutzten Informationen tragen zur Serverlast und zum Energieverbrauch bei, ohne einen Mehrwert zu schaffen.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Es gibt mehrere Vorschriften und Zertifizierungen für die Möbelherstellung, die mit Datenverarbeitungstechnologien verknüpft werden können. Zum Beispiel:

- Sie können Herstellern helfen, Umweltzertifikate und -vorschriften wie die EU-Verordnung für nachhaltige Produkte (ESPR ) einzuhalten und digitale Produktpässe (DPP) zu erstellen.
- Die Datenschutzverordnung (DSGVO ) muss bei der Verwaltung von Kunden- oder Arbeitskräftedaten berücksichtigt werden.
- Cybersicherheitsnormen helfen dabei, die Datenintegrität zu wahren und Sicherheitsverletzungen zu verhindern. (ISA/IEC 62443 Normenreihe - ISA ) (NIS2-Richtlinie: Neue Regeln zur Cybersicherheit von Netzwerk- und Informationssystemen | Die digitale Zukunft  Europas gestalten) (Cyber Resilience Act | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas )



Lösungen



Vorausschauende Wartung von Industriemaschinen

DRIBIA

Spanien ↔

Maschinelles Lernen basiert auf der Erkennung von Anomalien im Maschinenverhalten mit dem Ziel, die Produktivität zu steigern, Abfall zu reduzieren, die Produktqualität zu verbessern sowie Zeit und Kosten für Reparaturen, Wartung, Unterbrechungen und Maschinenstillstände zu senken. Das System kann Bedingungen erkennen, die nicht optimal sind oder zu Maschinenstillständen führen können.



Datengestützte Schulungen für personalisiertes Lernen

Rapl

Vereinigte Staaten ↔

Rapl ist eine datengetriebene Schulungsplattform, die darauf ausgelegt ist, die Personalentwicklung durch personalisiertes, leistungsorientiertes Lernen zu beschleunigen. Durch den Einsatz von Algorithmen und Analysen erkennt es Kompetenzlücken und liefert gezielte Inhalte, die auf individuelle Bedürfnisse zugeschnitten sind. L&D-Manager erhalten Echtzeit-Einblicke in den Lernfortschritt, was präzise und wirkungsvolle Interventionen ermöglicht. Rapl verwandelt Unternehmensschulungen von passiven Präsentationen in dynamische, messbare Lernerfahrungen. Das Ergebnis: schnellerer Kompetenzerwerb, verbesserte Leistung und ein zukunftsfähiges Team.



Lagerverwaltungssystem

TESY-Software

Italien ↔

TLog ist eine WMS-Software, die alle grundlegenden Elemente in der Lagerumgebung steuert. Sie überwacht die Annahme, Verladung und die Lieferung von Produkten, verbessert die Lagermanagementleistung durch intelligente Produkt- und Standortkennzeichnung, verwaltet Prioritäten, beschleunigt Prozesse und maximiert die Effizienz der Bediener:innen durch Anleitungen bei der Materialabholung.



Lieferkettenoptimierung

AIMMS

Die Niederlande ↔

Die Anwendung SC Navigator für die Gestaltung von Liefernetzwerken ermöglicht die Visualisierung der aktuellen Lieferkette, die Optimierung von Warenflüssen und die Simulation von Szenarien unter Berücksichtigung von Nachfrageänderungen, Störungen an Standorten und Transportarten. Das Tool zielt darauf ab, Kosten, Servicequalität und CO₂-Fußabdruck zu optimieren.



On-Demand-Fertigung und Lieferkettenautomatisierung

Lectra

Frankreich ↔

Lectra bietet Furniture On Demand, eine komplette Lösung zur Automatisierung von Produktions- und Lieferkettenprozessen in der Möbelbranche. Sie verbindet Schnittraumkomponenten, automatisiert Arbeitsabläufe und ermöglicht datenbasierte Entscheidungsfindung, um Effizienz und Wachstum zu steigern. Die Plattform unterstützt Individualisierung und Nachhaltigkeit, indem sie den Materialverbrauch optimiert und flexible On-Demand-Fertigung ermöglicht.



Echtzeit-Datenvorverarbeitung und Vernetzung

Node-RED / Flowfuse

Vereinigte Staaten ↔

Node-RED / Flowfuse adressiert wichtige industrielle IoT-Herausforderungen durch die Bereitstellung einer visuellen, flussbasierten Umgebung, die die Integration, Verwaltung und Automatisierung vernetzter Geräte vereinfacht. Es ermöglicht die nahtlose Datenerfassung von verschiedenen Sensoren, Echtzeitanalysen am Edge, Protokollübersetzung und sichere Cloud-Konnektivität – was die schnelle Entwicklung skalierbarer und wartungsfreundlicher Lösungen ermöglicht.



Beispiele

**SIMON**

Spanien



GOIA ist ein maßgeschneidertes Tool zur Vorhersage der Kundennachfrage. Es kombiniert die Vorhersagen mit KI und verwendet „Analyst in the Loop“-Tools, um die Erfahrung und die Urteilsfähigkeit der Bediener:innen zu berücksichtigen. Dies verbessert die Qualität und das Vertrauen in die Ergebnisse sowie die Fähigkeit, sich an unerwartete Probleme anzupassen.

**Blum**

Österreich



Blum produziert Scharnier-, Hube- und Laufschiensysteme sowie passende Montagewerkzeuge für die Schrank- und Möbelherstellung. Craftsman entwickelte eine Big-Data-Infrastruktur für vielfältige Anwendungsfälle in den Bereichen vorausschauende Analysen und Qualitätssicherung, um bessere, datengetriebene Entscheidungsprozesse, Produktionsplanung und relevante Erkenntnisse für die Lieferkette zu gewährleisten.

**ABI Mouldings**

Kanada



Die Bestandsverwaltungslösung von MRPeasy half ABI Mouldings, einen Produktionsanstieg von etwa 75 % über einen Zeitraum von etwa zwei Jahren zu bewältigen. Die App erwies sich als entscheidende Hilfe im Bereich Lieferketten-, Bestell- und Lagermanagement und bei der vorausschauenden Produktionsplanung.

**IKEA**

Schweden



IKEA Kreativ nutzt KI und räumliches Computing, um Nutzerfotos in bearbeitbare 3D-Raummodelle umzuwandeln. Sie ermöglicht eine personalisierte Produktvisualisierung, unterstützt generatives Design für die Innenraumplanung und verbessert das Kundenerlebnis sowie die Marketingeffektivität, reduziert Abfall durch physisches Prototyping und orientiert sich an den digitalen Anpassungstrends.

**Unilin (+ Robovision)**

Belgien



Die Unilin Group nutzt KI-gestützte Bildverarbeitungssysteme, um subtile Defekte in Laminatplatten mit hoher Geschwindigkeit (100/min) zu erkennen, die Qualitätskontrolle zu automatisieren, die Ausbeute zu erhöhen und die Effizienz zu verbessern. Deep-Learning-Modelle verbessern sich kontinuierlich, indem sie aus neuen Fehler- und Musterdaten lernen, sind leicht umtrainierbar und unterstützen skalierbare Implementierungen über verschiedene Produkte und Linien hinweg.

**Amcor**

Schweiz



Amcor, ein weltweit führender Anbieter bei der Entwicklung und Produktion von verantwortungsvollen Verpackungen, erfasste bereits viele Daten aus seinen 23 Standorten mit einem herkömmlichen SCADA-System. Aber ein Mangel an Transparenz, Standardisierung und Automatisierung führte dazu, dass das Unternehmen nicht genug Nutzen aus diesen Daten zog. Um eine bessere Linienleistung zu erzielen, entwickelte Amcor eine Suite für Fertigungsausführungssysteme am Edge unter Verwendung der AVEVA System-Plattform, die es den Teams ermöglicht, Produktionsdaten konsistent zu messen und zu verfolgen. Es ist ein großartiges Beispiel dafür, wie gesammelte Daten besser genutzt werden können, indem sie in sinnvolle Erkenntnisse umwandelt werden.



Implementierungsschwierigkeiten: **Niedrig/Mittel**Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel-hoch**

Interoperabilität zwischen Mensch und Maschine





Beschreibung

Die Digitalisierung der Fertigungsindustrie umfasst Technologien wie das Internet der Dinge (IoT), Künstliche Intelligenz (KI) und Big Data. Um die Möglichkeiten dieser Technologien voll auszuschöpfen, müssen Unternehmen agile und benutzerfreundliche Oberflächen implementieren.

1 *Touchscreens für die Fertigung. Hersteller: Leif Juergensen | Bildnachweis: Leif Juergensen Urheberrecht: Leif Juergensen.*

Die Einführung dieser Digitalisierung bringt mehrere Herausforderungen mit sich:

- **Konnektivität:** Die Umgebung produziert heterogene Datenquellen, darunter Geräte, Maschinen oder Altsysteme, was dazu führt, dass verschiedene Protokolle und Formate kombiniert werden müssen, um Interoperabilität zu ermöglichen. Um dieser Herausforderung zu begegnen, spielen Interoperabilitätsnormen und unterstützende Technologien wie OPC UA (Unified Architecture), MQTT, LwM2M und REST-APIs eine entscheidende Rolle.
- **Kosten:** Die digitale Transformation erfordert erhebliche Anfangsinvestitionen in Technologien, Softwarelizenzen, Infrastruktur, Entwicklungen und spezialisierte Fachkräfte.
- **Skalierbarkeit:** Digitale Systeme müssen in der Lage sein, mit wachsenden Anforderungen – hinsichtlich Anforderungen, Daten oder Verarbeitungslasten – umzugehen.
- **Interaktion mit Menschen:** HMIs und Visualisierungstechnologien sind für die digitale Transformation von Unternehmen von grundlegender Bedeutung und dienen als Verbindungspunkt zwischen Nutzer:innen und Technologien. Die Zuverlässigkeit dieser HMIs sollte gewährleistet werden (durch Redundanz, Sicherheitsmechanismen, UI/UX-Designprinzipien), um konsistente und fehlerfreie Interaktionen in kritischen Arbeitsabläufen zu ermöglichen.
- **Cybersicherheit:** Da Systeme zunehmend miteinander vernetzt werden, sind sie anfälliger für Datenlecks, unbefugten Zugriff oder Systemausfälle. Cybersicherheitsnormen (als ISA/IEC 62443 (ISA/IEC 62443 Normenreihe - ISA )), die NIS2-Richtlinie (NIS2-Richtlinie: Neue Regeln zur Cybersicherheit von Netzwerk- und Informationssystemen | Die digitale Zukunft Europas gestalten ) oder der Cyber Resilience Act (Cyber Resilience Act | Gestaltung der digitalen

Zukunft Europas ) ermöglichen es, diese Risiken zu mindern und sowohl Daten als auch Systeme zu sichern. In diesem letzten Aspekt verfolgt Industrie 5.0, das auf Digitalisierungstechnologien basiert, einen stärker menschenzentrierten Ansatz mit drei grundlegenden Säulen: Sicherheit, Zuverlässigkeit und menschenzentriertes Design. Ziel ist es, die intelligente Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine zu fördern, indem menschliche Intelligenz und Kreativität mit effizienten, intelligenten und präzisen Maschinen kombiniert werden.

2 Die Säulen von Industrie 5.0

Laut der Europäischen Union bietet Industrie 5.0 „eine Vision der Industrie, die über Effizienz und Produktivität als alleinige Ziele hinausgeht und die Rolle sowie den Beitrag der Industrie zur Gesellschaft stärkt“. Es stellt außerdem „das Wohlbefinden der Arbeitskräfte in den Mittelpunkt des Produktionsprozesses und nutzt neue Technologien, um Wohlstand jenseits von Arbeitsplätzen und Wachstum zu schaffen, während die Begrenztheit der Ressourcen des Planeten respektiert wird.“

In Bezug auf HMIs und die Interoperabilität zwischen Menschen und Technologien müssen die Schnittstellen intuitiv und benutzerfreundlich gestaltet werden. Die Betreiber:innen müssen nahtlos mit immer komplexeren Systemen interagieren können. Beim Nutzererlebnis (User Experience, UX) und bei nutzerzentrierten Designs (User-Centered Designs, UCD) stellen die Nutzer:innen in den Mittelpunkt des Schnittstellendesigns. Beispielsweise ermöglichen agile UX-Frameworks schnelle Designanpassungen basierend auf Nutzerfeedback, sodass die Bediener:innen in die HMI-Designphase eingebunden werden können. Diese bedienerzentrierten Designs minimieren die Einarbeitungszeit, verkürzen die Schulungszeit und steigern die Produktivität der Arbeitskräfte.

Bei der Überwachung und Steuerung von Fertigungsprozessen liefern HMIs den Bediener:innen Echtzeit-Einblicke in den Betrieb von Maschinen, Produktionslinie oder Systemen. Visualisierungssoftware stellt sicher, dass alle gesammelten Daten in einem verständlichen, umfassenden und umsetzbaren Format präsentiert werden. Diese visuellen Schnittstellen können KI-Algorithmen integrieren, um die Bediener:innen bei ihren Entscheidungsprozessen zu unterstützen, große Datenmengen zu analysieren und Erkenntnisse zu liefern, die

Interoperabilität zwischen Mensch und Maschine

in Kombination mit ihrem Fachwissen für die endgültige Entscheidungsfindung genutzt werden können.

3 Interaktion zwischen Mensch und Maschine:

Programmierung des Verhaltens von Robotern

Abschließend sei noch auf die ergonomische Gestaltung von Schnittstellen zur Gewährleistung des Komforts und der Sicherheit der Arbeitskräfte hingewiesen. Es gibt eine breite Palette physischer Schnittstellen wie Touchscreens, Sprachbefehle und Gestensteuerung, die zur Reduzierung der physischen Belastung eingesetzt werden können. Diese Technologien fördern zudem Zugänglichkeit und Inklusion am Arbeitsplatz, indem sie Nutzer:innen mit Seh-, motorischen oder auditiven Beeinträchtigungen entgegenkommen und so einen gleichberechtigten Zugang zu digitalen Systemen gewährleisten.



Anwendung

Durch den Einsatz der richtigen Visualisierungs- und HMI-Plattformen lassen sich die Effizienz, Sicherheit und Produktivität des Fertigungsprozesses verbessern.

Kollaboratives Design

Im Kontext von Industrie 5.0 und der Interaktion zwischen Mensch und Maschine spielt kollaboratives Design eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung intuitiver und effizienter HMIs. Dieser Ansatz beinhaltet die Zusammenarbeit mehrerer Akteure in Echtzeit, um gemeinsam Schnittstellen zu erstellen, die funktional, ergonomisch und auf die Bedürfnisse der Nutzer:innen abgestimmt sind. Durch den Austausch von Fachwissen und Feedback während des gesamten Designprozesses können die Teams sicherstellen, dass die resultierenden Systeme Produktivität, Sicherheit und Nutzerzufriedenheit unterstützen.

4 HMIs für kollaboratives Design ↔ Quelle, Urheber und Urheberrecht: rawpixel ↔ Lizenzinformationen ↔

Echtzeit- und historische Überwachung

Während des Produktionsprozesses können HMIs Stillstandszeiten minimieren und die Produktionseffizienz optimieren. In Szenarien, in denen die Minimierung der Latenz entscheidend ist, ermöglicht die Integration von Edge-Computing-Technologien eine schnellere Entscheidungsfindung. Sie ermöglichen die Echtzeitvisualisierung von Daten – zur Überwachung der Maschinenleistung oder zur Nachverfolgung von Produktionskennzahlen – sowie die Steuerung der Maschinen, wobei die Einstellungen bei Bedarf angepasst werden. Die Visualisierung relevanter Daten – die von Überwachungssystemen erfasst und von Datenanalysealgorithmen verarbeitet werden –, die den Bediener:innen in einem benutzerfreundlichen und umfassenden Format präsentiert werden, ermöglicht es ihnen, den Produktionsprozess korrekt zu verfolgen, auf die präsentierten Informationen zu reagieren und fundierte Entscheidungen zu treffen. Diese Informationen können wie folgt angewendet werden:



- Verbesserung der Effizienz des Herstellungsprozesses.
- Reduzierung des während der Fertigung entstandenen Abfalls.
- Durchführung von Qualitätskontrolloperationen und frühzeitige Erkennung von Fehlern.
- Identifizierung von Engpässen und Optimierung von Produktionsabläufen, um die Effizienz der Abläufe zu verbessern und Ausfallzeiten zu reduzieren.
- Überwachung und Steuerung des Energieverbrauchs, wodurch zu nachhaltigeren Herstellungspraktiken beigetragen der CO₂-Fußabdruck der Betriebe reduziert wird.
- Die Durchführung von Fernwartungsarbeiten auf Grundlage von Alarm- und Problem benachrichtigungen sowie die Integration von Chat-Tools und Bildschirmfreigabefunktionen ermöglichen die Zusammenarbeit zwischen den Bediener:innen vor Ort und Remote-Techniker:innen für eine schnelle Problemlösung.

Zusammenarbeit zwischen Menschen und Robotern

HMIs erleichtern die Zusammenarbeit zwischen Menschen und Robotern (Human-Robot Collaboration, HRC), indem sie Schnittstellen bereitstellen, die es



Bediener:innen ermöglichen, robotische Systeme einfach zu programmieren und zu steuern. Das Ziel ist nicht, menschliche Arbeitskräfte zu ersetzen, sondern die Bedeutung von Zusammenarbeit und gegenseitiger Ergänzung durch die Nutzung ihrer jeweiligen Stärken zu betonen. Einerseits können Menschen erfahrungsbasiertes Denken anwenden, auf unerwartete Probleme reagieren und Urteile auf Grundlage unvollständiger oder mehrdeutiger Informationen fällen. Körperlich sind Menschen in der Lage, komplexe und präzise manuelle Aufgaben bewältigen, ebenso wie solche, die handwerkliches Können erfordern. Roboter und Maschinen hingegen können schwere Aufgaben ausführen, kontinuierlich arbeiten und sich wiederholende Aufgaben mit konstanter Qualität ausführen. Außerdem können sie in gefährlichen Umgebungen eingesetzt werden, beispielsweise in toxischen Umgebungen oder unter extremen Temperaturen. Dennoch bringt HRC einige Herausforderungen mit sich, darunter Sicherheitsrisiken und ergonomische Aspekte. Eine sichere Interaktion muss gewährleistet werden, wenn Roboter und Menschen sich denselben Raum teilen. Dies kann durch Positionsüberwachung, Kollisionsvermeidung, Notstopps und Schutzmaßnahmen erfolgen. Es müssen ebenfalls intuitive und ergonomische Schnittstellen entwickelt werden, um Ermüdung zu minimieren, Risiken zu reduzieren und den Komfort der Nutzer:innen zu erhöhen.

5 *Abhängigkeiten in der Zusammenarbeit zwischen Menschen und Robotern. Lizenzdetails  Urheber: Jeshwitha Jesus Raja, Meenakshi Manjunath, Philipp Kranz, Fabian Schirmer, Marian Daun. Urheberrecht: © 2023 Urheberrecht für diese Publikation durch seine Autoren. Die Nutzung ist gemäß Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) erlaubt *

Ausbildung und Kompetenzentwicklung

Intuitive HMIs minimieren die Einarbeitungszeit und erleichtern neuen Bediener:innen den Einsatz komplexer Maschinen durch interaktive Touchscreens,

visuelle Hilfsmittel und Schritt-für-Schritt-Anleitungen. Sie können auch interaktive Tutorials und Simulationen integrieren, die praktische Schulungserfahrungen bieten. Virtuelle Umgebungen können für Übungszwecke eingerichtet werden, bevor die Bediener:innen mit den realen Geräten arbeiten, was ihr Vertrauen erhöht. HMIs können auch die Leistung der Bediener:innen während der Ausbildung verfolgen und Bereiche identifizieren, die weiterentwickelt werden müssen.

6 *Virtual-Reality-Simulation*



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Niedrig/Mittel

Die Implementierungsschwierigkeiten für HMIs in der Möbelbranche sind angesichts der bereits auf dem Markt verfügbaren Lösungen relativ gering, da die Benutzeroberflächen für die Bedienung komplexer Maschinen benutzerfreundlich gestaltet sind. Für Anwendungen, die näher an Industrie 5.0 liegen, gibt es jedoch weiterhin mehrere Herausforderungen: Entwicklungsreife und Implementierungskosten von Technologien, menschenzentrierte Gestaltung von Produkten und Prozessen, das aktuelle Qualifikationsniveau der Arbeitskräfte oder Sicherheitsrisiken durch die Personalisierung der HMI-Analyse und verstärkte Datenerfassung entstehen.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel-hoch

Die wirtschaftliche Tragfähigkeit der HMI-Entwicklung für die Möbelbranche hängt von der Art der Lösung und den damit verbundenen Investitionskosten ab, die stark variieren können – insbesondere beim Kauf neuer Hardwarekomponenten. Dennoch können neue HMI-Lösungen die Produktivität und Effizienz des Fertigungsprozesses steigern und so helfen, diese Anfangskosten zu

4



6



überwinden. Aus diesem Grund erfordert der Entscheidungsprozess sorgfältige finanzielle Planung und eine Analyse der Kapitalrendite.

■ Menschliche Faktoren

Ein zentrales Prinzip von Industrie 5.0 ist es, den Menschen durch intuitive Schnittstellen, unterstützte Überwachung sowie verbesserte Ergonomie, Komfort und Sicherheit ins Zentrum des technologischen Fortschritts zu stellen. Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine (Human-Machine Interfaces, HMIs) bieten mehrere Vorteile und schaffen zugänglichere und weniger anspruchsvolle Arbeitsumgebungen. Sie erleichtern die Einarbeitung, verringern die Einarbeitungszeit und unterstützen die Rekrutierung digital kompetenter Talente. Das vorhandene Personal kann seine Fähigkeiten durch Schulungen in digitalen Schnittstellen, Dateninterpretation und Zusammenarbeit mit automatisierten Systemen verbessern.

Auch wenn Bedenken aufkommen mögen, dass Robotik und neue Maschinen zu Personalabbau führen könnten, ist das Ziel von Industrie 5.0 nicht der Ersatz, sondern eine sinnvolle Zusammenarbeit zwischen menschlichen Fähigkeiten und maschineller Präzision. Diese Synergie ermöglicht es Unternehmen, Kreativität und Urteilsvermögen mit der Konsistenz und Geschwindigkeit der Automatisierung zu verbinden, die Abläufe zu optimieren und zu nachhaltigen, menschenzentrierten Produktionsumgebungen beizutragen.

■ Umweltfaktoren

In der Möbelherstellung bieten HMIs ökologische Vorteile. Sie optimieren Maschinen, senken den Energieverbrauch und den CO₂-Fußabdruck, während sie gleichzeitig Präzision, Kontrolle und Wartungseffizienz verbessern, was Abfall wiederum reduziert. Eine verbesserte Datenerfassung und -analyse helfen ebenfalls dabei, die Auswirkungen zu überwachen und die Einhaltung von Vorschriften sicherzustellen. Zusammen unterstützen diese Praktiken eine nachhaltige und verantwortungsvolle Produktion.

Die Herausforderungen bleiben bestehen. HMI-Hardware umfasst Displays, Sensoren, Prozessoren, Kameras und manchmal auch biometrische oder neuronale Geräte. Diese basieren auf seltenen Erden, Edelmetallen und künstlich hergestellten Kunststoffen, deren Gewinnung

hohe Energie verbraucht, Schadstoffe freisetzt und schwer recycelbar ist. Die Fertigung umfasst häufig Reinräume, Präzisionsfertigung und mehrschichtige Schaltungen, die alle ressourcenintensiv sind. Mit zunehmender Komplexität von HMIs werden Reparatur, Wiederverwendung und Recycling schwieriger.

Im Vergleich zu Rechenzentren oder Robotern verbrauchen HMIs im Betrieb nur wenig Energie, führt jedoch zu einem kontinuierlichen Standby-Betrieb. Sprach- und bildbasierte HMIs basieren oft auf Echtzeitverarbeitung und cloudbasierter KI, wodurch ihre Präsenz mit externer Infrastruktur wie Rechenzentren verbunden ist.

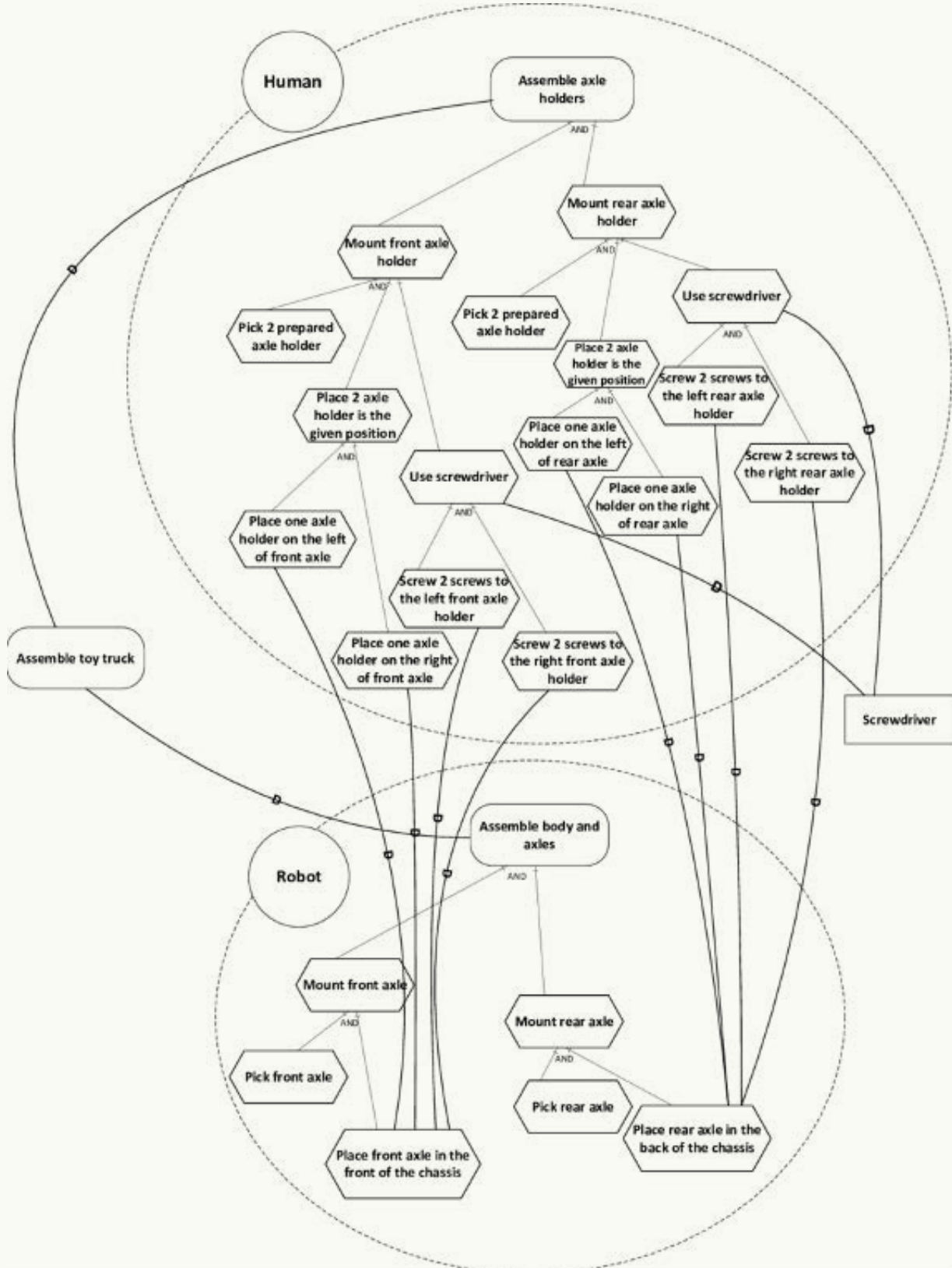
Ein weiteres Problem ist die kurze Lebensdauer und hohe Austauschraten, insbesondere bei Unterhaltungselektronik wie Smartphones, Tablets und Wearables, die oft alle 2–3 Jahre ersetzt werden. Nicht-modulare Designs erschweren die Demontage und Rückgewinnung wertvoller Materialien und tragen so zu Elektroschrott bei.

Die Abwägung der menschlichen und ökologischen Vorteile von HMIs mit ihren Material- und Energiekosten ist unerlässlich. Nachhaltiges Design, längere Lebenszyklen und zirkuläre Praktiken können die Rolle von HMIs bei der Weiterentwicklung von Industrie 5.0 maximieren und gleichzeitig die Umweltverantwortung fördern.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Es gibt mehrere Vorschriften und Zertifizierungen für HMIs, die im Möbelherstellungsprozess eingesetzt werden, wie zum Beispiel:

- Die Speicherung und Behandlung personenbezogener Daten durch HMIs muss der Datenschutzverordnung (DSGVO [GD](#)) entsprechen.
- HMIs müssen außerdem Cybersicherheitsnormen und -vorschriften einhalten, um den Datenschutz zu gewährleisten und Sicherheitsverletzungen zu verhindern (wie ISA/IEC 62443 (ISA/IEC 62443 Normenreihe - ISA [GD](#))) zur Sicherung industrieller Steuerungssysteme; NIS2-Richtlinie (NIS2-Richtlinie: Neue Regeln zur Cybersicherheit von Netzwerk- und Informationssystemen | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas [GD](#)), die EU-Regulierung für kritische Infrastrukturen; oder Cyber Resilience Act (Cyber Resilience Act | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas [GD](#)), Cybersicherheitsnormen für digitale Produkte, die in Europa verkauft werden).



Interoperabilität zwischen Mensch und Maschine



Lösungen



Elektrische Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine von Schneider

Schneider Electric
Frankreich ↻

Die HMIs von Schneider Electric sind einfach zu installieren, konfigurieren und zu bedienen, und bieten eine einfache und effiziente Möglichkeit, Systeme zu verbinden, Daten zu sammeln und Informationen verständlich darzustellen. Sie eignen sich für Branchen wie die Möbelherstellung und bieten eine breite Palette an Lösungen, von den kleinsten grafischen Terminals bis hin zu Industrie-PCs reichen.



HMI/SCADA-System

Beijer Electronics
Schweden ↻

Fortschrittliche HMI-Lösungen für eine verbesserte Benutzererfahrung, skalierbare Automatisierungssysteme für Effizienz und Kostensenkung sowie robuste Digitalisierungstools, die langfristigen Wert und Anpassungsfähigkeit in verschiedenen Branchen gewährleisten. Sie bieten anpassbare IX-basierte Lösungen für industrielle Anwendungen und webbasierte HMI-Lösungen mit intuitiven Widgets für UI-Design, nahtlose Integration und mobilfreundliche Lösungen.



Infonit

Mirmit
Spanien ↻

Infonit ist eine Industriemanagement-Software für den Möbelsektor. Sie ermöglicht eine Echtzeitüberwachung der Produktivität über alle Arten von Arbeitsplätzen – sowohl manuell als auch automatisiert – und deckt Prozesse von der Transformation bis hin zur Manipulation ab. Sie überwacht die Produktivität in Echtzeit, identifiziert Engpässe, optimiert Arbeitsabläufe und steigert die Effizienz. Sie bietet vollständige Rückverfolgbarkeit von Bestellungen, Bedieneraktivitäten und Lagerbewegungen mit flexibler Individualisierung und einfacher Integration über APIs.



A-Sphere HMI-Plattform

Alphagate
Deutschland ↻

Die A-Sphere HMI-Plattform (ab 2025 bekannt als RANA) bietet eine anpassbare Lösung für die Maschinenbaubranche. A-Sphere bietet eine einfache Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, die keine Programmierkenntnisse erfordert. Sie ist SPS-unabhängig und integriert nahtlos verschiedene Systeme. Kompatibel mit KI und Augmented Reality (AR) ermöglicht sie Unternehmen, Innovationen wie KI-gesteuerte Wartung oder AR-unterstützte Schulungen einfach zu integrieren.



AVEVA InTouch HMI

Aveva
Vereinigtes Königreich ↻

AVEVA InTouch HMI ist eine leistungsstarke Visualisierungssoftware, die es Bediener:innen ermöglicht, die Interaktionen mit industriellen Automatisierungssystemen zu optimieren. Die Unlimited-Edition bietet unbegrenzte Lizenzierungen, Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, Schichtberichterstattung und fortgeschrittene Prozessanalysen mit einem präzisen Historienprotokoll, wodurch die Leistung in Industrie- und Fertigungsprozessen verbessert wird.



Steuerungssystem für Bediener:innen einer Schneidemaschine

Homag Group AG
Deutschland ↻

IntelliGuide ist ein modulares Bedienungsassistenzsystem für Plattentrennsägen, das interaktive Software, LED-Signale, Kameras und Laserprojektionen umfasst, um die Bediener:innen Schritt für Schritt anzuleiten, Fehler zu vermeiden und den Arbeitsablauf zu optimieren. Sie verbessert die Ergonomie, Sicherheit und Effizienz, passt sich intelligent an die Bedienungsaktionen an und unterstützt die intuitive Interaktion zwischen Mensch und Maschine.



Beispiele

**Bona***Schweden*

Bona AB bietet Produkte für die Verlegung, Wartung und Renovierung von Holzböden an. Bona entschied sich für eine Automatisierungslösung von Beijer Electronics mit HMI-Bedienfeldern zur Steuerung von Maschinen, die im Fertigungsprozess verwendet werden. Das ferngesteuerte System wurde aufgrund seiner Geschwindigkeit, der Vorteile einer einfachen Konfiguration und der Zuverlässigkeit leistungsstarker Diagnosefunktionen ausgewählt.

**Glaston***Finnland*

Glaston ist ein führender Anbieter von Glasverarbeitungstechnologien und -dienstleistungen für verschiedene Branchen, wie zum Beispiel die Möbelindustrie. Es wurde eine benutzerorientierte HMI-Lösung entwickelt, mit nahtloser Integration von Maschinen für höhere Effizienz, benutzerfreundlichem UX/UI-Design für einfachen Betrieb sowie schnelle Einarbeitung und Entwicklung von Apps mit Funktionen wie Prozessanalyse und Wartungsunterstützung zur Erleichterung des Betriebs.

**Fecken-Kirfel***Deutschland*

Entwicklung eines bahnbrechenden, grafisch hochwertigen Web-HMIs. Die Entwicklung des HMI musste im Unternehmen bleiben. Mit dem WebIQ Designer von Smart-HMI lassen sich mit minimalem Programmieraufwand per Drag & Drop dynamischen Benutzeroberflächen erstellen, die zu 100 % webbasiert sind. Das Tool wurde für die interne Entwicklung verwendet, während Smart HMI nur selektive Unterstützung bot.

**Nowy Styl***Polen*

Die Nowy Styl-Fabrik produziert tausende einzigartige Möbelkomponenten pro Schicht, was fortschrittliche HMI-Lösungen wie Homags PowerTouch und ein robustes MES wie Homags Wood Factory erfordert. Die Bediener:innen nutzen HMIs, um die Produktion zu überwachen, Teiledaten zu verwalten, die Automatisierung zu überwachen und sich schnell an Veränderungen anzupassen, um eine effiziente, maßgeschneiderte Fertigung zu gewährleisten.

**Cadorin***Italien*

Cadorin hat die SCM-Bearbeitungslinie „celaschi tmc“ implementiert, die vollständig den Industrie-4.0-Standards entspricht. Diese Lösung beinhaltet ein HMI-System, das die Bedienerinteraktion vereinfacht und eine Echtzeitkontrolle über Produktionsdaten bietet. Sie ermöglicht eine hochflexible Verarbeitung, die auf Cadorins handwerkliche, aber fortschrittliche Fertigungsbedürfnisse zugeschnitten ist. Die Integration verbessert Rückverfolgbarkeit, Effizienz und Präzision. Diese Zusammenarbeit spiegelt ein gemeinsames Engagement für nachhaltige und hochwertige Handwerkskunst wider.

**Ardis Perform + Silva***Belgien*

Der ARDIS-Blogbeitrag über Silva hebt hervor, wie die Implementierung von PERFORM das Produktionsmanagement verändert hat. Jede Arbeitsstation verfügt nun über einen interaktiven Bildschirm mit in Echtzeit aktualisierten Aufgabenlisten, die eine klare Kommunikation gewährleistet – auch für Nicht-Muttersprachler. Die Benutzeroberfläche ermöglicht es Manager:innen, Aufgaben aus der Ferne zuzuweisen, interaktiv bei Bedarf neu auszudrucken und Aufgaben aus der Ferne neu zu priorisieren, wodurch Chaos reduziert und die Koordination in der gesamten Produktionsstätte verbessert wird.

10

1



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**
 Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel**

AIoT für intelligente Fertigung



Beschreibung

AIoT, oder Artificial Intelligence of Things, ist die Integration von künstlicher Intelligenz (KI)-Technologien mit der Infrastruktur des Internets der Dinge (IoT). Diese Kombination erweitert die Fähigkeiten von IoT-Geräten, indem sie es ihnen ermöglicht, Daten am Edge zu analysieren, Entscheidungen zu treffen und aus Erfahrungen zu lernen, ohne dass menschliches Eingreifen erforderlich ist. Edge Computing ist ein verteiltes Computing-Paradigma, das Rechenkapazitäten näher an die Datenquelle bringt, wie IoT-Geräte oder Nutzer:innen, um die Latenz zu reduzieren und die Leistung zu verbessern. AIoT und Edge Computing zielen darauf ab, effizientere IoT-Abläufe zu schaffen, die Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu verbessern und das Datenmanagement sowie die Datenanalyse zu verbessern.

1 IoT- und KI-basiertes Datenwertdiagramm

Die wichtigsten Komponenten des AIoT sind:

- **IoT-Geräte:** Die Sensoren, Aktoren und andere Geräte erfassen, verarbeiten und übertragen Daten.
- **Konnektivität:** Dies umfasst Netzwerke und Protokolle, die es IoT-Geräten ermöglichen, miteinander und mit zentralen Systemen zu kommunizieren.
- **Datenverarbeitung:** KI-Algorithmen verarbeiten die von IoT-Geräten erfassten Daten, um bedeutungsvolle Erkenntnisse zu gewinnen.
- **Cloud-Computing:** Stellt die notwendige

Infrastruktur zur Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen bereit.

- **Edge Computing:** Erleichtert die Datenverarbeitung in der Nähe der Datenquelle und reduziert so Latenz und Bandbreitenverbrauch.

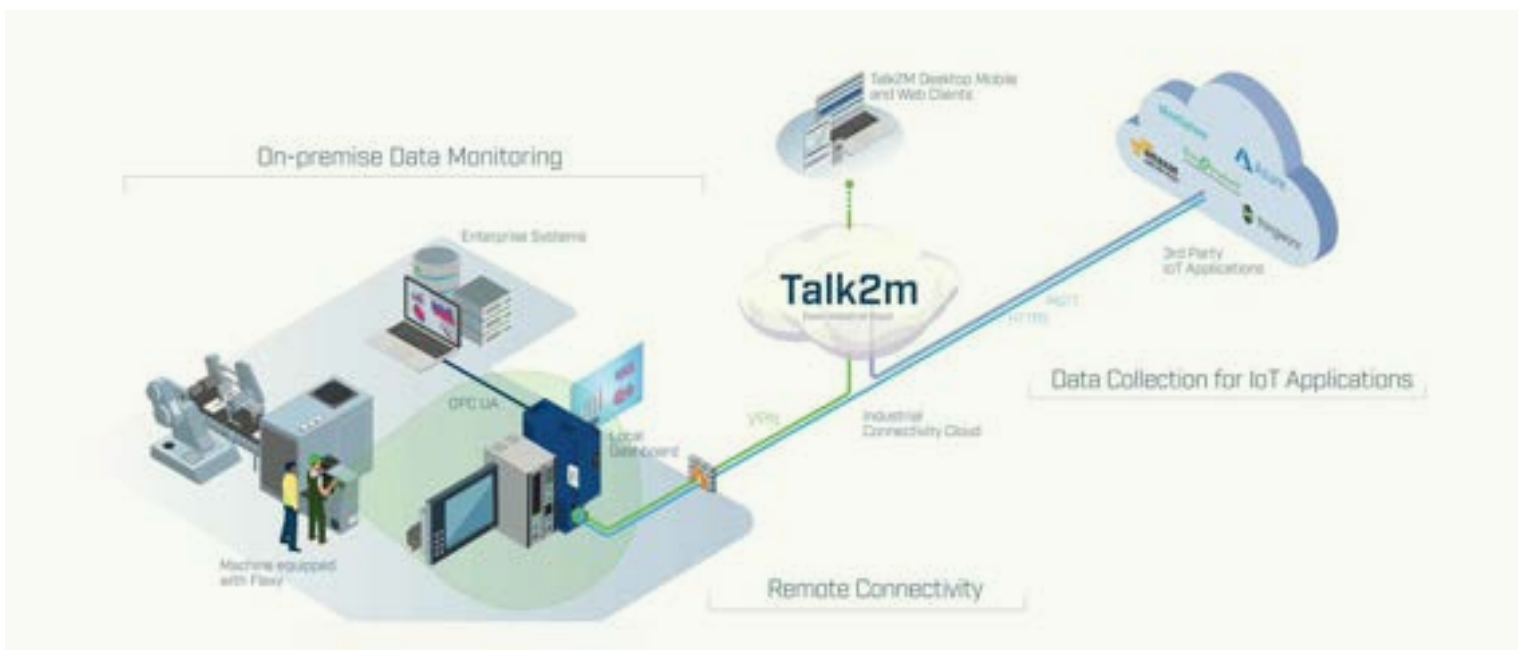
2 Beispiel für ein IoT-Netzwerk (Quelle: HMS Networks)

AIoT hat bereits zahlreiche industrielle Anwendungen hervorgebracht. Ein Beispiel ist die autonome Kontrolle der Produktionsanlagen. Weitere Bereiche sind logistische Optimierung oder vorausschauendes Wartungsmanagement.

Trotz seines vielversprechenden Potenzials stellt die Interoperabilität eine große Herausforderung dar. Viele Unternehmen verwenden IIoT (Industrial Internet of Things)-Geräte und Plattformen verschiedener Hersteller, die nicht immer nahtlos kompatibel sind. Dies erschwert die Implementierung integrierter AIoT-Lösungen und erfordert standardisierte Schnittstellen und Protokolle. Eine gut gewählte AIoT-Plattform erleichtert die Integration neuer Geräte, ermöglicht eine einfache Skalierung und unterstützt die flexible Anpassung einer IIoT-Strategie. Es ermöglicht auch die Integration mit anderen Systemen und Technologien wie ERP- oder CRM-Systemen, wodurch IIoT-Technologien in bestehende Geschäftsprozesse integriert werden.

Ein weiterer entscheidender Aspekt ist die Datenaufarbeitung. In IoT-Umgebungen ist die Datenqualität oft schlechter, als Unternehmen annehmen. Die Anwendung von KI auf unzureichend aufbereitete Daten führt zu minderwertigen Modellen, die nicht die erwarteten

2



Ergebnisse liefern. Daher ist es entscheidend, die Daten für die Analyse mithilfe einer zuverlässigen IoT-Plattform angemessen aufzubereiten und anzureichern. Gleichzeitig entstehen spannende Trends, die das AIoT-Ökosystem in den kommenden Jahren prägen werden. Ein solcher Trend ist der Einsatz generativer KI, die nicht nur Daten analysiert, sondern auch neue Designs oder Optimierungsvorschläge generiert. Ein weiterer Trend ist die Integration von 5G-Technologien, die ultraschnelle und zuverlässige Konnektivität ermöglichen. Dies ist besonders wichtig für Anwendungen mit hoher Bandbreite oder geringer Latenz, wie beispielsweise autonome Fahrzeuge oder Echtzeitsteuerungen. Trotz ihres Potenzials birgt die Integration von KI in die Fertigung Herausforderungen, darunter erhebliche Anfangsinvestitionen, den Bedarf an Fachkräften zur Entwicklung und Wartung von KI-Systemen sowie Bedenken hinsichtlich Datenschutz und -sicherheit. Hinzu kommt die Herausforderung, KI-Technologien mit bestehenden Informationstechnologien (IT) und operativen Technologien (OT)-Infrastrukturen zu integrieren. IT bezeichnet die Nutzung von Computersystemen zur Verarbeitung, Speicherung und zum Austausch von Informationen, während OT die Systeme umfasst, die physische Geräte, Prozesse und Infrastruktur in industriellen Umgebungen überwachen und steuern. Da sich die AIoT-Technologie ständig weiterentwickelt, ist zu erwarten, dass sich ihre Anwendungsmöglichkeiten in der Fertigung weiter ausdehnen werden, was potenziell zu vollautonomen Fabriken und einer hochgradig personalisierten Produktion im großen Maßstab führen kann. Die fortlaufende Entwicklung von AIoT wird voraussichtlich auch einen verstärkten Schwerpunkt auf der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine bedeuten, wobei die Stärken beider genutzt werden, um optimale Ergebnisse zu erzielen.

3 *Mini-Industrie-PCs (Quelle: Beckhoff)*



Anwendung

AIoT (Artificial Intelligence of Things) in der Fertigung ermöglicht fortschrittliche Fähigkeiten für Datenerfassung und intelligente Verarbeitung. Durch die Kombination von IoT-Konnektivität mit KI-gesteuerter Analyse ermöglicht es es datengestützte Entscheidungen in Echtzeit, die industrielle Abläufe transformieren.

4 *Bedeutung von KI in der Fertigung (Quelle: Orange Mantra)*

Vorausschauende Wartung: AIoT kann Geräteausfälle vorhersagen, bevor sie auftreten, indem Daten von in die Maschinen eingebetteten Sensoren analysiert werden. Dieser Ansatz bietet den Vorteil, Ausfallzeiten und Wartungskosten zu reduzieren und gleichzeitig die Lebensdauer der Geräte zu verlängern.

5 *Datenüberwachung für die vorausschauende Wartung (Quelle: Adobe Stock)*

Optimierung der Lieferkette: AIoT kann Waren in Echtzeit verfolgen, die Nachfrage vorhersagen und die Lagerbestände optimieren. Durch diese Fähigkeiten verbessert sie die Transparenz der Lieferkette, senkt Kosten und verkürzt die Lieferzeiten.

Energiemanagement: KI hilft bei der Optimierung des Energieverbrauchs in Fertigungsanlagen, indem sie Daten aus verschiedenen Quellen analysiert, um Ineffizienzen zu identifizieren und Verbesserungen vorzuschlagen. KI kann zum Beispiel den Betrieb von HLK-Systemen basierend auf der Anzahl der Personen in einem Gebäude, dem Wetter und den spezifischen Anforderungen des Fertigungsprozesses optimieren und so die Energiekosten erheblich senken. AIoT-Systeme können den Energieverbrauch in Industrieanlagen überwachen und steuern, um den Energieverbrauch zu

3



4



reduzieren, Kosten zu senken und Nachhaltigkeitsinitiativen zu unterstützen.

6 Energiemanagement-Software-Dashboard (Quelle: Ealytics)

Qualitätskontrolle: AIoT kann die Inspektion von Produkten mithilfe von Computer Vision und maschinellen Lernalgorithmen automatisieren. Diese Automatisierung verbessert die Produktqualität und verringert den manuellen Inspektionsbedarf.

Sicherheit und Schutz: AIoT kann die Arbeitssicherheit erhöhen, indem es Umweltbedingungen überwacht und gefährliche Situationen erkennt. Dieser Einsatz reduziert das Unfallrisiko und gewährleistet die Einhaltung der Sicherheitsvorschriften.

Intelligentes Design und Fertigung: KI erleichtert den Designprozess durch generative Designsoftware, die eine Vielzahl von Designalternativen basierend auf festgelegten Kriterien wie Materialien, Fertigungsmethoden und Leistungsanforderungen generieren kann. Dies beschleunigt nicht nur den Designprozess, sondern ermöglicht auch mehr Individualisierung, sodass Hersteller spezifische Kundenanforderungen leichter erfüllen können. Außerdem ermöglicht AIoT die Echtzeitüberwachung und Optimierung von Fertigungsprozessen. Diese Implementierung erhöht die Effizienz, reduziert Abfall und verbessert die Produktqualität.



Implementierungsaspekte

■ **Implementierungsschwierigkeiten: Mittel**

Die Gewährleistung von Datengenauigkeit, -sicherheit und Datenschutz ist entscheidend für den Erfolg von AIoT-Initiativen. Eine der größten Herausforderungen für die Einführung von AIoT ist die Gewährleistung von Datenschutz und Sicherheit. Die riesigen Datenmengen, die von IoT-Geräten erzeugt werden, umfassen sensible Informationen wie Finanztransaktionen und Betriebsdaten aus kritischen Infrastrukturen. Darüber hinaus erfordert die Erschließung des vollen Potenzials von AIoT einen Wandel in der Unternehmenskultur. Die Entscheidungsträger müssen datenbasierte Strategien annehmen und ein Umfeld der Innovation und kontinuierlichen Verbesserung schaffen. Es ist außerdem unerlässlich, in die Aus- und Weiterbildung der Arbeitskräfte zu investieren, damit sie AIoT-Technologien effektiv für eine erfolgreiche Umsetzung nutzen können.

Um die Einführung von AIoT reibungsloser und weniger einschüchternd zu gestalten, ist es ratsam, klein anzufangen und schrittweise auszuweiten. Simulationen bieten einen risikoarmen, handhabbaren Einstiegspunkt, der schließlich zur nahtlosen Integration von Digital Twins in die Fertigungsprozesse führen kann.

■ **Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel**

Die Implementierung groß angelegter AIoT-Technologie erfordert oft erhebliche Investitionen in Sensoren, IoT-Geräte, Software, Infrastruktur und qualifiziertes Personal. Allerdings stellen einige der beschriebenen technologischen Lösungen für KMU einen sehr geringen Implementierungsaufwand dar.

5



6



■ Menschliche Faktoren

Die Einführung von AIoT-Technologie erfordert oft bedeutende organisatorische Veränderungen und einen Wandel hin zu einer datengetriebenen und innovationsorientierten Arbeitskultur. Widerstand gegen Veränderungen, mangelndes Bewusstsein oder Zögern bei der Einführung neuer Technologien können die Akzeptanz behindern. Es ist jedoch klar, dass Arbeitskräfte die digitale Kompetenzlücke schließen, die praktischen Vorteile von AIoT in ihren Aufgaben anerkennen und sich weiterbilden müssen, ohne die Kontinuität des Arbeitsablaufs oder das Wohlbefinden der Arbeitskräfte zu stören.

AIoT kann die Effizienz, Entscheidungsfindung, das Kundenerlebnis verbessern und die Art und Weise verändern, wie Menschen mit ihrer Umgebung interagieren. Zum Beispiel kann AIoT wiederholende Aufgaben wie Dateneingabe und Terminplanung automatisieren, sodass die Arbeitskräfte sich auf strategischere Aufgaben konzentrieren können. Es kann außerdem große Datenmengen analysieren, um Unternehmen bei fundierten Entscheidungen zu unterstützen, Muster zu erkennen und präzise Vorhersagen zu treffen.

Hersteller können den Wert von AIoT für die Stakeholder unterstreichen, indem sie Vorteile wie verbesserte Produktqualität, niedrigere Energiekosten, erhöhte operative Effizienz und sicherere Arbeitsbedingungen hervorheben. Wichtige Faktoren für eine erfolgreiche Einführung von AIoT sind starke Unterstützung durch die Führungskräfte, Investitionen in Change Management und digitale Infrastruktur sowie die Anpassungsfähigkeit der Belegschaft.

Transparente Kommunikation und partizipative Designprozesse sind ebenfalls unerlässlich, um die Akzeptanz und das Vertrauen in AIoT-Systeme zu erhöhen. Die Arbeitskräfte sollten aktiv an der Mitgestaltung intelligenter Tools beteiligt sein, die ihre täglichen Aufgaben beeinflussen, und ethische Überlegungen – insbesondere im Zusammenhang mit Datenschutz und algorithmischer Entscheidungsfindung – müssen von Anfang an berücksichtigt werden.

Abschließend lässt sich sagen, dass AIoT menschliche Arbeitskräfte nicht ersetzen wird, aber diejenigen, die AIoT-Tools beherrschen, könnten diejenigen übertreffen, die es nicht tun. Da Automatisierung die sich wiederholenden Aufgaben übernimmt, werden sich menschliche Arbeitskräfte zunehmend darauf konzentrieren, diese intelligenten Systeme zu steuern, zu verfeinern und zu optimieren. Das menschliche Gehirn ist immer noch eines der fortschrittlichsten und effizientesten Informationsverarbeitungssysteme. Obwohl KI riesige Datensätze analysieren und Muster mit unglaublicher Geschwindigkeit erkennen kann, fehlt ihr das subtile, intuitive Verständnis, das Menschen besitzen. Wir sind hervorragend darin, Kontext zu erfassen, zwischen den Zeilen zu lesen und aus begrenzten Informationen

aufschlussreiche Verbindungen herzustellen – Fähigkeiten, die selbst für die leistungsstärksten KI-Systeme unerreichbar bleiben.

■ Umweltfaktoren

Die Integration von AIoT in die Möbelherstellung hilft, den CO₂-Fußabdruck zu verringern, indem Energie-, Wasser- und Ressourcenverbrauch reduziert, Abfall minimiert, die Logistik verbessert und die Gesamteffizienz gesteigert wird. Es hilft auch dabei, die Arbeitskräfte von sich wiederholenden Aufgaben zu entlasten und ihnen zu ermöglichen, sich auf wertvollere Aktivitäten zu ermöglichen. Darüber hinaus ermöglicht AIoT eine vorausschauende Wartung, die die Lebensdauer der Geräte verlängert und unnötige Eingriffe reduziert. Diese Anwendungen können die Umweltbelastung erheblich verringern und sicherstellen, dass die Produktionsprozesse den Umweltnormen und -gesetzen entsprechen.

Allerdings bringt AIoT auch erhebliche Umweltauswirkungen mit sich, da es von eingebetteter Elektronik, hohem Datenvolumen, maschinellen Lernmodellen und permanenter Konnektivität abhängig ist.

Auf Geräteebene umfassen AIoT-Systeme Milliarden von miteinander verbundenen Sensoren, Mikrocontrollern, Aktoren und Edge-Prozessoren. Diese Komponenten sind oft klein, aber ihr schieres Volumen stellt eine erhebliche Umweltbelastung dar. Sie enthalten typischerweise seltene Erden, Schwermetalle und technische Kunststoffe, deren Gewinnung und Veredelung mit hohen Umweltauswirkungen verbunden ist. Viele AIoT-Geräte sind zudem energiebeschränkt und für eine begrenzte Lebensdauer ausgelegt, was ihren Beitrag zum Elektroschrott erhöht. Der ökologische Fußabdruck der Herstellung wird durch die Integration KI-fähiger Hardware weiter verstärkt. Die Herstellung dieser Chips erfordert komplexe, energiereiche Fertigungsprozesse und häufige technologische Veraltungszyklen.

Auf der Datenseite erzeugen und verarbeiten AIoT-Systeme riesige Datenmengen. Während Edge Computing den Latenz- und Bandbreitenbedarf reduziert, sind viele AIoT-Architekturen weiterhin auf Cloud Computing für Datenaggregation, Langzeitspeicherung und komplexes Modelltraining angewiesen. Infolgedessen trägt AIoT während der Nutzung zum wachsenden Energie- und Wasserverbrauch von Rechenzentren bei.

Die in AIoT-Anwendungen verwendeten KI-Modelle – insbesondere Deep-Learning-Algorithmen für Bildverarbeitung, natürliche Sprachverarbeitung oder Anomalieerkennung – können sehr energieintensiv zu trainieren sein.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Die Implementierung eines AIoT in einer Fabrik erfordert die Einhaltung mehrerer Vorschriften und Normen in Bezug auf Datensicherheit, Interoperabilität, Umweltbelastung und branchenspezifische Anforderungen.

Nachfolgend einige wichtige regulatorische Aspekte:

Cyber Resilience Act (CRA): Der CRA führt verpflichtende Cybersicherheitsanforderungen für Produkte mit digitalen Elementen ein, die sowohl Hardware als auch Software, einschließlich AIoT-Geräte, umfassen.

- **Verpflichtende Sicherheitsmaßnahmen:** Die Hersteller müssen die Sicherheitsfunktionen während des gesamten Produktlebenszyklus implementieren, von der Konstruktion bis zur Stilllegung.
- **Meldung von Sicherheitslücken:** Unternehmen sind verpflichtet, ausgenutzte Sicherheitslücken innerhalb von 24 Stunden den Behörden zu melden und innerhalb von 72 Stunden umfassende Updates bereitzustellen.
- **Sicherheitsupdates:** Geräte müssen mindestens fünf Jahre lang Sicherheitsupdates erhalten, es sei denn, die erwartete Produktlebensdauer ist kürzer.
- **Strafen für Nichteinhaltung:** Nicht konforme Produkte können vom EU-Markt ausgeschlossen werden, wobei Geldstrafen von bis zu 15 Millionen Euro oder 2,5 % des weltweiten Umsatzes verhängt werden können.

IIC (Industrial Internet Consortium): Sicherheitsrahmen – Definiert bewährte Sicherheitspraktiken für das industrielle IoT- und Digital Twins.

KI-Gesetz (EU) – Reguliert KI-gestützte Entscheidungsfindung in industriellen Umgebungen.

Europäischer Grüner Deal und CO₂-Grenzausgleichssystem – Erfordert digitale Überwachung des CO₂-Fußabdrucks in industriellen Betrieben.



Lösungen



Eingebettete, KI-basierte vorausschauende Wartung für industrielle Elektromotoren

Advantech
Taiwan ⇄

Die vorausschauende Wartung von Elektromotoren verhindert kostspielige Ausfälle durch Vibrations- und Temperaturüberwachung. Geräte wie der WISE-2410 mit ARM Cortex-M4, LoRa und Edge Computing analysieren die Daten an Bord, um die Akkulaufzeit um bis zu 2 Jahre zu verlängern. Mit IP66-Schutz eignet es sich für Motoren, Pumpen, HLK-Systeme und mehr für effiziente, drahtlose Zustandsüberwachung.



Industrielle (einfache) IoT-Konnektivitätsgeräte für SPS und Maschinen

HMS Networks
Schweden ⇄

Die industriellen Kommunikationsprodukte von HMS verbinden Millionen von SPS, Robotern und Geräten mit Software und Fernsystemen. Ihre EWON-Gerätefamilie ermöglicht sicheren, einfachen SPS-Fernzugriff ohne Firewalls oder Portweiterleitung, selbst in China. EWON unterstützt mehrere SPS-Marken und überträgt industrielle Daten über WLAN oder Mobilfunknetze an Remote-Benutzer.



Lüfterlose, ultrakompakte Industrie-PCs und OpenVINO

Open VINO (Intel Corporation)
Vereinigte Staaten ⇄ ⇄

Skalierbare, ultrakompakte Industrie-PCs vereinen maximale Rechenleistung in dem derzeit kompaktesten Format mit einer Vielzahl von Installationsoptionen im Schaltschrank. Sie eignen sich ideal für die Steuerung, Visualisierung und Kommunikation, zum Beispiel in die Cloud. Sie bieten Rechenleistung für eine Vielzahl von Automatisierungs- und Visualisierungsaufgaben. Aufgrund ihrer beeindruckenden Rechenleistung im Verhältnis zu ihrer Größe eignen sich die PCs hauptsächlich für den Einsatz in Industrie-4.0-Anwendungen, zum Beispiel als IoT-Gateway.

Industrie-PCs werden verwendet, um fortschrittliche KI-Frameworks und Software wie OpenVINO auszuführen. Dies ist ein Open-Source-Software-Toolkit zur Optimierung und Implementierung von Deep-Learning-Modellen. Es ermöglicht Programmierern, skalierbare und effiziente KI-Lösungen mit relativ wenigen Codezeilen zu entwickeln.



DeviceWISE® KI

Telit Cinterion
Vereinigte Staaten ⇄

Durch die Integration von KI in das IoT unterstützt die Plattform die visuelle Inspektion mit fortschrittlichen Algorithmen und Deep-Learning-Techniken, datengesteuerte Optimierung für einheitliche Produktqualität sowie Datenerfassung und -analyse für vorausschauende Wartung. Durch die Unterstützung von No-Code- oder Low-Code-Systemen ermöglicht die Plattform Prozessoptimierung (außerdem kann eine Verbesserung des Energieverbrauchs Kosten sparen).



Asus Ebs-4U – Intelligente Nachschubfunktion (Smart Replenishment)

ASUS
Taiwan ⇄

Die Smart Replenishment-Lösung von ASUS IoT und Macnica DHW nutzt KI und Bilderkennung, um die Wiederauffüllung von nicht barcodierten verderblichen Waren zu automatisieren. Sie ist rund um die Uhr im Betrieb, bietet Echtzeit-Bestandsübersicht, eliminiert manuelle Kontrollen und steigert die Effizienz. Die End-to-End-Plattform kombiniert ASUS IoT-Hardware und Analysen mit der Macnica-Benutzeroberfläche für eine einfache, skalierbare Store-Bereitstellung.



All-in-One Edge Computing Gateway AIoT-5G-G06

Trugemtech
China ⇄

Der TruGem AIoT-5G-G06 ist ein 1U-Rackmount-All-in-One-AIoT (Artificial Intelligence of Things) 5G Edge Computing Gateway, das für eine einfache Integration in Standard-Computerraumschränken konzipiert wurde. Diese Einheit integriert AIoT-Funktionen mit leistungsstarker Datenverarbeitung und eignet sich so für industrielle und unternehmensweite IoT-Computing-Szenarien. Es unterstützt Echtzeit-Datenanalysen und automatisierte Entscheidungsfindung am Edge, reduziert die Latenz und minimiert den Bedarf an Cloud-Roundtrips. Der TruGem AIoT-5G-G06 ist für den Einsatz in Umgebungen gedacht, die kontinuierliche Datenverarbeitung, Überwachung und Reaktionsfunktionen in der Nähe der Datenquelle erfordern.



Beispiele



Innenräume

Polen



Anlagenleistungsmanagement: Die Nutzer:innen können die Leistung steigern, indem sie kontinuierlich darüber informiert werden, wie die Anlagen die KPIs erreichen. Außerdem können die Nutzer:innen sehen, ob diese bestehenden KPIs noch sinnvoll sind. Mit Leistungsmanagement-Apps, die direkt auf der AIoT-Plattform basieren, erhalten Nutzer:innen automatisierte Benachrichtigungen, sobald eine Abweichung auftritt, und können schnell auf anomales Verhalten reagieren. Die Echtzeitdaten und das Feedback von Maschinen ermöglichen es ihnen, KPIs zu verfeinern, um das Beste aus der Maschinenleistung herauszuholen. Dies führt zu einer effektiveren Nutzung der Anlagen und schnelleren Produktionszeiten.



CPCON Group

Vereinigte Staaten



Lagerbestands- und Lieferkettenmanagement: Eine integrierte AIoT-Plattform verbessert das Lagerbestandsmanagement und die Ressourcenprognose an verschiedenen Fertigungsstandorten. Durch den Einsatz von Echtzeitanalysen verbessert es die Transparenz in der Lieferkette, automatisiert Entscheidungen und stärkt die Resilienz. KI-gestützte Tools helfen dabei, Störungen vorherzusehen, komplexe Lagerbestände zu verwalten und die Effizienz zu verbessern, was Lieferanten letztlich bessere Qualitätskontrolle, Kundenerfahrung und Geschäftsleistung bietet.



Prohan

Polen



Computer-Vision-System zur frühzeitigen Fehlererkennung: Die frühzeitige Erkennung von Fehlern in der Produktionslinie ist für Holzmöbelhersteller, die Harthölzer verwenden, entscheidend. Mit einer Lösung auf Grundlage von Computer Vision und maschinellen Lernalgorithmen können Lücken, Risse und Spalten in den Platten unmittelbar nach dem Klebevorgang identifiziert werden, in einem Stadium, in dem die Maschinengeschwindigkeit Fehler für das menschliche Auge unsichtbar macht. ➔



Axiomtek

Taiwan (Hauptsitz)



Die KI-integrierten Serviceroboter von Axiomtek kombinieren KI, Cloud, Big Data und Biometrie für Sensorik, Entscheidungsfindung und autonome Steuerung. Angetrieben von leistungsstarken Edge-Computern wie dem eBOX ➔, IPC ➔, AIE-Systemen ➔ und System-on-Modules ➔ bieten sie flexible Ein-/Ausgabe, kompaktes Design und Anpassungsmöglichkeiten. Axiomtek bietet außerdem maßgeschneiderte Designdienstleistungen an, um die Produktivität zu steigern, Kosten zu senken und die Implementierung zu beschleunigen.



Fanuc

Japan



KI-gestützte kollaborative Roboter im Holzverarbeitungsbereich automatisieren Aufgaben wie Schleifen, Fräsen und Handhabung und verbessern Präzision, Qualität und Sicherheit, indem sie die Belastung des Menschen durch Staub und Gefahren minimieren. Durch die AIoT-Integration überprüfen Roboter die Qualität in Echtzeit, lernen aus Ergebnissen und optimieren Prozesse, was die Produktivität steigert und intelligentere, adaptive und effizientere Fertigungsprozesse ermöglicht.



Pressac Communications Ltd

Vereinigtes Königreich



Energieverbrauchsverfolgung und -management: Nachhaltigkeit wird aufgrund der Verbrauchernachfrage und strengerer Vorschriften schnell zu einer geschäftlichen Priorität für Hersteller. Deshalb können wir einen strategischen Wandel hin zu saubereren und umweltfreundlicheren Betrieben erwarten, wie beispielsweise den Einsatz erneuerbarer Energien, recycelbaren Materialien, Emissionsreduzierungen, übermäßige Verpackungen und Wasserverbrauch. Der Energieverbrauch wird durch die Nutzung der energieeffizientesten Optionen für vernetzte Geräte minimiert. Die Überwachung und das Management des Energieverbrauchs mit AIoT in Produktionsstätten können dabei helfen, Muster zu erkennen und anomale Energielecks zu reduzieren, Energiespitzen zu verfolgen, Möglichkeiten zur Reduzierung von Energieverschwendung zu untersuchen und besser zu verstehen, wie jede industrielle Anlage zum Gesamtenergieverbrauch beiträgt.



1



Implementierungsschwierigkeiten: **Gering**

Wirtschaftliche Rentabilität: **Hoch**

Die Entwicklung von IoT und Konnektivität



Beschreibung

IoT, oder das Internet der Dinge, ist ein Netzwerk physischer Objekte – „Dinge“ –, das mit Sensoren, Software und anderen Technologien eingebettet ist und es ihnen ermöglicht, Daten mit anderen Geräten und Systemen über das Internet zu verbinden und auszutauschen. Im Grunde geht es darum, Alltagsgegenstände mit dem Internet zu verbinden, ihnen zu ermöglichen, Daten zu sammeln, zu teilen und darauf zu reagieren. Beim IoT geht es aber nicht nur um Hardware und Konnektivität. Das IoT ermöglicht viele neue Warendienstleistungen, verwandelt Häuser in intelligente Ökosysteme und prägt, wie Unternehmen ihr Geschäft ausrichten.

1 IoT verwandelt Häuser in intelligente Ökosysteme (Quelle: Codiant)

Hier ist eine Aufschlüsselung der Elemente, die für IoT entscheidend sind:

- **Verbundene Objekte:** IoT umfasst eine breite Palette von Haushaltsgeräten oder vernetzten Objekten, von Haushaltsgeräten wie Thermostaten, Beleuchtungssystemen und Sprachassistenten bis hin zu Wearables und intelligenten Hausalarmanlagen. Diese Geräte bilden die physische Schicht des IoT-Ökosystems und interagieren mit Nutzer:innen und Umwelt.
- **Sensoren:** Diese Geräte sind mit eingebauten Sensoren ausgestattet, die Daten aus ihrer Umgebung (wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Bewegung, Licht, CO₂-Werte oder Belegung) erfassen. Diese Rohdaten bilden die Grundlage für kontextbezogene Anwendungen, die eine intelligente Automatisierung und Steuerung ermöglichen.
- **Gateways und Kommunikation:** Die von Sensoren gesammelten Daten werden über Kommunikationsprotokolle wie WLAN, Zigbee, Bluetooth, LoRaWAN oder NB-IoT übertragen. Die Gateways fungieren als Vermittler, die diese Daten aggregieren und vorverarbeiten, bevor sie an die Cloud oder lokale Server gesendet werden.
- **Datenverarbeitung und Analyse:** Nach der Übertragung werden die Daten in der Cloud oder am Edge verarbeitet. KI- und Machine-Learning-Algorithmen analysieren die Informationen, um Muster zu erkennen, Nutzerverhalten vorherzusagen und Automatisierung zu ermöglichen.
- **Steuerungssysteme und Schnittstellen:** Die Nutzer:innen interagieren über Dashboards, die Echtzeitsteuerung, Überwachung und Konfiguration der Geräte bieten, mit dem IoT-Ökosystem.

- **Dienstleistungen und Anwendungen:** Letztlich ermöglicht das IoT eine breite Palette von Dienstleistungen wie vorausschauende Wartung, Energieoptimierung, Gesundheitsüberwachung sowie erhöhten Komfort und Sicherheit.

Da die Internet der Dinge (IoT)-Technologie immer enger in alltägliche Systeme, Lebensstile und Unternehmen integriert wird, entsteht ein größerer Bedarf an Cybersicherheit. Die Cybersicherheitstechnologie für Internet-of-Things-(IoT)-Geräte ist aufgrund der zunehmenden Anzahl vernetzter Geräte und der von ihnen verarbeiteten sensiblen Daten von entscheidender Bedeutung. IoT-Geräte, von intelligenten Haushaltsgeräten bis hin zu industriellen Sensoren, sind aufgrund begrenzter Rechenleistung, fehlender integrierter Sicherheitsfunktionen und der Komplexität von IoT-Ökosystemen oft anfällig für Cyberbedrohungen. Nachfolgend sind die wichtigsten Cybersicherheitstechnologien und -praktiken aufgeführt, die darauf ausgelegt sind, IoT-Geräte zu schützen.

2 IoT-Gerätetypen (Quelle: Istock)

Ab August 2025 werden neue europäische Vorschriften vorschreiben, dass alle IoT-Geräte (einschließlich Geräte, die WLAN oder Bluetooth verwenden) strengen Cybersicherheitsstandards entsprechen. Die Hersteller müssen die Gerätesicherheit während des gesamten Produktlebenszyklus gewährleisten. Dies umfasst eine klare Offenlegung von Schwachstellen, definierten Unterstützungsperioden und der Verwendung einzigartiger oder benutzerdefinierter Passwörter, um Risiken durch Standardzugangsdaten zu vermeiden. Sicherheitsfunktionen wie Secure Boot, Firmware-Validierung, PKI-basierte Authentifizierung und optionale Multi-Faktor-Authentifizierung (MFA) helfen dabei, unbefugten Zugriff zu verhindern.

3 IoT-Geräte zu Hause (Quelle: AdobeStock)

Der Schutz von Daten und Netzwerkverbindungen ist ein wesentlicher Bestandteil der Gewährleistung einer sicheren Nutzung von intelligenten Geräten. Dies bedeutet, sicherzustellen, dass zwischen den Geräten gesendete Informationen privat bleiben und von anderen nicht gelesen oder geändert werden können. Diese Schutzmaßnahmen sind besonders wichtig für IoT-Geräte, die oft in Smart Homes zu finden sind, wo Sicherheitstools wie geschützte Verbindungen und Software-Updates dazu beitragen, die Systeme aktuell und sicher zu halten.

4 Smarthub Home IoT-Ökosystem (Quelle: AEOTEC)

5 IoT-Dashboard (Quelle: AdobeStock)

Die Entwicklung von IoT und Konnektivität



Anwendung

Das IoT verändert unsere Umwelt, indem es neue Wege zur Verwaltung von Anlagen ermöglicht, die Effizienz steigert und durch Datenanalyse bessere Erkenntnisse liefert. IoT-Anwendungen umfassen, sind aber nicht beschränkt auf:

- **Smart Homes:** Sprachassistenten, automatisierte Staubsauger, Thermostate und Aktoren.
- **Umweltüberwachung:** Temperatur und Luftfeuchtigkeit, IAQ (CO₂, VOCs...)
- **Sicherheit:** Intelligente Kameras, Bewegungsmelder und Schlösser bieten Echtzeitüberwachung und Warnungen, was die Sicherheit im Haus erhöht.
- **Messgeräte:** Dies umfasst intelligente Messgeräte für Strom, Wasser und Gas, die zusätzlich zu den von Lieferanten verwalteten Messgeräten installiert werden können.
- **Intelligente Geräte:** IoT-fähige Geräte wie intelligente Kühlschränke, Öfen und Geschirrspüler können aus der Ferne gesteuert werden und bieten Funktionen wie Rezeptvorschläge und automatisierte Bestellungen.
- **Wearables:** Fitness-Tracker, Smartwatches und andere Gesundheits- und Wellness-Geräte.
- **Intelligente Gebäude:** Überwachung von Belegungs- und Menschenfluss, Zugangskontrolle und Energieeinsparung sowie weitere Anwendungen.
- **Vernetzte Autos:** Parkplatzbelegung, Fernsteuerung und Selbstbedienungs-Terminvereinbarung sind einige der Anwendungsbereiche.
- **Standort und Verfolgung:** sowohl von Personen als auch von Waren.

6 **Temperaturregler und mobiles Steuerungsdashboard** (Quelle: EVEHOME)

Über einzelne Gerätefunktionen hinaus ermöglichen IoT-Systeme eine kontinuierliche Datenüberwachung, -erfassung und -verarbeitung in Echtzeit, was vorausschauende Erkenntnisse und adaptives Verhalten ermöglicht. Diese Geräte interagieren häufig mit cloud-basierten Plattformen oder Edge-Computing-Einheiten, die Sensordaten analysieren, autonome Entscheidungen treffen oder Warnungen auslösen. Steuerungssysteme und mobile Apps bieten den Nutzer:innen zentralen Zugriff zu Konfiguration, Verwaltung und Visualisierung

von IoT-Operationen aus der Ferne. Diese bidirektionale Kommunikation zwischen vernetzten Geräten und Steuerungsinfrastrukturen ermöglicht reaktionsfähigere Umgebungen und unterstützt Automatisierung, Energieeffizienz und Sicherheit.



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Gering

IoT-Elektronik für Endverbraucher:innen muss sowohl für den Integrator als auch für Endnutzer:innen einfach zu installieren und zu bedienen sein. Manchmal schätzen die Hersteller Bequemlichkeit oder stellen die Sicherheit in den Vordergrund. Es sollte jedoch nicht notwendig sein, sich für das eine oder das andere zu entscheiden. Die Sicherstellung von Datengenauigkeit, Sicherheit und Datenschutz ist entscheidend für den Erfolg vernetzter Sensorinitiativen. Robuste Cybersicherheitsmaßnahmen sind unerlässlich, um sensible Informationen zu schützen und unbefugten Zugriff zu verhindern. Gesetzliche Vorgaben werden die Hersteller dazu zwingen, der Cybersicherheit mehr Aufmerksamkeit zu widmen, und sie werden sicherlich in der Lage sein, die Implementierungsschwierigkeiten gering zu halten.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Hoch

Die Implementierung von Netzwerksensoren-Technologie in großem Maßstab erfordert oft erhebliche Investitionen in Sensoren, IoT-Geräte, Software, Infrastruktur und qualifiziertes Personal. Für kleine und mittlere Implementierungen ist IoT jedoch bereits eine ausgereifte Technologie mit nachgewiesener Investitionsrendite.

■ Menschliche Faktoren

Die Einführung von IoT schreitet im Verbraucherbereich rasant voran, insbesondere durch mit Smartphones verbundene oder sprachgesteuerte Geräte. Diese Technologien werden im Alltag immer allgegenwärtiger – von smarten Thermostaten und Beleuchtung bis hin zu Sicherheitssystemen und Luftqualitätssensoren.

2



3



4



5



Für Hersteller stellt die Integration vernetzter Sensoren in Möbel- oder Wohnräume einen Paradigmenwechsel dar: Sie verwandelt einmalige Verkäufe in kontinuierliche Servicemodelle, deren Einnahmen aus datenbasierten Dienstleistungen wie vorausschauender Wartung, Fernüberwachung oder Nutzeranalysen stammen.

Die Implementierung von IoT-Systemen im großen Maßstab erfordert eine bedeutende kulturelle und organisatorische Transformation. Unternehmen müssen sich hin zu einer datengetriebenen Denkweise entwickeln und eine funktionsübergreifende Zusammenarbeit zwischen IT, Produktdesign und Kundenservice fördern.

Um Akzeptanz und Benutzerfreundlichkeit sicherzustellen, muss die Personalabteilung in die Weiterbildung von Arbeitskräften in Bereichen wie Datenkompetenz, Interaktion mit Benutzeroberflächen und Cybersicherheitsprotokollen investieren. Auch Bediener:innen und Unterstützungspersonal sollten darin geschult werden, Sensordaten zu interpretieren und angemessen zu reagieren.

Darüber hinaus steigern partizipative Designansätze – bei denen die Arbeitskräfte an der Erprobung und Verbesserung intelligenter Systeme beteiligt sind – die Eigenverantwortung und Akzeptanz. Ethische Aspekte wie Datenschutz, Grenzen der Arbeitskräfteüberwachung und algorithmische Transparenz sollten im Dialog mit den Arbeitskräften proaktiv behandelt werden.

Kurz gesagt, sind menschliche Akzeptanz, Vertrauen und digitale Kompetenz entscheidend für eine erfolgreiche IoT-Implementierung.

■ Umweltfaktoren

Die Implementierung vernetzter Sensoren spielt eine Schlüsselrolle bei der Verringerung des CO₂-Fußabdrucks, der Minimierung von Abfall und der Steigerung der Energieeffizienz. IoT-Geräte können durch Echtzeitüberwachung, Automatisierung und optimiertes Energiemanagement den Energieverbrauch zu Hause erheblich senken. Darüber hinaus dienen vernetzte Sensoren als Grundlage für vorausschauende Wartung, verlängern die Lebensdauer von Geräten wie Kesseln oder Klimaanlage und minimieren unnötige Eingriffe.

Ihr ökologischer Fußabdruck wächst jedoch schnell aufgrund der Verbreitung von eingebetteter Elektronik, kontinuierlichem Datenaustausch und Infrastrukturbedürfnissen.

Auf Hardwareebene umfassen IoT-Geräte Sensoren, Mikrocontroller, Kommunikationsmodule (z. B. WLAN, Bluetooth, LTE) und Batterien. Diese Komponenten bestehen typischerweise aus seltenen Erden, Kupfer, Lithium, Kobalt und technisch hergestellten Polymeren, die alle erhebliche Umweltauswirkungen haben. Die Miniaturisierung und Integration von Elektronik verbessert zwar die Funktionalität, behindert jedoch oft die Demontage und das Recycling, was zu Bedenken hinsichtlich Elektroschrott (E-Schrott) führt.

Die Fertigungsphase von IoT-Geräten ist energieintensiv und umfasst die Herstellung von Halbleitern und Leiterplatten und die Montage in kontrollierten Umgebungen. Viele Geräte sind kostengünstig und als Einwegprodukte mit kurzer Produktlebensdauer (2–5 Jahre) konzipiert, was ihre Umweltbelastung weiter verstärkt. Darüber hinaus führt die globale Dimension des IoT dazu, dass selbst kleine Auswirkungen pro Gerät zu erheblichen aggregierten Effekten führen.

Während der Betriebsphase verbrauchen die meisten IoT-Geräte einzeln nur minimale Energie. Allerdings ist ihr kumulierter Strombedarf erheblich, insbesondere wenn man ihn auf Millionen von Knoten hochrechnet. Neben der Leistung, die für den Betrieb von Geräten benötigt wird, erfordern Datenübertragung, Cloud-Speicherung und Analysen eine umfangreiche digitale Infrastruktur.

Viele IoT-Systeme sind cloudabhängig und übertragen Sensordaten zur Verarbeitung an zentrale Server. Dies erhöht den ökologischen Fußabdruck, insbesondere wenn kontinuierlich Daten von geringem Wert oder redundante Daten übertragen werden.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Die Implementierung von vernetzten Sensoren in einer Fabrik erfordert die Einhaltung mehrerer Vorschriften und Normen in Bezug auf Datensicherheit, Interoperabilität, Umweltauswirkungen und spezifische Anforderungen. Nachfolgend einige wichtige regulatorische Aspekte:

- Die in Artikel 3(3), Buchstabe (d) der **Richtlinie 2014/53/EU** festgelegte wesentliche Anforderung gilt für alle Funkgeräte, die selbst über das Internet kommunizieren können, unabhängig davon, ob sie direkt oder über andere Geräte („internetfähige Funkgeräte“).
- **prEN18031-1**: Internetfähige Funkgeräte (Sicherheits- und Netzwerkrisiko)
- **prEN18031-2**: Verschiedene Funkgeräte (Spielzeug, Wearables) (Sicherheits- und Datenschutzrisiko)
- **prEN18031-3**: Funkmanagement von Währungen (Sicherheits- und Finanzrisiko)
- **DSGVO (Datenschutzverordnung – EU)**: Regelt die Erhebung, Verarbeitung und Speicherung von Daten und gewährleistet den Datenschutz personenbezogener und industrieller Daten.
- **ISO/IEC 27001**: Internationale Norm für Informationssicherheitsmanagement.

6





Lösungen



Fiware-Middleware-Plattform

Nivid Technologies

Vereinigte Staaten ↔

FIWARE ist eine Open-Source-Plattform, die die Entwicklung intelligenter Anwendungen unter Verwendung offener Standards und fortschrittlicher Technologien unterstützt. Sie verbessert die Interoperabilität, fördert Innovationen, senkt Kosten und verbessert öffentliche Dienstleistungen. Proprietäre Lösungen wie die Smart-City-Plattform von Telefónica bauen auf dem Kern von FIWARE auf – indem sie APIs, gemeinsame Datenmodelle und Echtzeit-Datenaustausch nutzen, um nahtlose Kompatibilität zu gewährleisten.



Abstimmung der Produkte des Herstellers auf das Smart-Home-IoT-Ökosystem

Open Home Foundation

Neuseeland ↔ ↔ ↔ ↔

Home Assistant ↔, Google Home ↔, Apple HomeKit ↔, Tuya Home ↔, Samsung SmartThings ↔... Diese Unternehmen entwickeln nicht nur Produkte; sie entwickeln IoT-Ökosystemmarken, die Bequemlichkeit, Sicherheit und Effizienz bieten. Die Vernetzung zwischen den Dingen bedeutet, dass sich die Nutzer:innen nicht mehr mit dem Zugriff auf ein einzelnes Produkt/eine einzelne Dienstleistung zufrieden geben, sondern beginnen, eine szenariobasierte ganzheitliche Lösung zu fordern.



Neue IP-basierte, energiesparende Konnektivitätsprotokolle für Smart Home

Thread-Gruppe

Vereinigte Staaten ↔

Früher war WLAN für batteriebetriebene IoT-Geräte ineffizient, aber WLAN 6 führte Funktionen wie Target Wake Time (TWT) ein, um den Stromverbrauch zu reduzieren. Dies ermöglichte neue IoT-Protokolle ohne zusätzliche Hardware. Thread, ein energiesparendes Mesh-Protokoll, bietet sichere und skalierbare Kommunikation. Matter, das von großen Technologieunternehmen eingeführt wurde, baut auf Thread und WLAN auf, um nahtlose Interoperabilität von Smart-Home-Geräten sicherzustellen. ▶



IoT-Lösung für Sicherheit in Wohn- und Arbeitsumgebungen

Netmamo

Frankreich ↔

Der Netatmo Smart-Rauchmelder ist ein eigenständiger, WLAN-fähiger Rauchmelder, der Echtzeit-Benachrichtigungen auf Ihr Smartphone liefert. Er verfügt über einen leistungsstarken photoelektrischen Sensor, der bei Nachweis von Rauch einen 85-dB-Alarm auslöst. Mit einer Akkulaufzeit von 10 Jahren entfallen häufige Batteriewechsel. Das Gerät verfügt außerdem über eine Selbsttestfunktion, die Batterie, Sensor und WLAN-Verbindung überwacht und Sie über eventuelle Probleme informiert. Die Installation ist unkompliziert und integriert sich nahtlos in die Home + Security -App, die sowohl mit iOS- als auch Android-Geräten kompatibel ist.



Schnellentwicklungsrahmen

Blynk Technologies Inc.

Vereinigte Staaten ↔

Blynk ist eine Low-Code-IoT-Plattform, die die Produktentwicklung durch Drag-and-Drop-App-Builder, Gerätemanagement und Cloud-Infrastruktur beschleunigt. Sie unterstützt schnelles Prototyping, plattformübergreifende Hardware und nahtlose Integration und ermöglicht schnelle, skalierbare IoT-Lösungen mit minimaler Programmierung.



IoT-Sensoren und -Geräte

TEKTELIC Communications

Kanada ↔

TEKTELIC entwickelt und fertigt LoRaWAN-fähige® IoT-Geräte, die Umwelt- und Betriebsdaten in umsetzbare Erkenntnisse umwandeln. Ihre Sensoren können eine Reihe von Parametern wie Temperatur, Bewegung, Luftqualität und Gerätestatus sowohl im Innen- als auch im Außenbereich überwachen. Diese Geräte werden in Anwendungen wie der Anlagenverfolgung, Umweltüberwachung und der Optimierung der Gebäudeeffizienz eingesetzt.



Beispiele



Ojmar
Spanien



Intelligente IoT-Verriegelungssysteme: OJMAR, ein Unternehmen mit über 90 Jahren Erfahrung in der Herstellung von Möbelschlössern, hat sich von der Herstellung langlebiger mechanischer Schlösser hin zu IoT-fähigen elektronischen Lösungen entwickelt. Anfangs konzentrierte es sich auf einmalige Verkäufe, generiert es nun Einnahmen durch Wartung, Software und Datenanalyse. OJMAR bedient 24-Stunden-Sportzentren und nutzt IoT für vorausschauende Wartung und Nutzerdaten, um Servitisierung und digitale Transformation voranzutreiben.



Ikea
Schweden



IoT-integrierte Möbel (Produkt und Service): Der IKEA STARKVIND-Tisch verfügt über einen eingebauten Luftfilter, der Staubpartikel, Allergene und Schadstoffe aus der umgebenden Luft entfernt und so zu einer sauberen und gesünderen Atmosphäre in dem Raum beiträgt, in dem der Tisch steht. Er verfügt über einen Partikelfilter, der optimiert wurde, um etwa 99,5 % der Partikel in der Luft zu filtern.



Ori Living
Vereinigte Staaten



Erweiterbare Wohnungen mit robotischen Möbeln: Ori Living wurde von Hasier Larrea gegründet und macht die Umgestaltung von Räumen mit seinem Plug-and-Play-Toolkit mühelos. Architekten und Entwickler können so innovativere, flexiblere und wünschenswertere Wohnumgebungen gestalten. Ori führt ein dynamisches Entwicklungsmodell ein, das die Bedürfnisse von Mieter:innen und Entwickler:innen besser aufeinander abstimmt – und so den Weg für ein anpassungsfähiges und intuitives Leben ebnet. Gestützt auf ein Jahrzehnt Innovation, tausende von realen Installationen und Wurzeln in der MIT-Forschung bieten die firmeneigenen Robotersysteme von Ori eine bewährte Designlösung. Sie geben Architekten die Tools an die Hand, um transformative -Wohnerlebnisse und raumerweiternde Wohnungstypen zu schaffen, die sich nahtlos in jede Bauart integrieren.



Morfeus (in Zusammenarbeit mit Cosmob)

Italien



Intelligente Lösungen für Schlafqualität: Die italienische Marke Morfeus hat in Zusammenarbeit mit Cosmob, dem Technologischen Zentrum für die Holz- und Möbelbranche, eine innovative Matratze entwickelt, die mit fortschrittlichen Sensoren integriert ist, um wichtige Parameter zu überwachen, die die Schlafqualität beeinflussen. Konkret erfassen in die Matratze eingebettete Sensoren Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Schlafphasen, während externe Sensoren, die mit dem System verbunden sind, Umweltfaktoren im Schlafzimmer wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftqualität, Helligkeit und Lärm messen. Alle gesammelten Daten werden über eine spezielle Smartphone-App analysiert und den Nutzer mitgeteilt, die personalisierte Ratschläge und Vorschläge zur Verbesserung der Schlafqualität bietet.



Autonomous
Vereinigte Staaten



Autonomer, Ki-betriebener Schreibtisch: Der Autonomous Desk ermöglicht eine automatische Höhenanpassung und fördert so gesündere Arbeitsgewohnheiten. Während einer anfänglichen Kalibrierungsphase stellten die Nutzer:innen manuell die bevorzugte Sitz- und Stehhöhen ein. Der Schreibtisch speichert diese Daten, um personalisierte Bewegungsmuster festzulegen. Nach der Konfiguration wechselt der Schreibtisch je nach erlerntem Nutzerverhalten zwischen Sitz- und Stehposition, mit dem Ziel, die Sitzzeit während des Arbeitstags zu reduzieren. Sobald die Anwesenheit des Benutzers am Morgen erkannt wird, passt er sich automatisch auf die voreingestellte Stehhöhe an. Wird längeres Sitzen festgestellt, gibt das System eine Aufforderung aus, die Nutzer:innen zum Aufstehen aufregt. Regelmäßige Variationen der Körperhaltung können zu einer verbesserten Ergonomie und langfristigen gesundheitlichen Vorteilen beitragen.



Eight Sleep
Vereinigte Staaten



Intelligente Matratze mit KI-Sensoren und Gesundheitsüberwachungstechnologien: Der EightSleep Pod nutzt IoT- und KI-gestützte Sensoren, um Gesundheitsdaten in Echtzeit zu erfassen, Krankheitswarnungen vorherzusagen und Temperatur- und Höhenregelung anzupassen. Dadurch hebt es sich durch immersive Schlafoptimierung, Smartphone-basierte Überwachung und automatische Anpassungen für personalisierten Schlaf ab, was bei herkömmlichen Produkten nicht möglich ist.



Beschreibung

Grundlagenmodelle zur Bilderzeugung stellen eine fortgeschrittene Kategorie im Bereich der generativen künstlichen Intelligenz dar. Sie sind das Ergebnis der Entwicklung tiefer neuronaler Netzwerke (Deep Learning) und maschineller Lerntechniken, die auf visuelle Generierung ausgerichtet sind. Diese Technologie ermöglicht es den Nutzer:innen, kreative Prozesse zu optimieren und zu beschleunigen und so hochwertige Ergebnisse zu liefern. In der Möbelbranche hat sie das Potenzial, sich zu einem intelligenten kreativen Assistenten für Designer, Innenarchitekten und andere an der Entwicklung und Personalisierung von Produkten beteiligte Berufsgruppen zu entwickeln. ¹

Die Ursprünge der KI-basierten Bildgenerierung liegen in wichtigen Fortschritten im letzten Jahrzehnt. Es begann 2014 mit der Einführung von Generative Adversarial Networks (GANs) durch Ian Goodfellow, gefolgt von Modellen wie StyleGAN, BigGAN und Diffusionsmodellen, die in der Lage sind, realistische Gesichter, Bilder und Videos aus Eingaben wie Text, Skizzen, Audio oder strukturierten Daten zu erzeugen.

Ein Wendepunkt kam 2021 mit DALL·E 1, dem ersten multimodalen generativen Modell von OpenAI, das brauchbare Ergebnisse bei der Umwandlung von Text in Bilder erzielt. Dies markierte die Konsolidierung einer Technologie, die jahrelang nur begrenzte Ergebnisse erzielt hatte und erweiterte die Möglichkeiten von Design, Kommunikation und räumlicher Ideenfindung erheblich.

Im Jahr 2022 wurde die Technologie mit der Einführung von DALL·E 2, das eine verbesserte Ausgabequalität bot, sowie anderen Modellen wie Imagen (Google), Stable Diffusion (Open Source) und Midjourney einem breiteren Publikum zugänglich. Im Laufe der Jahre 2022 und 2023 entstanden neue Techniken wie LoRA (Low-Rank Adaptation), die effizientes Training ermöglicht, sowie Tools wie ControlNet, img2img und Inpainting/Outpainting, die eine größere Kontrolle über Kompo-

1



2



3



4



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel-hoch**

Generative KI für individuelles Design und schnelles Prototyping

sition, Details und Leinwanderweiterung ermöglichen. Plattformen wie ComfyUI bieten auch visuelle Umgebungen für die Arbeit mit komplexen Workflows auf Modellen wie Stable Diffusion oder Flux. ²

Der Hauptgrund für den Boom dieser Tools ist nicht allein die Technologie selbst. Dank erschwinglicher, mäßig komplexer Tools haben Nutzer:innen nun Zugang zu Funktionen, die zuvor auf Forschungskontexte beschränkt waren. Neben der Erweiterung des Angebots schaffen neue Tools und Techniken eine Nutzer-Community, die mit Modellen experimentiert, diese anpasst und für spezifische Anwendungsfälle personalisiert.

Es gibt bereits mehrere kommerzielle Lösungen, die auf diesen Modellen basieren, von visuellen Plattformen – wie Freepik oder Krea AI –, die neue Geschäftsmodelle mit dieser Technologie erkunden bis hin zu Integrationen in branchenübliche Tools wie Autodesk Revit (mit Veras) oder SketchUp (mit SketchUp Diffusion). Dies ermöglicht es Unternehmen, das Potenzial der generativen KI zu nutzen, ohne ihre Arbeitsabläufe zu stören, was die Einführung erleichtert und die Lernkurve verkürzt. ³

Generative Bild-KI bietet der Möbelbranche eine neue Möglichkeit, Konzepte in den frühen Phasen des kreativen Prozesses zu erforschen und zu visualisieren. Von der Erstellung von Moodboards und Prototypen bis hin zur Materialsimulation ermöglicht es eine schnelle Iteration über mehrere Alternativen hinweg, was Zeit und Betriebskosten reduziert.

Darüber hinaus treiben multimodale generative Modelle das voran, was als Augmented Creativity bekannt ist: eine fließende Zusammenarbeit zwischen Designer:innen und künstlicher Intelligenz. Während die KI visuelle Varianten, unerwartete Ideen oder spezifische Anpassungen vorschlägt, bleibt der Fachmann auf strategische Entscheidungsfindung fokussiert.

In den folgenden Abschnitten werden die Anwendungen und Auswirkungen dieser Technologie auf die Möbelbranche näher beleuchtet, wo sie als hochwertiges Tool positioniert ist, das die operative Effizienz steigert, kreative Innovation fördert und strategische Entscheidungen während des gesamten Design- und Produktprototypingprozesses unterstützt.



Anwendung

In der Möbelbranche hilft generative KI, wichtige Aufgaben im Design- und Produktprototypingprozess wie das Erstellen visueller Varianten, das Überprüfen von Prototypen oder die Erstellung visueller Dokumentation zu vereinfachen. Dies steigert die operative Effizienz und unterstützt sowohl die kreative als auch die technische Entscheidungsfindung. ⁴

Automatisierte Moodboards für Designkonzepte

Diese Tools ermöglichen es Design- und Produktteams in Möbelfirmen, automatisch Moodboards aus Textbeschreibungen oder visuellen Referenzen zu erstellen. Sie erleichtern die Synthese ästhetischer Trends, Farbpaletten und Materialkombinationen (wie Holz, Textilien, Metalle oder Oberflächen) zu kohärenten visuellen Kompositionen, wodurch Teams aufkommende Markttrends in Echtzeit erkunden können. Sie tragen außerdem zur frühzeitigen Erkennung technischer Einschränkungen oder Kundenpräferenzen bei und verbessern so die Koordination zwischen Design, Produktion und Vertrieb. Dies optimiert nicht nur die Rentabilität in Bezug auf Kosten und Zeit, sondern beschleunigt auch die kreative Entscheidungsfindung, was zu Ergebnissen führt, die besser mit den Erwartungen der Kunden übereinstimmen. ⁵

Visuelle Vorschläge während des Produktprototypings

Von der ersten Erstellung digitaler Skizzen bis hin zu finalen Visualisierungen bieten diese Tools kontinuierliche visuelle Unterstützung während des gesamten Design- und Prototyping-Prozesses neuer Möbellösungen. Die Designer:innen können automatisch mehrere Produktvarianten aus einem einzigen Ausgangskonzept, einer Texteingabe und/oder einem Bild generieren, was die Verhandlung und Validierung von Lösungen mit Kunden sowie kommerziellen oder technischen Abteilungen erleichtert. Diese Anwendung stärkt die abteilungsübergreifende Zusammenarbeit und ermöglicht eine klare und effektive Kommunikation durch konkrete und realistische Produktvisualisierungen.

Material- und Oberflächenauswahl basierend auf spezifischen Kriterien

Die Fähigkeit generativer Modelle, eine Vielzahl von Materialien und Oberflächen präzise zu simulieren, bietet Produktdesigner:innen einen erheblichen Vorteil, da sie nach technischen, funktionalen und ökologischen Kriterien arbeiten können. Mit diesen Tools lässt sich unmit-

Generative KI für individuelles Design und schnelles Prototyping

telbar visualisieren, wie verschiedene Materialien auf ein einzelnes digitales Möbeldesign angewendet werden können. Darüber hinaus können diese Visualisierungen mit relevanten Daten zu Variablen wie CO₂-Fußabdruck, technischer Leistungs- oder Recyclingfähigkeit bereichert werden. Dies unterstützt eine fundierte Entscheidungsfindung und ermöglicht die Erstellung von Vorschlägen, die nicht nur ästhetisch ansprechend sind, sondern auch Nachhaltigkeits-, Funktionalitäts- und Machbarkeitskriterien für die Herstellung erfüllen.

Immersive virtuelle Erlebnisse zur Prototypenvalidierung

Die Kombination von generativer KI mit immersiven Visualisierungstechnologien – wie Virtual und Augmented Reality – stellt ein aufkommendes Anwendungsfeld mit großem Potenzial für die Möbelbranche dar. Die Schaffung immersiver virtueller Umgebungen ermöglicht eine Prototypenvisualisierung im Kontext und ermöglicht Echtzeit-Anpassungen an Oberflächen oder räumlichen Layouts. Dies erleichtert agile und gut informierte technische und ästhetische Entscheidungen. Virtuelle Prototypen optimieren den Zeit- und Kostenaufwand für die Erstellung physischer Modelle und verbessern die Kommunikations- und Verhandlungsfähigkeit mit Kunden und Produktionsteams erheblich. ⁶

Automatisierung der visuellen technischen Dokumentation

Sich wiederholende Aufgaben bei der Erstellung von visuellen technischen Datenblättern, detaillierten Plänen und finalen Renderings können mit generativen Tools automatisiert werden. Dies ermöglicht es Designer:innen, sich auf wertvollere kreative Aufgaben wie die visuelle Entwicklung neuer Lösungen, Stilerkundung oder die Anpassung von Kundenangeboten zu konzentrieren. Die Automatisierung verbessert nicht nur die visuelle Konsistenz und beschleunigt die Erstellung grafischer Dokumentationen, sondern erweitert auch die Kapazität des Teams, visuelle Assets zu generieren, die das Projekt bereichern und in jeder Phase des Designprozesses für Differenzierung sorgen.



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Mittel

Der Einsatz generativer KI-Tools wie Krea oder VIZCOM ist kostengünstig und ermöglicht es Teams, ohne größere Hürden mit visuellen Prototypen zu arbeiten. Der Schwierigkeitsgrad steigt mit kundenspezifischen Entwicklungen und spezialisierteren Umgebungen wie Stable Diffusion, die einen höheren technischen und finanziellen Aufwand erfordern. Darüber hinaus stellt die Integration dieser Tools in bestehende Arbeitsabläufe Herausforderungen innerhalb des Unternehmens dar. Es ist daher unerlässlich, organisatorische Transformationen zu fördern, die den Widerstand gegen Veränderungen reduziert, Teams darin schult, diese Tools zu nutzen, effektive Prompts zu formulieren und kreative Experimente zu fördern.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel-hoch

Der erforderliche Investitionsaufwand hängt von der Art der Lösung ab: Die Nutzung bestehender Tools ist kostengünstig, während eine individuelle Entwicklung höhere Anfangsinvestitionen erfordert. Dennoch kann die Kapitalrendite (ROI) dank beschleunigter kreativer Prozesse und eines geringeren Bedarfs an physischen Möbelprototypen erheblich sein, was den Zeit- und Materialaufwand senkt. Es gibt flexible Optionen – von internen Lösungen bis hin zu externen Dienstleistungen –, die es ermöglichen, die Ausgaben an den digitalen Reifegrad und die internen Fähigkeiten jedes Unternehmens anzupassen.

■ Menschliche Faktoren

Die Integration generativer KI in kreative Arbeitsabläufe eröffnet neue Möglichkeiten für Fachpersonal, sich auf höherwertige Aufgaben zu konzentrieren. Diese Tools automatisieren sich wiederholende Arbeiten wie die Erstellung visueller Varianten oder grafische Dokumentationen, wodurch Designer:innen Zeit haben, innovative Lösungen zu erkunden, mit neuen Stilen zu experimentieren oder Vorschläge an spezifische Kontexte anzupassen. Sie ermöglichen auch einen flüssigen Dialog zwischen Designer:in und Maschine, bei dem die KI als Mitentwickler fungiert: Sie schlägt vor, passt an und visualisiert, während der Mensch strategische Entscheidungen trifft, die besten Optionen auswählt und diese mit Urteilsvermögen verfeinert. Dieser kollaborative Ansatz steigert nicht nur die Produktivität, sondern fördert auch die angewandte Kreativität und die Gesamtqualität der Endergebnisse.

Allerdings müssen mehrere Herausforderungen bewältigt werden, um diese Technologie effektiv zu integrieren. Erstens müssen Unternehmen einen kulturellen Wandel

fördern, der KI als vertrauenswürdigen Co-Piloten und nicht als Konkurrenten positioniert.

Dies umfasst strukturierte Schulungen in den Bereichen Prompt Engineering, kritische Interpretation generierter Inhalte und die Entwicklung visueller Kompetenz zur Bewertung von KI-gestützten Ergebnissen.

Ebenso wichtig ist die Auseinandersetzung mit ethischen Implikationen: Gewährleistung von Transparenz hinsichtlich der Fähigkeiten und Grenzen des Modells, die Klärung der Urheberschaft von KI-generierten Assets sowie die Dokumentation von Herkunft und Nutzung von Trainingsdaten.

Es könnten auch neue Rollen wie „KI-Designstrategie“ oder „Prompt-Kurator“ entstehen, die hybride Fähigkeiten erfordern, welche kreative Leitung mit KI-Kompetenzen verbinden.

Schließlich ist offene Kommunikation zwischen den Personal-, Design- und IT-Teams der Schlüssel zur Schaffung eines sicheren und ansprechenden Einführungsprozesses, bei dem Feedback, Experimente und kontinuierliches Lernen gefördert werden.

Eine verantwortungsvolle, menschenzentrierte Implementierung stellt sicher, dass KI kreative Experten unterstützt – und nicht ersetzt –, wodurch seine Relevanz und Wirkung in einem digital transformierten Designprozess gestärkt werden.

■ Umweltfaktoren

Wenn sie auf Möbel- und Innenarchitektur angewandt wird, kann generative KI die Umweltbelastung kreativer und Produktionsprozesse erheblich verringern. Die digitale Validierung von Konzepten, Prototypen und Materialien vor der Herstellung reduziert Abfall, der durch Fehler oder unnötige Tests verursacht wird, und vermeidet die Entstehung physischen Abfalls. Diese Technologien ermöglichen zudem die Simulation von Nutzungsszenarien, die frühzeitige Bewertung der Machbarkeit nachhaltiger Konstruktionen und die Optimierung von Produktionsprozessen zur Senkung des Energieverbrauchs. Darüber hinaus eröffnen sie neue Wege zur Integration von Prinzipien der Kreislaufwirtschaft wie Modularität, Reparierbarkeit und Recyclingfähigkeit.

Bestimmte Umweltauswirkungen müssen jedoch überwacht werden. Laut verschiedenen Quellen kann das Training fortgeschrittener Modelle mehr als 500 Tonnen CO₂ erzeugen, und Rechenzentren verbrauchen große

Mengen an Ressourcen – bis zu 216 Millionen Liter Wasser pro Woche zur Kühlung. Darüber hinaus könnte eine rasche Hardware-Veralterung bis 2030 zu geschätzten 5 Millionen Tonnen Elektroschrott führen.

Neben dem Strom- und Wasserverbrauch ist die Herstellung der Hardware selbst – vor allem GPUs und spezialisierte KI-Chips – ressourcenintensiv. Diese Geräte enthalten seltene Erden und Edelmetalle wie Kobalt, Gold und Neodym, was zu Umweltzerstörung und zu Menschenrechtsbedenken im Zusammenhang mit dem Bergbau beiträgt. Das häufige Upgrading der Hardware zur Aufnahme größerer Modelle verschärft das Elektroschrottnproblem (E-Schrott) und verkürzt die Lebensdauer der Geräte.

In diesem Zusammenhang können KI-basierte Tools die Einhaltung der Ecodesign-Verordnung (EU 2024/1781) unterstützen, die die Entwicklung langlebiger und nachhaltiger Produkte fördert. Ebenso kann die Einführung erneuerbarer Energien in Unternehmen, die KI nutzen – gefördert durch die Richtlinie (EU) 2018/2001 – die Umweltvorteile dieser Lösungen weiter verstärken. Darüber hinaus schreibt das ab August 2024 geltende KI-Gesetz eine Bewertung der Umweltauswirkungen von KI vor, was eine verantwortungsvollere und transparentere Einführung fördert. Um diese Technologien umweltverträglich einzusetzen, wird empfohlen, Tools mit geringerem Energiebedarf auszuwählen, deren Nutzung an den tatsächlichen Bedarf anzupassen und interne Kennzahlen zu etablieren, um die ökologischen Auswirkungen im Laufe der Zeit zu überwachen.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

In der Möbelbranche kann generative KI die Einhaltung der CE-Kennzeichnung durch digitale Simulationen unterstützen, die die Konformität vor der Produktion überprüfen – insbesondere bei Produkten, die der Regulierung unterliegen, wie z. B. Kindermöbel oder Gegenstände mit elektrischen Bauteilen. Es ermöglicht außerdem die Erstellung genauer Daten für Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declarations, EPDs), optimiert die Materialauswahl und schätzt den CO₂-Fußabdruck ab, was Unternehmen dabei unterstützt, Normen wie ISO 14025 einzuhalten und die Umweltzertifizierungsanforderungen öffentlicher Ausschreibungen und internationaler Märkte zu erfüllen.

5



6



Generative KI für individuelles Design und schnelles Prototyping



Lösungen



4o Bilderzeugung

OpenAI

Vereinigte Staaten ↔

Das 4o-Modell von OpenAI ermöglicht die Generierung hochrealistischer Bilder aus Textprompts, Skizzen oder Referenzfotos. Es verbessert kreative Arbeitsabläufe, indem es Designer:innen ermöglicht, Konzepte schnell zu visualisieren und Designalternativen ohne traditionelle 3D-Renderings oder Prototypen zu erkunden, wodurch die Ideenentwicklung in frühen Phasen von Möbel- und Produktdesign erheblich beschleunigt wird.



Midjourney-Bildgenerator

Midjourney

Vereinigte Staaten ↔

Midjourney ist ein Text-zu-Bild-Generator, der dafür bekannt ist, stilisierte und künstlerische Bilder aus einfachen Texteingaben zu erzeugen. Es wird von Designer:innen und Kreativen häufig genutzt, um Moodboards, Designatmosphären und ästhetische Konzepte schnell zu visualisieren, was es zu einem effizienten Tool für Brainstorming und frühe Visualisierung in kreativen Branchen wie Möbel- und Industriedesign macht.



Krea.ai Generative Plattform

Krea.ai

Vereinigte Staaten ↔

Krea.ai bietet eine generative Designplattform, die Skizzen, Fotos oder Text in verfeinerte, hochwertige Bilder verwandelt. Das für kreative Fachkräfte zugeschnittene Tool unterstützt schnelle visuelle Ideenfindung und Variantengenerierung, sodass Designer:innen mehrere Möbeldesignideen in Echtzeit testen können und so Innovationen fördern, ohne manuelle Rendering-Prozesse zu benötigen.



KI-gestütztes Rendering-Tool

Rendair

Spanien ↔

Rendair bietet KI-gesteuerte Rendering-Lösungen, die Skizzen, Fotos und Grundrisse in hochwertige visuelle Inhalte umwandeln. Es beschleunigt die Produktentwicklung und Raumplanung, indem es kosteneffiziente, schnelle Prototyping-Alternativen für Möbel- und Innenarchitekturexperten anbietet.



Vizcom AI Prototyping-Tool

Vizcom

Vereinigte Staaten ↔

VIZCOM ist ein KI-gestütztes Tool, das für Produktprototyping durch Echtzeit-Bildgenerierung entwickelt wurde. Durch die Umwandlung von Skizzen oder Text in detaillierte visuelle Darstellungen ermöglicht es Designer:innen, Produktformen und -funktionen schnell zu iterieren. VIZCOM ist besonders nützlich im Industrie- und Möbeldesign und schlägt die Brücke zwischen früher Ideenfindung und verfeinerter Konzeptvisualisierung.



Stabile Diffusion

Stability AI

Vereinigtes Königreich ↔

Stable Diffusion ist ein Open-Source-Bildgenerierungsmodell, das Text oder Bilder in fotorealistische Bilder verwandelt. Seine Flexibilität und Kontrollierbarkeit machen es ideal für die Entwicklung von individuellen Möbel- oder Produktprototypen, da Designer:innen Stile, Materialien und Formen ohne teure Rendering-Tools oder physische Mock-ups iterieren können, was kreative Experimente und Geschwindigkeit fördert.



Furniture Generator

OpenArt AI

Vereinigte Staaten ↔

Der AI-Furniture-Generator von OpenArt AI erstellt realistische Möbelbilder aus Textprompts, Fotos oder Skizzen. Er hilft Designer:innen und Herstellern, Produkte schnell zu visualisieren, senkt die Kosten für Prototyping und beschleunigt den kreativen Prozess im Möbeldesign, indem eine schnelle Konzepterkundung ohne physische Muster ermöglicht wird.



Visualize AI-Plattform

Visualize AI

Indien ↔

Visualize AI bietet eine intuitive Plattform zur Erstellung detaillierter Produkt- und Raumrenderings aus Skizzen, Fotos oder Grundrissen. Es unterstützt Möbel- und Innenarchitekten, indem es das Prototyping vereinfacht und die Erstellung visueller Inhalte beschleunigt, wodurch die Entscheidungsfindung und Kommunikation mit Kund:innen und Stakeholdern verbessert werden.

**KI-Raumrendering-Plattform***Spacely AI**Thailand* ↔

Spacely AI spezialisiert sich auf die Erstellung fotorealistischer Darstellungen von Wohnräumen aus Bildern oder Texten und hilft Designer:innen dabei, Grundrisse und Möbelarrangements zu visualisieren. Sein KI-gesteuerter Ansatz reduziert die Abhängigkeit von traditionellen Rendering-Methoden und spart so Zeit und Kosten bei Innenarchitektur- und Architekturprojekten.

**KI-Agent für Design***Oda AI**Vereinigte Staaten* ↔

Der Oda AI Agent nutzt künstliche Intelligenz, um detaillierte Produkt- und Raumvisualisierungen aus verschiedenen Eingaben, darunter Skizzen und Text, zu erstellen. Er verbessert die Möbel- und Wohnraumbbranche, indem er Prototyping-Prozesse optimiert und eine schnelle Iteration von Designkonzepten ermöglicht.

**Plattform zur Erstellung visueller Inhalte***Presti AI**Vereinigte Staaten* ↔

Presti AI ermöglicht die Generierung realistischer Möbel- und Raumdarstellungen aus Text oder Bildern und unterstützt Designer:innen bei schnellem Prototyping und Visualisierung. Die Plattform optimiert kreative Arbeitsabläufe, indem sie den Bedarf an physischen Mustern und traditionellem Rendering reduziert und so die Effizienz von Designprojekten steigert.

**KI-Rendering-Anwendung***Fermat**Spanien* ↔

Die KI-gestützte App von Fermat erstellt fotorealistische Produkt- und Raumdarstellungen aus Skizzen, Fotos oder Textbeschreibungen. Mit Fokus auf den Möbel- und Innenarchitekturmarkt hilft es dabei, die Prototyping-Zeit und Kosten zu reduzieren und gleichzeitig eine schnelle Konzeptvisualisierung zu ermöglichen.

**Kontextbewusstes****Innenraumumgestaltungstool***Interior AI**Vereinigte Staaten* ↔

Interior AI bietet eine KI-gesteuerte Plattform, die Innenräume neu gestaltet, indem sie Möbel, Stile und Grundrisse basierend auf dem bestehenden Kontext vorschlägt. Sie ermöglicht es den Nutzer:innen, mehrere Einrichtungsszenarien sofort zu erkunden, was Kreativität und Entscheidungsfindung bei Innenarchitekturprojekten fördert.

**KI-Innenarchitekturassistent***RoomGPT**Vereinigte Staaten* ↔

RoomGPT nutzt KI, um auf Grundlage von Nutzerfotos verschiedene Inneneinrichtungsalternativen zu generieren und neue Möbelloyouts und -stile vorzuschlagen. Dieses schnelle und einfache Tool unterstützt Hausbesitzer und Fachleute dabei, verschiedene Einrichtungsoptionen ohne manuelle Überarbeitung zu visualisieren.

**KI-gestützte****Innenraumumgestaltungsplattform***REImagine Home**Kanada* ↔

REImagine Home nutzt KI, um kontextbewusste Lösungen für Innenraumgestaltung anzubieten. Sie schlägt Möbel, Grundrisse und Stile vor, die auf den Raum der Nutzer:innen zugeschnitten sind, und ermöglicht so eine schnelle Erkundung mehrerer Einrichtungsszenarien und unterstützt fundierte Designentscheidungen mit minimalem Aufwand.

**KI-gestütztes Tool zur Material- und Oberflächenauswahl***Polaron AI**Vereinigtes Königreich* ↔

Polaron AI spezialisiert sich auf KI-gestützte Material- und Oberflächenauswahl und optimiert die Auswahl basierend auf ästhetischen, technischen und ökologischen Kriterien. Es ergänzt Innenarchitekturtools, indem es Fachleuten hilft, die besten Materialien für Möbel und Räume auszuwählen, wodurch die Nachhaltigkeit und Designqualität verbessert werden.

Generative KI für individuelles Design und schnelles Prototyping



Beispiele



Kartell

Italien



Eine Möbelkollektion, die vom Kartell-Team in Zusammenarbeit mit generativer KI entworfen wurde und durch die gemeinsame Entwicklung von Mensch und Maschine im Produktdesign neue ästhetische und funktionale Formen erforscht.



Studio Snoop

Australien



Ein Designstudio mit Tilly Talbot, einer virtuellen Designerin, die von generativer KI gesteuert wird. Tilly arbeitet mit dem menschlichen Team zusammen, um neue Möbelstücke zu kreieren, darunter surreale Hocker, die 2023 als Beispiel für die gemeinsame Gestaltung zwischen KI und Designer:innen hergestellt und ausgestellt wurden.



StagenHome

Spanien



Eine Plattform, die auf generativer künstlicher Intelligenz basiert und reale Bilder leerer Räume in dekorierte Vorschläge in verschiedenen Stilen verwandelt. Sie generiert automatisch sowohl die Möbel als auch die Umgebung und bietet realistische Visualisierungen, die es den Nutzer:innen ermöglichen, innerhalb von Sekunden mehrere Designalternativen zu erkunden. Ideal zum Experimentieren mit Layouts, Stilen und Oberflächen, ohne dass manuelle Renderings erforderlich sind.



Juliettes Interiors

Vereinigtes Königreich



Ein Unternehmen, das die mündliche Anfrage eines Kunden durch einen kollaborativen Prozess zum Leben erweckte, der mit KI-generierten Konzepten begann. Diese wurden zu technischen Zeichnungen weiterentwickelt und dann von erfahrenen Kunsthandwerker:innen gefertigt. So entstand ein maßgeschneidertes Esszimmer-Set, das Innovation mit praktischem Design und hochwertiger Handwerkskunst vereinte.



Meridiani

Italien



Eine sich noch in der Entwicklung befindliche generative KI-Plattform für die Innenarchitektur. Das Tool erstellt in Echtzeit individuelle Raumvisualisierungen, hilft Designer:innen und Kund:innen dabei, die frühen Projektphasen zu beschleunigen und zu erleichtern, wobei der Fokus weiterhin stark auf Personalisierung, Kreativität und Nutzererfahrung liegt.



HC28 Cosmo

China



Der TWISTY MINI-Sessel von Roderick Vos für HC28 COSMO wurde von KI-generierten Konzeptbildern inspiriert. Seine kontinuierliche Schleifenform entstand durch die Umsetzung generativer Visualisierungen in physisches Design. Dieses skulpturale Objekt verkörpert den Dialog zwischen künstlicher Intelligenz und menschlicher Kreativität und übersetzt abstrakte, algorithmische Ästhetik in ein verspieltes, ergonomisches Möbelstück.



Paola Lenti

Italien



Paola Lentis „Alma“-Kollektion von 2025 wurde gemeinsam mit Francisco Gomez Paz mithilfe generativer Algorithmen erstellt. Mithilfe von KI werden leichte, mit CNC gefertigte Edelstahlrahmen optimiert, wodurch unbegrenzte individuelle Größen und nachhaltige, polsterfreie Sitze ermöglicht werden. Dies demonstriert Personalisierung im industriellen Maßstab, kürzere Prototypingzyklen sowie reduzierte Material- und Energieverschwendung.



13

1



2



3



4



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel-hoch**

KI-gesteuerte Wissensmanagementsysteme



Beschreibung

Grundlagenmodelle stellen eine der bedeutendsten Innovationen der künstlichen Intelligenz der letzten Jahrzehnte dar. Vor ihrem Aufkommen erforderte die Entwicklung von KI-Lösungen zur Verarbeitung komplexer Texte oder Inhalte das Trainieren von Modellen von Grund auf – ein kostspieliger und zeitaufwändiger Prozess. Dank ihrer Vielseitigkeit und Anpassungsfähigkeit ermöglichen Grundlagenmodelle (wie GPT, PaLM, Claude) Unternehmen, greifbare Ergebnisse mit einem geringeren Anfangsinvestitionsaufwand als bei herkömmlichen KI-Entwicklungen greifbare Ergebnisse zu erzielen. Dadurch wird es einfacher, reale Anwendungsfälle zu erkunden, ohne dass erhebliche Anfangsressourcen benötigt werden.

Insbesondere große Sprachmodelle (Large Language Models, LLMs) sind zu einer Eckpfeiler-Technologie innerhalb der Basismodelllandschaft geworden. Diese Modelle wurden mit riesigen Textmengen trainiert und sind in der Lage, menschenähnliche Texte zu verstehen, zu verarbeiten und zu generieren, kohärente Inhalte zu erzeugen und sich an eine Vielzahl von Kontexten anzupassen. In Kombination mit anderen KI-Techniken ermöglichen diese Lösungen eine schnelle, dialogorientierte und präzise Interaktion mit Unternehmensdokumenten – unabhängig vom Format, in dem sie gespeichert sind – und verändern die Art und Weise, wie Unternehmen internes Wissen verwalten, abfragen und teilen. ¹

Die Einführung dieser Technologie in der Möbel- und Wohnraumbranche bietet ein strategisches Tool zur Optimierung des Dokumentenmanagements, interner Schulungen und der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften. LLMs ermöglichen es, wichtige Informationen aus Handbüchern, Normen, technischen Datenblättern und anderen Dokumenten zu extrahieren, wodurch organisatorisches Wissen zugänglicher und kontextualisierter wird. Dies reduziert nicht nur den Zeitaufwand für die

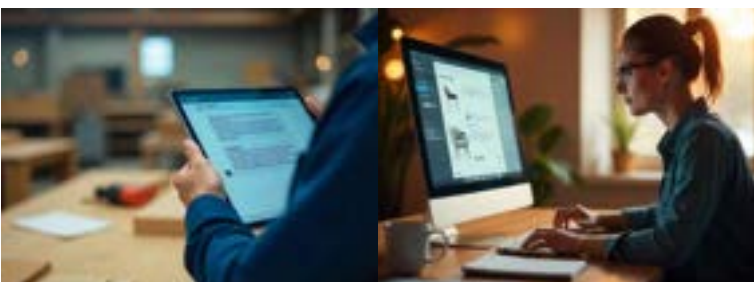
Informationssuche, sondern verbessert auch die Entscheidungsgenauigkeit und unterstützt die operative Kontinuität zwischen den Teams. ²

Eine der wirkungsvollsten Möglichkeiten, diese Technologie anzuwenden, sind sogenannte Wissensassistenten: Konversationssysteme, die sich mit internen Informationsquellen (Datenbanken, technischen Dokumenten, Intranets oder Cloud-Plattformen) verbinden und spezifische, auf den Kontext der Nutzer:innen zugeschnittene Antworten liefern. Diese Assistenten ermöglichen es den Nutzer:innen, Verfahren, Herstellungsvorschriften oder Produktspezifikationen abzufragen, ohne jede Informationsquelle manuell überprüfen zu müssen. Das Ergebnis ist ein nahtloses und natürliches Nutzererlebnis, das die Akzeptanz auf allen Unternehmensebenen erleichtert – von den Produktionsarbeitskräften bis hin zu Qualitäts- oder Produktentwicklungsmanagern.

Diese Lösungen basieren auf skalierbaren Infrastrukturen, die APIs und Cloud-Dienste nutzen, wodurch sie sich leicht in bestehende Systeme integrieren lassen und an die Größe und digitale Reife jedes Unternehmens angepasst werden können. Sie sind außerdem mit einem Human-in-the-Loop-Ansatz konzipiert, bei dem die Nutzer:innen mit den Systemausgaben interagieren, sie validieren und feinabstimmen. Dies erhöht nicht nur die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Antworten, sondern stellt auch sicher, dass die Lösung mit den tatsächlichen Bedürfnissen des Teams übereinstimmt – so bleibt ein Gleichgewicht zwischen Automatisierung und menschlicher Aufsicht bestehen. ³

Die Einsatzmöglichkeiten in der Möbelbranche sind breit gefächert und konkret: Dokumentenanalyse für Design- oder Produktionsprozesse, Unterstützung bei der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften im Rahmen von Produktzertifikaten, interne Unterstützung bei Qualitätssicherungsabläufen oder sogar automatisierter technischer Support für Kund:innen und Vertriebspartner. In einer Umgebung, in der Informationen reichlich vorhanden und zugleich fragmentiert sind, positioniert sich diese Technologie als wichtiger Verbündeter, um Unternehmenswissen zugänglicher, strukturierter und nützlicher zu machen.

Wie wir in den folgenden Abschnitten sehen werden, geht die Wirkung dieser Technologie über die Automatisierung hinaus: Sie liegt in ihrer Fähigkeit, eine vernetztere, effizientere und wissensorientiertere Organisationskultur zu fördern.





Anwendung

Generative KI, die im Wissensmanagement in der Möbelbranche angewendet wird, ermöglicht es Unternehmen, Informationen schnell aus komplexen Geschäftsunterlagen – wie interne Abläufe, Handbücher, Qualitätsmanagementprotokolle oder Details zu öffentlichen Ausschreibungen – zu organisieren, abzufragen und daraus zu extrahieren, wodurch die Arbeit verschiedener Rollen in verschiedenen Abteilungen vereinfacht wird. ⁴

Intelligenter Zugang zu und Organisation von Unternehmenswissen

Generative KI fungiert als Brücke zwischen Abteilungen wie Design, Entwicklung, Produktion und Vertrieb und erleichtert den Zugang zu wichtigen Dokumenten: interne Verfahren, technische Handbücher, Montageanleitungen und mehr. Dies verbessert den Wissenstransfer zwischen den Teams und beschleunigt die Einarbeitung, was besonders für Möbelunternehmen mit komplexen Prozessen oder hoher Personalfuktuation wertvoll ist. Es ermöglicht außerdem administrativen oder Management-Profilen, Informationen abzurufen, ohne auf technisches Personal angewiesen zu sein. ⁵

KI-Assistent für Qualitätsmanagementsysteme

In qualitativ hochwertige Plattformen integriert, kann der Assistent bei der Abfrage von Protokollen, beim Zugriff auf technische Dokumente, beim Auffinden ähnlicher Vorfälle oder beim Abrufen von Nichtkonformitätsunterlagen helfen. Qualitätsmanager:innen und Anlagentechniker:innen können so das Dokumentenmanagement optimieren, Fehler reduzieren und Inspektions-, Audit- sowie kontinuierliche Verbesserungsprozesse optimieren.

Automatisierte Analyse von Ausschreibungen und Verträgen

Generative KI-basierte Assistenten können wichtige Informationen aus öffentlichen Ausschreibungen oder komplexen Verträgen extrahieren und zusammenfassen – Budgets, Fristen, technische Anforderungen oder regulatorische Klauseln. Diese Funktion ist besonders nützlich für Rollen wie Beschaffungsmanager, kommerzielle Direktoren oder technisches Personal, die die Machbarkeit eines Vorschlags schnell bewerten müssen, ohne umfangreiche Dokumente manuell prüfen zu müssen. ⁶

Analyse der Dokumentation zur sozialen Verantwortung von Unternehmen (Corporate Social Responsibility, CSR)

KI-Wissensmanagementsysteme können automatisch relevante Informationen in Nachhaltigkeits- oder Umwelt- und Sozialregulierungsdokumenten identifizieren.

Sie unterstützen Abteilungen in den Bereichen Qualität, Nachhaltigkeit oder Compliance bei der Analyse wichtiger Indikatoren zu Materialien, Arbeitsbedingungen, Emissionen, Kreislaufwirtschaftspraktiken und mehr. Dies erleichtert die Berichterstattung und hilft, Kunden- oder Zertifizierungsanforderungen zu erfüllen.



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Mittel

Der Schwierigkeitsgrad hängt davon ab, wie die Technologie genutzt wird, von einfachen Abfragen mit ChatGPT, die nur geringe technische Kenntnisse erfordern, bis hin zu fortgeschrittenen Entwicklungen mit Multiagentensystemen, Integration mit anderen Technologien und fein abgestimmten Prompts. Tiefgehende Integrationen mit Systemen wie ERP oder CAD erhöhen sowohl die Komplexität als auch die Kosten, und die Einführung erfordert zudem einen kulturellen Wandel, einschließlich Teamschulungen und einer Validierung unter Einbeziehung menschlicher Faktoren. Um eine sichere und effektive Nutzung zu gewährleisten, sollten Unternehmen Maßnahmen zur Datenverwaltung wie Zugriffskontrolle, Anonymisierung und Verschlüsselung in Betracht ziehen und Modelle durch Feinabstimmung, individuelle Einbettungen oder interne Dokumentation an den spezifischen Wortschatz, die Arbeitsabläufe und Compliance-Standards der Möbelbranche anpassen.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel-hoch

Die Nutzung bestehender Marktlösungen, die sich über Standardintegrationssysteme einfach mit anderen digitalen Tools verbinden lassen, bietet einen zugänglichen Einstieg mit niedrigen Vorlaufkosten. Die Investitionen steigen, wenn ein höheres Maß an Individualisierung oder Integration mit internen Systemen erforderlich ist. Im Gegenzug reduzieren diese Tools den Zeit- und Ressourcenaufwand für manuelle Aufgaben erheblich, verbessern die Entscheidungsfindung und steigern die operative Effizienz. Darüber hinaus ist das System skalierbar und anpassungsfähig an das Unternehmenswachstum sowie spezifische Geschäftsanforderungen.

■ Menschliche Faktoren

Die Einführung von Wissensassistenten und generativen KI-Tools verändert die Art und Weise, wie Teams interne Informationen abrufen, verwalten und konsultieren. Durch die Automatisierung repetitiver Aufgaben – wie der manuellen Suche nach Dokumenten, der Auslegung von Vorschriften oder der Überprüfung von Verfahren – schaffen diese Lösungen Freiräume für Fachkräfte, damit sie sich auf wertvollere Aktivitäten

konzentrieren können: kontinuierliche Verbesserung, Prozessanalyse, komplexe Problemlösung und strategische Entscheidungsfindung. Diese Umverteilung der Zeit unterstützt eine effizientere und kollaborativere Kultur, in der Einzelpersonen als Vorgesetzte, Interpreten und Verstärker organisatorischen Wissens fungieren. Sie wandeln sich von „Informationsbeschaffern“ zu „Wissensverwaltern“ und spielen eine Schlüsselrolle bei der Verbesserung der Datenqualität und Entscheidungsbereitschaft.

Darüber hinaus verbessern diese Tools durch die Vereinfachung des Zugangs zu Vorschriften, Handbüchern und komplexen Verfahren durch natürliche Sprachinteraktion die kognitive Zugänglichkeit und helfen dabei, nicht-technische Profile in wichtige Managementprozesse zu integrieren.

Dies ist besonders wertvoll für die Einarbeitung neuer Arbeitskräfte oder für die Einbindung von Profilen aus den Bereichen Personalwesen, Recht oder Nachhaltigkeit in technische Angelegenheiten.

Diese Tools sind zwar intuitiv bedienbar, jedoch erfordert eine effektive Einführung strukturierte Einarbeitungsprogramme und praktische Workshops, die auf verschiedene Rollen zugeschnitten sind.

Teams müssen mit schnellen Lese- und Schreibfähigkeiten, domänenspezifischen Abfrageformulierungstechniken und der Fähigkeit zur kritischen Bewertung von KI-generierten Inhalten ausgestattet sein.

Die Förderung dieser Kompetenzen verbessert nicht nur die Qualität der Interaktionen mit dem System, sondern stärkt auch die Autonomie der Nutzer:innen, die digitale Reife und die funktionsübergreifende Zusammenarbeit.

Die erfolgreiche Integration generativer KI in Wissensworkflows erfordert einen kulturellen Wandel – vorangetrieben von den Führungskräften und dem Personalwesen – hin zu kontinuierlichem Lernen, Vertrauen in die gemeinsame Gestaltung von Mensch und KI und die Ausrichtung der organisatorischen Ziele.

Engagierte KI-Experten, Peer-Learning-Netzwerke und eine transparente Kommunikation über Fähigkeiten und Einschränkungen unterstützen die Einführung zusätzlich.

■ Umweltfaktoren

KI-basierte Wissensassistenten tragen zu einem nachhaltigeren Dokumentenmanagement bei, indem sie den Bedarf an Handbüchern, Berichten oder technischen Datenblättern verringern. Die digitale Abfrage macht Papier, Bindematerialien und physische Speichermedien wie Ordner, externe Festplatten oder USB-Sticks überflüssig. Die Zentralisierung von Informationen in digitalen Umgebungen verringert zudem die Abhängigkeit von Druckern und physischen Speichermedien, wodurch der Energieverbrauch und die Umweltbelastung in Büro- und Industrieumgebungen gesenkt werden. Echtzeit-Inhaltsupdates, Versionskontrolle und das Vermeiden veralteter Dokumente verbessern die

Rückverfolgbarkeit und optimieren die Nutzung digitaler Ressourcen.

Diese Lösungen reduzieren außerdem doppelten Aufwand und Materialkosten, indem sie den Zugang zu bestehenden internen Standards, Verfahren oder Berichten erleichtern – was Zeit und Ressourcen bei der Erstellung von Dokumenten spart. Es ist jedoch wichtig zu bedenken, dass die Ausführung von KI-Modellen auch den Energieverbrauch erhöht, sowohl durch Trainingsprozesse als auch durch die laufende Nutzung digitaler Infrastruktur.

Die Trainingsphase dieser Assistenten ist einer der umweltbelastendsten Aspekte. Das Training eines großen Sprachmodells (LLM) wie GPT-4 umfasst Milliarden von Parametern und Petabytes an Textdaten und erfordert Millionen von GPU-Stunden in Hochleistungs-Computing-(HPC)-Umgebungen. Dieser Prozess verbraucht enorme Mengen an Strom und Wasser und verursacht erhebliche CO₂-Emissionen, insbesondere wenn er von fossilen Energienetzen betrieben wird.

Die Hardware, die zum Training und Betrieb dieser Modelle erforderlich ist – wie GPUs, TPUs und unterstützende Server – ist ebenfalls eine große Umweltbelastungsquelle, da diese Komponenten auf seltene Erden und hochreines Silizium angewiesen sind. Darüber hinaus führt das hohe Innovationstempo bei KI-Hardware zu kurzen Upgrade-Zyklen, was die Ressourcengewinnung und -entsorgung (Elektroschrott) verschärft.

Sobald sie eingesetzt sind, benötigen KI-Assistenten erhebliche Rechenressourcen, um Nutzeranfragen in Echtzeit zu bearbeiten. Diese Systeme werden typischerweise auf Cloud-Plattformen und in Rechenzentren gehostet, was zum steigenden Strombedarf und den Umweltbelastungen des digitalen Sektors beiträgt. Darüber hinaus sind KI-Assistenten auf die Speicherung, den Abruf und die Integration von Daten über umfangreiche Wissensdatenbanken angewiesen, was die Nachfrage nach digitaler Infrastruktur weiter erhöht.

Dennoch gleichen die Vorteile in Bezug auf Effizienz, Digitalisierung und geringerer Abhängigkeit von physischen Medien dazu, einen Teil dieser Auswirkungen auszugleichen, insbesondere wenn bewährte Verfahren eingehalten werden und Unternehmen auf energieeffiziente technologische Umgebungen umsteigen.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Generative-KI-basierte Lösungen müssen die Datenschutzverordnung (DSGVO) erfüllen und die Umsetzung von Normen wie ISO 9001 (Qualitätsmanagementsysteme), ISO 14001 (Umweltmanagement) und ISO 26000 (Soziale Verantwortung) unterstützen. Sie fördern ein effizienteres, sichereres und nachvollziehbares Wissensmanagement und gewähren so Zugriffskontrolle, Transparenz und die Übereinstimmung mit den Unternehmenswerten und den in der Branche eingeführten Managementsystemen.



Lösungen



Bidbrief – Ausschreibungsmanagementsystem

Sciling

Spanien ↔

Bidbrief ist eine von Sciling entwickelte Lösung, die KI-Agenten nutzt, um Ausschreibungsspezifikationen und technische Dokumente zu analysieren. Dieses Tool kann Fertigungsunternehmen dabei unterstützen, Entscheidungsprozesse bezüglich der Teilnahme an Ausschreibungen oder anderen öffentlichen Beschaffungs- und Finanzierungsprozessen zu beschleunigen.



Intelligente Dokumentenverarbeitung (Intelligent Document Processing, IDP)

Appian

Vereinigte Staaten ↔

Die intelligente Dokumentenverarbeitung von Appian kombiniert KI-Technologien, um die Extraktion, Klassifizierung und Abfrage technischer Dokumentationen wie SOPs, Handbücher und Datenblätter zu automatisieren. Die Integration mit Unternehmenssystemen steigert die operative Effizienz, ermöglicht einen schnelleren internen Support und gewährleistet die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften in der Möbelbranche.



Squint.ai Copilot

Squint.ai

Vereinigte Staaten ↔

Der Squint.ai Copilot verwendet eine Mischung aus generativer und traditioneller KI, um eine gesprächsorientierte Interaktion mit technischen und operativen Dokumenten zu ermöglichen. Er ermöglicht den schnellen Abruf und die Validierung von Daten für Arbeitsabläufe in der Möbelbranche, automatisiert die Dokumentenanalyse und bietet den Arbeitskräften Unterstützung vor Ort, wodurch die Einhaltung von Vorschriften verbessert und die manuelle Arbeitsbelastung reduziert wird.



Eddy (KI-gestütztes Wissensmanagement)

Document360

Vereinigtes Königreich ↔

Eddy von Document360 nutzt generative KI und dialogbasierte Assistenten, um den Zugang zu internem Wissen zu verbessern. Es ermöglicht eine schnelle Abfrage technischer Dokumente, Vorschriften und Verfahren, unterstützt die Einarbeitung, Problemlösung und Einhaltung der Vorschriften in der Möbel- und Fertigungsbranche und verbessert so das Wissensmanagement sowie die operative Effizienz.



KI-gestützte Wissensplattform

Sinequa

Frankreich ↔

Sinequa bietet eine KI-gestützte Wissensplattform, die generative KI nutzt, um schnellen und kontextbezogenen Zugriff auf Unternehmensinformationen zu ermöglichen. Sie hilft Unternehmen in der Möbelbranche, technische Dokumente und interne Daten schnell abzurufen, beschleunigt die Entscheidungsfindung und verbessert die Einhaltung sowie den Wissensaustausch zwischen den Teams.



KI-Wissenssuche und Einblicke

Mindbreeze

Österreich ↔

Mindbreeze bietet KI-gestützte Such- und Wissensanalysen, die es Unternehmen ermöglichen, technische Dokumente, Vorschriften und Verfahren zu analysieren. Seine Gesprächsassistenten verbessern den internen Wissensabruf und unterstützen Einarbeitungs- und Compliance-Prozesse in der Möbelherstellung und verwandten Branchen.



Thron KI Wissensplattform

Thron

Italien ↔

Die KI-Plattform von Thron verbessert das Wissensmanagement, indem sie sofortigen Zugriff auf Unternehmensdokumente, Verträge und Verfahren ermöglicht. Ihre KI-Assistenten helfen Fachleuten aus der Möbelbranche dabei, relevante Informationen schnell zu finden, gewährleisten die Einhaltung der Vorschriften und unterstützen die operative Effizienz durch intelligente Datenorganisation.



Guru-Wissensmanagement

Guru

Vereinigte Staaten ↔

Guru nutzt KI und Gesprächsassistenten, um den Wissensaustausch und -abruf innerhalb von Unternehmen zu verbessern. Sie ermöglicht es Möbelunternehmen, sofort auf technische Dokumente, Vorschriften und bewährte Verfahren zuzugreifen, was eine schnellere Einarbeitung, Problemlösung und Einhaltung von Qualitätsnormen ermöglicht.



Work AI-Plattform

Glean

Vereinigte Staaten ↔

Die Work AI Plattform von Glean nutzt generative KI, um konversationellen Zugang zu Unternehmenswissen zu ermöglichen. Sie hilft Fachleuten aus der Möbelbranche, Dokumente, Vorschriften und Verfahren schnell zu finden und unterstützt eine effiziente Einarbeitung, Einhaltung und interne Kommunikation durch nahtlose Informationsfindung.

**SquirroGPT KI-Plattform***Squirro**Schweiz* ↔

SquirroGPT kombiniert generative KI und Datenanalysen, um das Wissensmanagement zu verbessern. Sie bietet Unternehmen der Möbelbranche einen dialogbasierten Zugang zu internen Dokumenten und Erkenntnissen und optimiert so die Einhaltung von Vorschriften, den technischen Support und die Entscheidungsfindung, indem relevante Informationen schnell und kontextbezogen bereitgestellt werden.

**Dynamischer Expertise-Graph***Starmind**Schweiz* ↔

Starmind erstellt dynamische Expertise-Graphen, indem es die Kommunikation aus E-Mails, Jira und Teams analysiert, um interne Fragen an die richtigen Experten weiterzuleiten. Es findet breite Anwendung in der Fertigung und Forschung und Entwicklung, beschleunigt die Problemlösung und den Wissensaustausch und gewährleistet gleichzeitig die Einhaltung der DSGVO, was den Arbeitsabläufen in der Möbelbranche zugute kommt.

**Einstein-1-Plattform***Salesforce**Vereinigte Staaten* ↔

Salesforce Einstein 1 integriert KI über Unternehmensdaten und -workflows mit Low-Code-Tools. Sie automatisiert Aufgaben und liefert personalisierte Erkenntnisse, wodurch die Effizienz von Vertrieb und Wissensmanagement verbessert wird. Möbelunternehmen profitieren von optimierten Prozessen und verbesserter Kundenbindung durch KI-gestützte Datenkonnektivität.

**Open-Source-Framework für KI-Entwicklung***LangChain**N/A (Open Source)* ↔

LangChain ist ein Open-Source-Framework, das es Unternehmen ermöglicht, KI-Anwendungen mit größerer Kontrolle über Daten und Arbeitsabläufe zu entwickeln, anzupassen und zu integrieren. Es unterstützt die Entwicklung fortschrittlicher Sprachmodelle und KI-Tools, die Unternehmen dabei unterstützen, die Abhängigkeit von einzelnen Anbietern zu verringern und Innovationen im eigenen Haus zu fördern.

**Zoho CRM mit Zia AI***Zoho**Indien* ↔

Zoho CRM powered by Zia AI prognostiziert Lead-Ergebnisse, schlägt optimale Kontaktzeiten vor, generiert personalisierte Nachrichten und erstellt Leistungsberichte. Dieses KI-gestützte CRM hilft den Vertriebsteams in der Möbelbranche, die Effizienz zu steigern, Betriebskosten zu senken und das Kundenbeziehungsmanagement durch datengesteuerte Automatisierung zu verbessern.

**Open-Source-NLP-Framework***Haystack**N/A (Open Source)* ↔

Haystack ist ein Open-Source-NLP-Framework, das für den Aufbau skalierbarer Dokumentensuch- und Frage-Antwort-Systeme entwickelt wurde. Es ermöglicht Unternehmen, anpassbare KI-Lösungen für ein tief greifendes Dokumentenverständnis zu entwickeln, wodurch die Abhängigkeit von kommerziellen Anbietern reduziert und eine maßgeschneiderte Integration in die bestehende IT-Infrastruktur ermöglicht wird.

**Großes OpenSource-Sprachenmodell***LLaMA**N/A (Open Source)* ↔

LLaMA, entwickelt von Meta AI, ist ein großes Open-Source-Sprachenmodell, das Unternehmen die Möglichkeit bietet, fortschrittliche KI-Sprachverarbeitung auf ihrer eigenen Infrastruktur auszuführen. Es bietet Flexibilität, verbesserten Datenschutz und Anpassungsmöglichkeiten, um die Abhängigkeit von kommerziellen KI-Anbietern zu verringern.

**Großes OpenSource-Sprachenmodell***Mistral**N/A (Open Source)* ↔

Mistral ist ein großes Open-Source-Sprachenmodell, das sich darauf konzentriert, leistungsstarke Sprachverständnisfunktionen bereitzustellen. Es unterstützt Unternehmen, die anpassbare KI-Tools mit vollständiger Kontrolle über ihre Daten und KI-Prozesse suchen, minimiert das Risiko der Anbieterabhängigkeit und fördert Innovationen.

**Retrieval-Augmented Generation (RAG) Engine***RAGFlow**China* ↔

RAGFlow ist eine Open-Source-Engine, die auf Retrieval-Augmented Generation spezialisiert ist und ein tiefes Verständnis komplexer Dokumente wie PDFs, Bilder und Datenbanken ermöglicht. Es liefert zitiergestützte KI-Antworten und lässt sich dank intuitiver APIs nahtlos in Geschäftsprozesse integrieren, wodurch Unternehmen Wissen mit vollständiger Datenkontrolle verwalten können.



Dokumentenanalyse

SambaNova

Vereinigte Staaten ↔

SambaNova Document Intelligence nutzt generative und konventionelle KI, um konversationellen Zugang zu technischen und operativen Dokumenten zu bieten. Es hilft Möbelunternehmen bei der Analyse, Klassifizierung und Abfrage von Vorschriften, Handbüchern und Rechnungen, automatisiert Dokumentenworkflows und unterstützt das technische Personal vor Ort, um die Einhaltung der Vorschriften zu verbessern und die Abfragezeit zu reduzieren.



KI-Wissensmanagementplattform

Zive

Vereinigte Staaten ↔

Zive integriert generative KI und dialogbasierte Tools, um einen schnellen Zugriff auf internes Wissen und Dokumente zu ermöglichen. Es unterstützt Unternehmen in der Möbelbranche durch eine effizientere Informationsbeschaffung, Hilfe bei der Problemlösung, Einhaltung der Vorschriften und die reibungslosere Einarbeitungsprozesse.



Navex AI Assistant

Navex

Vereinigte Staaten ↔

Der Navex AI Assistant nutzt KI, um den Zugriff auf Compliance-bezogene Dokumente und internes Wissen zu optimieren. Er unterstützt Möbelunternehmen dabei, Vorschriften und Qualitätsnormen zu verstehen, erleichtert eine schnellere Problemlösung, die Einarbeitung von Arbeitskräften und sichert die Einhaltung interner Richtlinien durch KI-Interaktionen in Gesprächen.



Beispiele



IKEA

Schweden

↔

IKEA AI Assistant (ChatGPT) und Kreative: IKEA kombiniert gesprächsbasierte KI mit immersiven Designtools, um das Kundenerlebnis zu verbessern. Sein KI-Assistent (basierend auf ChatGPT) unterstützt Nutzer:innen und Arbeitskräfte bei Produktanfragen, Möbelempfehlungen und Dekorationstipps und bietet schnellen Zugriff auf technische und kommerzielle Informationen. Parallel dazu ermöglicht IKEA Kreativ den Kunden, ihre eigenen Räume zu scannen, vorhandene Möbel zu entfernen und IKEA-Produkte virtuell in realem Maßstab und Beleuchtung zu platzieren. Mithilfe von KI, 3D-Scanning und AR erstellt das Tool editierbare Raummodelle, die realistische und personalisierte Designentscheidungen unterstützen.



Wayfair

Vereinigte Staaten

↔

Agent Co-Pilot: Ein interner Assistent, der auf generativer KI basiert und Arbeitskräften im Vertrieb und Kundensupport sofortige Antworten zu Produkten, Richtlinien und Alternativen liefert – was die Effizienz und Qualität des Supports steigert.



Freedom Furniture – Coveo KI-gestütztes Merchandising-Zentrum

Australien

↔

Freedom Furniture nutzt Coveos KI-gestütztes Merchandising-Zentrum, um die Produktfindung zu verbessern und das Wissensmanagement zu optimieren. Diese Lösung kombiniert künstliche Intelligenz mit manuellen Steuerungselementen und ermöglicht es dem Unternehmen, Produktinformationen effizient zu verwalten und das Kundenerlebnis durch intuitive Suche und personalisierte Empfehlungen zu verbessern.



Steelcase – „Onboarding KI“

Vereinigte Staaten

↔

Verwendet Salesforce Einstein, um Daten über Herman Miller, Knoll und DWR zu vereinheitlichen; KI empfiehlt Produkte und liefert markenübergreifende Erkenntnisse, was den Kundenservice und die Entscheidungen der Händler:innen verbessert.

**Qatalog***Vereinigtes Königreich*

Ein Wissensmanagement-Tool, das künstliche Intelligenz nutzt, um Teams zu ermöglichen, in Echtzeit aus allen Unternehmensquellen (z. B. Dokumente, Tools, Apps) zu suchen und Antworten zu erhalten, ohne Daten kopieren oder verschieben zu müssen. Es fungiert als dialogorientierter Assistent, der Informationen direkt mit der Quelle verknüpft und so Sicherheit, Genauigkeit und ständige Updates gewährleistet.

**Netguru Memory***Polen*

Eine KI-gestützte Wissensdatenbank, die intern als zentralisiertes Repository entwickelt wurde, um Wissen innerhalb eines Unternehmens zu speichern, zu organisieren und zu teilen. Das Tool nutzt künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen, um schnell riesige Datenbanken zu durchsuchen und KI-generierte Fallstudien für interne und externe Zwecke zusammenzustellen.

**HomeDepot***Vereinigte Staaten*

Magic Apron ist die generative KI-Tool-Suite von Home Depot, die Kund:innen bei Heimwerkerprojekten unterstützt. Die Lösung ist über die App und die Website des Anbieters verfügbar und basiert auf proprietärem Wissen, das Datensätze mit der Expertise von Home Depot kombiniert. Sie beantwortet Fragen zu Produkten, fasst Bewertungen zusammen und agiert wie ein digitaler Filialmitarbeiter:innen.

Optimierung von Marketing- und Vertriebsprozessen mit generativer KI: Automatisierung und Personalisierung von Inhalten



Beschreibung

Generative künstliche Intelligenz, angewandt auf Inhaltsautomatisierung und Personalisierung, kombiniert Text-, Bild-, Audio- und Videomodelle, die mit großen Datenmengen trainiert wurden, um aus einfachen Anweisungen oder kontextbezogenen Daten neue Inhalte zu generieren. Diese Technologien haben sich aus Basismodellen wie GPT, Stable Diffusion und Videosynthese-Tools wie Synthesia entwickelt und stellen einen der aktivsten Entwicklungsbereiche im Marketing und der digitalen Kommunikation dar. Trotz ihres Potenzials werfen diese Technologien jedoch auch wichtige Bedenken auf. Eine der größten Herausforderungen besteht in der Qualität und Zuverlässigkeit der generierten Inhalte, da generative Modelle dazu neigen, Ungenauigkeiten oder sogenannte „Halluzinationen“ einzuführen – plausible, aber falsche Ergebnisse, die das Vertrauen untergraben können. Darüber hinaus hat die Verwendung externer Datensätze zum Trainieren dieser Modelle eine Debatte über Urheberrecht und geistiges Eigentum ausgelöst, insbesondere wenn die generierten Inhalte geschützte Werke ohne klare Quellenangabe oder Lizenzierung replizieren oder von ihnen inspiriert sind. Unternehmen sollten sich darüber bewusst sein, dass Modelle, die mit urheberrechtlich geschützten Bildern/Texten trainiert wurden, abgeleitete Werke erzeugen und sich dadurch Urheberrechtsverletzungen aussetzen können.

Im Kontext der Möbelbranche ermöglicht diese Technologie die automatische Erstellung von Social-Media-Posts, Werbetexten, visuellen Katalogen, Produktvideos und personalisierten Text- oder Audionachrichten, die auf verschiedene Kundenprofile, Sprachen oder Präferenzen zugeschnitten sind. Tools wie ChatGPT/DALL·E, Stable Diffusion, Runway oder Synthesia können verwendet werden, um kreative, kohärente und visuell wirkungsvolle Assets für Marketingkampagnen zu erstellen. Darüber

1

2

3

4



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**Wirtschaftliche Rentabilität: **Mittel-hoch**

Optimierung von Marketing- und Vertriebsprozessen mit generativer KI: Automatisierung und Personalisierung von Inhalten

hinaus ermöglicht diese Automatisierung groß angelegte A/B-Tests, die Anpassung von Werbematerial an bestimmte Märkte und schnelle Reaktionen auf Veränderungen von Trends oder ästhetischen Vorlieben. ¹

Eine der strategischsten Anwendungen von generativer KI im Marketing und Vertrieb ist die Erstellung maßgeschneiderter multimedialer Inhalte – Text, Bilder, Videos oder Audio – basierend auf der Analyse visueller Trends, Stile und Produktlinien. Diese Systeme sind darauf ausgelegt, stilistische Muster in Produktdatenbanken, sozialen Medien, Messen oder internen Materialien zu erkennen und in Vorschläge umzuwandeln, die mit der visuellen Identität der Marke und den Präferenzen der Zielgruppe übereinstimmen. Dies ermöglicht es, hochrelevante und anpassungsfähige Inhalte für unterschiedliche kommerzielle Kontexte zu erstellen.

Darüber hinaus treibt generative KI neue Formen der Interaktion mit Kunden durch kommerzielle Inhalte in dynamischen Schnittstellen an, wie zum Beispiel immersive Erlebnisse, visuelle Empfehlungen oder interaktive Kataloge. Diese Lösungen präsentieren Produkte, beantworten häufig gestellte Fragen oder begleiten Kunden visuell, agil und kontextbezogen durch den Entscheidungsprozess, um das Erlebnis über digitale Kanäle hinweg zu bereichern. ²

Aus strategischer Sicht ermöglichen diese Fähigkeiten Möbelmarken, die Sichtbarkeit zu erhöhen, stärkere emotionale Verbindungen zu Kund:innen aufzubauen und die Kaufabsicht durch überzeugende, kreative und personalisierte Inhalte zu verbessern. Darüber hinaus können Marken durch die Zentralisierung von Stil- und Botschaftssteuerung in einem einzigen Tool eine konsistente Produktion von Materialien in verschiedenen Formaten und Kanälen sicherstellen und so den wahrgenommenen Wert der Marke stärken. ³

Ein wesentlicher Vorteil dieser Technologie ist ihre Integration mit Standard-Marketing- und Vertriebstools wie Content-Managern, Automatisierungsplattformen, visuellen Editoren oder CRMs. Dadurch kann generative KI in bestehende Arbeitsabläufe innerhalb kommerzieller Prozesse in der Möbelbranche integriert werden, ohne dass radikale Änderungen an aktuellen Strukturen erforderlich sind. So bleibt die kreative Kontrolle erhalten, während gleichzeitig die Kraft der Automatisierung genutzt wird. Wie die folgenden Abschnitte zeigen werden, entwickeln sich diese Lösungen zu wichtigen Tools, um Kreativität in Vertriebsprozessen zu fördern, das Kundenerlebnis zu verbessern und die Wettbewerbsfähigkeit der Möbelbranche in einer zunehmend dynamischen digitalen Umgebung zu stärken.



Anwendung

Die Integration generativer künstlicher Intelligenz in Marketing- und Vertriebsprozesse in der Möbelbranche ermöglicht die Automatisierung und Skalierung wichtiger Aufgaben auf hochgradig personalisierte und effiziente Weise. Nachfolgend die wichtigsten Anwendungsbereiche:

Erstellung, Verwaltung und Strategie personalisierter Inhalte

Marketingteams können automatisch visuelle, textuelle und audiovisuelle Materialien generieren, die auf verschiedene Kundenprofile, Kanäle und kommerzielle Kontexte zugeschnitten sind. Basierend auf einfachen Prompts, Markenrichtlinien oder visuellen von Stilrichtungsanalysen, Produkttrends oder Kampagnen von Wettbewerbern ist es möglich, Inhalte zu erstellen, die mit den strategischen Zielen jeder Kampagne übereinstimmen. Diese Informationen können auch genutzt werden, um die Positionierung neu zu definieren, laufende Kampagnen anzupassen oder Marktchancen vor der Konkurrenz zu identifizieren. Diese Tools gewährleisten visuelle und narrative Konsistenz, ohne die Personalabteilung zu überlasten. Die Effektivität der Inhalte sollte jedoch kontinuierlich durch Analysen bewertet werden, wobei die gewonnenen Erkenntnisse in eine umgehende Optimierung der Entwicklung oder des Modells einfließen, um die fortlaufende Kampagnenrelevanz sicherzustellen.

Trotz Prozessautomatisierung muss jede Optimierung von einem Team hinsichtlich Sprache, visueller Konsistenz und Einhaltung der Unternehmenswerte validiert werden. Das Risiko besteht darin, dass der zusätzliche Arbeitsaufwand für die Qualitätskontrolle die erwarteten Zeitersparnisse teilweise aufhebt. Obwohl KI Inhalte produzieren kann, die mit Prompts und Richtlinien übereinstimmen, fehlt ihr oft die kreative, emotionale oder kulturelle Tiefe, die ein menschliches Team bieten kann. Das Risiko besteht darin, dass automatisch generierte Inhalte als „flach“ oder stereotyp wahrgenommen werden und dadurch die Markenidentität beeinträchtigt wird. ⁴

Automatisierung von Kampagnen- und Marketing-Workflows

Optimierung von Marketing- und Vertriebsprozessen mit generativer KI: Automatisierung und Personalisierung von Inhalten

Durch die Integration mit E-Mail-Marketing-Plattformen, CRMs oder sozialen Medien ist es möglich, automatisierte Kommunikationsabläufe mit dynamisch generierten Nachrichten zu gestalten. Generative KI kann personalisierte E-Mails schreiben, die auf die jeweilige Plattform zugeschnitten sind, und Nachrichten basierend auf zuvor analysiertem Publikumsverhalten segmentieren. Darüber hinaus können virtuelle Assistenten sofortige und personalisierte Unterstützung bieten, häufig gestellte Fragen beantworten und Kund:innen durch den Entscheidungsprozess führen. Der Einsatz virtueller Assistenten wirft auch regulatorische Fragen auf. Gemäß der DSGVO sollten Nutzer:innen bei der Interaktion mit KI informiert werden, und alle verarbeiteten personenbezogenen Daten müssen den Transparenz- und Einwilligungsanforderungen entsprechen. Viele Lösungen (z. B. für soziale Beiträge, Produktkarten oder Kataloge) basieren auf standardisierten Layouts, was das Risiko birgt, dass die visuelle Kommunikation von Marken standardisiert wird. Dies führte zu einem Verlust an Originalität und Verwirrung, da Konkurrent:innen dieselben Tools verwendeten. ⁵

Kontinuierliche Kampagnen- und Inhaltsoptimierung

Durch die automatisierte Analyse von Leistungskennzahlen (Klickraten, Engagement, Konversionen usw.) können generative Modelle Echtzeitanpassungen vorschlagen, um die Effektivität von Kampagnen zu verbessern. Dazu gehören Vorschläge zur Neugestaltung von Werbematerial, Änderungen an Werbetexten oder Änderungen der Vertriebsfrequenz und Kanäle. Die Möglichkeit, groß angelegte, automatisierte A/B-Tests durchzuführen, verbessert datengestützte Entscheidungsfindung und unterstützt kontinuierliches Lernen im Team.

Produktionsbeschleunigung von Marketing-Assets

Die automatische Generierung von Werbetexten, Produktblättern, visuellen Werbematerialien und audiovisuellen Assets ermöglicht eine skalierbare Content-Produktion ohne Qualitätseinbußen. Diese Funktion ist besonders wertvoll in schnelllebigen Kampagnenumgebungen oder in mehrsprachigen, länderübergreifenden Märkten, in denen die Anpassung von Inhalten über Sprachen und Regionen hinweg automatisiert werden kann und gleichzeitig die Markenkonsistenz gewahrt bleibt. Generative KI ersetzt keine kreativen Fachkräfte, sondern ist vielmehr ein Tool, das ihre Fähigkeiten erweitert. Der menschliche Input bleibt unerlässlich, um die Ergebnisse zu steuern, zu überwachen und zu verfeinern und so Relevanz, Genauigkeit und Ausrichtung an den Markenwerten sicherzustellen. Die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine ermöglicht es Content-Ersteller:innen, Designer:innen und Marketingstrateg:innen sich auf höherwertige Aufgaben zu konzentrieren und Automatisierung mit strategischer Kreativität zu verbinden. ⁶



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Mittel

Der Implementierungsaufwand variiert je nach gewählter Lösung. Die Integration von Standardtools mit vorgefertigten Funktionen ist in der Regel unkompliziert, während individuelle Entwicklungen oder komplexe Integrationen einen größeren technischen Aufwand erfordern. Darüber hinaus hängt der Erfolg davon ab, eine daten- und ergebnisorientierte Kultur zu fördern, Informationsquellen effektiv zu verwalten und KI in bestehende Marketing- und Vertriebssysteme zu integrieren. Die Anpassung der Teams an neue Prozesse und Arbeitsabläufe stellt ebenfalls eine wichtige organisatorische Herausforderung dar.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Mittel-hoch

Die Implementierungskosten hängen vom erforderlichen Anpassungs- und Integrationsgrad ab. Kostengünstige Optionen sind über cloudbasierte Dienste und SaaS-Abonnements verfügbar, sodass Unternehmen mit moderaten Investitionen starten können. Je größer der Segmentierungs- und Automatisierungsgrad, desto höher ist die potenzielle Investitionsrendite. Bei groß angelegten Projekten oder komplexen Integrationen (z. B. mit CRM, CMS oder internen Systemen) steigen zwar die Anfangskosten, sie können aber langfristig auch zu einer verbesserten Wettbewerbsfähigkeit führen.

■ Menschliche Faktoren

Die Einführung generativer künstlicher Intelligenz im Marketing und Vertrieb kann die Arbeitserfahrung von Teams erheblich verbessern, indem sie sie von sich wiederholenden Aufgaben wie dem Schreiben von Werbematerialien oder der manuellen Erstellung von Werbematerialien befreit. Diese Automatisierung ermöglicht es den Fachleuten, sich auf strategische Entscheidungen und vor allem auf hochwertigere kreative Arbeit zu konzentrieren – und fördert eine Kultur der gemeinsamen Gestaltung, in der der Mensch die von KI generierten Inhalte kuratiert, validiert und überwacht.

Dieser Wandel erhöht die Arbeitszufriedenheit und ermöglicht es Kommunikationsprofis, sich auf Storytelling, Markenaufbau und Marktinnovation zu konzentrieren. Um sicherzustellen, dass diese Transformation effektiv ist, muss sie durch eine umfassende Weiterbildungsstrategie unterstützt werden, die die Teams befähigt, diese Tools zu nutzen, die Ergebnisse zu verfeinern, die Mar-

kenkohärenz zu bewahren und sich proaktiv in einem sich entwickelnden digitalen Umfeld zu engagieren. Dazu gehören Schulungen in der Entwicklung von Prompts, ethischer Inhaltserstellung, markensichere Anpassungen und Datenkompetenz zur Kampagnenoptimierung.

Gleichzeitig ist es wichtig, sich bewusst darüber zu sein, dass die Fülle automatisch generierter Inhalte zu Entscheidungsmüdigkeit führen kann, die die Relevanz von Botschaften verringern oder die Markendifferenzierung verwässern kann, wenn sie nicht mit Bedacht eingesetzt wird.

Die Stärkung des redaktionellen Urteilsvermögens und die Implementierung von Content-Governance-Rahmenwerken tragen dazu bei, Ergebnisse zu filtern und die Übereinstimmung mit den Kampagnenzielen sicherzustellen.

Die Förderung einer kritischen Auseinandersetzung mit KI-generierten Inhalten unterstützt eine gezielte Auswahl und schützt die Markenidentität vor generischen oder unpassenden Ergebnissen.

Ebenso gewährleistet die Ausrichtung der Nutzung dieser Technologien auf die Werte und Ziele des Unternehmens einen ethischen, transparenten Einsatz im Einklang mit der sozialen Verantwortung der Branche.

In der Praxis bedeutet dies, Marketing-, Rechts- und Personalabteilungen in die Einführung von KI einzubeziehen, Transparenz bei der Nutzung von Tools sicherzustellen und die Rolle der KI bei der Content-Erstellung sowohl den Teams als auch den Zielgruppen zu verdeutlichen.

■ Umweltfaktoren

Der Einsatz generativer künstlicher Intelligenz im Marketing und Vertrieb kann wesentlich zur operativen Nachhaltigkeit von Möbelunternehmen beitragen.

Durch eine verbesserte Zielgruppensegmentierung und die Möglichkeit, personalisierte Materialien ohne physische Fotoshootings zu erstellen, wird es möglich, die Produktion und Verteilung von gedruckten Katalogen, Broschüren oder Werbematerialien, die oft ungenutzt bleiben, zu reduzieren. Diese Effizienz reduziert nicht nur den Verbrauch von Papier, Verpackungen und physischen Medien, sondern senkt auch den Zeit- und Kostenaufwand für die Organisation komplexer Produktionen.

Darüber hinaus senkt die virtuelle Präsentation von Produkten und die Generierung visueller und audiovisueller Inhalte ohne Reisen den CO₂-Fußabdruck, der mit Geschäftsreisen oder der Teilnahme an Werbeveranstaltungen verbunden ist – ein besonders relevanter Faktor in einer Branche, in dem Geschäftszyklen oft eine intensive Mobilität erfordern. Zentralisierte digitale Arbeitsabläufe über Plattformen, die mit Tools wie CRMs oder CMS verbunden sind, minimieren den Bedarf an physischer Infrastruktur und Materialien weiter und unterstützen eine agilere und nachhaltigere Kommunikationsstrategie.

Allerdings sind diese Vorteile zwar offensichtlich, die Umsetzung dieser Tools muss kohärent erfolgen und Greenwashing vermeiden. In einem Kontext, in dem KI-generierte Visualisierungen aufgrund ihrer digitalen Natur nachhaltig erscheinen können, ist es wichtig, die Umweltkosten der Infrastruktur zu berücksichtigen, die sie ermöglicht – insbesondere bei cloudbasierten generativen Systemen.

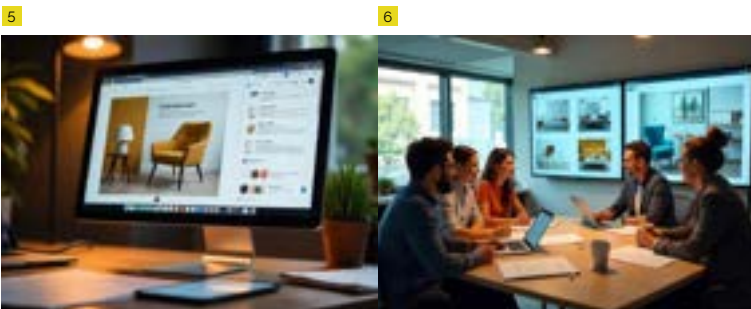
Obwohl Möbelhersteller typischerweise vortrainierte, einsatzbereite KI-Lösungen verwenden, basieren diese dennoch auf großen Modellen, die in energieintensiven globalen Rechenzentren gehostet werden. Das Training und der kontinuierliche Betrieb dieser Modelle erfordern eine hohe Rechenleistung, wobei häufige Inferenz-, Personalisierungsprozesse und Empfehlungsalgorithmen in großem Umfang ausgeführt werden. Dies erfordert erheblichen Energie- und Wasserverbrauch.

Auch Hardware spielt eine Rolle: Die für die Echtzeit-Inhaltsgenerierung benötigten GPUs, TPUs und kundenspezifischen KI-Chips werden aus seltenen Materialien wie Kobalt oder Neodym hergestellt, deren Gewinnung mit ökologischen und sozialen Risiken verbunden ist. Darüber hinaus führen anhaltende Leistungsanforderungen zu häufigen Hardware-Upgrades, was wiederum zu Elektroschrott beiträgt.

Um echte Nachhaltigkeitsgewinne zu erzielen, sollten Möbelunternehmen Technologieanbieter mit klaren Energieeffizienzstrategien, verantwortungsvollen Beschaffungsrichtlinien und transparenter Berichterstattung über die Umweltauswirkungen bevorzugen – und ihre Kommunikationsbestrebungen mit realen, messbaren Maßnahmen in Einklang bringen.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Generative KI-Lösungen, die im Marketing und Vertrieb eingesetzt werden, müssen die Datenschutzverordnung (DSGVO) erfüllen, insbesondere wenn personenbezogene Daten zur Segmentierung oder Personalisierung verwendet werden. Sie müssen außerdem den Transparenzanforderungen des Europäischen KI-Gesetzes entsprechen, das die Kennzeichnung von KI-generierten Inhalten vorschreibt, wenn diese die Entscheidungen oder Wahrnehmungen der Verbraucher beeinflussen. Darüber hinaus müssen die Achtung des Urheberrechts und die Konsistenz mit den ethischen und kommunikativen Werten des Unternehmens garantiert werden.



Optimierung von Marketing- und Vertriebsprozessen mit generativer KI: Automatisierung und Personalisierung von Inhalten



Lösungen



KI-generierte hyperrealistische Lifestyle-Szenen

Scenes

Dänemark ↔

Scenes nutzt KI, um hyperrealistische Lifestyle-Szenen für die Möbelbranche zu erstellen, wodurch traditionelle Fotoshootings überflüssig werden. Ihre Lösung hilft Marken dabei, vielseitige, attraktive Produktpräsentationen zu erstellen, die Marketingmaterialien und digitale Präsentationen effizient und kosteneffizient verbessern.



KI-gestützte Werbetests und Kampagnenbewertung

Kantar

Vereinigtes Königreich ↔

Kantars KI-gesteuerte Werbetestplattform prognostiziert die Effektivität von Video- und Bannerwerbung vor deren Veröffentlichung. Dieses Tool hilft Herstellern und Marken, Kampagnen auf Grundlage datenbasierter Erkenntnisse zu optimieren, den Validierungsaufwand für Werbematerialien zu reduzieren und die Werbewirkung zu verbessern, um bessere Marketingergebnisse zu erzielen.



KI-gestützte visuelle Generierungsplattform

Presti.ai

Frankreich ↔

Presti.ai bietet eine KI-gestützte Plattform, die hyperrealistische Lifestyle-Bilder für die Präsentation von Möbelprodukten erzeugt. Sie ermöglicht Marken, überzeugende visuelle Inhalte ohne physische Fotoshootings zu erstellen und Marketingkampagnen mit vielseitigen, fotorealistischen Bildern zu unterstützen, die Kund:innen über digitale Kanäle hinweg ansprechen.



KI-gesteuerte multimodale Kampagnenerstellung und -optimierung

Typeface Arc Agents

Vereinigte Staaten ↔

Typeface Arc Agents agieren als intelligente, stets verfügbare Teammitglieder, die multimodale Marketingkampagnen entwickeln, erstellen und optimieren. Sie sorgen dafür, dass Texte und Bildmaterial den Markenrichtlinien entsprechen und steigern so Kreativität und Kampagneneffektivität durch KI-gestütztes Content-Management.



KI-generierte Innenszenen

Freepik

Spanien ↔

Freepik stellt KI-generierte Innenszenen bereit, die sich ideal für Kataloge, soziale Medien und Werbekampagnen eignen. Seine umfangreiche Bibliothek fotorealistischer Grafiken unterstützt Möbelunternehmen dabei, schnell ansprechende Marketinginhalte zu erstellen, was Marken dabei hilft, die Kundenbindung zu steigern und ihre Produkte attraktiv zu präsentieren.



Automatisierte visuelle Werbung und Textgenerierung

AdCreative.ai

Frankreich ↔

AdCreative.ai nutzt KI, um automatisch visuelle Werbung, Werbetexte und Social-Media-Beiträge zu generieren, die auf verschiedene Formate und Zielgruppen zugeschnitten sind. Es optimiert Marketingabläufe und hilft Marken dabei, effektive und ansprechende Kampagnen schnell zu erstellen und gleichzeitig Inhalte für maximale Wirkung anzupassen.



KI-Content-Erstellungsplattform

Jasper

Vereinigte Staaten ↔

Jasper ist eine KI-gestützte Plattform, die die Erstellung von Werbetexten, Anzeigen und Social-Media-Inhalten automatisiert. Sie hilft Unternehmen, maßgeschneiderte Texte für unterschiedliche Zielgruppen und Formate zu erstellen und steigert so die Effizienz und Kreativität des Content-Marketings ohne manuellen Aufwand.



3D-Visualisierungs- und Produktpassungsplattform

Cylindo (Chaos)

Deutschland ↔

Cylindo bietet fortschrittliche 3D-Visualisierung, Augmented Reality und Echtzeit-Produktpassungen, die auf Möbelhersteller und Einzelhändler zugeschnitten sind. Ihre Plattform automatisiert das Rendering und ermöglicht es Kund:innen, Produkte nach Farben, Oberflächen und Materialien zu personalisieren, wodurch das E-Commerce-Erlebnis verbessert und höhere Konversionsraten erzielt werden.

**Automatisierte Inhaltserstellung***Contents.com**Italien* ↔

Contents.com nutzt KI, um visuelle Werbung und schriftliches Werbematerial automatisch zu erstellen. Die Plattform passt Inhalte für verschiedene Medienformate und Zielgruppen an und ermöglicht es Marken so, ihre Marketingaktivitäten zu skalieren und konsistente, hochwertige Botschaften aufrecht erhalten können.

**Plattform zur Ausrichtung von Markenbotschaften***Jacquard**Vereinigtes Königreich* ↔

Jacquard hilft Unternehmen dabei, eine einheitliche Markenbotschaft zu wahren, indem alle Marketinginhalte mit der Markenidentität in Einklang gebracht werden. Ihre Plattform stellt sicher, dass Anzeigen, Beiträge und Werbematerialien den Ton und die Werte der Marke widerspiegeln und so eine kohärente und vertrauenswürdige Kommunikation über alle Kanäle hinweg unterstützen.

**Empathische und personalisierte Copywriting-Plattform***Anyword**Vereinigte Staaten* ↔

Anyword ist eine KI-Copywriting-Plattform, die den Ton und Stil je nach Zielgruppe, Produkt und Kommunikationskanal anpasst. Sie generiert maßgeschneiderte Inhalte von Produktbeschreibungen bis hin zu Werbebotschaften und adressiert vielfältige Profile wie Endnutzer:innen, Architekt:innen und Händler:innen, um die Interaktion zu maximieren.

**Mehrsprachiges Marketing und CRM-Messaging***Typewise AI**Schweiz* ↔

Typewise AI hilft Marketing- und CRM-Teams, mehrsprachige Botschaften zu erstellen, die den Ton und Inhalt an verschiedene Zielgruppen anpassen. Diese Lösung ist besonders wertvoll für internationale Marken, die eine konsistente und kohärente Kommunikation über verschiedene Märkte hinweg anstreben, um so die Kundenbindung und Markeneinheit zu verbessern.

**Automatisierung der Kommunikation nach dem Kauf***Auralis AI**Vereinigte Staaten* ↔

Auralis AI automatisiert die Kommunikation nach dem Kauf, indem es personalisierte Antworten generiert, maßgeschneiderte Inhalte zu Pflege, Vermittlung und Vertragsverlängerungen vorschlägt und die Betreiber:innen in Echtzeit unterstützt. Es integriert sich in CRM- und E-Commerce-Plattformen, um das Kundenerlebnis zu verbessern, die Betriebskosten zu senken und die Loyalität zu fördern.

**KI-generierte Vertriebs- und Kundenservice-E-Mails***Flowrite**Finnland* ↔

Flowrite generiert Vertriebs-E-Mails, Folge-E-Mails und Antworten aus kurzen Prompts und unterstützt so Marketing- und Kundenserviceteams. Es gewährleistet eine einheitliche Kommunikation, spart Zeit, optimiert die Kommunikationsabläufe und verbessert die Reaktionsfähigkeit an allen Kundenkontaktpunkten.

Optimierung von Marketing- und Vertriebsprozessen mit generativer KI: Automatisierung und Personalisierung von Inhalten



Beispiele



Hypotenuse AI

Vereinigte Staaten



Hypotenuse AI ist eine generative KI-Plattform zur Inhaltserstellung im Bereich E-Commerce. Sie ermöglicht die Erstellung umfangreicher Produktbeschreibungen und stellt sicher, dass jeder Text einzigartig ist – selbst bei sehr ähnlichen Artikeln. Damit wird ein häufiges Bedürfnis in der Möbelbranche abgedeckt, wo Produkte oft in mehreren Varianten erhältlich sind. Living Spaces, ein großer Möbelhändler in den Vereinigten Staaten, nutzt diese Plattform, um in großem Umfang überzeugende, genaue, suchmaschinenoptimierte und markenkonsistente Produktinhalte zu erstellen – und so umfangreiche Kataloge effektiv zu verwalten.



Norr11

Dänemark



Die dänische Marke Norr11 nutzte Scenes-Technologie, um hyperrealistische Bilder ihres FAVE Lounge Chair ohne Fotoshootings zu generieren. Das Projekt „My FAVE Spot“ ermöglichte die Verwendung visueller Effekte, die auf die Markenidentität abgestimmt waren, und optimierte die Content-Produktion für Kataloge, soziale Medien und E-Commerce in der Möbelbranche.

Renovai

Israel

Renovai bietet eine Reihe KI-gestützter E-Commerce-Lösungen für die Möbelbranche an, darunter visuelle Ähnlichkeitssuche, Produktkombinationsgeneratoren, personalisierte Einkaufsassistenten und Empfehlungsmaschinen, die das Kundenerlebnis verbessern und die Konversionsraten erhöhen.



Archiproducts

Italien



Archiproducts nutzt generative KI, um die Suche mit Produktfindung zu verbessern, indem es Nutzer:innen ermöglicht, mit spezifischem Text nach Möbeln zu suchen. Dieses Tool vereinfacht den Auswahlprozess und ermöglicht es Fachleuten und Verbraucher:innen, Designlösungen effizienter zu finden und so das gesamte Nutzererlebnis und die Bindung zu verbessern.



Alias-Design

Italien



Alias Design nutzt die THRON-Plattform, um seine digitalen Content-Managementprozesse zu optimieren. Es automatisiert die Erstellung von Marketinginhalten, Produktkatalogen und technischen Datenblättern.



Arper

Italien



Arper hat die THRON-Plattform als zentrales Tool in seine B2B-Kommunikationsstrategie integriert und so das Erlebnis von Kund:innen und Partner:innen über seine Website verbessert.



Lago

Italien



Lago hat mehrere Funktionen der THRON-Plattform implementiert, um das Content-Management und die Verteilung zu zentralisieren. Dadurch konnte der Gesamtbestand an digitalen Assets um 75 % reduziert werden, indem Duplikate eliminiert und die Rückverfolgbarkeit verbessert wurde.



Serax

Belgien



Serax, ein belgisches Design- und Möbelunternehmen, setzte SAP Business AI ein, um die Verarbeitung von PDF-basierten Bestellungen zu automatisieren. Dies reduzierte die manuelle Dateneingabe um 33 %, was die operative Effizienz deutlich verbesserte. Dadurch konnte sich das Team auf wertschöpfende Aktivitäten wie Upselling und personalisierten Kundenservice konzentrieren.



Anyword

Vereinigte Staaten



Anyword ist eine KI-basierte Copywriting-Plattform, die es ermöglicht, Ton und Stil von Inhalten an die Zielgruppe anzupassen. Es wird von Unternehmen wie National Geographic und Red Bull verwendet, um Texte zu generieren, die von Produktbeschreibungen bis hin zu Werbebotschaften reichen und sich an die Vorlieben und Emotionen der Zielgruppe anpassen.



Amazon Personalize

Vereinigte Staaten



Amazon Personalize nutzt generative künstliche Intelligenz, um personalisierte Empfehlungen, dynamische Inhalte und maßgeschneiderte Interaktionen bereitzustellen und so das Kundenerlebnis im E-Commerce zu verbessern.



Softology

Vereinigtes Königreich



Softology führte visuelle Suchtools ein, mit denen Kund:innen Bilder (Fotos, Screenshots, Zeitschriftenauschnitte) hochladen können, um ähnliche Produkte im Katalog zu finden. Diese Funktion verbessert das Produktfindungserlebnis und erhöht die Kundenbindung.

15

1



2



Implementierungsschwierigkeiten: **Mittel**Wirtschaftliche Rentabilität: **Hoch**

Kluge Entscheidungsfindung in der Möbelbranche durch Datenkorrelation und KI-gestützte Analysen



Beschreibung

Im Zeitalter von Industrie 5.0 ist die Integration fortschrittlicher Analytik und künstlicher Intelligenz (KI) in Fertigungsprozesse entscheidend geworden. KI-gestützte Entscheidungssysteme (Decision Support Systems, DSS) und Datenkorrelationsanalysen ermöglichen es Herstellern, riesige Datenmengen in umsetzbare Erkenntnisse umzuwandeln und so fundierte Entscheidungen und operative Effizienz zu ermöglichen. Diese Systeme kombinieren typischerweise deskriptive Erkenntnisse mit vorausschauenden Prognosen und in einigen Fällen auch präskriptiven Funktionen, um Entscheidungen in Echtzeit zu unterstützen.

Diese Technologien nutzen maschinelle Lernalgorithmen, um Daten aus verschiedenen Quellen zu analysieren – Produktionslinien, Lieferketten, Kundenfeedback und Markttrends. Durch das Erkennen von Mustern und Korrelationen kann DSS Ergebnisse vorhersagen, Prozesse optimieren und strategische Maßnahmen empfehlen. So kann beispielsweise die Korrelation von Produktionsdaten mit Kundenfeedback Verbesserungsbereiche aufzeigen, während die Analyse von Lieferkettendaten potenzielle Störungen erkennen kann, bevor sie Auswirkungen auf den Betrieb haben.

Die Implementierung solcher Systeme erfordert eine robuste Dateninfrastruktur, einschließlich Datenerfassungsmechanismen (Sensoren, IoT-Geräte), Datenspeicherlösungen und Analysetools. Die Integration dieser Komponenten ermöglicht eine Echtzeitüberwachung und -analyse, sodass Entscheidungen auf den aktuellsten verfügbaren Informationen basieren.

Darüber hinaus ermöglicht die Anpassungsfähigkeit KI-gestützter DSS, dass sie im Laufe der Zeit lernen und sich weiterentwickeln können. Mit zunehmender Datenerhebung verbessern sich die Vorhersagegenauigkeit und Entscheidungsfähigkeit des Systems, was zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Fertigungsprozesse führt.

- 1 *Beispiel für ein Lieferkettenprognose-Dashboard*
- 2 *Ein in der Möbelfabrik verwendetes Dashboard*
- 3 *Fertigungsoptimierung basierend auf Analysen, Entscheidungsfindung und KI-Abläufen* ➡
- 4 *Beispiel für ein Produktionsmanagement-Dashboard in der Fertigung* ➡



Anwendung

Die Möbelbranche, die durch ihre vielfältigen Produktpaletten und den Bedarf an individueller Anpassung auszeichnet, profitiert erheblich von KI-gestützten DSS und Datenkorrelationsanalysen. Diese Technologien können in verschiedenen Bereichen angewendet werden:

Produktdesign und -entwicklung: Durch die Analyse von Kundenpräferenzen und Markttrends können die Hersteller ihre Produkte so gestalten, dass sie den Anforderungen der Verbraucher:innen entsprechen. Datenkorrelation hilft dabei, zu verstehen, welche Funktionen am meisten geschätzt werden, und liefert so wichtige Informationen für Designentscheidungen.

Produktionsoptimierung: Die Überwachung von Produktionsdaten ermöglicht die Identifizierung von Engpässen und Ineffizienzen. DSS kann Anpassungen in Echtzeit empfehlen, was die Produktivität steigert und Abfall reduziert.

Lieferkettenmanagement: Die Korrelation von Lieferantendaten, Lagerbeständen und Lieferplänen ermöglicht ein proaktives Lieferkettenmanagement, minimiert Verzögerungen und gewährleistet eine termingerechte Bestellungserfüllung.

Qualitätskontrolle: Die Analyse von Produktionsdaten zusammen mit Qualitätsinspektionsergebnissen kann Muster erkennen, die zu Fehlern führen, was eine frühzeitige Intervention und kontinuierliche Verbesserung der Produktqualität ermöglicht.

Kundenservice: Die Integration von Kundenfeedback mit Produktions- und Vertriebsdaten hilft dabei, das Kundenzufriedenheitsniveau zu verstehen, Serviceverbesserungen zu steuern und die Kundenbindung zu fördern.

Um eine erfolgreiche Implementierung zu gewährleisten, ist es entscheidend, Entscheidungssysteme mit bestehenden Unternehmensplattformen wie ERP- oder CRM-Systemen zu integrieren. Diese Integration gewährleistet einen nahtlosen Datenfluss, kontextbewusste Empfehlungen und eine operative Ausrichtung, verbessert die Anwendbarkeit von Erkenntnissen in Echtzeit und stärkt die abteilungsübergreifende Entscheidungsfindung.

Die Implementierung dieser Anwendungen erfordert einen kollaborativen Ansatz unter Einbeziehung funktionsübergreifender Teams, um sicherzustellen, dass Daten korrekt erfasst, analysiert und verarbeitet werden. Die Schulung der Arbeitskräfte in der Interpretation und Nutzung von Erkenntnissen aus DSS ist ebenfalls

Kluge Entscheidungsfindung in der Möbelbranche durch Datenkorrelation und KI-gestützte Analysen

entscheidend, um die Vorteile dieser Technologien zu maximieren.

- 5 Dashboard für Maschinenkennzahlen ↻
- 6 Breites Spektrum an wichtigen Fertigungsdisziplinen für umfassende, Datenanalyse in Echtzeit.
- 7 Möbellager.



Implementierungsaspekte

■ Implementierungsschwierigkeiten: Mittel

Die Implementierung von KI-gestützten DSS und Datenkorrelationsanalysen erfordert Investitionen in die technologische Infrastruktur und Schulungen der Arbeitskräfte. Mit skalierbaren Lösungen und sorgfältiger Planung können mittelgroße Möbelhersteller diese Technologien jedoch erfolgreich einsetzen, um ihre Betriebsabläufe zu verbessern.

■ Wirtschaftliche Rentabilität: Hoch

Die Einführung dieser Technologien führt zu einer verbesserten Effizienz, weniger Abfall und einer besseren Ausrichtung auf die Kundenbedürfnisse, was im Laufe der Zeit zu erheblichen Kosteneinsparungen und einer gesteigerten Rentabilität führt.

■ Menschliche Faktoren

Die Integration von KI-gestützten Entscheidungssystemen (DSS) und Datenanalysen in die Möbelbranche löst einen grundlegenden Wandel in der Belegschaftsdynamik aus. Die Arbeitskräfte müssen sich an neue Technologien anpassen, was umfassende Weiterbildungsmaßnahmen erfordert, um Datenkompetenz, analytische Fähigkeiten und Vertrauen in digitale Tools zu fördern. Dadurch kann die Zufriedenheit der Arbeitskräfte gesteigert werden, da sie von repetitiven manuellen Arbeiten zu strategischeren, wertvolleren Aktivi-

täten wie Dateninterpretation und Prozessoptimierung übergehen.

Darüber hinaus schafft die Einbeziehung der Arbeitskräfte in den Implementierungsprozess ein Gefühl von Eigenverantwortung, fördert Akzeptanz und verringert den Widerstand. Transparente Kommunikation über die Vorteile und Veränderungen, die mit diesen Technologien einhergehen, ist unerlässlich, um Vertrauen zu schaffen, Erwartungen abzustimmen und Unsicherheiten zu beseitigen.

Dieser Wandel verändert zwangsläufig das Berufsprofil. Während sich einige Positionen weiterentwickeln oder überflüssig werden, eröffnen sich neue Positionen in Bereichen wie Data Science, KI-Systemüberwachung oder vorausschauender Wartung. Unternehmen sollten diesen Wandel proaktiv durch gezielte Um- und Weiterbildungsstrategien steuern, um Anpassungsfähigkeit zu fördern und das Engagement sowie die Motivation der Arbeitskräfte während des gesamten Übergangsprozesses zu bewahren.

■ Umweltfaktoren

Die Implementierung von KI-gestützten DSS und Datenanalysen trägt zur ökologischen Nachhaltigkeit in der Möbelbranche bei. Durch die Optimierung von Produktionsprozessen können Unternehmen Materialverschwendung und Energieverbrauch reduzieren. Vorausschauende Analysen ermöglichen eine bessere Nachfrageprognose und minimieren so Überproduktion sowie den damit verbundenen Ressourcenverbrauch. Diese Techniken minimieren außerdem Produktionsfehler, reduzieren Überarbeitung und tragen wesentlich zu einem nachhaltigeren und ressourceneffizienteren Herstellungsprozess bei.

Darüber hinaus unterstützen diese Technologien die Entwicklung nachhaltiger Produkte, indem sie die Kundenpräferenzen für umweltfreundliche Materialien und Designs analysieren. Sie erleichtern außerdem die Nachverfolgung der Umweltauswirkungen entlang der gesamten Lieferkette, sodass Unternehmen Verbesse-

3



4



rungsbereiche identifizieren und umweltfreundlichere Praktiken umsetzen können.

Die Integration von Nachhaltigkeitskennzahlen in Entscheidungsprozesse stellt sicher, dass Umweltaspekte integraler Bestandteil von Geschäftsstrategien sind. Dieser Ansatz steht nicht nur im Einklang mit den globalen Nachhaltigkeitszielen, sondern erfüllt auch die wachsende Nachfrage der Verbraucher:innen nach umweltbewussten Produkten.

Allerdings integrieren KI-gestützte DSS jedoch große Mengen strukturierter und unstrukturierter Daten aus mehreren Quellen. Diese Eingaben werden mithilfe von Machine-Learning-Algorithmen analysiert, die erhebliche Rechenleistung erfordern und zu höherem Energie- und Wasserverbrauch sowie zu höheren Treibhausgasemissionen (THG) beitragen.

Parallel dazu beinhaltet die Datenkorrelationsanalyse den Vergleich massiver Datensätze, um Zusammenhänge und Trends zu identifizieren. Mit zunehmendem Datenvolumen steigt auch die Nachfrage nach Verarbeitung, Speicherung und Echtzeitanalysen, insbesondere wenn Modelle häufig aktualisiert oder neu trainiert werden. Dies stellt eine zunehmende Belastung für die Rechenzentren dar. Die verwendeten Hardwarekomponenten – darunter GPUs, CPUs und spezialisierte KI-Beschleuniger – benötigt für ihre Herstellung seltene Erden, Konfliktminerale und erhebliche Energiemengen, was relevante Auswirkungen auf die Umwelt mit sich bringt. Kurze Produktlebenszyklen und häufige Hardware-Upgrades tragen zu Elektroschrott (E-Schrott) bei.

■ Abstimmung mit Zertifizierungen und Vorschriften

Der Einsatz von KI-gestützten DSS und Datenanalysen wird von verschiedenen Branchenzertifizierungen und -vorschriften geregelt. So betonen beispielsweise ISO 9001 (Qualitätsmanagementsysteme) und ISO 14001 (Umweltmanagementsysteme) die kontinuierliche Verbesserung und Umweltverantwortung -- beides Ziele, die durch diese Technologien unterstützt werden. Darüber hinaus ist die Einhaltung der EU-Datenschutzverordnung (DSGVO) bei der Verarbeitung von Kundendaten unerlässlich, um Datenschutz und Datensicherheit in Analyseprozessen zu gewährleisten.

5



6



7



Kluge Entscheidungsfindung in der Möbelbranche durch Datenkorrelation und KI-gestützte Analysen



Lösungen



DataFurn

EOSC-DIH

EU ↔

Eine Plattform-as-a-Service-Lösung, die Analysen für die Möbelbranche bietet und es Herstellern ermöglicht, Online-Inhalte zu analysieren, den Markeneinfluss zu überwachen und Möbeltrends vorherzusagen.



Business-Intelligence- und Vertrieboptimierungsdashboards für Möbelunternehmen

CPoint5

Vereinigte Staaten ↔

Bietet dynamische Dashboards für Möbelunternehmen, um die Leistung zu analysieren, die meistverkauften Produkte zu identifizieren und Lagerbestände sowie Verkaufsstrategien zu optimieren.



Einheitliche Daten- und Business-Intelligence-Plattform für die Fertigung

Microsoft Fabric Power BI

Vereinigte Staaten ↔

Microsoft Fabric integriert Datenverarbeitung, Echtzeitanalysen und Business Intelligence in einer einheitlichen Plattform. In Kombination mit Power BI ermöglicht es Herstellern, KPIs zu visualisieren, maschinelle Lernmodelle anzuwenden und datenbasierte Entscheidungen in den Bereichen Abläufe, Lagerbestände und Lieferkettenmanagement zu treffen.



IoT-gestütztes ERP für die Möbelherstellung

Epicor

Vereinigte Staaten ↔

Kinetic ERP von Epicor integriert IoT-Sensoren, um Echtzeit-Einblicke zu liefern und so klügere Entscheidungen, vorausschauende Wartung und betriebliche Effizienz in der Möbelherstellung zu ermöglichen.



ERP-System mit Lieferkettenmanagement und vorausschauenden Analysen für die Möbelherstellung

Focus Softnet

Indien ↔

Die ERP-Lösung von Focus Softnet optimiert Produktions- und Vertriebsprozesse in der Möbelfertigung und bietet robuste Lieferkettenmanagement- und vorausschauende Analysefunktionen.



KI/ML-gestützte fortschrittliche Analyseplattform für die Möbelherstellung

SAS

Vereinigte Staaten ↔

SAS Viya nutzt KI/ML (z. B. ARIMA, Gradient Boosting, Computer Vision) für die Möbelherstellung. Es integriert diverse Daten (Sensor-, Vertriebs-, Bilddaten) für eine präzise Bedarfsprognose, eine vorausschauende Qualitätssicherung durch Anomalieerkennung, eine IoT-gestützte Überwachung der Anlagenleistung (RUL-Schätzung) und optimierte Lieferketten mithilfe von Simulation und fortschrittlichen Algorithmen.



KI-gestützte Produktionsplanung

Ima Schelling

Deutschland ↔

KI-Lösungen zur Optimierung der industriellen Möbelproduktion, entwickelt für Großhersteller. Diese Systeme analysieren Daten aus den Produktionslinien und verknüpfen sie mit der Auftragsplanung, um intelligentere Entscheidungen zu ermöglichen. Zu den Vorteilen gehören optimierte Verschachtelungen, weniger Materialverschwendung und verbesserte Vorlaufzeiten, was zu höherer Effizienz und Produktivität im gesamten Fertigungsprozess führt.



Beispiele



RISE (Forschungsinstitute in Schweden)

Schweden ↔

Entwicklung eines KI-basierten Bildanalysetools zur Unterstützung von Möbelsanierungsentscheidungen, wodurch die Kreislaufwirtschaft durch die schnelle Identifizierung von Möbelmodellen und notwendigen Ersatzteilen verbessert wird.



Vaimo

Global



Nutzt fortschrittliche Datenanalysen zur Optimierung der Abläufe im Möbelhandel, einschließlich Gestaltung von Ausstellungsräumen, personalisierten Kundenerlebnissen und Nachhaltigkeitsanalysen.



Dribia

Spanien



GOIA von Driba ist ein maßgeschneidertes, KI-gesteuertes Bedarfsprognosetool, das maschinelles Lernen mit menschlicher Expertise verbindet. Es ermöglicht Unternehmen, Nachfrageschwankungen vorherzusehen, die Lagerbestände zu optimieren und Abfall zu reduzieren, wodurch nachhaltige und effiziente Fertigungsprozesse unterstützt werden.



Imperia SCM

Spanien



Imperia bietet eine modulare, KI-gestützte Plattform für die Lieferkettenplanung. Es verbessert die Bedarfsplanung, Bestandsoptimierung und S&OP-Prozesse, bietet Echtzeit-Transparenz und Anpassungsfähigkeit an Marktveränderungen und steigert so die operative Effizienz und Kundenzufriedenheit.



Leverage AI

Vereinigte Staaten



Bietet intelligente Automatisierung für das Lieferkettenmanagement in der Möbelherstellung. Die Plattform bietet Echtzeit-Transparenz, erstellt Scorecards zur Bewertung von Lieferanten und automatisiert die Kommunikation, wodurch der Zeitaufwand für Käufer:innen für Bestellungen und Lieferantenmanagement um 50 % reduziert wird.



Forma ideale

Serbien



Forma ideale setzte verschiedene KI-Technologien ein: generatives Design mithilfe von GANs zur Erstellung neuer Möbelkonzepte auf Grundlage bestehender Daten und Kundenpräferenzen; KI- und IoT-Integration zur Überwachung der Geräteleistung und Produktionsoptimierung sowie intelligentes Lagermanagement mit autonomen Fahrzeugen zur Steigerung der logistischen Effizienz.

Bericht über Industrie 5.0 in der EU-Fertigung



Dieser Bericht (D2.1) stellt dar, was Industrie 5.0 ist, woher sie kommt, wo sie sich befindet und sie sich hinbewegt. Der Weg zum neuen Paradigma von Industrie 5.0 ist lang und klar formuliert.

Vor diesem Hintergrund starten europäische Staaten derzeit Programme und Maßnahmen, um den Übergang zu Industrie 5.0 in unterschiedlichen Tempi voranzutreiben, damit Unternehmen und Wirtschaftssysteme sich weiterentwickeln und diesen Weg einschlagen können, der zu einer bedeutenden Entwicklung führen könnte – nicht nur wirtschaftlich, sondern auch menschlich und sozial.

Transition 5.0 ist der Übergang zu einem fortschrittlichen, technologiezentrierten Industriemodell, bei dem die Einführung digitaler Technologien wie IoT, KI und Robotik die Effizienz, Nachhaltigkeit und Individualisierung von Produktionsprozessen verbessert.

Diese Veränderung erfordert zudem eine Überprüfung der Geschäftspraktiken und einen stärkeren Fokus auf menschliche Bedürfnisse. Im Wesentlichen handelt es sich um einen Schritt hin zu einer hochgradig digitalisierten und zukunftsorientierten Branche.

Industrie 5.0 stellt eine neue Art, Wirtschaft und Industrie zu konzipieren -- ein Modell, in dem Technologie und Menschlichkeit harmonisch verschmelzen und ein Gleichgewicht zwischen Effizienz und menschlichen Werten schaffen. Es ist eine Vision der Branche, die nicht nur auf Produktivität, sondern auch auf das Wohlbefinden der Menschen und den Respekt vor der Umwelt abzielt. Im Gegensatz zu Industrie 4.0, das als echte industrielle und technologische Revolution konzipiert wurde, ist Industrie 5.0 vor allem ein neues kulturelles Paradigma.

Deshalb ist es unerlässlich, Unternehmen, die die eigentlichen Akteure in diesem neuen Paradigma sind, ausgehend von den heutigen Ausgangsbedingungen dabei zu helfen, zu verstehen, welcher Weg am besten

zu ihrem Geschäftsmodell passt. Um zu verstehen, wo wir stehen und wo wir hin wollen, um Ressourcenverschwendung zu vermeiden und um sicherzustellen, dass wir die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen weiter steigern, werden Modelle und Tools benötigt.

Wir leben in einem Kontext der kontinuierlichen Weiterentwicklung von Produktionssystemen, Fähigkeiten und Prozessen. Die Technologie stellt eine doppelte Herausforderung dar: Einerseits erhöht sie den Wettbewerbsdruck, andererseits bietet sie Lösungen für die großen Herausforderungen unserer Zeit, wie den grünen, sozialen und demografischen Wandel.

Der Schlüssel zur Bewältigung dieser Veränderungen liegt in der Entwicklung des Paradigmas Gesellschaft 5.0. Es wurde in Japan theoretisch entwickelt und stellt es ein Paradigma wirtschaftlicher und sozialer Entwicklung dar, das den Menschen in den Mittelpunkt der synergetischen Beziehung zur Technologie stellt. Ein Schritt über das für die 4.0-Welt typische Automatisierungsparadigma hinaus: Das Ziel der Einführung von Technologie in der 5.0-Gesellschaft ist es, das Wohlbefinden und die Lebensqualität der Einzelpersonen zu steigern und Technologie in den Dienst der Menschen zu stellen, anstatt sie zu ersetzen.

Das 5.0-Paradigma ist für die Zukunft Europas und für den Erfolg der von der Europäischen Union eingeleiteten Übergänge und langfristigen Transformationspfade unerlässlich.

In diesem Sinne gibt es zwei wichtige strategische Hebel für einen erfolgreichen Übergang: Innovation und Kompetenzen. Ohne sie ist jede Maßnahme zur Einführung neuer Technologien zum Scheitern verurteilt oder kann ihren Nutzen zumindest nicht maximieren.

Bericht über das Reifegrad von Industrie 5.0 in der EU-Möbelbranche



Dieser Bericht (D2.2) bewertet das derzeitige Bereitschaftsniveau der EU-Möbelindustrie für den Übergang zu Industrie 5.0. Die Möbelbranche zeigt, dass sie über die **Grundkenntnisse für einige Technologien** verfügt, die bereits Auswirkungen auf die Produktionsprozesse haben, aufgrund ihrer Art und Beschaffenheit bereits implementiert wurden und daher bekannter sind als andere.

Es gibt jedoch viele Technologien, die heutzutage aufgrund ihrer potenziellen Auswirkungen auf das Leben von Unternehmen eingehend erforscht werden sollten, die jedoch nicht berücksichtigt werden.

Dies ist auf mangelnde Kenntnisse über diese Technologien und das Fehlen einer tief gehenden Analyse ihres Potenzials und ihrer möglichen Einsatzmöglichkeiten zurückzuführen.

Die Studie ergab, dass die **Branche hinsichtlich einiger Technologien schlecht informiert**, und bei anderen jedoch kompetenter ist. Insgesamt zeigt sich jedoch ein starker Mangel an Wissen über diese Schlüsseltechnologien, sowohl bei großen als auch bei kleinen Unternehmen.

Dies unterstreicht die Notwendigkeit, dass **die Branche einen Schritt nach vorne macht, was die Ausbildung** in den Technologien angeht, die eine intelligente Industrie ermöglichen, um neue Einsatzmöglichkeiten und Anwendungen in einem Bereich zu identifizieren, der sich noch langsam in Richtung des in den letzten Jahren beobachteten technologischen Wandels bewegt.

Die Studie war sicherlich eine gute Gelegenheit, die wichtigsten Wissenslücken in Bezug auf diese Technologien zu erkennen und Lösungen und Vorschläge zu entwickeln, die Unternehmen dabei helfen können, das Potenzial und die Tools der heutigen Technologie zu verstehen, um der Möbelbranche einen neuen innovativen Schub zu geben.

Kompetenzbedarf und Empfehlungen für Stakeholder in der Möbelbranche



In diesem Bericht (D5.1) haben wir zwei grundlegende Fragen behandelt: Welche grünen und digitalen Kompetenzen entstehen derzeit in der europäischen Holz- und Möbelbranche – insbesondere solche, die mit Industrie 5.0 im Einklang stehen – und wo gibt es Diskrepanzen zwischen Angebot und Nachfrage? Und wie können Unternehmen in dieser Branche die Prinzipien von Industrie 5.0 effektiv umsetzen, indem sie relevante Fähigkeiten entwickeln, neue Technologien nutzen und europäische Kompetenzvalidierungstools nutzen?

Unsere Analyse zeigte, dass eine tief greifende Transformation im Gange ist. Technische Fähigkeiten in den Bereichen Ökodesign, Lebenszyklusanalyse, Robotik, Digital Twins und Datenanalyse müssen nun durch transversale Kompetenzen wie Anpassungsfähigkeit, systemisches Denken, digitale Zusammenarbeit und Nachhaltigkeitsbewusstsein ergänzt werden. Das Angebot hinkt jedoch weiterhin hinterher – die Digitalisierung bleibt bei KMU nach wie vor ungleichmäßig, grüne Kompetenzen sind noch nicht ausreichend verbreitet und die Ausbildungssysteme haben die von Industrie 5.0 geforderten hybriden Profile noch nicht vollständig integriert.

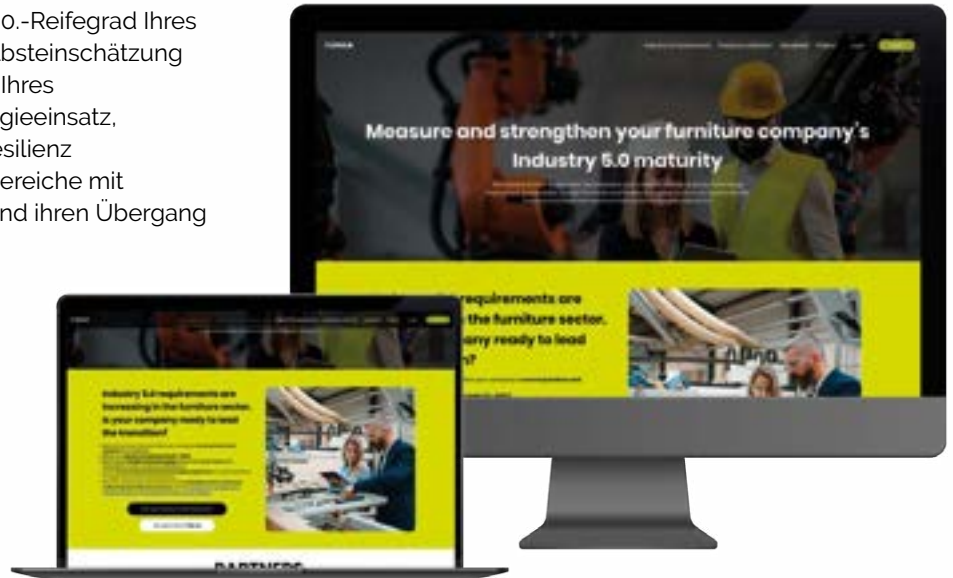
Diese Diskrepanz hat klare Auswirkungen auf verschiedene Stakeholder: Schulungsanbieter müssen modulare, flexible Lernpfade – Mikrozertifikate anbieten, die mit ESCO und EQF übereinstimmen, und auf die neu auftauchenden Positionen zugeschnitten sind. Politische Entscheidungsträger und öffentliche Behörden sollten Kompetenzökosysteme durch Multi-Stakeholder-Governance, clusterbasierte Strategien und sektorale

Beobachtungsstellen stärken, die in der Lage sind, die Kompetenzentwicklung zu verfolgen und zukünftige Lücken vorherzusehen. Die Unternehmen selbst müssen von reaktiven, ad-hoc-Lösungen zu einer direkten Verankerung der Kompetenzentwicklung in der strategischen und technologischen Planung übergehen. Kontinuierliche Überwachung und zukunftsorientierte Informationsgewinnung sind unerlässlich. Mithilfe von Kompetenzüberwachungsstellen, unterstützt durch Tools wie Foresight Platforms und Skills Radars, kann Europa künftige Qualifikationsbedürfnisse vorhersehen, bevor sie zu systemischen Einschränkungen führen. So werden sowohl die Anpassungsfähigkeit der Arbeitskräfte als auch die Wettbewerbsfähigkeit der Branche sichergestellt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Kompetenzen der Dreh- und Angelpunkt von Industrie 5.0 in der Holz- und Möbelbranche sind. Um die Lücke zwischen zukünftigen Qualifikationsanforderungen und bestehendem Angebot zu schließen, ist eine zweigleisige Strategie notwendig: die Ausstattung der Arbeitskräfte mit hybriden grünen und digitalen Fähigkeiten und deren Einbettung in die Technologieeinführung, Geschäftsmodelle und kollaborative Netzwerke. Kompetenzentwicklung ist keine unterstützende Maßnahme – sie muss zur treibenden Kraft werden, die menschenzentrierte Innovation, Nachhaltigkeit und Digitalisierung mit Europas langfristiger industrieller Widerstandsfähigkeit in Einklang bringt.

A1

Bewerten und steigern Sie den Industrie 5.0.-Reifegrad Ihres Möbelunternehmens. Mit dem Tool zur Selbsteinschätzung für Industrie 5.0 können Sie den Reifegrad Ihres Unternehmens in den Bereichen Technologieeinsatz, Nachhaltigkeit, Menschzentrierung und Resilienz bewerten. Dies hilft Möbelunternehmen, Bereiche mit Verbesserungspotenzial zu identifizieren und ihren Übergang zu Industrie 5.0 voranzutreiben.



Das Tool in 5 Schritten

Befolgen Sie diese Schritte, um den Selbsteinschätzungsprozess zu starten und die Inhalte und Ergebnisse des FurnCSR- 5,0-Tools zu nutzen.

0

Registrieren & Anmelden
assessment.furn50.eu



1

Antwort

Beantworten Sie alle Fragen, denen die gegenwärtigen Praktiken und Szenarien Ihres Unternehmens in allen Hauptbereichen von Industrie 5.0 am ehesten entsprechen. So können Sie den Industrie 5.0-Reifegrad Ihres Unternehmens ermitteln und Möglichkeiten für Verbesserungen sowie den Übergang zu Industrie 5.0 identifizieren.





2

Bewerten

Überprüfen Sie den Index für den Industrie 5.0-Reifegrad Ihres Unternehmens und bestimmen Sie Ihre Stärken und Reifegrad-Lücken in den Bereichen Technologieeinsatz, Nachhaltigkeit, Menschzentrierung und Resilienz.

3

Verbessern

Entdecken Sie, wie Sie den Übergang Ihres Unternehmens zu Industrie 5.0 vorantreiben können, indem Sie empfohlene Maßnahmen, technologische Anwendungen und ausgewählte Praktiken zur Unterstützung von Verbesserungen und Priorisierungen ausprobieren.



4

Gesamtheit der Praktiken

Greifen Sie auf die Gesamtheit der im Rahmen des Projektes FURN5.0 entwickelten Praktiken und Szenarien für Industrie 5.0 zu.



A2

FIX production and project union, GmbH

fixunion.com.ua

UKRAINE

Das Tool zur Selbsteinschätzung ist übersichtlich, gut strukturiert und einfach zu bedienen. Es bietet einen detaillierten Überblick über unsere gegenwärtige Position und ermöglicht aussagekräftige Vergleiche mit anderen Ländern und Märkten.

Vor allem aber versetzt es unser Unternehmen in die Lage, einen praktischen Aktionsplan zu entwickeln und Schwerpunktbereichen für die weitere Arbeit Priorität einzuräumen, insbesondere in Kriegszeiten kritischen Bereichen wie Kreislaufwirtschaft, Resilienz und Diversifizierung der Lieferketten.



FIX
UNION

Möbelwerk Stryi, GmbH

tivoli.com.ua

UKRAINE

Die Umfrage hat eindeutig Bereiche aufgezeigt, in denen wir unsere Entwicklung als nachhaltiges, zukunftsfähiges Fertigungsunternehmen vorantreiben können. Ausgehend von diesen Erkenntnissen streben wir eine schnellere Einführung zielgerichteter Technologien sowie eine weitere Verbesserung unserer Nachhaltigkeitsmaßnahmen an – nicht nur, um unsere eigene Resilienz zu steigern, sondern auch, um ein skalierbares, effizientes und verantwortungsbewusstes Produktionsmodell innerhalb der Möbelbranche der Ukraine zu etablieren.



TIVOLI

AQUINOS GROUP

aquinosgroup.com

PORTUGAL

Der Übergang zu Industrie 5.0 bringt zusätzlich zu den ständigen Veränderungen auf dem globalen Markt erhebliche Herausforderungen mit sich. Zugang zu praktischen Hilfsmitteln wie diesem, die einen reibungslosen und effizienten Übergang ermöglichen, stellt einen entscheidenden Schritt bei der Verwirklichung dieser technologischen Entwicklung dar.



aquinos
sofas

Love 2 Design

love2design.org

BULGARIEN

Meiner Meinung nach ist es gut konzipiert und sehr hilfreich. Ich bin der Ansicht, dass das Dokument genügend detaillierte Informationen bereitstellt, um Unternehmen dabei zu helfen, ihre Situation zu verstehen und Verbesserungspotenziale zu erkennen. Ein Vergleich der Ergebnisse verschiedener Unternehmen könnte zu einem umfassenderen Verständnis des Branchenumfelds beitragen und wertvolle internationale Vergleiche ermöglichen.



Love 2 design
furniture designers

Svedholm

🌐 svedholm.se

SCHWEDEN

Das Tool stellt verschiedene Bereiche fest, die Verbesserungspotenzial aufweisen. Wir werden uns stärker auf Anwendungen konzentrieren, die uns dabei helfen, ein stärker auf Kreislaufwirtschaft ausgerichtetes Geschäftsmodell zu entwickeln.



Svedholm
MADE IN SWEDEN

AZEMAD GROUP

🌐 azemad.com

PORTUGAL

Dies ist ein wichtiges Tool, da es deutlich sichtbar macht, welche Maßnahmen das Unternehmen umsetzt und welche nicht, und uns so dabei unterstützt, zu verstehen, in welchen Bereichen wir uns in Zukunft verbessern können.



AZEMAD GROUP

ACADO

🌐 acado.bg

BULGARIEN

Ich bin äußerst zufrieden mit diesem Tool, das uns ein umfassendes Verständnis unserer gegenwärtigen Situation ermöglicht und uns klare Leitlinien für unsere zukünftige Ausrichtung aufgezeigt hat. Besonders möchte ich hierbei die Abschnitte „Furniture-as-a-Service“ und die internen Feedback-Tools für Vorschläge der Mitarbeitenden hervorheben. Die Fokussierung auf die Diversifizierung der Lieferketten ist für uns von entscheidender Bedeutung. Ebenso ist das Konzept, einem Netzwerk zur gemeinsamen Nutzung von Ressourcen beizutreten, um die Krisenresilienz zu verbessern, sehr beeindruckend. Diese Erfahrung war sowohl aufschlussreich als auch inspirierend im Hinblick auf den Übergang zu Industrie 5.0.



ACADO
FURNITURE AS A SERVICE

NADOP-VÝROBA NÁBYTKU, a.s.

🌐 nadop.cz

TSCHECHISCHE REPUBLIK

Das Tool ist übersichtlich, praxisorientiert und bietet einen guten Überblick über unsere gegenwärtige Position sowie über Schlüsselbereiche für Verbesserungen. Darüber hinaus hat das Tool wertvolle Erkenntnisse zum Ermitteln der Prioritäten hinsichtlich Kreislaufwirtschaft, Resilienz und Diversifizierung der Lieferketten aufgezeigt sowie klare Leitlinien für den Übergang zu einem nachhaltigeren, zukunftsfähigen Ansatz gemäß Industrie 5.0 geliefert. Das Tool war sehr benutzerfreundlich und intuitiv, sodass die Erfahrung insgesamt effizient und angenehm war.



NADOP | NÁBYTEK DOUČASTI VÝROBA

Dřevojas, výrobní družstvo

🌐 drevojas.cz

TSCHECHISCHE REPUBLIK

Das Tool zur Selbsteinschätzung ist benutzerfreundlich, übersichtlich und optisch ansprechend. Aufgrund der detaillierten Fragen konnten wir uns ein umfassenderes Bild unserer aktuellen Situation machen und diese genauer analysieren.



dřevojas ®
český koupelnový nábytek

CitySens Lab

🌐 citysenslab.com

SPANIEN

Das Tool hat eine detaillierte Analyse der aktuellen Situation unseres Unternehmens ermöglicht und Schlüsselprozesse zu identifizieren, die optimiert und ausgebaut werden können. Für uns ist dies eine großartige Chance für strategisches Wachstum, ohne dabei unser Kernziel aus den Augen zu verlieren.



CitySens (lab)

Kave Home

🌐 kavehome.com

SPANIEN

Die Arbeit mit dem Tool lieferte wertvolle Lernerfahrungen und veranschaulichte die praktische Anwendung der Prinzipien von Industrie 5.0. Die Bewertung erwies sich bei der Ermittlung von Verbesserungsmöglichkeiten als außerordentlich effektiv und unterstrich die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Verbesserungsarbeit.



Kave Home

Waste Prevention SL (Prewaste)

🌐 prewaste.com

SPANIEN

Das Tool ist ausgesprochen nützlich, sowohl technisch als auch funktional sehr ausgereift, und wird zweifellos einen wichtigen Beitrag zur besseren Implementierung von Industrie 5.0 in unserem Unternehmen leisten. Um den Reifegrad besser einschätzen zu können und soziale Maßnahmen präziser zu definieren, wäre es empfehlenswert, zusätzliche praktische und konkrete Beispiele anzuführen und Verweise auf Richtlinien wie Verhaltenskodizes für Lieferanten oder Leitlinien zum Stakeholder-Management mit aufzunehmen.



prewaste

ABSOTEC

absorcionacustica.com

SPANIEN

Dank dieses Tools waren wir in der Lage, in verschiedenen Bereichen unseren Reifegrad hinsichtlich Digitalisierung, Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit zu bewerten. Darüber hinaus hat es basierend auf den verschiedenen Technologien, Anwendungen, den damit zusammenhängenden bewährten Praktiken und den im Tool integrierten strukturierten Empfehlungen Verbesserungsmöglichkeiten ermittelt.



NOMON

nomon.es

SPANIEN

Das Tool erwies sich als außerordentlich nutzbringend, da es einen klar strukturierten und allumfassenden Überblick zur aktuellen Lage des Unternehmens bietet. Dank dieses Tools waren wir in der Lage, die Situation von einer breiteren Perspektive aus zu betrachten, potenzielle Chancen zu erkennen und Entscheidungsoptionen mit größerer Sicherheit und Zuversicht zu bewerten.



Tomasella

tomasella.it

ITALIEN

Die Erfahrung war aufschlussreich und bereichernd und hat uns ein tieferes Verständnis unserer Arbeitsweise und der Bedeutung unserer täglichen Entscheidungen vermittelt. Durch diesen Prozess erhielten wir konkrete und strukturierte Erkenntnisse hinsichtlich unserer Gegebenheiten, mit Fokus auf Stärken und der Herausarbeitung neuer Wachstumschancen. Dieser Weg bestärkt uns in unserer auf Qualität, Beständigkeit und Verantwortung gegründeten Vision und trägt zu einer natürlichen Entwicklung bei, welche die Gegenwart bereichert und gleichzeitig eine ausgewogene Zukunft gestaltet.



TOMASELLA

Árkossy Bútor Kft

arkossy.hu

UNGARN

Das Tool lieferte uns zahlreiche wertvolle Erkenntnisse sowie klar definierte Handlungsempfehlungen für die Zukunft.



A2

Plydesign GmbH

🌐 plydesign.eu

UNGARN

Während sich unser Unternehmen hinsichtlich Nachhaltigkeit und Technologie kontinuierlich weiterentwickelt, verdeutlicht dieses Tool zukünftige Ausrichtungen sowie die Potenziale, die wir in Zukunft erreichen können.



PLY DESIGN

Alples

🌐 alples.si

SLOWENIEN

Dieses Tool eignet sich hervorragend zum Überprüfen des Reifegrades der Praktiken gemäß Industrie 5.0 in unserem Unternehmen sowie zur Bewertung der gegenwärtigen Entwicklung. Es liefert zudem Vorschläge für eine bessere strategische Ausrichtung.



MKTECHMINDS SRL

RUMÄNIEN

Meine Erfahrungen mit diesem Tool sind ein Beweis dafür, dass die Integration digitaler Tools sowie die Förderung kooperativer Denkweisen bei der Ausbildung und beruflichen Weiterentwicklung von entscheidender Bedeutung sind. Wenn wir unsere Wettbewerbsfähigkeit und Relevanz auf dem sich ständig wandelnden europäischen Markt bewahren wollen, bleibt uns keine andere Wahl.



Gonzaga Pro

🌐 gonzaga.eu

SLOWENIEN



Antares Romania

🌐 scaune.ro

RUMÄNIEN

Meiner Meinung nach handelte es sich hier um ein praktisches und gut durchdachtes Tool. Es liefert einen präzisen Überblick des Fortschritts in den Bereichen Digitalisierung und Nachhaltigkeit und gibt Aufschluss über den Reifegrad des Unternehmens. Darüber hinaus weist es auf mehrere Bereiche hin, in denen Verbesserungsbedarf besteht.



ANTARES 
INTERNATIONAL

A3

Dieser Bericht stellt das Feedback der zu ihren Erfahrungen mit dem Online-Tool zur Selbsteinschätzung FURN 5.0 befragten Personen vor. Er basiert auf einem speziellen Fragebogen, mit dem die Eindrücke, die Zufriedenheit und Verbesserungsvorschläge der Benutzer nach der Nutzung des Tools erfasst werden sollten. Anhand der Auswertung der Antworten identifizieren wir Stärken, Anforderungen sowie konkrete Möglichkeiten zur Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit, Relevanz sowie der Effektivität des Tools.

Im Ganzen haben 21 Befragte, Unternehmensvertreter aus 10 europäischen Ländern (Bulgarien, Tschechische Republik, Ungarn, Italien, Portugal, Rumänien, Slowenien, Spanien, Schweden, Ukraine), an der Umfrage teilgenommen. Insgesamt äußerten sich die Befragten **sehr zufrieden mit der Benutzerfreundlichkeit** des Tools: Grafikoberfläche, Navigationssystem, Anleitungen und Lesbarkeit wurden von allen als sehr gut bewertet. Das Tool wurde häufig als leichtgängig, benutzerfreundlich und überzeugend beschrieben. Mehrere Nutzer betonten, dass das Tool sie zu einer fundierten Reflexion hinsichtlich der digitalen und organisatorischen Reife ihres Unternehmens anregte.

Anmeldung und Navigation wurden allgemein als intuitiv wahrgenommen, obwohl einige Teilnehmer auf anfängliche Unsicherheiten am Ende des Prozesses hinwiesen und die Einführung einer klareren abschließenden Bestätigungsmeldung oder eines Fortschritts-/Abschlussbalkens vorschlugen. Technische Probleme wurden nur vereinzelt gemeldet. Inhaltlich **waren** sich die Nutzer einig, dass die Fragen logisch aufeinander aufbauten und weitgehend auf ihren Unternehmenskontext abgestimmt waren, auch wenn einige Befragte bestimmte Punkte als nicht vollständig zutreffend empfanden, insbesondere in

Fällen, in denen die Produktion ausgelagert wird oder wenn es sich um kleine Unternehmen handelt. Einige Nutzer empfanden die Interpretation bestimmter Fragen gelegentlich als schwierig und schlugen vor, klarere Erläuterungen, Beispiele oder kontextspezifische Anmerkungen zum besseren Verständnis hinzuzufügen.

Das **Ergebniskapitel** wurde hinsichtlich seiner Klarheit und Nützlichkeit als positiv bewertet. Insgesamt stuften die Befragten die Ergebnisse als realistisch und relevant für strategische Überlegungen zu Industrie 5.0 ein. Gleichwohl wurde häufig der Wunsch geäußert, das Tool um detailliertere Beispiele für bewährte Verfahren, Lieferantenvorschläge und aktuelle Anwendungsbeispiele zu ergänzen.

Mehrere Nutzer bekundeten Interesse an der Möglichkeit, **einen Bericht herunterzuladen** und ihre eigene Leistung mit **den Durchschnittswerten der europäischen Industrie zu vergleichen**, woraus sich eine starke Nachfrage nach Benchmarking-Funktionen ergibt.

Fazit: Das Feedback zeigt, dass das FURN 5.0-Tool **aufgrund seiner Struktur, Klarheit und praktischen Relevanz eine hohe Wertschätzung genießt und Unternehmen bei der Bewertung ihrer Bereitschaft für Industrie-5.0 wirksam unterstützt**. Die gesammelten Vorschläge weisen auf Möglichkeiten hin, die Benutzenerfahrung noch weiter zu verbessern, die praktischen Erkenntnisse auszuweiten und die Anpassungsfähigkeit sowie den strategischen Nutzen des Tools für unterschiedliche Unternehmensprofile zu steigern.

Der vollständige Bericht ist unter folgendem Link verfügbar:





FURN5.●

ambit
LIVING SPACES CLUSTER

 **FLA**
FederlegnoArredo

E#IC
Europe's Furniture Industry Center of Innovation



Co-funded by
the European Union