

INHALT

Vorwort	3	Eiflbrennholz e.K. Automatisierte Palettierung sichert Wirtschaftlichkeit	22
Daten erfassen, Daten aufbereiten, Daten auswerten: Wo kommt jetzt die Künstliche Intelligenz ins Spiel?	4	Polierscheibenfabrik Spaeth e.K. Künstliche Intelligenz soll Fehlermanagement optimieren	24
Eine kurze Geschichte der Künstlichen Intelligenz	5	G. Elsinghorst Stahl und Technik GmbH Prozessoptimierung durch Maschinelles Lernen	26
Künstliche Intelligenz: Definition	6	Schwering & Hasse Elektrodraht GmbH Machine Learning-Modell zur Qualitätskontrolle	28
Wie funktionieren Algorithmen, Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen?	7	Laserline GmbH Entwicklung neuer datengetriebener Geschäftsmodelle	30
Wer bestimmt, was Künstliche Intelligenz kann? Die Autonomie des Entscheidens	9	Was kann Künstliche Intelligenz?	32
Künstliche Intelligenz: Nur ein Hype oder doch langfristiger Wachstumsfaktor?	10	So wird Ihr Unternehmen fit für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz	34
Einsatz von Künstlicher Intelligenz in Deutschland	12	KI-Trainer bringen Zukunftstechnologien in den Mittelstand	35
Expertenmeinung zum Thema Künstliche Intelligenz im Mittelstand	15	Übersicht KI-Servicebausteine	36
KI in der Praxis – Erfolgsbeispiele aus dem Mittelstand	18	Unser Partner-Netzwerk	38
Plastikpack GmbH Künstliche Intelligenz optimiert Qualitätskontrolle	19	Quellenangaben	39
		Kontakt/Impressum	39

VORWORT

Die Digitalisierung der Arbeitswelt schreitet kontinuierlich voran, in Unternehmen fallen mehr und mehr Daten an. Werden diese richtig erfasst, ausgewertet und genutzt, bergen sie großes Potenzial und bilden die Basis für neue digitale Technologien. Aus diesem Grund hat *Digital in NRW* – Kompetenz für den Mittelstand seit 2019 das Thema „Mehrwerte aus Daten“ in den Fokus gerückt. Zu den Technologien, mit denen erfolgreich Mehrwerte geschaffen werden können, zählen auch Verfahren Künstlicher Intelligenz.

Künstliche Intelligenz ist ein Thema, das zurzeit insbesondere die Medien, aber auch schon den Arbeitsalltag vieler Konzerne bestimmt. Doch auch für den Mittelstand wird der Einsatz Künstlicher Intelligenz zunehmend interessant und relevant. Maschinelles Lernen und Deep Learning beispielsweise eröffnen viele neue Möglichkeiten der Prozessoptimierung und können auch durch die Erschließung neuer Geschäftsbereiche nachhaltige Wettbewerbsvorteile schaffen.

Wie das gelingen kann, wie Künstliche Intelligenz im Detail funktioniert und welche Verfahren sich bereits in der Praxis bewährt haben, möchten wir Ihnen mit dieser Broschüre näherbringen. In 12 Kapiteln und auf insgesamt 40 Seiten geben wir Ihnen einen umfassenden Einblick in diese komplexe Thematik – von der Theorie bis in die Praxis.

In anschaulichen Best-Practice-Beispielen aus dem Netzwerk der aktuell insgesamt 26 Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren zeigen wir Ihnen zudem, wie Künstliche Intelligenz bereits heute erfolgreich in KMU eingesetzt wird und wie Sie diese innovativen Verfahren Schritt für Schritt auch in Ihrem Unternehmen etablieren können. Mit unserem breit gefächerten Serviceangebot und unserem Team erfahrener KI-Trainer unterstützen wir Sie auf diesem Weg. Kommen Sie gerne auf uns oder Vertreter der anderen Kompetenzzentren in Deutschland zu. Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit mit Ihnen.

Bis dahin wünschen wir Ihnen eine gute Lektüre!



Dr.-Ing. Matthias Parlings
Geschäftsstellenleiter
Metropole Ruhr



Marie Lindemann
Geschäftsstellenleiterin
Rheinland



Dr.-Ing. Arno Kühn
Geschäftsstellenleiter
OstWestfalenLippe

DATEN ERFASSEN, DATEN AUFBEREITEN, DATEN AUSWERTEN: WO KOMMT JETZT DIE KÜNSTLICHE INTELLIGENZ INS SPIEL?



Daten und deren Nutzung spielen eine zunehmend wichtige Rolle im unternehmerischen Alltag. Das geht auch aus der *Digital in NRW*-Studie „Mehrwerte aus Daten“ von 2019 hervor, für die das Kompetenzzentrum *Digital in NRW* mehr als 100 nordrhein-westfälische kleine und mittlere Unternehmen (KMU)¹ zu der Erfassung und Nutzung ihrer Daten befragt hat. Dabei gaben rund 66 % der KMU an, Daten als strategische und operative Grundlage für ihre Entscheidungen zu nutzen. Insgesamt 53 % der befragten Unternehmen verwenden Daten, um das zukünftig optimale Vorgehen zu ermitteln, und eine Mehrheit von 77 % arbeitet mit Daten zur Abbildung von Vorgängen.

und Entscheidungen zu automatisieren, neue Geschäftsmodelle zu realisieren und Kunden eine passgenaue Dienstleistung zu bieten. Mit dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) können all diese Ziele erreicht werden.

Doch was genau verbirgt sich hinter KI? Wo hört Datenanalyse auf und wann fängt KI an? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt und wie müssen Daten aufbereitet werden? Welcher Nutzen entsteht überhaupt aus KI? Wann ist eine KI-Lösung sinnvoll und wann nicht? Diese Fragen zu beantworten, ist gerade für KMU eine große Herausforderung.

66 %

nutzen Daten als strategische und operative Grundlage für ihre Entscheidungen

53 %

verwenden Daten, um das zukünftig optimale Vorgehen zu ermitteln

77 %

arbeiten mit Daten zur Abbildung von Vorgängen

Der Reifegrad der Nutzung der Daten ist über verschiedene Bereiche wie die Geschäftsmodellnutzung oder die interne Logistik jedoch noch ausbaufähig. In den meisten Fällen werden Daten zwar manuell erfasst, aber nicht immer ausgewertet. Den Schritt der Datenanalyse und der automatischen Verwertung gehen die wenigsten der befragten KMU. Trotzdem erwarten sie in Zukunft einen größeren Mehrwert aus Daten, insbesondere bei der Planung und Steuerung (86 %) und der Geschäftsmodellentwicklung (85 %).

Diese Erwartungshaltung entspricht einem aktuellen Trend: Die Verfügbarkeit von immer mehr und qualitativ hochwertig aufbereiteten Daten eröffnet neue Möglichkeiten, um Vorhersagen zu treffen, Prozesse

Aus diesem Grund stellt das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum *Digital in NRW* mittelständischen Unternehmen Experten zur Seite: Die KI-Trainer beraten KMU zum Thema Künstliche Intelligenz und unterstützen sie bei der Analyse und Konzeption eigener KI-Lösungen im Unternehmen.

Auch die Broschüre „Künstliche Intelligenz im Mittelstand – Potenziale und Anwendungsbeispiele“ bietet mittelständischen Unternehmen einen ersten Einstieg in das Thema. Sie beantwortet grundlegende Fragen, zeigt, was KI leisten kann, wie der aktuelle Stand der KI-Nutzung in Deutschland ist und welche realen Anwendungen bereits im Einsatz sind.

EINE KURZE GESCHICHTE DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ



Durch gegenwärtige politische Diskussionen und gesellschaftliche Debatten entsteht der Eindruck, dass KI ein neues Phänomen und eine Innovation der jüngsten Zeit ist. Doch die Ursprünge und ersten Entwicklungen im Bereich KI sind gut 70 Jahre alt. Bereits 1950 entwickelte der britische Mathematiker Alan M. Turing den sogenannten „**Turing-Test**“², der festlegt, ob ein Computer als intelligent bezeichnet werden kann oder nicht.

Modelle beriefen. Anders als bei den ersten, in sich geschlossenen Expertensystemen konnte man nun „Unsicherheiten“ einbauen. Das führte dazu, dass sich ein System bestehend aus „Wenn-Dann“-Beziehungen widersprechen konnte bzw. nicht in sich geschlossen sein musste. Das machte die Nutzung der Systeme wesentlich einfacher. Mithilfe der Empirie wurde nun überprüft, ob Vorhersagen treffsicher waren.

„Ein Computer würde es verdienen, intelligent genannt zu werden, wenn er einen Menschen dazu verleiten könnte zu glauben, dass er ein Mensch ist.“ Alan M. Turing, 1950

Seit den 1950er Jahren hat die Entwicklung der KI **Höhen und Tiefen** erlebt. Zunächst war das Anwendungsgebiet der KI umgrenzt und klar strukturiert, sodass Computer relativ schnell mathematische Beweise, Diagnosen, Simulationen oder auch Schachpartien durchführten. So konnte beispielsweise in den 1960er Jahren das Computerprogramm ELIZA über Skripte verschiedene Gesprächspartner imitieren und so oberflächlich Psychotherapeuten simulieren.

Im Zuge der **Big-Data-Welle**, dem Ausbau des mobilen Internets und der Entstehung von sozialen Plattformen wurden zunehmend mehr Daten generiert. Somit konnten empirische Modelle unterfüttert und deren **Ergebnisgenauigkeit** erhöht werden. Hinzu kam eine bessere **Rechenleistung**, die vor einigen Jahrzehnten noch undenkbar gewesen wäre.

In den 1970er und 1980er Jahren wurden verschiedene **Expertensysteme** entwickelt, Computerprogramme, die Handlungsempfehlungen aus einer sogenannten Wissensbasis ableiten. Eine Wissensbasis musste zuvor manuell über „Wenn-Dann“-Eingaben aufgebaut werden. Diese Expertensysteme führten dazu, dass KI in den 1980ern erstmals kommerziell verwendet wurde. Jedoch waren diese Systeme in ihren Anwendungen limitiert und die Erweiterung der Wissensbasis gestaltete sich als schwieriges und komplexes Unterfangen. Aus diesem Grund setzte Ende der 1980er Jahre der sogenannte „**KI-Winter**“ ein³.

Die Verfügbarkeit von immer mehr Daten sowie einer besseren Soft- und Hardware ermöglichte erstmals die Entwicklung einer Alternative zum klassischen Programmieren, das sogenannte **Maschinelle Lernen**. Es verhalf der KI zu einem erneuten Durchbruch, gefolgt von weiteren erfolgreichen Entwicklungen im Bereich **Deep Learning** (zu Deutsch: Tiefes Lernen)⁴.

Mithilfe dieser Verfahren war und ist es erstmals möglich, dass Maschinen ohne die Vorgabe von bestimmten Regeln oder mathematischen Gleichungen selbstständig lernen, komplexe Aufgaben autonom ausführen und in der automatischen Bild-, Text- und Spracherkennung eingesetzt werden können.

In den 1990er Jahren wurde verstärkt zu verschiedenen **Lernalgorithmen** geforscht, die sich auf empirische Grundlagen und passende, mathematische

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ: DEFINITION

Auch wenn bereits seit gut 70 Jahren zum Thema geforscht wird, gibt es keine einheitliche Definition für KI. Zudem unterscheiden sich die Sichtweisen und Formulierungen von Fall zu Fall.

DIE BUNDESREGIERUNG DEFINIERT KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN IHRER KI-STRATEGIE VON 2018 WIE FOLGT:

„Die (schwache) KI ist fokussiert auf die **Lösung konkreter Anwendungsprobleme auf Basis der Methoden aus der Mathematik und Informatik**, wobei die entwickelten Systeme zur Selbstoptimierung fähig sind. Dazu werden auch Aspekte menschlicher Intelligenz nachgebildet und formal beschrieben bzw. Systeme zur Simulation und Unterstützung menschlichen Denkens konstruiert.“⁵

DER DIGITALVERBAND BITKOM E.V. FORMULIERT FOLGENDE DEFINITION:

„Künstliche Intelligenz beschreibt Informatik-Anwendungen, deren Ziel es ist, **intelligentes Verhalten** zu zeigen. Dazu sind in unterschiedlichen Anteilen bestimmte Kernfähigkeiten notwendig: **Wahrnehmen, Verstehen, Handeln und Lernen**. (...) **Das wirklich Neue ist das Lernen und Verstehen**. Heutigen »echten« KI-Systemen ist gemein, dass sie in der Verarbeitungskomponente auch **trainiert** werden und **damit lernen können** und so bessere Ergebnisse erzielen als herkömmliche Verfahren (...).“⁶

DIE FRAUNHOFER-ALLIANZ BIG DATA, EIN ZUSAMMENSCHLUSS VON MEHR ALS 30 FRAUNHOFER INSTITUTEN, DEFINIERT DEN BEGRIFF KI SO:

„Künstliche Intelligenz (KI) ist ein **Teilgebiet der Informatik**, das sich damit beschäftigt, **Maschinen mit Fähigkeiten auszustatten**, die **intelligentem (menschlichem) Verhalten** ähneln. Dies kann mit vorprogrammierten Regeln oder durch Maschinelles Lernen erreicht werden. Starke bzw. generelle KI bezeichnet Maschinen, die generalisierende Intelligenz- und Transferleistungen erbringen können und somit nicht nur auf sehr begrenzte, vordefinierte Aufgabenfelder beschränkt sind.“⁷

DA DIESE FORMULIERUNGEN ABSTRAKT BLEIBEN, HAT DIGITAL IN NRW EINE EIGENE DEFINITION ENTWICKELT, DIE PRAXISNAH UND KONKRETER IST:

Der Begriff Künstliche Intelligenz beschreibt Systeme, die mithilfe von Daten und mathematischen Modellen lernen, bei Bedarf selbstständig Entscheidungen treffen können und somit intelligentes Verhalten zeigen. Künstliche Intelligenz kann als Instrument genutzt werden, das den Menschen bei Arbeits- und Entscheidungsprozessen und der Lösung konkreter Probleme unterstützt.

WIE FUNKTIONIEREN ALGORITHMEN, KÜNSTLICHE INTELLIGENZ UND MASCHINELLES LERNEN?

Die Begriffe Künstliche Intelligenz, Algorithmus und Maschinelles Lernen werden häufig im Zusammenhang miteinander verwendet. Doch was genau verbindet einen Algorithmus mit KI? Und was ist Maschinelles Lernen?

Entscheidend ist, dass KI als Oberbegriff für alle künstlich-intelligenten Maschinen und Anwendungen verstanden werden kann. Die Beschaffenheit der

Einen Algorithmus kann man mit einem Kochrezept vergleichen: In dem Rezept sind spezifische Schritte für die Verarbeitung von klar beschriebenen Zutaten in einer bestimmten Reihenfolge definiert. Werden die einzelnen Schritte nacheinander und korrekt ausgeführt, entsteht das geplante Gericht.

Algorithmen bilden deshalb die Basis bzw. den Ausgangspunkt für KI⁸.

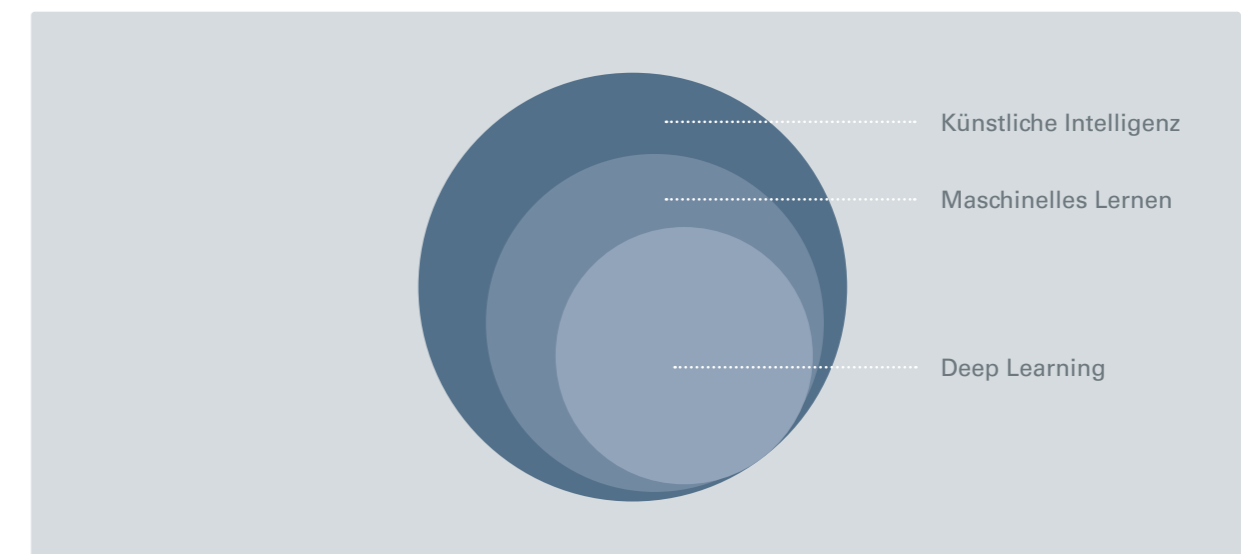


Abbildung 1: Künstliche Intelligenz, Maschinelles Lernen und Deep Learning.

KI und die Entstehung von künstlich-intelligentem Verhalten kann aus unterschiedlichen Quellen und Aufbauweisen resultieren. Formen dieser Aufbauweise sind Maschinelles Lernen und Deep Learning. Sie sind als Teilgebiete von KI zu verstehen. Um zu verstehen, wie KI funktioniert, ist es zunächst wichtig, den Aufbau eines Algorithmus nachzuvollziehen: Ein **Algorithmus** ist die Grundlage einer Programmierung. Er beschreibt eine eindeutige Handlungsvorschrift, die ein gegebenes Problem mittels einer dafür festgelegten Vorgehensweise löst⁸. Vereinfacht gesagt, werden mithilfe eines Algorithmus Eingabedaten in Ausgabedaten umgewandelt.

KI ist der Oberbegriff für Maschinen, die durch Informatikanwendungen künstlich-intelligentes Verhalten zeigen. Für intelligentes Verhalten sind verschiedene Kernfähigkeiten notwendig: **Wahrnehmen, Verstehen, Handeln und Lernen**¹⁰. Die Eigenschaften Wahrnehmen, Verstehen und Handeln können als Teil bisheriger EDV-Systeme verstanden werden: Wahrnehmung erfolgt bei einer Eingabe in das System. Verstehen ist die Verarbeitung der Daten und Handeln ist die entsprechende Ausgabe. Dies entspricht dem, was der unterliegende Algorithmus zuvor definiert hat. Das neuartige an KI-Systemen ist dabei das **Lernen**.

Anders als herkömmliche Systeme, kann ein KI-System Situationen nicht nur wahrnehmen, sondern mithilfe seines Wissens, welches auf **vorhandenen Daten und Fakten, Modellen oder anderen mathematischen Regeln** basiert, interpretieren. Diese Interpretation wird wiederum genutzt, um eine eigenständige **Entscheidung** hinsichtlich des weiteren Vorgehens zu treffen. Jede neue Situation vergrößert die Wissensbasis des KI-Systems: **Es lernt dazu.**

In der Analogie eines Kochrezepts bedeutet das: Auch ein Rezept wird angepasst oder verändert. All diese Veränderungen kann ein KI-System wahrnehmen, sich merken und interpretieren. Es lernt aus Erfahrungen und ist dann in der Lage, ein „Gericht“ zu kochen, auch wenn Zutaten, z. B. aktuelle Daten, fehlen.

Eine herkömmliche Programmierung würde den Kochprozess abbrechen, sobald das Rezept nicht mehr strikt befolgt werden kann. KI ermöglicht es dem System jedoch, selbstständig zu entscheiden, wie es vorgeht und beispielsweise eine fehlende Zutat durch eine andere, vorhandene (z. B. historische Daten) auszutauschen.

Wenn jedoch Vorschriften und genaue Regeln nicht erkennbar sind, sondern nur das gewünschte Ergebnis bekannt ist, bietet **Maschinelles Lernen** - als Teilgebiet von KI - eine Alternative zum herkömmlichen Programmieren. Dafür müssen keine langen und streng definierten Programme bzw. Arbeitsschritte geschrieben oder Daten manuell eingegeben werden. Es werden lediglich sogenannte Lernalgorithmen vorgegeben. Das sind mathematische Formulierungen, wie z. B. eine Regressionsgleichung, die mithilfe von Trainingsdaten bestimmte Ergebnisse und Werte produziert. Je mehr Daten zur Verfügung gestellt werden, umso wahrscheinlicher sind korrekte Ergebnisse.

Für das Beispiel eines Kochrezepts heißt das: Die Zubereitungsschritte des Rezepts sind teilweise unbekannt. Vielleicht wurden sie nicht leserlich oder ausführlich genug aufgeschrieben. Bekannt ist das Gericht und dass z. B. Verrühren und Backen bestimmter Zutaten einen Kuchen ergeben.

Mithilfe von Maschinellen Lernen können alle möglichen Kombinationen von Zutaten und Temperaturen ausprobiert werden – so oft, bis am Ende ein Kuchen entsteht. Jede weitere Wiederholung bringt Erfahrungswerte. Und das System lernt mit jedem Versuch dazu. Die Wahrscheinlichkeit steigt, den gewünschten Kuchen zu erhalten.

Deep Learning umfasst ein komplexes Teilgebiet des Maschinellen Lernens, bei dem ein Computermodell die Durchführung bestimmter Klassifikationsaufgaben direkt aus Bildern, akustischen Daten oder Texten erlernt. Dem System wird das Ergebnis nicht anhand von mathematischen Modellen erklärt, sondern z. B. anhand eines Bildes oder eines akustischen Signals gezeigt. Diese unterschiedlichen Eingaben werden in sogenannten künstlichen neuronalen Netzen abgebildet. Deep Learning eignet sich für die **Analyse von Bild- und Video- sowie Sprach- und Textdaten.** Außerdem können Systeme, die auf Deep Learning beruhen, neuartige Lernaufgaben mit komplexen Ergebnissen lösen wie z. B. Texte übersetzen, Fragen und E-Mails beantworten, Musik und Texte komponieren oder neuartige Bilder produzieren¹¹.

Ein KI-System, das auf Deep Learning basiert, ist in der Lage, unterschiedliche Gerichte z. B. anhand eines Fotos oder Videos automatisch zu erkennen. Es ist also denkbar, dass der Anwender dem System ein Foto eines bestimmten Kuchens zeigt. Das System identifiziert den Kuchen und kann dem Nutzer das passende Rezept dazu raussuchen.

ZUSAMMENFASSUNG: KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

- ist der Oberbegriff für alle künstlich-intelligenten Maschinen und Anwendungen
- besteht aus Teilgebieten wie Maschinellen Lernen und Deep Learning
- beruht auf mathematischen Anwendungen und Modellen
- wird möglich durch verbesserte, moderne Soft- und Hardware
- resultiert aus der zunehmenden Verfügbarkeit und Generierung neuer Daten
- gestaltet Prozesse effizienter und effektiver

WER BESTIMMT, WAS KÜNSTLICHE INTELLIGENZ KANN? DIE AUTONOMIE DES ENTSCHEIDENS

Im Kontext aktueller Anwendungen ist meist von „schwacher KI“ die Rede. Gemeint ist eine KI, die dem Menschen bei seinen Entscheidungen assistiert und unterstützt. Inwieweit KI Unterstützung bieten soll, liegt dabei im Ermessen des Programmierers bzw. Anwenders. Zur Einordnung der verschiedenen Automationsgrade eigenen sich **5 Stufen** der Automation des Entscheidens¹².

aufgrund bekannter und erfasster Präferenzen ungefragt bestimmte Produkte vorschlagen. Es bleibt dem Entscheider überlassen, ob er einen Vorschlag annimmt. Daher handelt es sich um geprüftes Entscheiden.

Beim delegierten Entscheiden in **Stufe 4**, überlässt der Entscheider dem System dauerhaft die Kontrolle

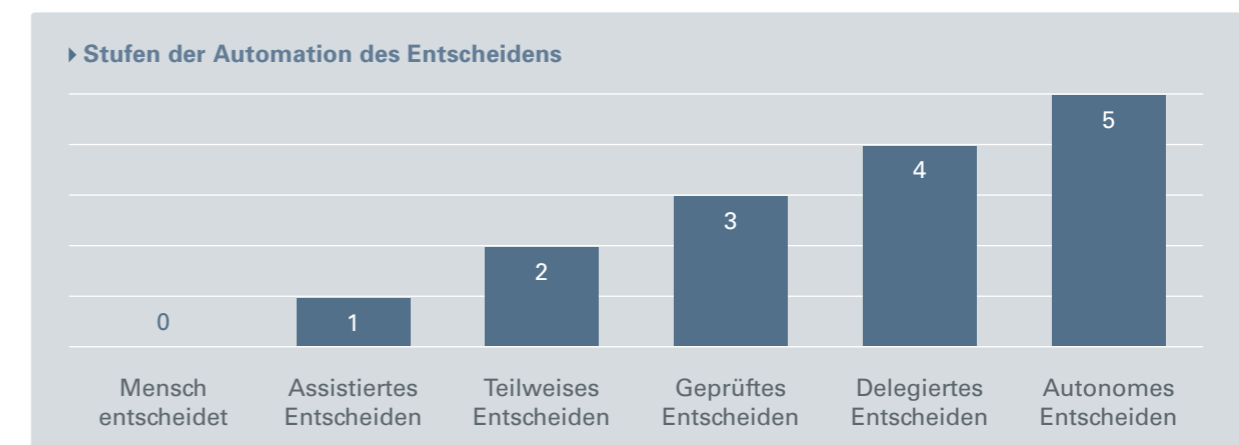


Abbildung 2: Stufen der Automation des Entscheidens, Quelle: Holtel, S., Hufenstuhl, A. & Klug, A. (2017). Künstliche Intelligenz verstehen als Automation des Entscheidens: Leitfaden. Bitkom e. V.

In **Stufe 0** ist der Mensch alleiniger Entscheidungsträger. Es gibt keine Maschine und kein technisches System, das ihn aktiv unterstützt.

In **Stufe 1** kann ein technisches System, wie z. B. eine Tabellenkalkulation, dem Menschen beim Entscheiden assistieren.

In **Stufe 2** übernimmt das System einerseits Berechnungen, kann aber in bestimmten, vorgegebenen Anwendungsfällen auch selbstständig Entscheidungen treffen und z. B. über eine Spracherkennung Bestellvorgänge auslösen. Der Mensch – der Entscheider – hat zuvor seine Präferenzen zum Bestellvorgang geäußert und trägt die volle Verantwortung.

In **Stufe 3** entwickelt das System je nach Situation eigene Vorschläge und Lösungen. Das System kann

über eine zuvor definierte Situation wie z. B. die Steuerung der Kühlleistung eines Rechenzentrums. Sobald sich jedoch bestimmte Kontextbedingungen ändern, wie z. B. bei einer Naturkatastrophe, muss und kann der Mensch eingreifen.

In **Stufe 5** kann das System dauerhaft und zuverlässig die Kontrolle für große und komplexe Bereiche übernehmen. Dementsprechend ist ein Mensch als Entscheider überflüssig, wie z. B. bei autonomen Transportsystemen innerhalb von festgelegten Routen. Für die Realisierung von Stufe 5 ist es notwendig, dass das System mit Echtzeitdaten versorgt wird, da sie die Grundlage für die Entscheidungen bilden. Auch wenn das System autark ist, so kann jederzeit ein Mensch eingreifen und die Kontrolle wieder übernehmen.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ: NUR EIN HYPE ODER DOCH LANG- FRISTIGER WACHSTUMSFAKTOR?

Viele technologische Trends kommen und gehen – es gibt jedoch auch Entwicklungen, die unumkehrbar sind. Künstliche Intelligenz gehört dazu und wird deshalb von der Bundesregierung als „Basisinnovation“ bezeichnet. Staat, Gesellschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft sollen sich – so die Bundesregierung – den Chancen und Risiken stellen, die mit KI verbunden sind¹³.

Durch KI können Prozesse und Vorgänge ganzheitlich autonom ablaufen, sich selbst steuern, regeln und Probleme beheben.

Durch die Möglichkeiten, die KI und andere Verfahren wie Blockchain bieten, ist es erstmals denkbar, komplett vernetzte, autonome Systeme und Wertschöpfungsketten aufzubauen und somit die **Vision einer vollendeten Industrie 4.0** umzusetzen. Durch KI können Prozesse und Vorgänge ganzheitlich autonom ablaufen, sich selbst steuern, regeln und Probleme beheben. Mithilfe von Blockchain-Verfahren ist es möglich, dazugehörige Transaktionen, wie z. B. Zahlungen oder auch Vertragsabschlüsse autonom abzusichern. Jene Unternehmen, die in Zukunft über entsprechende Möglichkeiten und Systeme verfügen, sichern sich mit einer effizienten Produktion, innovativen Dienstleistungen, vernetzter Logistik sowie neuen Geschäftsmodellen einen klaren Wettbewerbsvorteil.

Aus diesem Grund fördern Länder wie die USA und China die Entwicklung von KI-Technologien massiv. Es ist erklärtes Ziel der chinesischen Regierung bis 2030 zur führenden KI-Nation aufzusteigen¹⁴. In 2018 haben allein schon die Städte Peking und Tianjin angekündigt, etwa 16 Mrd. Euro in KI-Projekte zu investieren¹⁵. Die gesamtchinesische Förderung beläuft sich dabei auf ein Vielfaches. Die Mitglieder der Europäischen Union stellen insgesamt – laut einer Erklärung aus dem Jahr 2018 – rund 20 Mrd. Euro bis 2020 für die Entwicklung von KI bereit¹⁶. Im Zuge ihrer KI-Strategie stellt die Bundesregierung ab 2019 bis 2025 insgesamt 3 Mrd. Euro für die Entwicklung und Förderung Künstlicher Intelligenz in Deutschland zur Verfügung.

Diese Summen zeigen, dass KI eine große, politische Rolle spielt und als entscheidender Wachstumsfaktor betrachtet wird¹⁷.

So schätzt eine Auftragsstudie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (2019), dass mit dem Einsatz von KI im produzierenden Gewerbe eine

zusätzliche Bruttowertschöpfung von ca. 31,8 Mrd. Euro bis 2024 erwartet werden könnte. Dies würde in etwa einem Drittel des gesamten Wachstums des produzierenden Gewerbes in Deutschland für den Zeitraum von fünf Jahren entsprechen¹⁸.

Doch ist KI auch für kleine und mittlere Unternehmen in Nordrhein-Westfalen relevant? Für Nordrhein-Westfalen (NRW) spielen KMU eine entscheidende Rolle: 99,4 % aller nordrhein-westfälischen Unternehmen sind KMU, die gemeinsam 34,2 % des gesamten Umsatzes in NRW¹⁹ erwirtschaften. Zudem verfügt das Bundesland über einen breit gefächerten Branchenquerschnitt, der viele Anknüpfungspunkte für KI-Lösungen bietet:

Das industriell geprägte NRW beherbergt einige, der für das gesamtdeutsche Wachstum wichtigsten Branchen: Der **Maschinenbau und die Produktionstechnik** sind mit mehr als 205.000 Beschäftigten die größten Arbeitgeber in NRW und beheimaten mit gut 1.500 Betrieben etwa ein Viertel aller deutschen Maschinenbaubetriebe. Dabei wird gut **jede fünfte deutsche Maschine** in NRW produziert, von denen wiederum rund 70 % exportiert werden²⁰. Gleichzeitig ist NRW bedeutsamer Standort für die **Automobilbranche**. Insgesamt ein Drittel aller deutschen **Automobilzulieferer** sind in NRW angesiedelt²¹. Als wichtigster deutscher Standort für die **Chemische Industrie** erwirtschaften Unternehmen aus NRW rund



Für Nordrhein-Westfalen spielen KMU eine entscheidende Rolle

99,4 %

aller nordrhein-westfälischen Unternehmen sind KMU

34,2 %

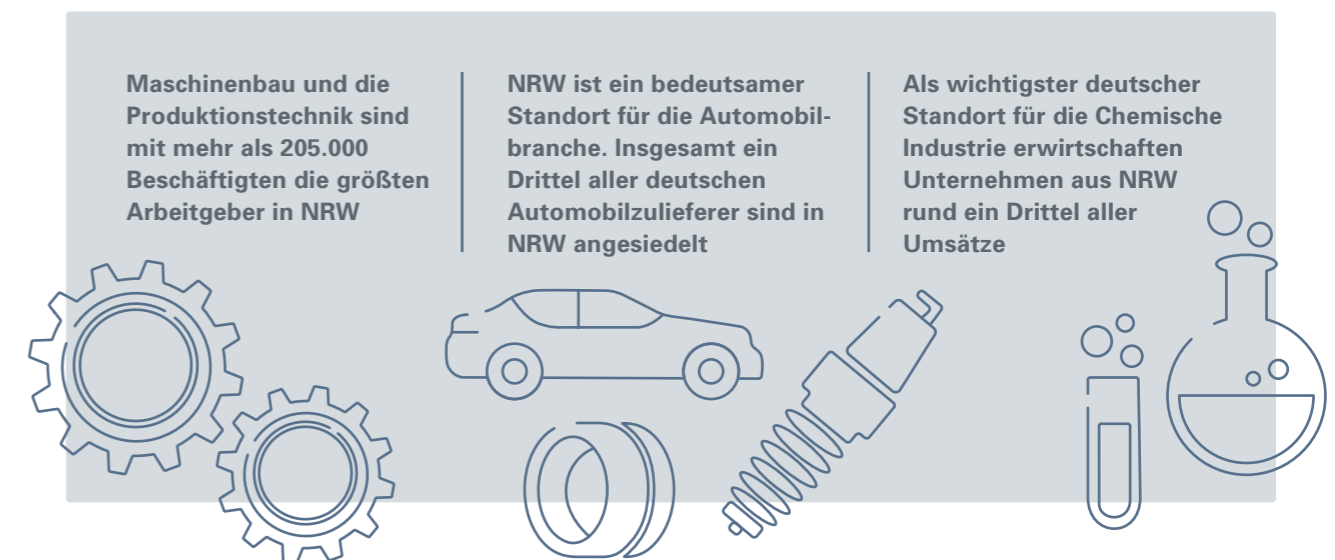
des Umsatzes in NRW werden von KMU erwirtschaftet

ein Drittel aller Umsätze in dieser Branche. Aber auch die Energiewirtschaft, die Stahl- und Metallindustrie, Elektroindustrie, Gesundheitswirtschaft und Kunststoffindustrie stellen wichtige Wirtschaftszweige in NRW dar. Neben der industriellen Prägung, zeichnet NRW sich auch durch einen stark wachsenden Dienstleistungssektor aus und ist **Deutschlands führender Logistikstandort**²².

Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels kann KI insbesondere in der Industrie einen wertvollen Beitrag zur Automation der Fertigung und zur Vereinfachung von Prozessen leisten. Da zudem gut 70 % der deutschen Maschinen exportiert werden, ist die

KI-Fähigkeit der Maschinen bzw. der damit verbundenen Anwendungen ebenfalls ein klarer Wettbewerbsvorteil. Auch der Dienstleistungssektor wird durch KI und die dadurch neu entstehenden Geschäftsmodelle geprägt. Zudem eignet sich der Bereich Logistik aufgrund relativ klar definierbarer Prozesse im Umfeld von komplizierten Netzwerkstrukturen sehr gut für KI-Anwendungen.

Aus diesen Gründen ist KI auch für kleine und mittlere Unternehmen in NRW eine ernstzunehmende Technologie, die einen nachhaltigen Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit leisten kann.



ZUSAMMENFASSUNG: KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

- ist ein langfristiger Trend
- wird durch Investitionsprogramme weltweit gefördert
- ist auch für nordrhein-westfälische Unternehmen relevant
- ist für KMU ein Innovationstreiber und wachstumssichernder Faktor

EINSATZ VON KÜNSTLICHER INTELLIGENZ IN DEUTSCHLAND

Doch wie intensiv wird KI bereits in deutschen Unternehmen eingesetzt und welchen Mehrwert sehen Unternehmen in der Nutzung von KI? Diese Fragen versuchen aktuelle Umfragen zu beantworten – mit zum Teil unterschiedlichen Ergebnissen. Auch die Beratungsgesellschaft PwC (2019) hat rund 500 deutsche Unternehmen, davon etwa ein Drittel KMU, zu ihrer Nutzung von KI befragt.

Diese Umfrage zeigt, dass lediglich **4 % der befragten Unternehmen KI einsetzen und weitere 2 % in der Implementierungsphase** sind. Für 48 % der befragten Unternehmen ist das Thema KI noch überhaupt nicht relevant.

Insgesamt sind rund 51 % der Unternehmen offen für das Thema KI (siehe Abbildung 3). Während gut 60 % der Großunternehmen KI-affin sind, können jedoch nur 30 % der KMU als KI-affin bezeichnet werden (siehe Abbildung 4).

Unabhängig von der KI-Affinität schätzen die befragten Unternehmen das **Anwendungspotenzial** von Künstlicher Intelligenz für die Bereiche „Analytics/Datenanalyse für Entscheidungsprozesse“ und Prozessautomation besonders hoch ein (siehe Abbildung 5).

Die Befragung nach den Voraussetzungen für den Erfolg von KI-Anwendungen ergab, dass vor allem die **zugrundeliegenden Daten** nach Einschätzung der befragten Unternehmen eine wichtige Rolle spielen (69 %). Ebenfalls sehr wichtig ist der **Aufbau von KI-Kompetenzen** (59 %), sowie entsprechende **Compliance-Anforderungen und regulatorische Maßnahmen** (59 %) (siehe Abbildung 6).

Dabei sollen laut **71 %** der befragten, KI-affinen Unternehmen künstlich-intelligente Systeme lediglich zur **Unterstützung menschlicher Arbeit** eingesetzt bzw. geplant werden. Nur **20 %** der Unternehmen möchten KI als **autonom agierendes System** nutzen (siehe Abbildung 7).

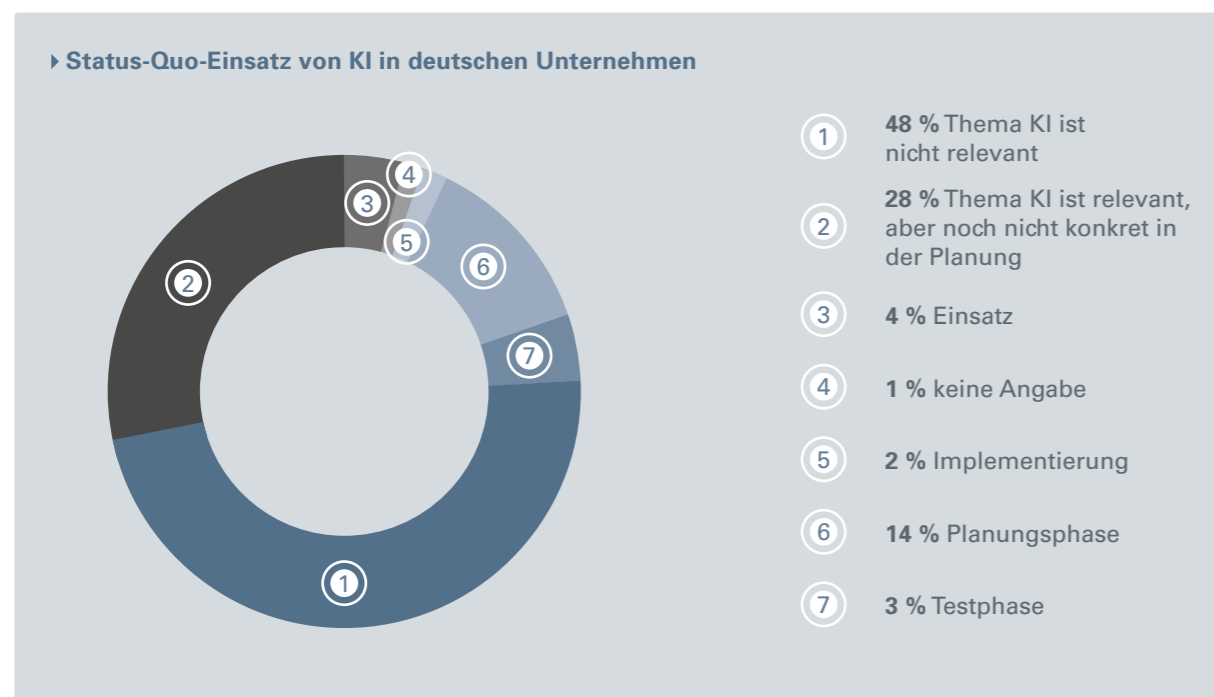


Abbildung 3: Status-Quo-Einsatz von KI in deutschen Unternehmen (n=500), Quelle: PricewaterhouseCoopers GmbH. (2019). Künstliche Intelligenz in Unternehmen.

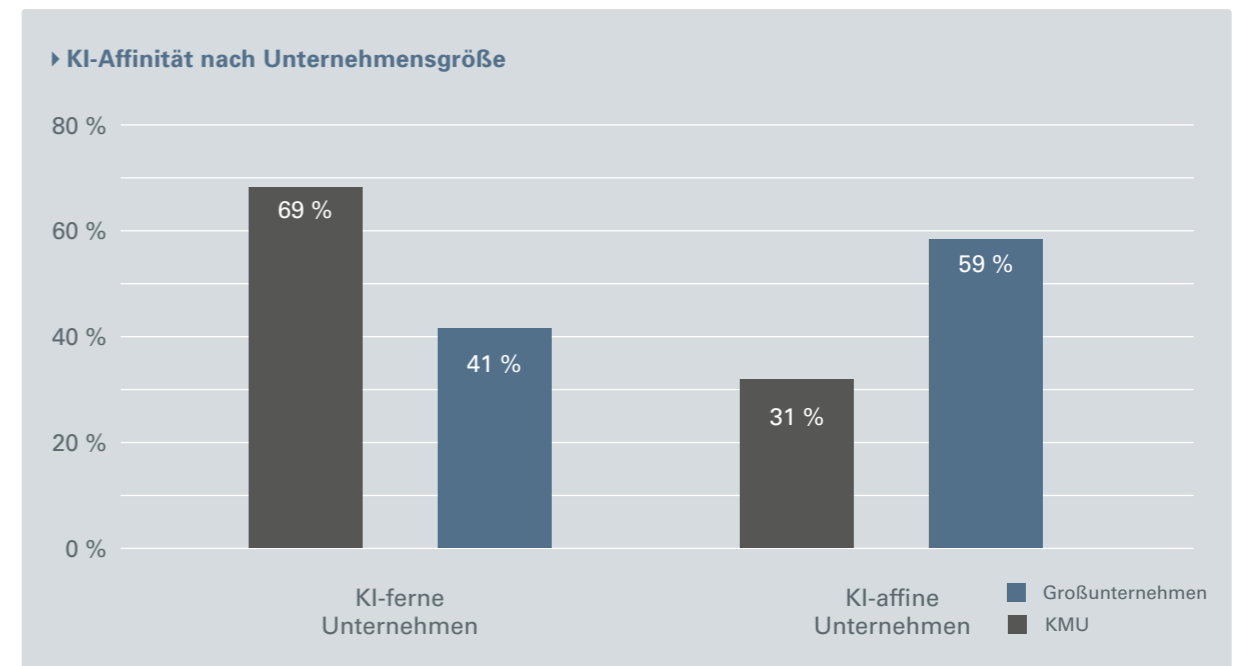


Abbildung 4: KI-Affinität nach Unternehmensgröße (n=500), Quelle: PricewaterhouseCoopers GmbH. (2019). Künstliche Intelligenz in Unternehmen.

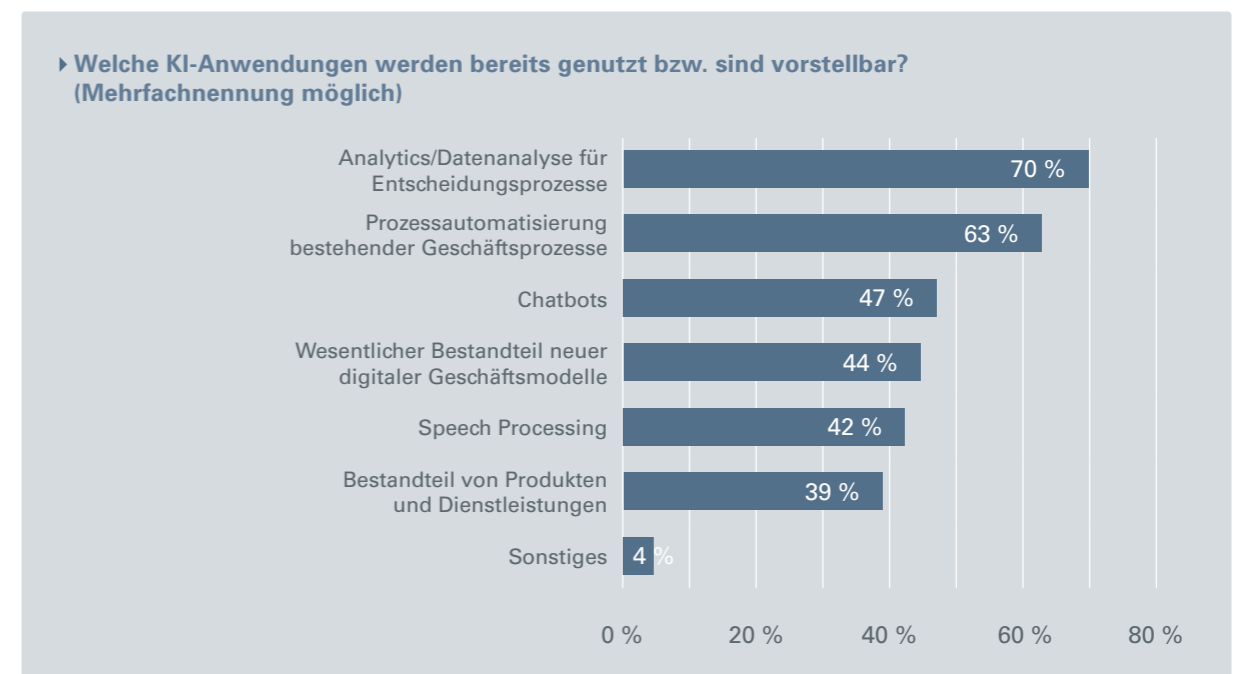


Abbildung 5: Anwendungsbereiche für KI-Lösungen (n=500), Quelle: PricewaterhouseCoopers GmbH. (2019). Künstliche Intelligenz in Unternehmen.

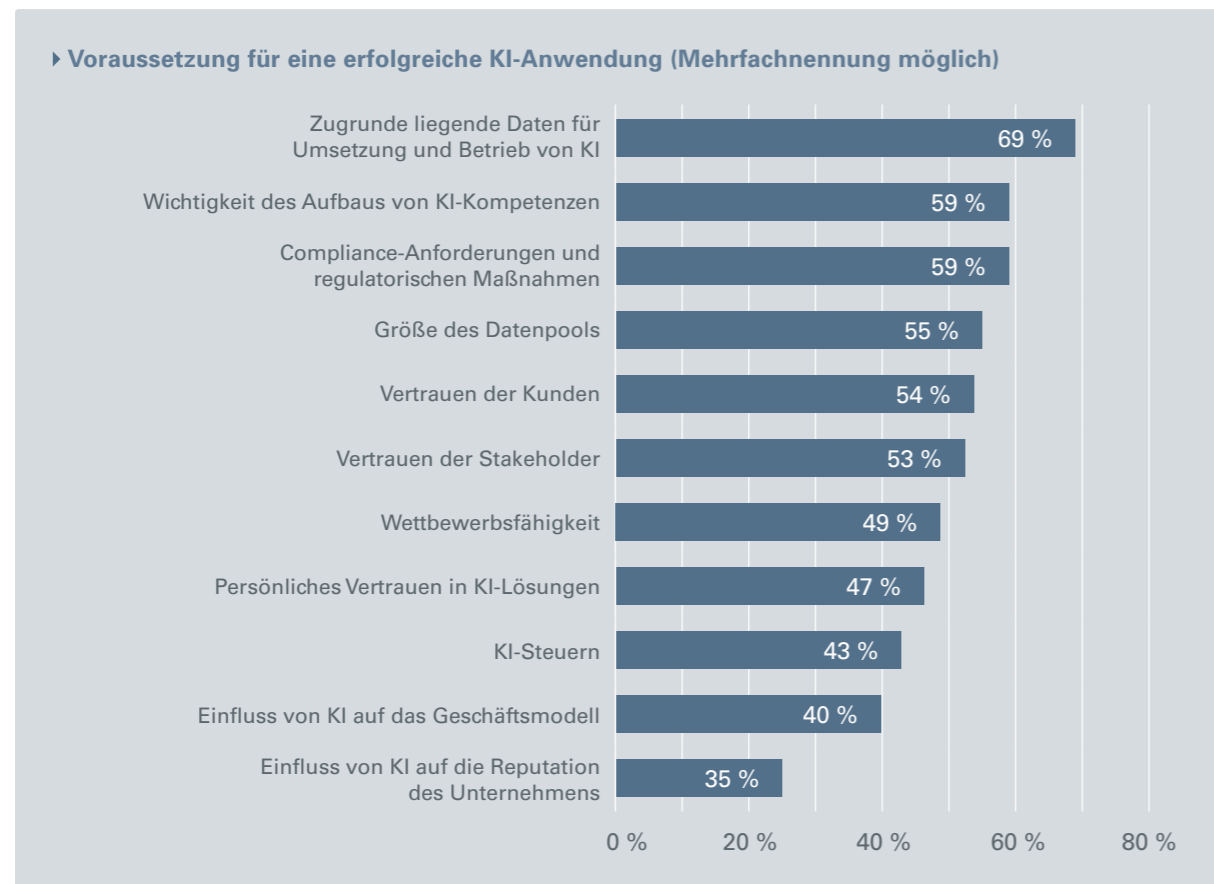


Abbildung 6: Voraussetzungen für eine erfolgreiche KI-Anwendung (n=500), Quelle: PricewaterhouseCoopers GmbH. (2019). Künstliche Intelligenz in Unternehmen.

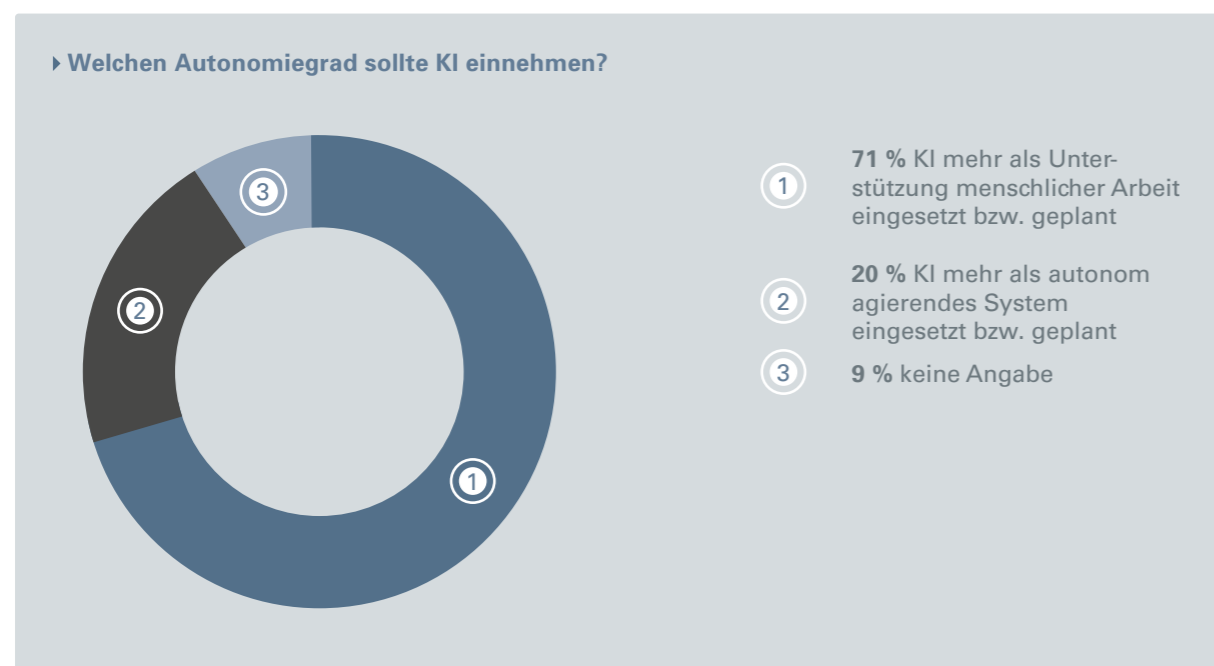


Abbildung 7: Autonomiegrad von KI in Unternehmen (n= 255 KI-affine Unternehmen), Quelle: PricewaterhouseCoopers GmbH. (2019). Künstliche Intelligenz in Unternehmen.

EXPERTENMEINUNG ZUM THEMA KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IM MITTELSTAND

Im Zeitraum von November 2018 bis Februar 2019 hat die Initiative Mittelstand-Digital des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie für die 2019 veröffentlichte Umfrage „Künstliche Intelligenz im Mittelstand“ mehr als 30 Experten aus der praxisorientierten Forschung befragt. Diese arbeiten in unterschiedlichen Projekten eng mit mittelständischen Unternehmen zusammen und teilen ihre Einschätzung zur Relevanz von KI im Mittelstand.

Insgesamt halten **77 % der befragten Experten** Künstliche Intelligenz nicht für einen Hype, sondern schätzen KI als **bedeutend für die Zukunft** des

deutschen Mittelstands ein. Dennoch fürchten **70 % der Experten**, dass der **deutsche Mittelstand** im Zuge der internationalen Entwicklung im Bereich **KI abgehängt werden könnte**.

Wenn es um Chancen, Hemmnisse und geeignete Einsatzbereiche und Anwendungen von KI im Mittelstand geht, sehen die Experten vor allem in der gesteigerten Prozesseffizienz, in der Optimierung der Distribution und Logistik sowie in der Bewerbung ihrer Produkte, im Kundenservice, wie auch bei der Geschäftsmodellentwicklung große Vorteile (siehe Abbildung 8).

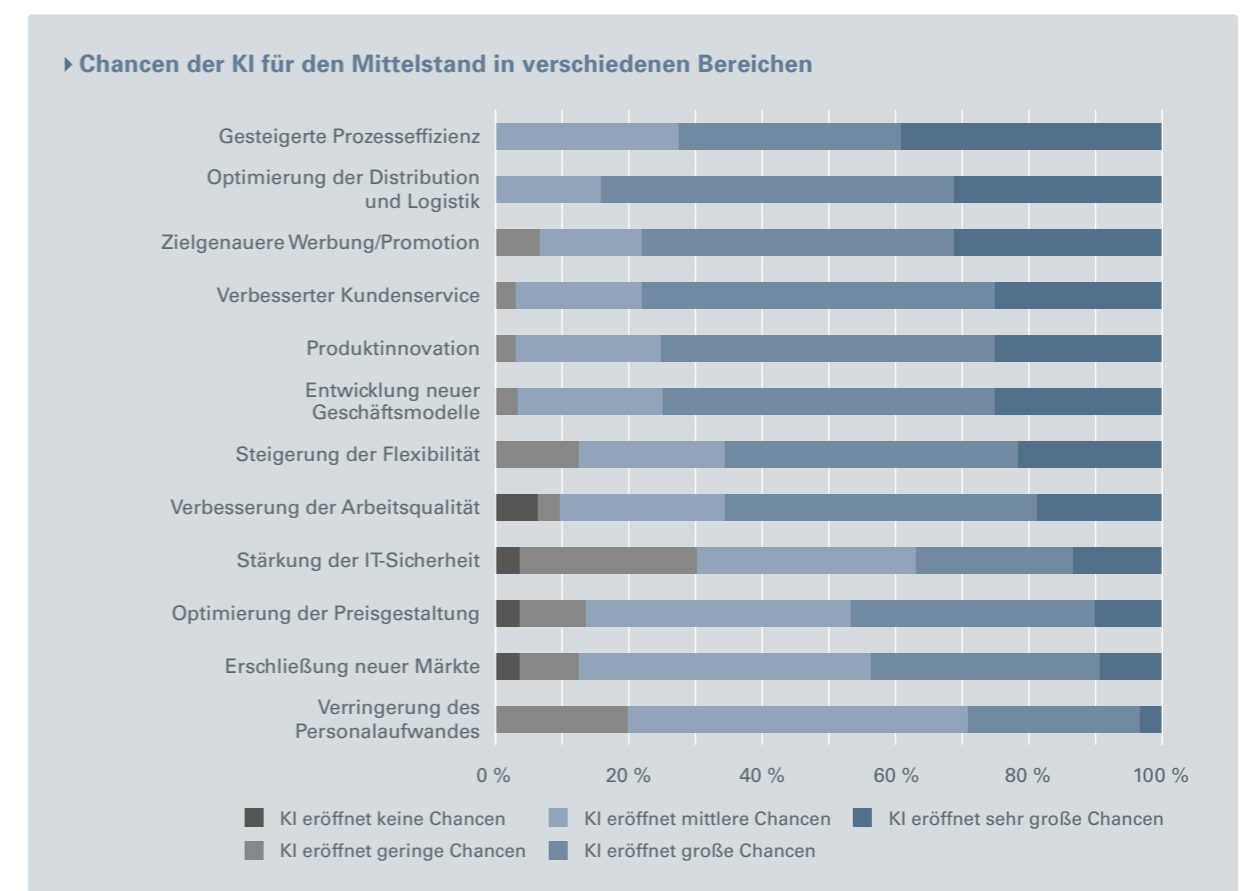


Abbildung 8: Einschätzung der Chancen von KI im Mittelstand durch 33 befragte Experten, Quelle: Lundborg, M., Märkel, C. (2019). Künstliche Intelligenz im Mittelstand. Studie im Rahmen der Mittelstand-Digital Begleitforschung am WIK.

Das größte Hemmnis bei der Einführung von KI-Lösungen ist nach Meinung der Experten das fehlende Know-how und der Fachkräftemangel. Ebenso wirken sich mangelnde Datenbasis und Datensicherheitsbedenken hemmend aus (siehe Abbildung 9).

Relevant ist der Einsatz von KI laut der befragten Experten vor allem in den Bereichen Intelligente Automatisierung, Intelligente Assistenzsysteme, Intelligente Sensorik und Wissensmanagement (siehe Abbildung 10). Auf die Unternehmensbereiche bezogen sind es Logistik, Forschung und Entwicklung, Kundendienst und Produktion, die sich besonders für KI-Lösungen anbieten (siehe Abbildung 11).

Zusammenfassend sehen die befragten Experten KI als große Chance für den Mittelstand, da KI Einsatzmöglichkeiten entlang der gesamten Wertschöpfungskette bietet. Da jedoch vor allem die Datensicherheit und die vorhandene Datenbasis eine Herausforderung bzw. ein Hemmnis für den Mittelstand darstellen, gehen die Experten davon aus, dass insbesondere cloudbasierte „KI-as-a-Service“ Angebote für den Mittelstand interessant sein werden. Der Einkauf von vorprogrammierten KI-Lösungen erfordert weniger eigenes Know-how und lässt sich einfacher und auch ohne großen Personalaufwand implementieren²⁴. Gleichzeitig gilt es hier zu berücksichtigen, dass durch „KI-as-Service“ Angebote potenzielle Kunden sich in eine starke Abhängigkeit von einem bestimmten Dienstleister begeben. Daraus resultieren Fragestellungen des Dateneigentums, Datenschutzes sowie die Frage nach den Rechten an den Ergebnissen.

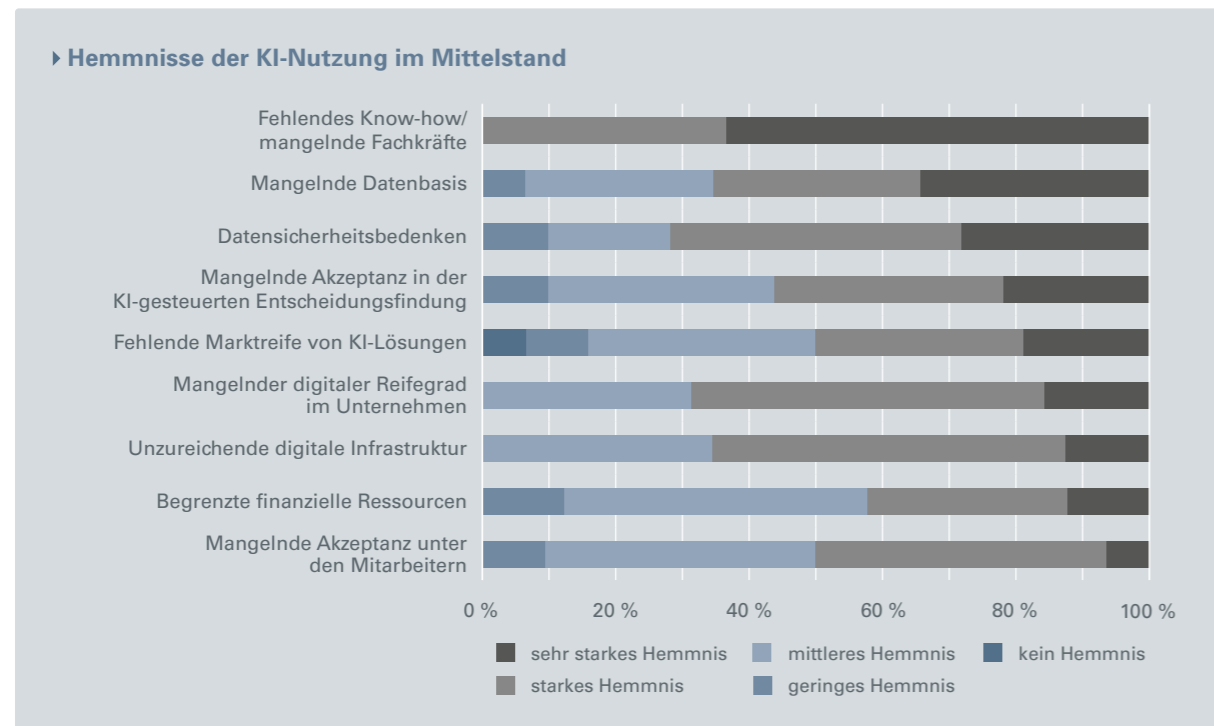


Abbildung 9: Einschätzung der Hemmnisse der KI-Nutzung im Mittelstand durch 33 befragte Experten, Quelle: Lundborg, M., Märkel, C. (2019). Künstliche Intelligenz im Mittelstand. Studie im Rahmen der Mittelstand-Digital Begleitforschung am WIK.

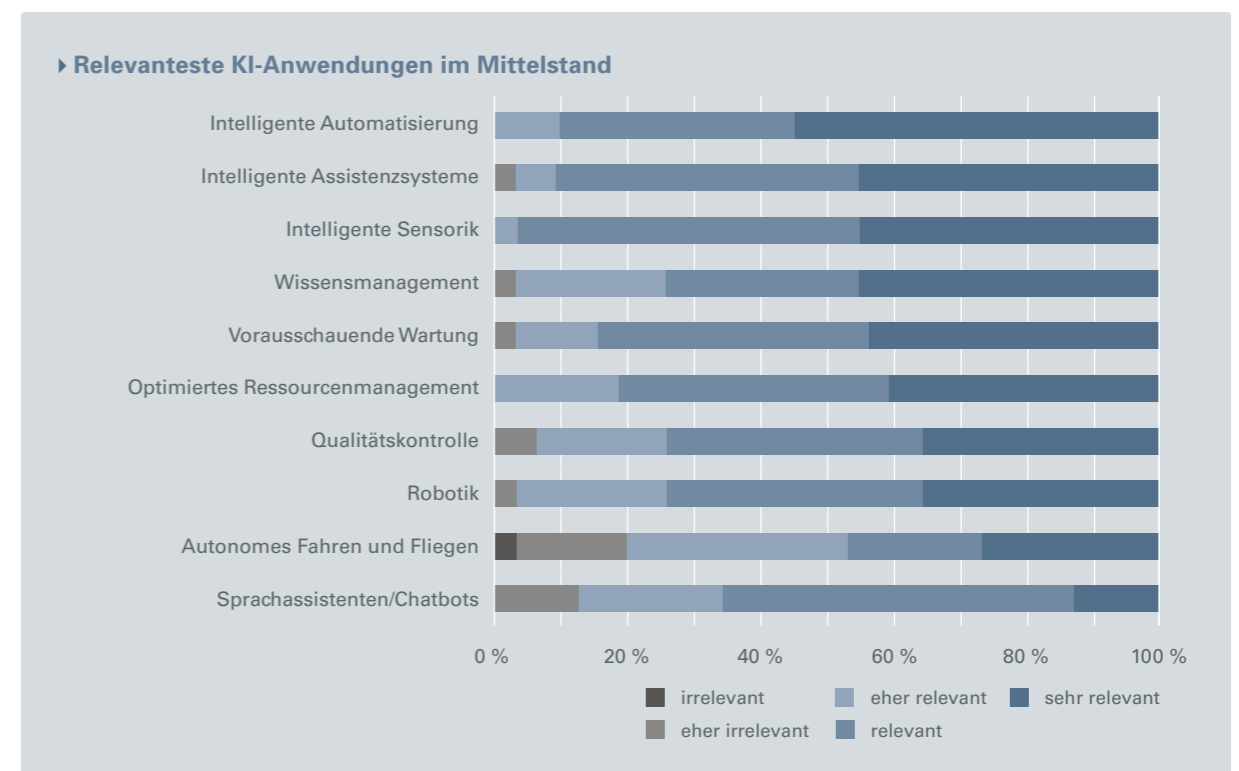


Abbildung 10: Einschätzung der relevantesten KI-Anwendungen im Mittelstand durch 33 befragte Experten, Quelle: Lundborg, M., Märkel, C. (2019). Künstliche Intelligenz im Mittelstand. Studie im Rahmen der Mittelstand-Digital Begleitforschung am WIK.

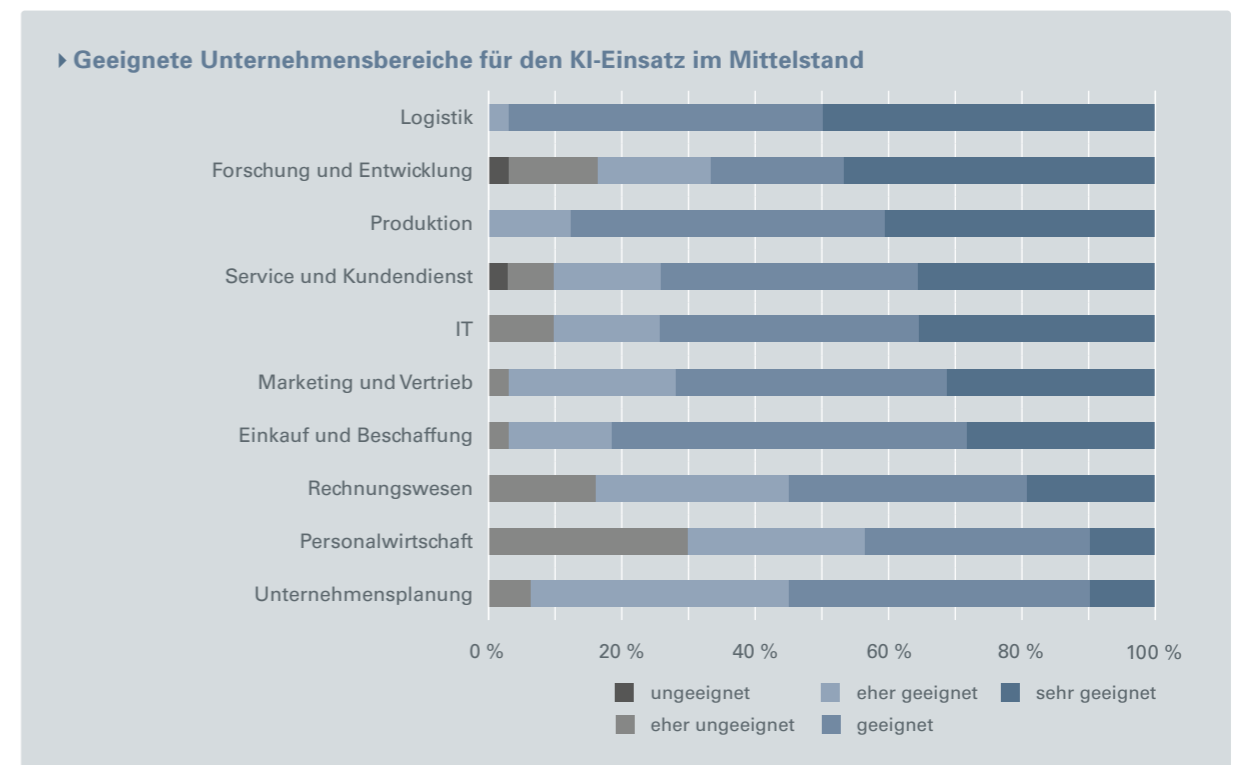


Abbildung 11: Einschätzung der geeignetsten Unternehmensbereiche für den KI-Einsatz im Mittelstand durch 32 befragte Experten, Quelle: Lundborg, M., Märkel, C. (2019). Künstliche Intelligenz im Mittelstand. Studie im Rahmen der Mittelstand-Digital Begleitforschung am WIK.

KI IN DER PRAXIS – ERFOLGSBEISPIELE AUS DEM MITTELSTAND



© Digital in NRW

PLASTIKPACK GMBH KÜNSTLICHE INTELLIGENZ OPTIMIERT QUALITÄTSKONTROLLE

STEINHEIMER UNTERNEHMEN ETABLIERT VERFAHREN
ZUR PROZESSÜBERWACHUNG

Plastikpack GmbH

Ort: Steinheim

Anzahl der Mitarbeiter: 65 am Standort Steinheim

Gründungsjahr: 1962

Branche: Kunststoffverarbeitung

DIE AUSGANGSSITUATION

Die Plastikpack GmbH ist auf die Produktion von Gefahrgutkanistern mit zwei bis 30 Litern Inhalt spezialisiert. Rund um die Uhr fertigt das mittelständische Unternehmen am Standort Steinheim (OstWestfalen-Lippe) an mehr als 50 Extrusionsblasformanlagen circa 25 Millionen Kunststoffprodukte pro Jahr. Dabei muss die gut vernetzte Produktion höchste Qualitätsanforderungen erfüllen und stabile Prozesse gewährleisten.

In der Kunststoffproduktion wird ein Mal pro Schicht eine vollständige Qualitätskontrolle für alle geforderten Funktionen durchgeführt. Tritt ein schwerwiegender Produktionsfehler während einer Schicht auf, wird dieser daher gegebenenfalls erst spät bemerkt und kann so hohe Kosten verursachen. Insbesondere die Prozessstabilität des Extrusionsblasformens ist entscheidend für die Qualität der Kanister. Fehler oder Abweichungen führen hier zu Ausschuss, der nicht stückgenau erfasst werden kann.

DIE LÖSUNG

Ziel ist, die Kosten für Produktionsstillstände aufgrund fehlerhaft parametrierter Maschinen zu senken, die Folgekosten für das Recycling der Fehlproduktion zu reduzieren sowie Aufwände für Diagnose und Reparaturen zu vermeiden. Um das zu erreichen, entschied sich das Unternehmen für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz, um die Daten aus dem automatisierten Prozess auswerten zu können.

Im Rahmen des gemeinsamen Transferprojektes von Plastikpack und *Digital in NRW* wurde vom



© Plastikpack GmbH

Fraunhofer IOSB-INA ein KI-basiertes Verfahren zur Zustandsüberwachung evaluiert. Dieses zeigt an, wenn Anomalien auftreten. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Identifikation der Signale, also die Sensoraufzeichnungen wie Druck, Temperatur etc., die den höchsten Einfluss auf eine erkannte Anomalie haben. Aus diesen können wertvolle Informationen für vorbeugende Reparaturanweisungen extrahiert werden. Bei jeder Entscheidung, ob eine Anomalie vorliegt oder nicht, muss ein KI-System die entsprechenden Entscheidungsgrundlagen offenlegen können. Das eingesetzte distanzbasierte Verfahren ist in der Lage, zu jedem Sensorsignal eine Bewertung abzugeben. So können alle Einflüsse, die eine Anomalie bewirken, dargestellt und anschließend ausgewertet werden.

Das entwickelte und erprobte KI-Verfahren wurde auf Basis von aufgezeichneten Maschinendaten der Firma Plastikpack GmbH trainiert. Dabei wurde sichergestellt, dass die Maschine in dem aufgenommenen Zeitraum korrekt funktionierte und keine Anomalien auftraten.

Datensätze aus dem Bereich der Extrusionsblasformfertigung bestehen aus einer Vielzahl von Signalen, die beispielsweise Temperaturbereiche in der Materialzuführung, den jeweils vorherrschenden Druck im Werkzeug sowie Geschwindigkeiten beschreiben.

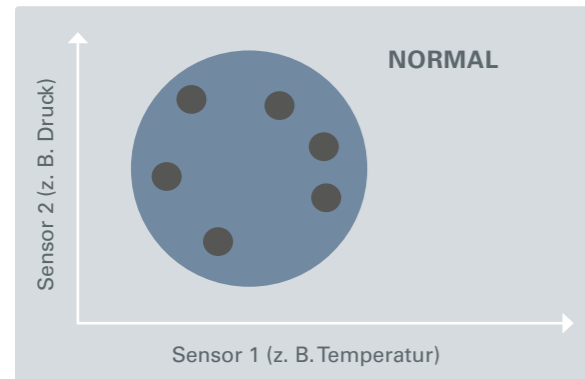


Abbildung 12: Schematische Darstellung des Normalverhaltens anhand von zwei Sensorsignalen (eigene Darstellung)

Abbildung 12 zeigt die schematische Darstellung von zwei Signalen (beispielsweise Druck und Temperatur) gegeneinander. Hierbei wird zunächst nur das Normalverhalten beschrieben. Dieses umfasst einen Zeitraum, in dem ausschließlich fehlerfreie Teile gefertigt wurden. Die entsprechenden Daten werden als ein Modell des Normalverhaltens abgelegt.

Ist dieses Modell einmal beschrieben, kann es als Kern des KI-Systems gespeichert und eingesetzt werden. Die von der Produktionsanlage generierten Daten werden von der KI fortwährend abgetastet und in einzelne Datenpunkte aufgeteilt, die dann mit dem gelernten Modell verglichen werden.

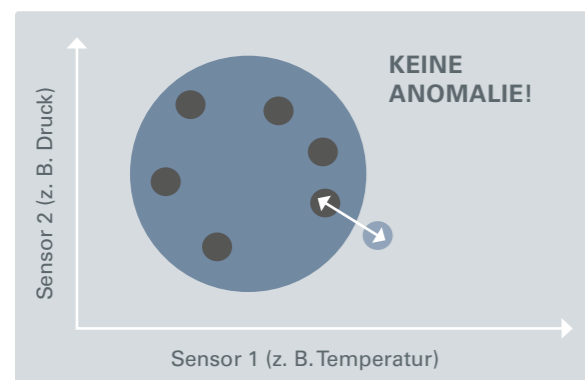


Abbildung 13: Klassifizieren eines neuen, nah am Normalverhalten liegenden Datenpunkts zum Modell (eigene Darstellung)

Abbildung 13 zeigt den Vergleich, wenn keine Anomalie im Produktionsprozess aufgetreten ist. In diesem Fall befindet sich der aufgenommene Datenpunkt in der Nähe zu den Modellpunkten. Die Nähe wird über eine mathematische Distanzmetrik definiert und kann aus der statistischen Verteilung der Datenpunkte im Raum, durch einen Lernalgorithmus (z. B. ein neuronales Netz oder eine Support-Vector-Machine) oder manuell durch einen Prozessexperten ermittelt werden.

Wird ein Datenpunkt aufgenommen, in dem die Maschine sich in einem fehlerhaften Zustand befindet, ist dieser Datenpunkt, wie in **Abbildung 14** zu sehen, weiter vom Normalzustand entfernt. Dies deutet auf eine Anomalie hin.

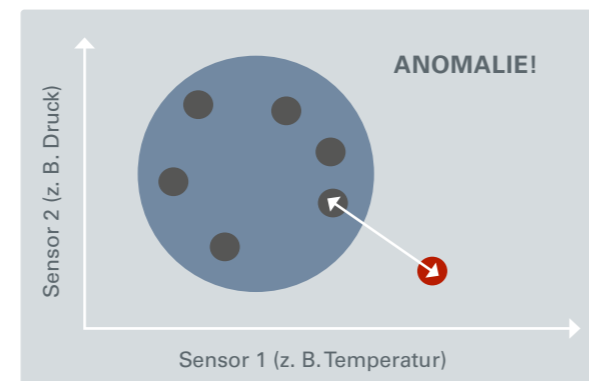


Abbildung 14: Klassifizieren eines neuen fern vom Normalverhalten liegenden Datenpunkts zum Modell (eigene Darstellung)

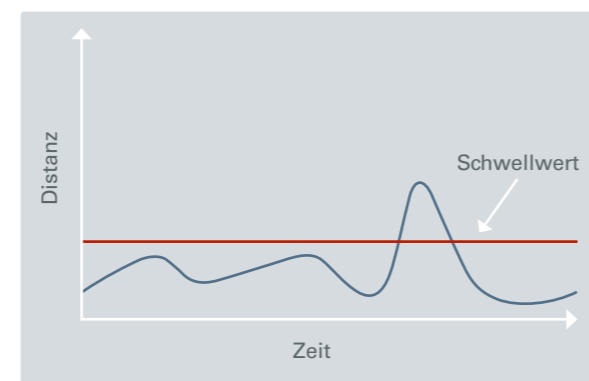


Abbildung 15: Plot der Zustandsbewertung über die Zeit, als Distanz zum Normalverhalten (eigene Darstellung)

Während des Live-Betriebs werden die Distanzen der aufgezeichneten Datenpunkte zum Modell berechnet. Die so entstandene Zustandslinie (**Abbildung 15**) kann mit gelernten Schwellwerten des Normalzustands verglichen werden und liefert so einen Hinweis

auf eine Anomalie. Das Beispiel zeigt außerdem, dass eine Anomalie häufig schon im Vorhinein durch einen kontinuierlichen Anstieg der Distanz zu erkennen ist. Stellt das System eine anhaltende Verschlechterung fest, kann es dies automatisch und digital an das Wartungspersonal weiterleiten und einen Wartungsauftrag auslösen.

DIE HERAUSFORDERUNGEN

Um eine hohe Genauigkeit zu erreichen, ist es wichtig, dass das KI-gestützte Entscheidungsverfahren möglichst wenige Fehlalarme generiert. Zu viele Fehlalarme mindern den Mehrwert eines solchen Entscheidungssystems. Außerdem muss die Zustandsüberwachung in der Lage sein, die Signale und Maschinenkomponenten klar zu identifizieren, die zu der Anomalie geführt haben. Nur dann kann ein Maschinenbediener die fehlerhaften Komponenten schnell lokalisieren und den Schweregrad des Fehlers einschätzen. Auf diese Weise wird auch dem Wartungstechniker die Diagnosearbeit erleichtert, was zu einer schnelleren Reparatur der Maschine führt.

DER NUTZEN

Das eingesetzte KI-System hilft der Plastikpack GmbH, den Zustand ihrer Produktion stückgenau und allein über die Prozesswerte zu identifizieren. Die bisher übliche Qualitätskontrolle pro Charge wird durch KI unterstützt und kann so auf jedes Einzelstück ausgeweitet werden. Treten Fehler und Anomalien auf, können Experten die Signale interpretieren und Handlungsempfehlungen für die Maschinenbediener entwickeln. Zudem können diese Empfehlungen in das KI-Verfahren integriert und gespeichert werden. Auf diese Weise „lernt“ das Verfahren kontinuierlich hinzu und wird stetig optimiert.

Die Plastikpack GmbH hat diese Technologie prototypisch in ihrer Fertigung eingesetzt und die Notwendigkeit erkannt, Qualitätsdaten systematisch und digital zu dokumentieren. „Wichtig ist, aus den Prozessdaten zu ermitteln, welchen Einfluss diese auf die Qualität unserer Produkte haben. Von über 100 Parametern sind wahrscheinlich nur fünf bis zehn relevant“, resümiert Roman Preis, Energie- und Prozessmanager bei Plastikpack. Daher plant das Unternehmen in Zukunft eine vertiefte Analyse der Daten innerhalb eines Zyklus, um die dadurch gewonnenen Erkenntnisse in Handlungsempfehlungen für die Optimierung von Ressourcen bei gleichbleibender Qualität ableiten zu können.

WAS WURDE BENÖTIGT?

- Physikalische Prozessdaten der Anlage (Drücke, Temperaturen, Stromaufnahme)
- Fertigungsdaten (Produkt, Ausschussdaten, Laboraten zum Rohstoff)
- Metadaten: Fertigungszeiten, Pausenzeiten, Wartungszyklen
- Kontinuierliche Datenaufnahme (min. akkumulierte Daten pro gefertigtem Stück, bessere Prozessdaten pro 200 ms)
- Umsetzung der Datenaufnahme wurde durch das Unternehmen geleistet
- Projektverantwortlich im Rahmen des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums *Digital in NRW* und Training/Test des KI Verfahrens: Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Institutsteil Industrielle Automation

WAS WURDE ERREICHT?

- Stückgenaue Identifikation von Anomalien
- Unterstützung bei der Fehlerdiagnose durch automatische Signalanalyse
- Frühzeitige Warnung und Reduktion der Reaktionszeiten durch Trendanalyse

EIFELBRENNHOLZ E.K. AUTOMATISIERTE PALETTIERUNG SICHERT WIRTSCHAFTLICHKEIT

EINSATZ KÜNSTLICHER INTELLIGENZ SOLL BELIEFERUNG VON GROSSKUNDEN ERMÖGLICHEN

Eifelbrennholz Inh. Günter Meiners e.K.

Ort: Monschau

Anzahl der Mitarbeiter: 1

Gründungsjahr: 1995

Branche: Brennholzhandlung

DIE AUSGANGSSITUATION

Von der Holzernte über die Verarbeitung bis zum Versand: Die Firma Eifelbrennholz aus Monschau ist Hersteller und Lieferant für Brenn- und Kaminholz und deckt die kompletten Prozessabschnitte der Brennholzproduktion ab. Aktuell beliefert das Unternehmen nur private Haushalte. Ein Business-to-Business-Absatz an Großkunden, wie zum Beispiel örtlich ansässige Baumärkte, erfolgt zurzeit noch nicht. Denn hierfür ist ausschließlich palettirtes Brennholz gefragt.

Für den Absatz an innerdeutsche Großkunden ist also ein Prozessschritt der manuellen Palettierung notwendig. Diese ist wiederum mit einem enormen manuellen und zeitlichen Aufwand verbunden, der mit hohen Personalkosten einhergeht. Eine manuelle Palettierung am Hochlohn-Standort Deutschland schwächt die Marktposition lokaler Anbieter gegenüber Wettbewerbern aus dem inner- und außereuropäischen Ausland. So ist auch Eifelbrennholz – wie andere Brennholzanbieter – zurzeit gegenüber Wettbewerbern aus dem Ausland nicht konkurrenzfähig.

Eine Erhöhung des Digitalisierungs- und Automatisierungsgrads durch den Einsatz Künstlicher Intelligenz ist ein wichtiger Schritt, um die Wirtschaftlichkeit und damit die Zukunft solcher Unternehmen zu sichern.

DIE LÖSUNG

Ziel ist die Realisierung einer kostengünstigen und autonomen Pick-and-Place-Anwendung zur Erschließung neuer Kundensegmente.



© WZL der RWTH

Dieses Verfahren zur Automatisierung der Brennholzpalettierung soll durch eine 6-Achs-Kinematik unter Verwendung geeigneter Kameratechnik (Sensorik) und Greiftechnik (Aktorik) erfolgen. Auf Basis verfügbarer Technologien wie Künstlicher Intelligenz und Mechanik wurde eine robotergestützte Lösung für die autonome Palettierung von Scheitholz entwickelt und für den Einsatz im Unternehmen getestet.

Die Lösungen wurden für drei wesentliche Bereiche entwickelt:

1. Sensorik zur autonomen Identifikation von Holzscheiten

Die Holzscheite sind in der Ausgangssituation in Drahtgitterboxen ungeordnet aufgehäuft und sollen mittels einer 3D-Kamera erfasst werden. Anschließend werden sogenannte Punktwolken, virtuelle Punkte, zur Erzeugung eines digitalen Abbilds der einzelnen Holzscheite erstellt. Mit Hilfe einer algorithmischen Segmentierung können so Geometrie, Position und Orientierung des nächsten Holzscheits identifiziert werden.

2. Aktorik zum geeigneten Greifen ungleichmäßiger Objekte

Konstante Holzscheitlängen messen 25 cm, 30 cm und 33 cm. Zur zuverlässigen Aufnahme ungleichmäßiger Holzscheite unterschiedlicher Abmessungen musste ein geeigneter Greifer als sogenannter Endeffektor entwickelt und implementiert werden.

3. Intelligenz zur autonomen Bewegungsplanung

Ausgehend von der identifizierten Ablage und Aufnahme musste zudem eine kollisionsfreie Pfadplanung für den Roboter ermöglicht werden, um die autonome Pick-and-Place-Anwendung einsetzen zu können. Darüber hinaus wurde eine geordnete Ablage der Holzscheite umgesetzt, um eine hohe Packungsdichte zur Selbstoptimierung des Maschinellen Lernens zu erreichen.

DIE HERAUSFORDERUNGEN

1. Sensorik zur autonomen Identifikation von Holzscheiten

In der Regel können bestehende CAD-Modelle genutzt werden, um einen Algorithmus anzutrainieren. Bei der Objekterkennung der Holzscheite ist das nicht möglich, da jedes einzelne Stück sowohl naturbedingt als auch verarbeitungsbedingt – unter anderem durch Sägen und Spalten – unterschiedlich ist. Das Fehlen von CAD-Modellen brachte zudem dann ein weiteres Problem mit sich, wenn Holzscheite so übereinanderlagen, dass mittels 3D-Kamera nicht unmittelbar zu erkennen war, zu welchem Cluster eine Punktwolke hinzugeordnet werden musste und zu welchem nicht.

2. Aktorik zum geeigneten Greifen ungleichmäßiger Objekte

Bei der Entwicklung einer eigenen Greiftechnik musste eine preiswerte, wirtschaftlich arbeitende Lösung gefunden werden. Das Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen stellte im Rahmen des Transferprojektes mit *Digital in NRW* in diesem Bereich seine umfassende Expertise bereit und fand im Trial-and-Error-Vorgehen die geeignete Greiftechnik.

3. Intelligenz zur autonomen Bewegungsplanung

Auf vorliegende Daten, wie zum Beispiel CAD-Modelle konnte nicht zurückgegriffen werden. Um eine „zentrale Intelligenz“ aufzubauen, mussten daher zahlreiche neue Daten aufgenommen werden. Diese „zentrale Intelligenz“ musste die Geometrie der Holzscheite, die Angriffspunkte, die Ablagestrukturen und geeignete Trajektorien, also Bewegungspfade für die Objekte, erlernen. Hierzu wurden Punktwolken der Holzscheitel durch farbige und monochrome 3D-Fotos mittels Sensorik erstellt und anschließend algorithmisch geclustert. Auf dieser Datengrundlage wurde die Greifposition für den Roboter abgeleitet. Diese wurde in einer Transformationsmatrix von Kamera zu Roboter übertragen, damit beide im gleichen Koordinatensystem arbeiten.

DER NUTZEN

Die Sensorik und Aktorik sind bereits vollständig gelöst und im Einsatz. Das autonome Stapeln der Holzscheite bringt erhebliche Kosteneinsparungen mit sich, die auch hohe Investitionskosten eines Roboters rechtfertigen würden. Durch eine autonome Pick-and-Place-Anwendung kann zudem ein neues Kundensegment der Großkunden bedient und damit eine Absatzsteigerung ermöglicht werden.

WAS WURDE BENÖTIGT?

- Neue Daten durch Erstellung des Gesamtprozesslaufs und die Aufnahme von 3D-Fotos
- Zwei 3D-Kameras, ein Mitsubishi 6-Achs-Roboter und ein selbstentwickelter Greifer
- Projektverantwortlich im Rahmen des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums *Digital in NRW*: Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

WAS WURDE ERREICHT?

- Automatisiertes Erkennen und Greifen von Holzscheiten
- Einsparung von Personalkosten für das manuelle Stapeln von Holz
- Befähigung lokaler Brennholzproduzenten
- Mehr Absatzsteigerung durch Ergänzung eines Kundensegments (Großkunden)
- Ökologischer Nutzen durch höhere Packungsdichte
- Transfer auf ähnliche Problemstellungen möglich

POLIERSCHEIBENFABRIK SPAETH E.K. KÜNSTLICHE INTELLIGENZ SOLL FEHLERMANAGEMENT OPTIMIEREN

KLEINUNTERNEHMEN LEGT GRUNDLAGE FÜR DEN EINSATZ VON MASCHINELLEM LERNEN

Polierscheibenfabrik Spaeth e.K.

Ort: Aachen

Anzahl der Mitarbeiter: 11

Gründungsjahr: 1933

Branche: Polierscheibenhersteller

DIE AUSGANGSSITUATION

Die Polierscheibenfabrik Spaeth e.K. gehört auf dem Gebiet der Herstellung von Polierscheiben zu den ältesten Unternehmen in Deutschland und zählt mit circa elf Mitarbeitern zu den kleineren Betrieben. Gerade für kleine Unternehmen sind die Digitalisierung sowie die Einführung von KI aufgrund hoher Implementierungskosten und Anforderungen an die Infrastruktur eine große Herausforderung. Auch die Möglichkeit, mit Hilfe neuer Technologien einen weitreichenden Nutzen aus dem Fehleraufkommen zu ziehen, wird häufig verkannt. Denn insbesondere in KMU fehlt es an einer strukturierten Erfassung von Unregelmäßigkeiten und erarbeiteter Lösungen, weshalb Fehler nicht systematisch erkannt und anschließend abgestellt werden können. Das kann in Reklamationen des Kunden mit entsprechenden Folgekosten münden. Zudem steigt der Aufwand für die Ursachenfindung sowie die Ableitung korrigierender Maßnahmen aufgrund der fehlenden Dokumentation eklatant. Im Rahmen des Transferprojektes mit *Digital in NRW* schafft die Polierscheibenfabrik Spaeth gemeinsam mit dem Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen die Voraussetzungen für ein auf Verfahren Künstlicher Intelligenz basierendem Fehlermanagement.

DIE LÖSUNG

Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer leicht anzuwendenden und klar zu interpretierenden Fehlererfassung. Zur Bildung einer breiten, sich für weiterführende Untersuchungen eignenden Datenbasis wurde innerhalb des IGF-Verbundprojektes „LeaF – Learning Failure Management“ (AiF –Nr.: 19931N) ein an die

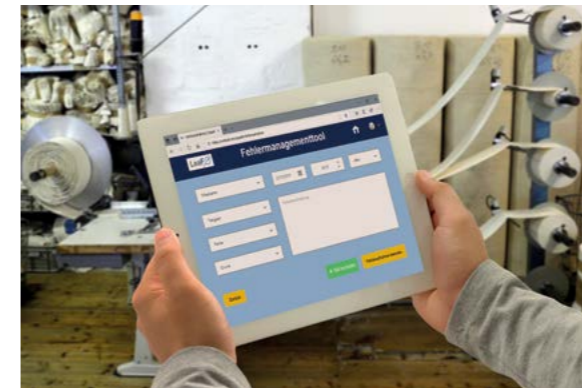


© Digital in NRW

spezifischen Anforderungen angepasstes Fehlererfassungstool entwickelt.

Grundlage dafür ist die erfahrungsbasierte Erarbeitung eines Fehlerbaums, der alle bis dato bekannten Fehler, Ursachen sowie mögliche Sofort- und Langzeitmaßnahmen einschließt. Auf Basis der bereits innerhalb der Produktion installierten Tablets wird eine Webanwendung entwickelt, die eine Fehlerbeschreibung entsprechend bekannter Fehlerbilder zulässt. Über die Dropdown-Menüs „Tätigkeit“, „Fehler“ und „Grund“ wird die Fehler- sowie Ursachenangabe ausgehend vom betreffenden Arbeitsplatz sukzessive eingeschränkt, sodass in Zukunft je nach Fall nur eine geringe Auswahl möglicher Beschreibungen zur Verfügung stehen wird. Dem spezifischen Anspruch der Mitarbeiter wird durch die Wahl einer verständlichen Sprache und der einfachen Funktionalität des Tools entsprochen. Auch die Option, neue Fehlereinträge hinzuzufügen, wird berücksichtigt.

Ist das Tool einmal in die Abläufe integriert, wird der Mitarbeiter nach Abschluss der Fehlererfassung aufgefordert, die initiierten Maßnahmen sowie deren Wirksamkeit anzugeben. Auf der Grundlage von Ähnlichkeitsmustern lassen sich dann langfristig



© Digital in NRW

Lösungsvorschläge ableiten, wodurch die Fehlerbeseitigung beschleunigt wird. Die einheitliche Fehleraufnahme befähigt langfristig zur Durchführung weitreichender Analysen in Form von einfachen Häufigkeitsuntersuchungen bis hin zum selbstständigen Erkennen von Auffälligkeiten innerhalb der verknüpften Prozessdaten oder der Bereitstellung von Ursachen- und Maßnahmeninformationen im Moment der Fehlererkennung.

Quelle der Prozessdaten sind zehn implementierte Sensoren, die ebenso wie zugehörige 3D-Gehäuse eigens für das Projekt entwickelt werden mussten. Durch die strukturierte Fehlererfassung und die Anbindung maschineller Prozessdaten können aufgetretene Fehler auf maschinelle Ursachen zurückgeführt werden. Hierzu sollen Clusteralgorithmen eingesetzt werden, welche durch den Vergleich fehlerbehafteter Prozessdaten sogenannte Fehlerklassen ausbilden und folglich Schwerpunkte und charakteristische Auffälligkeiten in den Fehlerbildern erkennen lassen sollen. So kann zum Beispiel auf einen fortgeschrittenen Werkzeugverschleiß oder falsch gewählte Einstellparameter geschlossen werden.

WAS WURDE BENÖTIGT?

- Hardware: Tablets mit einem Kostenaufwand von unter 400 Euro sowie selbstentwickelte Sensoren (u. a. Raspberry Pie, Beacon)
- Projektverantwortlich im Rahmen des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums *Digital in NRW*: Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

DIE HERAUSFORDERUNGEN

Zur korrekten Erfassung der Daten war die Konstruktion und Installation der Sensoren eine notwendige Voraussetzung. Die Sensoren mussten dabei den besonderen Bedingungen vor Ort standhalten und z. B. resistent gegen Feuchtigkeit sein. Darüber hinaus war die Konstruktion von individuellen Halterungen mithilfe des 3D-Drucks notwendig. Zudem musste das Projektteam eine für den Anwender verständliche Sprachbasis schaffen. Das heißt, es musste die Brücke geschlagen werden von akademischen Formulierungen hin zu einer anwenderfreundlichen Sprache. Eine Schwierigkeit lag dabei vor allem in der Beschreibung von Ursachen bzw. Gründen für die Fehler. Weitere Herausforderungen bestehen in den umfangreichen Programmieraufwänden, die mit der Entwicklung der Software verbunden sind, sowie in der kommenden Implementierung von Data Analytics-Methoden. Das liegt vor allem an der aktuell fehlenden Datenbasis, die noch aufgebaut und im Laufe des Projekts generiert werden muss. Diese sollen dann perspektivisch mit Prozessdaten kombiniert werden, um den anschließenden Einsatz von Datenanalyse- und KI-Methoden zu ermöglichen.

DER NUTZEN

Das Tool zur Fehlererfassung bietet sich auch für kleine und mittlere Betriebe an. Das Verfahren ist mit einem überschaubaren Kostenaufwand umzusetzen und lässt sich auf unterschiedliche Systeme und Prozessketten anwenden. Durch die Implementierung der Sensoren sowie die strukturierte Fehlererfassung wird die Basis für eine auswertbare Fehler- und Prozessdatenbasis gelegt. Auf dieser Grundlage lassen sich im Weiteren Datenanalyse- und KI-Methoden sowie Algorithmen anwenden.

WAS WURDE ERREICHT?

- Reduktion von Ausschuss und Fehlerkosten
- Reduzierung des Fehlererfassungsaufwands
- Effiziente Dokumentation von Fehlerinformationen
- Option eines Transfers auf ähnliche Problemstellungen

G. ELSINGHORST STAHL UND TECHNIK GMBH PROZESSOPTIMIERUNG DURCH MASCHINELLES LERNEN

FACHHÄNDLER ETABLIERT INTELLIGENTEN WARENEINGANG

G. Elsinghorst Stahl und Technik GmbH

Ort: Hauptsitz Bocholt

Anzahl der Mitarbeiter: 220

Gründungsjahr: 1848

Branche: Technischer Handel und Stahlhandel

DIE AUSGANGSSITUATION

40.000 Artikel von 600 verschiedenen Anbietern. Dazu ein Online-Handel, eine Notfall-Hotline und eine hauseigene Werkstatt. Die G. Elsinghorst Stahl und Technik GmbH mit Hauptsitz in Bocholt bietet ihren Kunden ein umfangreiches Portfolio sowie die uneingeschränkte Verfügbarkeit der Artikel – rund um die Uhr. Mit diesen Angeboten und Services hat sich der Fachhändler für Werkzeuge und Industriebedarf und Stahl- und Werkstoffe bereits auf die steigenden Anforderungen in Sachen Verfügbarkeit und Flexibilität eingestellt. Um Kundenaufträge zukünftig noch effizienter bearbeiten zu können, sollen interne Prozesse verbessert und die Digitalisierung einzelner Arbeitsschritte vorangetrieben werden.

Große Herausforderungen für das Unternehmen sind dabei die frühzeitige Identifizierung von eingetroffenen Sendungen sowie der mangelnde Informationsfluss zwischen einzelnen Abteilungen. Wichtige Lieferungen, die schnellstmöglich an Endkunden weiterverpackt werden sollen, können an der Sendungsannahme nicht von Lagerware unterschieden werden, was zu einer willkürlichen Bearbeitung der eintreffenden Pakete führt. Gleichzeitig ist die Einkaufsabteilung nicht in der Lage, dem Endkunden mitzuteilen, ob sich eine wichtige Sendung bereits in der Warenannahme befindet. Zeitaufwendige Telefonate zwischen Einkauf und Lager zur Klärung des Lieferstatus sowie Verzug im Wareneingang sind die Folge.

DIE LÖSUNG

Zur Bewältigung dieser Herausforderungen setzt die G. Elsinghorst Stahl und Technik GmbH auf die



© G. Elsinghorst Stahl und Technik GmbH

automatisierte Erkennung der Lieferungen, um diese nach Priorität bearbeiten zu können. Gleichzeitig soll eine Verknüpfung mit dem bereits genutzten ERP-System erstellt werden, sodass der Liefer- und Bearbeitungsstatus jeder Sendung automatisch aktualisiert wird. Da die notwendigen Informationen für jede Lieferung dem zugehörigen Lieferschein zu entnehmen sind, wird mit einer Texterkennungssoftware gearbeitet, die diese Information digital mittels eines Scans erfasst.

Dafür muss das Programm zunächst die Textzeichen auf einem Lieferschein erkennen. Anschließend müssen die in den erfassten Textzeichen enthaltenen Informationen extrahiert werden. Hierfür sind zwei Informationen relevant:

1. eine eindeutig zugeordnete Nummer für die Zuweisung einer Lieferung zu einer ERP-Bestellung
2. die in der Sendung enthaltenen Artikel und die zugehörige Liefermenge

Die Nummer wird in allen Fällen nach einem gleichen Muster vergeben und ist so mit einer einfachen Suchfunktion zu finden. Die Artikelnummern und die

zugehörigen Mengen werden anschließend mit der zugehörigen Bestellung verglichen, um falsche Liefermengen oder fehlende Artikel zu identifizieren. Mit den Informationen der ERP-Bestellungen kann zudem die nötige Priorisierung ausgegeben werden, sodass die Mitarbeiter die gerade eingetroffene Sendung direkt nach Dringlichkeit behandeln können.

DIE HERAUSFORDERUNGEN

Eine Schwierigkeit, die es bei der Umsetzung zu berücksichtigen gibt, ist die große Anzahl verschiedener Lieferanten sowie die Beschaffenheit der Lieferscheine selbst. Design, Farbe, Schriftart und Aufbau der Lieferscheine einzelner Anbieter variieren stark. Zudem erschweren äußere Einflüsse wie Falten oder Verschmutzungen die Erkennung von Schriftzeichen. Ein regelbasiertes Erfassungssystem ist nicht in der Lage, diese Textzeichen auf den Dokumenten zu erkennen. Die Erfassung der Texte muss daher mittels Deep Learning, einem Teilgebiet des Maschinellen Lernens, erfolgen.

Um alle möglichen Schriftarten, -farben, -größen und auch Hintergründe, Tabellenformen und Beschädigungen abzudecken, sind allerdings sehr große Datensätze notwendig. Die entsprechenden Erfassungssysteme und -programme sind sehr trainingsaufwändig, sodass eine eigene Entwicklung aus Zeit- und Kostengründen nicht möglich gewesen ist. Der Aufschwung von Deep Learning bringt jedoch viele frei zugängliche Softwareprojekte, Datensätze und auch Modelle mit sich, die für den Einsatz in anderen Projekten geeignet sind. Mit Hilfe von „Transfer-Learning“ lassen sich oftmals Probleme mit nur gering verfügbaren Datenmengen bereits mit hoher Genauigkeit lösen: Bereits fertig trainierte, komplexe Modelle werden für kleinere Spezialfälle angepasst. Auf diese Weise kann auch Texterfassungs-Software für die G. Elsinghorst Stahl und Technik GmbH mit frei

verfügbaren Deep Learning-Programmen entwickelt werden.

Eine weitere Herausforderung stellt die Darstellung der eingesetzten IT-Systeme dar. Aufgrund der Nutzung einer eingekauften ERP-Software liegen Elsinghorst keine detaillierten Beschreibungen der Software sowie der entsprechenden Schnittstellen zwischen einzelnen Programmen vor. Um eine Benutzeroberfläche erstellen zu können, die zwischen einzelnen Systemen vermittelt, wird im gemeinsamen Projekt mit *Digital in NRW* ein direkter Kontakt zwischen den Anbietern der ERP-Software und den verantwortlichen Entwicklern am Fraunhofer IML hergestellt.

DER NUTZEN

Neben der automatischen Erfassung der Lieferungen und der Priorisierung der Pakete im Wareneingang können mit der neuen Technologie zwei weitere Arbeitsschritte abgewickelt werden: Die Lieferdokumente werden in Zukunft automatisch archiviert. Auch manuell ergänzte Kommentare auf den Lieferscheinen sind dann digital im System erfasst und für alle sichtbar.

Die Entwicklung und Etablierung des Systems ermöglicht Elsinghorst eine optimierte, zeitsparende Bearbeitung von Sendungen und ist ein weiterer Schritt zur vollautomatischen Erfassung und Bearbeitung von Paketen.

Bei Bedarf kann das Programm mit zusätzlicher Erkennungssoftware weiter ausgebaut werden, um zusätzliche Informationen zu erfassen. Zudem ist eine Anbindung an das neue Lagerverwaltungssystem möglich, sodass die Sendungen bereits an der Warenannahme ihrer Priorität entsprechend an die Arbeitsplätze der Mitarbeiter für den Feinwareneingang weitergeleitet werden könnten.

WAS WIRD BENÖTIGT?

- Archivdaten: Lieferscheine (gelabelte Dokumentenscans, ERP-Bestellungen) sowie Schnittstellenbeschreibungen der Software
- Zusätzlicher Computerarbeitsplatz
- Projektverantwortlich im Rahmen des Mittelstand 4.0-Kompetenzentrums *Digital in NRW*: Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik

WAS WIRD ERREICHT?

- Weniger Programmieraufwand durch Einbindung bereits bestehender ML-Programme
- Unterschiedliches Lieferschein-Design wird erkannt
- Einfache Automatisierung weiterer Arbeitsschritte und Prozesse
- Automatisierte Informationsentnahme
- Priorisierung von Sendungen
- Erfassen wichtiger Informationen im Vorfeld der Bearbeitung

SCHWERING & HASSE ELEKTRODRAHT GMBH MACHINE LEARNING-MODELL ZUR QUALITÄTSKONTROLLE

SCHWERING & HASSE REDUZIEREN AUSSCHUSS MIT HILFE VON KI-VERFAHREN

Schwering & Hasse Elektrodraht GmbH

Ort: Lügde
Anzahl der Mitarbeiter: 230
Gründungsjahr: 1858
Branche: Elektrodraht

DIE AUSGANGSSITUATION

Die Schwering und Hasse Elektrodraht GmbH fertigt Lackdrähte, zum Beispiel für den Einsatz in Elektromotoren oder Transformatoren. Die Herstellung von Lackdrähten ist ein kontinuierlicher Fertigungsprozess, der mit hoher Geschwindigkeit abläuft. Während der Produktion können nur einige Qualitätsmerkmale online überwacht werden. Daher sind Offline-Kontrollen im unternehmenseigenem Qualitätslabor notwendig. Diese müssen in regelmäßigen Abständen stattfinden, um die Qualität der produzierten Lackdraht-Charge zu gewährleisten. Jede Überprüfung bedeutet aber auch eine Unterbrechung des Fertigungsprozesses, die wiederum eine möglichst lange Basislänge der Charge verhindert. Die Basislänge wird üblicherweise als Erfahrungswert eingestellt und bei Bedarf angepasst. In einem it's OWL-Transferprojekt untersuchten das Fraunhofer IEM und Schwering & Hasse die datengetriebene Optimierung der Basislänge.

DIE LÖSUNG

Ziel war, die Häufigkeit der Qualitätsprüfungen durch die Auswertung der Produktionsdaten zu optimieren. Die Anzahl der Kontrollen sollte abhängig vom gefertigten Produkt und auf Grundlage aktueller Fertigungsdaten mittels Maschinellem Lernverfahren individuell und dynamisch angepasst werden. Grundlage des Verfahrens ist ein Machine Learning-Modell, das



© Schwering & Hasse Elektrodraht GmbH

flexible Prüfintervalle ermöglicht. Für die Umsetzung sammelte das Unternehmen historische Daten von mehr als hundert unterschiedlichen Produkten aus über zwei Jahren Produktion. Im Rahmen des it's OWL-Transferprojektes wurden die Daten durch die Projektpartner aufbereitet und analysiert. Ein datenbasiertes Kostenmodell wurde mittels Maschinellem Lernen aus den Daten aufgestellt. Dieses ist in der Lage, den hypothetischen Ausschuss bei verschiedenen Produktions- und Prüfparametern zu simulieren. So kann die Auswirkung verschiedener Prüfzyklen bewertet und eine optimale Prüfhäufigkeit berechnet werden.



© Schwering & Hasse Elektrodraht GmbH



© Pixabay

DIE HERAUSFORDERUNGEN

Um ein Verständnis für die aufgezeichneten Daten zu erzeugen, war die sinnvolle Verknüpfung mit Domänenwissen notwendig. Dieses umfasst beispielsweise Informationen und Erfahrungswerte zu den verschiedenen Produkttypen, Produkteigenschaften sowie die Kodierung dieser Eigenschaften in den Daten. Zudem musste auf die historischen Produktionsdaten zugegriffen werden können. Diese werden normalerweise in verdichteter Form abgerufen, um keine unnötig großen Datenmengen zu erzeugen, d. h. es wird festgelegt, in welcher zeitlichen Auflösung – je Sekunde, Minute, etc. – Daten vorliegen sollten. Für die Anwendung in Maschinellen Lernverfahren muss allerdings eine geeignete Auflösung der Daten gewählt werden.

DER NUTZEN

Durch den Einsatz des datenbasierten Kostenmodells können die Kapazitäten des Prüflabors optimal genutzt, Nachprüfungen minimiert und der Ausschuss um 14 % reduziert werden. Zudem werden Produktionsingenieure bei ihrer Entscheidungsfindung durch das Verfahren unterstützt, was wiederum die Einrichtung von Prüfprozessen vereinfacht. Das Verfahren kann jederzeit mit neuen Daten nachtrainiert werden, so dass auch neue Produkttypen oder weitere Produkteigenschaften berücksichtigt werden können.

WAS WURDE BENÖTIGT?

- Historische Daten aus zwei Jahren Produktion
- Expertenwissen über Produkteigenschaften und Prüfarten
- Projektverantwortlich im Rahmen eines it's OWL-Transferprojektes: Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM

WAS WURDE ERREICHT?

- Unterstützung bei der Einrichtung von Prüfprozessen
- Optimierung der Prüfhäufigkeit
- Optimale Ausnutzung des Prüflabors
- Minimierung von Nachprüfungen
- Reduzierung des Ausschusses

LASERLINE GMBH

ENTWICKLUNG NEUER DATENGETRIEBENER GESCHÄFTSMODELLE

PROJEKT VERMITTELT METHODISCHES UND TECHNISCHES WISSEN ZU MASCHINELLEM LERNEN

Laserline GmbH

Ort: Mülheim-Kärlich

Anzahl der Mitarbeiter: 340

Gründungsjahr: 1997

Branche: Produktion von Industrie-Lasern

DIE AUSGANGSSITUATION

Die Digitalisierung der Produktion rückt im globalen und nationalen Wettbewerb in den Vordergrund. Durch Industrie 4.0 und die damit verbundenen Maßnahmen lassen sich mit technologischen Produktneuerungen sowie insbesondere neuen Geschäftsmodellen enorme Wettbewerbsvorteile erzielen. Basis hierfür ist die Verknüpfung fortschrittlicher Produktionstechnologien mit Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Um einerseits die Informationen aus hochdynamischen Prozessen zu erfassen und gleichzeitig eine Auswertung der Sensordaten zu realisieren, ist es wichtig, moderne IKT und intelligente Analysealgorithmen zu nutzen. Mit Hilfe von Machine Learning-Algorithmen können die Datenmengen einfach gehandhabt, transparent gestaltet und in der Produktion genutzt werden. Hierzu ist ein Grundverständnis der modernen Technologie eine wichtige Basis. Diese wurden der Laserline GmbH im Rahmen eines gemeinsamen Projektes mit dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt von der TU Darmstadt vermittelt, um die Möglichkeiten der Datenerfassung und -nutzung im Betrieb bewerten zu können und neue Geschäftsmodelle im Bereich Predictive Maintenance zu entwickeln.

Maschinelles Lernen hat in Produktionen mit Bearbeitungslasern, z. B. beim Laserstrahlschweißen,



© Laserline GmbH

Laserlöten, Auftragsschweißen oder der Wärmebehandlung in Form von Härten und Entfestigen, noch selten bis gar nicht Einzug gehalten. Dabei bietet die aktuelle Produktgeneration der Laserline GmbH die Möglichkeit, während der Bearbeitungsprozesse Sensordaten via OPC UA – einem Industrie 4.0-konformen Kommunikationsprotokoll – zu einem externen System wie einer Datenbank zu transferieren. Im Betrieb fallen in erster Linie Laserdaten zu Temperatur, Feuchtigkeits- oder Füllstandsdaten an. Sie sind essentiell für verschiedene Anwendungsszenarien, wie eine vorausschauende Instandhaltung oder die Prozessoptimierung. Mit einer stringenten Analyse der Daten möchte die Laserline GmbH zukünftig Produktionsausfälle und Ausschussraten reduzieren.

DIE LÖSUNG

Wichtige Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts war die Vermittlung methodischen und technischen Wissens zu Maschinellem Lernen – vom Geschäftsverständnis bis zur Modellierung der Problemstellung sowie der Auswahl und dem Einsatz von Algorithmen.

Mit Hilfe einer abgeleiteten Analyse erhielten die Experten vom Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) einen Überblick darüber, welche Parameter bei der Laserline GmbH derzeit von Lasermaschinen aufgezeichnet werden und welche Zusammenhänge zwischen diesen Parametern bestehen. Datenvisualisierungsmethoden ermöglichten es zudem, Unregelmäßigkeiten und unerwartete Werte in den Daten zu identifizieren und die Aufmerksamkeit auf potenzielle Verbesserungspotenziale zu lenken. Gemeinsam wurde ein Prognosemodell entwickelt. Erste Wiederholungen der Abläufe in der Modellierungsphase zeigten vielversprechende Ergebnisse.

DIE HERAUSFORDERUNGEN

Der Erfolg vieler Datenanalyseprojekte ist von der Menge und Qualität der verfügbaren Daten abhängig. Die Ergebnisse können nur so gut sein, wie die Daten, die zur Verfügung stehen. Damit diese auch möglichst genau sind, benötigen die meisten Algorithmen zudem relativ große Datenmengen. Werden nicht ausreichend Daten verwendet, beeinträchtigt das die Übertragbarkeit der Ergebnisse.

Eine weitere Herausforderung war die Integration von Metainformationen. Hier konnte durch Domänenwissen



© Laserline GmbH

der Laserline GmbH Input geliefert und eine Interpretation der analysierten Daten ermöglicht werden.

DER NUTZEN

Im Rahmen des Projekts hat das Unternehmen zum ersten Mal mit Methoden Maschinellen Lernens gearbeitet und Verständnis für die Möglichkeiten und Einschränkungen dieser Verfahren bei der Datenanalyse aufgebaut. Die Mitarbeiter wurden mit den Themen Datenbereinigung und -aufbereitung vertraut gemacht und lernten Datenvisualisierungstools sowie Algorithmen des Maschinellen Lernens für Modelltraining und -prüfung kennen. Auf diese Weise hat die Laserline GmbH die Basis für weitere Arbeiten und Maßnahmen im Bereich Maschinelles Lernen gelegt. Mit diesem Wissen und den geschaffenen Grundlagen kann die Laserline GmbH zukünftig neue Geschäftsfelder im Bereich Predictive Maintenance erschließen.

WAS WURDE BENÖTIGT?

- Daten aus internen Tests und Metainformationen in Form von Domänenwissen
- Projektverantwortlich im Rahmen des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt: Technische Universität Darmstadt

WAS WURDE ERREICHT?

- Tieferes Verständnis der verfügbaren Laserdaten
- Kompetenz zur Durchführung eines Datenanalyseprojekts unter Verwendung des CRISP-DM-Standards
- Kompetenz zur Datenbereinigung, Visualisierung und Vorbereitung von Modellen des Maschinellen Lernens
- Wissensaufbau zu Algorithmen des Maschinellen Lernens und deren Verwendung in Python

WAS KANN KÜNSTLICHE INTELLIGENZ?

KI kann in verschiedenen Unternehmensbereichen entlang der Wertschöpfung unterschiedliche Funktionen und Aufgaben übernehmen: Mögliche Einsatzgebiete für KI sind Beschaffung und Einkauf, Produktion und Vertrieb sowie die Distribution. Neben den Aufgaben in diesen Bereichen ist der Einsatz von KI auch bereichsübergreifend zu betrachten.

Durch den Einsatz von KI und KI-Analyseverfahren entstehen neue Produkte und Geschäftsmodelle. Unternehmen bekommen die Gelegenheit, neue Services und Dienstleistungen anzubieten und in zukunftsorientierte Geschäftsmodelle zu überführen. Auf diese Weise ist KI nicht allein ein nützliches Instrument, sondern auch elementarer Bestandteil der Unternehmensentwicklung.

Im Bereich **Erkennen** kann KI Aufgaben wie z. B. die Lokalisierung, die Identifikation und das Zählen von verschiedenen Objekten übernehmen. Ebenso kann KI zur Spracherkennung eingesetzt werden. Das ist insbesondere für die Mensch-Maschinen-Kommunikation von Nutzen. Die genannten Aufgaben sind alle sowohl im Bereich Beschaffung und Einkauf, aber auch in der Produktion und im Vertrieb denkbar. Eine spezifische KI-Aufgabe für die Beschaffung ist z. B. die Identifikation von Versorgungsrisiken. Die Zustandsüberwachung bzw. das Erkennen von Zuständen ist hingegen ein Beispiel für den spezifischen Einsatz von KI in der Produktion.

Im Bereich der **Analyse** unterstützt KI beispielsweise bei der Analyse der Anlagenperformance in der Produktion oder erstellt eine Bedarfsprognose in Vertrieb und Distribution. Ebenso können mithilfe von KI Belege und Dokumente automatisch erkannt, klassifiziert und zugeordnet werden. Lieferscheine können so direkt im System des Unternehmens korrekt zugeordnet werden - eine manuelle Eingabe und Prüfung entfällt.

Darüber hinaus kann KI auch Aufgaben im Bereich **Planen und Entscheiden** übernehmen und für die Lieferantenauswahl oder Absatzplanung eingesetzt werden. Ebenso ist es denkbar, dass KI für die Bestandsplanung oder innerbetriebliches Transportrouting genutzt wird. Gleichzeitig ist es mit KI im außerbetrieblichen Transportrouting möglich, mithilfe der vorhandenen Daten und entsprechender Lernverfahren z. B. Lieferwege und LKW-Routen zu optimieren.

Neben dem Planen und Entscheiden ist auch das **Ausführen** von konkreten Aufgaben eine Einsatzmöglichkeit für KI. So kann KI z. B. für den automatischen Transport (inner- und außerbetrieblich) genutzt werden. KI-basierte, fahrerlose Transportsysteme sind in der Lage, in der Produktion Ausschuss oder benötigtes Material für die Fertigung autonom, zielgerichtet und wegeoptimiert zum entsprechenden Mitarbeiter zu transportieren. Ebenso sind die automatische Einlagerung oder Kommissionierung mithilfe von KI möglich.

BESCHAFFUNG & EINKAUF	PRODUKTION	VERTRIEB & DISTRIBUTION
ERKENNEN		
Lokalisierung von Objekten		
Identifikation von Objekten		
Zählen der Objekte		
Spracherkennung zur Mensch-Maschine-Kommunikation		
Identifikation von Versorgungsrisiken	Zustandsüberwachung	Änderungen des Kundenverhaltens
ANALYSE		
Lieferanten-Bewertung	Analyse der Anlagenperformance	Kunden-Klassifikation
		Bedarfsprognose
Dokumentenanalyse und Belegerkennung zur Extraktion von Informationen		
PLANEN UND ENTSCHEIDEN		
Lieferantenauswahl	Programm- und Kapazitätsplanung	Absatzplanung
Bestandsplanung		
Transportplanung	Produktionsplanung	Transportplanung
Transportplanung in der Beschaffung	Innerbetriebliches Transportrouting	Außerbetriebliche Transportplanung
AUSFÜHREN		
Automatisches Transportieren	Automatisches, innerbetriebliches Transportieren	Automatisches, außerbetriebliches Transportieren
Automatisches Einlagern	Automatische Produktion	Automatisches Auslagern und Kommissionieren

Abbildung 16: Was kann KI?, Quelle: White Paper Maschinelles Lernen. Fraunhofer IML (in Press).

SO WIRD IHR UNTERNEHMEN FIT FÜR DEN EINSATZ VON KÜNSTLICHER INTELLIGENZ



© Digital in NRW

KI-Serviceangebote von *Digital in NRW*. Die Basis für den Einsatz von KI haben kleine und mittlere Unternehmen teilweise bereits parat: Daten.

Deren Erfassung und Auswertung bieten die Möglichkeit, Prozesse zu automatisieren, Geschäftsmodelle zu realisieren und Kunden eine passgenaue Dienstleistung zu bieten – auch mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz. *Digital in NRW* – Kompetenz für den Mittelstand hat sein Serviceangebot gezielt um KI-Bausteine erweitert. Sie sollen Unternehmen dabei helfen, sich dem Thema Künstliche Intelligenz zu nähern.

Die Basis für den Einsatz von KI haben kleine und mittlere Unternehmen teilweise bereits parat: Daten.

Für viele Konzerne gehört die Analyse und Nutzung von Daten mittlerweile zum Arbeitsalltag. Doch neue Technologien wie Maschinelles Lernen und Industrial Data Science sind nicht allein Großunternehmen vorbehalten. Auch für KMU ist der Einsatz von KI sinnvoll und zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit zunehmend relevant. Allerdings schrecken die neuen Technologien sowie die damit verbundenen Begrifflichkeiten, Entwicklungen und Herausforderungen viele kleine Firmen ab. Dabei können sich auch KMU mit KI zukunftsfähig aufstellen und brachliegende Potenziale nutzen. Wie? Das zeigen die neuen

Mit vielseitigen Services – von Infoveranstaltungen über Workshops bis hin zu Potenzialanalysen – werden KMU nun auch bei der Entwicklung von KI-Kompetenzen unterstützt. Dafür greift das Kompetenzzentrum auf etablierte Methoden und die bewährte Befähigungskette zurück: Die Experten informieren, demonstrieren, qualifizieren, konzipieren und setzen gemeinsam mit den Unternehmen konkrete Einsatzszenarien um. Dabei werden die einzelnen Schritte flexibel und individuell angewendet – abhängig vom jeweiligen Unternehmen, seiner Ausgangssituation und seinem Bedarf.

KI-TRAINER BRINGEN ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN IN DEN MITTELSTAND

Zentrale Ansprechpartner zum Thema Künstliche Intelligenz sind die KI-Trainer des Kompetenzzentrums. Sie begleiten KMU dabei, den Einsatz und die Etablierung von Künstlicher Intelligenz im Unternehmen in die Wege zu leiten.

Dabei beantworten sie – speziell auf Ihr Unternehmen zugeschnitten – unter anderem folgende Fragen:

- Was umfasst KI und wie kann mein Unternehmen davon profitieren?
- Welche Kompetenzen benötigen wir für den Einsatz von KI und wie bauen wir sie auf?
- Welche konkreten Potenziale bietet der Einsatz von KI für mein Unternehmen und wie kann ich diese realisieren?

IHRE ANSPRECHPARTNER IN DEN REGIONEN

RHEINLAND

Sait Baskaya

Werkzeugmaschinenlabor WZL
der RWTH Aachen

E-Mail: s.baskaya@wzl.rwth-aachen.de

OSTWESTFALENLIPPE

Dr. Sebastian von Enzberg

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik
Mechatronik IEM

E-Mail: sebastian.von.enzberg@iem.fraunhofer.de

METROPOLE RUHR

Martin Friedrich

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und
Logistik IML

E-Mail: martin.friedrich@iml.fraunhofer.de

Jens Eickmeyer

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik
und Bildauswertung, Institutsteil Industrielle
Automation

E-Mail: jens.eickmeyer@iosb-ina.fraunhofer.de

Eine Liste aller Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren mit KI-Trainern des Programms „KI für KMU“ der Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren und ihren jeweiligen Schwerpunkten finden Sie auf der Webseite des Förderschwerpunktes Mittelstand-Digital. Sprechen Sie einfach einen Ansprechpartner in Ihrer Nähe oder zum Thema Ihres Anliegens an. Die über 50 KI-Trainer deutschlandweit können auch Ihr Unternehmen bei diesem Thema unterstützen.



Weitere Informationen erhalten Sie unter:
www.mittelstand-digital.de/KI-Trainer

ÜBERSICHT KI-SERVICEBAUSTEINE



Informieren

Demonstrieren

Informieren, Demonstrieren, Qualifizieren, Konzipieren und Umsetzen: Das sind die fünf Bereiche unserer so genannten Befähigungskette für die Umsetzung von KI im Mittelstand. Schritt für Schritt können Sie sich fit machen für die digitale Transformation Ihres Unternehmens mit Künstlicher Intelligenz.

Für jeden der fünf Bereiche haben wir eigene Servicebausteine konzipiert. Diese werden an unseren regionalen Standorten sowie bei Partnern des Kompetenzzentrums (**extern**) und direkt bei den Unternehmen (**intern**) angeboten.

Einige Angebote werden individuell auf ein Unternehmen zugeschnitten.

Feste Termine sind auf der Website des Kompetenzzentrums veröffentlicht, für manche Services können auch **Termine auf Anfrage** vereinbart werden.



© Digital in NRW

Künstliche Intelligenz verstehen:
Informieren

Was genau ist Künstliche Intelligenz?
Wie genau kann mein Unternehmen davon profitieren?

Das sind unsere Services:

- KI 1 Einführungsvorträge
- KI 2 Unternehmensdialog

Informieren



© Digital in NRW

Künstliche Intelligenz erleben:
Demonstrieren

Wo kann ich KI-Verfahren praxis- und anwendungsbezogen erleben?
Wie werden diese zukunftsweisenden Technologien bereits umgesetzt?

Das sind unsere Services:

- KI 3 Mobile Demonstratoren und Testbeds für KI
- KI 4 KI-Roadshows
- KI 5 Lab-Touren KI

Demonstrieren

Anmeldung Newsletter

Digital in NRW - Kompetenz für den Mittelstand berichtet über Highlights, Erfolgsgeschichten, Wissenswertes und anstehende Veranstaltungen.

Jetzt unseren Newsletter abonnieren:
Regelmäßig stellen wir interessante Neuigkeiten aus unserem Projekt für Sie zusammen.
www.digital-in-nrw.de/newsletter



Qualifizieren

Konzipieren

Umsetzen



© Digital in NRW

KI-Kompetenzen erlernen:
Qualifizieren

Welche Kompetenzen brauche ich für den Einsatz von KI-Technologien?
Wie kann ich diese aufbauen?

Das ist unser Service:

- KI 6 KI-Seminarprogramm und Blended-Learning-Modul KI

Qualifizieren



© Digital in NRW

KI-Verfahren gestalten:
Konzipieren

Ist mein Unternehmen schon reif für neue KI-Technologien und Prozesse?
Was sind meine nächsten Schritte?

Das ist unser Service:

- KI 7 Potenzialanalyse-Workshop KI

Konzipieren



© Digital in NRW

KI-Technologien anwenden:
Umsetzen

Wie kann ich Künstliche Intelligenz in meinem Unternehmen etablieren?
Wie finde ich Partner für Entwicklung und Umsetzung?

Das ist unser Service:

- KI 8 Erfahrungsaustausch KI im Mittelstand

Umsetzen

UNSER PARTNER-NETZWERK

RHEINLAND



METROPOLE RUHR



OSTWESTFALENLIPPE



Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Dortmund gehört zu Mittelstand-Digital. Mittelstand-Digital informiert kleine und mittlere Unternehmen über die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung. Die geförderten Kompetenzzentren helfen mit Expertenwissen, Demonstrationszentren, Best-Practice-Beispielen sowie Netzwerken, die dem Erfahrungsaustausch dienen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) ermöglicht die kostenfreie Nutzung aller Angebote von Mittelstand-Digital. Der DLR Projektträger begleitet im Auftrag des BMWi die Projekte fachlich und sorgt für eine bedarfs- und mittelstandsgerechte Umsetzung der Angebote. Das Wissenschaftliche Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK) unterstützt mit wissenschaftlicher Begleitung, Vernetzung und Öffentlichkeitsarbeit. Weitere Informationen finden Sie unter www.mittelstand-digital.de.

Quellenangaben

- ¹ Unternehmen bis 500 Mitarbeitern
- ² Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. Mind, 59 (236), 433-460.
- ³ Fink, L., Petersen, U. & Voss, A. (2018). Künstliche Intelligenz in Deutschland: Ein systematischer Katalog von Anwendungen des Maschinellen Lernens. Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse und Informationssysteme IAIS.
- ⁴ Machine Learning und Deep Learning sind die häufig genutzten englischen Entsprechungen für Maschinelles Lernen und Tiefes Lernen. Anders als Maschinelles Lernen wird die deutsche Entsprechung Tiefes Lernen jedoch kaum verwendet, deshalb kommt hier der englische Begriff Deep Learning zum Einsatz.
- ⁵ Die Bundesregierung. (2018). Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung.
- ⁶ Bitkom e.V. (2017). Künstliche Intelligenz: Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung.
- ⁷ Fraunhofer-Gesellschaft e.V. (2017). Trends für die Künstliche Intelligenz.
- ⁸ Bitkom e.V. (2018). Empfehlungen für den verantwortlichen Einsatz von KI und automatisierten Entscheidungen.
- ⁹ Bitkom e.V. (2018). Empfehlungen für den verantwortlichen Einsatz von KI und automatisierten Entscheidungen.
- ¹⁰ Bitkom e.V. (2018). Empfehlungen für den verantwortlichen Einsatz von KI und automatisierten Entscheidungen.
- ¹¹ Döbel, I., Leis, M., Vogelsang, M. M., Neustroev, D., Petzka, H., Riemer, A., Rüping, S., Voss, A., Wegele, M. & Welz, J. (2018). Maschinelles Lernen: Eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwendung. Fraunhofer-Gesellschaft e.V.
- ¹² Hottel, S., Hufenstahl, A. & Klug, A. (2017). Künstliche Intelligenz verstehen als Automation des Entscheidens: Leitfaden. Bitkom e. V.
- ¹³ Die Bundesregierung. (2018). Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung.
- ¹⁴ Groth, O. J., Nitzberg, M. & Zehr, D. (2019). Vergleich nationaler Strategien zur Förderung von Künstlicher Intelligenz: Teil 2. Konrad-Adenauer-Stiftung e. V.
- ¹⁵ Loucks, J., Hupfer, S., Jarvis, D. & Murphy, T. (2019). Future in the balance? How countries are pursuing an AI advantage: Insights from Deloitte's State of AI in the Enterprise, 2nd Edition survey. Deloitte Consulting LLP.
- ¹⁶ Europäische Kommission. (2018). Künstliche Intelligenz für Europa COM(2018) 237 final.
- ¹⁷ Die Bundesregierung. (2018). Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung.
- ¹⁸ Seifert, I., Bürger, M., Wangler, L., Christmann-Budian, S., Rohde, M., Gabriel, P. & Zinke, G. Potenziale der Künstlichen Intelligenz im Produzierenden Gewerbe in Deutschland: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm PAiCE.
- ¹⁹ IfM Bonn. (13.01.2020). Mittelstand im Überblick. <https://www.ifm-bonn.org/statistiken/mittelstand-im-ueberblick#accordion=0&tab=1>
- ²⁰ NRW.INVEST. (13.01.2020). Maschinenbau und Produktionstechnik in NRW. <https://www.nrwinvest.com/de/branchen-in-nrw/maschinenbau/>
- ²¹ NRW.INVEST. (13.01.2020). Automobilindustrie in NRW. <https://www.nrwinvest.com/de/branchen-in-nrw/automobil/>
- ²² WIRTSCHAFT.NRW. (13.01.2020). Logistik. <https://www.wirtschaft.nrw/logistik>
- ²³ Unternehmen bis zu 250 Mitarbeitern
- ²⁴ Lundborg, M., Märkel, C. (2019). Künstliche Intelligenz im Mittelstand. Studie im Rahmen der Mittelstand-Digital Begleitforschung am WIK.

Kontakt

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Dortmund
-Geschäftsstelle-
Joseph-von-Fraunhofer Str. 2-4
44227 Dortmund

Tel.: 0231 - 9743 611
E-Mail: info@digital-in-nrw.de
www.digital-in-nrw.de



Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Dortmund ist Teil der Förderinitiative „Mittelstand 4.0 – Digitale Produktions- und Arbeitsprozesse“, die im Rahmen des Förderschwerpunkts „Mittelstand-Digital – Strategien zur digitalen Transformation der Unternehmensprozesse“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird.

Impressum

Herausgeber:
EffizienzCluster Management GmbH
Kölner Str. 80-82
45481 Mülheim an der Ruhr

Post- und Besucheranschrift:
EffizienzCluster Management GmbH
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4
44227 Dortmund

Redaktion:
Carina Culotta, Kerstin Hartmann,
Corinna Ten-Cate

E-Mail: presse@digital-in-nrw.de

Gestaltung: Danuta Drwecki

© Digital in NRW, 2020

Bildnachweis Titel: © Scharfsinn86 AdobeStock

Die regionalen Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren und Themenzentren mit ihren Stützpunkten

