

Digitale Transformation mit Robotik und KI vorantreiben

Robotik und KI sind eigentlich nichts Neues und werden von produzierenden Unternehmen bereits vielfach eingesetzt – allerdings meist nur in Form von Einzelanwendungen, die weitgehend isoliert voneinander arbeiten. Eine Verknüpfung der beiden Technologien und eine Vernetzung mit den umgebenden Systemen eröffnet ein viel größeres Potenzial und ermöglicht die Weiterentwicklung zur Smart Factory.

„Die Kombination von Robotik und KI ermöglicht nicht nur Produktivitätssteigerungen, sondern auch neue Geschäftsmodelle und eine bessere Entscheidungsfindung.“

Prof. Dr. Thomas Farrenkopf

Studiendekan des Fachbereichs Mathematik,
Naturwissenschaften und Datenverarbeitung (MND)
sowie Studiengangsleiter Wirtschaftsinformatik
Technische Hochschule Mittelhessen



Foto: Prof. Dr. Thomas Farrenkopf

KI und die Wahrscheinlichkeit

Mit ChatGPT wurde schlagartig deutlich, welche Möglichkeiten KI bietet. Dabei ist KI schon lange ein Thema. Die ersten Arbeiten dazu stammen aus den 1940-er Jahren. Rund zehn Jahre später wurde der Begriff KI geprägt. KI bezeichnet heute die „Fähigkeit von Maschinen, menschenähnliches Denken und Lernen zu vollziehen“. Joseph Weizenbaum schuf bereits in den 1960-er Jahren das Programm ELIZA, das sich mit Personen unterhalten konnte. Auch wenn es nicht in der Lage war, auf jedes Schlagwort einzugehen, und es schnell zu Wiederholungen kam, hielten viele Testpersonen ELIZAs Antworten für die eines Menschen.

Generative KI wie ChatGPT generieren mit einer kurzen Texteingabe – einem sogenannten Prompt – und einem großen Sprachmodell Texte. Sprachmodelle sind heute in der Lage, einen Kontext und damit Zusammenhänge in einer Aussage herzustellen.

Das ist eine neue Qualität von generativ erzeugtem Text. Aber auch wenn sich solche Texte seriös anhören, ist zu beachten, dass es sich bei KI und damit auch bei Sprachmodellen um statistische Modelle handelt, und dass ein bestimmtes Wort nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu einem anderen Wort passt. Die Wahrscheinlichkeit ist umso höher, je besser das Sprachmodell trainiert und je besser der Prompt formuliert wurde. Wie schwierig das sein kann, zeigt das Wort „Golf“, das je nach Zusammenhang ein Fahrzeug, eine Sportart oder eine große Meeresbucht sein kann.

Von der Einzelanwendung zur vernetzten Fertigung

Zu den Vertretern der Robotik in der Produktion zählen autonome mobile Roboter, Gelenkarmroboter und Cobots – also Roboter, die mit dem Menschen zusammenarbeiten. Sie alle tragen schon länger zur Automatisierung der Produktion bei und bieten bereits erhebliche Vorteile in isolierten Anwendungsbereichen. Damit wird das Potenzial der Robotik jedoch noch nicht vollständig gehoben. Ein echter Durchbruch ist hier erst möglich, wenn verschiedene Robotikanwendungen und KI in eine voll vernetzte Produktionsumgebung, der Smart Factory, integriert werden. Hierbei wird die gesamte Produktionskette – von der Materialbeschaffung über die Fertigung bis hin zur Auslieferung – digitalisiert und vernetzt.

Die Kombination aus nahezu ununterbrochen einsatzbereiten Maschinen und menschenähnlich denkender und lernender Software plus Vernetzung stärkt die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Konkret zählt sie darauf ein,

- die Produktivität und Effizienz der Produktion und Abläufe zu erhöhen,
- die Qualität und Genauigkeit der Produktion und Produkte zu steigern,
- nicht wertschöpfende Tätigkeiten zu reduzieren,
- Ressourcen zu sparen und
- den Arbeitsschutz zu verbessern.

Um KI in die Robotik zu integrieren, sind keine großen Sprachmodelle notwendig. Hier gibt es viele Möglichkeiten mit einfacheren, selbst lernenden Algorithmen. Das Optimierungspotenzial, dass sich in der vernetzten Produktion daraus ergibt, wird an einem Beispiel der Qualitätskontrolle deutlich: Mit Hilfe einer digitalen Kamera entstehen Daten, mit denen sich eine KI darauf trainieren lässt, Teilprodukte als Gut- oder Schlechtheile zu bewerten.

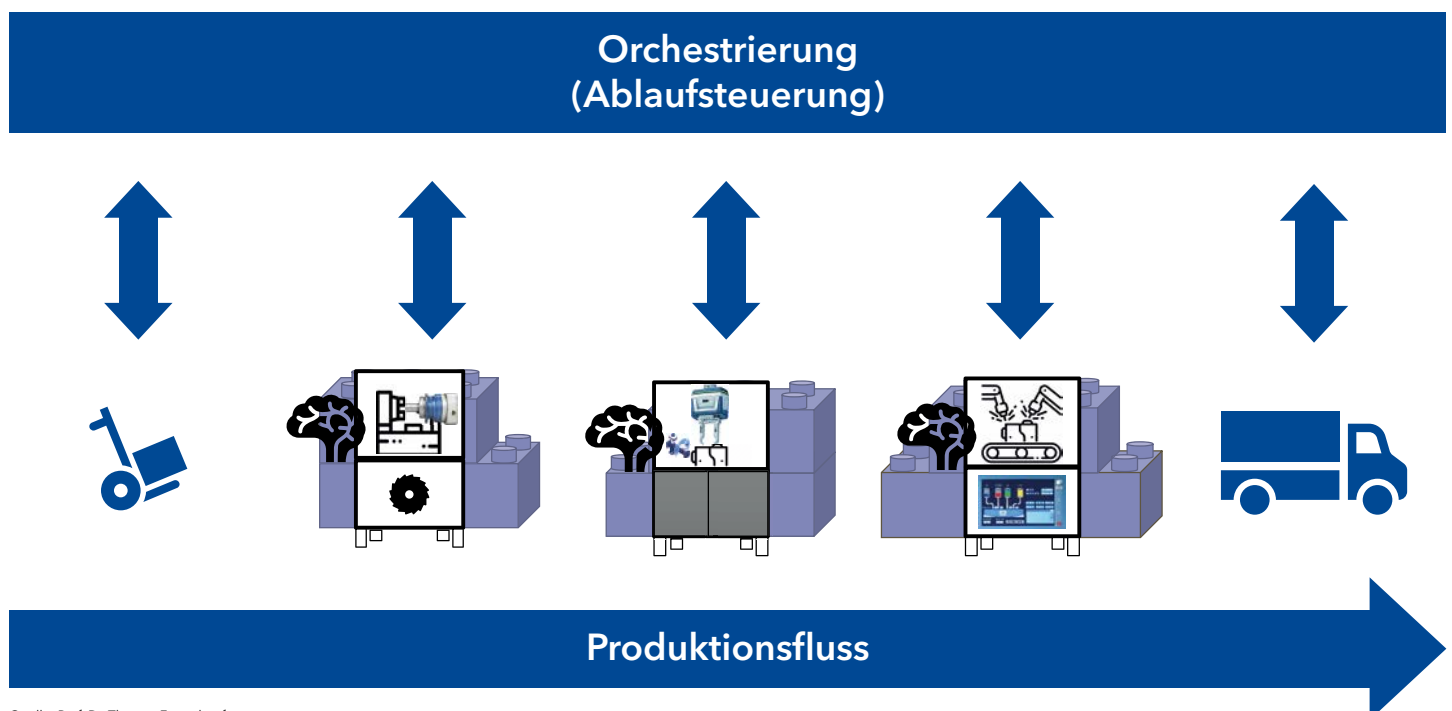
Werden die Ergebnisse der KI im Sinne einer Rückkopplung in die Kommunikation mit der vernetzten Umgebung, also mit anderen Robotern oder anderen Systemen, eingespeist und ausgewertet, ist eine sich selbst regulierende und organisierende Produktion möglich. Stellt die KI fest, dass es sich um ein Schlechtheil handelt, können vorhergehende Arbeitsstationen automatisch auf ihre Bearbeitungsgüte überprüft und Werkzeuge nachjustiert werden. Gleichzeitig lässt sich prüfen, ob nachfolgende Bearbeitungsstationen die Abweichungen des Schlechtheils mit anderen Einstellungen im Rahmen der oberen oder unteren Toleranzgrenzen ausgleichen können. Außerdem kann ermittelt werden, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, am Ende ein Gutteil zu erhalten. Ist sie nicht hoch genug, lässt sich das Teil als Ausschuss ausschleusen.

Erfolgt die Fehlerdetektion an den relevanten Stellen im Produktionsprozess und sind Schlussfolgerungen darüber möglich, aus welchen Gründen etwas falsch gelaufen ist, lassen sich Fehler durch automatische Anpassung nachfolgender Prozesse nicht nur beheben, sondern durch Optimierung vorausgehender Prozesse oft sogar vermeiden. Das Potenzial einer vernetzten Fertigung wird somit gehoben.

Im vom BMFTR geförderten Forschungscampus [ARENA36](#) (ARENA steht für Active Research Environment for the Next generation of Automobiles) arbeiten Hersteller unterschiedlicher Disziplinen gemeinsam an einer sich selbst organisierenden Fabrik.

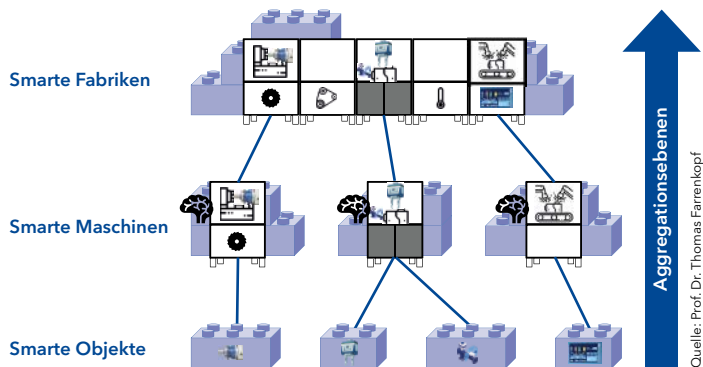
Autonome Produktion

Die unten stehende Abbildung symbolisiert das Zusammenwachsen verschiedener Robotikanwendungen und KI-Lösungen zu einer autonomen Produktion. Mittels Sensorik, KI und Rückkopplungen werden Produkte und Prozesse laufend kontrolliert und Einstellungen automatisch und stationsübergreifend angepasst und optimiert.



Weg zur Smart Factory

In einer Smart Factory können alle an der Produktion Beteiligten – wie Objekte, Maschinen, Software, Menschen – miteinander kommunizieren. Objekte werden smart, indem Informationstechnologien eingebettet werden, die ihre Funktionen erweitern. Zu möglichen Erweiterungen zählen Datenerfassung, Kommunikation und Netzwerkfähigkeit, Datenspeicherung und -verarbeitung sowie Aktorik.



Ein smartes Objekt kann eine smarte Pumpe sein, die mit einem Spektrometer ausgestattet ist und neben dem Durchfluss auch noch die Trübung des Fluids messen kann. Die Daten werden nicht nur auf einem Display angezeigt, sondern über Schnittstellen, die auf offenen Standards wie OPC-UA basieren sollten, mit Kabel oder kabellos in ein übergeordnetes System übertragen. Die Pumpe wird bei Bedarf von außen gesteuert und erhöht zum Beispiel den Durchfluss oder die Temperatur.

Mit der Integration smarter Objekte in eine Maschine entsteht eine smarte Maschine und der Verbund von smarten Maschinen ergibt eine smarte Produktion. In dieser Produktion stellt die KI-Komponente das Gehirn dar. Bei der Frage, wo die KI-Komponente liegen soll, sind die Echtzeitanforderungen der Produktion entscheidend. Aufgrund der Taktraten von Maschinen und Anlagen liegen die Zeitspannen, in denen hier Daten erfasst und verarbeitet sowie Reaktionen ausgelöst werden müssen, üblicherweise im Hertzbereich und nicht im Sekundenbereich wie etwa bei Büroanwendungen.

Da lange Übertragungswege immer auch mit Zeitverlusten verbunden sind, ist es in Produktionsumgebungen nicht sinnvoll, die KI zur Auswertung von Daten und zur Steuerung von Maschinen auf einem entfernten Rechner oder sogar in einer Cloud laufen zu lassen. Stattdessen sollte die KI-Komponente möglichst nah am smarten Objekt oder der Maschine platziert werden. Werden die Daten auf dieser Ebene gesammelt und verarbeitet, wird von einer Edge-KI gesprochen.

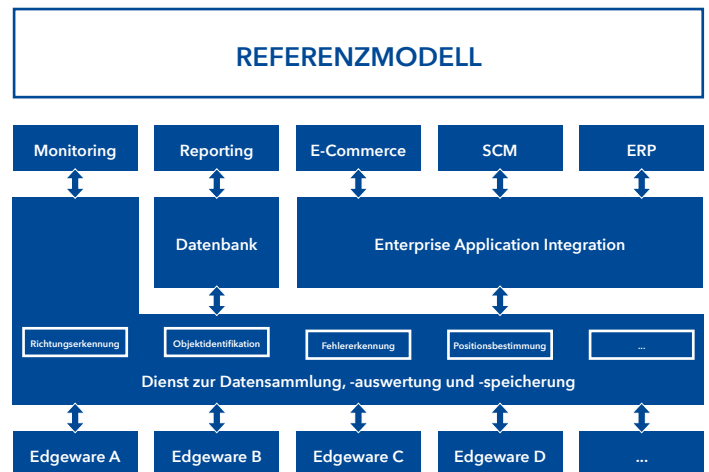
Im Rahmen einer Smart Factory sind die KI-gestützt arbeitenden und vernetzten Maschinen auch mit dem Warenfluss und der Intralogistik zu verknüpfen. Der Trend geht dahin, dass Produktion und Intralogistik zusammenwachsen. Weiterhin müssen die Daten innerhalb der IT-Systemlandschaft des Unternehmens fließen können.

Eine funktionierende Systemlandschaft kann wie folgt aussehen:

- Smarte Objekte und Maschinen liefern Daten an die übergeordnete Ebene zur Datensammlung, -auswertung und -speicherung.
- Die Daten der Datensammlungsebene fließen in eine Datenbank, auf die andere Systeme wie das Enterprise-Resource-Planning-System (ERP), die Supply-Chain-Management-Software (SCM) und die E-Commerce-Lösung zugreifen können. Alle Systeme stehen so in Wechselwirkung zueinander.
- Auf der Ebene der Datensammlung befindet sich neben dem Reporting, das meist eine eigene Datenbank besitzt, auch das Monitoring, das über die gesammelten Daten weitere unternehmensrelevante Aspekte detektiert.

Unternehmen, die über SAP verfügen, besitzen bereits ein ERP, das Informationen nahtlos integriert, über einen Datenpool verfügt und Daten bereitstellt.

Ein großes Thema bei der Systemlandschaft ist die Frage, wo, in welcher Qualität und in welcher Sprache Daten anfallen und welche zusätzlichen Schnittstellen notwendig sind. Der Grund dafür ist, dass viele der heute verwendeten Software-Lösungen in Unternehmen mit eigenen Sprachen, Datenbanken und Schnittstellen arbeiten, sodass sich die Informationen nicht direkt austauschen lassen. Schnittstellen übersetzen quasi die Daten eines Systems in eine für das andere System lesbare Sprache und sorgen so dafür, dass ein Austausch möglich ist.



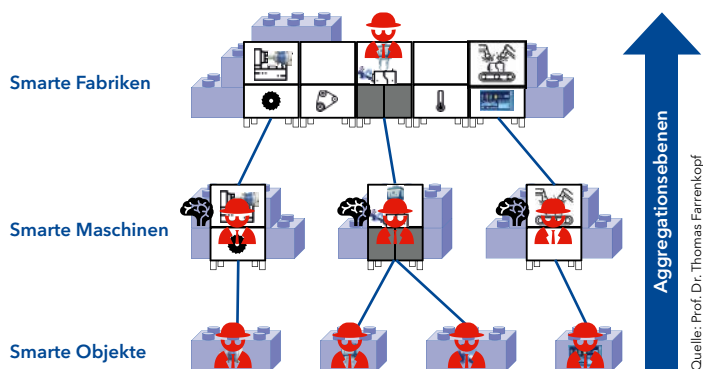
Das Referenzmodell veranschaulicht eine potentielle Systemlandschaft eines Unternehmens.

Quelle: Fleisch, Mattern: Das Internet der Dinge, Seite 101-117

Bei der Schaffung einer Systemlandschaft ist es sinnvoll, technologieoffen zu sein und eine so genannte Best-of-Breed-Strategie zu verfolgen. Eine solche Strategie bedeutet, anbieterunabhängig die jeweils besten Einzelsysteme und -Tools für das Unternehmen auszuwählen. Werden diese Systeme und Werkzeuge sauber integriert, erhalten Unternehmen ein auf sie optimal zugeschnittenes Gesamtsystem.

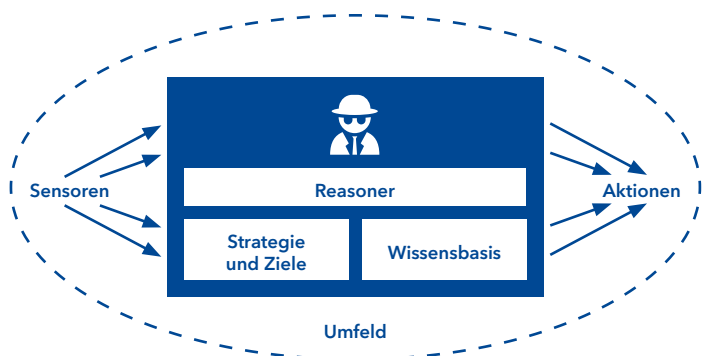
Software-Agenten in einer Smart Factory

Ein Lösungsansatz für die saubere Integration von Daten aus verschiedenen Systemen und Tools und damit einen effizienten Datenfluss ist ein Netzwerk so genannter Software-Agenten. Software-Agenten sind Programme, die in der Lage sind, ihre Umgebung wahrzunehmen, auf sie einzuwirken und mit vorgegebenen Strategien Ziele zu verfolgen. In der Informatik sind solche Agenten bereits sehr verbreitet und hinsichtlich Schnittstellen und Sprachstandards sehr ausgereift. Deswegen lassen sie sich - egal in welchem Framework sie angelegt werden - leicht miteinander kompatibel machen.



Da Agenten autonom agieren aber zugleich voneinander wissen und kooperieren können, ist es möglich, mit ihnen bisherige statische und hierarchische Systeme flexibler zu gestalten und intelligent zu vernetzen. In einem solchen Netz kann ein Agent zum Beispiel anderen Agenten oder Systemen melden, dass er frei ist, sich einen Auftrag holen und diesen selbstständig erledigen. Er ist zudem in der Lage, eine andere Strategie zu wählen, wenn die ursprüngliche Strategie fehlschlägt.

Voraussetzung für die reibungslose Arbeit der Software-Agenten ist eine Wissensbasis, die auswertbare Daten mit einer entsprechenden Datenqualität erfordert. Um Daten aus verschiedenen Quellen verwerten zu können, muss ein Agent ihre Zuordnung kennen. Er muss zum Beispiel wissen, dass die Zahl 20 in einem Kontext eine Entfernung ist und in einem anderen Kontext eine Temperatur, und er muss wissen, wie diese Zahlen im Zusammenhang stehen. Ein solches Verständnis für den Kontext kann mit Hilfe einer so genannten Ontologie geschaffen werden. Sie beschreibt formal und maschinenlesbar, welche Dinge es gibt, welche Eigenschaften diese Dinge haben und wie sie in Beziehung zueinander stehen.



Quelle: Prof. Dr. Thomas Farrenkopf

Eine Ontologie wird auf Basis von allgemeinen Informationen, Beteiligten, Beziehungen, Funktionen und Prozessen sowie Regeln modelliert. In der Produktion fließt hier zum Beispiel das Wissen und die Erfahrung von Fachkräften ein: Konstruktionsregeln, Produktionsabläufe, Maschineneinstellungen, Qualität von Produkten und Fertigungsprozessen, situationsbezogene Ursachen- und Wirkungszusammenhänge und vieles mehr. Ein funktionierendes Regelwerk ermöglicht es unter anderem, dass ein Roboterarm zu einem bestimmten Zeitpunkt oder in einer bestimmten Situation in eine bestimmte Position fährt und bestimmte Aktionen ausführt.

Kostenfreie Open-Source-Angebote, die Unternehmen bei der Beschäftigung mit Ontologien unterstützen, sind Protégé (<https://protege.stanford.edu/>) von der Stanford University und speziell für die Robotik ROS (<https://www.ros.org/>).

Zusammenfassung und Ausblick

Der Einsatz von Robotik hilft, dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken und Beschäftigte von schweren und nicht wertschöpfenden Arbeiten zu befreien. Werden Roboter mit KI kombiniert und in der Produktion vernetzt, lassen sich immer mehr Aufgaben mittels Rückkopplung automatisiert steuern. Durch eine zunehmende Selbststeuerung, die durch Auswertung der rückgekoppelten Daten auch noch stetig optimiert wird, steigt nicht nur die Produktivität, sondern es werden auch Ressourcen gespart. Um zu erreichen, dass KI-gestützte Roboter und andere Systemen im Netzwerk effizient kommunizieren und reibungslose Abläufe entstehen, bieten sich Software-Agenten an. Nach den Prinzipien der Ontologie modelliert, verfügen sie über ein Regelwerk, mit dem sie Aufgaben über verschiedene Systeme hinweg selbstständig lösen können.

Die Vernetzung von Robotik und KI bietet weiterhin die Chance, neue Geschäftsfelder Richtung Plattform-Ökonomie oder autonomer Systeme zu erschließen. Lösungen und Erkenntnisse, die durch die Kombination beider Technologien im eigenen Unternehmen entstanden, können in Angebote für andere Unternehmen einfließen. Die infolge von Digitalisierungsmaßnahmen in der Produktion entstehenden Daten lassen sich außerdem mittels KI analysieren und führen in der Folge zu besseren strategischen Entscheidungen. Der Einsatz von Robotik und KI birgt auch Herausforderungen im Hinblick auf Ethik, Datenschutz und Sicherheit sowie rechtliche Rahmenbedingungen. Diese sind jedoch nicht Inhalt dieses Beitrags.

DIGI wie?!

Sie möchten wissen, wie Digitalisierung auch Ihr Unternehmen voranbringen kann? Hier finden Sie wertvolle Impulse und Informationen zu DIGI-Check, DIGI-Beratung und DIGI-Zuschuss sowie Zugang zu relevanten Netzwerken. Gestalten Sie mit uns die Zukunft im Technologieland Hessen.



Mehr erfahren:
[technologieland-hessen.de/
digitalisierung](https://technologieland-hessen.de/digitalisierung)