

PERSPEKTIVE



SMART COMPUTING / Dezember 2017

Anforderungen, Potentiale und Risiken

Autoren



Gregor Engels
André Hottung

Kontakt



Institut SIKoM+ | Bergische Universität Wuppertal

Rainer-Gruenter-Straße 21
42119 Wuppertal

E-Mail: kontakt@cps-hub-nrw.de
Telefon: +49 202 439 - 1026
Fax: +49 202 439 - 1037

www.cps-hub-nrw.de | www.facebook.com/cpshubnrw | www.twitter.com/cpshub

Gefördert durch



INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	4
2	GRUNDLAGEN	5
2.1	SMART SERVICE WELT	5
2.2	KÜNSTLICHE INTELLIGENZ	6
3	SMART COMPUTING	8
4	POTENTIALE UND ANWENDUNGSSZENARIOEN	9
4.1	ÖFFENTLICHE VERWALTUNG	10
4.2	PRODUZIERENDES GEWERBE	11
5	RISIKEN UND HERAUSFORDERUNGEN	12
6	ANFORDERUNGEN AN ENTWICKLER UND ENTSCHEIDET	14
6.1	KÜNSTLICHE INTELLIGENZ	14
6.2	SOFTWARE ENGINEERING	15
6.3	GESCHÄFTSPROZESSE UND GESCHÄFTSMODELLE	15
7	ZUSAMMENFASSUNG	16

1 Einleitung

In Zukunft werden intelligente Systeme in den verschiedensten Szenarien eine entscheidende Rolle einnehmen: Im Smart Home passt ein selbstlernendes System die Temperatur an die Bedürfnisse und Bewegungsmuster der Bewohner an. In der Smart City werden kritische Ereignisse wie Verkehrsunfälle automatisch erkannt und mittels dynamischer Verkehrsführung berücksichtigt. In der Smart Factory werden Ausfälle von einzelnen Maschinen vorhergesagt und Produktionsparameter optimal an Material und Produkt angepasst. Auch die Arbeitswelt wird sich durch den Einsatz intelligenter Systeme schwerwiegend verändern: Eine Studie von IPsoft [1] kommt zu dem Ergebnis, dass in zehn Jahren 80% aller deterministischen, routine-artigen Aufgaben durch Systeme übernommen werden, welche künstliche Intelligenz einsetzen. Für nicht-deterministische Aufgaben liegt dieser Wert bei immerhin noch 50%. Freie Personalkapazität kann entweder zur Bewältigung anderer Aufgaben eingesetzt werden oder dem Ausgleich des durch den demographischen Wandel verursachten Wegfalls von Arbeitskräften dienen. Dies kann die Produktivität der deutschen Wirtschaft um jährlich 0,8% bis 1,4% steigern [2].

Aber nicht nur der wachsende Einsatz künstlicher Intelligenz wird die Wirtschaft in den kommenden Jahren stark verändern, sondern auch die zunehmende Verbreitung serviceorientierter und datengetriebener Geschäftsmodelle: Die acatech Studie *Smart Service Welt* [3] beschreibt ein Szenario, in dem Unternehmen anstatt generische Produkte und Dienstleistungen anzubieten, auf den Verkauf von individuell-konfigurierten Dienstleistungen und as-a-Service-Angeboten setzen. Einfache Wertschöpfungsketten weichen digitalen Wertschöpfungsnetzen in denen verschiedene Unternehmen flexibel und offen zusammenarbeiten. Deren Kooperation erfolgt dabei unter Nutzung von IT-Plattformen, welche als betriebswirtschaftliche und technische Integrations-schicht dienen. Für die Umsetzung dieses Szenarios sind Cyber Physical Devices erforderlich, welche über Sensoren verfügen und mit den entsprechenden Plattformen verbunden werden können. Die Sensoren liefern dabei den Rohstoff für datengetriebene Geschäftsmodelle.

Systeme, welche diese Infrastruktur nutzen um eine Aufgabe - wie etwa die optimale Anpassung von Produktionsparametern - mit Hilfe von künstlicher Intelligenz zu erfüllen, werden in dieser Arbeit als

Smart Systems definiert. Die auf künstlicher Intelligenz basierenden Funktionen werden dabei unter Nutzung entsprechender Dienste implementiert. In Bezug auf das Beispiel der optimalen Anpassung von Produktionsparametern bedeutet dies, dass ein Gerätehersteller einen Dienst anbietet, welcher die intelligente Anpassung von Maschinenparametern an den aktuellen Produktionskontext vornimmt. Dies bietet den Vorteil, dass die komplexe Implementierung der beschriebenen Funktion nicht vom Nutzer durchgeführt werden muss, was die Eintrittshürde in den Einsatz künstlicher Intelligenz insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen entsprechend senkt. Die Anbieter von Diensten profitieren hingegen durch die bei der Dienstenutzung anfallenden Daten, welche es ihnen erlauben, ihren Service stetig zu verbessern, da die Qualität eines auf künstlicher Intelligenz basierenden Systems in den meisten Fällen von der Quantität der zum Lernen genutzten Daten abhängt. Einzelnen Unternehmen wird es nur schwer möglich sein, ähnliche Funktionen in vergleichbarer Qualität zu realisieren.

Die Begriffe Smart Computing und Cognitive Computing sind unter Berücksichtigung dieser Definition als nicht synonym anzusehen. Im Fokus von Cognitive Computing stehen Systeme, welche mittels menschenähnlicher Denkprozesse argumentieren, schlussfolgern und unter Nutzung natürlicher Sprache interagieren können. Smart Systems hingegen zeichnen sich durch die Nutzung von IT-Plattformen und der darauf angebotenen Dienste aus.

Ziel dieses Beitrags ist eine genaue Definition von *Smart Systems* sowie deren ausgeführte Aktivität *Smart Computing* (siehe Abschnitt 3). Vorteile dieser Systeme - wie die einfache Umsetzung komplexer, auf künstlicher Intelligenz basierender Funktionen - werden beschrieben und an konkreten Anwendungsszenarien verdeutlicht (Abschnitt 4). Der Fokus liegt dabei auf dem Einsatz in der öffentlichen Verwaltung und im produzierenden Gewerbe. Des Weiteren werden Risiken und Herausforderungen aufgezeigt, welche sich in Bezug auf diese Systeme ergeben (Abschnitt 5). Abschließend werden Anforderungen beschrieben, welche für die Entwicklung und den Einsatz von Smart Systems von Seiten der IKT-Branche erfüllt werden müssen. Neben den geänderten Anforderungen in der Softwareentwicklung werden auch die nötigen Kenntnisse auf Managementebene beleuchtet (Abschnitt 6). Zunächst werden allerdings in Abschnitt 2 die Grundlagen in Bezug auf die Smart Service Welt und künstliche Intelligenz erläutert.

2 Grundlagen

Der Begriff *Smart Computing* gliedert sich in die Begriffswelt der acatech Studie *Smart Service Welt* [3] und insbesondere dem darin entwickelten *Schichtenmodell Digitale Infrastruktur* (siehe Abbildung 1) ein. Daher werden in diesem Abschnitt zunächst die Kernaussagen der Studie knapp wiedergegeben. Anschließend erfolgt eine kurze Einführung in relevante Potentiale und Eigenschaften künstlicher Intelligenz.

2.1 Smart Service Welt

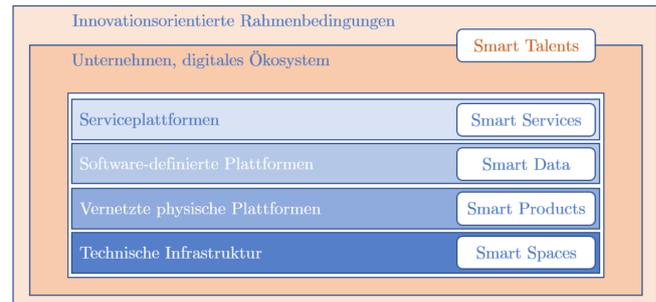
Die Smart Service Welt zeichnet sich dadurch aus, dass der Fokus der Wirtschaft nicht mehr auf dem Vertrieb generischer Produkte und Dienstleistungen liegt, sondern auf dem Angebot von sogenannten *Smart Services*. Dabei handelt es sich um individuell konfigurierte Pakete aus physikalischen und digitalen Dienstleistungen. Für Endkunden bedeutet dies zum Beispiel, dass statt des Erwerbs eines PKWs auf Mobilitätsdienstleister zurückgegriffen wird, während es im industriellen Kontext beispielsweise vorstellbar ist, dass Unternehmen, statt Kompressoren anzubieten, auf den Verkauf komprimierter Gase als Service setzen. Angeboten und nachgefragt werden die entsprechenden Services dabei auf digitalen Plattformen. Innerhalb der Ökosysteme, welche sich um diese Plattformen bilden, können unterschiedliche Unternehmen weitestgehend automatisiert kollaborieren. Somit entstehen komplexe, flexible und digitale Wertschöpfungsnetze.

Die Basis für Smart Services bilden *Smart Products*: Gegenstände, Geräte und Maschinen welche über Sensorik verfügen, mit dem Internet verbunden sind und mittels Software gesteuert werden. Die von ihnen gesammelten Daten werden analysiert, verknüpft und ergänzt und auf diese Weise zu *Smart Data* veredelt, welche anschließend über Smart Services monetarisiert werden können.

Die für die Smart Service Welt erforderlichen Infrastrukturen werden schematisch im Schichtenmodell Digitale Infrastruktur (siehe Abbildung 1) beschrieben. Im Kern besteht dieses aus den folgenden aufeinander aufbauenden Schichten:

- **Technische Infrastruktur**, wie flächendeckende Breitbandnetze und die nächste Mobilfunkgeneration (5G), ermöglichen die Vernetzung von Geräten aller Art und

Abbildung 1: Schichtenmodell Digitale Infrastrukturen [3]



schaffen somit intelligente Umgebungen (*Smart Spaces*).

- **Vernetzte physische Plattformen** entstehen durch die Vernetzung von Smart Products. Wie die darunterliegende Schicht der technischen Infrastruktur, ist diese Schicht stark hardwaregeprägt.
- **Software-definierte Plattformen** bilden die Integrations- und Ausführungsschicht. Sie ermöglichen eine geplante oder Ad-hoc-Zusammenarbeit von Smart Products verschiedener Hersteller. Außerdem bilden sie die Laufzeitumgebung für Anwendungen, welche für die Veredelung der mit Smart Products gesammelten Daten zu Smart Data verantwortlich sind.
- **Serviceplattformen** bilden die betriebswirtschaftliche Integrationsschicht und ermöglichen eine weitgehend automatische und rechtssichere Kollaboration verschiedenster Akteure in einem Service-basierten Ökosystem. Unter Nutzung von Smart Data werden hier *Smart Services* angeboten und nachgefragt.

Die Orchestrierung und Entwicklung der komplexen Smart Services wird von hochqualifizierten Mitarbeitenden (*Smart Talents*) vorgenommen. Die Ausbildung dieser Fachkräfte stellt daher eine wichtige Voraussetzung zur Schaffung der nötigen innovatorientierten Rahmenbedingungen in Deutschland dar.

Die Geschäftsmodelle der Smart Service Welt sind datengetrieben, das heißt Daten bilden ein entscheidendes Asset im Wertschöpfungsprozess. Zum einen erlauben sie es, den Nutzer und seinen Kontext zu identifizieren und ihm anschließend situationsspezifische und individuelle zugeschnittene Smart Services anzubieten. Zum anderen kann das aus den Daten ex-

trahierte Wissen direkt über Serviceplattformen monetarisiert oder zur Durchführung und Optimierung von Dienstleistungen eingesetzt werden. In jedem Fall entsteht durch den intelligenten Einsatz der gesammelten Daten ein Wettbewerbsvorteil, der dazu führt, dass sich die datengetriebenen Geschäftsmodelle der Smart Service Welt disruptiv auf die bestehende Geschäftsmodelllandschaft auswirken werden.

Kernaussage

In der Smart Service Welt entstehen durch die Kollaboration unterschiedlicher Unternehmen komplexe Wertschöpfungsnetze. Die Schnittstelle bilden dabei IT-Plattformen, welche als technische Integrationsschicht sowie als Marktplatz für physikalische und digitale Dienstleistungen dienen.

2.2 Künstliche Intelligenz

In Zukunft werden Prozesse automatisiert, welche zuvor aufgrund der für die Durchführung nötigen Fähigkeiten nur von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern übernommen werden konnten. Die dafür notwendigen Technologien, welche die Imitation menschlicher Fähigkeiten ermöglichen, gehören zum Bereich der *künstlichen Intelligenz (KI)*. Zu diesen Fähigkeiten gehören beispielsweise die Verarbeitung natürlicher Sprache sowie die der Entscheidungsfindung.

Die mit Hilfe von künstlicher Intelligenz ermöglichte Automatisierung kann laut einer Studie von McKinsey [2] einen wichtigen Beitrag zum deutschen Wirtschaftswachstum leisten: Der hierzulande besonders ausgeprägte demographische Wandel führt dazu, dass Deutschland ohne weitere Automatisierung nicht in der Lage sein wird, das Wirtschaftswachstum pro Kopf auf einem gleichbleibenden Level zu halten. Mittels künstlicher Intelligenz können in Deutschland aber eine Vielzahl von Aktivitäten automatisiert werden. Dies kann die Produktivität der deutschen Wirtschaft um jährlich 0,8% bis 1,4% steigern.

Die Studie *Why artificial intelligence is the future of growth* von accenture [4] untersucht ebenfalls den Einfluss künstlicher Intelligenz auf die Wirtschaft. Für insgesamt zwölf Industrienationen vergleichen die Autoren das derzeit erwartete Wirtschaftswachstum mit dem Wirtschaftswachstum, welches sich nach Berücksichtigung der Einflüsse von künstlicher Intelligenz ergibt (siehe Abbildung 2). Wie die Studie von McKinsey kommen sie zu dem Ergebnis, dass die

Nutzung künstlicher Intelligenz einen stark positiven Einfluss auf das Wirtschaftswachstum haben wird: In den USA hat der Einsatz künstlicher Intelligenz das Potential, die jährliche Bruttowertschöpfung von 2,6% auf 4,6% zu erhöhen. Für Deutschland rechnen die Autoren mit einer Erhöhung von 1,4% auf 3,0%. Zusammen mit Japan gehört Deutschland dabei zu den Ländern, welche am meisten von dem Einsatz künstlicher Intelligenz profitieren.

Kernaussage

Der Einsatz künstlicher Intelligenz - zum Beispiel zur Automatisierung bestehender Prozesse - kann insbesondere in Deutschland das jährliche Wirtschaftswachstum signifikant erhöhen.

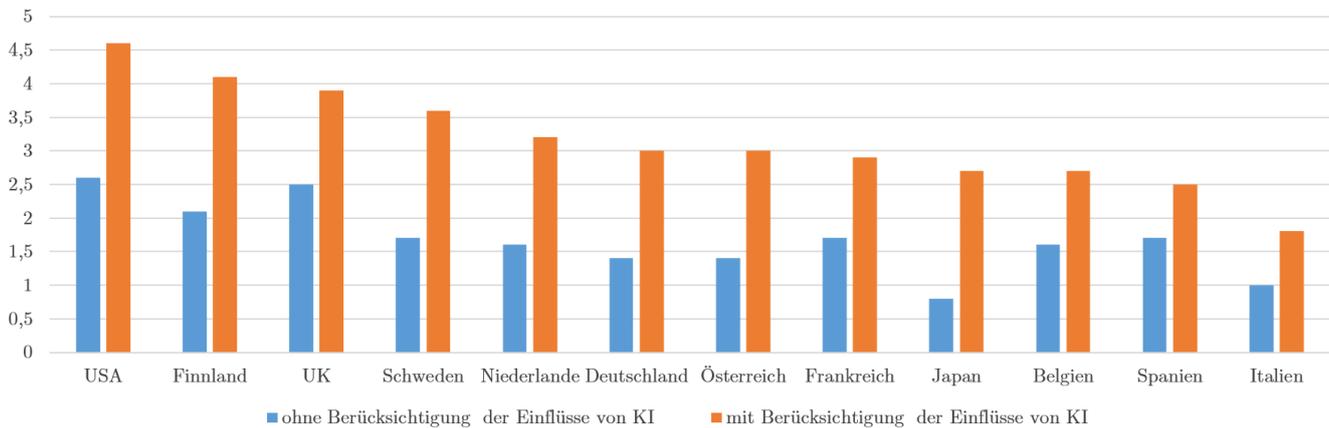
Auch wenn der Begriff der künstlichen Intelligenz in der Literatur häufig genutzt wird, fehlt es doch an einer einheitlichen und präzisen Definition. Gemein ist den meisten Studien, dass sie unter künstlicher Intelligenz eine der menschlichen Intelligenz ähnliche Intelligenz verstehen. Eine weitere Präzisierung dieses Verständnisses scheitert aber schon daran, dass es an einer allgemeingültigen Definition von Intelligenz mangelt. Mit dem Ziel, ein einheitliches Verständnis für diese Arbeit zu schaffen, definieren wir künstliche Intelligenz als die Fähigkeit von Cyber Physical Systems, ihre Umwelt wahrzunehmen, Wahrgenommenes zu verstehen und entsprechend zu handeln (bzw. Handlungsempfehlungen zu geben). Als Querschnittsfunktion zu den beschriebenen Fähigkeiten ist es den Systemen darüber hinaus möglich, aus gemachten Erfahrungen zu lernen. Die Anordnung der beschriebenen Aktivitäten in einem Prozess ist in Abbildung 3 dargestellt.

Kernaussage

Auf künstlicher Intelligenz basierende Cyber Physical Systems verfügen über die Fähigkeit, ihre Umwelt wahrzunehmen, Wahrgenommenes zu verstehen und entsprechend zu handeln. Darüber hinaus ist es ihnen möglich, aus gemachten Erfahrungen zu lernen.

Für die Implementierungen eines auf künstlicher Intelligenz basierenden Systems kommen derzeit insbesondere Methoden aus dem Bereich des *maschinellen Lernens* zum Einsatz. Dabei handelt es sich um einen Teilbereich der Informatik, in dessen Fokus Algorithmen stehen, welche auf Basis von Daten bzw. gemachten Erfahrungen lernen können. Da die

Abbildung 2: Wachstum der Bruttowertschöpfung in % im Jahr 2035 [4]

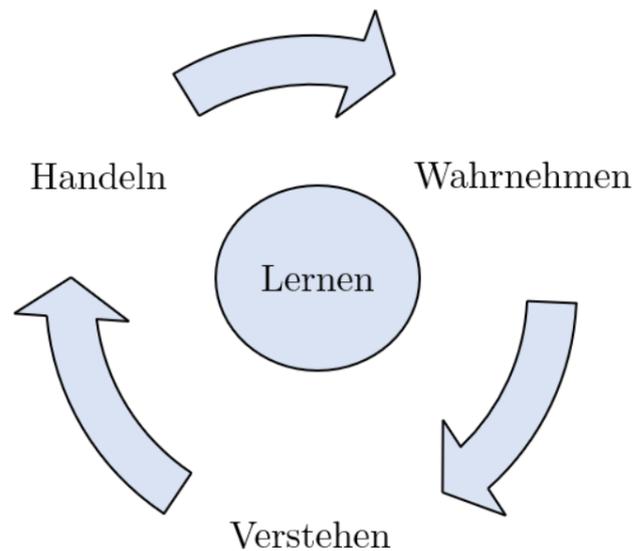


meisten auf künstlicher Intelligenz basierenden Systeme derzeit mit Hilfe maschinellen Lernens realisiert werden, werden die Begriffe oft synonym verwendet [2]. Die Aufgaben, welche Algorithmen des maschinellen Lernens lösen können, lassen sich in drei Kategorien einteilen. Beim *überwachten Lernen* (engl. supervised learning) erhalten Algorithmen Eingabedaten sowie die gewünschten korrekten Ausgabedaten und versuchen Regeln abzuleiten, welche die Eingabedaten auf die Ausgabedaten abbilden. Beim *unüberwachten Lernen* (engl. unsupervised learning) stehen den Algorithmen lediglich Eingabedaten zur Verfügung, mit dem Ziel, Strukturen in diesen zu finden. Beim *bestärkenden Lernen* (engl. reinforcement learning) interagiert ein Algorithmus mit seiner Umwelt und erhält dabei fortlaufend Feedback. Anders als beim überwachten Lernen enthält das Feedback nicht die gewünschte korrekte Aktion, sondern eine Bewertung der durchgeführten Aktion. Die Algorithmen aller drei Aufgabentypen haben gemein, dass sie von mehr Daten bzw. mehr gemachten Erfahrungen profitieren: Je größer der Datensatz ist, desto besser können beim überwachten Lernen generalisierbare Regeln gefunden werden und desto verlässlicher werden beim unüberwachten Lernen zuvor unbekannte Strukturen erkannt.

Neben der Klassifizierung von auf künstlicher Intelligenz basierenden Systemen mit Blick auf ihre Funktionsweise ist ferner eine Unterscheidung in Bezug auf ihre Autonomie bei der Entscheidungsfindung möglich. In einer Studie von Bitkom [5] wird zur Klassifizierung dieser Autonomie ein Modell entwickelt, welches fünf dedizierte Stufen umfasst:

- **Stufe 1 - Assistiertes Entscheiden:** Das System trifft selbst keine Entscheidungen, sondern unterstützt Nutzer lediglich, z.B.

Abbildung 3: KI Entscheidungsschleife



durch die intelligente, situationsspezifische Zurverfügungstellung von relevanten Kennzahlen.

- **Stufe 2 - Teilweises Entscheiden:** Das System übernimmt - aktiviert durch den Nutzer - in eng abgegrenzten Anwendungsfällen mit vorab definierten Aktionsräumen die Kontrolle. Eine Überwachung durch den Nutzer ist jederzeit erforderlich.
- **Stufe 3 - Geprüftes Entscheiden:** Das System trifft konkrete Entscheidungsvorschläge, welche vom Nutzern angenommen oder abgelehnt werden können.
- **Stufe 4 - Delegiertes Entscheiden:** Das System erhält dauerhaft die Kontrolle über eine definierte Situation. Wenn eine Situation

für das System als nicht mehr beherrschbar erscheint, wird die Kontrolle an den Entscheider zurückgegeben.

- **Stufe 5 - Autonomes Entscheiden:** Das System erhält dauerhaft die Kontrolle über eine komplexe Anwendungsdomäne. Ein menschlicher Eingriff ist auch in unerwarteten Situationen nicht vorgesehen.

Kernaussage

Intelligente Cyber Physical Systems können im Hinblick auf den Grad der Autonomie bei der Entscheidungsfindung klassifiziert werden.

3 Smart Computing

Die in der Smart Service Welt Studie beschriebenen Veränderungen von digitalen Infrastrukturen und Geschäftsmodellen sowie der verstärkte Einsatz von künstlicher Intelligenz werden die Wirtschaft in Deutschland nachhaltig stark verändern. Von den Änderungen betroffen sind dabei insbesondere IT-Systeme. Diese müssen unter Nutzung der neuen Infrastrukturen komplexe Aufgaben mit Hilfe von künstlicher Intelligenz erfüllen. Wir definieren diese intelligenten Cyber Physical Systems als *Smart Systems* und die von ihnen ausgeführte Aktivität als *Smart Computing*. Sie nutzen die in der Smart Service Welt Studie beschriebene Infrastruktur aus Smart Products (im Folgenden Cyber Physical Devices genannt) und digitalen Plattformen und sind als auf künstlicher Intelligenz basierende Systeme in der Lage, Entscheidungen zu treffen und umzusetzen bzw. Entscheidungshilfen zu geben.

Kernaussage

Ein Smart System ist ein auf künstlicher Intelligenz basierendes System, welches die Infrastruktur der Smart Service Welt nutzt.

Die wesentlichen Komponenten eines Smart Systems sind in Abbildung 4 unter Berücksichtigung ihrer Anordnung im Schichtenmodell Digitale Infrastrukturen dargestellt. Im Folgenden werden diese Komponenten sowie ihre Beziehungen detailliert beschrieben:

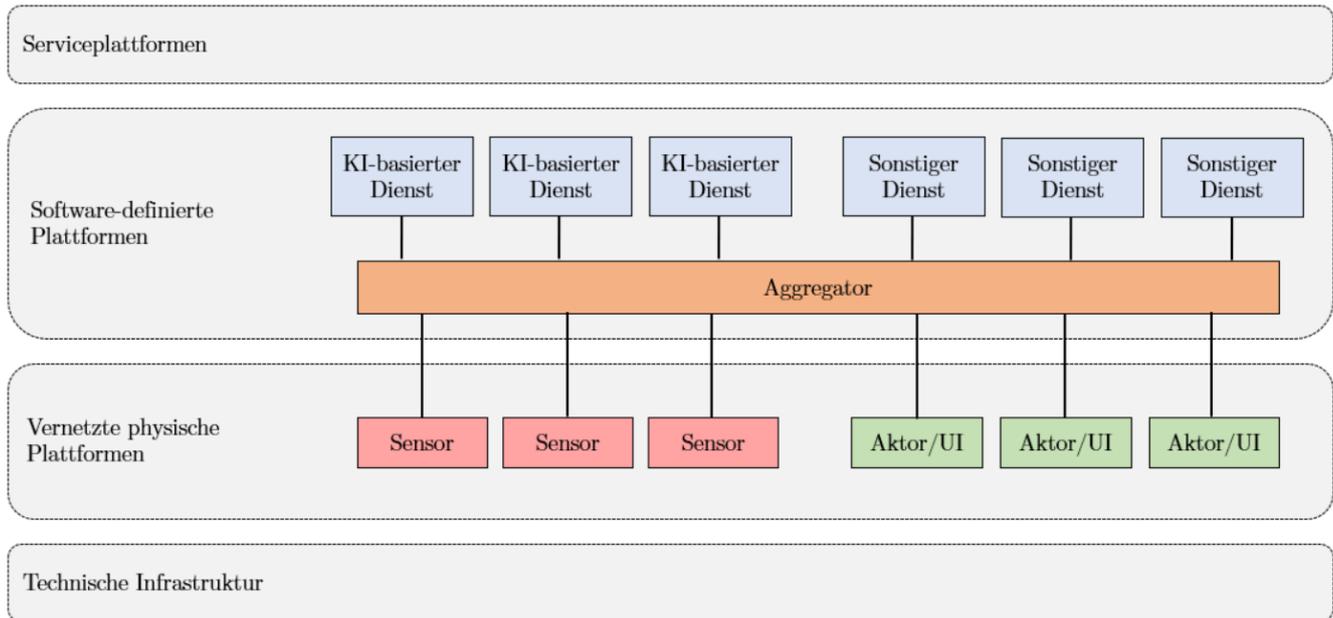
- **Sensoren** sind Teil der Cyber Physical Devices. Die von ihnen gesammelten Daten bilden die Grundlage für die Wahrnehmung der Umwelt des Systems. Sie sind auf Ebene der vernetzten physischen Plattformen angesiedelt und über

die Netzwerkschnittstelle der zugehörigen Cyber Physical Devices unter Nutzung der technischen Infrastruktur mit Software-definierten Plattformen verbunden.

- **Aktoren/UI** stellen wie die Sensoren eine Schnittstelle des Systems zur realen Welt dar. Sie sind ebenfalls den Cyber Physical Devices auf Ebene der vernetzten physischen Plattformen zuzuordnen.
- **KI-basierte Dienste** stellen Funktionen bereit welche auf künstliche Intelligenz zurückgreifen. Vorstellbar sind etwa Dienste, welche Sprachaufnahmen in Texte transkribieren oder unter Nutzung von Produktionsdaten den voraussichtlichen Ausfallzeitpunkt einzelner Maschinen bestimmen. Die Ausführung der Dienste findet auf Ebene der Software-definierten Plattformen statt. Angeboten werden sie auf Serviceplattformen.
- **Sonstige Dienste** unterscheiden sich von KI-basierten Diensten nur im Hinblick auf die von ihnen bereitgestellten Funktionen. Diese basieren nicht auf künstlicher Intelligenz, sondern stellen spezielle oder generische Funktionen z.B. für die Sicherheit des Systems (Authentifizierung und Verschlüsselung) oder der Bezahlung der Dienste (Preisbildung und Abrechnung) bereit.
- Der **Aggregator** beschreibt, welche Dienste von Smart System eingesetzt werden und in welcher Relation (Ablauf- und Aufbauorganisation) diese zueinander stehen. Er verknüpft die einzelnen Dienste untereinander und mit den Sensoren und Aktoren/UI von Cyber Physical Devices.

Smart Systems schaffen es unter Nutzung KI-basierter Dienste, die in Abschnitt 2.2 beschriebenen Fähigkeiten eines auf künstlicher Intelligenz basierenden Cyber Physical Systems umzusetzen: Über die Sensoren der Cyber Physical Devices und unter Nutzung entsprechender KI-basierter Dienste ist ein Smart System in der Lage, die Welt um sich herum *wahrzunehmen* und zu *verstehen*. Dazu kommen Methoden aus dem Bereich der Bild- und Audioverarbeitung zum Einsatz. Beispielsweise können Bildaufnahmen zur Identifizierung von Mängeln im Rahmen der Qualitätssicherung eingesetzt werden. Über die Aktoren/UI der Cyber Physical Devices ist es Smart Systems anschließend möglich, Einfluss auf die reale Welt zu nehmen. Getroffene Entscheidungen können vom System umgesetzt werden bzw. über die UI als Entscheidungshilfe an Mitarbeiter weiterge-

Abbildung 4: Komponenten eines Smart System und ihre Anordnung im Schichtenmodell Digitale Infrastrukturen



geben werden. Die Fähigkeit des Systems zu lernen ist über die KI-basierten Dienste umgesetzt: Diese können mit Hilfe der bei der Nutzung anfallenden Daten kontinuierlich verbessert werden.

Die Umsetzung der Lernfähigkeit mittels KI-basierter Dienste stellt einen wesentlichen Vorteil von Smart Systems dar, weil somit eine große Herausforderung beim Einsatz von künstlicher Intelligenz adressiert wird: Die meisten der derzeit eingesetzten Verfahren erfordern eine sehr große Datenbasis, insbesondere dann, wenn sie außerhalb des Labors unter den komplexen Bedienungen der realen Welt eingesetzt werden. Spezialisierte, zentrale Dienste, welche von einer Vielzahl von Smart Systems genutzt werden, sind in der besten Position einen solchen Datenbestand aufzubauen. Über ihre Interaktion mit der Umwelt unterschiedlicher Smart Systems kann es ihnen gelingen, einen Erfahrungspool aufzubauen, welcher im Rahmen von bestärkendem Lernen zur Optimierung dieser Interaktionen genutzt werden kann.

Kernaussage

Spezialisierte, zentrale, KI-basierte Dienste können mit Hilfe der bei Nutzung anfallenden Daten lernen und somit kontinuierlich ihre Qualität verbessern.

Voraussetzung für die langfristige Etablierung von KI-basierten Diensten am Markt ist die Möglichkeit, diese entsprechend zu monetarisieren. Dazu benötigt

es neben einer großen, potentiellen Nutzerbasis die Möglichkeit des einfachen Vertriebs von angebotenen Diensten. Beide Voraussetzungen sind in der Smart Service Welt erfüllt: Software-definierte Plattformen bilden als technische Integrationsschicht die Schnittstelle zwischen Diensten und Cyber Physical Devices. Ein Dienst, der die Schnittstellen einer Plattform implementiert, kann somit in Kombination mit einer Vielzahl von Devices eingesetzt werden. Die zweite Voraussetzung - der einfache Vertrieb der Dienste - wird durch Serviceplattformen sichergestellt. Hier können Dienste angeboten und Nutzungskonditionen zwischen Marktteilnehmern vereinbart werden. Die Serviceplattform stellt dabei als Intermediär die Einhaltung dieser Konditionen sicher.

Kernaussage

Die Smart Service Welt bietet dank ihrer plattformzentrierten Infrastruktur die idealen Voraussetzung für die Entstehung KI-basierter Dienste.

4 Potentiale und Anwendungsszenarien

Der Einsatz von Smart Systems ermöglicht es, in unterschiedlichen Szenarien die Potentiale, die sich durch künstliche Intelligenz ergeben, zu heben. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass die Hürden für den Einsatz der damit verbundenen Tech-

nologien deutlich gesenkt werden. Kleine und mittlere Unternehmen können mittels entsprechender Dienste künstliche Intelligenz wirtschaftlich einsetzen, da die mit der Dienstnutzung verbundenen Kosten weit unter denen einer Eigenentwicklung liegen. Selbst größeren Unternehmen wird es nur schwer möglich sein, durch Eigenentwicklungen die Qualität von KI-basierten Diensten zu erreichen, da diese von einem hohen Grad an Spezialisierung sowie der unternehmensübergreifend erzeugten großen Datenbasis profitieren.

Neue Geschäftsmodelle ergeben sich insbesondere durch den geschickten Einsatz von künstlicher Intelligenz. Die Möglichkeit auch komplexe Aufgaben zu automatisieren, erlaubt Service-basierte Geschäftsmodelle, welche zuvor aufgrund hoher Personalkosten nicht rentabel umgesetzt werden konnten. Diese können sich dabei massiv disruptiv auf die bestehende Geschäftsmodelllandschaft auswirken. Als Beispiel können die Auswirkungen von autonom fahrenden Fahrzeugen auf die Geschäftsmodelle von Mobilitätsdienstleistern genannt werden: Derzeit ist für die meisten Privatpersonen die Anschaffung eines PKWs langfristig günstiger als die regelmäßige Nutzung von Taxen und Carsharing-Angeboten. Autonom fahrende Fahrzeuge können dieses Gefüge auf den Kopf stellen: Die regelmäßige Nutzung von autonom fahrenden Taxen wird aufgrund wegfallender Personalkosten deutlich günstiger und führt zu einer Verdrängung bestehender Angebote.

Kernaussage

Kleine und mittlere Unternehmen können mittels Smart Systems erstmals komplexe, auf künstlicher Intelligenz basierende Funktionen rentabel einsetzen, da die mit der Nutzung von KI-basierten Diensten verbundenen Kosten weit unter denen einer Eigenentwicklung liegen.

In dem beschriebenen Beispiel wird mit Hilfe künstlicher Intelligenz der Prozess des Fahrens automatisiert. Es sind aber natürlich auch Einsatzszenarien vorstellbar, bei denen der Fokus mehr auf der Unterstützung der Mitarbeiter liegt. Im Folgenden werden die Anwendungsszenarien von künstlicher Intelligenz in die folgenden zwei Klassen unterteilt:

- **Automating:** In diesen Szenarien werden unter Nutzung künstlicher Intelligenz bestehende Prozesse bzw. Prozessschritte automatisiert. Dabei können Arbeitskräfte entweder komplett ersetzt oder entlastet werden. Frei werdende Personal-

kapazitäten gilt es an anderer Stelle sinnvoll einzusetzen.

- **Enabling:** In diesen Szenarien wird künstliche Intelligenz zur Ausführung von Tätigkeiten eingesetzt, welche vorher überhaupt nicht bzw. nicht rentabel durchführbar waren. Als Beispiel können Predictive Maintenance und die adaptive Visualisierung großer Datenmengen in Echtzeit genannt werden. In beiden Fällen werden nicht direkt bestehende Prozesse ersetzt; der Fokus liegt vielmehr auf der intelligenten Unterstützung von Mitarbeitenden.

In beiden Fällen können dabei disruptive Geschäftsmodelle entstehen. Bei Mobilitätsdienstleistern mit autonomer Fahrzeugflotte hat beispielsweise vordergründig eine Automatisierung bestehender Prozesse stattgefunden. Bei einem Medizindienstleister, welcher eine begleitende KI-gestützte Therapie anbietet, fungiert künstliche Intelligenz hingegen als Enabler. Auch die in Abschnitt 2.2 erläuterte Steigerung des Wirtschaftswachstum ergibt sich sowohl durch steigende Automatisierung als auch die Etablierung neuer, durch künstliche Intelligenz ermöglichter Prozesse.

Kernaussage

Smart Systems können sowohl zur Automatisierung bestehender Prozesse eingesetzt werden (Automating) als auch zur Ausführung von Tätigkeiten, welche vorher nicht (rentabel) durchführbar waren (Enabling).

4.1 Öffentliche Verwaltung

Smart Computing wird den Berufsalltag vieler Arbeitnehmer in der öffentlichen Verwaltung stark verändern. Deterministischen, routine-artige Arbeitsschritte werden vermehrt von Smart Systems übernommen, während Aufgaben, welche soziale Intelligenz, ein gutes Urteilsvermögen oder Kreativität erfordern, in den Vordergrund rücken. Besondere Anforderungen an die eingesetzten Systeme ergeben sich dabei durch die Sensibilität der zu verarbeitenden Daten. Diese gilt es schon bei der Entwicklung des Systems in den Vordergrund zu stellen. Gelingt dies, ist ein Einsatz von Smart Systems in fast allen Aufgabenfeldern möglich. Im Folgenden werden einige dieser Anwendungsszenarien kurz beispielhaft aufgezeigt.

Chat Bot-basierte Bürgerbetreuung: Für den First-Level-Support in der öffentlichen Verwaltung werden vermehrt Chat Bots zum Einsatz kommen. Diese Computerprogramme können mittels natürlicher Sprache mit den Bürgerinnen und Bürgern in einen Dialog treten und insbesondere routine-artige Aufgaben (wie etwa die Aufnahme von Anträgen) übernehmen [6]. Prozesse, welche sich durch einen großen Entscheidungsspielraum auszeichnen oder emotionale Intelligenz voraussetzen (z.B. zur Konfliktlösung), werden weiterhin von Mitarbeitern übernommen.

Insbesondere Bürgerinnen und Bürger profitieren durch den Einsatz von Chat Bots. Diese sind rund um die Uhr ohne Wartezeiten verfügbar und stehen, anders als Mitarbeitende, bei der Interaktion mit den Bürgerinnen und Bürgern nicht unter Zeitdruck. Die Interaktion erfolgt dabei ausschließlich unter Nutzung natürlicher Sprache, sodass auch weniger technikaffine Bürgerinnen und Bürgern eine einfache Nutzung möglich ist. In dem Fall, dass eine Anfrage außerhalb des Kompetenzbereichs des Chat Bots liegt, wird dies frühzeitig vom System erkannt und auf eine Mitarbeiterin bzw. einen Mitarbeiter verwiesen. Dies ist wichtig, damit zu keinem Zeitpunkt die Interaktion mit dem System als frustrierend empfunden wird.

Digitaler Sachbearbeiter: Auch bei Aufgaben, bei denen nicht die Kommunikation mit den Bürgerinnen und Bürgern im Vordergrund steht, ist es möglich, Prozesse zu automatisieren. Der digitale Sachbearbeiter übernimmt dabei entweder Aufgaben komplett oder unterstützt Mitarbeitende bei der Ausführung ihrer Tätigkeit. Die Aufgaben reichen dabei von einfachen Tätigkeiten, wie die automatisierte Übersetzung von Dokumenten, bis hin zu komplexen Aufgaben, wie der Überprüfung von Steuererklärungen. Die Vorteile dieses Systems liegen dabei insbesondere in der ermöglichten Reduzierung des Personalbedarfs.

Entscheidungsunterstützung: Smart Systems kommen außerdem zur Unterstützung von Entscheidungsträgern zum Einsatz. Sie geben direkte Handlungsempfehlungen oder stellen z.B. problemspezifisch aufbereitete Datenanalysen in Echtzeit zur Verfügung. In diesem Szenario kommt Smart Computing weniger zur Automatisierung bestehender Prozesse zum Einsatz, sondern ermöglicht eine optimal unterstützte Entscheidungsfindung. Als Beispiel sei hier die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten zukünftiger Straftaten für die verschiedenen Bezirke

einer Stadt genannt (Predictive Policing).

Kernaussage

Smart Systems können in der öffentlichen Verwaltung zur Automatisierung routine-artiger Aufgaben, wie die Aufnahme und Bearbeitung genau spezifizierter Anträge, eingesetzt werden. Auch ein Einsatz mit dem Ziel der Entscheidungsunterstützung (z.B. Predictive Policing) ist möglich.

4.2 Produzierendes Gewerbe

Im Vergleich zur öffentlichen Verwaltung zeichnet sich das produzierende Gewerbe bereits heute durch einen hohen Grad an Automatisierung aus. In Zukunft wird es durch den Einsatz von Smart Systems möglich, weitere Prozessschritte zu automatisieren, welche aufgrund ihrer Beschaffenheit derzeit vorwiegend von Mitarbeitenden durchgeführt werden. Dazu zählen beispielsweise Tätigkeiten, welche Flexibilität und die Fähigkeit, Zusammenhänge zu verstehen, erfordert. Ohne den Einsatz von Smart Systems ist eine Automatisierung hier oft nicht wirtschaftlich, da den zu erwartenden Einsparungen immense Kosten für die Entwicklung entsprechender Systeme gegenüberstehen. Dank des Rückgriffs auf KI-basierte Dienste zur Umsetzung komplexer Funktionen können Smart Systems zu deutlich niedrigeren Kosten umgesetzt werden.

Neben der Automatisierung bestehender Prozessschritte erlauben Smart Systems ferner die einfache Durchführung neuer Tätigkeiten, wie Predictive Maintenance oder die Optimierung von Produktionsparametern. Der Fokus liegt dabei auf der intelligenten Unterstützung von Entscheiderinnen und Entscheidern durch das System. Im Folgenden wird eine Auswahl von Anwendungsszenarien im produzierenden Gewerbe knapp beschrieben.

Qualitätskontrolle: Im Bereich der Qualitätskontrolle können mittels Smart Systems viele Tätigkeiten einfach automatisiert werden. Dies wird vor allem durch die in den letzten Jahren stark verbesserten Methoden im Bereich der Bildverarbeitung ermöglicht. Ein Smart System, bestehend aus hochauflösenden Kameras und entsprechenden KI-basierten Diensten, welche die automatische Auswertung via Bildverarbeitungsmethoden bereitstellen, kann auch geringfügige Produktionsfehler erkennen. Das Verhalten des Systems ist dabei deterministisch. Dies ist ein großer

Vorteil gegenüber der bisherigen Qualitätskontrolle, bei der das Ergebnis stark von den Fähigkeiten und Erfahrungen des jeweiligen Mitarbeitenden abhängt.

Kollaborative Roboter: Schon heute arbeiten Roboter unter Nutzung direkter physischer Interaktion mit Menschen gemeinsam. Diese kollaborativen Roboter werden in Zukunft als Teil eines Smart Systems, verstärkt unter Nutzung künstlicher Intelligenz, gesteuert. Im Vordergrund steht dabei weiterhin die Sicherheit der menschlichen Mitarbeitenden. Allerdings können unter Nutzung KI-basierter Dienste erstmals auch Aufgaben übernommen werden, welches ein präzises Verständnis des aktuellen Kontextes sowie die Möglichkeit, sich an diesen anzupassen, erfordern. Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine erfolgt dabei mittels natürlicher Sprache. Insgesamt können kollaborative Roboter eine Steigerung der Produktivität um bis zu 20% ermöglichen [2].

Optimierung von Produktionsparametern: Der Einsatz von künstlicher Intelligenz wird es ermöglichen, Produktionsparameter und Sensorwerte verschiedener Maschinen und Prozesse einer Produktionslinie zueinander in Bezug zu setzen. Methoden aus dem Bereich des unüberwachten Lernen können bislang unbekannt Abhängigkeiten sichtbar machen und bestärkendes Lernen erlaubt es, eine möglichst optimale Konfiguration zu finden. Dabei fließen Informationen zum Produkt, zum Zustand der eingesetzten Maschinen sowie zum Ergebnis der Qualitätskontrollen in die Analysen und Entscheidungsprozesse ein. Die Studie *Smartening up with Artificial Intelligence (AI) - What's in it for Germany and its Industrial Sector?* [2] kommt zu dem Ergebnis, dass Produktionsausschüsse somit um bis zu 30% reduziert werden können. Dies gelingt, indem auch komplexe Ursachen für Qualitätseinbußen identifiziert und mittels optimierter Produktionssteuerung berücksichtigt werden.

Kernaussage

Mittels Smart Systems können in dem schon jetzt hochautomatisierten produzierenden Gewerbe in Zukunft auch komplexe, nicht-deterministische Prozessschritte automatisiert werden. Mögliche Anwendungsszenarien sind unter anderem die Optimierung von Produktionsparametern, die Steuerung kollaborativer Roboter und die Automatisierung von Qualitätskontrollen.

5 Risiken und Herausforderungen

Wie bei jeder neuen Technologie bestehen auch in Bezug auf Smart Systems Risiken und Herausforderungen, die es entsprechend zu berücksichtigen und zu überwinden gilt. Zunächst ist es dafür erforderlich die potentiellen Risiken zu identifizieren und sich der Herausforderungen bewusst zu werden. Dieser Abschnitt leistet einen ersten Schritt und beschreibt eine Reihe von Risiken und Herausforderungen.

Monopolisierung: Die Qualität eines KI-basierten Dienstes hängt in der Regel von der Größe und der Qualität der Datenbasis ab, welche den zugrundeliegenden Verfahren des maschinellen Lernens zur Verfügung steht. In vielen Anwendungsdomänen, wie beispielsweise der Medizin, ist der Aufbau eines solch qualitativ hochwertigen Datensatzes mit hohen Kosten verbunden. Kleinen und mittleren Unternehmen bleibt daher oftmals die Rolle des Anbieters entsprechender KI-basierter Dienste versperrt und die Gefahr der Monopolbildung steigt.

Gelingt es einem Anbieter KI-basierter Dienste eine große Nutzerbasis aufzubauen, kann er in vielen Fällen die bei der Nutzung anfallenden Daten zur Verbesserung seines Angebotes nutzen. Die stetig wachsende Datenbasis erlaubt dabei den Einsatz von immer komplexeren Verfahren mit entsprechend höherer Prognosegüte. Neuen Mitbewerbern ist es kaum möglich, ein qualitativ vergleichbares Angebot bereitzustellen. Die Bildung von Monopolen wird ferner durch die Gegebenheit begünstigt, dass KI-basierte Dienste in der Regel problemlos in Bezug auf ihre Nutzerbasis skalieren, d.h. die Anzahl der Nutzer kann ohne nennenswerten Mehraufwand auf Seiten des Anbieters erhöht werden.

Geschlossene Ökosysteme: Anbieter von Produkten/Cyber Physical Devices können versuchen, diese nur in Kombination mit von ihnen kontrollierten Plattformen nutzbar zu machen. Die Kontrolle über dieses geschlossene Ökosystem aus Produkten und Plattformen kann auf Seiten der Anbieter zu monetären Vorteilen führen. Als Intermediär können sie die Spielregeln zu eigenen Gunsten verschieben, beispielsweise indem sie den Zugang externer Anbieter von Diensten einschränken. Die Motivation hinter diesem Vorgehen ist nachvollziehbar: Sie wollen vermeiden, zu reinen Hardwarelieferanten in einem stark umkämpften Markt mit wenig Differenzierungsmöglichkeiten zu werden. Für Nutzer schränkt

die Inkompatibilität verschiedener Produkte und Plattformen die Freiheit bei der Entwicklung von Smart Systems deutlich ein. Ob sich geschlossene Ökosysteme durchsetzen, hängt daher im Wesentlichen davon ab, inwieweit von Nutzern auf offene Ökosysteme gedrängt wird [7].

Transparenz: In vielen Anwendungsszenarien ist es erforderlich oder zumindest wünschenswert, dass die Entscheidungsfindung des Smart Systems transparent ist. Es soll für den Nutzer also jederzeit auf Wunsch ersichtlich werden können, warum sich das System für eine bestimmte Handlung bzw. Handlungsempfehlungen entschieden hat (Stichwort: Explainable Artificial Intelligence). Diese Transparenz ist aber gerade bei den derzeit leistungsstärksten Verfahren des maschinellen Lernens nicht vorhanden. Bei diesen handelt es sich um sogenannte Black-Box Verfahren, bei denen lediglich Eingabe und Ausgabe sichtbar ist, nicht allerdings die innere Funktionsweise. Cognitive Computing verspricht unter anderem eine transparentere Entscheidungsfindung, allerdings steckt hier die Forschung noch in den Kinderschuhen. In den nächsten Jahren ist es Aufgabe der Forschung, diese Lücke zu schließen.

Die Auswirkungen fehlender Transparenz zeigen sich vor allem in Bezug auf die Qualitätssicherung (siehe den folgenden Absatz).

Qualitätssicherung: Bei der Qualitätssicherung von Smart Systems ergeben sich besondere Herausforderungen aufgrund der eingesetzten KI-basierten Dienste. Etablierte Methoden zur Qualitätssicherung sind oft nicht einsetzbar, da KI-basierte Dienste keine transparente Funktionsweise bieten und objektive richtige Ausgaben nicht garantiert werden können. Insbesondere beim Einsatz von Smart Systems in sicherheitskritischen Prozessen, bei denen Entscheidungen in Echtzeit getroffen werden (wie beispielsweise beim autonomen Fahren), wird dies zum Problem. Das Risiko einer Fehlfunktion lässt sich hier zwar reduzieren, indem alle möglichen Ausgaben KI-basierter Dienste berücksichtigt werden bzw. indem der Handlungsraum der Systeme stark begrenzt wird. Objektiv falsche Entscheidungen von KI-basierten Diensten werden aber trotz aller möglichen Vorkehrungen gerade bei komplexen Systemen ein Problem bleiben.

Viele Verfahren des maschinellen Lernens können dabei gezielt getäuscht werden. Wie einfach dies möglich ist haben Goodfellow et al. [8] am Beispiel von tiefen neuronalen Netzen gezeigt: Die Autoren beschreiben, wie sich Bilder durch für Menschen nicht

sichtbare Modifikationen so ändern lassen, dass neuronale Netze nicht mehr in der Lage sind, die abgebildeten Objekte zu erkennen. Dabei wurde beispielsweise ein für Menschen unschwer als Panda zu erkennendes Tier vom einem neuronalen Netz mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,3% als Gibbon identifiziert.

Entgrenzung: Ein Smart System zeichnet sich dadurch aus, dass die Systemgrenzen in der Regel über die Unternehmensgrenzen hinausgehen. Die Ausführung eines Dienste kann beispielsweise auf einer von dem Anbietern kontrollierten Softwaredefinierten Plattformen erfolgen. Dieser hat somit Zugriff auf alle bei der Ausführung anfallenden Daten. Im Falle eines Anbieters von Predictive Maintenance Diensten wären dies zum Beispiel oftmals als sensible eingestufte Produktionsdaten. Aber nicht nur in Bezug auf den Austausch von Daten ist ein Kulturwandel erforderlich, sondern auch mit Blick auf die Produktion. Denn statische Wertschöpfungsketten einzelner Unternehmen weichen in der Smart Service Welt adaptiven Wertschöpfungsnetzen mehrerer Unternehmen.

Sowohl auf technischer als auch auf geschäftlicher Ebene ist für die Umsetzung von Smart Systems eine stärkere Aufweichung von Unternehmensgrenzen erforderlich. Auf technischer Ebene findet diese Entgrenzung durch Nutzung und Bereitstellung von Schnittstellen statt. Auf geschäftlicher Ebene kommt es neben der Öffnung des Wertschöpfungsprozesses auch zu der beschriebenen Weitergabe von Daten an Anbieter von Diensten.

Datenschutz: Insbesondere wenn KI-basierte Dienste auf personenbezogene oder andere sensible Daten zurückgreifen, ist es erforderlich, diese entsprechend zu schützen. Ein rechtlicher Rahmen muss geschaffen werden, der den Anbietern von Diensten die zweckgebundene Auswertung auch von personenbezogenen Daten erlaubt. Des Weiteren muss der Schutz der Daten vor nicht-autorisierten Zugriffen (z.B. Hacker-Angriffe) auf technischer Ebene sichergestellt werden. Hier stehen neben den Anbietern von Diensten vor allem die Betreiber der Softwaredefinierten Plattformen in der Verantwortung. Um die Einhaltung der rechtlichen und technischen Maßnahmen überprüfbar und nach außen sichtbar zu machen, ist die Einführung von Zertifikaten vorstellbar. Außerdem können Datenschutzmaßnahmen zwischen Anbietern und Nutzern von Diensten und Smart Systems vertraglich geregelt werden.

Kernaussage

Neben der Gefahr der Monopolbildung auf Seiten der Plattform- und Diensteanbieter und der Entstehung geschlossener Ökosysteme stellen die fehlende Transparenz vieler Methoden aus dem Bereich des maschinellen Lernens sowie die Qualitätskontrolle von Smart Systems eine Herausforderung dar. Weitere Hürden sind die nötige Auflösung von Unternehmensgrenzen bei gleichzeitiger Sicherstellung des Datenschutzes.

6 Anforderungen an Entwickler und Entscheider

Die Entwicklung von Smart Systems sowie deren erfolgreiche Integration in Geschäftsprozesse stellt Entwickler und Entscheider¹ in Unternehmen gleichermaßen vor neue Herausforderungen. Diese ergeben sich auf Seiten der Entwickler vor allem durch die besonderen Anforderungen der oft komplexen Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens und der Optimierung sowie dem starken Fokus auf Datenverarbeitung und plattformorientierter Entwicklung. Die Entwicklung von Smart Systems und der zugrundeliegenden Dienste stellt aufgrund dieser Charakteristika Anforderungen, die sehr stark von denen der klassischen Softwareentwicklung abweichen. Auf Seiten der Entscheider entstehen Herausforderungen aufgrund der neuen Möglichkeiten, welche sich durch die Vielzahl von neuen Einsatzmöglichkeiten künstlicher Intelligenz ergeben. Auch wenn für sie ein genaues Verständnis der Funktionsweise der eingesetzten Verfahren nicht von Nöten ist, so benötigen sie dennoch Kenntnisse in Bezug auf die Fähigkeiten und Grenzen der eingesetzten Verfahren, um Entscheidungen in Bezug auf deren Einsatz treffen zu können.

Grundsätzlich ist für die erfolgreiche Integration von Smart Systems in die Systemlandschaft eines Unternehmens ein hohes Maß an interdisziplinärer Zusammenarbeit erforderlich. Für die Entwicklung KI-basierter Dienste ist neben dem nötigen Wissen zu den Verfahren aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz auch oft ein tiefes Verständnis der zu verarbeitenden Daten erforderlich. Bei Diensten, welche in einem domänenübergreifenden Kontext eingesetzt werden, ist Überblickswissen und die Fähigkeit, sich

¹Es sind stets Personen männlichen und weiblichen Geschlechts gleichermaßen gemeint. Aufgrund der Lesbarkeit wird im Folgenden nur die männliche Form verwendet.

in fremde Arbeitsläufe einzudenken, von entscheidender Bedeutung. Im Hinblick auf die in der Entwicklung eingesetzten Softwarewerkzeuge entsteht ein ähnlicher Trend: Die Studie *Fachkräfte für Smart Data: Neun Thesen zum Bedarf heute und morgen* [9] kommt zu dem Ergebnis, dass die Bereitschaft und Fähigkeit, sich schnell in neue Technologien einzuarbeiten, in den nächsten Jahren an Relevanz gewinnen wird, während die Fokussierung auf einzelne Softwarewerkzeuge wenig zielführend ist.

Kernaussage

Interdisziplinäres Arbeiten, Überblickswissen und die Fähigkeit, sich in fremde Arbeitsläufe einzudenken, wird in Zukunft für Entwickler und Entscheider noch wichtiger.

6.1 Künstliche Intelligenz

Kompetenzen in Bezug auf künstliche Intelligenz sind sowohl auf Seiten der Entwickler als auch auf Seiten der Entscheider erforderlich. Besonders die Entwickler KI-basierter Dienste benötigen ein tiefes Verständnis der Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens, um sich von Mitbewerbern abzugrenzen. Entwickler, welche lediglich auf die KI-basierten Dienste zurückgreifen, brauchen Kompetenzen zur Beurteilung von deren Fähigkeiten und Grenzen um diese entsprechend berücksichtigen zu können, beispielsweise indem häufig auftretende oder kritische Fehlfunktionen entsprechend behandelt werden. Auch Entscheider müssen Kompetenzen im Hinblick auf die Fähigkeiten und Grenzen von künstlicher Intelligenz aufbauen. Nur so kann es ihnen gelingen Smart Systems nutzbringend in Geschäftsprozesse einzubinden.

Im Folgenden werden relevante Kompetenzen in den Bereichen Data Science und maschinelles Lernen kurz beschrieben.

Data Science: Smart Systems verarbeiten im Betrieb große Datenmenge, um die auf künstlicher Intelligenz basierenden Funktionen bereitstellen können. Kompetenzen in Bezug auf die Erfassung und Verarbeitung dieser Daten nehmen daher bei den Entwicklern KI-basierter und sonstiger Dienste einen großen Stellenwert ein. Insbesondere werden Kenntnisse in den Bereichen Datenmodellierung, Datenerfassung, Datenspeicherung, Datenverarbeitung und Datenvisualisierung gefragt sein. Bei der Datenspeicherung rücken dabei vermehrt nicht-relationale Datenbanken

in den Vordergrund. Diese stoßen bei der Speicherung großer Datenmengen nicht so schnell an Performancegrenzen und sind daher besonders für Smart Systems relevant. Auch bei der Verarbeitung der Daten ergeben sich aufgrund des Umfangs Herausforderungen. Diese findet daher in erster Linie auf verteilten Systemen in der Cloud statt und erfordern beispielsweise Kenntnisse in Bezug auf entsprechende Programmiermodelle. Als zugrundeliegende Forschungsdisziplin gewinnt neben der Informatik dabei die Statistik an Bedeutung. Laut der Studie *Fachkräfte für Smart Data* [9] wird diese in den nächsten Jahren den größten Bedeutungszuwachs erfahren.

Maschinelles Lernen: Kenntnisse im Bereich des maschinellen Lernens sind in erster Linie auf Seiten der Entwickler KI-basierter Dienste erforderlich. Sie benötigen tiefgehendes Wissen in Bezug auf verschiedene Lernverfahren in den Bereichen des überwachten, unüberwachten und bestärkenden Lernens. Gerade bei der Verarbeitung von unstrukturierten großen Datenmengen (wie Bildern, Videos und Audioaufnahmen) haben sich in den letzten Jahren tiefe neuronale Netze (engl. Deep Neural Networks) als besonders performant gezeigt. Aufgrund der schnell fortschreitenden Entwicklungen in diesem Bereich ist die konstante Auseinandersetzung mit aktuellen Forschungsergebnissen erforderlich. Die Fähigkeit, diese erfolgreich in die Praxis zu überführen ist von besonderer Relevanz.

Wie in Abschnitt 5 beschrieben, ergeben sich bei der Qualitätssicherung von Smart Systems besondere Herausforderungen. Gerade bei dem Einsatz von künstlicher Intelligenz zur Erfüllung kritischer Aufgaben muss sichergestellt sein, dass das System zuverlässig arbeitet und sich im Notfall selbst abschalten kann. Diese Anforderungen unterscheiden es grundlegend von vielen in der Forschung eingesetzten Systemen und erfordert auf Seiten der Entwicklern entsprechende Kompetenzen.

Kernaussage

Grundlegende Kenntnisse in Bezug auf die Fähigkeiten und Grenzen von künstlicher Intelligenz müssen sowohl bei Entwicklern als auch bei Entscheidern bekannt sein.

6.2 Software Engineering

Neue Anforderungen in der Softwareentwicklung ergeben sich sowohl durch die zunehmende Verbreitung

von IT-Plattformen als auch dem vermehrten Einsatz von Methoden der künstlichen Intelligenz. Bei der Entwicklung von Diensten für Software-definierte Plattformen müssen vom Anfang an die bereitgestellten Schnittstellen in den Fokus des Entwicklungsprozesses gestellt werden. Außerdem müssen technologische, betriebswirtschaftliche und soziotechnische Aspekte in den Systementwurf aufgenommen werden. Dazu kann die Entwicklungsmethodik Advanced Systems Engineering genutzt werden [7].

Die Implementierungen von auf künstlicher Intelligenz basierender Verfahren für den Praxiseinsatz im Unternehmen unterscheiden sich grundlegend zu denen in der Wissenschaft: Ergebnisse müssen zuverlässig und oft in Echtzeit generiert werden. Die Ausführung erfolgt skalierbar unter Nutzung verteilter Systeme. Bei der Entwicklung empfiehlt sich ein agiles Vorgehen, um möglichst früh Umsetzungserfahrung sammeln zu können.

Des Weiteren werden die zur Integration von inkompatiblen Plattformen und Diensten benötigten Fähigkeiten eine wichtige Kompetenz darstellen. Sei es bei der Entwicklung von Programmen, welche Inkompatibilitäten automatisch auflösen, oder bei der manuellen Entwicklung von Konnektoren, welche die Kommunikation zweier unterschiedlicher Schnittstellen ermöglichen.

Kernaussage

In der Softwareentwicklung ergeben sich neue Anforderungen aufgrund der Plattformzentrierten Entwicklung. Kenntnisse im Bereich Advanced Systems Engineering und die Fähigkeit zur Integration inkompatibler Plattformen und Dienste gewinnen an Relevanz.

6.3 Geschäftsprozesse und Geschäftsmodelle

Damit die Einführung von Smart Systems gelingt ist vor allem ein genaues Verständnis der betroffenen Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse erforderlich. Branchenwissen, analytische Fähigkeiten und Kommunikationsstärke stellen wichtige Qualifikationen dar, um die mittels Smart Computing realisierbaren Potentiale identifizieren zu können.

Die monetären Vorteile, die ein Smart System generiert, sind vor dessen Einführung oft schwer zu bestimmen, da sich oft die Qualität des Systems erst

im praktischen Einsatz zeigt. Auch wenn die Umsetzung von auf künstlicher Intelligenz basierenden Funktionen mit Hilfe von Diensten erfolgt, so bleiben dennoch die mit der Einführung des Systems verbundenen Kosten schwer bestimmbar. Um Kosten und Nutzen der Systeme möglichst gut abschätzen zu können, ist branchenspezifische Erfahrung, sowohl aus technischer als auch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive, erforderlich.

Kernaussage

Eine erfolgreiche Einführung von Smart Systems ist nur möglich, wenn sie unter Berücksichtigung von technischen und betriebswirtschaftlichen Aspekten erfolgt.

Auf Ebene des höheren Managements muss sich vor allem mit den sich durch den Einsatz von Smart Systems ergebenden Veränderungen in der Wettbewerbsarena auseinandergesetzt werden. Wie in Abschnitt 4 beschrieben, kann der Einsatz von künstlicher Intelligenz neue innovative Geschäftsmodelle hervorbringen, welche sich disruptiv auf die Geschäftsmodelllandschaft auswirken. Neben den Fortschritten im Bereich der künstlichen Intelligenz führt auch die zunehmende Verbreitung von Service-orientierten Geschäftsmodellen zu einer neuen Wettbewerbssituation. Insbesondere an der Schnittstelle dieser beiden Trends - an welcher auch Smart Systems angesiedelt sind - werden sich disruptive Geschäftsmodelle entwickeln. Die Aufgabe, die sich aus dieser Situation ergebenen Potentiale und Risiken für das eigene Unternehmen frühzeitig zu erkennen, erfordert auch auf Managementebene ein grundlegendes Verständnis von Smart Computing.

Kernaussage

Auch auf Managementebene ist ein grundlegendes Verständnis von Smart Computing erforderlich, um die sich daraus ergebenden Potentiale und Risiken in der Wettbewerbsarena frühzeitig erkennen zu können.

7 Zusammenfassung

Der zunehmende Einsatz von künstlicher Intelligenz und die Umsetzung der Vision Smart Service Welt 2025 wird die deutsche Wirtschaft stark verändern. Immer intelligenter werdende Systeme

ermöglichen die Automatisierung eine Vielzahl derzeit noch manuell durchgeführten Tätigkeiten. Der Fokus der Wirtschaft verschiebt sich vom Vertrieb generischer Produkte und Dienstleistungen zum Angebot individuell konfigurierter Smart Services. Unter Nutzung verschiedener IT-Plattformen arbeiten Unternehmen dabei weitestgehend automatisiert in Wertschöpfungsnetzen zusammen.

Die in diesem Kontext erforderlichen Cyber Physical Systems müssen auf künstlicher Intelligenz basierende Funktionen bereitstellen und die Infrastrukturen der Smart Service Welt unterstützen. Diese Systeme werden Smart Systems genannt und ihre ausgeführte Aktivität Smart Computing. Auf Ebene der vernetzten physischen Plattformen bestehen sie aus Cyber Physical Devices, welche die Interaktion mit der Umwelt des Systems ermöglichen. Die intelligente Steuerung des Systems wird mit Hilfe von auf Software-definierten Plattformen ausgeführten Diensten realisiert. Somit kann eine kostenintensive Eigenentwicklung der komplexen, auf künstlicher Intelligenz basierenden Funktionen vermieden werden. Smart Computing senkt somit die Hürde für den Einsatz von künstlicher Intelligenz gerade für kleine und mittlere Unternehmen deutlich.

Neue Geschäftsmodelle ergeben sich in der Smart Service Welt insbesondere durch den geschickten Einsatz künstlicher Intelligenz. Die Möglichkeit auch komplexe Aufgaben zu automatisieren wird die Preise von Dienstleistungen, welche zuvor von hohen Personalkosten getrieben waren, rapide senken. Dienstleister, welche nicht intelligent automatisieren, werden schnell nicht mehr wettbewerbsfähig sein. Beispielsweise wird der Transportdienstleistungsmarkt durch die Einführung autonomer Fahrzeuge disruptiert.

Der Berufsalltag vieler Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wird sich durch Smart Computing grundlegend verändern. Routine-artige Arbeitsschritte werden komplett automatisiert, alle anderen werden zumindest unter Unterstützung von Smart Systems ausgeführt. Soziale Intelligenz, gutes Urteilsvermögen und Kreativität werden auf Seiten der Mitarbeiter wichtiger. In der schon heute hoch-technisierten Produktion können mittels künstlicher Intelligenz noch weitere Prozesse automatisiert werden, beispielsweise in der Qualitätskontrolle. Neben der Automatisierung ermöglichen Smart Systems hier ferner eine erweiterte Entscheidungsunterstützung, etwa mit Blick auf die Wartung von Maschinen (Predictive Maintenance) oder die optimale Konfiguration von

Produktionsparametern.

Wie bei jeder neuen Technologie bestehen auch in Bezug auf Smart Computing Risiken und Herausforderungen, die es zu überwinden gilt. Neben der Gefahr der Monopolbildung auf Seiten der Plattform- und Diensteanbieter und der Entstehung geschlossener Ökosysteme zählt dazu die fehlende Transparenz vieler Methoden aus dem Bereich des maschinellen Lernens. Für den praktischen Einsatz von Smart Systems ist es erforderlich, dass es dem Nutzer jederzeit möglich ist, die Entscheidungsfindung des Systems nachzuvollziehen. Auch die Qualitätssicherung von Smart Systems wird durch fehlende Transparenz der zugrundeliegenden Verfahren erschwert. Weitere Herausforderungen stellen die auf technischer und geschäftlicher Ebene nötige Aufweichung von Unternehmensgrenzen und der Datenschutz dar.

Die Entwicklung von Smart Systems sowie deren erfolgreiche Integration in Geschäftsprozesse stellt Entwickler und Entscheider in Unternehmen gleichermaßen vor neue Herausforderungen. Diese ergeben sich auf Seiten der Entwickler vor allem durch die besonderen Anforderungen der oft komplexen Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens und der Optimierung sowie dem starken Fokus auf Datenverarbeitung und plattformorientierter Entwicklung. Auf Seiten der Entscheider müssen Kenntnisse in Bezug auf Fähigkeiten und Grenzen von Smart Computing vorhanden sein, um Entscheidungen über den Einsatz von Smart Systems treffen zu können. Um Kosten und Nutzen der Systeme möglichst gut abschätzen zu können, ist branchenspezifische Erfahrung, sowohl aus technischer als auch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive, erforderlich. Auch auf Managementebene muss ein grundlegendes Verständnis von Smart Computing vorhanden sein, um die sich daraus ergebenden Potentiale und Risiken für das eigene Unternehmen erkennen zu können.

Literatur

- [1] IPSOFT (HRSG.): FuturaCorp: Artificial Intelligence and the Freedom to be Human. (2017)
- [2] MCKINSEY (HRSG.): Smartening up with Artificial Intelligence (AI) - What's in it for Germany and its Industrial Sector? (2017)
- [3] ARBEITSKREIS SMART SERVICE WELT/ACATECH (HRSG.): Smart Service

Welt - Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. (2015)

- [4] MARK PURDY, Paul D.: Why artificial intelligence is the future of growth. (2016)
- [5] BITKOM E.V. (HRSG.): Künstliche Intelligenz verstehen als Automation des Entscheidens. (2017)
- [6] ACCENTURE (HRSG.): Chatbots In Customer Service. (2016)
- [7] GREGOR ENGELS, CHRISTOPH PLASS, FRANZ-JOSEF RAMMIG/ACATECH (HRSG.): IT-Plattformen für die Smart Service Welt - Verständnis und Handlungsfelder. (2017)
- [8] GOODFELLOW, Ian J. ; SHLENS, Jonathon ; SZEGEDY, Christian: Explaining and harnessing adversarial examples. In: *arXiv preprint arXiv:1412.6572* (2014)
- [9] SMART-DATA-BEGLEITORSCHUNG (HRSG.): Fachkräfte für Smart Data: Neun Thesen zum Bedarf heute und morgen. (2016)

Autoren

Prof. Dr. Gregor Engels ist Inhaber des Lehrstuhls für Datenbank- und Informationssysteme an der Universität Paderborn. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich der modellbasierten Softwareentwicklung, Architekturparadigmen und Qualitätssicherung. Er ist Sprecher der wissenschaftlichen Einrichtung des Software Innovation Campus Paderborn (SICP), Mitglied des CPS.HUB NRW Steuerungskreises und Lead Expert der CPS.HUB NRW Fachgruppen Arbeit 4.0 und Cyber Physical Devices.

E-Mail: engels@upb.de

André Hottung ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der wissenschaftlichen Einrichtung des Software Innovation Campus Paderborn (SICP). Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich des maschinellen Lernens und der Optimierung.

E-Mail: a.hottung@sicp.uni-paderborn.de