



Auswirkungen der Machine Economy auf die
Lebensmittelindustrie der Zukunft

Lebensmittelindustrie 4.0

Lebensmittelindustrie 4.0

Auswirkungen der Machine Economy auf die Lebensmittelindustrie der Zukunft

Autoren

Sebastian Duda, Leopold Fischer-Brandies, Dr. Tobias Guggenberger, Prof. Dr. Björn Häckel, Prof. Dr. Anna Maria Oberländer, Alexander Rex, Jens-Christian Stoetzer, Antonie Teuchert, Prof. Dr. Nils Urbach und Maximilian Volland

Unsere Ambition ist es, Themen der Wirtschaftsinformatik inhaltlich wie methodisch umfassend auf höchstem Niveau abzudecken. Gemeinsam mit unseren Partnern aus Wirtschaft und Gesellschaft erarbeiten wir auf Basis unserer fachlichen und technischen Expertise innovative Lösungen für individuelle Probleme. Unsere Lösungen betrachten dabei sowohl alle Ebenen der Unternehmensarchitektur integriert als auch die Einbettung von Unternehmen in digitale Wertschöpfungsnetze. Zudem bieten wir Impulse für Digitalisierungsstrategien und transformative Veränderungsprozesse in Unternehmen.

Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT
Institutsteil Wirtschaftsinformatik
Wittelsbacherring 10
95444 Bayreuth

Danksagung

Dieses White Paper wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie im Rahmen des "Fraunhofer Blockchain Center (20-3066-2-6-14)" gefördert. Wir danken an dieser Stelle für die Unterstützung.

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



Außerdem danken wir David Ketenidis und Marike Reinelt für die Mitarbeit an dem White Paper und vor allem für die Unterstützung bei der sprachlichen Überprüfung sowie den Illustrationen.

Disclaimer

Dieses White Paper wurde vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT nach bestem Wissen und unter Einhaltung der nötigen Sorgfalt erstellt.

Fraunhofer FIT, seine gesetzlichen Vertreter und/oder Erfüllungsgehilfen übernehmen keinerlei Garantie dafür, dass die Inhalte dieses White Papers gesichert, vollständig für bestimmte Zwecke brauchbar oder in sonstiger Weise frei von Fehlern sind. Die Nutzung dieses White Papers geschieht ausschließlich auf eigene Verantwortung.


In keinem Fall haften das Fraunhofer FIT, seine gesetzlichen Vertreter und/oder Erfüllungsgehilfen für jegliche Schäden, seien sie mittelbar oder unmittelbar, die aus der Nutzung des White Papers resultieren.

Empfohlen Zitierweise

Duda, S., Fischer-Brandies, L., Guggenberger, T., Häckel, B., Oberländer, A., Rex, A., Stoetzer, J., Teuchert, A., Urbach, N. und Volland, M. (2023) : Lebensmittelindustrie 4.0 – Auswirkungen der Machine Economy auf die Lebensmittelindustrie der Zukunft. Fraunhofer FIT Institutsteil Wirtschaftsinformatik. <https://doi.org/10.24406/publica-1039>

Bildquellen

© <https://www.shutterstock.com>



*Die Machine
Economy
wird die
Lebensmittel
-industrie
nachhaltig
beeinflussen.*

Vorwort

Die Lebensmittelindustrie steht vor zahlreichen Herausforderungen. Aus neuen Marktgegebenheiten sind neue Anforderungen an die Qualitätssicherung der Produkte, die Transparenz und Nachhaltigkeit bis hin zur Logistik und Lieferketten entstanden. Um diese Herausforderungen erfolgreich zu meistern, ist es wichtig, innovative Technologien einzusetzen, die die Prozesse in der Lebensmittelindustrie revolutionieren können.

Ein Konzept, welches die innovativen Technologien Internet der Dinge, künstliche Intelligenz und Blockchain zusammenfasst, ist die Machine Economy. Sie beschreibt das wirtschaftlich autonome Handeln von Maschinen in Wirtschaftsprozessen und hat das Potenzial, die Lebensmittelindustrie signifikant zu verändern. Durch den Einsatz von Robotik und künstlicher Intelligenz können Aufgaben schneller, präziser und kosteneffizienter erledigt werden. So kann beispielsweise die automatisierte Überwachung der Produktionsprozesse die Qualität der Lebensmittel verbessern und gleichzeitig die Arbeitsbelastung der Mitarbeiter*innen reduzieren. Insgesamt bietet die Machine Economy in der Lebensmittelindustrie die Möglichkeit, Prozesse zu optimieren und zu automatisieren, um eine höhere Qualität der Produkte zu gewährleisten, die Lieferketten transparenter und die Logistik effizienter zu gestalten. Dies kann sowohl für Unternehmen als auch für Verbraucher*innen vielfältige Vorteile bringen.

Dieses White Paper zeigt exemplarisch anhand der Milchproduktion, welche wertstiftenden Anwendungen der Machine Economy in der Lebensmittelindustrie Einsatz finden. Es werden die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten von Technologien wie IoT, KI und Blockchain untersucht und dargestellt, wie diese in einer Machine Economy miteinander interagieren und somit einen höheren ökonomischen Nutzen für Unternehmen und Verbraucher*innen erzeugen können.



Prof. Dr. Björn Häckel

Professur für digitale Wertschöpfungsnetze, Hochschule Augsburg,
Institutsteil Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte
Informationstechnik FIT



Prof. Dr. Anna Maria Oberländer

Juniorprofessur für Wirtschaftsinformatik und Digitale Transformation, Universität
Bayreuth,
Institutsteil Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte
Informationstechnik FIT



Prof. Dr. Nils Urbach

Professur für Wirtschaftsinformatik, insbesondere Digital Business & Mobilität,
Frankfurt University of Applied Sciences,
Institutsteil Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte
Informationstechnik FIT

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 7 |
| 2 | Herausforderungen in der Lebensmittelindustrie | 10 |
| 3 | Die Machine Economy | 12 |
| 3.1 | Rolle von IoT | 13 |
| 3.2 | Rolle von KI | 14 |
| 3.3 | Rolle von Blockchain | 14 |
| 3.4 | Technologiekonvergenz | 14 |
| 4 | Die Maschine Economy in der Lebensmittelindustrie | 17 |
| 4.1 | Produktionsökosysteme | 17 |
| 4.2 | Beispielhafter Anwendungsfall in der Milchproduktion | 18 |
| 5 | Ausblick | 23 |
| | Literaturverzeichnis | 26 |

1 Einleitung



1 Einleitung

Die vierte industrielle Revolution wird durch die schnell voranschreitende Digitalisierung und die breite Verfügbarkeit von intelligenten Geräten und Netzwerken vorangetrieben. Expert*innen prognostizieren, dass bis zum Jahr 2025 50 Milliarden vernetzte Geräte, 100 Millionen Roboter und 20 Millionen Elektrofahrzeuge weltweit im Einsatz sein werden (Statista, 2022). Durch die Verbreitung von Technologien wie künstlicher Intelligenz (KI), dem Internet of Things (IoT) und dezentraler Netzwerke werden dabei die Möglichkeiten der digitalen Welt erweitert. Dabei wachsen Investitionen in diese emergenten digitalen Technologien kontinuierlich und lassen neue Milliarden-Dollar-Märkte entstehen (Jöhnk et al., 2021).

Bereits implementierte Anwendungen von digitalen Technologien im Business to Business-Bereich (B2B) sind zum Beispiel vernetzte Logistiksysteme (IoT), vorausschauende Wartungsplanungen von Maschinen (KI) oder dezentrale Systeme zum Datenaustausch zwischen Unternehmen (Blockchain). Bisher wird die Mehrzahl dieser Anwendungen in Forschung und Praxis isoliert betrachtet. Neuere Beiträge in der Forschung zeigen jedoch auf, dass der wirtschaftliche Mehrwert von Technologien nicht nur in ihrem isolierten Einsatz, sondern vor allem in der Kombination mehrerer technologischer Komponenten liegt. Diese interagieren miteinander und erzeugen somit einen höheren ökonomischen Nutzen für Anwender*innen als deren separater Einsatz. Hierfür hat sich der Begriff der Machine Economy in der Forschung entwickelt (Schweizer et al., 2020). Dieser Begriff beschreibt das Entstehen wirtschaftlich autonom handelnder Maschinen, welche auf verschiedenen digitalen Technologien (z. B. IoT, KI und Blockchain) basieren.

Während derzeitige Forschung in diesem Bereich vor allem Schnittstellen und das Zusammenspiel in einer Machine Economy adressiert, bleiben andere Aspekte außen vor. Dazu gehören zum einen Fragestellungen zur Identifizierung von möglichen Anwendungen (Fridgen et al., 2018). Die sinnvolle

Einbettung emergenter digitaler Technologien in Anwendungsfälle stellen bereits in einer Einzelbetrachtung eine Herausforderung für Unternehmen dar. Während der bisherige Innovationsprozess oftmals durch die Identifikation von Problemen beginnt, bietet ein Perspektivwechsel neue Chancen für Innovationen. Dabei dienen emergente digitale Technologien als Ausgangspunkt für welche nun Anwendungsfelder und Problemstellungen gesucht werden. Prominentes Beispiel hierfür ist die stetige Suche nach sinnvollen Anwendungsfällen für die Blockchain-Technologie oder das Machine Learning. So wird auch im Rahmen der Machine Economy die Zusammenarbeit von ökonomisch autonom handelnden Maschinen über Unternehmensgrenzen hinweg relevant (Papert & Pflaum, 2017). Die dadurch entstehenden Wertschöpfungsnetze (im folgenden Ökosysteme genannt) eröffnen weitergehende Fragestellung zur Organisation und Zusammenspiel dieser Netze in der Machine Economy. Die Nutzung emergenter Technologien stellt dabei jedoch insbesondere produzierende Unternehmen vor große Herausforderungen (Huber et al., 2022).

Vor allem die Lebensmittelindustrie zeigt sich hierbei als ein besonders gutes Beispiel, um den Einfluss der Machine Economy zu ergründen. Die Lebensmittelindustrie ist mit einem starken Veränderungsdruck konfrontiert. Auf der einen Seite sind Unternehmen dazu gezwungen, immer günstiger und schneller Produkte anbieten zu können. Auf der anderen Seite steigt der Anspruch an die entsprechenden Erzeugnisse. Kund*innen erwarten heutzutage eine steigende Vielfalt an Produkten sowohl in Bezug auf die Art des Produkts als auch auf die Qualität, beispielsweise Bio-Qualität und soziale Nachhaltigkeit (BMZ, 2022). Dazu kommt die Notwendigkeit einer zuverlässigen Versorgung der Bevölkerung. Besonders durch die Covid-19-Pandemie wurde deutlich, dass es schwierig ist, all diese Anforderungen gleichzeitig zu erfüllen. Eine optimierte Steuerung der Lieferkette und der Einsatz moderner Informationstechnologien sind hier von großer Bedeutung. Hier kann die Machine Economy helfen, indem sie neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit eröffnet

1 Einleitung

und somit den steigenden Bedarf an Flexibilität und Resilienz effektiv erfüllen kann.

Nachdem ein erstes White Paper des Institutsteils Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT bereits die Grundlagen einer solchen Machine Economy beschrieben hat¹, soll die vorliegende Studie vor allem die Auswirkungen auf die Lebensmittelindustrie der Zukunft als ein exemplarischer Anwendungsbereich aufzeigen.

Der Aufbau der Studie ist wie folgt. Zunächst zeigen wir den aktuellen Stand der Lebensmittelindustrie auf sowie die aktuell dort auftretenden Herausforderungen. Im Anschluss erläutern wir die Grundlagen der Machine Economy. Darauf aufbauend stellen wir die Auswirkungen der Machine Economy in Bezug auf einen konkreten Anwendungsfall, der Milcherfassung, aus der Lebensmittelindustrie dar. Zum Schluss der Studie beschreiben wir Handlungsoptionen und Empfehlungen in einem Ausblick.

¹Das erste White Paper zu den Grundlagen der Machine Economy kann unter folgendem Link aufgerufen werden: <https://www.wi.fit.fraunhofer.de/de/publikationen.html>

2 Herausforderungen in der Lebensmittelindustrie



2 Herausforderungen in der Lebensmittelindustrie

Als einer der größten Wirtschaftszweige befindet sich die Lebensmittelindustrie in einem Transformationsprozess. Im Rahmen dieses Transformationsprozesses spielen sowohl bereits bestehende als auch neuartige Herausforderungen eine wesentliche Rolle. Die drei größten Herausforderungen, die Aufrechterhaltung der Qualität, der zunehmende Trend hin zu Nachhaltigkeit und Nachverfolgbarkeit sowie die Sicherstellung der Lieferketten, werden im Folgenden beschrieben.

Der Handel mit Speisen und Getränken ist immer mit einer hygienischen Herausforderung verbunden. Lebensmittel können durch Krankheitserreger (Bakterien, Viren, Parasiten) verunreinigt werden und Krankheiten auslösen. Im Jahr 2018 wurden dem Robert-Koch-Institut (RKI) mehr als 1.000 meldepflichtiger Verunreinigungen gemeldet, die als potenziell lebensmittelbedingt eingeordnet werden (RKI, 2022). Folglich ist es notwendig, qualitätssichernde Maßnahmen in der täglichen Praxis der Lebensmittelwirtschaft umzusetzen. Diese werden insbesondere von rechtlichen Anforderungen bestimmt und betreffen zum Beispiel die Rückverfolgbarkeit und Herkunftsabsicherung von Produkten (Lebensmittelverband Deutschland, 2022). Aber auch privatwirtschaftliche Markenprogramme, wie Prüf- und Gütesiegel, gibt es immer mehr.

Durch die strengen Anforderung an die Qualitätssicherung und damit einhergehenden Zertifizierung werden auch die Verbraucher*innen für zertifizierte Produkte sensibilisiert und legen einen immer größeren Wert auf Nachhaltigkeit und Transparenz. Bei einer Befragung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft im Jahr 2021 sagten 82 Prozent der Befragten aus, ihnen wäre die regionale Herkunft der Produkte wichtig. 86 Prozent wünschten sich ein staatliches, unabhängiges Tierwohlkennzeichen (BMEL, 2022). Durch die Sensibilisierung der Verbraucher*innen steigt der Druck auf die Lebensmittelhersteller, die den wachsenden Erwartungen gerecht werden müssen und dabei die

gleichzeitige Preissensibilität der Verbraucher*innen berücksichtigen müssen. 46 Prozent von 250 befragten leitenden Angestellten in weltweit führenden Lebensmittel- und Getränkeunternehmen gaben am Anfang des Jahres 2022 an, dass die Beschädigung von Marke und Reputation, aufgrund sozialer oder ökologischer Gründe, das größte Risiko für wirtschaftliche Verluste darstellt (Lahmann, Sylvester, 2022). Zunehmend mehr Menschen setzen sich kritisch mit ihrer Ernährung auseinander, sodass eine sichere Zertifizierung von Qualitätsstandards und Transparenz wichtiger wird.

Zudem werden die Wege unserer Lebensmittel durch eine stark vernetzte Welt in Zeiten der Globalisierung komplexer. Laut dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung ist kein anderes Land so intensiv in internationale Lieferketten eingebunden wie Deutschland. 37 Prozent aller Lebensmittelprodukte in Deutschland sind mit Vorleistungen aus anderen Ländern verbunden (BMZ, 2022). Diese vielseitigen Abhängigkeiten bedürfen einer weitreichenden logistischen Koordinierung, die schwer überschaubar ist. Die Corona-Krise, aber auch aktuelle internationale Auseinandersetzungen zeigen, wie sensibel unsere Lieferketten sind. Stabilitätsschaffende Maßnahmen sind daher überlebenswichtig für Unternehmen. Deswegen ist zu erwarten, dass Entwicklungen wie die Pluralisierung der Zulieferer (sog. Multisourcing), aber auch Automatisierung und Stärkung der Lieferketten zukünftig entscheidende Indikatoren für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen sein werden (Lahmann, Sylvester, 2022).

Zusammenfassend gibt es in der Lebensmittelindustrie drei große Themenkomplexe, die es zu meistern gilt. Um diese Herausforderungen erfolgreich zu meistern, sind sowohl staatliche Regulierungen als auch privatwirtschaftliche Initiativen notwendig. Auch die Verbraucher*innen spielen hierbei eine wichtige Rolle, indem sie ihre Erwartungen an die Lebensmittelindustrie kommunizieren und andere Akteur*innen mit ihren Kaufentscheidungen entsprechend beeinflussen.



3 Die Machine Economy

3 Die Machine Economy

Unternehmer*innen, Ingenieur*innen, Manager*innen und Forscher*innen sind davon überzeugt, dass sich große Teile unserer Wirtschaft in eine Machine Economy, also eine Wirtschaft, in der Maschinen und IT-Systeme wirtschaftlich autonom handeln, entwickeln werden (Jöhnk et al., 2021). Wirtschaftlich autonom bedeutet, dass Interaktionen zwischen Menschen und Maschinen nicht durch menschliche Entscheidungen gesteuert werden müssen. Beispielsweise können Maschinen sich selbst um ihre Montage, Wartung und Energieversorgung kümmern. Im Gegensatz zu unserer heutigen Wirtschaft, die durch Zentralisierung und Intermediäre geprägt ist, baut die Machine Economy auf Konzepten wie Dezentralisierung und Autonomie der Teilnehmenden auf. Während heutige Maschinen meist im direkten Auftrag und Abhängigkeit von Menschen (als Agent für den Mensch) agieren, können Maschinen in einer Machine Economy in Zukunft komplett autonom agieren (Ågerfalk, 2020). Daher kann eine Maschine in Zukunft weiterhin als Auftragnehmer von Dienstleistungen agieren aber auch gleichzeitig Auftraggeber sein und durch andere Maschinen oder auch Menschen bedient werden (Schuetz & Venkatesh, 2020). Der Grad der Autonomie ist hierbei als Kontinuum zu verstehen. So kann dieses Kontinuum von der autonomen Übernahme von fest definierten Arbeitspaketen bestehen bis hin zur vollständigen Unabhängigkeit, in der eine Maschine selbstständig ihre Aufgaben definiert und ausführt.

Die Entwicklung hin zu einer Machine Economy ist bereits im Gange. Vernetzte Maschinen können wir heute schon in vielen Unternehmen beobachten. Sie haben zum Beispiel Sensoren, um ihre Umgebung wahrzunehmen oder ihren eigenen Zustand zu messen. Wenn diese auch noch miteinander vernetzt und orchestriert werden, sind (teil-)autonome Produktionsanlagen und Lagerhäuser schon heute möglich. Diese technologischen Grundpfeiler ermöglichen aber nicht nur die automatische Ausführung von Prozessen, sondern auch völlig neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen. Es ist zu erwarten, dass in naher Zukunft der Anteil gekauf-

ter Maschinen deutlich zurückgehen wird. Diese werden durch gemietete oder geleaste Maschinen ersetzt, die durch den Einsatz von Sensoren und Kommunikationsnetzen eine nutzungsabhängige Abrechnung ermöglichen. Dies wird die Kapitalbindung der Unternehmen verringern und mittelfristig mehr Flexibilität schaffen. In einem weiteren großen Schritt in Richtung der Machine Economy wird dann die Fähigkeit von Maschinen, eigene Entscheidungen zu treffen, im Vordergrund stehen. Sobald diese Entscheidungsfähigkeit ausreichend entwickelt ist, können Maschinen auch selbstständig an Märkten teilnehmen. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die einzelnen Entwicklungsschritte und beispielhafter Anwendungsfälle (Doyle, Megan, 2020).

Wir verstehen die Machine Economy als die vollständige Integration und Partizipation von wirtschaftlich autonom handelnden Maschinen auf der Basis innovativer Technologien und deren Konvergenz (Jöhnk et al., 2021; Schweizer et al., 2020).

Das Konzept wirtschaftlich autonom handelnder Maschinen ist in der ökonomischen Theorie neu (Schuetz & Venkatesh, 2020). Eine flächendeckende Etablierung der Machine Economy in unser wirtschaftliches Handeln wird zu tiefgreifenden Veränderungen in unserer Arbeitswelt und Gesellschaft führen. Insbesondere sind dabei Veränderungen sowohl im Handel als auch in der Logistik zu erwarten. Als Beispiel hierfür dienen autonom agierende Fahrzeuge, welche zukünftig eigene Dienstleistungen erbringen können. Dies bringt nicht nur technische Veränderungen mit sich, sondern wirft auch ethische und rechtliche Fragestellungen auf. Beispielsweise stellt sich die Frage hinsichtlich der Verantwortung von Maschinen und deren Handlungen. Daraus folgt, dass gesellschaftlich bestehende Paradigmen überdacht und neu entwickelt werden müssen.

Um eine ökonomisch nachhaltige Interaktion zwischen Maschinen zu ermöglichen, müssen Transakti-

3 Die Machine Economy

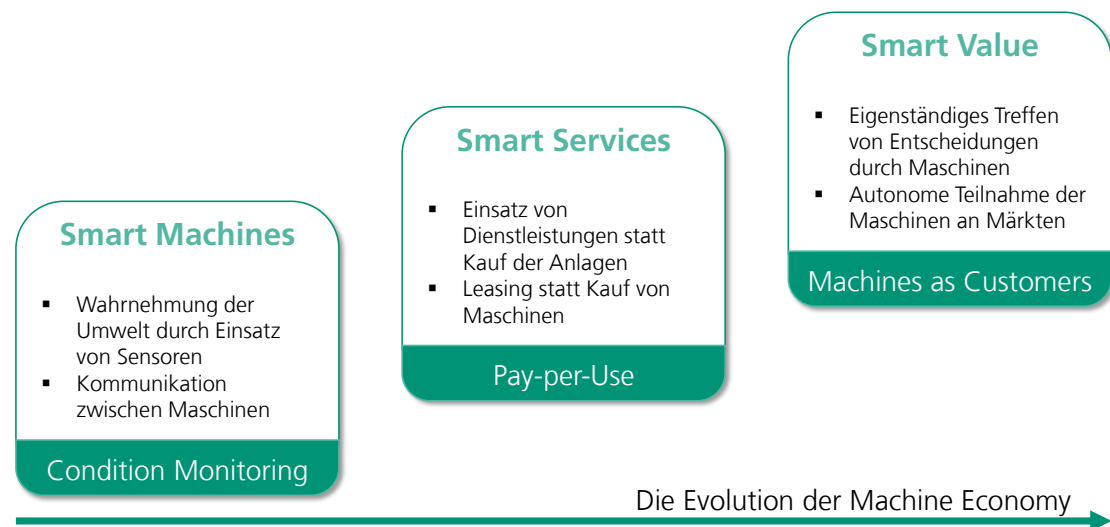


Abbildung 1: Die Evolution der Machine Economy

onskosten möglichst gering sein. Hierzu zählt auch, dass Maschinen möglichst in Echtzeit miteinander agieren müssen. Die zweite ökonomische Anforderung an die Machine Economy ist die Fähigkeit der Maschinen, in informationsineffizienten Märkten zu agieren. Damit Maschinen ökonomische Entscheidungen treffen können, müssen möglichst viele Informationen zur Verfügung stehen. Daher müssen Informationsasymmetrien zwischen Maschinen und Menschen sowie zwischen Maschinen untereinander abgebaut werden, um effiziente Märkte zu schaffen. Die dritte ökonomische Anforderung beinhaltet die Fähigkeit der Maschinen, als rationale Agenten aufzutreten und die vorhandenen Ressourcen ökonomisch effektiv und effizient zu nutzen. Diese Anforderung unterscheidet sich vom bisherigen Verständnis von Maschinen als Agenten, bei welchem die zweckmäßigen Entscheidungen der Maschinen vorbestimmt waren.

Für die Entwicklung zukunftssicherer Lösungen in der Machine Economy sind Technologien erforderlich, die die IT-Sicherheit und den Datenschutz gewährleisten sowie eine effiziente Kommunikation und Optimierung in diesen hochgradig vernetzten und dezentralen Systemen ermöglichen. Hierfür spielt der Einsatz disruptiver Technologien eine tragende Rolle und ermöglicht äußerst vielfältige Anwendungsszenarien. Zu diesen Technologien ge-

hören unter anderem Internet der Dinge, künstliche Intelligenz und Blockchain. Jede dieser genannten Technologien birgt dabei Anwendungen für die vorher genannten Anforderungen an eine Machine Economy. Dabei ist die Bereitstellung technischer Lösungen zur Bewältigung dieser Herausforderungen entscheidend für den Fortschritt und die Zukunft der Machine Economy.

3.1 Rolle von IoT

Die womöglich wichtigste Technologie für die Machine Economy ist IoT oder zu Deutsch: Internet der Dinge. IoT beschreibt dabei die Vernetzung von physischen Objekten über Datenkommunikationstechnologie (wie bspw. das Internet). Neben der Konnektivität der Entitäten untereinander, stellt IoT auch die Brücke zwischen der physischen und digitalen Welt dar. Sensoren können eine Vielzahl von Daten über ihre Umwelt in Echtzeit sammeln und diese digitalen Systemen zur Verfügung stellen. Dadurch entstehen neue Perspektiven für vernetzte Maschinen, die die Grundlage von weitgehend autonomen Akteuren in einer Machine Economy sind.

3 Die Machine Economy

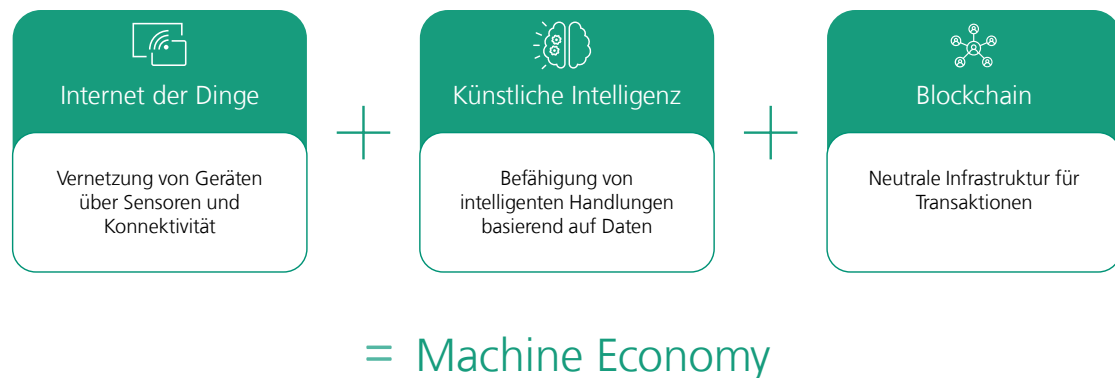


Abbildung 2: Die Konvergenz dreier Technologien als Enabler der Machine Economy

3.2 Rolle von KI

KI ist heute eine Mehrzwecktechnologie, die in fast allen Bereichen des täglichen Lebens zum Einsatz kommt. KI beschreibt dabei Systeme, die kognitive Aufgaben durchführen, die typischerweise mit menschlicher Intelligenz in Verbindung gebracht werden. Aus funktionaler Sicht bestehen KI-Lösungen in der Regel aus drei Komponenten, die zunächst die Eingangssignale auswerten (z. B. die Vorverarbeitung, wie Rauschunterdrückung oder Bildstabilisierung, eines Videosignals), zweitens daraus Informationen generieren (z. B. die Erkennung und Bewertung des Verschmutzungstyps und -grads) und, drittens, diese Informationen in eine Ausgabe umwandeln (z. B. die Durchführung geeigneter Reinigungsmaßnahmen). Die Kombination dieser Fähigkeiten ermöglichen KI-Lösungen eine autonome Ausführung von Aufgaben. Damit ist KI eine Schlüsseltechnologie, um Maschinen die selbstständige Ausführung von Entscheidungen zu ermöglichen.

3.3 Rolle von Blockchain

Eine Technologie, die als potenzielle Infrastruktur für die Interaktionen innerhalb der Machine Economy diskutiert wird, ist Blockchain. Blockchain- oder auch Distributed-Ledger-Technologie ist in der Lage, Transaktionssicherheit und Vertrauen zwischen sich gegenseitig unbekanntem Teilnehmern herzustellen. Durch kryptografische Verfahren werden in Blockchain-Netzwerken Informationen in

der Form von Transaktionen gespeichert. Es werden alle neuen Informationen durch sogenannte Konsensmechanismen verifiziert, welche für ein hohes Vertrauen der Netzwerkteilnehmenden in die gespeicherten Daten sorgen. Bisher sind jedoch viele Anwendungen von Blockchain-Technologie in der Machine Economy noch in Pilotphasen. Auch die Forschung zur Blockchain als Infrastruktur für wirtschaftlich autonome Maschinen hat gerade erst damit begonnen, mögliche Anwendungsszenarien zu untersuchen (Schweizer et al., 2020). Erste Studien untersuchen beispielsweise, wie Blockchain ermöglicht, wirtschaftlich autonome Maschinen zu organisieren (Castelló Ferrer, 2018).

3.4 Technologiekonvergenz

Zentrale Grundlage der Machine Economy ist dabei, dass Technologien nicht als voneinander getrennte Anwendungen verwendet werden, sondern gemeinsam agieren (siehe Abbildung 2). Dies wird auch als Technologiekonvergenz bezeichnet. Während die genannten Technologien in der Vergangenheit ausschließlich einem bestimmten, vorab definierten Zweck dienten, lassen sich digitale Technologien heutzutage in ihren Schichten losgelöst voneinander betrachten (Yoo et al., 2010). Basierend auf ihrer lose gekoppelten Architektur führen digitaler Technologien zu noch nie dagewesenen Möglichkeiten digitaler Innovationen (Oberländer et al., 2021; Yoo et al., 2010). Dabei wird durch das Zusammenspiel von Technologien auch eine engere Zusammenarbeit von zurzeit unabhängigen wirtschaftlichen Akteu-

3 Die Machine Economy

re entstehen. Die daraus entstehenden digitalen Ökosysteme vernetzen die bestehenden Akteure durch digitale Technologien und integrieren neue Akteure (z. B. wirtschaftlich autonom handelnde Maschinen) über Organisationsgrenzen hinweg in Wertschöpfungsnetzen. Die Zusammenarbeit mit neuen Akteuren, auch außerhalb der Unternehmensgrenzen in digitalen Ökosystemen, bringen zwar einerseits neue Herausforderungen, vergrößern den Möglichkeitsraum jedoch auch signifikant.

4 Die Maschine Economy in der Lebensmittelindustrie



4 Die Maschine Economy in der Lebensmittelindustrie

Die Lebensmittelindustrie in der Machine Economy kann Mehrwert durch die Verwendung von fortschrittlichen Technologien und Datenanalyse schaffen (siehe Tabelle 1). Durch die Verbindung von industriellen Maschinen, Geräten und Anlagen mit dem Internet können Unternehmen Daten sammeln und analysieren, um die Effizienz, die Produktivität und die Entscheidungsfindung zu verbessern.

4.1 Produktionsökosysteme

Der Wandel hin zur Machine Economy wird langfristig die Entwicklung neuer digitaler Ökosysteme fördern. In diesen Ökosystemen werden Menschen und Maschinen gemeinsam Dienstleistungen anbieten, die in einer Vielzahl von Anwendungsfällen zu erheblichen Verbesserungen führen können.

Unter digitalen Ökosystemen verstehen wir ein soziotechnisches System, in dem Unternehmen und Menschen kooperieren, die zwar unabhängig sind, sich von der Teilnahme aber einen gegenseitigen Vorteil versprechen (Fraunhofer IESE, 2023).

In einem digitalen Ökosystem interagieren mehrere voneinander unabhängige Akteure (Individuen und Organisationen) durch den Einsatz digitaler Technologien miteinander (Fridgen et al., 2018). Dabei kann es sich zum Beispiel um Produzenten, Liefere-

ranten, Kunden, aber auch Regulierungsbehörden handeln (Jacobides et al., 2018). Durch die Zusammenarbeit innerhalb eines Ökosystems und das Zusammenführen von komplementären Produkten und Dienstleistungen wird es möglich, hochkomplexe und spezialisierte Angebote bereitzustellen, die dem Endkunden großen Nutzen bieten (Karnebogen et al., 2021).

Maschinen können dann vollkommen autonom Dienstleistungen in ein digitales Ökosystem einbringen und mit den anderen Organisationen im Ökosystem sowohl in Kollaboration als auch in Konkurrenz treten. Zukünftig werden also zu den Akteuren in einem Ökosystem neben Individuen und Organisationen auch Maschinen gehören. Dabei müssen diese Maschinen nicht ausschließlich als Bereitsteller von Dienstleistungen betrachtet werden. In der Zukunft können Maschinen Empfänger von Dienstleistungen sein. In der Lebensmittelindustrie werden autonome Fahrzeuge zum Beispiel als Lieferfahrzeug für den Transport von Lebensmitteln eingesetzt. Es werden Waren von Lagerhallen zu Supermärkten oder von Bauernhöfen zu Verarbeitungsbetrieben befördert. Dabei müssen die Fahrzeuge regelmäßig gereinigt und gewartet werden, wozu es jedoch externe Hilfe benötigt. Das autonome Fahrzeug könnte sein verdientes Geld selbstständig dazu einsetzen und eine Reinigung oder Reparatur beauftragen, um die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit zu maximieren und den Transport von Lebensmittel sicher und zuverlässig durchzuführen.

Tabelle 1: Lösungsansätze der Machine Economy in der Lebensmittelindustrie

| Herausforderungen | Technologische Lösungsansätze |
|---|---|
| Lebensmittelhygiene und Qualitätssicherung | Nachverfolgung der Inhaltsstoffe mittels Digital Twin auf einer Blockchain sowie Nutzung von KI zur Erkennung von verdorbenen Produkten |
| Transparenz, Reputationssicherung, Zertifizierung von Lebensmittelstandards | Rückverfolgbarkeit und Herkunftsabsicherung durch Blockchain |
| Überblickbarkeit von Lieferkettenkomplexität | KI-Anwendungen, die alle Entwicklungen der Prozessbeteiligten überblicken und genauer antizipieren können als Menschen |

4 Die Maschine Economy in der Lebensmittelindustrie

Die durch das Zusammenwirken von Menschen, Unternehmen und Maschinen entstehenden Produktionsökosysteme können eine Vielzahl von Chancen für die Lebensmittelindustrie bieten:

- Erhöhte automatische Steuerung von Produktionsprozessen: Maschinen können verwendet werden, um Produktionsprozesse wie Pflanzenpflege, Ernte und Verarbeitung automatisch zu steuern.
- Optimierung von Lager- und Logistikprozessen: Autonome Fahrzeuge und Lager-Management-Systeme können verwendet werden, um Waren effizienter zu lagern und zu transportieren.
- Steigerung der Produktqualität: Maschinen können verwendet werden, um die Qualitätskontrolle von Lebensmitteln automatisch durchzuführen, was zu einer höheren Produktqualität führen kann.
- Verringerung der Arbeitskosten: Durch die Automatisierung von Prozessen kann die Notwendigkeit von manueller Arbeit reduziert werden, was zu einer Verringerung der Arbeitskosten führen kann.
- Verbesserung der Nachhaltigkeit: Maschinen können verwendet werden, um Ressourcen wie Wasser und Energie effizienter zu nutzen und die Umweltbelastung zu reduzieren.

4.2 Beispielhafter Anwendungsfall in der Milchproduktion

Im Folgenden wird die Wertschöpfungskette von Milch als Beispiel betrachtet, da sie sich durch ihre geringe Wertschöpfungstiefe besonders gut dafür eignet, die neuartigen Dynamiken der Machine Economy anschaulich darzustellen. Die Wertschöpfungskette der Milch beginnt in landwirtschaftlichen Betrieben. Der landwirtschaftliche Betrieb besitzt Kühe und füttert diese mit selbst produziertem oder zugekauftem Futtermittel. Die Kühe produzieren Milch und werden mithilfe von Melkmaschinen gemolken. Je nach Zertifizierung des Betriebs kann es sich bei der gemolkenen Milch um verschiedene

Arten von Milch, wie zum Beispiel konventionelle Milch, Heumilch oder Biomilch, handeln. Die gemolkene Milch darf aus hygienischen Gründen jedoch in den meisten Fällen nicht sofort außerhalb des Hofes an den Endverbraucher verkauft werden. Hierzu muss die Milch zunächst pasteurisiert werden; ein Prozess, bei dem die Milch in einer Pasteurierungsanlage erhitzt wird, um Keime abzutöten. Anschließend kann die Milch in Milchkartons oder Flaschen gefüllt werden. Da diese Produktionsprozesse kapitalintensive Produktionsanlagen benötigen, wird dieser Schritt meist an einen zentralen Dienstleister ausgelagert. Dazu wird die unverarbeitete Milch zunächst von den landwirtschaftlichen Betrieben von LKW abgeholt und zu einer Pasteurierungsanlage gefahren. Nach dem Verarbeitungsvorgang wird die abgefüllte Milch vom LKW zum Handel transportiert. Für den Transport der Milchprodukte in allen Prozessschritten gibt es rechtliche Rahmenbedingungen, unter anderem muss die Kühlkette eingehalten werden.

Die Machine Economy kann unter anderem den Transportprozess vom Milchbauern zur Pasteurierungsanlage verbessern (siehe Abbildung 3). In einem Ökosystem werden sich neben Pasteurierungsanlagen und Landwirten auch autonome LKW befinden. Die Autonomisierung der Logistik bietet einen starken Hebel, dem sich verstärkenden Fachkräftemangel entgegenzuwirken und zusätzlich Kosten zu senken. Die einzelnen Akteure des Ökosystems übermitteln dabei Daten an den LKW, was eine optimale Nutzung seiner Kapazitäten ermöglicht. Über einen Sensor in den IoT-Kühl tanks des Landwirts wird der aktuelle Füllstand des Tanks auf dem Hof erfasst sowie der Erzeugerpreis der Milch kommuniziert. Die Pasteurierungsanlagen übermitteln ihre aktuellen Produktionskapazitäten und Preise an die Entitäten im Ökosystem.

Die gesamte Menge an produzierter Milch aller landwirtschaftlichen Betriebe im Einzugsgebiet kann nun effizient auf die gesamte Produktionskapazität der Pasteurierungsanlagen verteilt werden. Dabei werden sowohl die Kostenfunktion der Pasteurierungsanlagen als auch die (von der Distanz

4 Die Maschine Economy in der Lebensmittelindustrie

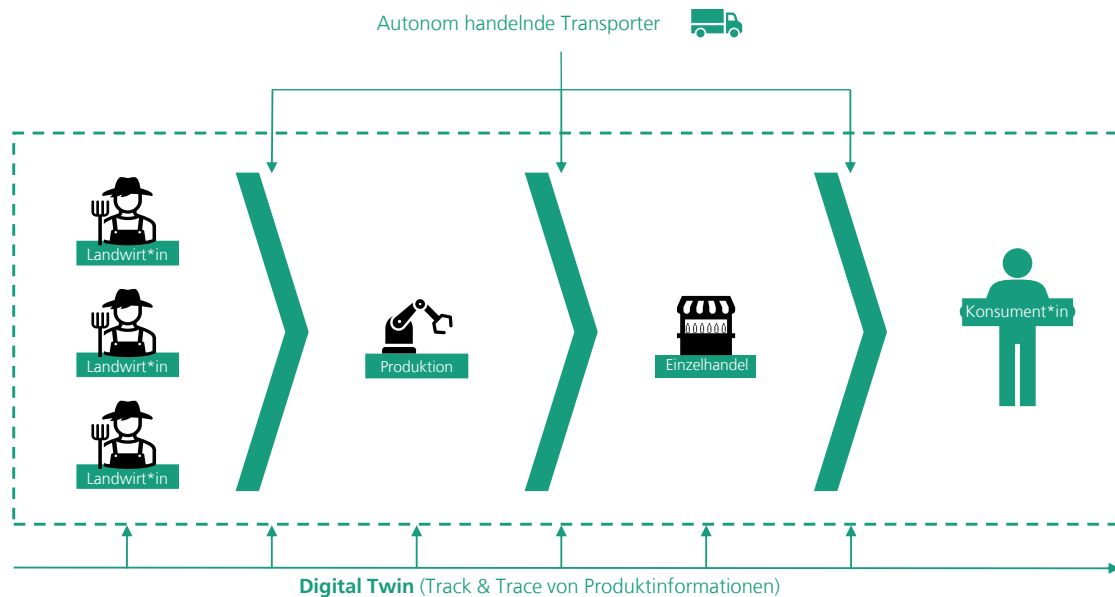


Abbildung 3: Machine Economy in der Milchindustrie

abhängigen) Kosten der Transportdienstleistung einkalkuliert, um eine optimale Kostenstruktur zu erreichen.

Der autonome LKW kann sich vollautonom bewegen. Hierzu ist das Fahrzeug mit verschiedenen Sensoren wie Kameras, GPS, Radar oder LIDAR Sensoren ausgestattet und kann auf die Daten von Sensoren anderer autonomer Fahrzeuge in Echtzeit zugreifen. Eine KI kann auf diese Sensoren ebenso zugreifen und das Fahrzeug sicher im Straßenverkehr steuern.

Tankstellen beziehungsweise Ladeinfrastruktur können in der Zukunft eine automatische Betankung oder Ladung für autonome Fahrzeuge anbieten. Nach der autonomen Selektion einer geeigneten Tankstelle fährt der LKW dazu eine Tank- oder Lade-station an und kann mit dieser autonom einen Preis verhandeln und für die Betankung bezahlen. Dabei sind die Tankstellen Teil eines Ökosystems, in dem weitere Dienstleistungen wie Reinigung oder Wartung des Fahrzeugs ebenfalls autonom ausgewählt, bezogen und bezahlt werden können. Der LKW bezahlt dabei direkt von Maschine-zu-Maschine.

Das Navigationssystem des autonomen LKW optimiert die Route zwischen den Landwirt*innen und den Pasteurisierungsanlagen. Dabei können während einer Fahrt die Milch von mehreren Landwirt*innen abgeholt werden, solange die Transportkapazität des Fahrzeugs nicht überschritten wird. Dies ermöglicht dem autonomen LKW die Transportdienstleistung als Pay-per-Volume-Dienstleistung anzubieten (siehe Pay-per-X Exkurs). Der landwirtschaftliche Betrieb bezahlt dabei einen festen Betrag pro transportiertem Liter Milch.

Eine besondere Anforderung beim Transport von Milch ist außerdem ihre Kühlung, welche mit zunehmendem Füllstand mehr Energie benötigt. Zudem steigt das Gewicht des LKW, welches ebenfalls den Treibstoffverbrauch bzw. Energieaufwand des Transports erhöht. Die Route des autonomen LKW wird deshalb von einer KI bestimmt. Die erforderliche Route zur Milcherfassung ändert sich täglich, um auf Sonderfälle, wie zusätzlichen Abholungen (z. B. beim Ausfall des Kühlsystems bei Landwirt*innen) oder ausgesetzten Abholungen (z. B. bei der Erkrankung einer Herde), zu reagieren. Basierend auf diesen sich ändernden Routenoptionen kann anschließend die Route tagesaktuell und optimiert bestimmt werden, um Faktoren, wie z. B. die Ver-

4 Die Maschine Economy in der Lebensmittelindustrie

kehrssituation sowie die gleichmäßige Beladung der Transportkammern im LKW sicherzustellen und so die Anzahl an transportierten Litern Milch maximiert und die Kosten pro Liter Milch minimiert.

Der Transportprozess vom landwirtschaftlichen Betrieb zur Pasteurisierungsanlage wird durch den beschriebenen Use Case optimiert ausgeführt. Es handelt sich bei allen beteiligten Akteuren um wirtschaftlich eigenständige Entitäten, die ihren eigenen wirtschaftlichen Nutzen durch Partizipation am Ökosystem optimieren können.

Pay-per-X-Exkurs

Ein neuartiges Geschäftsmodell, welches digitale Technologien nutzt, ist Pay-per-X (siehe Abbildung 4). Beim klassischen Kauf, der Leihe oder dem Leasing verpflichtet sich der/die Kund*in, einen einmaligen Preis oder einen Preis für einen bestimmten vordefinierten Nutzungszeitraum (z. B. einen Monat in bestimmten Raten) zu entrichten. Aufgrund von Unsicherheiten, ob und wann sich eine feste Anfangsinvestition oder Ratenzahlung amortisieren wird, können diese traditionellen Geschäfte für den/die Kund*in jedoch unrentabel sein, wenn z. B. die Nutzung anfangs überschätzt wird. Pay-per-X setzt an dieser Herausforderung an und fordert von dem/der Kund*in neben einer regelmäßigen Grundgebühr nur, dass er/sie so viel zahlt, wie er den Gegenstand auch genutzt hat (Cusumano et al., 2015). Parameter, um die Nutzung zu messen, sind beispielsweise Dauer des Gebrauchs (Pay-per-Time), die Anzahl gefahrener Kilometer (Pay-per-Kilometer) oder physikalische Mengeneinheiten (Pay-per-Volume z. B. Kubikmeter entnommene Luft bei Kompressoren).

Für die sinnvolle Umsetzung nutzt Pay-per-X neue Technologien. Das IoT ermöglicht die zunehmende Vernetzung von Gebrauchsgegenständen mit dem Internet und stellt die Grundlage dafür dar, dass Daten über die Nutzung der Maschinen gesammelt und weitergegeben werden können. Die Dauer und die Intensität des Gebrauchs wird über die Sensoren erfasst und an den Anbieter weitergegeben, sodass dieser an den/die Kund*in angepasst abrechnen kann (Petit, 2021). Durch Blockchain können transparente und dezentrale Zahlungsabwicklungen realisiert werden, während die Automatisierung der Abrechnung fälschungssicher über Smart Contracts abgebildet werden kann. Auch KI-Anwendungen können hier eingesetzt werden, um eine präzisere Abnutzungseinschätzung zu bestimmen.

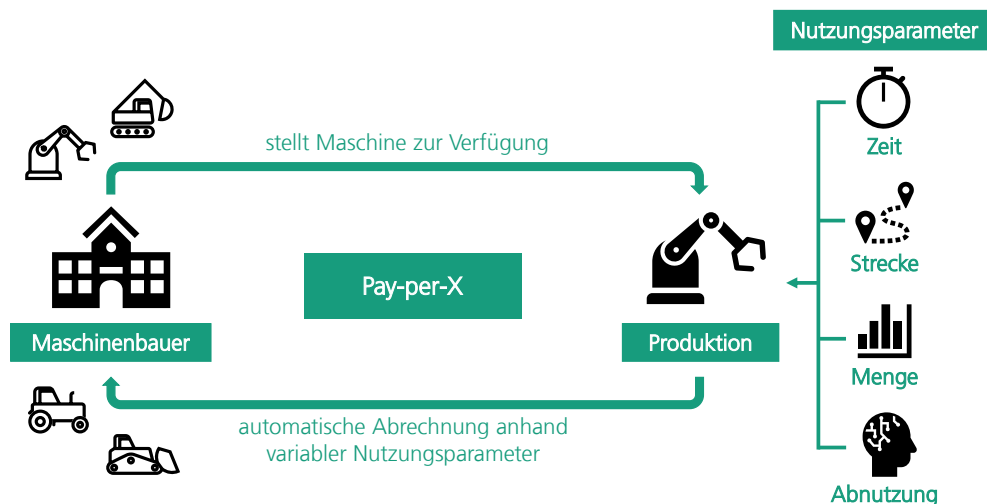


Abbildung 4: Darstellung von Pay-per-X



5 Ausblick

5 Ausblick

Durch die Konvergenz von IoT, KI und Blockchain können Maschinen langfristig zu eigenständigen Akteuren in Wertschöpfungsnetzwerken und ganzen Ökosystemen werden. Dies kann neue und innovative Prozessabläufe ermöglichen, die sowohl für Unternehmen als auch für die Gesellschaft große Potenziale bieten. Die einzelnen Technologien leisten sowohl in ihrer Singularität sowie insbesondere in ihrem Zusammenspiel einen wichtigen Beitrag zur Machine Economy. Das IoT erlaubt es, dass physische Objekte miteinander und mit dem Internet verbunden werden, um zusätzliche Informationen durch Sensoren bereitzustellen und neue Handlungsmöglichkeiten zu eröffnen. KI nutzt diese Informationen, um Prozesse dynamisch zu gestalten und im Laufe der Zeit selbstständig zu erlernen. Dies führt zu Möglichkeiten der Selbstregulierung und -optimierung von Maschinen, um höhere Autonomielevel zu erreichen. Schließlich wird durch die Blockchain-Technologie sichergestellt, dass Interaktionen zwischen Maschinen nachvollziehbar und ohne zentralen Intermediär unterstützt werden, wodurch das Vertrauen in die autonomen Prozesse der Machine Economy gestärkt wird.

Das Zusammenspiel der drei Technologien schafft großes Potenzial für Unternehmen, wie die Anwendung der Machine Economy in der Lebensmittelindustrie zeigt. Die Lebensmittelindustrie ist einer der größten und damit wichtigsten Industriezweige weltweit. Gleichzeitig existieren strenge Vorgaben und Regulierungen, die Standards im Bereich Lebensmittelhygiene und Qualitätssicherung definieren. Ob solche Standards eingehalten werden, wird in der Regel mit stichprobearbeitigen Tests kontrolliert. Sicherer, konsequenter und transparenter ist der Einsatz eines Digital Twins, welcher mittels Blockchain oder dezentraler Identitätsmanagementsysteme Inhaltsstoffe und Verarbeitungsschritte nachverfolgen kann. Gleichzeitig können intelligente Bilderkennungssysteme zur Identifizierung verdorbener Produkte eingesetzt werden. Blockchain kann auch dabei helfen, die Transparenz von Herkunft und Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln zu

erhöhen. Diese Funktion kann besonders bei der Glaubhaftigkeit von Nachhaltigkeitszertifizierungen helfen, womit sich Unternehmen eine höhere Reputationssicherheit erreichen können. Durch Globalisierung und schnellen Wandel werden die Wege von Lebensmitteln zunehmend komplexer. KI-Systeme können dabei helfen, große Datenmengen zu analysieren und Muster zu erkennen, um Lieferketten zu überblicken und bei Bedarf automatisiert und nachfrageorientiert Produkte zu bestellen. In Zukunft werden technologische Lösungen dazu beitragen, die Qualität von Lebensmitteln zu sichern, die Transparenz in Lieferketten zu erhöhen und die Verfügbarkeit von Produkten durch den Einsatz von intelligenten Agenten zu steigern.

Dabei stellt die Lebensmittelindustrie nur eine von vielen Anwendungsmöglichkeiten der Machine Economy dar. Zukünftig ist zu erwarten, dass die Machine Economy auch weitere Branchen nachhaltig verändern wird. Unabhängig von der Branche sind Entscheider*innen davon abhängig, sich sowohl persönlich einen großen fachlichen Wissensstamm aufzubauen als auch die Belegschaft fortzubilden und insbesondere methodisch so aufzustellen, dass die beschriebene Potenziale der Machine Economy systematisch genutzt werden können, um das langfristige Bestehen am Markt zu sichern.

Zur Nutzung des Potenzials der Machine Economy, sind grundlegende technische Fähigkeiten erforderlich. Dazu gehört ein ausgeprägtes Verständnis für eine Vielzahl moderner Technologien wie KI, IoT und Blockchain. Es erfordert aber vor allem auch die Fähigkeit, diese Technologien in einer ganzheitlichen Sichtweise zu betrachten und so die Synergien der Technologien in einem Gesamtsystem nutzbar zu machen.

Darauf aufbauend können dann individuelle Lösungen entwickelt werden, die mittelfristig zur Entstehung neuer Ökosysteme führen werden. Die Beteiligung an entsprechenden Ökosystemen muss durch nutzenstiftende Produkte und Dienstleistungen erfolgen. Hierbei stellt die Machine Economy neue Anforderungen an das Innovationsmanage-

5 Ausblick

ment. Für das Innovationsmanagement der Machine Economy gilt es, die komplexen zukünftigen Entwicklungen frühzeitig greifbar zu machen, um durch die frühe Herleitung von Lösungsansätzen einen Wettbewerbsvorteil zu erzeugen. Als Ergebnis entstehen Ideen, welche in wertschaffende digitale Innovationen übersetzt werden können.

Digitale Innovation beschreibt die Veränderung des Marktangebots eines Unternehmens in Form von neuartigen Produkten, Services, Prozessen und Geschäftsmodellen (Buck et al., 2022; Nambisan et al., 2019)

Mit unseren Kompetenzen als Institutsteil Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT können wir Ihnen dabei helfen, innovative Konzepte und Ideen zu entwickeln. Mithilfe unserer starken Verknüpfung praktischer Erfahrungen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen können wir Sie dazu befähigen, den technischen und ökonomischen Herausforderungen der Machine Economy bestmöglich zu begegnen. Aufbauend auf unserem Verständnis haben wir darüber hinaus eigene Innovationsmethoden spezifisch für die Potenzialerschließung digitaler Innovationen entwickelt. Unter anderem mithilfe der „Digital Opportunity Catalyst“ Methode helfen wir Unternehmen bei der systematischen Identifizierung und Nutzung der durch die Machine Economy neu entstandenen Chancen (Oberländer et al., 2021). Die Besonderheit dieser Methode ist, dass zur Umsetzung der Fokus auf die bereits im Unternehmen vorhandenen Ressourcen gelegt wird.

Mithilfe weiterer Methoden können wir Unternehmen bei der Entwicklung und der Beurteilung neuartiger Produkte und Dienstleistungen unterstützen, welche im direkten Zusammenhang mit den Implikationen der Machine Economy stehen.



Die Machine Economy wird in der Lebensmittelindustrie für eine höhere Effizienz und Qualität der Produkte sowie eine bessere Rückverfolgbarkeit sorgen.

Literatur

- Ågerfalk, P. J. (2020). Artificial intelligence as digital agency. *European Journal of Information Systems*, 29(1), 1–8. <https://doi.org/10.1080/0960085X.2020.1721947>
- BMEL. (2022). Pressemitteilungen - Trend zur Steigerung der Nachfrage nach Bio-Produkten hält weiter an. Verfügbar 3. Februar 2023 unter <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/20-oeke-barometer-2021.html>
- BMZ. (2022). Lieferketten. Verfügbar 1. November 2022 unter <https://www.bmz.de/de/themen/lieferketten>
- Buck, C., Kreuzer, T., Oberländer, A. M., Röglinger, M., & Rosemann, M. (2022). Four Patterns of Digital Innovation in Times of Crisis. *Communications of the Association for Information Systems*. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.05029>
- Castelló Ferrer, E. (2018). The Blockchain: A New Framework for Robotic Swarm Systems. In K. Arai, R. Bhatia & S. Kapoor (Hrsg.), *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) Advances in Intelligent Systems and Computing* (S. 1037–1058). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-02683-7{\textunderscore}77>
- Cusumano, M. A., Kahl, S. J., & Suarez, F. F. (2015). Services, industry evolution, and the competitive strategies of product firms. *Strategic Management Journal*, 559–575. Verfügbar 16. August 2022 unter <https://doi.org/10.1002/smj.2235>
- Doyle, Megan. (2020). 10 Core Trends Boosting Profitability in the Machine Economy. Verfügbar 15. März 2023 unter <https://nextbigthing.ag/blog/ten-core-trends-boosting-profitability-in-the-machine-economy>
- Fraunhofer IESE. (2023). Digitale Ökosysteme, Plattformen und Plattformökonomie. Verfügbar 7. März 2023 unter <https://www.iese.fraunhofer.de/de/leistungen/digitale-oesysteme.html>
- Fridgen, G., Lockl, J., Radszuwill, S., Rieger, A., Schweizer, A., & Urbach, N. (2018). A Solution in Search of a Problem : A Method for the Development of Blockchain Use Cases. In *Proceedings of the 24th Americas Conference on Information Systems (AMCIS)* (S. 3460–3469). <https://eref.uni-bayreuth.de/44279/>
- Huber, R., Oberländer, A. M., Faisst, U., & Röglinger, M. (2022). Disentangling Capabilities for Industry 4.0 - an Information Systems Capability Perspective. *Information Systems Frontiers*, 1–29. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10260-x>
- Jacobides, M. G., Cennamo, C., & Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39(8), 2255–2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>
- Jöhnk, J., Albrecht, T., Arnold, L., Guggenberger, T., Lämmermann, L., Schweizer, A., & Urbach, N. (2021). The Rise of the Machines: Conceptualizing the Machine Economy. *Proceedings Twenty-fifth Pacific Asia Conference on Information Systems*.
- Karnebogen, P., Oberländer, A. M., & Rövekamp, P. (2021). A Means to an End of the Other - Research Avenues at the Intersection of Organizational Digital Transformation and Digital Business Ecosystems. *ICIS 2021 Proceedings*. https://aisel.aisnet.org/icis2021/adv_in_theories/adv_in_theories/2
- Lahmann, Sylvester. (2022). Global Food & Beverage Survey Report. Verfügbar 1. November 2022 unter <https://www.wtwco.com/de-DE/Insights/2022/04/global-food-and-beverage-survey-report>
- Lebensmittelverband Deutschland. (2022). Qualitätsmanagement. Verfügbar 1. November 2022 unter <https://www.lebensmittelverband.de/de/lebensmittel/sicherheit/qualitaetsmanagement>
- Nambisan, S., Wright, M., & Feldman, M. (2019). The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes. *Research Policy*, 48(8), 103773. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.018>

Literatur

- Oberländer, A. M., Röglinger, M., & Rosemann, M. (2021). Digital opportunities for incumbents – A resource-centric perspective. *The Journal of Strategic Information Systems*, 30(3), 101670. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2021.101670>
- Papert, M., & Pflaum, A. (2017). Development of an Ecosystem Model for the Realization of Internet of Things (IoT) Services in Supply Chain Management. *Electronic Markets*, 27(2), 175–189. <https://doi.org/10.1007/s12525-017-0251-8>
- Petit, L. (2021). Pay-Per-X: Disruptive Geschäftsmodelle im Maschinenbau. Verfügbar 17. August 2022 unter <https://www.i40-bw.de/pay-per-x-disruptive-geschaeftsmodelle-im-maschinenbau-artikel/>
- RKI. (2022). Lebensmittelbedingte Ausbrüche. Verfügbar 1. November 2022 unter https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Ausbrueche/LM/lebensmittelbedingte_Ausbrueche_node.html
- Schuetz, S., & Venkatesh, V. (2020). Research Perspectives: The Rise of Human Machines: How Cognitive Computing Systems Challenge Assumptions of User-System Interaction. *Journal of the Association for Information Systems*, 460–482. <https://doi.org/10.17705/1jais.00608>
- Schweizer, A., Knoll, P., Urbach, N., von der Gracht, H. A., & Hardjono, T. (2020). To What Extent Will Blockchain Drive the Machine Economy? Perspectives From a Prospective Study. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(4), 1169–1183. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.2979286>
- Statista. (2022). Internet of Things – Market data analysis & forecasts. Verfügbar 4. August 2022 unter <https://de.statista.com/statistik/studie/id/109209/dokument/internet-der-dinge-market-outlook-report/>
- Yoo, Y., Henfridsson, O., & Lyytinen, K. (2010). Research Commentary —The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research. *Information Systems Research*, 21(4), 724–735. <https://doi.org/10.1287/isre.1100.0322>

Kontakt

Fraunhofer-Institut für
Angewandte Informationstechnik
FIT
Institutsteil Wirtschaftsinformatik
Wittelsbacherring 10
95444 Bayreuth
Telefon +49 921 55-4710
info@fit.fraunhofer.de
www.wi.fit.fraunhofer.de