ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of
ZBW
Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Meub, Lukas; Proeger, Till

Research Report

Künstliche Intelligenz in Handwerk und Mittelstand: Ein Forschungsüberblick

ifh Forschungsbericht, No. 1

Provided in Cooperation with:
Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh)

Suggested Citation: Meub, Lukas; Proeger, Till (2022) : Künstliche Intelligenz in Handwerk und Mittelstand: Ein Forschungsüberblick, ifh Forschungsbericht, No. 1, Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh), Göttingen, https://doi.org/10.47952/gro-publ-105

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/266611

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Künstliche Intelligenz in Handwerk und Mittelstand

Ein Forschungsüberblick

www.ifh-goettingen.de

ifh Forschungsbericht 1

Lukas Meub, Till Proeger

Volkswirtschaftliches Institut
für Mittelstand & Handwerk
an der Universität Göttingen

CC BY NC ND

2022

Veröffentlichung des
Volkswirtschaftlichen Instituts für Mittelstand und Handwerk
an der Universität Göttingen
Forschungsinstitut im Deutschen Handwerksinstitut e.V.

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Die Wirtschaftsministerien der Bundesländer

DHKT DEUTSCHER HANDWERKSKAMMERTAG

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über **http://dnb.dnb.de** abrufbar.

ISSN 2751-2215
DOI-URL: https://doi.org/10.47952/gro-publ-105

Alle Rechte vorbehalten

ifh Göttingen | Heinrich-Düker-Weg 6 | 37073 Göttingen
Tel.: +49 551 39 174882
E-Mail: info@ifh.wiwi.uni-goettingen.de
Internet: www.ifh-goettingen.de

GÖTTINGEN | 2022

© Titelmotiv: AdobeStock.com, Sergey

Künstliche Intelligenz in Handwerk und Mittelstand

Ein Forschungsüberblick

Zusammenfassung: Welche Rolle kann künstliche Intelligenz im Handwerk spielen? Die vorliegende Publikation fasst die internationalen und nationalen Forschungsergebnisse für Handwerk und Mittelstand der vergangenen Jahre zusammen, sammelt Beispielanwendungen, beschreibt Hemmnisse und Erfolgsfaktoren und diskutiert die bestehenden Transferkanäle, um die künftige Rolle von KI im Handwerk zu beurteilen.

Die Forschungsliteratur zeigt, dass die Einführung von KI-Anwendungen kleine und mittlere Unternehmen (KMU) grundsätzlich vor dieselben Herausforderungen stellt und mit denselben Struktureigenschaften umgehen muss, wie sie von der Digitalisierung schon bekannt sind. Die Herausforderung ist jedoch im KI-Bereich ungleich höher: Während grundsätzlich jeder Betrieb mit hohem Datenaufkommen für die Anwendung künstlicher Intelligenz geeignet ist, ist der Ressourcenaufwand einer eigenständigen Erstellung und Implementierung für Einzelbetriebe in der Regel unrealistisch hoch und bislang tendenziell inkompatibel mit den Struktureigenschaften kleinerer KMU.

Ein geeigneter Ansatzpunkt zur Änderung dieser Situation sind **KI-Dienstleistungen**, die auf Basis von branchenspezifischen Datenpools entwickelt werden. Dadurch können überbetriebliche Daten spezifischer Anwendungsfelder Forschungseinrichtungen zur Verfügung gestellt werden. Diesen wird dadurch ermöglicht, spezifische KI-Anwendungen zu erstellen und über Neugründungen zu kommerzialisieren. Auf diesem Wege kann künstliche Intelligenz in spezifischen Anwendungsfeldern als Dienstleistung für die Betriebe eines Handwerkszweiges als allgemein nutzbares Produkt zur Verfügung gestellt werden.

Um diesen Transferkanal zu etablieren, können Handwerks- und Mittelstandspolitik dafür im Vorfeld Datenverbünde organisieren, um hiermit Verbindungen zur KI-Forschung herzustellen und nach Entwicklung niedrigschwellig anwendbarer Produkte die KMU und Handwerksbetriebe bei der Nutzung und Verbreitung der so entstehenden KI-Dienstleistungen im Handwerk unterstützen.

Volkswirtschaftliches **Institut**
für **Mittelstand & Handwerk**
an der Universität Göttingen

Inhaltsverzeichnis

1 **Einleitung** **5**

2 **Künstliche Intelligenz — Grundlagen** **6**

3 **AI in SME's — der internationale Kontext** **8**
3.1 Grundlagen 8
3.2 Hemmnisse bei der KI-Einführung 11
3.3 Erfolgsfaktoren bei der KI-Einführung 13
3.4 Fazit zur internationalen Forschungsliteratur 15

4 **KI im Mittelstand** **17**
4.1 Grundlagen 17
4.2 Einzelstudien 21
4.3 Transfer-Papiere 23
4.4 Transfer-Organisationen 25
4.5 Policy-Ebene 26

5 **KI im Handwerk** **28**
5.1 Studien 28
5.2 Forschungsprojekte 30
5.3 Positionspapiere 31
5.4 Mittelstand-Digital — Zentrum Handwerk 31
5.5 Bestehende Anwendungsfelder von KI im Handwerk 32

6 **Diskussion: KI-Anwendungen im Handwerk** **34**
6.1 Ergebnisse der Forschungsliteratur 34
6.2 KI-Einführung und Digitalisierung 35
6.3 Vier Ebenen der KI-Nutzung im Handwerk 36
6.4 Fokus der KI-Förderung 37

7 **Literatur** **38**

1. Einleitung

Die Anwendung von künstlicher Intelligenz (KI) ist in den vergangenen Jahren ein zentrales Thema in Diskussionen um Digitalisierung und betriebliche Innovationsleistung geworden. Wie bei jeder technologischen Entwicklung im Themenfeld der Digitalisierung wurden starke Hoffnungen und Erwartungen formuliert, wie sich die mittelständische Betriebsführung und gesamte Branchen durch den Technologieeinfluss grundlegend verändern werden. Nach einigen Jahren der Diskussionen und Anwendungsbemühungen kann ein erster Überblick über die Forschungs- und Transferinitiativen gegeben werden und Implikationen für die Förderung der Diffusion von KI-basierten Technologien in Mittelstand und Handwerk gezogen werden.

Die vorliegende Studie fasst dafür die deutsche und internationale Studienlage zur Anwendung von künstlicher Intelligenz in mittelständischen Unternehmen und speziell dem Handwerkssektor zusammen und diskutiert die Implikationen für die Innovationsförderung der Handwerkspolitik. Entsprechend wird der Stand und die Förderung der Technologiediffusion als zentrale Dimension betrachtet, während technische Grundlagen nur grundlegend behandelt werden. Auf diese Weise können umfassend Strukturen der Technologieadaption anhand (inter-)nationaler Studien nachgezeichnet werden, zentrale Anreize und Hemmnisse identifiziert werden und die Erkenntnisse auf das Handwerk angewendet werden. Dabei zeigt sich ein kohärentes Bild zwischen internationalen KMU und den für den deutschen Mittelstand bzw. für das Handwerk identifizierten Eigenschaften.

Ebenso zeigt sich, dass die Schwierigkeiten bei der KI-Anwendung denen der Digitalisierung allgemein gleichen und somit in der Förderung prinzipiell dieselben Maßstäbe angelegt und ähnliche Strukturen genutzt werden können. Gleichwohl sollte die KI-Anwendung aufgrund ihrer Komplexität und den umfänglichen Voraussetzungen in Anwendungsbetrieben nicht als direkte Weiterführung der bestehenden Ansätze zur Digitalisierung verstanden werden, sondern als Forschungs- und Entwicklungsbereich, an dem mittelständische Unternehmen mit speziellen Eigenschaften zwar partizipieren können, dessen Fähigkeit zur Breitenanwendung jedoch bislang nur in Ausnahmefällen vorliegt.

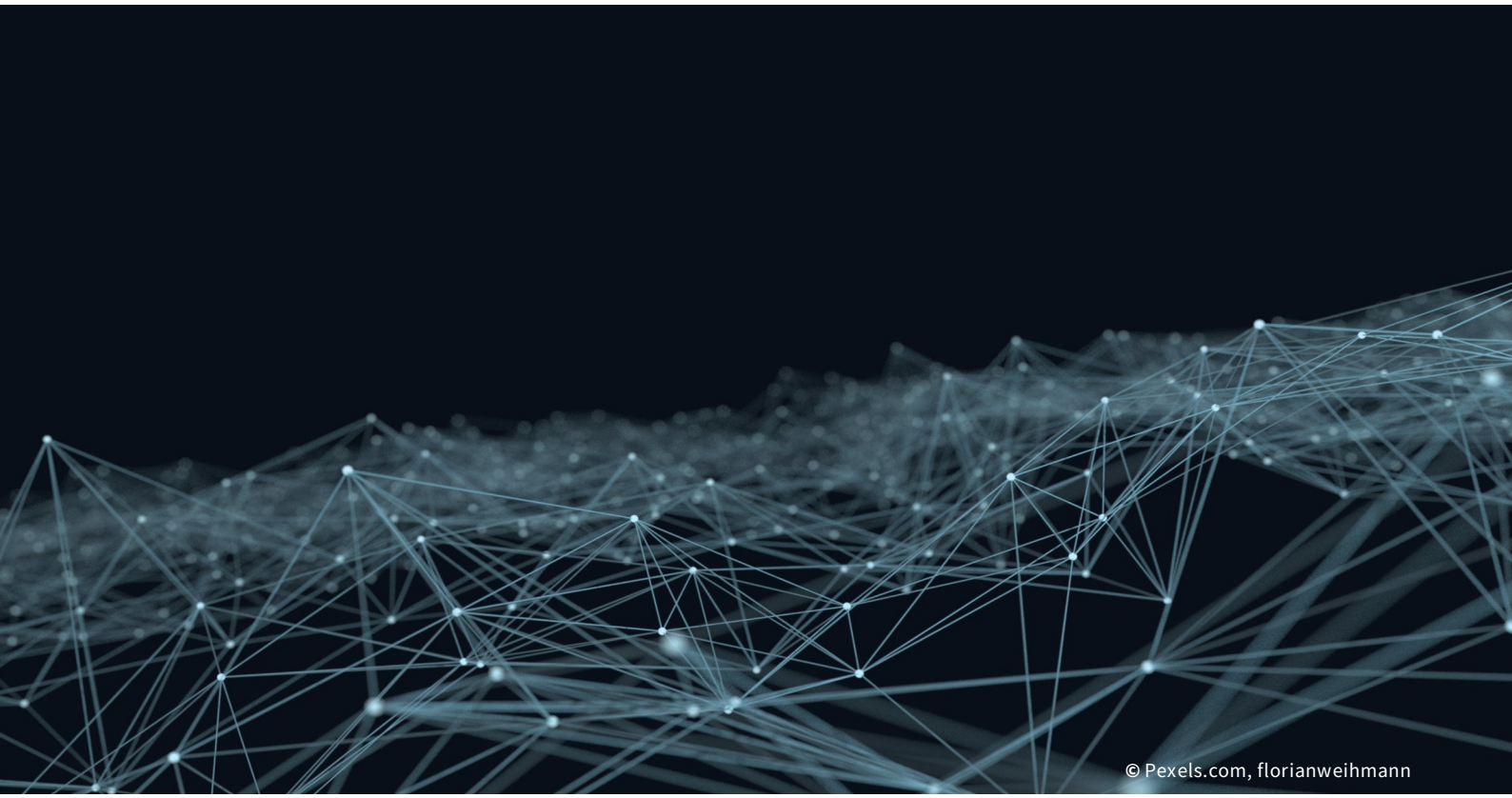
An dieser Erstellung von niedrigschwellig nutzbaren KI-Anwendungen können Forschungsinitiativen gemeinsam mit Unternehmen arbeiten und die Mittelstandspolitik kann diese Kooperationen unterstützen. Für die bestehenden und künftig zu entwickelnden Anwendungsmöglichkeiten können Beratungsangebote und Transferinitiativen eine Verbreitung bei kleineren Unternehmen unterstützen. Es bietet sich folglich eine konzeptionelle Trennung zwischen Diffusionsbemühungen neuer, anwendungsbereiter Technologien und der Forschungsförderung im Bereich KI an. Aufgrund des technologischen Standes von KI sind bislang vor allem letztere Initiativen geboten. Eine Vermischung mit den bestehenden Diffusionsbemühungen im Bereich der allgemeinen Digitalisierung erscheint hingegen wenig zweckmäßig.

Diese Studie zielt darauf ab, die Rolle von KI für das Handwerk zu untersuchen. In Kapitel 2 wird einleitend Grundlagenwissen zur KI dargestellt. Da die Studienlage zu KI im Handwerk bislang begrenzt ist, fasst Kapitel 3 zunächst bisherige Studien der internationalen Forschungsdiskussion zur KI in KMU zusammen. Darauf folgend wird die Forschungslage zur KI im deutschen Mittelstand und Handwerk beschrieben (Kapitel 4 und 5) und schließlich übergreifend die Rolle von KI im Handwerk diskutiert (Kapitel 6).

2. Künstliche Intelligenz — Grundlagen

Die Künstliche Intelligenz (KI) ist ein Teilgebiet der Informatik, das daran arbeitet, Maschinen und damit verbundene Computertechnologie zu „intelligenter“ Handlungsweise zu befähigen, wobei keine spezifische Definition von Intelligenz zugrunde liegt. Kerntechnologie der künstlichen Intelligenz ist das maschinelle Lernen (ML). ML beschreibt Lernalgorithmen, die verschiedene Formen von Daten nutzen, um komplexe Modelle zur Repräsentation der Strukturen der jeweiligen Datengrundlage zu entwickeln. Diese Modelle können im Anschluss auf andere Daten derselben Art angewendet werden, um Prognosen, Empfehlungen und Entscheidungen zu erstellen. Die Entwicklung maschinellen Lernens beginnt in den 1940er Jahren, wobei Phasen wissenschaftlichen Fortschritts von Phasen der Stagnation unterbrochen wurden. Durchbrüche waren dabei insbesondere durch die technische Entwicklung der Computertechnologie um die Jahrtausendwende zu verzeichnen. In der Folge verstärkte sich die Forschung und praktische Erfolge im Bereich der KI (vgl. Döbel et al., 2018 für einen ausführlichen historischen Überblick).

Entscheidende Vorbedingung für den effektiven Einsatz des maschinellen Lernens sind große Datenmengen in einem eng abgegrenzten Feld, die zum Training der Modelle genutzt werden können. Beispiele für nutzbare Datenquellen sind Sensordaten, Texte oder Bilder, anhand derer Modelle aufgestellt und verbessert werden können. Die anschließende Anwendung der Modelle kann sowohl in physische Maschinen und auch rein digital in IT-Anwendungen erfolgen. Die Qualität des Modells und damit auch der erzielten Resultate in der Anwendung hängt entscheidend von der Qualität und der Menge der Trainingsdaten ab. Die Erwar-



tung für die Zukunft der Anwendung von maschinellem Lernen im Kontext von künstlicher Intelligenz ist die immer tiefergehende Analyse von Daten in allen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Zusammenhängen, um durch ein tieferes Verständnis der zugrundeliegenden Strukturen effizientere Prozesse und effektive Entscheidungsunterstützung zu ermöglichen. Ökonomisch betrachtet werden neue Geschäftsmodelle und Effizienzgewinne in bestehenden Branchen erwartet, die durch ein tieferes Verständnis und bessere Planbarkeit von Unternehmensprozessen zustande kommen (vgl. Döbel et al., 2018).

Auf Ebene der Patente für ML-Techniken stehen die USA und China an der Spitze der Entwicklung, wobei Korea und Japan folgen. Deutschland spielt eine geringe Rolle. Auf Deutschland bezogen sind die Patentanmelder vorrangig Großunternehmen, v.a. Siemens, Bosch, Deutsche Telekom, Daimler, BMW und SAP. Mittlere und kleinere Unternehmen spielen eine geringere Rolle, wobei die Patentanmeldungen keine Aussage zur faktischen Anwendung von ML-Technik ermöglichen. Dennoch zeigen die Patentanmeldungen an, wie die internationalen Forschungs- und Entwicklungszentren gelegen sind. Trotz dieser für Deutschland schwachen Position ist Berlin nach London Europas zweitgrößtes Zentrum für KI-Start-Ups, wobei insgesamt die „deutsche ML-Unternehmenslandschaft heterogen und fragmentiert“ (Döbel et al., 2018, S. 25) ist. Sie ist von Großunternehmen und Forschungseinrichtungen geprägt und hat wenige Kontaktpunkte zum klassischem Mittelstand. Diese geringe Durchdringung der mittelständischen Wirtschaft hat zur expliziten Zielsetzung eines besseren Transfers zu KMU in der deutschen nationalen KI-Strategie von 2018 geführt. Die zentralen Schwierigkeiten beim Technologietransfer liegen – wie bei vielen Digitalisierungsthemen – in der hohen Unsicherheit einer Neuentwicklung von Technologie, dem Mangel an spezifischer Kompetenz in den Unternehmen und einer zu geringen bzw. verstreuten Datenmenge (vgl. Döbel et al., 2018; siehe auch Heinen et al., 2021 für das Handwerk). Trotz dieser Schwierigkeiten und einer global betrachtet schwachen Position bestehen für die mittelständisch geprägte Unternehmenslandschaft in Deutschland erhebliche Potenziale bei der Adaption von KI, wobei insbesondere die Automatisierung von Produktionsprozessen und die Optimierung firmeninterner Prozesse die Position deutscher Unternehmen stärken kann. Umgekehrt bedeutet die dauerhaften Nicht-Implementierung der vorhandenen technischen Möglichkeiten ein Zurückfallen im globalen Wettbewerb, der langfristige negative Auswirkungen auf Wertschöpfung und Wohlstand haben würde. Dabei ist eine der zentralen Herausforderungen der Aufbau von Transferstrukturen, der die vorhandenen Forschungskapazitäten effektiv mit der Unternehmenslandschaft verbindet und dabei die Besonderheiten und Stärken der mittelständischen Wirtschaft berücksichtigt.

Im Folgenden werden dafür die bisherigen Untersuchungen zur (internationalen) Umsetzung in Mittelstand und Handwerk zusammengefasst und zentrale Ergebnisse abgeleitet. Im Anschluss wird die Anwendung im Handwerk diskutiert.

3. AI in SMEs — der internationale Kontext

In diesem Kapitel wird die Fragestellung behandelt, wie der Wissensstand der Adaption von KI bei KMUs in der internationalen Forschungsliteratur aussieht. Grundlage ist eine strukturierte Recherche der internationalen Forschungsliteratur zum Themenbereich künstlicher Intelligenz und KMU bei Google Scholar sowie eine unstrukturierte Suche über zitierte Studien in den relevanten Forschungsartikeln. Das Ziel ist es dabei, eine übergreifende Einordnung der deutschen Diskussion um die KI-Förderung in Mittelstand und Handwerk zu geben und zentrale Ergebnisse der Forschung zu formulieren.

Übergreifend fügt sich die Literatur in die Forschungslinien zur Technologieadaption mit Bezug auf KMU ein, wobei insbesondere auf die Besonderheiten von KI eingegangen wird. Prinzipiell werden KI-Anwendungen für KMU jedoch nicht anders als andere Aspekte der Digitalisierung mit ähnlichen Konzepten analysiert. Entsprechend sind die Herausforderungen und Adaptionsmuster vergleichbar mit vergangenen Innovationswellen im Bereich der Informationstechnologie, wobei insbesondere die zentralen Eigenschaften der KMU für die langsamere Technologieadaption verantwortlich sind.

Der folgende Literaturüberblick ist gegliedert in Grundlagen der KI-Adaption bei KMU sowie Hemmnisse und Erfolgsfaktoren. Ein Fazit fasst die zentralen Ergebnisse der Studien zusammen.

3.1 Grundlagen

Hansen & Bogh (2021) fassen die Literatur zu KI und Internet of Things (IoT) und ihrer Anwendung in KMU zusammen. Dabei wird zunächst auf Basis bestehender Studien festgehalten, dass KMU auf dem Weg zur „Industrie 4.0“ keine umfängliche Umsetzung aller technischen Möglichkeiten benötigen, sondern dass die Kombination aus IoT-Anwendung und KI zur Analyse der dort entstehenden Daten zentral für die Steigerung der Leistungsfähigkeit ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass dieser Ansatz ein erhebliches Potenzial hat, aber KMU selbst keine Fähigkeiten zur eigenständigen Implementierung haben – entsprechend müssen Forschungseinrichtungen die Implementierung in KMU vorbereiten und fördern. Konzeptionell werden Schnittmengen der drei Bereiche KMU, KI und IoT betrachtet, die wiederum drei mögliche Anwendungsfelder ergeben: Modelle, intelligente Entscheidungssysteme, Produktionsdaten und Prognose-Analytik (predictive analytics) (siehe Abb. 1.). Die Prognose-Analytik stellt dabei das Fernziel einer weitgehend datengestützten Produktion dar, für die sich in KMU bislang keine oder sehr wenige Anwendungsfälle zeigen.

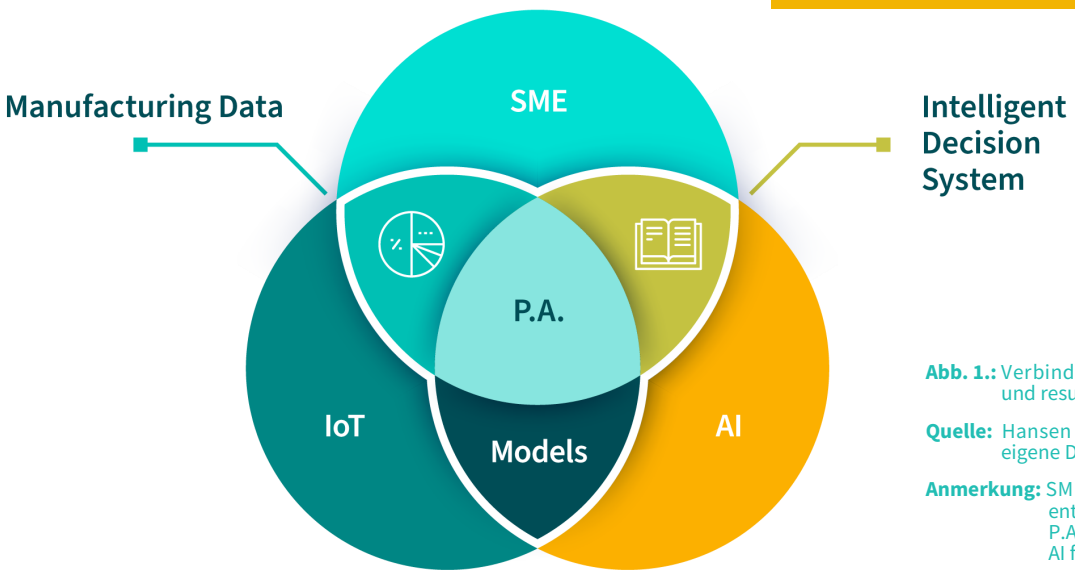


Abb. 1.: Verbindungen von IoT, KMU und KI und resultierende Anwendungen

Quelle: Hansen & Bogh (2021), S. 4, eigene Darstellung

Anmerkung: SME steht für small and medium-sized enterprises, IoT für internet of things, P.A. für predictive analytics und AI für artificial intelligence.

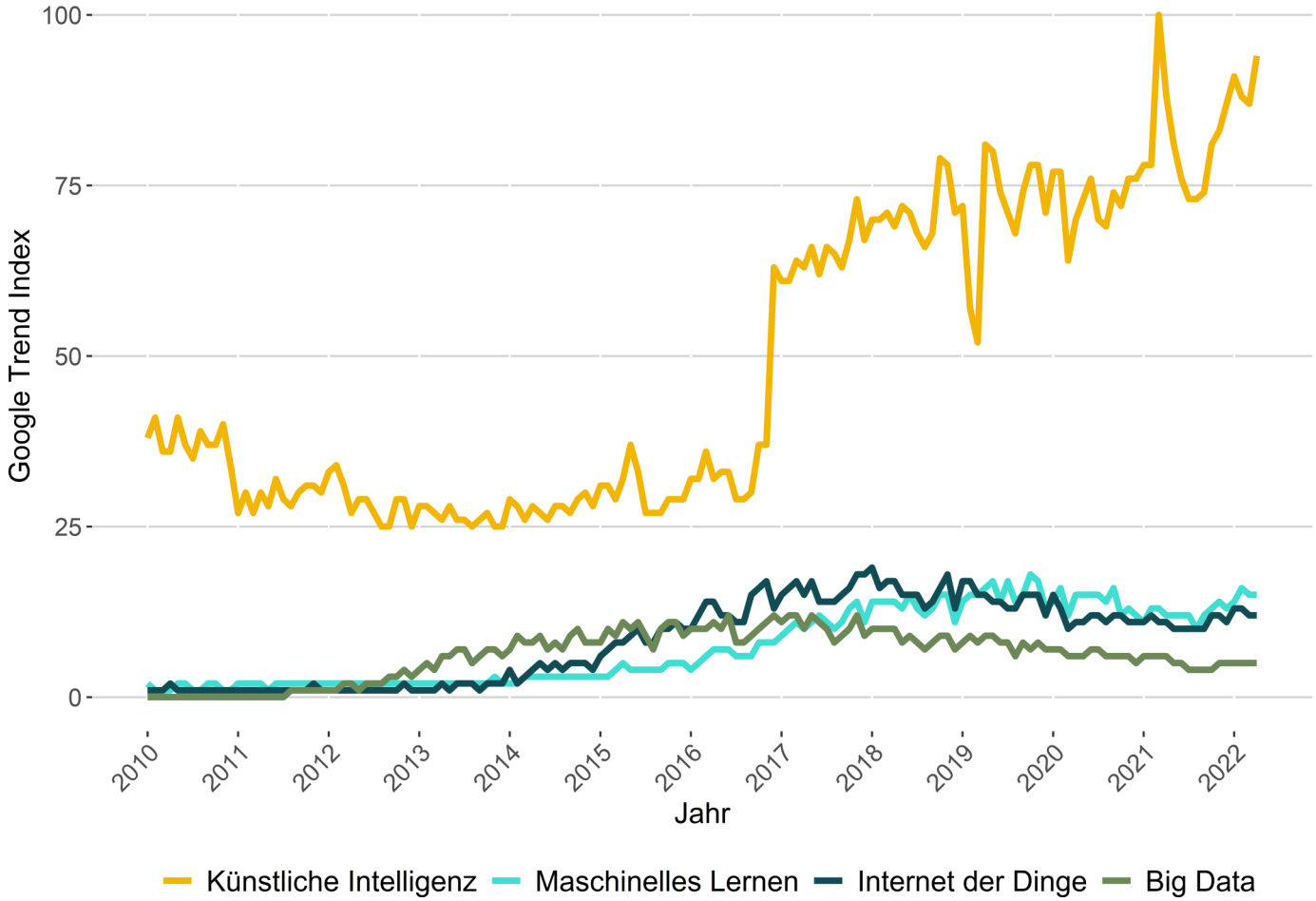


Abb. 2.: Google Suchtrends nach zentralen Begriffen
Quelle: Daten von Google Trends, eigene Darstellung

Abb. 2 zeigt die relativen Suchhäufigkeiten der relevanten Themen im Kontext künstlicher Intelligenz für Deutschland seit 2010. Dabei zeigt sich seit etwa 2013 bereits ein gesteigertes Interesse an Big Data, ab 2015 für das Internet der Dinge und für maschinelles Lernen etwa ab 2016. Das maschinelle Lernen zeigt dabei einen leicht zunehmenden Trend der Bedeutung, während Big Data und das Internet der Dinge eher wieder an Relevanz in den letzten beiden Jahren verloren haben. Für den Themenkomplex KI insgesamt ist ein sprunghafter Anstieg der Relevanz in 2016 festzustellen und ein stark zunehmender Trend seitdem. Grundlegend belegt die Übersicht das steigende Interesse an den Kernthemen KI, IoT und ML seit 2016, was dafürspricht, dass in diesem Zeitraum die weitgehende Technologiediffusion in den Unternehmen beginnt und entsprechend ein größeres öffentliches Interesse besteht. Dies erklärt auch, warum wissenschaftliche Studien zur Nutzung in KMU noch begrenzt sind, da die Technologiediffusion hier noch wesentlich geringer fortgeschritten ist.

Der Literaturüberblick von Hansen & Bogh (2021) stützt sich auf 37 Studien mit explizitem thematischen Fokus auf KI-Anwendungen und KMU aus dem produzierenden Gewerbe.

Es zeigen sich als zentrale Ergebnisse:

- Kleinere IoT-Anwendungen können ohne großen Aufwand erfolgreich umgesetzt werden. Dennoch ist die generelle Adaption von IoT sehr gering, wobei fehlendes Wissen und Expertise als Grund genannt werden. Treibende Faktoren der Einführung kamen v.a. aus der Firma selbst, nicht von außen (z.B. Kunden oder Lieferanten).

- Ein Hemmnisfaktor ist weiterhin, dass die Produkt-ionsmaschinen der Unternehmen lange genutzt werden. Dadurch werden diese Maschinen inkrementell verbessert und sehr selten komplett neue Anlagen gekauft. Insofern können KI-Anwendungen oftmals nicht mit dieser älteren Technik verwendet werden.

- Eine realistische Zukunftsvision ist nicht die Ausstattung von kompletten Produktionsanlagen mit IoT-Ausrüstung, sondern die kostengünstige Etablierung von lokalen Predictive Analytics-Systemen an einzelnen Maschinen zur unternehmensweiten Analyse der Daten eines spezifischen Prozesses.

Übergreifend stellen die Autoren heraus, dass die Anwendung von IoT und KI in einzelnen Maschinen kostengünstiger und realistischer ist als eine digitale Abbildung der vollständigen Produktion. Daher sollten KMU diese Anwendung anstreben. Die Anwendung erfolgte in diesen Beispielen über IoT-Technologie in Kombination mit einfachen Cloud-Lösungen. Die Autoren plädieren entsprechend dafür, dass dieser Entwicklungsweg künftig stärker für KMU beschritten wird, um schrittweise günstige und einfache Anwendungen auszubauen.

Tanane et al. (2022) präsentieren einen konzeptionellen Rahmen für die Umsetzung von vorausschauender Wartung (predictive maintenance) bei produzierenden KMU und betonen, dass bislang alle wesentlichen Industrie 4.0-Ansätze für größere Firmen konzipiert wurden, sodass die Bedarfe von KMU trotz ihrer zahlenmäßigen Relevanz nicht abgedeckt werden. Als Gründe werden neben Ressourcenbeschränkungen die Vielzahl an möglichen technologischen Ansätzen gesehen, bei denen KMU schwerlich einen Überblick schaffen können. Weiterhin sind die Kosten des kompletten Ersetzens der bestehenden Maschinenausstattung prohibitiv hoch, sodass fortgeschrittenere Stadien der KI-Nutzung nicht erreicht werden.

Dumbach et al. (2021) untersuchen KMU aus dem medizinischen Bereich und vergleichen die KI-Nutzung zwischen China und Deutschland. Dabei zeigen sich als zentrale Vorteile der KI-Nutzung die Effizienzgewinne, Marketing-Vorteile, Erhöhung der Leistungsfähigkeit, die Reduktion der Arbeitslast für medizinische Fachkräfte, Kostenreduktion, Vermeidung menschlicher Fehler und die Gewinnung von Fachkräften. Die deutschen KMU zeichnen sich dadurch aus, dass die Gewinnung von Fachkräften und die Werbewirksamkeit von KI deutlich wichtiger als bei den chinesischen Firmen eingeschätzt werden. Auf Seite der Herausforderungen sind insbesondere die Datenqualität und -verfügbarkeit, die KI-Regulierung, der Mangel an Experten und die Transparenz und Interpretabilität der Ergebnisse schwierig. Für Deutschland sind insbesondere die Datenverfügbarkeit, die Transparenz, der Mangel an Experten und die Regulierung wichtiger als bei den chinesischen KMU. Übergreifend zeigen sich in beiden Staaten ähnliche Problemmuster bei der Adaption; wichtiger sind jedoch der stärkere Mangel an Daten und Fachkräften sowie Regulierungsprobleme.

Crockett et al. (2021) untersuchen den Aspekt der KI-Ethik und der Adaption von Tools zur Sicherstellung ethischer KI-Standards. Dafür werden eine Reihe verschiedener Tools genutzt und die Nutzbarkeit für KMU getestet. Dabei zeigt sich, dass KMU entsprechende Werkzeuge selten nutzen und es wenige KMU-spezifische Unterstützungen gibt. Im Artikel wird ein Mechanismus zur einfachen Zuordnung entsprechender Tools für KMUs präsentiert, der sich an den Kapazitäten, Ressourcen und ethische Standards des Unternehmens ausrichtet.

3.2 Hemmnisse bei der KI-Einführung

Aarstad & Saidl (2019) untersuchen Hemmnisse bei der Einführung von KI-Systemen in KMU. Dafür wird zunächst ausführlich die bisherige Literatur betrachtet, die sich mit der Entscheidung für die Adaption eines KI-Systems auseinandersetzt. Dabei werden zehn Konzepte aufgestellt, die bei der Entscheidung eine Rolle spielen. Diese sind: der wahrgenommene Wert der KI, der „black-box"-Charakter von KI, die Erfordernisse des jeweiligen Daten-Ökosystems, die Passfähigkeit in die eigene Strategie und Ressourcenverfügbarkeit, die Fähigkeiten zur Digitalen Transformation, die Bereitschaft der Organisation, die Unterstützung durch das Management, das Vorhandensein von KI-Fähigkeiten, die Risikowahrnehmung in der Organisation sowie die Zugänglichkeit von KI-Technologie. Abb. 3. verdeutlicht das Zusammenspiel der Faktoren bei der Entscheidung für oder gegen eine Adaption von KI, wobei keine Wertung zwischen den Einzelfaktoren vorgenommen wird.

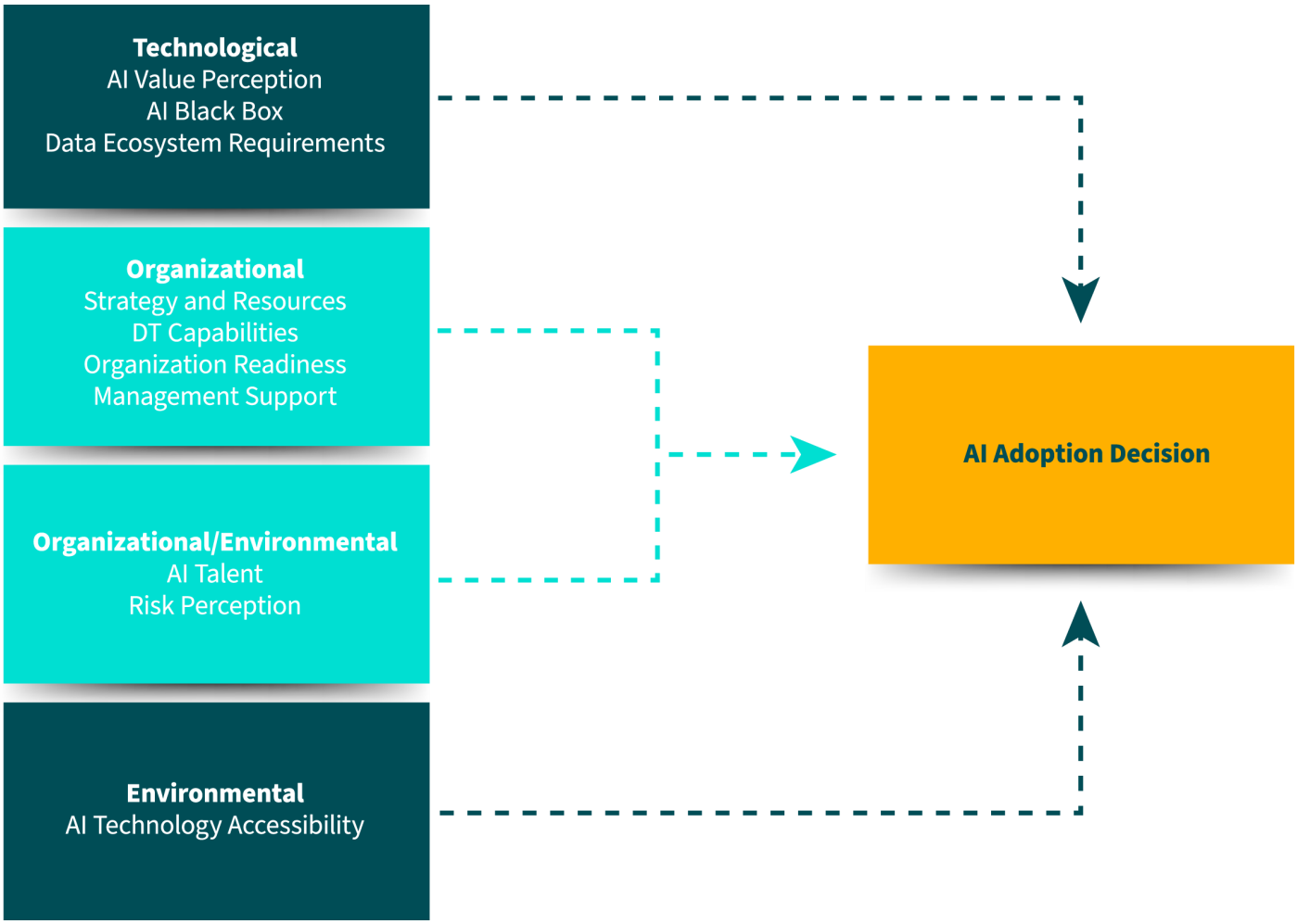


Abb. 3. Dimensionen der Technologieadaption

Quelle: Aarstad & Saidl (2019), S. 33., eigene Darstellung

In diesem theoretischen Rahmen werden auf Basis von Interviews mit KMU die zentralen Hemmnisse für die Adaption von KI analysiert.

Übergreifend stellen Aarstad & Saidl (2019) damit eine umfängliche Liste möglicher Herausforderungen bei der KI-Einführung in KMU zusammen. Diese gelten in ähnlicher Form auch für jedes Digitalisierungsprojekt in KMU, zeigen jedoch auch die im KI-Bereich größeren Schwierigkeiten durch die abstrakte und durch bislang wenige praktische Erfahrungen unterlegte Struktur von KI-Anwendungen.

Bunte et al. (2021) bestätigen im Wesentlichen die zentralen Hemmnisse in Deutschland, Österreich und der Schweiz, insbesondere fehlendes Wissen und Fähigkeiten, die zu lange Amortisationszeit sowie eine zu geringe Firmengröße und damit zu wenig Raum für Verbesserungen. Sie betonen, dass eine klarere Definition von KI und ein messbarer Nutzen für die Unternehmen wichtig sind, um eine Entscheidung für die Nutzung von KI einzuleiten.

Iftikhar & Nordbjerg (2021) analysieren und diskutieren die Schwierigkeiten der KI-Einführung für KMU am Beispiel dänischer Unternehmen. Dabei zeigen sich Schwierigkeiten bspw. bei der Etablierung einer konkreten Anwendung im Geschäftsmodell oder der organisationalen Kultur, bei der Einführung neuer Technologien, bei der Investitionshöhe in die neuen Technologien, dazu fehlende Fähigkeiten beim Entwicklungsprozess und der Aufstellung einer geeigneten Strategie.

Delponte & Tamburrini (2018) stellen in einem Bericht für das Europäische Parlament strategische Überlegungen zur KI-Durchsetzung in europäischen Unternehmen dar. Dabei wird u.a. auf die Schwierigkeiten der KI-Durchsetzung in KMU abgestellt. Grundlegend sind dabei drei Hemmnisse vorhanden: fehlende interne Fähigkeiten, regulatorische Risiken und fehlende Marktreife unmittelbar nutzbarer KI-Anwendungen sowie die nur bedingte soziale Akzeptanz von KI. Bei der zugrundeliegenden Umfrage zeigen KMU jeweils etwas stärkere Bedenken in den entsprechenden Hemmnissen.

Die Ergebnisse werden auf 20 verschiedene Hemmnisse verdichtet:

- Fehlende KI-Kompetenz
- Abhängigkeit von externen Dienstleistungen
- Mangel an IT-Kompetenzen und Wissen
- Keine oder zu geringe Erfahrung mit KI
- KI- oder Technologieskepsis
- Widerstand gegen Veränderungen
- Unklarer Nutzen der KI-Einführung
- Konkurrierende Prioritäten im Unternehmen
- Alter der Beschäftigten
- Stetig konkurrierende Problemlösung im Unternehmen
- Mangel an Verständnis für KI
- Begrenzte Ressourcen
- Mangel an klarem Business Case zur Einführung
- Qualifikationsmängel bei den Beschäftigten
- Finanzielle Beschränkungen
- Inkompatibilität von KI-Anwendungen mit bestehenden IT-Systemen
- Kein Verfolgen aktueller KI-Trends und Möglichkeiten
- Kosten der KI-Lösung
- Risiko des Reputationsverlusts und Schaden bei Kundenbeziehungen
- Unternehmen verfolgt Prozesse oder Aufgaben, die nur schwer über KI-Prozesse abbildbar wären

3.3 Erfolgsfaktoren bei der KI-Einführung

Kinkel et al. (2022) stellen zunächst heraus, dass sich der Großteil der Forschungsliteratur bislang mit spezifischen technologischen Anwendungen und weniger mit der Adaption der bestehenden KI in Unternehmen befasst. Da die Mehrzahl der Unternehmen KI bislang noch nicht nutzt, präsentieren sie internationale Umfragedaten aus dem produzierenden Gewerbe zur erfolgreichen Umsetzung von KI-Projekten. Zentral sind dabei organisationale Faktoren wie digitale Fähigkeiten, Firmengröße und FuE-Intensität. Im Hinblick auf die internationale Aktivität machen die Forschungsintensität sowie Wissensfokus und Service-Orientierung der Unternehmen eine Einführung von KI im Heimatstandort und in den ausländischen Produktionsstätten wahrscheinlicher. Übergreifend wird deutlich, dass vor allem größere, FuE-, Service- und wissensgetriebene Unternehmen KI einführen. Dies kann als komplementärer Befund zu Aarstad & Saidl (2019) gelesen werden und erklärt spiegelbildlich die schwache Nutzung von KI in KMU, die obige Eigenschaften in aller Regel nicht aufweisen. Bettoni et al. (2021) kommen hinsichtlich der Unternehmensgröße zum selben Ergebnis.

Sandkuhl (2019) weist darauf hin, dass medial und gesellschaftlich mit starken Erwartungen aufgeladene Technologien wie KI das Risiko von gescheiterten Innovationsprojekten in Firmen erhöhen können. In der Studie werden zwei Unternehmen untersucht, die auf organisationaler Ebene KI-Anwendungen einführen. Dabei zeigt sich ein starker Fokus auf die Technologie selbst und nicht die Organisationsstrukturen der Unternehmen, sodass die saubere Prozessintegration und die Datenverfügbarkeit vernachlässigt werden, was zum Scheitern der Einführung führen kann. Um diesem Problem abzuhelfen, schlägt der Beitrag eine Komponente zum Management der Organisationsarchitektur vor. Diese beschreibt, wie der organisationale Kontext für die Analyse der Nutz- und Anwendbarkeit von KI-Anwendungen analysiert werden kann. Diese Methodik wird anhand einer KI-Zahlungsanwendung demonstriert.

Selamat & Windasari (2021) untersuchen die Anwendung von Chatbots in KMUs, wobei grundlegende Erfolgsbedingungen einfacher KI-Anwendungen deutlich werden. Es zeigt sich, dass der Anthropomorphismus, also die Ähnlichkeit zu einem realen Menschen, die wahrgenommene Freude an der Nutzung und die wahrgenommene Nützlichkeit die kundenseitige Bereitschaft zur Nutzung des Chatbots und das Einkaufen im Webshop des KMU positiv beeinflussen. Insgesamt stellen die Chatbots eine einfach zu nutzende KI-Technologie dar, die beim Aufbau von Webshops für KMUs nützlich sein können.

Baabdullah et al. (2021) untersuchen anhand von Umfragedaten von B2B-KMUs aus Saudi-Arabien die Bedingungen erfolgreicher KI-Einführung. Dabei zeigt sich, dass gute Planung der Einführung (technology roadmapping) und die positive Einstellung zur Einführung im Unternehmen, nicht aber direkte KI-Fachkompetenz entscheidende Erfolgsfaktoren sind. Die Akzeptanz von KI-Anwendungen wurde durch die IT-Infrastruktur und das Bewusstsein im Unternehmen, nicht aber durch die technischen Kompetenzen im engeren Sinne beeinflusst. Im Falle einer hohen Akzeptanz von KI-Anwendungen verbesserte sich das Management der Unternehmensbeziehungen, der Leistungsfähigkeit des Unternehmens sowie die Interaktion mit den Kunden. Übergreifend zeigt sich damit, dass die Einstellung und Akzeptanz von KI in der Technologieadaption oftmals eine wichtigere Rolle spielen als eigene technische Fähigkeiten, wie sie etwa für die Eigenentwicklung erforderlich wären.

Chatterjee et al. (2021) untersuchen für indische KMU, wie KI-basierte CRM-Systeme und strategische Planungstools eingeführt und genutzt werden. Zentrale Determinanten einer erfolgreichen Einführung sind dabei der wahrgenommene Nutzen und die einfache Nutzung der Tools. Ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Relevanz des wahrgenommenen Nutzens erzielen Ghobakhloo & Ching (2019).

Alemann (2020) skizziert für das Beispiel von juristischen Analysen auf Basis von KI, wie KMU durch direkten oder anonymen Zusammenschluss Datenpools teilen können, auf diese Weise mit Hilfe von Dienstleistern zu besseren ML-Modellen gelangen können und somit im Anschluss KI-Dienstleistungen nutzen können. Diese Form der indirekten Kooperation

durch Datenbereitstellung könne zu besseren Modellen führen und damit ein Wettbewerbsfaktor gegenüber Großunternehmen und deren KI-Lösungen werden.

Bauer et al. (2020) zeigen ebenfalls die größenbedingten Nachteile von KMU bei der KI-Adaption und argumentieren, dass andere Einführungsprozesse gewählt werden müssen. Die Nachteile könnten durch die Nutzung externer Dienstleister kompensiert werden; zudem sei die persönliche Initiative von Angestellten entscheidend für den Erfolg einer KI-Einführung.

Kaiser et al. (2021) diskutieren, inwiefern KMU grundsätzlich komplexe ML-Anwendungen benötigen und kommen anhand von Fallstudien zu dem Ergebnis, dass sog. „low-cost-Anwendungen“ ausreichend sind. Komplexe Algorithmen sind für die konkreten Probleme der KMU demnach nicht erforderlich, es reichen in der Regel einfache und kostengünstige ML-Anwendungen. In ihrem Papier stellen sie eine Struktur dar, anhand derer die Bedürfnisse und zweckmäßigen Anwendungen für KMU analysiert werden können.

Mittal et al. (2019) präsentieren für den Bereich des Smart Manufacturing eine Struktur, wie KMU vorgehen sollen, um erfolgreich KI-Anwendungen einzuführen. Diese sind:

- Identifikation der vorhandenen Daten
- Analyse der Datennutzbarkeit
- Entwicklung von KI-Bewusstsein bei der KMU-Führung und Mitarbeitern
- Entwicklung einer angepassten Vision für das KMU
- Identifikation passender Anwendungen im Unternehmen

Dieser Prozess wird darüber hinaus ausdifferenziert und anhand von Fallstudien konkret nachgezeichnet. Darüber hinaus geben sie eine umfängliche Literaturübersicht über konkrete KI-Anwendungen in den Produktionsprozessen, wobei betont wird, dass vor allem Großunternehmen bislang diese Form der Anwendungen nutzen.

Drydakis (2022) nutzt ILO-Daten zum Geschäftsrisiko für KMU in Folge der Covid-19-Pandemie, um zu untersuchen, ob KI-Anwender ein geringeres Geschäftsrisiko aufweisen. Dabei werden zehn Kern-Anwendungen für KI in KMU definiert:

- Informationsgewinnung zu Kundenkäufen, Online-Transaktionen und dem digitalen Fußabdruck der Kunden
- Erstellung individualisierter Kaufempfehlungen
- Präzise Online-Kundengewinnung
- Chatbots für die direkte Online-Beantwortung von Fragen
- Vorhersage des Cash-Flows
- Datensammlung über die Angebote der Konkurrenz
- Umgang mit Fake-Bewertungen
- Datenschutz und Cybersicherheit
- Juristische Beratung
- Fachkräftegewinnung und HR-Aktivitäten

Für eine Stichprobe englischer KMUs zeigt sich, dass Unternehmen, die Online-Kundengewinnung, Cashflow-Vorhersagen und HR-Aktivitäten über KI unterstützt haben, ein geringeres Geschäftsrisiko aufweisen. Übergreifend zeigt die Studie, dass KI die dynamischen Fähigkeiten von KMU erhöht, um schneller auf Nachfrageänderungen zu reagieren, schnellerwichtige Projekte abzuschließen, effizienter zu arbeiten und dadurch insgesamt die Geschäftsrisiken in Krisensituationen zu reduzieren. Zu ähnlichen Ergebnissen in Bezug auf die Corona-Pandemie kommen Kumar & Kalse (2021). Für den Bereich des Social Media -Marketings zeigt Basir (2020) für saudi-arabische KMU einen leistungs- und umsatzfördernden Effekt von KI.

3.4 Fazit zur internationalen Forschungsliteratur

Die Forschungsliteratur zur KI-Adaption in KMU ist bislang begrenzt, das Forschungsinteresse wächst jedoch seit 2016 an und es gibt relevante Journal-Artikel zum Thema, die gute Literaturgrundlagen und Anknüpfungspunkte für die weitere Forschung geben. Zentrale Themen sind künstliche Intelligenz selbst, Cloud-Nutzung und Internet of Things, welche Anknüpfungspunkte für die Einführung und Nutzung von KI in KMU darstellen.

Übergreifend besteht ein Konsens, dass KI-Anwendungen bislang nur in Ausnahmefällen in KMU eingesetzt werden und die Technologieadaption langsam und inkrementell erfolgt. Stärker genutzt werden KI-Anwendungen von größeren, internationalen, wissensintensiven und serviceorientierten Unternehmen, nicht aber von KMU. Gleichwohl können kleinere IoT-Anwendungen („low cost“) mit KI-Anteil bereits mit geringem Aufwand umgesetzt werden. Realistisch erscheint die Etablierung einzelner datengenerierender Messpunkte und somit von lokalen Predictive Analytics-Systemen zur unternehmensweiten Analyse spezifischer Daten, ohne dass eine umfängliche Datenanalyse aller Unternehmensprozesse angestrebt wird. Themen der KI-Ethik, die in der öffentlichen Diskussion eine große Rolle spielen, sind für KMU bislang nicht relevant. Das branchenspezifische Poolen von Daten zum Aufbau von kostengünstigen KI-Lösungen wird als Möglichkeit diskutiert.

Zentrale bereits jetzt bestehende Anwendungsfelder von KI, die ebenfalls in KMU einsetzbar wären, sind:

- Informationsgewinnung, Kundengewinnung, Kaufempfehlungen, Marktanalysen
- Online-Kommunikation mit Kunden und Bewertungsmanagement
- Vorhersage von Cash-Flows, Personal- und Materialbedarfe
- Fachkräftegewinnung, juristische Beratung sowie Datenschutz und Cybersicherheit

Entscheidend für die Entscheidung zur Einführung von KI sind:

- der wahrgenommene Wert der KI für das Unternehmen, die einfache Verfügbarkeit und die Erfordernisse des eigenen Daten-Ökosystems.
- die Passfähigkeit in die eigene Strategie und Ressourcenverfügbarkeit, die eigenen Fähigkeiten und der Stand der digitalen Transformation.
- die Unterstützung durch Mitarbeiter und Management und die interne Risikowahrnehmung.

Zentrale Hemmnisse bei der KI-Einführung sind:

- die lange Laufzeit der Maschinen von KMU, die eine Etablierung von Messsystemen erschweren und die hohen Kosten einer Neuanschaffung mit KI-Systemen. Damit verbunden die Inkompatibilität mit den bestehen IT-Systemen.
- Mangel an Kompetenzen und Wissen in den KMU, um KI-Systeme selbst zu etablieren, sie zu nutzen oder auch nur den Nutzen zu beurteilen.
- zu geringe Erfahrungen mit KI, begrenzte finanzielle und organisationale Ressourcen und ein schwacher Business Case für die Investition in KI. Dazu kommt die Abhängigkeit von externen Dienstleistern im Falle einer Einführung durch Dritte.
- Widerstände gegen die Einführung, Qualifikationsmängel, das Alter der Beschäftigten sowie KI- bzw. Technologieskepsis.

Erfolgsfaktoren der Nutzung von KI zusammengefasst:

- Es sollten keine übertriebenen Erwartungen an die Leistungsfähigkeit von KI vor deren Einführung aufgebaut werden.
- Neben dem notwendigen Fokus auf die Technologie selbst muss die Organisationsstruktur des Unternehmens, d.h. die saubere Prozessintegration und die Datenverfügbarkeit, beachtet werden.
- Für Kunden muss der Nutzen der KI offensichtlich werden und Freude bereiten, damit die Technologie angenommen wird.
- Gute Planung der Einführung und eine im Unternehmen verbreitete positive Einstellung zu KI sind starke Erfolgsfaktoren und wichtiger als direkte KI-Fachkompetenz. Ebenfalls entscheidend sind der wahrgenommene Nutzen und die einfache Nutzbarkeit der Tools für die Anwender im Unternehmen.
- Unternehmen, die Aspekte der Online-Kundengewinnung, Cashflow-Vorhersagen und HR-Aktivitäten über KI nutzen, haben gleichzeitig dynamischere Fähigkeiten, höhere Effizienz und geringere Geschäftsrisiken in Krisensituationen.

Insgesamt erklären die KMU-spezifischen Hemmnisse sehr gut und nachvollziehbar die bislang begrenzte Adaption von KI-Technologien und die inkrementelle Innovationstätigkeit in diesem Bereich. Hierbei unterscheidet sich KI nicht von anderen Aspekten der Digitalisierung bzw. der Innovationstätigkeit von KMUs allgemein (vgl. Thomä & Bizer, 2021; Proeger & Runst, 2020 für den Mittelstand sowie Proeger et al. (2020) für das Handwerk) und sollte auch in diesem Rahmen als eine weitere Welle technologischer Innovation verstanden werden, die jedoch noch in einem sehr frühen Stadium der Anwendung in KMU ist. Für den Mittelstand und das Handwerk bedeutet dies eine schrittweise Adaption der neuen technischen Möglichkeiten, die bestmöglich von Wirtschafts- und Innovationspolitik gefördert werden sollte, um die Effizienz- und damit Wachstumsgewinne von KI in KMU möglichst früh auszuschöpfen. Im Folgenden werden dafür die Forschungsergebnisse dargestellt, die spezifisch für den deutschen Mittelstand erzielt wurden, bevor die Ergebnisse für das Handwerk präsentiert werden.

4. KI im Mittelstand

4.1 Grundlagen

Das folgende Kapitel untersucht, welche grundlegenden Erkenntnisse für die Anwendung von KI im Mittelstand festgehalten werden können. In den vergangenen Jahren wurde eine Reihe von umfassenden Studien von Ministerien bzw. im Rahmen von Begleitforschungen erstellt, welche einen Überblick insbesondere im industriellen Bereich geben und deren zentrale Ergebnisse einen guten Überblick über den Adaptionsgrad von KI in einem KI-affinen Teil der deutschen Volkswirtschaft verschaffen.

Eine zentrale Grundlagenstudie wurde durch das ZEW im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums erstellt (BMWi, 2020). Sie nutzt eine Sonderauswertung der Deutschen Innovationserhebung des Jahres 2019 sowie einer Zusatzbefragung von KI einsetzenden Unternehmen. Darin wird repräsentativ für den Berichtskreis der Innovationserhebung (Unternehmen mit fünf oder mehr Beschäftigten in der produzierenden Industrie und in überwiegend unternehmensorientierten Dienstleistungen) der Einsatz von KI erhoben.

Als zentrale Ergebnisse werden dort ermittelt:

- Rund 5 % aller deutschen Unternehmen im Bereich des produzierenden Gewerbes und unternehmensorientierten Dienstleistungen nutzen KI in Produkten, Dienstleistungen oder internen Produkten.
- Pro Unternehmen mit KI-Einsatz werden rund 270.000 Euro für Entwicklung, Einführung und Pflege von KI-Anwendungen ausgegeben; drei Viertel davon sind interne laufende Aufwendungen, insb. für Beschäftigte.
- In den KI-einsetzenden Unternehmen sind rund 50.000 Personen hauptsächlich und 89.000 Personen zu einem kleineren Teil der Arbeitszeit mit KI tätig. Insgesamt entsprechen diese Personen 0,84 % der Beschäftigten aller betrachteten Unternehmen.
- Rund 4 % der Unternehmen setzen KI in ihren Produkten und Dienstleistungen ein und erzielen damit rund 8 % aller Umsätze in den KI-einsetzenden Unternehmen.
- Für 12 % der KI-einsetzenden Unternehmen ist KI zentral für das Geschäftsmodell. Entsprechend haben 2.100 Betriebe ein stark auf KI basierendes Geschäftsmodell.
- 16 % der Betriebe haben ihre KI-Anwendungen selbst entwickelt, in 24 % der Fälle gab es Kooperationsentwicklungen und in 60 % der Fälle werden extern entwickelte Anwendungen genutzt.
- Zentrale Anwendungsfelder sind maschinelles Lernen und maschinelles Beweisen mit 55 % der KI-nutzenden Unternehmen. Bild- und Tonerkennung werden von 50 % genutzt, Sprach- und Textverstehen von rund 30 %. Hauptanwendungsgebiete sind dabei Produkte und Dienstleistungen sowie die Automatisierung von Prozessen.
- 30 % der KI-Nutzer haben zusätzliche KI-Beschäftigte gesucht, wobei 43 % der Stellen unbesetzt blieben.
- Branchenbezogen zeigt sich, dass primär Unternehmen im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Finanzdienstleistungen und unternehmensnahe Dienstleistungen KI einsetzten. In deutlich geringerem Maße folgten Elektrotechnik und Maschinenbau sowie Chemie-, Pharma- und Grundstoffindustrie. Alle weiteren Branchen des betrachteten Wirtschaftsbereichs haben deutlich geringere Anteile an KI-einsetzenden Unternehmen.

Eine zweite umfassende Grundlagenarbeit stellt die Auswertung der Erhebung „Modernisierung der Produktion“ 2018 des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI dar, die als „KI-Readiness im Verarbeitenden Gewerbe mit Fokus auf Baden-Württemberg“ ausgewertet wurde (Lerch et al., 2021). Zielgruppe der Befragung sind Betriebe aller Branchen des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland mit mindestens 20 Beschäftigten, wobei in Bezug auf die regionale Verteilung eine gute Abdeckung der Grundgesamtheit erreicht wird. Dafür werden insgesamt 16 KI-nahe Technologien und Maßnahmen aus drei verschiedenen Feldern ((1) Digitales Produkt-Service Angebot, (2) Digitale Produktion, (3) Daten und Sicherheit) abgefragt, wobei aus den Nennungen insgesamt ein Indexwert gebildet wird.

Zentrale Ergebnisse sind:

- Die KI-Anwendungen werden unterschiedlich stark genutzt, wobei die Spanne zwischen 4-5 % bei Big-Data-Analysen bzw. mobilen Robotern und rund 60 % bei Datenspeicherung bzw. digitalen Elementen im Kernprodukt liegen. Die gleichzeitige Nutzung mehrere KI-Technologien ist wenig verbreitet.
- Nach dem entwickelten Index weisen 5 % der Industriebetriebe Deutschlands eine hohe KI-Readiness auf, während 70 % keine oder lediglich eine geringere Bereitschaft aufweisen. 26 % weisen eine mittlere KI-Readiness auf.
- Grundlegend wird KI eher in Unternehmen eingesetzt, je höher die Produktkomplexität und die Seriengröße und desto größer der Betrieb ist.
- Maschinenbau und Elektroindustrie sind in der betrachteten Stichprobe die Branchen mit dem höchsten Indikatorwert. Geringe Werte weisen Metallbranche, die Holz- und Papierindustrie, die Nahrungs- und Getränkeindustrie sowie die Textil- und Lederindustrie auf.
- Baden-Württemberg weist insgesamt hohe Indikatorwerte auf, was durch den Maschinen- und Automobilbau, die Ausrüster- und Systemzuliefererstrukturen sowie einen KI-affinen Mittelstand bedingt ist. Eine besondere Führungsrolle identifiziert die Studie für den Bereich der Digitalen Produktion, die CPS-nahe Produktionssysteme und intelligente Roboter umfasst.

Eine weitere grundlegende Analyse zur Relevanz geben Döbel et al. (2018), die auf Basis vorheriger Studien und Experteneinschätzungen die Branchenrelevanz von KI darstellen und das geschätzte Umsatzpotenzial von KI-Anwendungen aufzeigen. Von den Branchen mit hoher Relevanz auf dem deutschen Markt weisen insbesondere die Konsumelektronik, Gesundheitswesen und Medizin, Bankverkehr, Dienstleistungen und Versicherungen sowie Transport / Mobilität / Logistik ein hohes Umsatzpotenzial durch KI-Anwendungen auf (Abb. 4).

International umsatzstarke Anwendungsbranchen für ML, davon:

Branchen mit großer Bedeutung für den deutschen Markt, und

* Branchen, in denen ML-Anwendungen stärker öffentlich durch Förderungen bzw. Anpassungen der Rahmenbedingungen unterstützt werden sollen.

Abb. 4.: Anwendungsbranchen für Maschinelles Lernen

Quelle: Döbel et al. (2018), S. 9., eigene Darstellung

Ein ähnliches Bild vermittelt die ebenfalls sehr umfassende Studie von Seifert et al. (2018) im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums, die das produzierende Gewerbe betrachtet. Dabei wird zusätzlich eine Analyse des Wertschöpfungspotenzials von KI im produzierenden Gewerbes erstellt, wobei mit einem Wachstum der Bruttowertschöpfung in Höhe von rund 32 Mrd. EUR gerechnet wird, was einem Drittel des insgesamt erwarteten Wachstums entspricht. Darüber hinaus werden Kennzahlen zur bisherigen KI-Relevanz und Nutzung in der deutschen Wirtschaft vorgestellt, die im Wesentlichen den Ergebnissen der BMWi- bzw. Fraunhofer-Studien ähneln. Im Hinblick auf die Unternehmensbereiche werden ebenfalls Forschung und Entwicklung (FuE), Service/Kundendienst, Produktion, Marketing/Vertrieb und Planung als zentrale Anwendungsbereiche genannt, wobei die größten Potenziale in den Bereichen Predictive Analytics, Intelligente Assistenzsysteme, Robotik, Intelligente Automatisierung sowie Intelligente Sensorik erwartet werden. Ähnliche Ergebnisse ermittelt die Studie im Hinblick auf die Unternehmensgröße und KI-Anwendung, die bislang geringe Durchdringung der Unternehmen mit KI-Anwendungen und die Nutzung externer KI-Anbieter sowie der geringen Rolle von KMU in Bezug auf KI-Anwendungen. Als Hemmnisse werden wiederum der Mangel an Fachkräften und internen Kompetenzen genannt. Auf Ebene der Politikempfehlungen diskutieren die Autoren eine gezielte Bewerbung spezifischer KMU-Anwendungsfelder wie Wissensmanagement und Qualitätskontrolle, die Verbesserung der Informationslage zu Anbietern, Dienstleistern und FuE-Kooperationspartnern und die Bereitstellung von Use Cases und Best Practice-Beispielen. Ebenso sollten die berufliche und akademische Ausbildung stärker auf KI fokussiert werden und Umsetzungshemmnisse für KI-Anwendungen auf allen Ebenen soweit wie möglich reduziert werden.

Ergänzend gelesen werden kann in diesem Zusammenhang die Studie von Rammer (2020) für das BMWi, der auf Basis des Mannheimer Innovationspanels einen Beitrag zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance KI leistet. Dabei stellt die Studie erhebliche Innovationsbeiträge durch KI heraus, substanzielle Umsätze mit KI (wobei keine zusätz-

lichen Umsätze erzielt werden) sowie ein Beschäftigungsaufbau in den betreffenden Unternehmen, trotz der bislang nur in kleinen Segmenten verbreiteten KI-Nutzung. Eine Produktivitätssteigerung in den betreffenden Unternehmen zeigt sich nicht, was als erwartbare Anfangsschwäche der KI-Nutzung in neuen Unternehmensabläufen interpretiert wird.

Das übergreifende Bild, das sich von der bisherigen KI-Nutzung in Deutschland zeichnen lässt, betrifft also größere Betriebe mit hoher Produktkomplexität und Seriengröße im Industriebereich sowie Unternehmen der Branchen IKT, Finanzdienstleistungen und Unternehmensberatungen, wobei die Umsatzanteile und der Durchdringungsgrad sehr niedrig bleiben und ein Fachkräftemangel besteht. Bei den künftig umsatzstarken KI-Anwendern sind für Deutschland insbesondere die Bereiche Konsumelektronik, Gesundheitswesen und Medizin, Bankverkehr, Dienstleistungen und Versicherungen sowie Transport / Mobilität / Logistik zentral. Diese sind insgesamt weniger stark durch mittelständische Unternehmen geprägt.

Welche Schlüsse lassen sich nun aus diesen umfassenden, empirisch fundierten Grundlagenstudien zur Verbreitung von KI in der deutschen Wirtschaft und im Mittelstand ziehen?

- Faktisch wird KI in rund 5 % aller Betriebe genutzt, wobei primär Unternehmen im Bereich IKT, Finanzdienstleistungen und unternehmensnahe Dienstleistungen KI einsetzten. In deutlich geringerem Maße folgten Elektrotechnik und Maschinenbau sowie Chemie-, Pharma- und Grundstoffindustrie.

- Bei einer weitergehenden Definition von KI-Nutzung können differenzierte Nutzungsgrade gezeigt werden, wobei erneut rund 5 % intensive Nutzer sind, 25 % mittlere Werte aufweisen und 70 % keine oder nur geringe Berührungspunkte aufweisen.

- Unter 1 % der Beschäftigten der Betriebe der produzierenden Industrie / den unternehmensorientierten Dienstleistungen befassen sich mit KI-Anwendungen.

- Grundlegend wird KI eher in Unternehmen eingesetzt, je höher die Produktkomplexität und die Seriengröße und desto größer der Betrieb ist.

- Bei den Betrieben, die KI einsetzen, werden 8 % der Umsätze mit oder in Bezug zur KI-Anwendung erzielt.

- Mit KI werden beachtliche Umsätze erzielt, wobei sich Umsatzsteigerungen oder höhere Produktivität bislang nicht zeigen. Dennoch werden KI-einsetzende Unternehmen innovativer und sind eher in der Lage, Weltneuheiten im Innovationsprozess zu erzielen.

- Es werden primär extern entwickelte KI-Anwendungen genutzt; Eigenentwicklungen sind die Ausnahme, Kooperationen etwas häufiger.

- Es besteht ein Fachkräftemangel im Hinblick auf die Besetzung von KI-bezogenen Stellen.

4.2 Einzelstudien

Neben den umfassenden Grundlagenuntersuchungen werden in kleineren Studien Einzelaspekte von KI im Mittelstand untersucht.

Zimmermann (2021) beschreibt die Erwartungen an KI im Mittelstand und stellt dem empirisch die bislang geringe Verbreitung von KI im Mittelstand entgegen. Anhand des KfW-Mittelstandspanels 2019 zeigt er, dass sich vor allem solche Unternehmen mit KI befassen, die hohe Digitalisierungsinvestitionen tätigen, eine Digitalisierungsstrategie haben, eigene FuE betreiben und eher größer sind. Daraus wird abgeleitet, dass der Nutzung von KI hohe Hürden entgegenstehen, die jedoch im Rahmen einer umfassenden Förderstrategie abgebaut werden könnten.

Ulrich & Frank (2021) zeigen, dass bei der KI-Einführung im Mittelstand eher Effizienzgewinne statt Entscheidungsunterstützung wichtig sind, wobei auf technischer Ebene regelbasierte Systeme und maschinelles Lernen die höchste Relevanz haben. Zentrale Anwendungsbereiche sind Produktion und Logistik, die größten Hemmnisfaktoren sind fehlende Qualifikationen und finanzielle Restriktionen.

André et al. (2021) diskutieren anhand eines Whitepapers, welche Kompetenzanforderungen der Einsatz und Aufbau von KI in Unternehmen haben wird und geben eine Reihe von mittelstandsrelevanten Anwendungsbeispielen. Ferner wird ein Kompetenzmanagement-Prozess vorgeschlagen, durch den ein Ansatzpunkt für Unternehmen zum Aufbau der nötigen Kompetenzen erstellt werden kann.

Demary & Geocke (2020) diskutieren, ob es eine Mittelstandsskepsis gegenüber Künstlicher Intelligenz gibt. Auf Basis einer Umfrage zeigen sie, dass KMU KI für die Volks- und Weltwirtschaft gleichermaßen als sehr wichtig einschätzen. KMU gehen im Gegensatz zu Großunternehmen jedoch in höherem Maße davon aus, dass KI eine Bedrohung ist und weniger stark eine Chance. Insgesamt werten sie die Annahmen als Skepsis, der durch Information und Qualifikation zu begegnen sei. Eine ähnliche Bewertung haben Axmann & Harmoko (2021), die ebenfalls die Skepsis im Hinblick auf die KMU-Anwendbarkeit als Hauptgrund für die Zurückhaltung von KMU bei KI ansehen. Geeignete Gegenmaßnahmen seien der Aufbau von Vertrauen und Fähigkeiten bei den KMU sowie die Bereitstellung von Bewertungswerkzeugen und Richtlinien für die KI-Anwendung durch externe Akteure.

Lüth (2019) beschreibt Herausforderungen bei der Einführung KI in KMUs, wobei im Wesentlichen dieselben Grundprobleme identifiziert werden, die in anderen Studien gefunden wurden. Relevant ist zusätzlich seine Einschätzung, dass ein häufiger Fehler bei der Anwendung bzw. Wahrnehmung von KI der Glaube daran sei, dass große Datenmengen in Kombination mit KI automatisch und auf „magische Art und Weise einen Mehrwert produzieren“ (Lüth, 2019, S. 3). Vielmehr sei die Datenanalyse voraussetzungsreich und an einer Reihe von strikten Kriterien orientiert, sodass eine enge Begleitung und gute Vorbereitung für den Erfolg von KI-Projekten unabdingbar sei.

Demary & Goecke (2021) stellen auf Basis des IW-Zukunftspanels eine positive Tendenz bei der Nutzung von KI sowohl bei Großunternehmen als auch bei KMU fest: Seit 2019 sei demnach die Nutzung in beiden Gruppen deutlich angestiegen auf (Stand 2021) 40 % bei Großunternehmen und 17,6 % bei KMU. Als weiterhin unterstützende Politikmaßnahmen sehen die Autoren das Aufzeigen von Anwendungsmöglichkeiten, die Erhöhung von Rechtssicherheit, den staatlichen Einsatz von KI und eine Erhöhung der Transparenz von KI. Demary et al. (2020) analysieren auf Basis vielfältiger Indikatoren den Durchdringungsgrad von KI in Wirtschaft und Gesellschaft. Für KMU werden Studienergebnisse geringererNutzung von KI in KMU als in Großunternehmen zitiert, welche ebenso die Hemmnisse der fehlenden Fachkenntnis, Datenbasis, Infrastruktur sowie Sicherheitsbedenken aufzeigen. Als Politikmaßnahmen werden entsprechend Qualifikation, Datenverfügbarkeit, Anwendungsbeispiele und Startup-Förderung genannt, wobei kein spezifischer KMU-Fokus gewählt wird.

Pfeiffer (2020) untersucht die Erfordernisse von Beschäftigten zur praktischen Anwendung von KI-Lösungen, wobei insbesondere auf die Anwender und nicht die Entwickler der Technologien abgezielt wird. Auf Basis der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung werden Predictive Maintenance und beratungsintensive Sachbearbeitung untersucht. Es zeigt sich, dass die Beschäftigten der betreffenden Bereiche insgesamt hohe Kompetenzen aufweisen, die für den Einsatz von KI erforderlich sind. Haarmeier (2022) betrachtet die Rolle des Eigentümers eines KMU und schlägt ein Vorgehensmodell bei der KI-Einführung vor, das klassisches und agiles Projektmanagement kombiniert.

Dahm & Constantine (2020) behandeln Machine Learning aus der Perspektive mittelständischer Betriebe und diskutieren Ansätze und Erfolgsfaktoren anhand einer kleinen Stichprobe an mittelständischen Betrieben. Dabei werden insbesondere Open-Source-Lösungen und kosteneffiziente Lösungen zum Aufbau technischer Kompetenzen diskutiert. Ulrich & Bachlechner (2020) betrachten die schwierige wirtschaftliche Bewertung von KI-Projekten in KMU. Aufgrund des starken Wettbewerbs ist für KMU die wirtschaftliche Bewertung von Investitionen stets wichtig, wobei diese Bewertung aufgrund der vielfältigen Unsicherheiten im Bereich der KI schwer ist. In ihrem Beitrag nehmen die Autoren eine Bestandsaufnahme der verschiedenen Bewertungsmethoden vor und geben Empfehlungen für die Bewertungstätigkeit bei transformativen Vorhaben.

Röhl & Engels (2021) diskutieren die Möglichkeit der Kooperation von Mittelständlern und Start-Ups, um digitale Innovationen in den KMU zu etablieren und nennen die Einführung von KI als ein mögliches Thema. Dabei werden Probleme bei der Kooperation thematisiert, wobei insbesondere die unterschiedlichen Firmenkulturen und unterschiedliche regionale Schwerpunkte dargestellt werden. Eine ergänzende empirische Untersuchung zeigt, dass die digitale Reife, Internationalität und Größe des Mittelständlers die Kooperationswahrscheinlichkeit positiv beeinflusst. Als Empfehlungen für die Steigerung der Kooperation wird auf Plattformangebote, Netzwerknutzung, Geschäftsmodellentwicklung bei industriellen Produzenten sowie die Breitband- und Mobilfunkabdeckung eingegangen. Übergreifend wird die Kooperation mit KMU als eine zukunftsweisende Option dargestellt, die bislang jedoch nur begrenzte Segmente des Mittelstandes nutzen.

Lundbord & Gull (2021) stellen im Rahmen der Begleitforschung zum Programm Mittelstand-Digital dar, dass der Mittelstand zwar weiterhin zögerlich bei der KI-Adaption sei, jedoch die zunehmende Anzahl an Fallbeispielen zunehmendes Interesse wecken. Dabei wird betont, dass insbesondere inkrementelle Verbesserungen der Unternehmensprozesse mit „passiver KI“, also zugekauften KI-Anwendungen die realistischere breitere Anwendungsmöglichkeit darstellen. Insofern sei ein Fokus auf inkrementeller statt radikaler Innovationstätigkeit für KMU sinnvoll, was einen Wandel in der öffentlichen Darstellung und Wahrnehmung von KI bedeuten würde. Auf Policy-Ebene betonen die Autoren wiederum die Relevanz von finanzieller Unterstützung, Qualifizierung, Best Practice-Beispielen und strukturellen Instrumenten des Wissenstransfers sowie Datenpools.

Übergreifend ähneln die Einzelstudien der internationalen Forschungsliteratur; diese argumentiert zum Teil differenzierter ist empirisch besser fundiert. Die grundlegenden Hemmnisse und Erfolgsfaktoren sowie daraus abgeleiteten Unterstützungsbedarfe für KMU zeigen sich in den rein deutschsprachigen Publikationen gleichermaßen wie auch in den internationalen Studien. Darüber hinaus werden viele konkrete Fallbeispiele deutscher KMU untersucht, die mit KI-Anwendungen in Kontakt gekommen sind, woraus sich Use Cases im deutschen Kontext ergeben. Einen stärker praktisch ausgerichteten Blick für einzelne Anwendungsfelder der KI-Einführung geben diverse Transfer-Papiere.

4.3 Transfer-Papiere

Basierend auf der Begleitforschung zum Förderprogramm „Mittelstand-Digital“ diskutieren Märkel & Lundborg (2019) die Relevanz, Anwendungen und Transfermöglichkeiten für KI im Mittelstand. Sie nutzen Ergebnisse einer Expertenumfrage und ökonomische Prognosen, nach denen KI auf betrieblicher und volkswirtschaftlicher Ebene höchste Relevanz haben wird. Dabei seien KI-Dienstleistungen (AI as a Service) zentral, wobei sich die größten Chancen in den Bereichen Optimierung der Distribution und Logistik, der Prozesseffizienz, zielgenauer Werbung / Promotion, Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Produktinnovationen zeigen werden. Zentrale Hemmnisse für den Mittelstand seien das fehlende Know-how und die fehlenden Fachkenntnisse, die mangelnde Datenbasis, Sicherheitsbedenken, der mangelnde digitale Reifegrad des Unternehmens insgesamt und die unzureichende digitale Infrastruktur. Als wichtigste Anwendungsfelder im Mittelstand werden von den Experten die intelligente Automatisierung, intelligente Sensorik, Assistenzsysteme, vorausschauende Wartung und optimiertes Ressourcenmanagement genannt. Für die öffentliche Unterstützung werden vor allem die Aufbereitung von Best Practices, die Bereitstellung von KI-Trainern, Qualifizierungsmaßnahmen, Info- und Sensibilisierungsmaßnahmen, mobile Demonstratoren, Implementierung von KI-Testbeds, Organisation von Netzwerkveranstaltungen, Schaffung von Datenpools / Datenplattformen, Beratungsgutscheine und die Einrichtung von KI-Clustern genannt. Übergreifend betonen die Autoren, dass den Prognosen nach die Förderung von KI beschleunigt wird und der Mittelstand mit einer breiten Palette an Beratungsangeboten unterstützt wird.

Wangermann (2020) thematisiert für die Konrad-Adenauer-Stiftung das Thema KI im Mittelstand. Basierend auf der KI-Strategie der Bundesregierung wird die Relevanz von KMU für den Erfolg von KI-Transferbemühungen betont. Basierend auf Expertenaussagen in einem Workshop werden eine Reihe von Ergebnissen erzielt. Zunächst wird konstatiert, dass KMU aufgrund des öffentlichen KI-Diskurses eher Risiken sehen würden und die Chancen von KI-Anwendungen nicht ausreichend wahrgenommen würden. Es mangele an konkreten Startpunkten und einem hinreichenden Verständnis der eigenen Unternehmensdaten; externe Dienstleister wären wegen des Einblicks in die eigenen Prozesse und Daten ungern gesehen. Obwohl es Datenplattformen in verschiedenen Branchen und Strukturen gäbe, wäre ein zentrales Hemmnis die Frage nach deren rechtssicherer Nutzung. Der Fachkräftemangel wiederum sei neben einer in der Fläche fehlenden Infrastruktur im Bereich Breitband und mobile Netze ein weiterer großer Hemmnisfaktor. Als wirtschaftspolitisches Fazit wird auf die Notwendigkeit einer effektiven Kommunikation von KI-Anwendungen sowie ihrer Chancen hingewiesen, sowie darauf fokussiert, dass dem Fachkräftemangel durch Aus- und Weiterbildung und den Infrastrukturschwächen durch staatliche Investitionen abzuhelfen ist.

BSP (2021) verfolgen einen praktischen Ansatz und präsentieren ein „KI-Kochbuch“ für Unternehmen. Hierin werden Definitionen von KI, Ansatzpunkte für die Einführung und Best-Practice-Beispiele anschaulich verarbeitet, um Unternehmen einen Einstieg in die Nutzung zu ermöglichen. Dukino et al. (2020a) geben einen praktischen Basischeck zur KI-Einführung im Bereich der Posteingangsklassifikation, präsentieren Möglichkeiten zur KI-basierten Unterstützung der Prozesse und stellen einen 10-Punkte-Plan zur Einführung von KI in diesem Bereich auf, der von Unternehmen konkret befolgt werden kann. Dukino et al. (2020b) geben einen umfassenden Überblick über bestehende Möglichkeiten der KI-Anwendung im Bereich der Sachbearbeitung, wobei im Detail die Themenfelder Marketing, Vertrieb und Verkauf, Beschaffung und Einkauf, Produktion / Dienstleistungserbringung, Logistik, Finanzierung / Steuern / Recht, Service / Kundendienst und Personalwirtschaft genannt werden. Darüber hinaus werden technische Möglichkeiten in verschiedenen Anwendungsfeldern benannt und erklärt. Insgesamt wird so ein umfassendes und tiefes Bild von den bereits bestehenden Einsatzmöglichkeiten von KI in der Sachbearbeitung gegeben

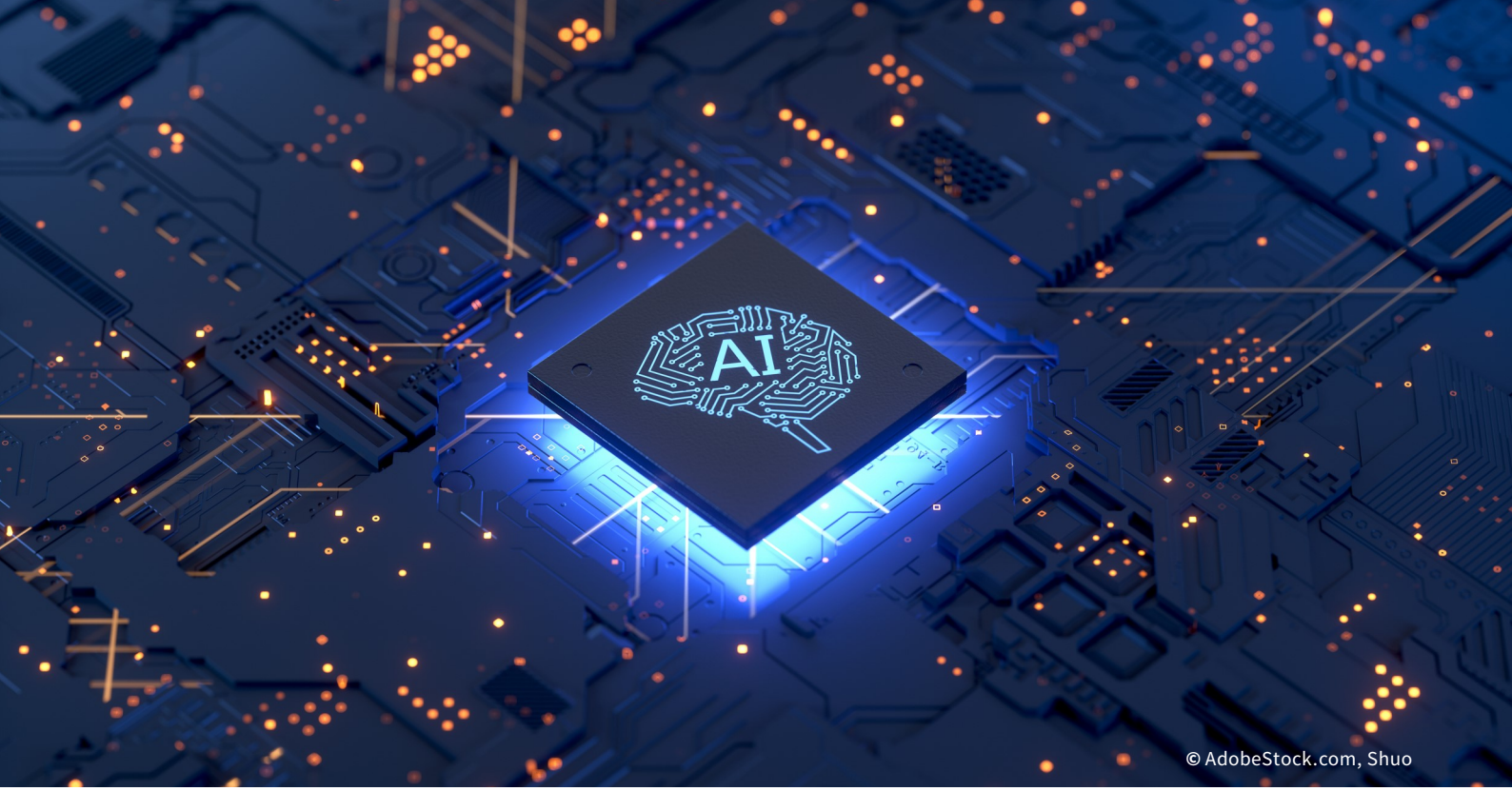
und technische Grundlagen beschrieben, wobei Wissenschaft und Transfer die Zielgruppe darstellt, während für die Unternehmensanwendung andere Formate bereitgestellt werden.

Im Auftrag der Roland Berger Stiftung für Europäische Unternehmensführung erstellten Kaul et al. (2019) einen europäischen Überblick über KI-Nutzung des Mittelstandes auf Basis einer Unternehmensumfrage und Experteninterviews. Beim Abgleich von Visionen der KI-Experten und der betrieblichen Realität zeigt sich eine große Diskrepanz der beiden Perspektiven. Die Autoren formulieren verschiedene Szenarien, die je nach Akzeptanz der Gesellschaft und Adaptionsgeschwindigkeit der Unternehmen zwischen umfassender („KI-Paradies“) und schwacher („KI-Winter“) KI-Nutzung unterscheiden. Um die bisher schwache KI-Nutzung im Mittelstand zu überwinden, plädieren die Autoren für den Ausbau von 5G und Breitband in der Fläche, um ländliche Mittelständler zu erreichen. Sie plädieren zudem für substanzielle Investitionen in die Ausbildung und die Durchführung dieser Ausbildung durch KI-Start-Ups im Weiterbildungsbereich sowie gezielte Förderung von KI-einsetzenden Unternehmen. Unternehmen sollten künftig Gesamtkonzepte für die KI-Nutzung erstellen und umsetzen, statt lediglich vereinzelte KI-Piloten einzusetzen. Der Staat sei gefordert, den gesellschaftlichen Rückhalt von KI-Nutzung zu erhöhen; die Regulierung müsse Datensicherheit, Transparenz und Haftung klären, aber gleichzeitig ausreichend Freiraum für die Weiterentwicklung von KI-Lösungen bieten. Unternehmen könnten die KI-Akzeptanz erhöhen, indem sie Demonstrationslabore und Modellfabriken einrichten, um den Nutzen von KI transparenter zu machen.

Übergreifend werden in den Transferpapieren eine Reihe von Aspekten adressiert, die der insgesamt bislang geringen KI-Adaptionsrate im Mittelstand abhelfen sollen. Dazu zählen:

- die Schaffung einer breiten Beratungs- und Transferinfrastruktur auf allen Ebenen, um KMU bei der KI-Anwendung zu unterstützen.
- Erhöhung der Kooperationen zwischen Universitäten, Hochschulen, Start-Ups und mittelständischen Unternehmen.
- Ausbau der physischen Infrastruktur (Breitband und 5G).
- die Entwicklung von KI-Dienstleistungen und deren Umsetzung durch externe Beratung.
- Anstrengungen bei Aus- und Weiterbildung, um dem KI-bezogenen Fachkräftemangel zu begegnen.
- die Schaffung regulatorischer Grundlagen, die für Transparenz und Sicherheit in Bezug auf Datenschutzbedenken sorgen.

Die Publikationen mit Transferfokus betonen die Notwendigkeit dieser Maßnahmen und erklären diese anhand empirischer Grundlagen. Zum Teil werden in den Publikationen konkrete Schritte zum Transfer vorbereitet. Der Schwerpunkt der konkreten Transfer-Aktivitäten liegt jedoch in den Transfer-Organisationen, die den Großteil der Aktivitäten tragen.



© AdobeStock.com, Shuo

4.4 Transfer-Organisationen

Grundlegend besteht eine große Anzahl staatlicher, halbstaatlicher und privater Akteure, die im Wissenstransfer, der Aus- und Weiterbildung und der Unternehmensberatung im Bereich KI aktiv sind. Diese wird intensiv durch Bundes- und Landesministerien gefördert und arbeitet am strategischen Ziel einer möglichst umfassenden Wissensdiffusion von KI-Anwendungen in die deutsche Wirtschaft. Im Rahmen dieser Initiativen sind eine große Anzahl an Fallbeispielen, Leitfäden und Forschungsberichte entstanden, die Einzelthemen der KI-Anwendungen und des Transfers in die Unternehmenslandschaft thematisieren. **Unabhängig von den Forschungsorganisationen bestehen breite Forschungs- und Förderprogramme verschiedener Bundes- und Landesministerien, die zu einer großen Anzahl an Forschungs- und Transferprojekten geführt haben.**

Das Netzwerk Mittelstand-Digital ist ein deutschlandweiter Zusammenschluss aus diversen Zentren, die vom BMWK gefördert werden und die Digitalisierung im Mittelstand gezielt unterstützen. Dabei wird anbieterneutral Wissen vermittelt, Demonstrationszentren betrieben, Veranstaltungen durchgeführt und Praxisbeispiele gezeigt. Dazu werden sog. KI-Trainer eingesetzt, die über verschiedene Formate die Anwendung von KI im Mittelstand direkt fördern sollen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft bietet über die Fraunhofer-Allianz Big Data und Künstliche Intelligenz ein umfassendes Schulungs- und Förderungsangebot für Unternehmen und Wissenschaft an. Darüber hinaus werden Publikationen, Fallstudien und Best Practice-Beispiele präsentiert. Darüber hinaus bestehen Angebote zur Unterstützung von Start-Ups und umfassende Netzwerkaktivitäten zur Etablierung von Innovationskooperationen.

Die Plattform „Lernende Systeme – die Plattform für Künstliche Intelligenz“ ist ein weiterer großer Akteur, der durch die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech aufgestellt und durch das BMBF gefördert wird. Auf dieser Plattform werden umfassend Studien und Leitfäden so wie Themen der KI für den Mittelstand aufbereitet. Die Plattform betreibt eine umfassende Sammlung an Anwendungsbeispielen und Akteuren im Rahmen einer KI-Landkarte. Sie bietet diverse Online-Lehrformate und Seminare an, um Wirtschaft und Wissenschaft auf allen Ebenen zu informieren und die Wissensweitergabe zu unterstützen. Auf der Plattform wird zudem ein Überblick über KI- bzw. Digitalisierungsstrategien der Bundesländer, des Bundes und für den internationalen Kontext gegeben.

4.5 Policy-Ebene

Auf Ebene der innovationspolitischen Förderung von KI können drei zentrale Strategiepapiere zusammengefasst sowie eine Reihe von einzelnen Policy-Vorschlägenexemplarisch aufgeführt werden, die zur schnelleren und umfassenderen Adaption von KI führen sollen.

Die drei zentralen strategischen Grundlagen der Innovationspolitik im Bereich der KI in Europa wurden durch die Europäische Kommission 2018 und durch die Bundesregierung 2020 aufgestellt; 2020 wurde zudem ein Weißbuch zur KI von der EU-Kommission vorgelegt. Bei allen Strategiepapieren werden KMU gesondert adressiert und eine Transferstruktur über FuE-Mittel und Beratungszentren skizziert, die eine Technologieadaption fördern sollen. Ebenso soll der Rechtsrahmen so gestaltet werden, dass für KMU kein unverhältnismäßiger Aufwand mehr verursacht werden, wenn KI-Anwendungen aufgebaut oder eingesetzt werden. Grundsätzlich sehen Bundesregierung und EU-Kommission die KI als zentrale Zukunftstechnologie an, die über breite und finanziell gut ausgestattete Forschungs-, Entwicklungs- und Transferstrukturen auf allen Ebenen unterstützt werden soll.

Die KI-Strategie der Bundesregierung (2020) skizziert wiederum die nationalen Ziele, Maßnahmen und Vorhaben für die Förderung der KI-Entwicklung und Anwendung. Die Themenfelder umfassen die Ausbildung und Gewinnung von KI-Fachkräften, den Aufbau von erfolgreichen Forschungsstrukturen und die Bereitstellung konkurrenzfähiger KI- und Rechnerinfrastrukturen, um den Ausbau von international sichtbaren KI-Ökosystemen zu forcieren. Dies zielt auf eine breite Verwendung von KI insbesondere in mittelständischen Unternehmen ab und auf die Förderung innovativer Neugründungen. Schließlich soll ein vertrauens- und innovationsförderlicher Ordnungsrahmen entwickelt werden, um so die Entwicklung sicherer und vertrauenswürdiger KI zu stärken sowie die Zivilgesellschaft in die Entwicklung und Nutzung gemeinwohlorientierter KI einzubeziehen. Auf KMU bezogen werden insbesondere Transferangebote beschrieben und die Vernetzung mit Universitäten und Fachhochschulen durch die Einrichtung von KI-Professuren thematisiert. Darüber hinaus müsse die Vermittlung von KI-Kompetenzen an KMU gefördert und Vernetzungsangebote von Start-Ups, KMU und Großunternehmen etabliert werden. Insgesamt greift die Strategie die Ergebnisse der BMWi-Erhebung zur KI-Nutzung auf und skizziert auf allen Ebenen Transfer- und Qualifikationsmöglichkeiten sowie -ziele.

Abgesehen von den Strategien auf europäischer und nationaler Ebene haben alle Bundesländer und viele andere Industriestaaten spezifische KI- bzw. Digitalisierungsstrategien aufgestellt. Die Plattform „Lernende Systeme“ hat zu diesem Zweck eine kompakte Übersicht erstellt (https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-strategien.html).

Watney & Auer (2021) diskutieren auf Policy-Ebene die politischen Notwendigkeiten für eine verbesserte KI-Anwendung spezifisch für KMU. Dabei stellen sie vier zentrale Forderungen auf:

- Dateninvestitionen als öffentliches Gut: Die Anreize sollen so gestaltet werden, dass der private Sektor auf sektoraler Ebene Daten an öffentliche und private Daten-Stiftungen bereitstellt, damit diese von allen genutzt werden können. Staatlicherseits sind Investitionen in Forschungsorganisationen gefordert, die neue wissenschaftliche oder kommerzielle öffentliche Datensätze erstellen sollen.

- Herstellung regulatorischer Sicherheit: Die rechtlichen Anforderungen und Pflichten für KMU im Falle einer KI-Nutzung sollten klargestellt werden. Eine Webseite sollte erstellt werden, die Informationsmaterial über Chancen und Risiken von KI-Anwendungenenthält. Vor der Aufstellung neuer Regulierungen oder Behörden sollte das betreffende Ökosystem betrachtet werden, um zu sehen, ob dasselbe Ziel nicht durch industriespezifische Regulierung oder Änderungen der Haftung erreicht werden könnte.

- Förderung eines Ökosystems von KI-Plattformen: Protektionistische Maßnahmen sollten verhindert werden, welche Angebote internationaler KI-Plattformen für europäische KMU bereitstellen wollen. Es sollte in die Investition von Open-Source-KI-Plattformen investiert werden, die durch KMU genutzt werden können. Auf Ebene der Mitgliedsstaaten sollten Best Practice-Beispiele formuliert und in andere Länder getragen werden.

- Ausweitung des Pools an KI-Talenten: Weiterbildung in KI sollte gefördert werden. Immigration qualifizierter Fachkräfte sollte gefördert werden und Barrieren für Cross-Border M&A sollten reduziert werden, um den internationalen Wissensaustausch zu fördern.

Heumann & Jentzsch (2019) diskutieren die Möglichkeit, Datenpools zu bilden, um über eine gemeinsame Nutzung und Verwertung zur verstärkten Entwicklung europäischer KI-Lösungen zu gelangen. Zunächst wird dafür eine Übersicht über bestehende Datenpools, Plattformen und Repositorien in privater oder öffentlicher Trägerschaft erstellt. Das größte Hindernis für die Autoren im Hinblick auf die Kooperation privater Unternehmen ist der Aspekt der Rechtssicherheit und der Zugriffsrechte auf die Datenpools, wofür entsprechende Regeln entwickelt werden müssten, um Anreize zur Kooperation zu geben. Übergreifend stellen die Autoren aber fest, dass es bislang keine Strategie und nicht genügend Wissen über Kooperationsmechanismen im Rahmen von Datenpools gibt, um eine relevante Menge an Daten bereitzustellen.

Die politische Betrachtungsebene von KI im Mittelstand zeigt eine umfassende und hochrangige Befassung mit der KI, die als strategisch zentrale ökonomische und politische Größe angesehen wird. Die schwache europäische und deutsche Position im internationalen Vergleich wird als Ausgangspunkt für eine Vielzahl an Initiativen gesehen, die Forschung, Entwicklung und Transfer in die Unternehmenslandschaft verbessern sollen. Der Mittelstand wird aufgrund seiner zahlenmäßigen Relevanz als wichtiger Ansatzpunkt gesehen, wobei die erheblichen Herausforderungen eines weitergehenden Transfers und ihre strukturellen Gründe gesehen werden. Die Transferstrukturen und Investitionen in KI-Ökosysteme können an den identifizierten Schwächen ansetzen, sofern eine umfassende Umsetzung der ambitionierten Programme erfolgt.

© AdobeStock.com, Tippapatt

5. KI im Handwerk

Im Folgenden wird als dritter Baustein des Literaturüberblicks ein Überblick über die KI-Anwendung im Handwerk gegeben. Dabei werden verschiedene Ebenen kombiniert: Zunächst werden die bestehenden empirischen Untersuchungen vorgestellt und mit der zuvor zusammengefassten Forschungsliteratur verknüpft. Im Anschluss werden die aktuell bestehenden Forschungsprojekte vorgestellt, politische Positionspapiere zusammengefasstund auf die Angebote der Organisation Mittelstand-Digital Zentrum Handwerk eingegangen. Abschließend werden eine Reihe von Anwendungsfällen präsentiert, die in der Recherche identifiziert werden konnten.

5.1 Studien

Bislang wurden drei Erhebungen zur KI im Handwerk durchgeführt. Eine Studie von techconsult im Auftrag der Deutschen Telekom aus dem Jahr 2019 zeigt, dass 6 % der Handwerksbetriebe KI nutzen und 24 % in den nächsten zwei Jahren den Einsatz von KI planen, während 40 % KI zurzeit für ihren Betrieb als nicht relevant einschätzen (zit. nach Heinen et al., 2021). In einer ZDH-Umfrage unter Hauptgeschäftsführern der Handwerksorganisationen gehen 91 % der Befragten von einem Wettbewerbsvorteil für Betriebe mit KI-Anwendung aus (zit. nach Heinen et al., 2021). Um diese Vorteile zu realisieren, müssten Betriebe über die Nutzung und Grenzen des Einsatzes von KI informiert werden und das Thema in die Aus- und Weiterbildung verankert werden. Zur Anwendung sollten Innovationswerkstätten und Leuchtturmprojekte durchgeführt und kommuniziert werden. Aspekte wie der Know-how-Transfer aus Wissenschaft und Forschung in die Betriebe, fairer Zugang zu Daten, Transparenzstandards, KI-Schulbildung sowie Haftungsfragen wurden als deutlich weniger wichtig angesehen (zit. nach Heinen et al., 2021). Schließlich führten Heinen et al. (2021) eine Expertenumfrage unter den Beratern verschiedener Funktionen aus den Handwerksorganisationen durch, die durch einen Expertenworkshop validiert wurden.

- Dabei wird bestätigt, dass aus Beratersicht der überwiegende Anteil der Handwerksunternehmen keinerlei Erfahrungen mit KI haben und nur eine sehr geringe Anzahl grundlegend oder sehr gut mit dem Thema vertraut sind.
- Hinsichtlich der Anfragen zum Thema KI durch Betriebe hatten 91 % der Berater im Berichtszeitraum keinerlei Anfragen.
- Die geringe Anzahl an Anfragen betraf die Themenbereiche: Bild- und Contentanalyse, Bots, Smart Factory, Smart Home, Vernetzung mit Kunden und Lieferanten, Kalkulation und Angebote, Auftragsverwaltung, Automatisierung von Buchhaltungsprozessen, Automatische Prüfung von Dokumenten.
- Die Berater sehen größtenteils (60,3 %) KI als Chance für Handwerksbetriebe, 25,4 %sehen KI weder als Chance noch als Risiko und 14,3 % eher als Risiko.
- Hinsichtlich des Einsatzes von KI ist die Mehrzahl (59,3 %) der Meinung, dass diese einen hohen Beitrag zur Effizienzsteigerung leisten kann. 30,5 % sehen einen geringen Beitrag und 10,2 % einen sehr hohen Beitrag zur Effizienzsteigerung.

Potenzielle Anwendungsgebiete sind aus Sicht der Berater die Themen:

- Autonomes Fahren
- Persönliche Assistenzsysteme
- Übernahme von eintönigen Aufgaben
- Verwaltungstätigkeiten
- Personalisierung von Dienstleistungen
- Synchronübersetzung am Telefon
- Smart Home lernt Nutzerverhalten und assistiert
- Marktrecherchen

- Rechtsberatung, Building Information Modeling (BIM)
- Kundenfragen und Auftragsbearbeitung für schnelle Reaktion im Marketing
- Geschäftstätigkeit im Ausland (Abwicklung, Export von Waren, Wartungsservice, Kundenkontakte)
- Rentenberechnungen und -bescheide prüfen

- Die wichtigsten Anwendungsgebiete sind aus Sicht der Berater die Übernahme eintöniger Aufgaben, Verwaltungstätigkeiten und persönliche Assistenzsysteme.
- Zentrale Hemmnisse sind die fehlenden Fachkräfte bzw. die fehlende Mitarbeiterkompetenz, ein mangelnder Einblick in Entscheidung der KI sowie Bedenken zu Datenschutz und Sicherheit.

Als weitere zentrale Hemmnisse wurden angegeben:

- Zu wenige Routinetätigkeiten im Betrieb
- Unwissen, Zeitmangel, Angst vor Veränderungen, Beratungsresistenz, fehlendes Problembewusstsein und Kompetenz im Management
- Ethische Risiken
- Mangelndes Wissen über Einsatz und Mehrwert von KI

Der Expertenworkshop bestätigt die Ergebnisse der Umfrage und betont die Rolle des fehlenden Know-hows in Unternehmen. Ebenso wird betont, dass Betriebe unmittelbar den Nutzen der neuen Technologie einsehen müssen und die Technologie ohne großen Aufwand einführen können. Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, wurden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Es sollte Forschungsprogramme zu KI mit kleineren Betrieben geben.
- Die Relevanz einer geringeren Komplexität der Begrifflichkeiten in der Kommunikation mit Betrieben und allgemein KI als eine weitere Software sollte dargestellt werden, um die wahrgenommenen Hürden der Nutzung zu reduzieren.
- Roadshows mit Beispiel-Technologien werden vorgeschlagen, um konkrete Anwendungsfälle zu benennen.
- Ferner sollten die etablierten Formate der Wissensvermittlung durch die Handwerksorganisation stärker genutzt werden, also Sensibilisierungsveranstaltungen, Unternehmerabende, Messen und Best Practice-Beispiele.
- Hervorzuheben sind dabei die Möglichkeiten zur Zeit- und Kostenersparnis für die Betriebe.

Übergreifend zeigen sich damit ähnliche Ergebnisse für die Handwerksbetriebe wie in der internationalen Forschungsliteratur und im Hinblick auf den deutschen Mittelstand allgemein, auch wenn die empirischen Untersuchungen noch sehr begrenzt sind und sich auf kleine Stichproben-Größen bei Betrieben sowie Berater und Funktionäre der Handwerksorganisation beschränken. Es zeigt sich, dass KI im Handwerk bislang sehr selten genutzt wird und das bekannte Bündel an organisationalen und motivatorischen Faktoren greift, das auch sonst Innovations- und Digitalisierungsprozesse im Handwerk hemmt. Es sind viele Anwendungsgebiete denkbar, aber solange keine niedrigschwelligen KI-Dienstleistungen verfügbar sind, ist eine weite Verbreitung unrealistisch. Die bekannten Transferformate der Handwerksorganisation, gekoppelt mit Forschungstätigkeit zur Entwicklung von KI-Dienstleistungen, stellen die nächsten möglichen Schritte zur KI-Adaption im Handwerk dar, wobei sich auch dieser Aspekt wenig von den Empfehlungen und Erfahrungen der restlichen Forschungsliteratur unterscheidet.

5.2 Forschungsprojekte

Die Forschungsergebnisse sind zum Teil aus laufenden Forschungsprojekten abgeleitet, in denen weiter Erkenntnisse zur KI im Handwerk gewonnen werden. Es bestehen vier öffentlich geförderte und laufende Forschungsprojekte mit unmittelbarem Handwerksbezug.

- Im Projekt KomKI wird vom ITB Karlsruhe mit Kooperationspartnern zu den erforderlichen Kompetenzen zur Implementierung von künstlicher Intelligenz im Handwerk geforscht. Die laufende Untersuchung stellt als Zwischenfazit fest, dass KI in den Unternehmen und in der Beratung noch nicht umfangreich genutzt und thematisiert wird. Es besteht demnach eine Wissens- und Transferlücke, sodass weder genügend Wissen vorhanden ist, noch das bestehende Wissen angemessen weitergegeben wird. Um diese Bedingungen zu verbessern, werden eine Reihe von Kompetenzen vorgeschlagen (Fachkompetenzen, Methoden, KI-Selbst- und Personalkompetenzen, KI-Sozialkompetenzen), die in künftigen Lehrformaten verankert werden müssten, um eine höhere Durchdringung von KI zu erreichen. Entsprechend werden künftig Qualifizierungsbausteine entwickelt, die in allen Bereichen der betrieblichen Tätigkeit und Ausbildung Eingang finden können, um Kompetenzen aufzubauen und dadurch einen besseren Eingang von KI-Anwendungen in den betrieblichen Alltag zu ermöglichen (Schliephake & Cordes, 2021).

- SmartAIwork: Im Rahmen des Projekts wird vom ITB Karlsruhe gemeinsam mit Fraunhofer-Instituten zum Thema der KI in der Sachbearbeitung geforscht. Es zeigte sich, dass die betreffenden Kooperationsbetriebe für KI-Anwendungen nicht ausreichend Daten zur Verfügung stellen konnten. Eine Umfrage unter Betriebsberatern zeigt wahrgenommene Potenziale von KI in der Sachbearbeitung, wobei insbesondere die Übernahme eintöniger Aufgaben, Verwaltungstätigkeiten und persönliche Assistenzsysteme als wichtige künftige Anwendungsfelder benannt werden. Als zentrale Hemmnisse werden fehlende Fachkräfte bzw. fehlende Mitarbeiterkompetenz genannt sowie mangelnden Einblick in die Entscheidungen der KI. Expertenworkshops ergänzten die Umfrage, wobei erneut die Rolle fehlender Kompetenz betont wurde. Für die Einführung von KI in der Breite ist eine einfache und verständliche Darstellung und hohe Nutzbarkeit erforderlich, was sich in den Transferformaten wiederspiegeln sollte (Heinen et al., 2021). Grundlegend wird deutlich, dass ähnliche Vorbehalte und Herausforderungen bei der Einführung von KI im Bereich der Sachbearbeitung bestehen, wie bei der Digitalisierung allgemein (vgl. Thonipara et al., 2020).

- Bau Prevent entwickelt im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) Messmodelle für arbeitsbezogene Bewegungsmuster bei Malern und Stuckateure über entsprechende Sensorik. In Kombination mit Gesundheitsdaten werden Messungen von Bewegungen getätigt und am Ende des Arbeitstagesautomatische Hinweise zu Ausgleichsübungen für die Angestellten erstellt, um die spezifischen gemessenen Belastungen auszugleichen.

- Das Projekt KI-Nergy befasst sich im Auftrag des BMWK mit der Optimierung von Heizungsanlagen durch KI, um so Effizienzgewinne durch stärkeren Einsatz von Sensoren zu bewirken, da diese Fernwartung bzw. Wartung durch weniger hochqualifiziertes Personal ermöglichen. Träger des Projekts ist das Hamburger Start-up ENER-IQ.

5.3 Positionspapiere

Von Seiten der Handwerksorganisation sind bislang zwei Positionspapiere erstellt werden: vom Zentralverband des Deutschen Handwerks (2019) und vom Westdeutschen Handwerkskammertag (2020). Beide betonen die Relevanz des Themas und die großen Potenziale von KI, warnen aber auch vor überzogenen Erwartungen. Im Schwerpunkt wird für die Nutzung von KI als Dienstleistung plädiert und damit für eine schrittweise marktbasierte Durchdringung des Handwerks mit geeigneten Einzelanwendungen. Das Handwerk als Entwickler von KI-Lösungen wird skeptisch gesehen, da Kompetenzen und finanzielle Ressourcen in den oftmals kleinen und mittleren Betrieben realistisch nicht zur Verfügung stehen. Als realistische Anwendungsfelder von KI im Handwerk nennt der ZDH Betriebsdaten von Kraft- und Nutzfahrzeugen, Heizungen, Anlagen für erneuerbare Energien oder Wartungsbedarfe. Expertensysteme sollen verteiltes Betriebswissen bündeln und so allen Angestellten gleichermaßen und kontextunabhängig zur Verfügung gestellt werden. Der Bereich von Buchhaltung und Rechnungswesen wiederum biete sich für die Unterstützung durch KI an. Dasselbe gelte für KI-Lösungen für die digitale Kommunikation mit Kunden sowie optische Mustererkennung und intelligente Exoskelette zur Unterstützung körperlicher Arbeit. Übergreifend wird argumentiert, dass ein realistisches Entwicklungsmuster darin besteht, dass handwerksexterne Anbieter für spezifische Nutzungsfälle KI-Anwendungen entwickeln und im Handwerk kommerzialisieren im Sinne von „AI as a Service (AIaaS)“. Die Handwerksorganisation soll ferner Rahmenbedingungen mitgestalten und KI-Themen in die Curricula aufnehmen, KI in der eigenen Organisation einzuführen sowie Best Practice-Beispiele verbreiten sowie sich für handwerksspezifische Regulierung der Datenökonomie einsetzen, um Monopolisierungstendenzen bei großen Plattformen entgegenzuwirken. Ferner seien Transfermechanismen zu KMU allgemein zu stärken und gleichermaßen die Bemühungen zur Basis-Digitalisierung weiter zu stärken. Im Hinblick auf die Zusammenfassung von Daten zur Ermöglichung von maschinellem Lernen seien Branchenweite Lösungen nötig, um eine nutzbare Größenordnung zu gewährleisten.

5.4 Mittelstand-Digital Zentrum Handwerk

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)finanzierten Kompetenzzentrums mit Schwerpunkt auf die Digitalisierung des Handwerks sind eine Vielzahl von KI-bezogenen Angeboten für das Handwerk verfügbar, die dem Wissenstransfer dienen sollen. Dabei wird ein KI-Readiness-Check angeboten, KI-Veranstaltungen durchgeführt, ein kostenloses KI-Coaching angeboten, individuelle, kostenfreie Beratung durch das Mittelstand-Digital-Netzwerk bereitgestellt, Fördermöglichkeiten kompakt dargestellt sowie auf Live-Demonstrationen verwiesen. Für allgemeinere Informationen wird auf das Netzwerk von Mittelstand-Digital verwiesen, das eine Vielzahl weiterer Angebote aufweist. Übergreifend besteht damit für das Handwerk eine gut ausgebaute Struktur zur KI-spezifischen Information und Beratung für die Etablierung von KI-Lösungen in Betriebe. Die Transferstruktur ist sowohl aus den bisherigen Erfahrungen zur Digitalisierungsförderung im Handwerk als auch durch das breite und gut etablierte Mittelstand-Digital-Netzwerk gewachsen und mit den Institutionen des Handwerks verknüpft, sodass von einer hohen Passgenauigkeit der Angebote auszugehen ist.

5.5 Bestehende Anwendungsfelder von KI im Handwerk

Abschließend können eine Reihe von Anwendungsfeldern von KI im Handwerk identifiziert werden, die einen Eindruck vom Adaptionsgrad geben.

- Die ersten Anwendungen von KI entstanden im Zuge der Nutzung von Robotern in der Produktion und haben auf diesem Wege auch Einzug ins Handwerk gefunden. Hier ist sowohl die klassische Robotertechnik, aber auch intelligente Cobots für einzelne wiederkehrende und belastende Bewegungen zu erwähnen. Intelligente Robotertechnologie wird dabei am stärksten im produzierenden Gewerbe eingesetzt.

- Eine starke Anwendung von KI zeigt sich im Bäckerhandwerk: Hier haben mehrere Start-Ups (z.B. Meteolux, BäckerAI, Delicious Data) auf Basis historischer Daten die Planung von Verbrauchen sowie Umsatz-, Material- und Personalprognosen für das Bäckerhandwerk übernommen. Auf Plattformen können interessierte Betriebe ihre eigenen Betriebsdaten hochladen und erhalten tagesgenaue Prognosen, an denen das betriebliche Handeln ausgerichtet werden kann.

- Auf Seiten der Handwerksorganisation hat eine Kreishandwerkerschaft im Zuge der Corona-Pandemie einen auf KI beruhenden Chatbot („Crafty“) programmieren lassen, der auf Fragen zur Corona-Lage und Vorschriften reagieren kann und nunmehr durch die gesamte Handwerksorganisation genutzt werden kann.

- Das Start-Up EnergIQ Startup zielt auf die Optimierung von Heizungsanlagen durch den verstärkten Einbau von Sensoren und der Analyse von Sensordaten. Ziel ist es dabei, den Aufwand einer Wartung von Heizungsanlagen deutlich zu reduzieren, um so Energieeinsparpotenziale in großem Maßstab zu realisieren. Dies soll sowohl Kostenersparnisse als auch Nachhaltigkeitswirkung bei gleicher Wärmeleistung bewirken.

- Weitere Beispiele liegen im Bau- und Ausbaubereich, wo im Themenbereich des Building Information Modelings (BIM) auf einer Vielzahl an Plattformen und Softwaresystemen Elemente des maschinellen Lernens eingesetzt werden. Auch wenn BIM-Ansätze noch keine flächendeckende Einführung erfahren haben, sind die große Zusammenfassung von Daten eine wertvolle Grundlage für die künftige Entwicklung von KI-Anwendungen. Damit verknüpft wird an offenen Datenplattformen für BIM gearbeitet (BIMeta), die einen offenen Zugang und hohe Kompatibilität sichern sollen und von einer Vielzahl an Akteuren der Bauwirtschaft unterstützt wird.

- Für das Bauhandwerk bestehen KI-gestützt Software-Lösungen wie „Building Radar“, das automatisch digitale Plattformen nach Ankündigungen, Ausschreibungen und Informationen zu Bauprojekten durchsucht, um individuelle Recherchezeit zu sparen und die Chance auf eine erfolgreiche Auftragsvergabe zu erhöhen.

- Das Start-Up Handwai zielt auf eine Analyse von Leistungsverzeichnissen, um auf Basis von KI die Nachtragpotenziale und Risiken einer Bewerbung sowie eine monetäre Bewertung von Angeboten für Bauunternehmen zu ermöglichen. Auf einer Plattform können Betriebe Leistungsverzeichnisse analysieren lassen und auf Basis eigener Eingaben damit Entscheidungshilfen erhalten, ob Angebote abgegeben werden sollen oder nicht und mit welchen Risiken eine Angebotsabgabe verknüpft wäre.

- Software zur Überwachung von Baustellen, wie Oculai, Buildvue und Eskimo, nutzen KI, um als Monitoring- und Managementsoftware den Verlauf komplexer Bauprojekte zu überwachen und zu steuern.

- Im Rahmen von Smart Home-Lösungen kann ferner durch Sensorsysteme der Zustand der Bausubstanz und Haustechnik überwacht werden und die erhobenen Daten in einem Gebäudemanagementsystem analysiert werden, was frühzeitige Reaktionen ermöglicht.

- Zwei technische Bereiche, in denen KI genutzt wird, und die eine hohe Handwerksrelevanz haben, sind der 3D-Druck und die Technologien im Bereich des CNC-Fräsens. Beide Technologien generieren hohe Datenmengen, die die Entwicklung von abgeleiteten KI-Anwendungen ermöglichen.

- Neben diesen handwerksspezifischen Anwendungsfällen gibt es eine Vielzahl von Unternehmen, die allgemein die Nutzung von KI zur Optimierung von Produktionsprozessen als Dienstleistung anbieten, wobei bislang nur wenige direkte Bezüge zum Handwerk zu sehen sind.

Übergreifend zeigen sich somit vielfältige Anwendungsbereiche, wobei die Anwendungen jedoch bislang keine Durchdringung der betreffenden Märkte erlangt haben.

6. Diskussion: KI-Anwendung im Handwerk

6.1 Ergebnisse der Forschungsliteratur

Die internationale und nationale Literatur zur KI-Anwendung in KMU ermöglicht eine Reihe von allgemeinen Schlussfolgerungen, die zur Anwendung auf das in Bezug auf KI bislang schwach untersuchte Handwerk relevant sind.

- KI-Anwendungen werden bislang nur selten in KMU eingesetzt; die Technologieadaption verläuft langsam und inkrementell. Die Anreize, Hemmnisse und Potenziale ähneln strukturell denen der Digitalisierung von KMU, wobei der Komplexitätsgrad und die Anwendungsnähe von KI ungleich höher sind als bei Digitalisierungsprozessen.

- Bereits häufiger genutzt werden KI-Anwendungen von internationalen, wissensintensiven und serviceorientierten Unternehmen. In Deutschland nutzen neben diesen Branchen, allerdings mit deutlichem Abstand, größere Unternehmen des produzierenden Gewerbes (Elektrotechnik, Maschinenbau, Chemie-, Pharma- und Grundstoffindustrie) KI-Anwendungen zur Optimierung der Produktion. Allgemein gilt dabei: Je höher die Produktkomplexität und die Seriengröße und je größer der Betrieb ist, desto eher wird KI eingesetzt.

- Innerhalb dieser Branchen wird KI von rund 5 % aller Betriebe aktiv genutzt, wobei unter 1 % der Beschäftigten sich mit der Anwendung befassen. Es werden erhebliche Gewinne durch KI erzielt, wobei empirisch bislang keine Umsatzsteigerungen in Folge der KI gezeigt wurden. Dennoch sind KI-einsetzende Unternehmen deutlich innovativer.

- Es werden in aller Regel externe KI-Anwendungen genutzt, während Eigenentwicklungen die Ausnahme bleiben. Es besteht ein deutlicher Fachkräftemangel in Bezug auf KI-bezogene Stellen.

Welche Schlüsse können für das deutsche Handwerk aus diesen allgemeinen Erkenntnissen zur KI-Adaption gezogen werden? Primär zeigt sich, dass KI bislang noch ein Phänomen wissens- und IKT-intensiver Branchen ist und auch in Industrieunternehmen mit hoher Stückzahl und prinzipiell guter Datenverfügbarkeit noch die Ausnahme darstellt. Mittelständische Unternehmen allgemein und insbesondere kleine Unternehmen nutzen KI-Anwendungen noch einmal deutlich seltener.

Die KI-Anwendung in Mittelstand und Handwerk ist demnach bislang noch im Anfangsstadium. Es bestehen eine breite Kenntnis über die wahrgenommene Relevanz von KI in den Betrieben sowie Politik und Wirtschaftsorganisationen, aber nur begrenzt praktisch anwendbares Wissen um mögliche Anwendungsfelder. Die Schwierigkeiten bei der Technologieadaption sind international ähnlich und in der praktischen Betriebsführung kleinerer Betriebe nachvollziehbar: Ressourcenbeschränkungen, unklarer Nutzen, fehlende Fachkräfte und hohe Kosten bei schwachen betriebswirtschaftlichen Argumenten für die Einführung. Insofern unterscheiden sich die Bemühungen zur KI-Anwendung nicht wesentlich von den Hemmnissen und Erfolgsfaktoren bei der allgemeinen Digitalisierung der Betriebe. Ein wichtiger Unterschied liegt jedoch in der bislang geringen Zahl an niedrigschwellig einsetzbaren KI-Angeboten und dem prohibitiv hohen Aufwand von Eigenentwicklungen. Insofern ist konzeptionell eine Trennung zwischen bereits jetzt leicht möglicher Digitalisierung in den Betrieben und der bislang komplexen und nicht einfach umsetzbaren Einführung von KI vorzunehmen, die in der öffentlichen Diskussion oft nicht vorgenommen wird. Die medial überhöhten Erwartungen an die zeitnahe einzelbetriebliche Nutzung von KI sind daher zu relativieren.

6.2 KI-Einführung und Digitalisierung

Neben dem Aspekt der erheblichen Herausforderungen bei einer flächendeckenden Nutzung von in kleineren Betrieben ist das Verhältnis von Digitalisierung und KI-Einführung zu diskutieren. In Forschung und wirtschaftspolitisch motiviertem Transfer wird die Anwendung von künstlicher Intelligenz häufig als logische Fortsetzung der Digitalisierung von Unternehmen verstanden. Der Grundgedanke dabei ist, dass eine weitgehende Digitalisierung von Firmenprozessen und der umfassende Ausbau datengenerierender Systeme in Produktion und Dienstleistungserbringung die Grundlage für die Nutzung von KI legt. Für erfolgreich digitalisierte Betriebe ist demnach der logische Folgeschritt für die Optimierung der Produktion und des Geschäftsmodells der Aufbau von KI-Systemen im Anschluss an einen weitgehenden Digitalisierungsprozess (vgl. z.B. Heinen et al., 2021 für diese Perspektive). Dabei wird unabhängig von Firmengröße und Branche ein logischer und zwingender Zusammenhang zwischen Prozessdigitalisierung und der Einführung von künstlicher Intelligenz hergestellt, was zu einer einzelbetrieblichen Perspektive auf die KI-Anwendung beiträgt.

Diese Perspektive ist mit einer Reihe von Problemen behaftet. Die Annahme, dass KI-Anwendungen letztlich eine inkrementelle Fortsetzung von im Kern simplen Digitalisierungsschritten seien, unterschätzt die Herausforderung bei der Umsetzung von KI-Projekten in Unternehmen. Künstliche Intelligenz ist im Kern ein Teilgebiet der Statistik mit hohen Anforderungen an die Datenqualität und -quantität und ist mit erheblichem Entwicklungsaufwand für oftmals sehr eng begrenzte Anwendungsfelder verbunden. Während Großunternehmen mit bereits lang und sorgfältig etabliertem Datenaufbau zumindest Grundlagen für die Nutzung von KI aufweisen, besitzt die Mehrzahl der kleinen und mittleren Unternehmen weder die Daten noch die Fachkräfte für einen kosteneffizienten Aufbau von KI-Anwendungen. Insofern ist die lineare Vorstellung vom Digitalisierungsprozess, der logisch zur Nutzung von KI führt, problematisch und zugunsten einer sektoralen Sichtweise fortzuentwickeln.

Hierbei sind für einzelne Branchen kooperative Vorhaben zwischen einer Vielzahl an Betrieben erforderlich, die in eng begrenzten Feldern Daten zur Verfügung stellen und auf Basis einer breiten und langfristig angelegten Datengrundlage gemeinsam mit Entwicklerteams KI-Anwendungen aufbauen, die anschließend kommerziell der gesamten Branche angeboten werden können. Auf diese Weise kann künstliche Intelligenz als Dienstleistung (AI as a Service) in die Breite der Unternehmenslandschaft getragen werden. Erst an diesem Punkt im Entwicklungsprozess von KI-Anwendungen ist eine einzelbetriebliche Perspektive, die auf eine individuelle Beratung, den Aufbau der nötigen Datensätze für die spezifische Anwendung und die schrittweise Umsetzung im Betrieb abzielt, zweckmäßig. Den Auftakt jedoch müssen größere Daten- und Entwicklungsverbünde mit starkem Interesse an der kommerziellen Nutzbarmachung des Endprodukts bilden.

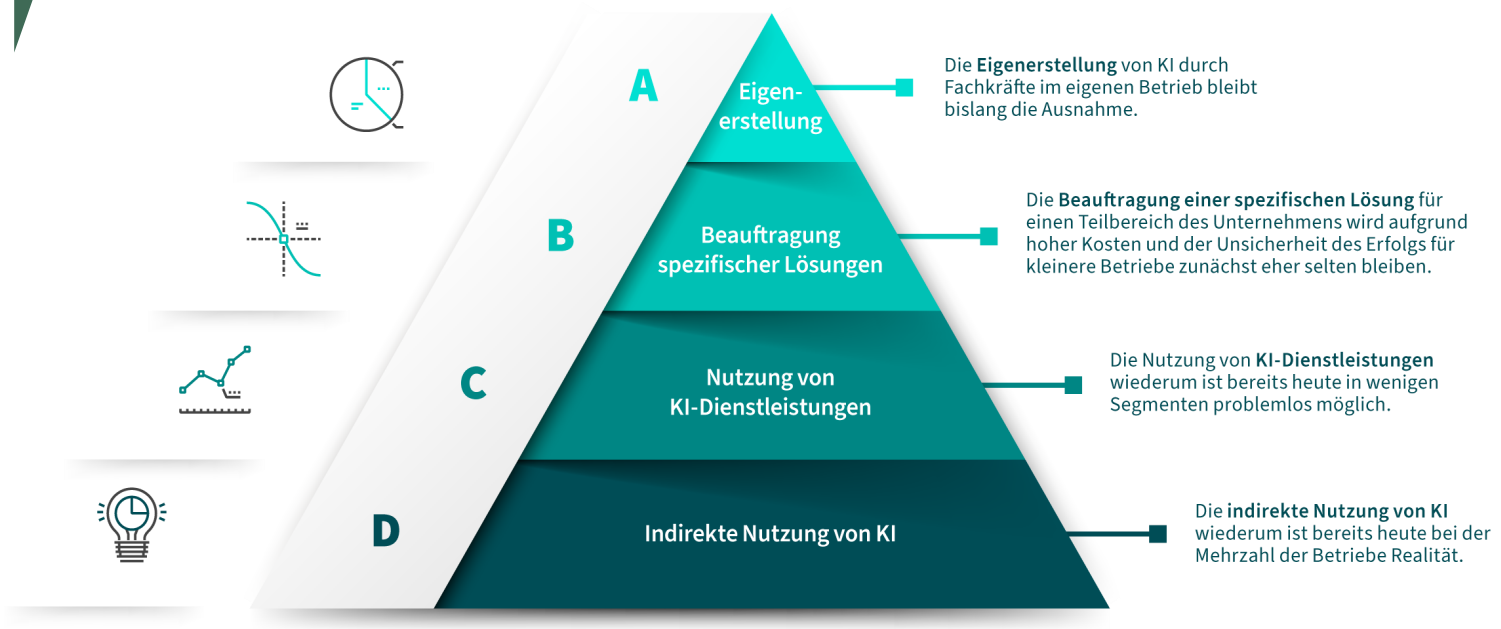


Abb. 5.: Nutzungsformen von KI in KMU

Quelle: Eigene Darstellung

6.3 Vier Ebenen der KI-Nutzung im Handwerk

Um diese Argumentation zu illustrieren, können vier Ebenen der Interaktion des Handwerks mit KI unterschieden werden (Abb. 5). Diese sind die Eigenerstellung von KI-Anwendung durch einzelne Betriebe, die Beauftragung spezifischer Lösungen, die Nutzung von KI-Dienstleistungen und die indirekte (passive) Nutzung von KI im Rahmen anderer Anwendungen, z.B. der Buchführung oder Social Media.

Die Eigenerstellung von KI durch Fachkräfte im eigenen Betrieb bleibt bislang die Ausnahme und wird es –auch bei Verfügbarkeit entsprechend qualifizierten Personals – auf absehbare Zeit auch bleiben. Dies steht im Gegensatz zur medialen und politischen Wahrnehmung von der Eigenerstellung von KI als Abschluss eines erfolgreichen Digitalisierungsprozesses und damit dem künftigen Modellfall der betrieblichen Digitalisierung.

Die Beauftragung einer spezifischen Lösung für einen Teilbereich des Unternehmens wird aufgrund hoher Kosten und der Unsicherheit des Erfolgs für kleinere Betriebe zunächst eher selten bleiben, kann sich aber im Zuge des Fortschreitens von KI-Lösungen verbreiten, wie es auch in größeren Betrieben des industriellen Mittelstandes bereits erfolgt.

Die Nutzung von KI-Dienstleistungen wiederum ist bereits heute in wenigen Segmenten problemlos möglich und kann sich im Zuge der schrittweisen Wissensdiffusion und marktlichen Durchsetzung von geeigneten Lösungen schnell verbreiten. Der Punkt einer in der Breite wirksamen Angebotspalette an KI-Dienstleistungen ist jedoch noch nicht erreicht.

Die indirekte Nutzung von KI wiederum ist bereits heute bei der Mehrzahl der Betriebe Realität. Sobald größere Plattformen für die Homepage-Erstellung oder etwa Social Media genutzt werden, wird automatisch KI auf Seiten der Plattformanbieter bei der Leistungserbringung genutzt. Dasselbe gilt für die großen Anbieter von CRM und Buchführungsprogrammen, die KI-Anwendungen (z.B. automatische Rechnungserkennung) als regulären Teil ihrer Software implementiert haben. Nicht minder stark von KI betroffen sind alle Nutzer von Software und Cloudlösungen von Herstellern wie Microsoft und Google, deren Geschäftsmodelle auf der effektiven Nutzung von Daten und maschinellem Lernen beruhen. Die im Rahmen anderer Dienstleistungen automatisch zur Verfügung gestellten Daten der Handwerksbetriebe werden durch die Dienstleister wiederum zur immer weiteren Verbesserung der eigenen Produkte durch KI genutzt.

6.4 Fokus der KI-Förderung

Auf die oben beschriebenen vier Ebenen der KI-Nutzung bezogen, liegt der Fokus des medialen Interesses – wie häufig bei technologischen Neuerungen – auf den ersten beiden Ebenen, also der gelungenen Eigenerstellung oder der Beauftragung spezifischer Lösungen. Diese dienen als Best Practice-Beispiele, sind aber fast nie realistisch auf die Mehrzahl der Betriebe anwendbar. Eine direkte Förderung dieser Unternehmen in Kooperation mit der Wissenschaft kann damit Leuchtturmprojekte erzeugen, die Potenziale aufzeigen und das Wachstum einer Firma oder eines regionalen Innovationsnetzes fördern.

Für die Erzielung von technologischem Fortschritt in der Breite der Unternehmenslandschaft wiederum ist dieser Ansatz nur bedingt geeignet, da er zu viele Vorbedingungen und Anforderungen an das beteiligte Unternehmen stellt, die im Handwerk (und allgemein bei kleinen und mittleren Unternehmen) nur in Ausnahmefällen erreicht werden. Für die effizienzfördernde Wirkung von KI muss hier auf die unteren Ebenen fokussiert werden: die Adaption bestehender Softwarelösungen und Technologien mit KI-Anteil (z.B. Cloud-Lösungen, CRM, Buchhaltungssoftware) oder aber dem gezielten Aufbau von Gründerökosystemen, die AI as a Service für spezifische Branchen und innerhalb dessen für spezifische Anwendungen im Handwerk fördern. Voraussetzungen hierfür sind die Organisation branchenspezifischer Datensätze sowie die Herstellung von Kontakten mit Gründungsinteressierten und KI-Fachkräften, die die technische Seite der Entwicklung bewältigen können. Eine entscheidende Voraussetzung ist dabei die Verfügbarkeit interessierter KI-Fachkräfte, kooperierender Unternehmen und die Möglichkeit zur raschen Kommerzialisierung der aus den Daten gewonnenen Erkenntnisse. Ist erst einmal eine niedrigschwellig nutzbare Branchenlösung entstanden, können die bestehenden Transferkanäle des Handwerks genutzt werden, um eine breite Adaption zu bewirken.

Während der Impuls zur Verbreitung von KI-Themen und zur Motivation vieler Betriebe zur Verfolgung einer eigenen KI-Strategie nachvollziehbar ist, muss er jedoch angesichts der erheblichen Komplexität des Vorhabens und der Anforderungen als wenig realistisch beurteilt werden. Sinnvoller ist eine fokussierte Entwicklung von KI-Dienstleistungen mit ausgewählten Betrieben, Forschungseinrichtungen und Start-Ups, die anschließend in Produkte münden, die zwar KI enthalten, aber kein oder nur geringes Vorwissen erfordern und sich so reibungslos in den Betriebsalltag einfügen.

7. Literatur

Aarstad, A. & Saidl, M. (2019). Barriers to adopting ai technology in SMEs. Copenhagen Business School, Copenhagen.

Alemann, S. V. (2020). How SMEs Can Compete in a Data-Driven Economy Through Collaboration. In Jacob, K., Schindler, D. & Strathausen, R. (Hrsg.). Liquid Legal.Springer, Cham, 359-370.

André , E. & Bauer , W. et al. (Hrsg.). Kompetenzentwicklung für Künstliche Intelligenz – Veränderungen, Bedarfe und Handlungsoptionen. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München. https://doi.org/10.48669/pls_2021-2

Axmann, B. & Harmoko, H. (2021). Herausforderungen bei der Einführung neuer digitaler Technologien bei KMU Teil 1: Am Beispiel der Künstlichen Intelligenz. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 116 (4), 269-271. https://doi.org/10.1515/zwf-2021-0040

Baabdullah, A. M., Alalwan, A. A., Slade, E. L., Raman, R. & Khatatneh, K. F. (2021). SMEs and artificial intelligence (AI): Antecedents and consequences of AI-based B2B practices. Industrial Marketing Management, 98, 255-270.

Basri, W. (2020). Examining the impact of artificial intelligence (AI)-assisted social media marketing on the performance of small and medium enterprises: toward effective business management in the Saudi Arabian context. International Journal of Computational Intelligence Systems, 13 (1), 142.

Bauer, M., van Dinther, C. & Kiefer, D. (2020). Machine Learning in SME: An Empirical Study on Enablers and Success Factors. AMCIS 2020 Proceedings, 3. https://aisel.aisnet.org/amcis2020/adv_info_systems_research/adv_info_systems_research/3 (Zugriff am 04.04.2022).

Bettoni, A., Matteri, D., Montini, E., Gładysz, B. & Carpanzano, E. (2021). An AI adoption model for SMEs: a conceptual framework. IFAC-PapersOnLine, 54(1), 702-708.

Brockhaus, C. P., Bischoff, T. S., Haverkamp, K., Proeger, T. & Thonipara, A. (2020). Digitalisierung von kleinen und mittleren Unternehmen in Deutschland – ein Forschungsüberblick. Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung (Heft 46). Göttingen.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi] (Hrsg.) (2020). Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Deutschen Wirtschaft: Stand der KI-Nutzung im Jahr 2019. Berlin.

Bunte, A., Richter, F. & Diovisalvi, R. (2021). Why It is Hard to Find AI in SMEs: A Survey from the Practice and How to Promote It. ICAART, 2, 614-620.

Business School Berlin – Hochschule für Management GmbH [BSP] (2021). KI-Kochbuch. Rezepte für den Einsatz Künstlicher Intelligenz im Unternehmen. https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/zentrum-kommunikation-ki-kochbuch.html (Zugriff am 04.04.2022).

Chatterjee, S., Chaudhuri, R., Vrontis, D. & Basile, G. (2021). Digital transformation and entrepreneurship process in SMEs of India: a moderating role of adoption of AI-CRM capability and strategic planning. Journal of Strategy and Management.

Crockett, K. A., Gerber, L., Latham, A. & Colyer, E. (2021). Building Trustworthy AI Solutions: A Case for Practical Solutions for Small Businesses. IEEE Transactions on Artificial Intelligence, 1-1.

Dahm, M. H. & Constantine, B. (2020). Machine Learning für den Mittelstand. In Dahm, M. & Thode, S. (Hrsg.). Digitale Transformation in der Unternehmenspraxis. Springer Gabler, Wiesbaden, 327-344. https://doi.org/10.1007/978-3-658-28557-9_16

Delponte, L. & Tamburrini, G. (2018). European Artificial Intelligence (AI) leadership, the path for an integrated vision. European Parliament.

Demary, V., Engels, B., Goecke, H., Koppel, O., Mertens, A., Rusche, C., Scheufen, M. & Wendt, J. (2020). KI-Monitor 2020. Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland. Gutachten im Auftrag des Bundesverbands Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V.

Demary, V. & Goecke, H. (2021). Wie KMU Künstliche Intelligenz nutzen. IW-Kurzbericht, No. 81/2021, Institut der deutschen Wirtschaft (IW) Köln.

Döbel, I., Leis, M., Molina Vogelsang, M., Welz, J., Neustroev, D., Petzka, H., Riemer, A., Püping, S., Voss, A. & Wegele, M. (2018). Maschinelles Lernen. Eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwendung. Fraunhofer Gesellschaft München.

Drydakis, N. (2022). Artificial Intelligence and Reduced SMEs' Business Risks. A Dynamic Capabilities Analysis During the COVID-19 Pandemic. Information Systems Frontiers, 1-25.

Dukino, C., Kötter, F., Müller, T., Renner, T. & Zaiser, H. (2020a). Künstliche Intelligenz anwenden – Einsatzmöglichkeiten und Methoden. Fraunhofer Verlag Stuttgart.

Dukino, C., Hanussek, M. & Kötter, F. (2020b). Basischeck zu KI-Einführung für KMU. Am Beispiel: Posteingangsklassifikation. Fraunhofer Verlag Stuttgart.

Dumbach, P., Liu, R., Jalowski, M. & Eskofier, B. M. (2021). The Adoption Of Artificial Intelligence In SMEs - A Cross-National Comparison. In German And Chinese Healthcare. http://ceur-ws.org/Vol-2991/paper08.pdf (Zugriff am 04.04.2022).

Europäische Kommission (2018). Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Koordinierter Plan für künstliche Intelligenz. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0795 (Zugriff am 04.04.2022).

Ghobakhloo, M. & Ching, N. T. (2019). Adoption of digital technologies of smart manufacturing in SMEs. Journal of Industrial Information Integration, 16, 100107.

Haarmeier, M. (2021). Vorgehen bei der Einführung von KI in mittelständischen Unternehmen. In Haarmeier, M. (Hrsg.). Künstliche Intelligenz für den Mittelstand.essentials. Springer Gabler, Wiesbaden, 37-47. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36085-6_5

Hansen, E. B. & Bøgh, S. (2021). Artificial intelligence and internet of things in small and medium-sized enterprises: A survey. Journal of Manufacturing Systems, 58, 362-372.

Heinen, E., Scholz, R. & Wegele, K. (2021). Künstliche Intelligenz im Handwerk. Automatisierung und Unterstützung in der Sachbearbeitung mit Künstlicher Intelligenz, 5. Fraunhofer Verlag Stuttgart.

Heumann, S. & Jentzsch, N. (2019). Wettbewerb um Daten. Über Datenpools zu Innovationen. Stiftung neue Verantwortung Berlin.

Iftikhar, N. & Nordbjerg, F. E. (2021). Adopting Artificial Intelligence in Danish SMEs–Barriers to become a Data Driven Company, its Solutions and Benefits. In 2nd International Conference on Innovative Intelligent Industrial Production and Logistics (IN4PL 2021). SCITEPRESS Digital Library.

Kaiser, J., Terrazas, G., McFarlane, D. & De Silva, L. (2021). Towards low-cost machine learning solutions for manufacturing SMEs. AI & SOCIETY, 1-7.

Kaul, A., Schieler, M. & Hans, C. (2019). Künstliche Intelligenz im europäischen Mittelstand: Status quo, Perspektiven und was jetzt zu tun ist. Universität des Saarlandes. Saarbrücken.

Kinkel, S., Baumgartner, M. & Cherubini, E. (2022). Prerequisites for the adoption of AI technologies in manufacturing–Evidence from a worldwide sample of manufacturing companies. Technovation, 110, 102375.

Kumar, A. & Kalse, A. (2021). Usage and adoption of artificial intelligence in SMEs. Materials Today: Proceedings.

Lerch, C., Heimberger, H., Jäger, A., Horvat, D. & Bitter, J. (2021). KI-Readiness im Verarbeitenden Gewerbe: Stand und Perspektiven für Baden-Württemberg. Studie im Auftrag für das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg. Karlsruhe.

Lüth, C. (2019). Herausforderungen beim erstmaligen Einsatz von KI in KMUs. Journal für Mobilität und Verkehr, 4 (2019), 1-3.

Lundborg, M. & Gull, I. (2021). Künstliche Intelligenz im Mittelstand So wird KI für kleine und mittlere Unternehmen zum Game Changer. Begleitforschung Mittelstand-Digital WIK-Consult GmbH Bad Honnef.

Märkel, C. & Lundborg, M. (2019). Künstliche Intelligenz im Mittelstand. Relevanz, Anwendungen, Transfer. WIK – Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste. Bad Honnef.

Mittal, S., Khan, M. A., Purohit, J. K., Menon, K., Romero, D. & Wuest, T. (2020). A smart manufacturing adoption framework for SMEs. International Journal of Production Research, 58 (5), 1555-1573.

Pfeiffer, S. (2020). Kontext und KI: Zum Potenzial der Beschäftigten für Künstliche Intelligenz und Machine-Learning. HMD 57, 465-479. https://doi.org/10.1365/s40702-020-00609-8

Proeger, T. & Runst, P. (2020). Digitization and Knowledge Spillover Effectiveness—Evidence from the “German Mittelstand”. Journal of the Knowledge Economy, 11 (4), 1509-1528.

Proeger, T., Thonipara, A. & Bizer, K. (2020). Mechanismen, Erfolgsfaktoren und Hemmnisse der Digitalisierung im Handwerk. Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung (Heft 35). Göttingen.

Rammer, C. (2020). Auf Künstliche Intelligenz kommt es an: Beitrag von KI zur Innovationsleistung und Performance der deutschen Wirtschaft. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Berlin.

Röhl, K. H. & Engels, B. (2021). Mehr Kooperation von Start-ups und Mittelstand als Chance für Digitalisierung und Innovationen. Wirtschaftsdienst, 101(5), 381-386.

Sandkuhl, K. (2019). Putting AI into context-method support for the introduction of artificial intelligence into organizations. In 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), 1, 157-164.

Seifert, I., Bürger, M., Wangler, L., Christmann-Budian, S., Rohde, M., Gabriel, P. & Zinke, G. (2018). Potenziale der Künstlichen Intelligenz im Produzierenden Gewerbe in Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm PAiCE – Platforms | Additive Manufacturing | Imaging | Communication | Engineering. Berlin.

Selamat, M. A. & Windasari, N. A. (2021). Chatbot for SMEs: Integrating customer and business owner perspectives. Technology in Society, 66, 101685.

Tanane, B., Bentaha, M. L., Dafflon, B., Ferreiro, V. & Moalla, N. (2022). Toward an adaptive approach to implement predictive maintenance in metallurgical industry SMEs through IoT and AI. In Canciglieri Junior, O., Noël, F., Rivest, L. & Bouras, A. (Hrsg.) (20221). Product Lifecycle

Management. Green and Blue Technologies to Support Smart and Sustainable Organizations. PLM 2021. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 639. Springer, Cham. 537-547.

Thomä, J. & Bizer, K. (2021). Governance mittelständischer Innovationstätigkeit – Implikationen des Doing-Using-Interacting-Modus. Perspektiven der Wirtschaftspolitik, 22 (4), 350-369.

Thonipara, A., Höhle, D., Proeger, T. & Bizer, K. (2020). Digitalisierung im Handwerk - ein Forschungsüberblick. Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung (Heft 36). Göttingen.

Ulrich, M. & Bachlechner, D. (2020). Wirtschaftliche Bewertung von KI in der Praxis – Status Quo, methodische Ansätze und Handlungsempfehlungen. HMD, 57, 46–59. https://doi.org/10.1365/s40702-019-00576-9 (Zugriff am 04.04.2022).

Ulrich, P. & Frank, V. (2021). Relevance and Adoption of AI technologies in German SMEs–Results from Survey-Based Research. Procedia Computer Science, 192, 2152-2159.

Wangermann, T. (2020). KI in KMU. Analysen & Argumente, Nr. 381. Konrad-Adenauer-Stiftung. Berlin.

Watney, C. & Auer, D. (2021). Encouraging AI adoption by EU SMEs. Progressive Policy Institute. https://www.progressivepolicy.org/wp-content/uploads/2021/03/PPI_Encouraging-AI-adoption-by-EU-SMEs-3.24.21-2.pdf (Zugriff am 04.04.2022).

Westdeutscher Handwerkskammertag (2020). WHKT-Position »Künstliche Intelligenz« im Handwerk – Erwartungen für morgen. Düsseldorf. https://www.whkt.de/fileadmin/user_upload/whkt/downloads/whkt-stellungnahmen-positionen/20-04-2020_WHKT-Position_KI-K%C3%BCnstliche_Intelligenz.pdf (Zugriff am 06.04.2022).

Zentralverband des Deutschen Handwerks [ZDH] (2019). Hintergrundpapier Künstliche Intelligenz und Handwerk. Berlin.

Zimmermann, V. (2021). Künstliche Intelligenz: hohe Wachstumschancen, aber geringe Verbreitung im Mittelstand, KfW Research, Fokus Volkswirtschaft, Nr. 318. Frankfurt am Main. https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2021/Fokus-Nr.-318-Februar-2021-KI.pdf (Zugriff am 06.04.2022).