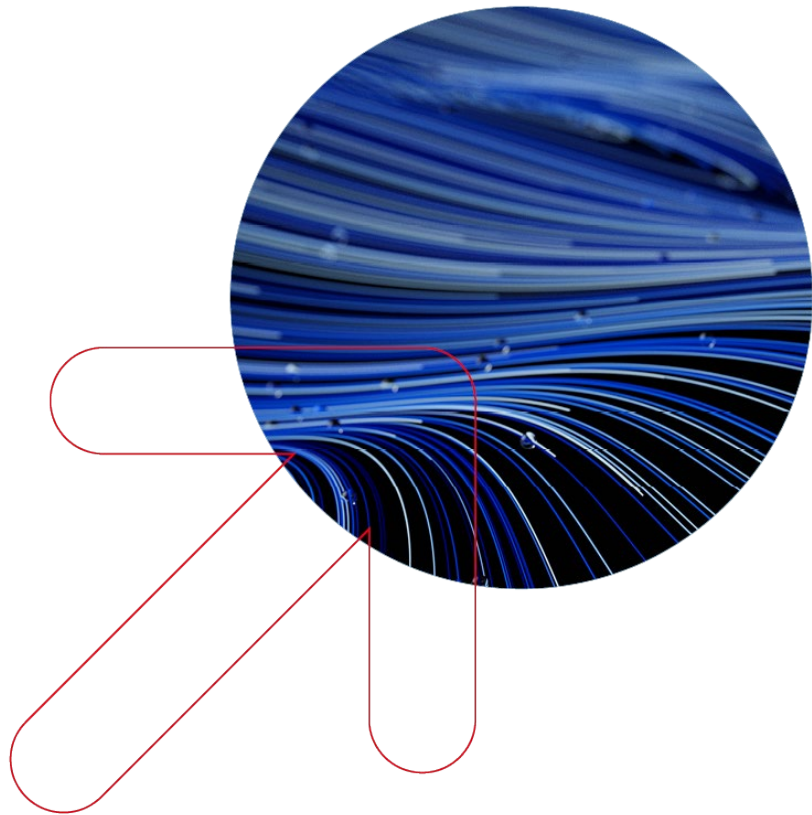


WIK • Diskussionsbeitrag

Nr. 495



Digitalisierungsanwendungen und Identifikation von Digitalisierungstrends im Mittelstand

Autoren:
Marie-Christin Papen
Katrin Marques Magalhaes
Sebastian Tenbrock
Christian Märkel

Bad Honnef, Dezember 2022

Impressum

WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
E-Mail: info@wik.org
www.wik.org

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor	Alex Kalevi Dieke
Direktor Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Bernd Sörries
Leiter der Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Dr. Thomas Solbach
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7225
Steuer-Nr.	222/5751/0722
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 123 383 795

Stand: Dezember 2022

Bildnachweis Titel: © Robert Kneschke - stock.adobe.com

In den vom WIK herausgegebenen Diskussionsbeiträgen erscheinen in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern des Instituts sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten. Mit der Herausgabe dieser Reihe bezweckt das WIK, über seine Tätigkeit zu informieren, Diskussionsanstöße zu geben, aber auch Anregungen von außen zu empfangen. Kritik und Kommentare sind deshalb jederzeit willkommen. Die in den verschiedenen Beiträgen zum Ausdruck kommenden Ansichten geben ausschließlich die Meinung der jeweiligen Autoren wieder. WIK behält sich alle Rechte vor. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des WIK ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) zu vervielfältigen oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu verarbeiten oder zu verbreiten.

ISSN 1865-8997

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
Zusammenfassung	IV
Summary	VI
1 Einleitung	1
2 Einsatz von Technologien in KMU	3
2.1 Stand der Digitalisierung und digitale Intensität	3
2.2 Pandemie-Effekt	4
2.3 Einsatz von Künstlicher Intelligenz	4
2.4 Rückgriff auf Big Data-Ansätze	6
2.5 Nutzung von IoT-Anwendungen	7
2.6 Zwischenfazit und Einschätzung der Ergebnisse	8
3 Praxisbeispiele	11
3.1 Auswahl der Praxisbeispiele	11
3.2 Deskriptive Auswertung der Auswahl der Praxisbeispiele	13
3.2.1 Regionenbezogene Auswertung	13
3.2.2 Auswertung der Branchen	16
3.2.3 Größenklassen	17
3.2.4 Lösungsbezogene Kriterien	17
3.3 Vorstellung einzelner Praxisbeispiele	19
3.4 Zwischenfazit	22
4 Analyse Zukunftstechnologien	23
5 Expertengespräche	27
5.1 Methodik der Interviews	27
5.2 Kriterien für die Bewertung der Relevanz von KMU	28
5.3 Abfrage der Zukunftstechnologien	29
5.4 Relevanz und Einsatzmöglichkeiten der zwölf Zukunftstechnologien	31
5.5 Rahmenbedingungen innerhalb der KMU	36
5.6 Rahmenbedingungen außerhalb der KMU	38
6 Zusammenführende Analyse und Schlussfolgerungen	39
7 Limitationen und Ausblick	44
Literatur	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht über Kapitelstruktur und Forschungsfragen	2
Abbildung 2:	Digitale Intensität der KMU und der Großunternehmen	3
Abbildung 3:	Anteil der KI-nutzenden Unternehmen	5
Abbildung 4:	Make-or-Buy-Entscheidung bei den KI-nutzenden Unternehmen	6
Abbildung 5:	Anteil der Unternehmen, die auf interne bzw. externe Big Data-Ansätze setzen	7
Abbildung 6:	Anteil der Unternehmen, die auf IoT-Anwendungen setzen	8
Abbildung 7:	Reifegrad der Laienentwicklung in Unternehmen, die bereits auf No-Code / Low-Code setzen	10
Abbildung 8:	Screenshot der Datenbank „Praxisbeispiele@Mittelstand“ und der Suchmaske	12
Abbildung 9:	Verteilung der Praxisbeispiele in Deutschland	14
Abbildung 10:	Anzahl der Unternehmen in den Praxisbeispielen	15
Abbildung 11:	Zuordnung der Unternehmen zu neuen (Ost) und alten (West) Bundesländern (links) und Verhältnis der Unternehmen in größeren Städten und ländlichen Gebieten (rechts)	15
Abbildung 12:	Übersicht über die Anzahl der Unternehmen in der Stichprobe in den verschiedenen Branchen (N=218)	16
Abbildung 13:	Größenklassen aller Unternehmen in der Stichprobe (N=218; links), Größenklassen ohne Anbieter (nur Anwender N= 152; rechts)	17
Abbildung 14:	Anteile der verschiedenen Wertschöpfungsbereiche, in denen Lösungen implementiert wurden oder werden können (Anbieterbeispiele)	18
Abbildung 15:	Technologiebereiche entsprechend der entwickelten Technologiesortierung	18
Abbildung 16:	Übersicht über Anteile der Reifegrade, die ein Unternehmen mindestens erreicht haben sollte, um die beschriebene Lösung zu implementieren. Reifegradeinschätzung basierend auf Reifegradmodell	19
Abbildung 17:	KI-basierte optische Prüfung für Fensterglas	20
Abbildung 18:	Augmented Reality zur Fernunterstützung	21
Abbildung 19:	Dachvermessung durch Drohnen	22
Abbildung 20:	Schritte der Technologieanalyse	23
Abbildung 21:	Mittelwerte (MW) und Spannbreiten der Angaben zur KMU-Relevanz ³²	
Abbildung 22:	Wortwolke zu Schlagwörtern in der Datenbank „Praxisbeispiele@Mittelstand“	40
Abbildung 23:	Auswahl an Beispielen zu den relevantesten Technologien in den kommenden Jahren	42
Abbildung 24:	Zentrale Erkenntnisse nach Zusammenführung der Ergebnisse der einzelnen Kapitel	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Indikatoren und Messgrößen für die Bewertung	25
Tabelle 2:	Übersicht über die abgefragten Themen und deren Reihenfolge	28

Zusammenfassung

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in Deutschland schreiten laut Umfragen und Digitalisierungsindizes zwar voran, sind jedoch weniger digitalisiert als Großunternehmen und befinden sich im Vergleich zu KMU in Europa eher im Mittelfeld. Eine Herausforderung für KMU besteht darin, aus der Vielzahl neu aufkommender Technologien und Anwendungen, diejenigen zu finden, die für das eigene Unternehmen und die vorliegenden Herausforderungen geeignet sind.

Zentrale Fragestellung dieses Diskussionsbeitrags ist es, welche Anwendungen und Technologien künftig für KMU relevant sind. Um diese Frage anzugehen, wurden aktuelle Studien zum Stand der Digitalisierung und zur Technologienutzung in KMU und Großunternehmen (Kapitel 2) erfasst. Projekte aus der Praxis, die bereits von KMU geplant und umgesetzt sind, wurden erhoben. Diese Beispiele sind in die Datenbank Praxisbeispiele@Mittelstand eingeflossen, die zusammen mit diesem Diskussionsbeitrag veröffentlicht wird. Die Datenbank enthält nun insgesamt 218 Praxisbeispiele (Stand: 12/2022). Eine Übersicht zu den Beispielen der Datenbank befindet sich in Kapitel 3.

Um die relevanten Digitalisierungstechnologien der kommenden Jahre zu identifizieren, wurden vorhandene Studien, Trends im Internet, die Anzahl an Patenten und die Anzahl an Softwareprojekten in Bezug auf Digitalisierungstechnologien ausgewertet (Kapitel 4). Anschließend wurde eine qualitative Befragung von Expertinnen und Experten zur Validierung der Ergebnisse durchgeführt (Kapitel 5) sowie eine zusammenführende Analyse und ein Ausblick (Kapitel 6 und Kapitel 7) erfasst.

Die wichtigsten Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Eine künftig hohe Relevanz für KMU werden folgenden Themen und Technologien zugeschrieben: Augmented und Virtual Reality, Fernwartung, Chatbots und Digitale Zwillinge. Weitere mögliche signifikante Technologien, die jedoch aus Expertensicht eine etwas geringere Relevanz für KMU haben könnten, sind: Blockchain/DLT, Drohnen, Laserscanning und Robotic Process Automation.
- Relevante übergeordnete Themen sind Künstliche Intelligenz (z.B. Bilderkennung, Process Mining, Spracherkennung), Datenerhebung und -analyse, Vernetzung und Nachhaltigkeit.
- In den erhobenen Praxisbeispielen, die in die Datenbank Praxisbeispiele@Mittelstand geflossen sind, zeigt sich bereits der Einsatz dieser Technologien: Insbesondere der Bereich der immersiven Medien (Augmented und Virtual Reality) und der KI sind häufig Bestandteil der Beispiele.

- Die hohe aktuelle Bedeutung von KI zeigt sich auch in den Zahlen in Kapitel 2: Obwohl deutsche KMU im europäischen Vergleich bei der Digitalisierung im Mittelfeld liegen, offenbart sich ein überdurchschnittliches Ergebnis für den Einsatz von KI. KI gewinnt insbesondere wegen der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Branchen und Wertschöpfungsbereichen weiter an Bedeutung.
- Ähnliches gilt für den Einsatz von IoT-Technologien (Internet of Things): Hier ist eine positive Entwicklung mit der Nutzung von Lösungen in den Bereichen Fernwartung und Instandhaltung, intelligenter Logistik und Tracking sowie dem smarten Energie- und Gebäudemanagement zu erklären.
- Wenn KMU die obigen Technologien einsetzen möchten, sind einige Voraussetzungen nötig: Diese liegen insbesondere in einer positiven und wenig hierarchischen Unternehmenskultur mit hohem Problembewusstsein und grundsätzlicher Offenheit gegenüber Innovationen und Veränderungen.
- Um auch in Zukunft aufkommende Technologien besser im Hinblick auf die Relevanz für KMU zu bewerten, wurden hier mehrere Schlüsselkriterien identifiziert: eine hohe Marktreife, eine möglichst geringe Komplexität bei der Implementierung, abschätzbare Kosten sowie eine möglichst breite Anwendung in verschiedenen Branchen und Unternehmensbereichen.
- Die Expertengespräche zeigen, dass KMU sich zu Beginn eher mit einer konkreten Problemstellung als mit einer Technologie auseinandersetzen. Dies unterstreicht die Bedeutung von konkreten Praxisbeispielen mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Technologien.
- Insgesamt gilt, dass die besonders relevanten Digitalisierungstechnologien der kommenden Jahre in einigen KMU bereits ihren Weg gefunden haben, aber dass in Bezug auf den Umfang des Einsatzes noch viel Potenzial vorhanden ist.

Summary

According to surveys and digital maturity indices, German small and medium-sized enterprises (SMEs) are making progress with regard to digital transformation, but they are less digitized than large enterprises and also tend to be average compared to SMEs in other European countries. One challenge for SMEs is to choose which of the emerging digital technologies and applications are suitable for their own business situation and their individual challenges.

The central question of this discussion paper is which applications and technologies will be relevant for SMEs in the future. To address this question, current studies on the status of digital transformation and technologies used in SMEs and large companies were surveyed (Chapter 2). Examples for the implementation of digital transformation in SME have been incorporated into the Praxisbeispiele@Mittelstand database, which is published together with this discussion paper. The database now contains a total of 218 practical examples (as of 12/2022) and it is published as an annex to this discussion paper. An overview of the examples in the database can be found in chapter 3.

To identify the relevant digitization technologies of the coming years, existing studies, trends on the Internet, the number of patents and the number of software projects were evaluated with regard to digitization technologies (chapter 4). Subsequently, a qualitative expert survey was conducted to validate the results (chapter 5).

The key findings can be summarized as follows:

- The following topics and technologies are considered to be of high relevance for SMEs in the future: Augmented and virtual reality, remote maintenance, chatbots and digital twins. Other possible significant technologies, which however have a somewhat lower relevance for SMEs from the experts' point of view, could be blockchain /DLT, drones, laser scanning and robotic process automation.
- Relevant overarching topics are artificial intelligence (e.g. image recognition, process mining, speech recognition), data collection and analysis, interconnectedness and sustainability.
- The use of these technologies is apparent in the practical examples that were included in the Praxisbeispiele@Mittelstand database: Particularly the field of immersive media (augmented and virtual reality) and AI are frequently included in the examples.
- The high relevance of AI is also reflected in the data in Chapter 2: Although German SMEs are in the mid-range in digitalization in a European comparison, the results for the use of AI are above average. AI is gaining in relevance particularly due to the wide range of possible applications in diverse industries.

- The same applies to the application of IoT technologies (Internet of Things): Here, a positive development can be explained by the use of solutions in the areas of remote maintenance, intelligent logistics and tracking as well as smart energy and facility management.
- If SMEs want to implement the above-mentioned technologies, a number of prerequisites should be met: These include, in particular, a positive and non-hierarchical corporate culture with a high level of problem awareness and a fundamental openness to innovation and change.
- In order to assess the relevance of emerging technologies for SMEs in the future, several key criteria were identified: a high level of market maturity, the lowest possible level of complexity in implementation, assessable/transparent costs, and the broadest possible application in various sectors and business areas.
- The expert interviews show that SMEs initially tend to focus on a specific problem rather than a technology. This emphasizes the importance of specific practical examples with a wide range of possible applications for technologies.
- In general, digitization technologies are used in SMEs, but there is still a considerable potential for expansion.

1 Einleitung

Die digitale Transformation steht seit einigen Jahren immer mehr im Fokus.¹ Die KMU in Deutschland weisen sowohl im Vergleich mit Großunternehmen als auch im europäischen Vergleich einen Nachholbedarf auf.² Unter KMU werden im Folgenden Unternehmen gefasst, die bis zu 499 Mitarbeitende beschäftigen und einen Jahresumsatz von weniger als 50 Millionen Euro erwirtschaften.³ KMU stellen mit über 99% den größten Teil der Unternehmen in Deutschland dar,⁴ entsprechend wird auch ein großer Teil des deutschen Wirtschaftswachstums von KMU erzeugt.

Um im (internationalen) Wettbewerb und mit großen Unternehmen mithalten zu können, ist der Einsatz neuer Entwicklungen und Technologien⁵ ein zentrales Thema für KMU, da hier beispielsweise Effizienzvorteile generiert werden können. Eine Herausforderung für KMU besteht darin, aus der Vielzahl neu aufkommender Digitalisierungstechnologien und -anwendungen, diejenigen zu finden, die das KMU selbst nutzen kann.⁶ Neben dieser Herausforderung haben gerade KMU oft wenig Zeit für Aktivitäten außerhalb des Tagesgeschäfts. Es fehlen vielfach auch Kenntnisse und Wissen, um den Nutzen neuer Technologien adäquat einschätzen zu können.⁷ Dabei ist dies zentral für die strategische Planung in vielen Bereichen von KMU, z.B. im Umgang mit Kunden, für interne Prozesse, für die Personalakquise in Zeiten des Fachkräftemangels, in der Optimierung der Produktion sowie im Rechnungswesen und der Verwaltung.

Hier setzt der vorliegende Diskussionsbeitrag an: Zentrale Fragestellung ist, welche Digitalisierungstechnologien künftig für KMU relevant sind und wofür diese eingesetzt werden können und welche Voraussetzungen dazu notwendig sind. Diese beinhaltet dabei vier Teilfragen:

1. Was sind die relevanten Digitalisierungstechnologien für KMU in den kommenden Jahren?
2. Wie ist der aktuelle Stand der Digitalisierung und der Einsatz konkreter Technologien in KMU im europäischen Vergleich und im Vergleich mit Großunternehmen?
3. Welche Praxisbeispiele zu diesen Technologien gibt es bereits im Mittelstand?
4. Welche Voraussetzungen müssen KMU erfüllen, um diese Technologien (aus Frage 1) einzusetzen?

¹ Vgl. Zimmermann / KfW Research 2022b

² Vgl. Büchel et al. 2022

³ Vgl. Institut für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn (2016). Eine abweichende Definition legt die EU fest, hier liegen die Grenzen bei bis zu 249 Mitarbeitenden und einem jährlichen Umsatz unter 50 Millionen Euro (EU-Empfehlung 32003H0361). Eine Ausnahme der Nutzung der IfM-Definition stellt das Kapitel 2 dar. Hier wird aufgrund der verwendeten Daten auf die EU Definition zurückgegriffen. Für eine Tendenz in der Entwicklung erscheinen die Daten dennoch zum Vergleich geeignet, bei der Interpretation der zusammengeführten Ergebnisse ist dies entsprechend zu berücksichtigen

⁴ Destatis 2022; Rudnicka / Statista 2022

⁵ Der Begriff Technologie wird entsprechend der Definition von Klappert und Schuh (2011) als Verbindung zwischen naturwissenschaftlichem Wissen und technischen Problemlösungen interpretiert.

⁶ Vgl. Groher 2022, Stich et al. 2021 oder Wiener 2018

⁷ Vgl. Leyh et al. 2018

Abbildung 1: Übersicht über Kapitelstruktur und Forschungsfragen



Quelle: Eigene Darstellung

In Kapitel 2 wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Digitalisierung deutscher KMU gegeben. Dieser bezieht sich auf die aktuelle Nutzung einzelner aktuell als bedeutend angesehener Technologien, wie beispielsweise Künstliche Intelligenz (KI).

Im darauffolgenden Kapitel 3 ist ein Überblick über tatsächlich geplante und umgesetzte Digitalisierungsanwendungen in KMU erhalten. Im Rahmen des Projekts wurde die Datenbank Praxisbeispiele@Mittelstand erstellt. Die Praxisbeispiele werden unter anderem nach Technologien, Branchen oder Regionen analysiert. Die Sammlung der Praxisbeispiele in der Datenbank Praxisbeispiele@Mittelstand schafft einen aufschlussreichen Überblick zu den Digitalisierungsanwendungen für KMU. Die Such- und Filterfunktionen erzeugen einen Mehrwert für KMU, die nach Anwendungsbeispielen und Anregungen zu Technologien suchen.

Im Kapitel 4 stehen aktuelle Digitalisierungstechnologien im Vordergrund. Um die relevanten Digitalisierungstechnologien der kommenden Jahre zu identifizieren, wurde eine Analyse der vorhandenen Studien, den Trends im Internet, der Anzahl an Patenten und die Anzahl Softwareprojekte in Bezug auf Digitalisierungstechnologien ausgewertet. Diese Technologieanalyse hat das Ziel, eine Basis für die darauffolgende Expertenbefragung zu liefern.

Die Ergebnisse aus dem Kapitel 4, eine Liste mit Digitalisierungstechnologien der Zukunft, wurden Expertinnen und Experten im Rahmen einer qualitativen Befragung zur Bewertung der KMU bezogenen Relevanz vorgelegt. Das Ziel dabei war eine Validierung der Ergebnisse und eine Erhebung weiterer Einschätzungen zu diesen Technologien. Die Ergebnisse sind in Kapitel 5 dargestellt.

Im Kapitel 6 werden die Gesamtergebnisse der Studie zusammengeführt und analysiert. Abschließend wird im letzten Kapitel 7 auf Limitationen und mögliche künftige Forschungsansätze eingegangen.

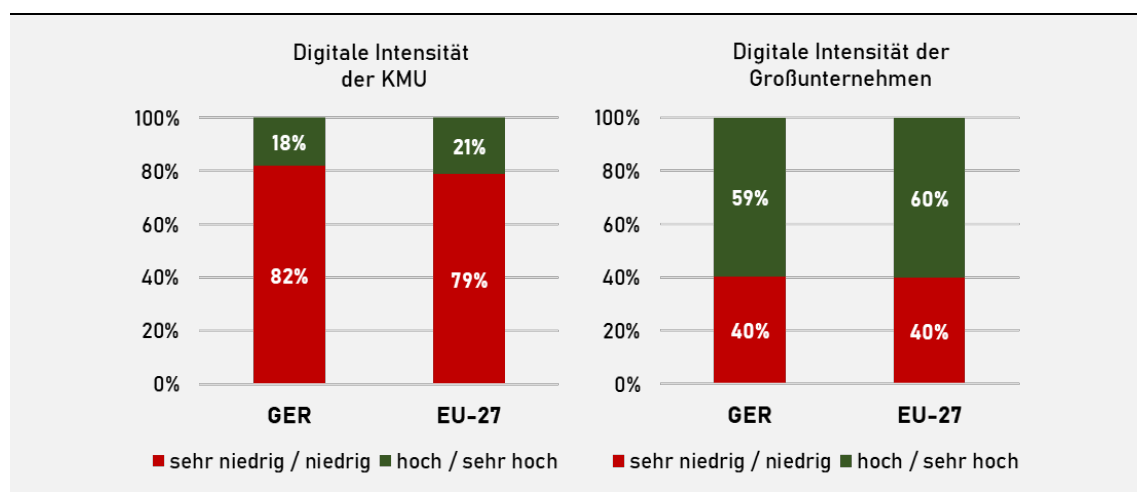
2 Einsatz von Technologien in KMU

2.1 Stand der Digitalisierung und digitale Intensität

Wie ist der Stand der Digitalisierung und der Einsatz konkreter Technologien in KMU im europäischen Vergleich? Ein Blick auf die von Eurostat veröffentlichten Daten⁸ zum Einsatz digitaler Anwendungen und Technologien in den Unternehmen offenbart, dass eine Lücke zwischen KMU und den Großunternehmen besteht: Es zeigt sich, dass über alle erfassten digitalen Anwendungen und Technologien hinweg die Digitalisierung in Großunternehmen weiter vorangeschritten ist als im Mittelstand. Dieser Befund ist auch unter dem Namen **Digital Gap (Digitalisierungslücke)** bekannt.⁹

Aggregiert zeigt sich dies in dem Item der **Digitalen Intensität**¹⁰ der Unternehmen. Hierbei wird der Umfang des Einsatzes digitaler Technologien in den Unternehmen erfasst. Lediglich **18%** der deutschen KMU¹¹ wird durch Eurostat eine hohe oder sehr hohe digitale Intensität bescheinigt, während der Anteil bei den deutschen Großunternehmen¹² **59%** beträgt. Die deutschen KMU schneiden dabei sogar leicht schlechter ab als der europäische Durchschnitt (EU-27). Hier liegt der Anteil der KMU mit einer hohen oder sehr hohen digitalen Intensität bei **21%** (siehe hierzu auch Abbildung 2). Auf aggregierter Ebene zeigt sich folglich, dass nach wie vor ein starker Aufholbedarf im Mittelstand in Bezug auf den Einsatz digitaler Technologien besteht.

Abbildung 2: Digitale Intensität der KMU und der Großunternehmen



Quelle: Eurostat, Eigene Darstellung

- ⁸ Die im Folgenden aufbereiteten und präsentierten Daten stammen, falls nicht explizit anderes erwähnt, aus dem Eurostat Data Browser (<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/>). Herangezogen werden dabei stets die aktuellsten vorliegenden Daten. Relative Bezugsgrößen wurden aus den vorliegenden Zahlen für die vorliegende Auswertung zum Teil selbst berechnet.
- ⁹ Siehe bspw. Schröder 2015, Büllingen 2016 oder Arendt 2018.
- ¹⁰ Dabei handelt um ein Konstrukt, dass sich aus verschiedenen Einzelindikatoren zusammensetzt, wie beispielsweise die Nutzung von Cloud-Diensten, künstlicher Intelligenz oder sozialer Medien. Insgesamt soll dies die Nutzung digitaler Technologien widerspiegeln (Vgl. Bundesnetzagentur 2022)
- ¹¹ KMU sind im Eurostat Databrowser definiert als Unternehmen mit 10 – 249 Mitarbeitenden.
- ¹² Großunternehmen sind im Eurostat Databrowser definiert als Unternehmen ab 250 Mitarbeitenden.

2.2 Pandemie-Effekt

Darüber hinaus scheint die Digitalisierungslücke durch die Pandemie noch gewachsen zu sein. Es hat durch die Pandemie einen Digitalisierungsschub sowohl im Mittelstand als auch bei Großunternehmen gegeben. Allerdings ist dieser **Pandemie-Effekt** bei Großunternehmen deutlich stärker ausgefallen als im Mittelstand: Während **79%** der deutschen Großunternehmen den Remotezugriff auf Mails und Unternehmensdaten im Zuge der Pandemie erleichtert haben, liegt dieser Anteil unter den deutschen KMU bei **40%**. Ein ähnliches Bild zeigt mit Blick auf die Ausweitung der Möglichkeit virtueller Meetings. Während fast alle deutschen Großunternehmen Remote-Meetings im Zuge der Pandemie ausgeweitet haben (**94%**), war es im deutschen Mittelstand nur gut die Hälfte der Unternehmen (**53%**).

Weitgehende Bestätigung des Befunds eines moderaten Digitalisierungsschubs im Mittelstand durch die Pandemie findet sich im KfW-Digitalisierungsbericht Mittelstand 2021: Der Bericht zeigt, dass deutlich mehr KMU in Deutschland die Digitalisierungsaktivitäten während Corona ausgeweitet als zurückgefahren haben.¹³ Die durchschnittlichen Digitalisierungsvorhaben je Betrieb sind jedoch nach wie vor gering und im Vergleich zu 2019 sogar leicht gesunken. Zudem weist ein Viertel der KMU nach wie vor keine Digitalisierungsaktivitäten auf.¹⁴

Eine weitere Auswirkung der Corona-Pandemie auf den Mittelstand ist, dass die Verwundbarkeit im Hinblick auf die IT-Sicherheit gestiegen ist. Der Praxisreport „Mittelstand@IT-Sicherheit“ der Initiative „Deutschland sicher im Netz“ (DsiN) zeigt, dass bei der Ausweitung der digitalen Aktivitäten der KMU, Aspekte wie die Risikoermittlung, Schulung von Mitarbeitenden, Prävention von Cyberangriffen und die Absicherung der internen und externen Kommunikation vernachlässigt wurden. Im Hinblick auf die Einführung von IT-Strategien und -Maßnahmen ist hierdurch ein hoher Nachholbedarf im Mittelstand entstanden.¹⁵

2.3 Einsatz von Künstlicher Intelligenz

Wird bei den Eurostat-Daten der Einsatz einzelner digitaler Technologien betrachtet, fällt die Differenz zwischen Mittelstand und Großunternehmen unterschiedlich akzentuiert aus: Mit Blick auf den Unternehmenseinsatz von Künstlicher Intelligenz (KI), zeigt sich, dass in Deutschland bereits knapp jedes dritte Großunternehmen auf KI setzt, während es im Mittelstand nur jedes zehnte Unternehmen ist. Wenngleich die hier bestehende Digitalisierungslücke beachtlich ist, ist in Bezug auf KI positiv zu konstatieren, dass Deutschland beim KI-Einsatz sowohl im Mittelstand als auch bei den Großunternehmen über dem europäischen Durchschnitt liegt (siehe Abbildung 3). Von den deutschen KMU,

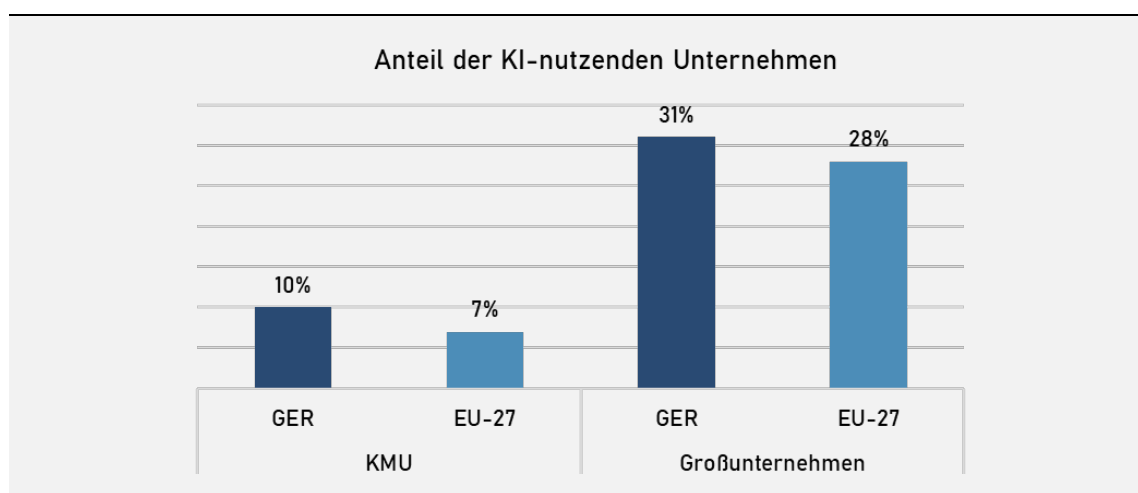
¹³ Beim Saldo zwischen Anteil der KMU, die die Digitalisierung ausgeweitet haben, abzüglich des Anteils der KMU, die die Digitalisierung zurückgefahren haben, ergibt sich ein Ergebnis von +31 Punkten.

¹⁴ Vgl. Zimmermann / KfW 2022.

¹⁵ Vgl. DsiN 2022.

die bereits auf KI setzen, nutzen 30% die KI-Technologie für die Datenanalyse mittels Machine Learning, bzw. Deep Learning. Nur 10% der deutschen KMU, die bereits KI implementiert haben, setzen die Technologie in Produktionsprozessen ein (beispielsweise zur Qualitätskontrolle mittels automatischer Bilderkennung). Bei Großunternehmen ist der Einsatz von KI in der Produktion deutlich stärker verbreitet. Von den deutschen Großunternehmen, die bereits KI einsetzen, bringt mehr als jedes vierte Unternehmen die Technologie in der Produktion zum Einsatz.

Abbildung 3: Anteil der KI-nutzenden Unternehmen



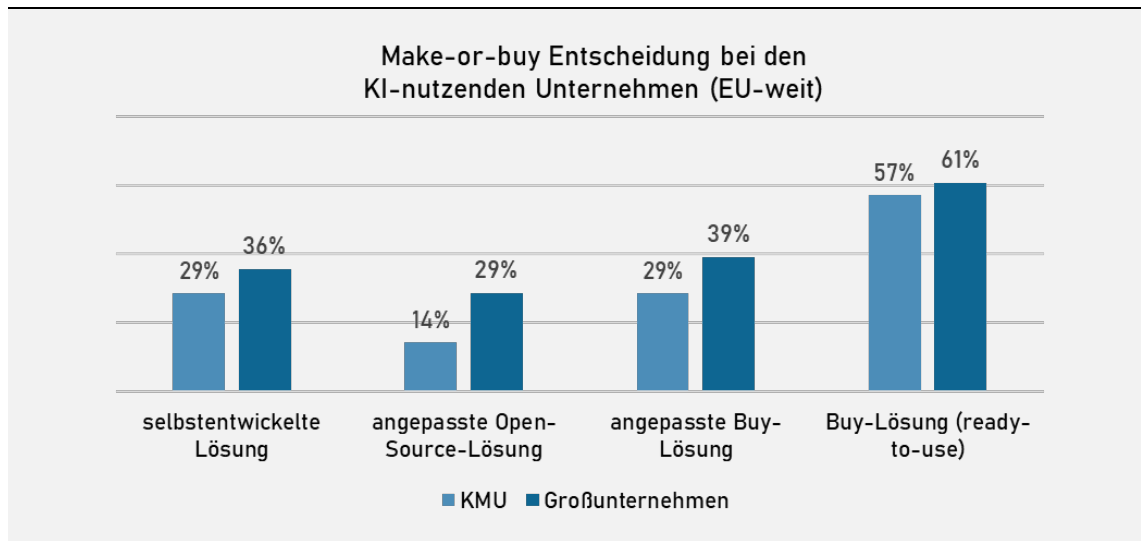
Quelle: Eurostat, Eigene Darstellung

Hinsichtlich der Make-or-Buy Entscheidung bei der Implementierung von KI zeigt sich, dass EU-weit¹⁶ ein knappes Drittel (29%) der KMU, die bereits auf KI setzen, die KI-Lösungen selbst entwickelt haben. Dieser relativ hohe Anteil kann u.a. darauf zurückgeführt werden, dass auch die KI-Start-ups unter die KMU-Definition fallen und entsprechend hier berücksichtigt werden. Außerdem ist bei der Betrachtung der Make-or-Buy Entscheidung auffällig, dass die Digitalisierungslücke hier nur marginal ausfällt. Mit 36% der KI-nutzenden Großunternehmen liegt der Anteil der selbstentwickelnden Unternehmen ungefähr auf dem Niveau der KMU. Knapp zwei Drittel sowohl der KI-nutzenden KMU als auch der KI-nutzenden Großunternehmen setzen hingegen auf „Ready-to-Use“-Lösungen.

Ein größerer Unterschied zwischen KMU und Großunternehmen zeigt sich bei der Nutzung von Open Source-Lösungen im Kontext der KI-Implementierung: Hier fällt der Anteil der KI-nutzenden Großunternehmen (29%) fast doppelt so hoch aus wie der Anteil der KI-nutzenden KMU (14%). Dies deutet darauf hin, dass in Bezug auf Open Source noch Wissenstransfer-Bedarf in den Mittelstand besteht.

¹⁶ Für die „Make or Buy“-Frage liegen auf nationalstaatliche Ebene für Deutschland keine Zahlen vor, so dass hier auf die EU-Ebene zurückgegriffen wird.

Abbildung 4: Make-or-Buy-Entscheidung bei den KI-nutzenden Unternehmen



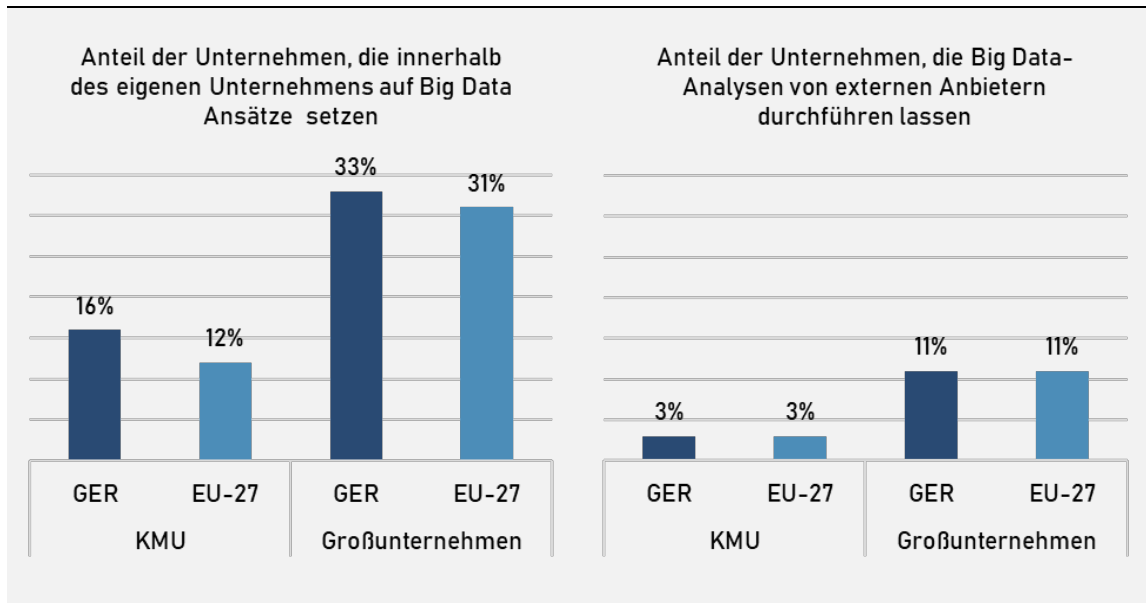
Quelle: Eurostat, Eigene Darstellung

2.4 Rückgriff auf Big Data-Ansätze

Eine wichtige Voraussetzung zur effizienten Nutzung digitaler Technologien, insbesondere auch von KI-Lösungen, besteht in der digitalen Datengewinnung und -aufbereitung (Stichwort: „Big Data“). Auch hier zeigt sich, dass der Mittelstand gegenüber den Großunternehmen zurückfällt: Während 33% der deutschen Großunternehmen eine digitale Datenanalyse innerhalb des eigenen Unternehmens vornehmen, sind es im deutschen Mittelstand lediglich 16% (Abbildung 5). Setzt man diese Zahlen ins Verhältnis zu der KI-Nutzung in den Unternehmen (Abbildung 3), dann zeigt sich darüber hinaus, dass viele KMU das Potenzial von Big Data ungenutzt lassen: Während 94% der deutschen Großunternehmen, die auf Big Data-Ansätze im eigenen Unternehmen setzen, auch KI-Lösungen implementiert haben, liegt dieser Anteil im deutschen Mittelstand lediglich bei 63%. Dies spricht dafür, dass viele KMU das Potenzial, welches von einer KI-optimierten Datenanalyse ausgeht, (noch) nicht nutzen.

Die Lücke zwischen KMU und Großunternehmen in Bezug auf Big Data-Ansätze vergrößert sich noch, wenn man auch externe Big Data Analysen miteinbezieht, also Analysen der eigenen Daten, die von externen Anbietern durchgeführt werden: Während nur 3% der deutschen KMU auf externe Big Data-Analysen zurückgreifen, sind es bei den deutschen Großunternehmen fast viermal so viele (11%).

Abbildung 5: Anteil der Unternehmen, die auf interne bzw. externe Big Data-Ansätze setzen



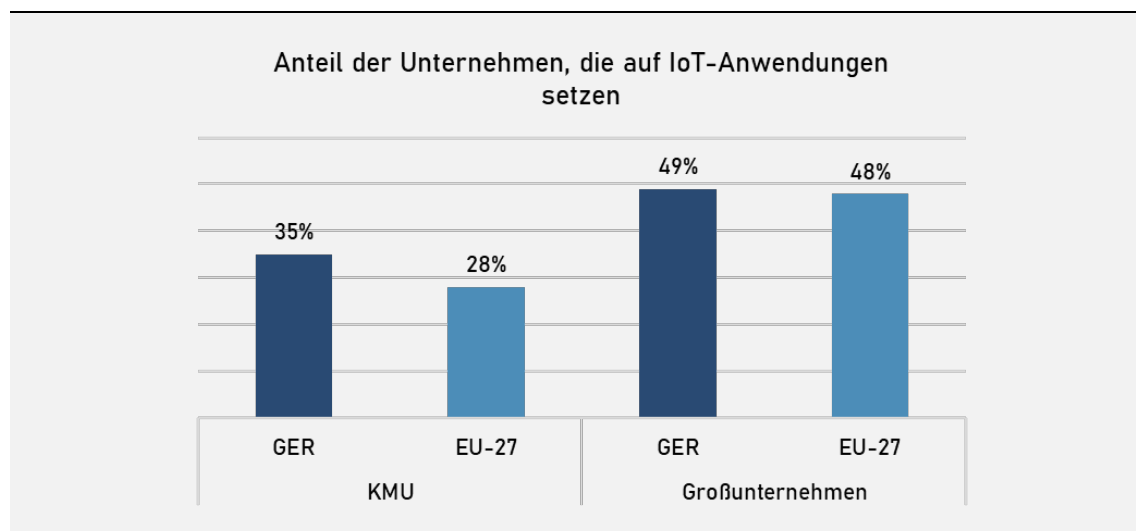
Quelle: Eurostat, Eigene Darstellung

Noch wenig verbreitet, sowohl im Mittelstand als auch in Großunternehmen, scheinen gegenwärtig Geschäftsmodelle zu sein, die auf den Verkauf von eigenen Daten bzw. dem Kauf von Daten Dritter basieren. Während nur 2% der deutschen Großunternehmen Zugang zu ausgewählten Daten verkaufen, befindet sich dieser Anteil im deutschen Mittelstand im nicht messbaren Bereich. Den Zugang zu ausgewählten Daten Dritter erwerben nur 1% der deutschen KMU und 3% der Großunternehmen.

2.5 Nutzung von IoT-Anwendungen

Richtet man den Blick auf die Verbreitung von IoT-Anwendungen (Internet-of-Things), fällt auf, dass die Digitalisierungslücke hier weniger ausgeprägt ist als in anderen Bereichen: Während knapp die Hälfte der deutschen Großunternehmen (49%) auf IoT-Anwendungen setzt, sind es im deutschen Mittelstand 35% der Unternehmen. Damit liegt die IoT-Verbreitung im deutschen Mittelstand deutlich über dem EU-Durchschnitt (27%). Auffallend ist, dass IoT vor allem aus Sicherheitsgründen eingesetzt wird: 60% der deutschen KMU, die IoT-Lösungen implementiert haben, setzen diese im Sicherheitsbereich ein. Ein knappes Viertel der IoT-nutzenden deutschen KMU setzt diese Technologie zur vorausschauenden Wartung ein („Predictive Maintenance“), 17% zum Tracking im Supply Chain Management und 14% im Zuge des Produktionsprozesses.

Abbildung 6: Anteil der Unternehmen, die auf IoT-Anwendungen setzen



Quelle: Eurostat, eigene Darstellung

2.6 Zwischenfazit und Einschätzung der Ergebnisse

Die im obigen Abschnitt vorgenommene Auswertung der Eurostat-Daten zum Einsatz digitaler Technologien in Unternehmen zeigt, dass von den betrachteten Technologien die Digitalisierungslücke zwischen KMU und Großunternehmen im Bereich der KI am ausgeprägtesten ist. Dies ist insofern bedenklich, als dass gerade von den KI-Technologien Effizienzpotenziale ausgehen. Es wurden in den letzten Jahren viele Anstrengungen unternommen, diese Lücke im Bereich zu schließen bzw. zu verkleinern. So wurde auf Bundesebene bspw. das KI-Trainer Programm für KMU durch das BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) ins Leben gerufen, welches bei den Mittelstand-Digital Zentren angesiedelt ist.¹⁷ Im Rahmen der kürzlich veröffentlichten Digitalstrategie der Bundesregierung, ist zudem geplant, mit dem Programm „KIK-Start“ des BMWK die Zusammenarbeit zwischen KMU und Start-ups zu fördern. Auch die Plattform Lernende Systeme (PLS) des BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) richtet den Blick inzwischen stärker Richtung Mittelstand.¹⁸ Das BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales) adressiert ebenfalls das Thema KI im Mittelstand, indem es die neuen Zukunftszentren explizit auf das Thema KI ausrichtet.¹⁹

Ein wesentliches Hemmnis für das Aufholen des Mittelstands in der Digitalen Transformation, nicht nur im Bereich KI, stellt jedoch der **Mangel an IKT-Fachkräften** im Mittelstand dar. Während 78% der deutschen Großunternehmen Fachkräfte der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) beschäftigen, ist dies nur bei 17% der deutschen KMU der Fall. Diese Differenz zeigt sich auch beim Anteil der Unternehmen, die IKT-Fortbildungen für ihre Mitarbeitenden anbieten: Während 73% der deutschen

¹⁷ Siehe <https://www.mittelstand-digital.de/ki-trainer>

¹⁸ Siehe <https://www.plattform-lernende-systeme.de/mittelstand.html>

¹⁹ Siehe <https://www.bmas.de/DE/Service/Presse/Meldungen/2021/zukunftszentren-arbeiten-jetzt-bundesweit.html>

Großunternehmen dementsprechende Angebote für ihre Beschäftigten bereithalten, sind es bei den deutschen KMU nur 22%.²⁰

Da es sich bei dem Fachkräftemangel um ein strukturelles Problem handelt, welches sich durch die demografische Entwicklung noch verstärken dürfte, kommt der Benutzerfreundlichkeit (**Usability**) digitaler Anwendungen eine hohe Bedeutung für den Mittelstand zu. Sind die digitalen Werkzeuge so entwickelt, dass sie nicht nur von expliziten IKT-Fachkräften bedient werden können, entfalten sie ein großes Potenzial für den Mittelstand.

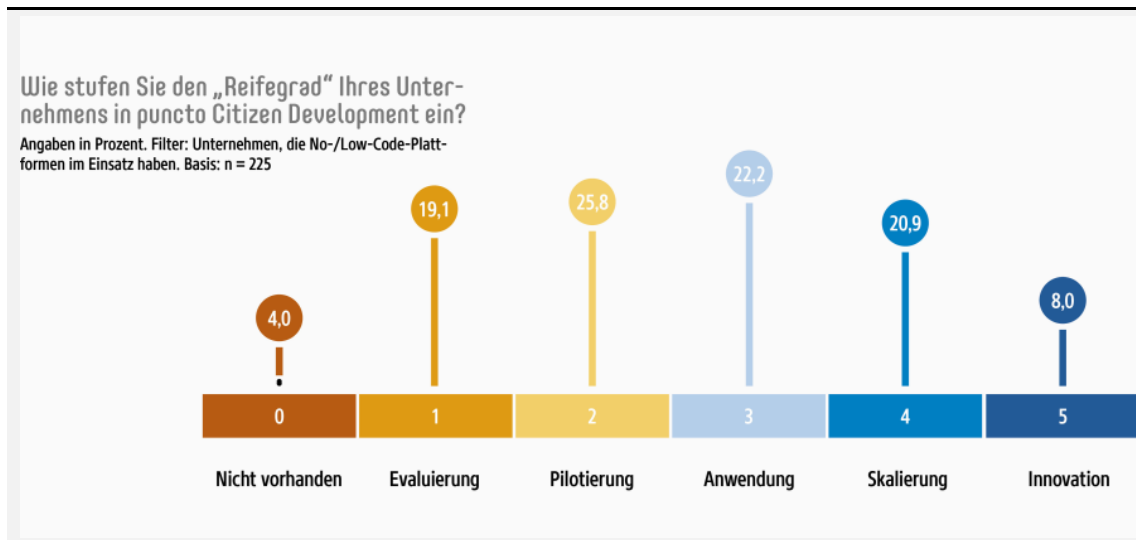
Ein für den Mittelstand voraussichtlich interessanter und relevanter Trend besteht in **No-Code / Low-Code-Anwendungen**. Dabei handelt es sich um Ansätze, mit denen nicht-professionelle Entwickler in die Lage versetzt werden sollen, digitale Applikationen und Prozesse für das eigene Unternehmen zu gestalten. Nicht-professionelle Entwickler, die auf der Grundlage von No-Code / Low-Code-Ansätzen arbeiten, werden dabei als Laienentwickler („Citizen Developer“) bezeichnet. Laienentwickler im eigenen Unternehmen sind dabei ein vielversprechender Weg, um dem Fachkräftemangel zu begegnen. Dem Markt für No-Code / Low-Code-Anwendungen wird eine jährliche Wachstumsrate von 50% prognostiziert. Während das Volumen 2018 noch bei 6 Mrd. USD lag, wird für 2024 ein Volumen von 52-55 Mrd. USD erwartet.²¹ Dies illustriert das Potenzial dieser Ansätze. Allerdings zeigt eine aktuelle Studie²² auch, dass die Unternehmen, die bereits auf No-Code / Low-Code-Ansätze im eigenen Unternehmen setzen, den Reifegrad ihrer Laienentwicklung („Citizen Development“) noch sehr zurückhaltend bewerten: Nur bei gut der Hälfte der Unternehmen hat die Laienentwicklung bereits die Anwendungsphase erreicht. Die andere Hälfte der Unternehmen befindet sich noch in Pilotierungs- oder Evaluierungsphase oder hat noch gar nicht mit der Laienentwicklung begonnen (siehe Abbildung 7). Dies zeigt, dass auch No-Code / Low-Code-Ansätze keine Selbstläufer sind, sondern sorgfältige Schulungen und Planungen notwendig sind, damit die Ansätze ihr Potenzial entfalten können. Gegebenenfalls könnten Unterstützungsangebote für KMU in diesem Bereich noch ausgebaut werden.

²⁰ Vgl. Institut für Mittelstandsforschung Bonn 2022.

²¹ Vgl. Hecker Consulting 2022.

²² Vgl. CIO / CSO / Computerwoche 2022.

Abbildung 7: Reifegrad der Laienentwicklung in Unternehmen, die bereits auf No-Code / Low-Code setzen



Quelle: CIO / CSO / Computerwoche 2022

Wirft man abschließend zur Betrachtung der digitalen Anwendungen im Mittelstand einen Blick auf den „Digitalisierungsindex Mittelstand 2021/22“ von Techconsult als Überblicksstudie, wird hier dem Mittelstand ein moderater Anstieg des Digitalisierungsstandes konstatiert: Auf einer Skala von 1 – 100 erreicht der Mittelstand einen Indexwert von insgesamt 59. Damit liegt der Index um einen Punkt höher als im Vorjahr. Der Digitalisierungsstand schwankt allerdings je nach Branche: Während die Logistikbranche mit 65 Punkten den höchsten Wert erreicht, wird dem mittelständischen Baugewerbe mit 53 Punkten der niedrigste Digitalisierungsgrad bescheinigt. Als gegenwärtige Trends der Digitalisierung im Mittelstand werden die gestiegene Bedeutung der IT-Sicherheit, die neue Normalität des Home-Office und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Unternehmenskulturen sowie die zunehmende Relevanz des Themas Nachhaltigkeit identifiziert.²³ Dies verdeutlicht die vielen Facetten der Digitalisierung als Querschnittsaufgabe für den Mittelstand sowie die hohe Dynamik des Themas. Aufgrund der aktuellen Weltlage dürfte bspw. zu erwarten sein, dass das Thema der Energie- bzw. Ressourceneffizienz durch Digitalisierung im Mittelstand stark an Bedeutung gewinnen dürfte.

²³ Vgl. Techconsult2022.

3 Praxisbeispiele

Praxisbeispiele sind Digitalisierungsvorhaben, die von KMU geplant und umgesetzt wurden. Im Rahmen dieses Projektes wurden Praxisbeispiele identifiziert und in die Datenbank „Praxisbeispiele@Mittelstand“ mit einer Vielzahl an Informationen gesammelt. Die Datenbank mit allen Praxisbeispielen und der entsprechenden Suchmaske ist zusammen mit diesem Diskussionsbeitrag als geschützte Excel-Datei öffentlich auf der Website von <http://www.wik.org> zugänglich.

Mit den Praxisbeispielen in der Datenbank wird ein Überblick über Digitalisierungsprojekte in KMU geliefert. Nutzer der Datenbank können Praxisbeispiele nach bestimmten Branchen, Technologien, Regionen oder Wertschöpfungsbereichen suchen und filtern.²⁴ Darüber hinaus bietet die Datenbank den Vorteil, dass ein KMU nach seinen Attributen (beispielsweise Unternehmensgröße und Reifegrad) filtern kann, um so passende Praxisbeispiele als Orientierungshilfe nutzen zu können. Schlagwörter für jede Digitalisierungsanwendung werden gesammelt, sodass KMU auch hier zielgerichtet suchen können. Die Beispiele sind in diesem Überblick geographisch und branchenbezogen breit gefächert und bieten daher für ländliche und urbane Regionen in zahlreichen Branchen geeignete Übereinstimmungen.

3.1 Auswahl der Praxisbeispiele

In diesem Projekt wurden 45 Praxisbeispiele erhoben. Diese flossen zusammen mit 173 Praxisbeispielen aus dem Projekt „360-Grad-Überblick über den Digitalisierungsstand in KMU“²⁵ in die Datenbank Praxisbeispiele@Mittelstand ein (insgesamt 218 Beispiele). Der Fokus bei den neuen 45 Praxisbeispielen wurde auf konkrete Technologien gesetzt, die einen relativ hohen digitalen Reifegrad erfordern. Explizit muss darauf hingewiesen werden, dass eine repräsentative Bestandsaufnahme bzw. eine Verteilung auf die verwendeten Kriterien nicht beabsichtigt ist; vielmehr sollen die Beispiele eine Übersicht über verschiedene Digitalisierungslösungen in KMU darstellen.

Folgende Kriterien wurden für die Auswahl der Praxisbeispiele verwendet:

1. Es ist ein KMU als Anwender involviert oder das Anwendungsbeispiel zielt (überwiegend) auf KMU ab
2. Marktreife Anwendungen sind vorhanden
3. Das Beispiel enthält digitale Lösungen und/oder digitale Technologien
4. Das Beispiel ist nachvollziehbar, (relativ) vollständig und ausreichend ausführlich beschrieben

²⁴ Für die Branchenzuordnung sowie die Abgrenzung und Sortierung von Technologien vgl. Papen et al. 2021.

²⁵ Vgl. Papen et al. 2021.

Für die Recherche der Praxisbeispiele wurden in den meisten Fällen die folgenden Quellen herangezogen:

- Online-Landkarte Wirtschaft digital der Industrie und Handelskammern²⁶
- Landkarte Anwendungsbeispiele Industrie 4.0 der Plattform Industrie 4.0 / Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)²⁷
- Anwendungen der Plattform lernende Systeme²⁸
- Praxisbeispiele von Mittelstand-Digital / Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)²⁹

In zwei Iterationen (Jahr 2021 und 2022) wurden ca. 1.200 bis 1.300 Praxisbeispiele gesichtet, von denen insgesamt 218 in den Überblick aufgenommen wurden.

Abbildung 8: Screenshot der Datenbank „Praxisbeispiele@Mittelstand“ und der Suchmaske

Reifegradeinschätzung 1 - 5 (gering - sehr hoch), die (mindestens) nötig wäre um diese Lösung zu implementieren	Unternehmensname	PLZ des Unternehmens	Bundesland	Branche
2	Fischerei Müritz-Plau GmbH	17192	Mecklenburg-Vorpommern	(Lebensmittel-)Handel und Tourismus
1	Die Schatulle	27711	Niedersachsen	Einzelhandel; Buchhandel
2	Bittrich & Bittrich Steuerberatungs GmbH	21335	Niedersachsen	Dienstleistung / Finanzdienstleistung
2	VR Bank Oldenburg Land, ehemals Volksbank Wildeshäuser Geest eG	27793	Niedersachsen	Dienstleistungen; Finanzdienstleistungen; Banken

Bundesland	Abschnitt deStatis
<input checked="" type="checkbox"/> Baden-Württemberg <input checked="" type="checkbox"/> Bayern <input checked="" type="checkbox"/> Berlin <input checked="" type="checkbox"/> Brandenburg <input checked="" type="checkbox"/> Bremen <input checked="" type="checkbox"/> Hamburg <input checked="" type="checkbox"/> Hessen <input checked="" type="checkbox"/> Mecklenburg-Vorpommern <input checked="" type="checkbox"/> Niedersachsen <input checked="" type="checkbox"/> Nordrhein-Westfalen <input checked="" type="checkbox"/> Rheinland-Pfalz <input checked="" type="checkbox"/> Saarland <input checked="" type="checkbox"/> Sachsen <input checked="" type="checkbox"/> Sachsen-Anhalt <input checked="" type="checkbox"/> Schleswig-Holstein <input checked="" type="checkbox"/> Thüringen <input checked="" type="checkbox"/> Unbekannt	<input checked="" type="checkbox"/> A - Land- und Forstwirtschaft, Fischerei <input checked="" type="checkbox"/> C - Verarbeitendes Gewerbe <input checked="" type="checkbox"/> D - Energieversorgung <input checked="" type="checkbox"/> E - Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen <input checked="" type="checkbox"/> F - Baugewerbe <input checked="" type="checkbox"/> G - Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen <input checked="" type="checkbox"/> H - Verkehr und Lagerei <input checked="" type="checkbox"/> I - Gastgewerbe <input checked="" type="checkbox"/> J - Information und Kommunikation <input checked="" type="checkbox"/> K - Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen <input checked="" type="checkbox"/> M - Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen <input checked="" type="checkbox"/> N - Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen <input checked="" type="checkbox"/> P - Erziehung und Unterricht <input checked="" type="checkbox"/> Q - Gesundheits- und Sozialwesen <input checked="" type="checkbox"/> S - Erbringung von sonstigen Dienstleistungen <input checked="" type="checkbox"/> Übergreifend

Quelle: Eigene Darstellung

²⁶ Vgl. <https://www.ihk.de/landkarte-digital>

²⁷ Vgl. <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-anwendungsbeispiele-formular.html>

²⁸ Vgl. <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html>

²⁹ Vgl. <https://www.mittelstand-digital.de/MD/Navigation/DE/Praxis/Praxisbeispiele/praxisbeispiele.html> und die Angebote der Zentren <https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand-4-0/mittelstand-40-kompetenzzentren.html>

Die Struktur zur Darstellung der Praxisbeispiele mit den nachfolgenden übergeordneten Kategorien sieht wie folgt aus (vgl. [Abbildung 8](#)):

- Deskriptive Unternehmensdaten (Bundesland, Branche, Unternehmensgröße)
- Projektbeschreibung (Titel des Projekts, Wertschöpfungsbereich, Projektstatus)
- Kontakt (Name des Unternehmens, Adresse und Webseite)
- Anwendung (Lösung, Technologie laut Technologiesortierung, ggfs. Vorgehensweise zur Lösungsentwicklung)
- Schlagwörter
- Weiterführende Informationen (z. B. Link zum Beispiel oder zur Datenbank³⁰ (aus der das Beispiel entnommen wurde), weitere Beteiligte, Mindestreifegradeinschätzung)

Für die Einschätzung des „Mindestreifegrads“, also das mindestens erforderliche Digitalisierungsniveau im Unternehmen, um die beschriebene Lösung im Unternehmen einsetzen zu können, wurde wiederum das Reifegradmodell von Hellge et al.³¹ verwendet. Dieser „Mindestreifegrad“ ist eher als Empfehlung und nicht als absolute Vorgabe zu erachten.

3.2 Deskriptive Auswertung der Auswahl der Praxisbeispiele

Die Praxisbeispiele aus der Datenbank wurden aus verschiedenen Gesichtspunkten beleuchtet und ausgewertet. Die Auswertung zeigt, dass die Praxisbeispiele über die Regionen und einer Vielzahl an Branchen in Deutschland verteilt sind. Bei der Anzahl an Mitarbeitenden wird jede Größengruppierung (Kleinstunternehmen, Kleinunternehmen und mittlere Unternehmen) für KMU in den Praxisbeispielen berücksichtigt. Zusätzlich wird in der deskriptiven Analyse ersichtlich, welchen Fokus die Datenbank in Bezug auf Technologien, Wertschöpfungsbereichen sowie Reifegraden aktuell hat.

3.2.1 Regionenbezogene Auswertung

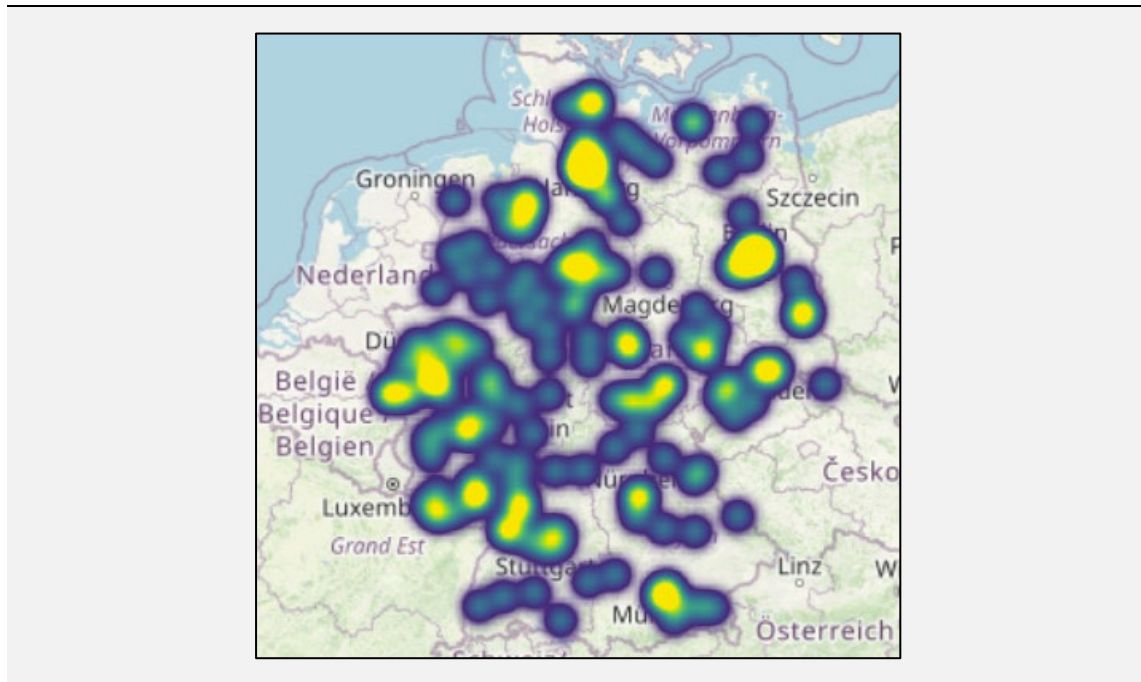
Die geographische Verteilung der insgesamt 218 Praxisbeispiele, ist in [Abbildung 9](#) dargestellt. Aus der Tabelle der Praxisbeispiele wurden hierfür die vollständige Anschrift, Postleitzahl und das entsprechende Bundesland entnommen, um diese in einem

³⁰ Bei den neuen Praxisbeispielen wurde sofern vorhanden jeweils direkter Link zum Beispiel in den einzelnen Datenbanken eingefügt. Ansonsten wurde der Link auf die Datenbank eingetragen.

³¹ Vgl. Hellge, V., Schröder, D., Bosse, C. 2019: Der Readiness-Check Digitalisierung - Ein Instrument zur Bestimmung der digitalen Reife von KMU, elektronisch verfügbar unter: https://digitalzentrum-kaiserslautern.de/wp-content/uploads/2021/08/Broschu%CC%88re_Readiness_Check_Digitalisierung_Januar_2019_final.pdf.

nächsten Schritt in Geokoordinaten umzuwandeln.³² Es wird deutlich, dass sich die Praxisbeispiele in der Datenbank Praxisbeispiele@Mittelstand auf weite Teile Deutschlands verteilen und kein Landesgebiet signifikant unterrepräsentiert ist.

Abbildung 9: Verteilung der Praxisbeispiele in Deutschland

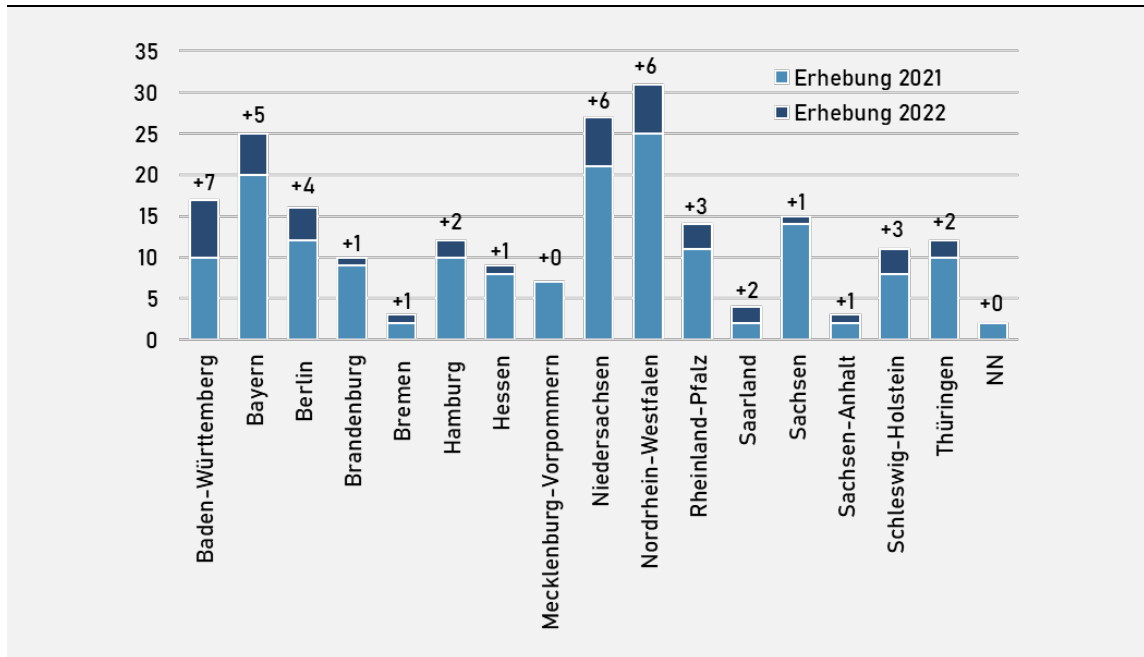


Quelle: Eigene Darstellung

Die [Abbildung 10](#) zeigt, wie viele Unternehmen aus den Praxisbeispielen in den einzelnen Bundesländern vertreten sind. In der Datenbank sind Praxisbeispiele aus allen Bundesländern enthalten.

³² Die öffentlich zugängliche Python-Bibliothek „geopy“ wurde genutzt, um die Adressen in jeweils Längengrad und Breitengrad zu transformieren. Dies ist notwendig, um eine passende Datengrundlage für die nachfolgende Grafik aus [Abbildung 9](#) zu erhalten.

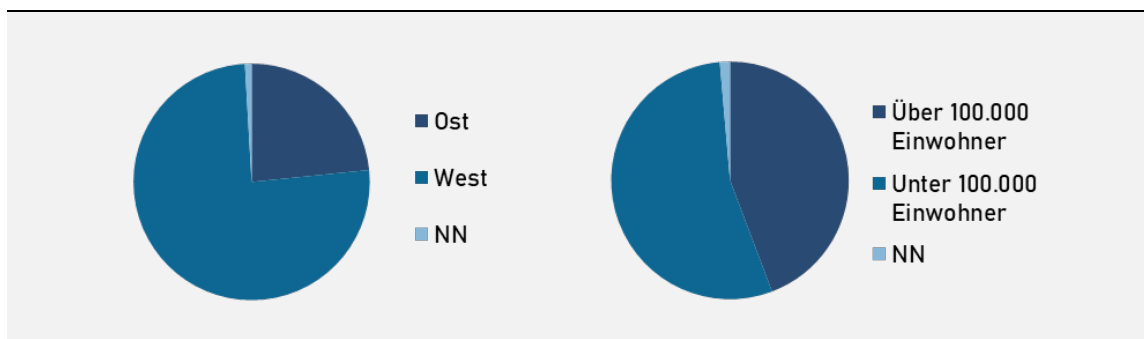
Abbildung 10: Anzahl der Unternehmen in den Praxisbeispielen



Quelle: Eigene Darstellung

Um weitere ortsspezifischen Unterschiede zu berücksichtigen, wurden die Praxisbeispiele nach Ost (ehemalige DDR) und West (alte BRD) differenziert. Das Verhältnis der Zuordnung von neuen und alten Bundesländern hat sich nicht wesentlich verändert, siehe linke Grafik der [Abbildung 11](#). In der rechten Grafik in [Abbildung 11](#) wird sichtbar, dass die Verteilung zwischen größeren Städten (über 100.000 Einwohner) und ländlichen Gebieten (unter 100.000 Einwohnern) in etwa ausgewogen ist.

Abbildung 11: Zuordnung der Unternehmen zu neuen (Ost) und alten (West) Bundesländern (links) und Verhältnis der Unternehmen in größeren Städten und ländlichen Gebieten (rechts)

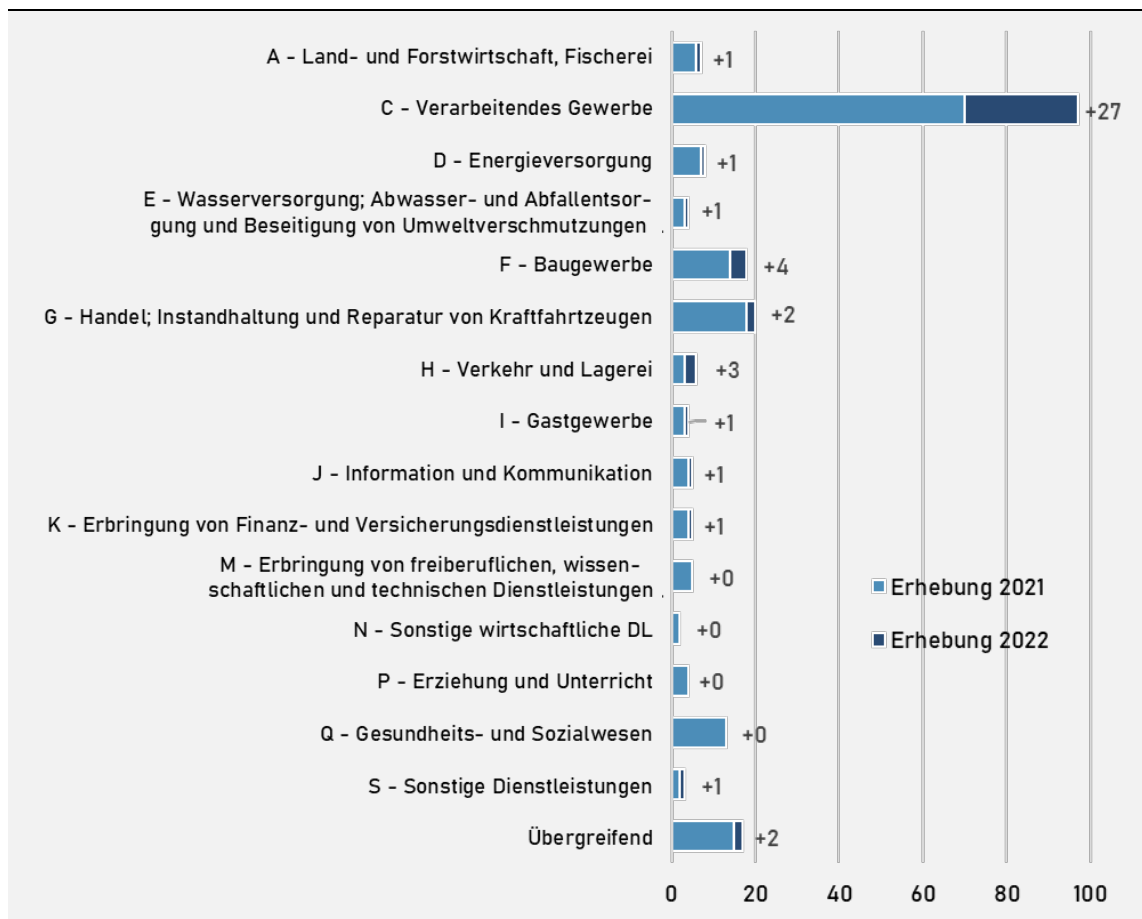


Quelle: Eigene Darstellung

3.2.2 Auswertung der Branchen

Die branchenspezifische Betrachtung der Praxisbeispiele in der Datenbank Praxisbeispiele@Mittelstand zeigt einen Fokus im verarbeitenden Gewerbe. Gesamteinheitlich betrachtet sind die Branchen aus den Abschnitten F (Land- und Forstwirtschaft, Fischerei), G (Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen) und Q (Gesundheits- und Sozialwesen) nach Destatis ausgeprägt mit jeweils über 10 Praxisbeispielen vertreten.³³ 17 Beispiele sind branchenübergreifende Digitalisierungsanwendungen, insgesamt sind bis auf wenige Ausnahmen alle Branchen aus Destatis enthalten. Folgende Sektoren sind nicht in der Datenbank vertreten: Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (Abschnitt B), Grundstücks- und Wohnungswesen (Abschnitt L), Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung (Abschnitt O), Kunst, Unterhaltung und Erholung (Abschnitt R), Private Haushalte mit Hauspersonal (Abschnitt T), Exterritoriale Organisationen und Körperschaften (Abschnitt U).³⁴

Abbildung 12: Übersicht über die Anzahl der Unternehmen in der Stichprobe in den verschiedenen Branchen (N=218)



Quelle: Eigene Darstellung

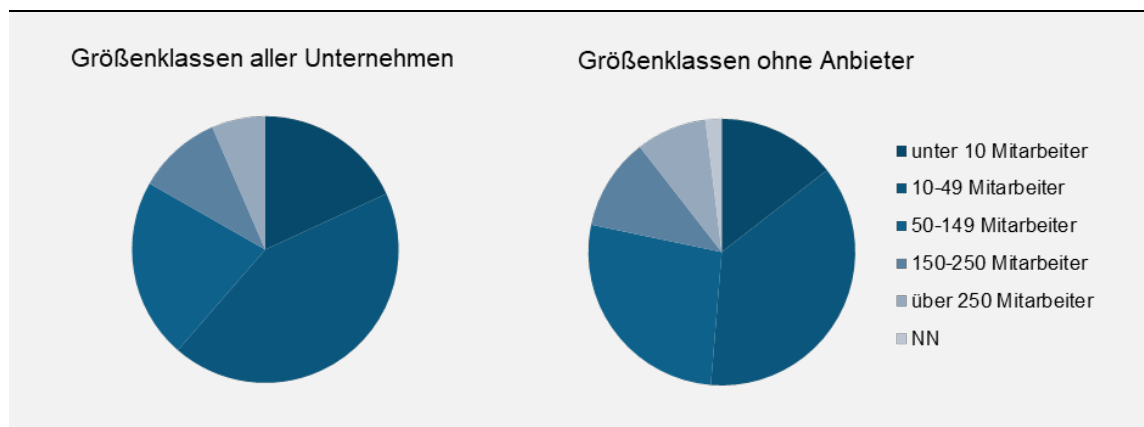
³³ Destatis, 2008

³⁴ Vgl. Papen et al. (2021)

3.2.3 Größenklassen

Ein weiteres Kriterium zur Kategorisierung der Praxisbeispiele ist die Größe des Unternehmens, festgelegt in der Anzahl der Mitarbeitenden. Das Kreisdiagramm auf der linken Seite der [Abbildung 13](#) veranschaulicht die Anzahl der Mitarbeitenden in den Unternehmen der Praxisbeispiele. Eine Mehrheit der Praxisbeispiele gehört zu den Kleinstunternehmen (unter 10 Mitarbeitende) und den Kleinunternehmen (10 bis 49 Mitarbeitende). Jedes vierte Unternehmen der 218 ausgewählten Praxisbeispiele beschäftigt zwischen 50 und 149 Mitarbeitende. Betrachtet man nur die Anwender (und keine Anbieter) von Digitalisierungslösungen, ergibt sich eine Stichprobengröße von 152 Unternehmen. Die Differenzierung zwischen Größenklassen auf der rechten Grafik der [Abbildung 13](#) für diese Teilgruppe zeigt eine ähnliche Aufteilung im Vergleich zur gesamten Stichprobe.

Abbildung 13: Größenklassen aller Unternehmen in der Stichprobe (N=218; links), Größenklassen ohne Anbieter (nur Anwender N= 152; rechts)



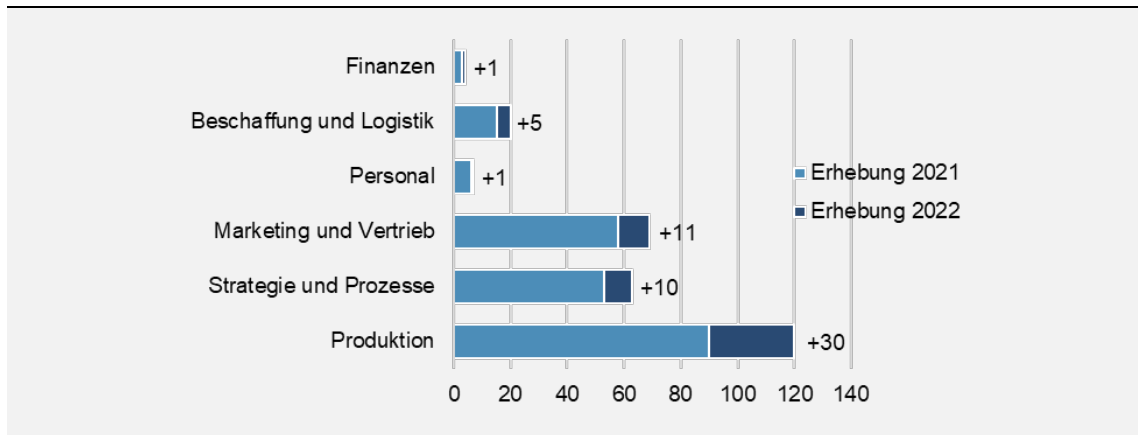
Quelle: Eigene Darstellung

3.2.4 Lösungsbezogene Kriterien

Die Digitalisierungslösungen in der Datenbank wurden nach den folgenden drei Merkmalen beschrieben: Wertschöpfungsbereich (in welchen Unternehmensbereichen Digitalisierungslösungen angewandt werden), Digitalisierungstechnologie sowie Reifegrad (welche Reifegrad ein Unternehmen braucht, um die Anwendung zu implementieren).

Da Praxisbeispiele in den Wertschöpfungsbereichen übergreifend zugeordnet werden können, sind Mehrfachnennungen möglich. [Abbildung 14](#) zeigt deutlich, dass in der Produktion die meisten Beispiele vorhanden sind. Insbesondere die Wertschöpfungsbereiche Marketing & Vertrieb (69 Beispiele) und Strategie & Prozesse (63 Beispiele) sind auch in der Datenbank „Praxisbeispiele@Mittelstand“ vertreten.

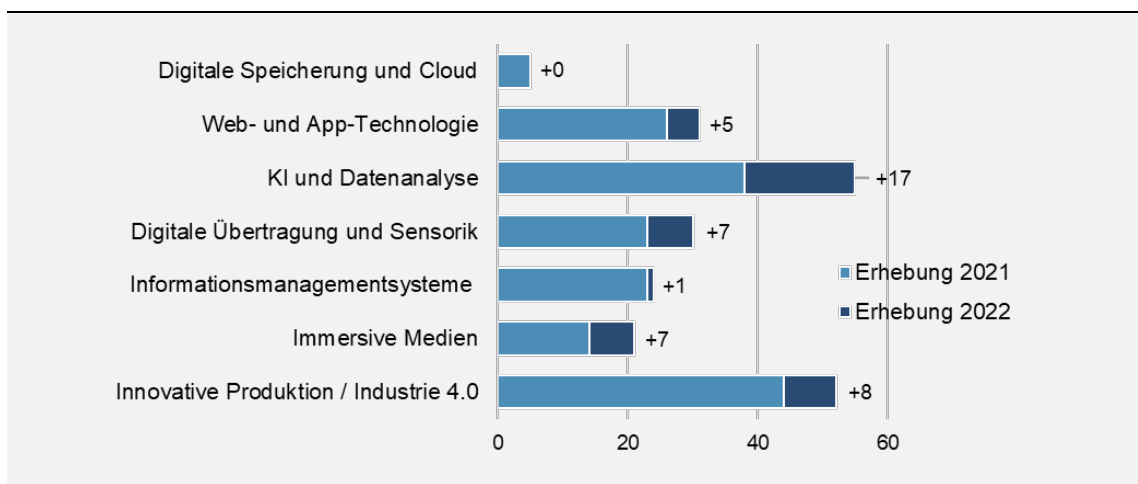
Abbildung 14: Anteile der verschiedenen Wertschöpfungsbereiche, in denen Lösungen implementiert wurden oder werden können (Anbieterbeispiele)



Quelle: Eigene Darstellung

In den Praxisbeispielen wird aufgeschlüsselt, welche Digitalisierungstechnologien als Lösungen im Rahmen der Projekte erhoben wurden. Die zwei häufigsten Technologiegruppen sind KI und Datenanalyse sowie Innovative Produktion / Industrie 4.0 mit 55 bzw. 53 Beispielen. Web- und App-Technologien sowie der Wertschöpfungsbereich digitale Übertragung und Sensorik fließen mit jeweils rund 20 Praxisbeispielen in die Datenbank ein. Nur wenige (5 Praxisbeispiele) gibt es in der Datenbank zu dem Bereich Digitale Speicherung und Cloud.

Abbildung 15: Technologiebereiche entsprechend der entwickelten Technologiesortierung

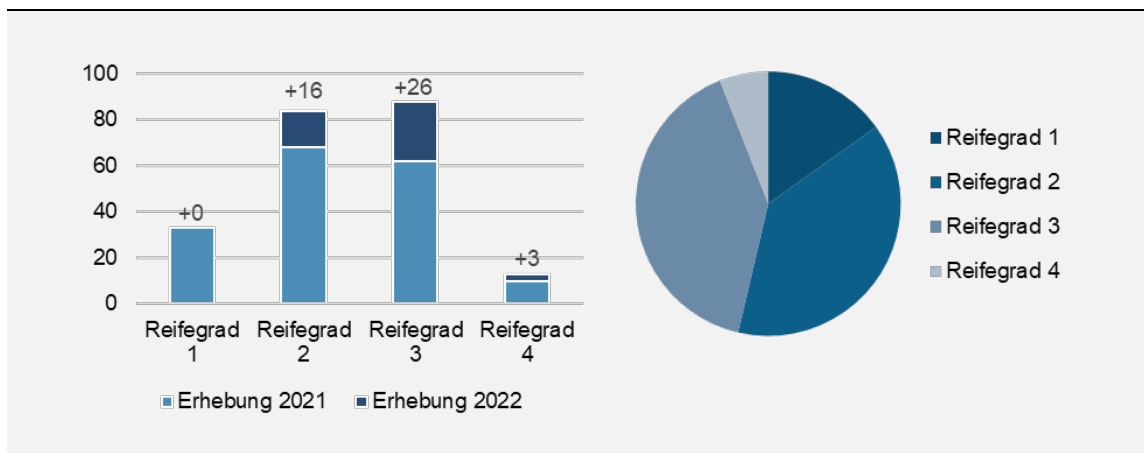


Quelle: Eigene Darstellung

Als drittes lösungsbezogenes Kriterium wird der Mindestreifegrad erhoben. Hierbei handelt es sich um einen mindestens nötigen digitalen Reifegrad für Unternehmen, um eine Digitalisierungslösung implementieren zu können.

Die Verteilung der Reifegrade hat ihren Schwerpunkt auf den Reifegrad 2 (84 Praxisbeispiele) und den Reifegrad 3 (88 Praxisbeispiele). Die große Mehrheit der Unternehmen aus der Datenbank Praxisbeispiele@Mittelstand befindet sich demnach bei der Reifegradeinschätzung im Mittelfeld. 33 Praxisbeispiele werden dem Reifegrad 1 zugeordnet, demgegenüber stehen 13 Praxisbeispiele, welche den zweithöchsten Reifegrad erreichen, genauer gesagt Reifegrad 4. Kein Unternehmen wird dem Reifegrad 5 zugeordnet.

Abbildung 16: Übersicht über Anteile der Reifegrade, die ein Unternehmen mindestens erreicht haben sollte, um die beschriebene Lösung zu implementieren. Reifegradeinschätzung basierend auf Reifegradmodell





Quelle: Eigene Darstellung

3.3 Vorstellung einzelner Praxisbeispiele

Um einen detaillierteren Einblick in einige der gesammelten Praxisbeispiele zu erhalten, werden nachfolgend drei verschiedene Beispiele näher erläutert. Hierbei werden die oben beschriebenen Kategorien verwendet und zusätzlich eine ausführlichere Beschreibung des Projekts aufgezeigt. Für diese Darstellung wurden Beispiele mit einem höheren Mindestreifegrad (3 – Fortgeschrittene) ausgewählt, da der Beitrag künftig relevante Technologien fokussiert. Weitere Praxisbeispiele können der Datenbank entnommen werden, die zusammen mit diesem Diskussionsbeitrag veröffentlicht werden.

Im ersten Beispiel geht es um die Anwendung von KI im produzierenden Gewerbe, hier in einem Glas verarbeitenden Betrieb. Aufgrund der besonderen Eigenschaften des Materials nimmt die Qualitätssicherung und -prüfung eine wichtige Rolle ein. Ein auf KI basierendes Prüfverfahren wird eingesetzt, um diese zeit- und personalintensive Tätigkeit zu erleichtern. Der Einsatz von solchen Verfahren eignet sich grundsätzlich für fast alle Bereiche, in denen eine optische Qualitätskontrolle durchgeführt wird, besonders bei Produkten mit hohem Prüfungsaufwand und hohen Qualitätsanforderungen (z.B. bei Medizinprodukten).

Abbildung 17: KI-basierte optische Prüfung für Fensterglas

Praxisbeispiel 	
<p>Deskriptive Daten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Titel KI-basierte optische Prüfung für Fensterglas • Branche C - Glasindustrie • Region Rheinland-Pfalz • Größe 50 bis 149 Mitarbeiter • Wertschöpfungsbereich Produktion, interne Prozesse 	<p>Anwendung</p> <p>Der Spezialist für Fenster und Türen liefert glasbasierte Produkte in die ganze Welt aus. Gerade die Komponente Glas ist aber besonders häufig mit Reklamationen verbunden; insofern stellt der Prüfprozess für Glas besonders zeitaufwändig und personalintensiv. Diese Qualitätskontrolle wird durch ein KI-basiertes optisches Prüfverfahren ersetzt. Dazu wurde eine Vielzahl potenzieller Glasfehler in ein selbstlernendes System übermittelt. Diese System kann nunmehr entscheiden, ob das Glas verwendet werden kann. Mit dem neuen Verfahren werden die Mitarbeiter in der Qualitätskontrolle entlastet, die bislang eine anstrengende manuelle Prüfung durchgeführt haben.</p>
<p>Technologie und Reifegrad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technologiegruppe KI und Datenanalyse • Reifegrad 3 (3 – Fortgeschrittener) 	

Quelle: Eigene Darstellung³⁵

Im zweiten Praxisbeispiel wird Augmented Reality (AR) eingesetzt, sodass neue und weniger erfahrene Mitarbeitende komplexe Maschinen, wie fördertechnische Sonderanlagen oder Aufzüge, mit Unterstützung erfahrener Kolleginnen und Kollegen schneller und sicherer reparieren können. Dies erleichtert die Einarbeitung der neuen Mitarbeitenden und reduziert gleichzeitig den Reisebedarf der erfahrenen Spezialkräfte. Damit ist die Anwendung für Unternehmen mit vielfältigen und komplexen Wartungs- und Reparaturtätigkeiten sowie grundsätzlich bei der Einarbeitung von neuen Mitarbeitenden zur Unterstützung des firmeninternen Wissenstransfers gut geeignet.

³⁵ Siehe: <https://kompetenzzentrum-kaiserslautern.digital/projektbegleitung/helmut-meeth-gmbh-co-kg/>

Abbildung 18: Augmented Reality zur Fernunterstützung



Praxisbeispiel ✕	
<p>Deskriptive Daten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Titel Augmented Reality zur Fernunterstützung • Branche C - Maschinenbau • Region Schleswig-Holstein • Größe 50 bis 149 Mitarbeiter • Wertschöpfungsbereich Produktion, interne Prozesse 	<p>Anwendung</p> <p>Das Maschinenbauunternehmen ist u.a. auf Aufzüge und fördertechnische Sonderanlagen spezialisiert; wegen der großen Vielfalt und Komplexität der Produkte werden hohe Anforderungen an die Service-Techniker gestellt. Gleichzeitig ist die Ausbildung von Fachkräften sehr zeit- und kostenintensiv. Um den internen Wissenstransfer zwischen jüngeren und älteren Mitarbeitern zu verbessern, setzt das Unternehmen Augmented Reality Lösungen im Bereich Fernunterstützung ein. Dadurch lassen sich jüngere Mitarbeiter virtuell durch erfahrene Spezialisten bei der Durchführung von Aufgaben wie Montage und Reparaturen an Maschinen oder Produkten anleiten.</p>
<p>Technologie und Reifegrad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technologiegruppe Immersive Medien • Reifegrad 3 (3 – Fortgeschrittener) 	

Quelle: Eigene Darstellung³⁶

Bei dem dritten Beispiel kommt Drohnentechnologie in einem Handwerksbetrieb zum Einsatz. Zur Vorbereitung von Dachdeckertätigkeiten und beim Erstellen von Angeboten müssen der aktuelle Zustand und Besonderheiten von Dachbauten genau erfasst werden. Hierzu werden Drohnen mit präzisen Kameras genutzt. Die Lösung kann ebenfalls in vielen anderen Bereichen eingesetzt werden: insbesondere für schwer zugängliche Orte oder für größere Flächen erscheint der Einsatz von Drohnen besonders vielversprechend.

³⁶ <https://www.digitalzentrum-sh.de/praxis/rud-prey-gmbh-co-kg-virtuelle-fernunterstuetzung>

Abbildung 19: Dachvermessung durch Drohnen

Praxisbeispiel 	
<p>Deskriptive Daten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Titel Dachvermessung durch Drohnen • Branche F - Dachdecker • Region Nordrhein-Westfalen • Größe 10 bis 49 Mitarbeiter • Wertschöpfungsbereich Produktion 	<p>Anwendung</p> <p>Für den Dachdeckerbetrieb ist die Aufnahme und Vermessung von Dachstrukturen u.a. für die Erstellung von Angeboten und die Abrechnung von hoher Bedeutung. Bislang wurden dazu aufwändige Voruntersuchungen durchgeführt. Mit Drohnentechnologie kann die Erfassung der geometrischen Strukturen und des Zustandes nun deutlich schneller und preiswerter vorgenommen werden. Drohnen können spezifischen Baumerkmale wie Vorsprünge, Unregelmäßigkeiten und Anschlussdetails sehr detailliert erfasst werden, so dass die Aufnahmen als Grundlage für die Sanierungsplanung, Angebotserstellung und nach den Arbeiten auch als Bauwerksabnahme verwendet werden können.</p>
<p>Technologie und Reifegrad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technologiegruppe Digitale Übertragung und Sensorik • Reifegrad 3 (3 – Fortgeschrittener) 	

Quelle: Eigene Darstellung³⁷

3.4 Zwischenfazit

Die Datenbank Praxisbeispiele@Mittelstand gibt einen guten Überblick, welche Technologien in den Digitalisierungsanwendungen für KMU bereits implementiert wurden oder sich in der Umsetzung bzw. Planung befinden. Die Auswertung zeigt die diversifizierte Streuung von Unternehmen, welche in den Praxisbeispielen verteilt über ganz Deutschland verfügbar sind. Unternehmen mit unterschiedlichster Anzahl an Mitarbeitenden sind in der Datenbank enthalten. Der Überblick hat einen Fokus auf die Technologien KI und Datenanalyse sowie Innovative Produktion / Industrie 4.0. Eine Mehrheit der Praxisbeispielen kommt aus dem verarbeitenden Gewerbe. Die Wertschöpfungsbereiche Finanzen und Personal haben nur einen geringen Anteil in der Datenbank, die meisten Digitalisierungsanwendungen stammen aus dem Bereich Produktion. Schwerpunktmäßig haben Unternehmen in der Datenbank im Durchschnitt einen Reifegrad von zwei oder drei. Diese Erkenntnisse sind erste Indikatoren, um vorhandene und zukünftige Technologien zu ermitteln und Eindrücke zu Digitalisierungsanwendungen für KMU zu erhalten.

³⁷ <https://www.kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital/praxis/dachflaechenerfassung-mittels-drohnen-aufmass>

4 Analyse Zukunftstechnologien

Ziel der im Folgenden beschriebenen Analyse ist es, eine Basis von verschiedenen relevanten Technologien zu bilden, die im nächsten Schritt von den Expertinnen und Experten im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten und Relevanz für KMU bewertet werden. Um ein möglichst breites Spektrum an Quellen in die Analyse der Zukunftstechnologien einzubeziehen, wurde ein mehrstufiges Verfahren zur Identifikation der Zukunftstechnologien entwickelt. Das Verfahren kann in insgesamt vier Schritte eingeteilt werden, die einzelnen Schritte³⁸ werden im Folgenden dargestellt.

Abbildung 20: Schritte der Technologieanalyse



Quelle: Eigene Darstellung

Schritt 1: Sammlung der Zukunftstechnologien

Für den ersten Schritt wurde eine Recherche nach geeigneten Quellen für Digitalisierungstechnologien umgesetzt. Im Vordergrund standen dabei solche, die einen Bezug zu Digitalisierungstechnologien in Unternehmen aufgreifen. Quellen, die sich ausschließlich auf das Thema der privaten Anwender beziehen, wurden hier nicht berücksichtigt. Insgesamt wurden in diesem Schritt die folgenden relevante Quellen identifiziert:³⁹

- Tech Radar Dezember 2020 Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum IT-Wirtschaft
- Technologieradar für kleine und mittlere Unternehmen Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Saarbrücken

³⁸ In *Abbildung 20* wird eine Übersicht über die einzelnen Schritte aufgezeigt.

³⁹ Die Quellen stellen eine Auswahl dar, hierbei wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Bei der Auswahl der Quellen wurden so lange neue Quellen hinzugefügt, bis kaum neue Technologiebegriffe hinzukamen und sich die Begriffe wiederholten.

- Technologie- und Trendradar des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz
- Themen- und Technologiekatalog der Plattform Industrie 4.0
- Technologieradar zur durchgängigen Datennutzung des Mittelstand-Digital Zentrums Hamburg
- Technologieradar zur flexiblen Materialflusssteuerung des Mittelstand-Digital Zentrums Hamburg
- Der Trendradar für den Mittelstand von Trend One / BDI
- GS1 Germany Trendradar
- Die Megatrend-Map des Zukunftsinstituts
- Technologie.Trend.Radar vom Technologie-Netzwerk Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe
- Emerging IoT Technologies Radar 2022 von IoT Analytics

Nach einer ersten Bereinigung von Dopplungen wurden nach diesem Schritt 505 Zukunftstechnologien und daran angelehnte Begriffe identifiziert.

Schritt 2: Bereinigung von Synonymen, Oberbegriffen, Konzepten und Methoden

In diesem Schritt wurden Begriffe entfernt, bei denen es sich um Synonyme handelt. Hierzu wurde ermittelt, welcher der beiden Begriffe gängiger ist. Als Indikator wurde eine einfache Google-Suche genutzt. Um allzu große Differenzen zwischen den Abstraktionsebenen der einzelnen Technologiebegriffe zu vermeiden, wurden Oberbegriffe, zu denen es untergeordnete Begriffe in der Sammlung gab, entfernt. Beispielhaft kann dies anhand des Oberbegriffs „Sensorik“ erläutert werden: Es wurde entfernt, da es spezifischere Bezeichnungen, wie beispielsweise „Biometrische Sensoren“ in der Auswahl gab. Ähnlich wurde beispielsweise mit den übergeordneten Begriffen „Maschinelles Lernen“, „Robotik“ oder „Mixed Reality“ vorgegangen. Ebenfalls eliminiert wurden Begriffe, bei denen es sich um eher um Konzepte, als um Technologien handelt, wie beispielsweise „Dezentralisierung“ oder „Engineering Intelligence“.⁴⁰

Schritt 3: Erste Prüfung der Relevanz

Um eine erste Prüfung auf Relevanz der Begriffe vorzunehmen, wurden die verbleibenden Begriffe mittels einer Suche in Internet-Suchmaschinen überprüft. Weitere 47 Technologiebegriffe wurden entfernt, da hier eine geringe Relevanz vorlag. Als Schwelle wurden 1.000 Treffer festgelegt, um einen gewissen Bekanntheitsgrad vorauszusetzen. Viele der als nicht ausreichend relevant gekennzeichneten Begriffe waren sehr spezifisch für

⁴⁰ Ausnahme von dieser Regel ist das Thema „Fernwartung“. Dabei handelt es sich nicht um eine konkrete Technologie, jedoch wird eine hohe Relevanz für KMU erwartet. Gründe liegen insbesondere in Ressourcenknappheit und im Fachkräftemangel, über die Fernwartung können hier Einsparungen vorgenommen werden (vgl. Terentiev 2020).

eine konkrete Anwendung, beispielsweise auf konkrete Branchen bezogen. Beispiele für sehr spezifische Bezeichnungen, und damit nicht weiter berücksichtigte Begriffe, sind "IoT-based Streaming Analytics" oder "Quantum Driven Secure Chip Design".

Nach dem zweiten und dritten Schritt konnten die Themen auf 81 Begriffe reduziert werden.

Schritt 4: Indikatorbasierte Bewertung der Begriffe

Mit den 81 Begriffen wurde eine, auf verschiedenen Indikatoren basierende, Bewertung vorgenommen. Die [Tabelle 1](#) zeigt diese Indikatoren sowie die verwendete Messgröße zur Bewertung auf.

Für die Bewertung wurde die Annahme getroffen, dass relevante Zukunftstechnologien häufig in akademischen Veröffentlichungen thematisiert werden. Google Scholar⁴¹ wurde verwendet, um die Anzahl der akademischen Veröffentlichungen zu erfassen. Github ist eine digitale Plattform für Entwicklerinnen und Entwickler, auf der Codes aus Softwareprojekten veröffentlicht werden kann. Es wurde die Annahme getroffen, dass relevante, neue Digitalisierungsentwicklungen mit einer höheren Anzahl an Softwareanwendungen und damit auch mehr Veröffentlichungen auf Github einhergehen. Da neue Technologien in vielen Fällen auch patentiert werden, wurde zusätzlich auf das Deutsches Patent- und Markenregister zurückgegriffen. Als letztes wurde auch Google Trends herangezogen. Dieser Indikator zeigt die relative Häufigkeit des Suchbegriffes aus der Stichprobe aller Suchanfragen auf Google und gibt somit Aufschluss, ob eine Technologie häufiger oder weniger häufig als in der Vergangenheit gesucht wurde.

Tabelle 1: Indikatoren und Messgrößen für die Bewertung

Titel	Indikator bzw. Messgröße	Anmerkung
Google Scholar (deutsch) https://scholar.google.com/	Anzahl der Treffer	verwendet wurde der deutschsprachige Begriff, sofern vorhanden
Google Scholar (englisch)	Anzahl der Treffer	verwendet wurde der englischsprachige Begriff
GitHub (deutsch) https://github.com/	Anzahl der Treffer	verwendet wurde der deutschsprachige Begriff, sofern vorhanden
GitHub (englisch)	Anzahl der Treffer	verwendet wurde der englischsprachige Begriff
Google Trends https://trends.google.de	Wert zwischen 0 (geringe Bedeutung) und 100 (aktuell maximale Bedeutung)	verwendet wurde der englischsprachige Begriff
Deutsches Patent- und Markenregister https://register.dpma.de/DPMAregister/pat/basis	Anzahl der Treffer	verwendet wurde der deutschsprachige Begriff, sofern vorhanden

Quelle: Eigene Darstellung

⁴¹ Google Scholar verweist auch auf andere Publikationsdatenbanken und -plattformen, wie z.B. researchgate oder EconStor. Aus diesem Grund wurden diese Plattformen nicht separat berücksichtigt.

Mit Ausnahme von Google Trends⁴² wurde für alle Quellen die Anzahl der ausgegebenen Treffer als Messgröße festgelegt. Google Trends gibt einen Wert von 0 an, wenn das Thema aktuell eine geringe Relevanz hat, also wenig Suchanfragen von Nutzern hatte. Der Referenzpunkt hierbei ist immer der Zeitpunkt mit dem meisten Suchen zum betreffenden Thema und wird mit den maximalen 100 Punkten bewertet. Demnach ist die Relevanz des Begriffs aktuell auf dem Höhepunkt, wenn eine Bewertung von 100 vorliegt. Zu beachten ist allerdings, dass auch ein Wert von 0 ausgegeben wird, wenn keine ausreichende Datenmenge vorliegt. Alle Suchen wurden zwischen dem 11. und 14. Juli 2022 vorgenommen und bilden dementsprechend eine Momentaufnahme ab.

Für alle 81 Technologiethemata wurde für jeden der sechs Indikatoren eine Rangfolge gebildet. Für die weitere Filterung der Begriffe wurden daraus zwei Werte berechnet: Eine Binärvariable, die den Wert 1 hat, wenn der Begriff bei mindestens einem der sechs Indikatoren einen Rang zwischen 1 und 5 belegt und sonst 0. Die zweite Variable wird über die Summe der Ränge gebildet.⁴³ Ein Begriff wurde in die Auswahl aufgenommen, wenn die erste Variable gleich 1 ist und die Rangsumme zu den 20 niedrigsten gehört (zweite Variable).

Zusammenfassend lassen sich die beiden Bedingungen für jeden Technologiebegriff beschreiben als:

- 1) mindestens bei einem Indikator muss der Begriff auf Rang 1-5 liegen und
- 2) die Summe der Ränge über alle Indikatoren muss unter den 20 geringsten liegen.

Nur wenn beide Bedingungen erfüllt sind, wurde der Begriff in die Liste aufgenommen. Folgende Zukunftsbegriffe konnten durch dieses Verfahren identifiziert werden⁴⁴:

- "3D-Druck"
- "Augmented und Virtual Reality"
- "Bildererkennung"
- "Blockchain"
- "Chatbots"
- "Digitaler Zwilling"
- "Drohnen"
- "Fernwartung"
- "Laserscanning"
- "Process Mining"
- "Robotic Process Automation"
- "Spracherkennung"

⁴² Eine detaillierte Erläuterung, wie dieser Wert gebildet wird, ist zu finden unter: <https://trends.google.de/trends/?geo=DE>

⁴³ Hierbei werden jedoch nur die englischsprachigen Quellen berücksichtigt, da sonst eine Verzerrung durch die doppelte Bewertung einzelner Begriffe vorliegen würde, die sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch vorhanden sind.

⁴⁴ Eine Erläuterung dieser Technologiebegriffe erfolgt in Kapitel 5.4.

5 Expertengespräche

Im nächsten Schritt wurde die Relevanz von Zukunftstechnologien für KMU und deren gegenwärtige und zukünftige Einsatzmöglichkeiten in den Unternehmen sowie die Voraussetzungen für den Einsatz in KMU durch Experteninterviews untersucht.

5.1 Methodik der Interviews

Im Zeitraum vom August bis September 2022 wurden Tiefeninterviews mit insgesamt elf Expertinnen und Experten durchgeführt. Alle Befragten befassen sich mit den besonderen Belangen von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in Deutschland, entweder in der praktischen Umsetzung von Digitalisierungsprojekten oder in der wissenschaftlichen Erforschung der KMU. Damit konnte insbesondere eine übergeordnete Perspektive durch Einblicke in verschiedene Unternehmen und auch unterschiedliche Rahmenbedingungen gewonnen werden.

Die Expertenbefragungen wurden jeweils per Videokonferenz auf Basis eines Gesprächsleitfadens geführt. Der Leitfaden beinhaltete neben einer kurzen Vorstellung des Forschungsvorhabens und einer Verabschiedung acht Fragen. Tabelle 2 bietet einen Überblick über die abgefragten Themen und deren Reihenfolge. Zunächst stellten sich die Interviewpartnerinnen und Interviewpartner mit deren Funktion und Arbeits- bzw. Forschungsschwerpunkte vor. Um in das Thema der Zukunftstechnologien einzuleiten, wurden die Gesprächspartnerinnen und Gesprächspartner gebeten, die drei wichtigsten Themen für KMU innerhalb der nächsten 8-10 Jahre zu nennen und dies zu begründen. Im Anschluss wurden die Befragten gebeten, eine Einschätzung der Technologien aus Kapitel 0 im Hinblick auf die Relevanz für KMU in den kommenden Jahren auf einer zehnstufigen Skala von „1“ (gar nicht relevant) bis „10“ (sehr relevant) vorzunehmen. Den Befragten wurden zur besseren Vorbereitung bereits einige Tage vor dem Gespräch, die beschriebene Liste von zwölf einzelnen Technologien zugeschickt. Zusätzlich sollten die Interviewteilnehmenden erläutern, welche möglichen Einsatzgebiete der einzelnen Technologien in KMU aus ihrer Sicht besonders relevant sind. Ebenfalls wurde erfragt, welche Kriterien die Befragten genutzt haben, um die vorhergehende Einschätzung zur KMU-Relevanz einzuschätzen.

Im weiteren Verlauf wurde auch betrachtet, für welche Arten von KMU (z.B. Branchen) die 12 Technologien eine besonders hohe Relevanz haben. Daran anschließend wurden die Teilnehmenden gebeten zu erläutern, welche Rahmenbedingungen (innerhalb und außerhalb der Unternehmen) den Einsatz der Technologien weiter beschleunigen können. Zum Abschluss des Gesprächs wurde den Teilnehmenden die Möglichkeit gegeben, bisher unberücksichtigte Themen und Technologien mit Relevanz für KMU in den nächsten Jahren anzusprechen.

Tabelle 2: Übersicht über die abgefragten Themen und deren Reihenfolge

Nummer	Thema der Frage
0a	Begrüßung / Information
0b	Information zum Hintergrund des Projektes bzw. zum Forschungsprogramm
1	Kurze Vorstellung durch den Interviewpartner
2	Abfrage der drei wichtigsten Zukunftstechnologien
3	KMU-Relevanz und Einsatzmöglichkeiten von 12 Technologien aus der Liste in Kapitel 0
4	Kriterien für die Bewertung der Relevanz für KMU
5	Besondere Relevanz der Technologien für einzelne Untergruppen von KMU (z.B. Branche)
6	Rahmenbedingungen (innerhalb und außerhalb der KMU) zur Beschleunigung des Einsatzes der Technologien
7	Bisher nicht berücksichtigte Zukunftsthemen
0c	Ende / Verabschiedung

Quelle: Eigene Darstellung

5.2 Kriterien für die Bewertung der Relevanz von KMU

Wie der Leitfaden in Tabelle 2 dargestellt, wurden die Befragten gebeten, die Kriterien zu erläutern, nach denen sie die Relevanz einer Technologie für KMU bewerten. Um einen Bezugspunkt für die Hauptfragestellung der Zukunftstechnologien und der Rahmenbedingungen zu geben, werden die Kriterien zur KMU-Relevanz zunächst analysiert.

Es wird deutlich, dass sich die Experten und Expertinnen einig sind, dass die **Marktreife** eine zentrale Rolle für die Einschätzung der Relevanz spielt. Demnach müssen die Technologien eine gewisse Schwelle überschritten haben, um für KMU interessant zu sein. Ist die Technologie noch nicht ausreichend ausgereift, lohnt sich demnach die Einführung dieser für KMU oft nicht. Wegen hoher Unwägbarkeiten bei der Einschätzung des **Kosten-Nutzen-Verhältnisses** sehen die Unternehmen dann von einer Implementierung im eigenen Unternehmen ab. Ergänzend spielt die Marktreife auch eine Rolle, indem Technologien mit geringer Marktreife oft noch einen geringen Bekanntheitsgrad haben und entsprechend auch der Zielgruppe der KMU noch nicht bekannt sind.

Ähnlich wie die Marktreife ist auch das Kriterium der **Einfachheit in der Einführung** und Anwendung, bzw. eine eher geringe Komplexität zu erklären: Die Befragten geben an, dass für die Unternehmen eine möglichst einfache Implementierung und vor allem im Vorfeld **abschätzbarer Aufwand** wichtig ist. Die Kosten für die Technologie spielen besonders dann eine Rolle, wenn der Nutzen für das Unternehmen noch mit Unsicherheit behaftet ist. Dabei gilt es nicht nur, die Kosten der Anschaffung, sondern auch für den Betrieb, wie Wartung, Schulungen usw. zu berücksichtigen.

Besonders Technologien, die eine eher **breite Anwendung** im Unternehmen versprechen, sind attraktiv. Technologien, die sich in mehreren Bereichen oder Prozessen, ggf. in leicht veränderter Form, anwenden lassen, versprechen einen höheren Nutzen. Das Unternehmen muss sich dafür mit nur einer einzelnen Technologie auseinandersetzen, kann damit aber Effizienzsteigerungen in verschiedenen Wertschöpfungsbereichen erzielen.

5.3 Abfrage der Zukunftstechnologien

Bevor die Befragten die zwölf Technologien aus Kapitel 4 bewerten sollten, wurden ihnen eine offene Frage zu künftig relevanten Technologien gestellt. Dies haben wir der Bewertung der zwölf Technologien aus Kapitel 0 vorangestellt, um eine möglichst unvoreingenommene Antwort zu erhalten und Verhaltenseffekte, wie beispielsweise durch „Priming“, bzw. Hinweisreize⁴⁵, zu vermeiden.

Die Befragten nannten besonders häufig Künstliche Intelligenz (KI) als wichtiges Thema für die kommenden Jahre.⁴⁶ Davon werden breite Anwendungsmöglichkeiten, sowohl für verschiedene Branchen als auch innerhalb einzelner KMU erwartet. Beispielsweise im Tourismus ist ein Einsatz für die Lenkung von Besucherströmen über Einbezug von Wetterdaten und Social Media Trends für bestimmte Destinationen denkbar. Im produzierenden Gewerbe kann eine Nutzung im Rahmen der optischen Qualitätskontrolle oder auch beim Kundenkontakt sinnvoll sein. Insgesamt liegt hier auch deshalb ein hohes Potenzial vor, da es bereits viele einsatzbereite Lösungen gibt, die teilweise mit geringfügigen Anpassungen leicht bei KMU implementiert werden könnten.

Eng verknüpft mit KI ist auch die Gruppe des Datenmanagements, bzw. das Konzept Big Data.⁴⁷ Vielfach werden in KMU bereits Daten erhoben, beispielsweise im Rahmen von Maschinennutzung (z.B. Laufzeiten, Stückzahlen) oder in der Interaktion mit der Kundschaft. Die Analyse der Daten könnten den Unternehmen helfen, Zusammenhänge zu erkennen, Prozesse im Unternehmen zu analysieren und zu optimieren oder Frühwarnsysteme, beispielsweise bei unzufriedenen Kunden, zu implementieren. Zusammen mit dem Einsatz von Sensorik, beispielsweise in der Produktion, kann auch Optimierungspotenzial (Wärmeregulierung, Energieverbrauch) (teil-)automatisiert erkannt werden. Da aktuell allerdings in vielen KMU noch das erforderliche Fachwissen fehlt, werden die Daten oft noch nicht in größerem Maße genutzt.

⁴⁵ Vgl. Higgins, Bargh und Lombardi 1985.

⁴⁶ In diesem Abschnitt werden zunächst nur die Technologien und Technologiegruppen genannt, auf die im Rahmen der Bewertung (Tabelle 2) nicht eingegangen wird. Die Ausführungen zu Überschneidungen zwischen Frage 2 und Frage 3 werden in den nachfolgenden Abschnitt integriert. Zu den in beiden Fragen genannten Begriffen gehören Virtual und Augmented Reality, Blockchain, Chatbots und Digitale Zwillinge.

⁴⁷ Big Data bezeichnet Datensätze mit komplexer Struktur, die sich nur schwer zu speichern, zu analysieren und für weitere Prozesse oder Ergebnisse zu visualisieren sind. Der Prozess und die Methoden zur Aufdeckung verborgener Muster und Zusammenhänge aufzudecken, wird als Big Data Analytik bezeichnet (vgl. Sagiroglu und Sinanc, 2013).

Die Vernetzung von Daten mit externen Informationen und Schnittstellen bietet ebenfalls Chancen: Ein Anwendungsszenario aus dem Bereich Tourismus mit digitalen Gästekarten, die mit dem Zugang zum ÖPNV, der Kurabgabe, Eintrittskarten in Museen oder zu Veranstaltungen und dem Zimmerschlüssel verknüpft werden können, zeigen dies.

Künftig werden auch solche Technologien und Anwendungen an Bedeutung gewinnen, die sich auch mit geringen Kenntnissen, z.B. in der Programmierung einsetzen lassen. Sogenannte No-Code oder Low-Code-Applikationen haben durch die Einfachheit der Nutzung niedrige Einstiegshemmnisse und können auf von Laien durch kleinere Anpassungen individuell an die Bedürfnisse der KMU angeglichen werden. Hierin sehen zwei der Befragten ein künftig wichtiges Thema für KMU.

Neben konkreten Technologien haben die Expertinnen und Experten auch weitere künftig wichtige Themen angesprochen, die im Kontext der Digitalisierung eine Rolle spielen. Im Zusammenhang mit der Speicherung und dem Austausch von Daten ist auch das Thema IT-Sicherheit von Bedeutung. Viele KMU beschäftigen sich bereits mit der Sicherheit ihrer Unternehmensdaten beispielsweise aus der Sensorik in der Produktion, im Rahmen vernetzter Maschinen und Prozesse. Diese teils sensiblen Daten und deren Schutz werden laut den Befragten auch künftig verstärkt beachtet werden müssen.⁴⁸

Der Austausch über digitale Plattformen wird gemäß den Expertinnen und Experten künftig an Bedeutung gewinnen. Anwendungsgebiete für KMU sind beispielsweise die Interaktion mit Geschäftspartnerinnen und -partner (Business to Business) oder auch mit Endkundinnen und -kunden (Business to Consumer). Vielfach ist dies eine Möglichkeit für Unternehmen mit einem bisher unerschlossenen Kundenkreis in Kontakt zu treten und damit ggf. auch neue Geschäftsfelder aufzubauen.⁴⁹ Das Thema Sharing Economy kann in diesem Kontext auch als Teil der Plattformwirtschaft verstanden werden. Im Business to Business Bereich gibt es bereits Ansätze z. B. die das Teilen von Maschinenkapazitäten oder (landwirtschaftlicher) Geräte digital ermöglichen. Hier bestehen für KMU Chancen, Ressourcen effizient zu nutzen und dadurch finanziell und ökologisch nachhaltiger wirtschaften zu können. Etwas allgemeiner wurde auch von das Thema Nachhaltigkeit genannt, hier steht Optimierung im Sinne der Ressourcenschonung statt einer Fokussierung auf die Masse künftig im Vordergrund.⁵⁰

⁴⁸ Vgl. Fürstenberg und Kirsch 2020.

⁴⁹ Dies geht auch einher mit den Ausführungen von Pertlwieser 2022.

⁵⁰ Vgl. hierzu auch Neligan et al. 2021.

Zu den weiteren genannten Themen, die in den nächsten Jahren relevant für KMU sind, zählen laut der Befragung Cloud-Anwendungen, Enterprise-Resource-Planning (ERP) Systeme⁵¹, Process Edge to Execution und Composable Applications.⁵²

5.4 Relevanz und Einsatzmöglichkeiten der zwölf Zukunftstechnologien

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Bewertung der KMU-Relevanz auf einer Zehnerskala sowie zu den Einsatzmöglichkeiten der Technologien aus der Analyse in Kapitel 0 erläutert.⁵³ Für einen ersten Überblick bietet [Abbildung 21](#) Mittelwerte und Spannbreiten der zwölf Technologien. Breitere Balken deuten dabei auf eine größere Varianz der Experteneinschätzungen hin. Dies ist jedoch lediglich als Tendenz zu interpretieren, da über die elf Expertengespräche nur eine geringe Datenbasis vorliegt.

Die Relevanz des **3D-Drucks** in den nächsten Jahren wird eher hoch eingeschätzt. Die Befragten sehen darin insbesondere Chancen für KMU, die spezialisierte (Einzel-) Anfertigungen oder Kleinserien herstellen, beispielsweise im Maschinenbau. Die Technologie kann für Ersatzteile bei Reparaturen von Maschinen und Anlagen eingesetzt werden. Aktuell sind bei der Anwendung noch die hohen Kosten für die Verwendung von Metall als Druckmaterial zu beachten. Ebenso ist der 3D-Druck für das Handwerk geeignet, da hier spezielle Einzelteile für individuelle Problemlösung, beispielsweise in älteren Häusern, in denen noch keine Standardmaße verbaut sind, notwendig sind.⁵⁴ Im Bereich der Medizinprodukte wird diese Technologie bereits häufig genutzt, hier sind die Präzision und hohe Individualisierbarkeit besonders wichtig, aktuelle Anwendungen finden sich beispielsweise in der Orthopädie oder der Kardiologie. Im Tourismus ist ein Einsatz für den Druck individueller Souvenirs denkbar.

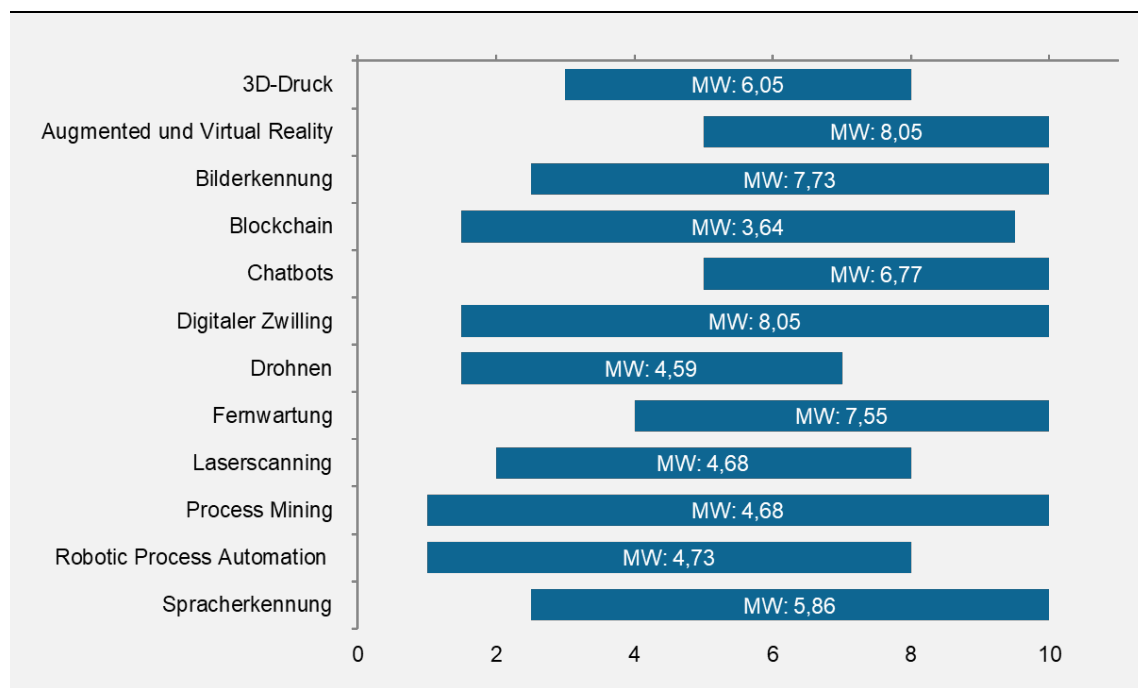
⁵¹ Damit sind „modular aufgebaute Software-Lösungen, die Prozesse eines Unternehmens abbilden und alle wichtigen Unternehmensfunktionen wie Rechnungswesen, Logistik, Produktion und Personal im Rahmen einer gemeinsamen unternehmensweiten Datenbasis abbilden und integrieren“ gemeint (Chies 2016, S.3)

⁵² Dabei handelt es sich um modular erweiterbare Anwendungen. Diese ermöglichen eine hohe Flexibilität und Anpassungsmöglichkeiten an dynamische Bedingungen.

⁵³ Ausführungen zu Technologien, die sowohl in der offenen Frage, als auch unter den 12 ausgewählten Technologien vorkommen, werden nur in diesem Abschnitt erläutert, um Wiederholungen zu vermeiden.

⁵⁴ Weitere Beispiele für die Nutzung von 3D-Druck im Bereich Handwerk nennen auch Terstriep und Rabadjeva 2020

Abbildung 21: Mittelwerte (MW) und Spannweiten der Angaben zur KMU-Relevanz



Quelle: Eigene Darstellung

Augmented und Virtual Reality (AR⁵⁵/VR⁵⁶) lässt sich gemäß der Befragten ebenfalls bei der Reparatur und Wartung (z.B. Fernwartung), bei der (komplexen) Montage oder der Lagerlogistik einsetzen. In Vertrieb und Marketing finden sich ebenfalls Einsatzfelder: Kundinnen und Kunden können virtuell Produkte ausprobieren, Möbel und Geräte am geplanten Standort ansehen oder auf Messen Produkte ausprobieren. In Museen und anderen touristischen Einrichtungen kann diese Technologie für virtuelle Touren eingesetzt werden, die Corona-Pandemie hat hier einen verstärkten Einsatz und Akzeptanz zur Folge gehabt.

Ein weiter vielversprechender Einsatzbereich ist Bildung und Qualifizierung⁵⁷: Hier gibt es bereits viele Anwendungen, z.B. für das Erlernen von Fertigungsprozessen mit vielen Einzelschritten, das Bedienen von Geräten oder das Herrichten von Hotelzimmern. Insgesamt herrscht für diese Technologie Einigkeit bei den Expertinnen und Experten über die tendenziell große Bedeutung für KMU in den kommenden Jahren.

⁵⁵ Augmented Reality (AR) wird verstanden als „(...) eine direkte oder indirekte Echtzeitsicht einer physischen, realen Umgebung, die durch Hinzufügen zusätzlicher Informationen.“ (Carmigniani und Furt 2011)

⁵⁶ Virtual Reality (VR) „(...) ist eine fortschrittliche Mensch-Computer-Schnittstelle, die eine realistische Umgebung simuliert. Die Nutzenden können sich in der digitalen Welt bewegen.“ (Zheng, Chan, Gibson 1998)

⁵⁷ Diese Einschätzung geht auch mit den Erkenntnissen von Riemann et al. 2020 einher, die ein hohes Potenzial von VR-Anwendungen in der betrieblichen Bildung sehen.

Eine ebenfalls hohe Bedeutung wird der **Bilderkennung**⁵⁸ zugeschrieben, wobei die Bewertungen zwischen den Befragten sehr unterschiedlich ausfallen (s. [Abbildung 21](#)) Es wird zwar einerseits eine hohe Bedeutung erwartet, andererseits jedoch auch angenommen, dass Fachkenntnisse und das Vorhandensein von spezifischen Daten für die Bilderkennung erforderlich sind. Die Bilderkennung kann beispielsweise den Qualitätssicherungsprozess stark entlasten. Dabei handelt es sich oft um anstrengende, aber monotone Tätigkeiten, deren Wegfall für die Mitarbeitenden eine Entlastung und Konzentration auf andere, abwechslungsreichere Tätigkeiten ermöglichen. Im Hotelbetrieb werden Möglichkeiten bei der Gesichtserkennung und direkten Ansprache der Gäste oder bei der Erkennung von Nummernschildern in Parkhäusern genannt. Auch in der Prüfung von Urheberrechtsverletzungen ließe sich die Bilderkennung einsetzen. Ergänzend wird erwähnt, dass Entwicklungen dieser Technologie als Verstärker für andere Technologien wie beispielsweise Drohnen dienen können.

Wie in [Abbildung 21](#) erkennbar, ist die Einstellung der Expertinnen und Experten zum Thema **Blockchain bzw. allgemeiner DLT**⁵⁹ weniger eindeutig: So gibt es in den Einschätzungen sowohl die Erwartungen hoher als auch eher geringer Relevanz für KMU. Einsatzmöglichkeiten sehen die Befragten in Buchungs- und Bezahlvorgängen mit mehreren Beteiligten, im rechtlichen Kontext, z.B. beim Patentschutz im produzierenden Gewerbe oder bei der Steuerberatung⁶⁰. Die Mehrzahl der Befragten gibt dazu an, dass es sich dabei aber eher um einzelne Fälle in KMU handelt, in der breiten Masse der KMU wird diese Technologie der Erwartung nach nicht genutzt werden. Für die einzelnen Fälle kann der Einsatz von Blockchain jedoch erhebliche Erleichterungen und mehr Transparenz und Sicherheit bringen.

Ein sehr breiter Einsatz in KMU wird von **Chatbots**⁶¹ erwartet. Die Befragten sind sich weitestgehend einig, dass ein Großteil der KMU von der Nutzung der (meist) KI-basierten Technologie profitieren kann. Viele Lösungen weisen demnach einen hohen Standardisierungsgrad und eine hohe Marktreife auf, sodass der Einsatz in KMU mit relativ geringen Kenntnissen möglich ist. Insbesondere für die Übernahme einer „Empfangsfunktion“, also den ersten Kontakt verschiedener Anspruchsgruppen (Kunden, Zulieferer) mit dem

58 Dabei geht es um Methoden zur automatischen Erkennung von Objekten oder Personen auf Bildern. (Paaß und Hecker 2020)

59 Entsprechend der Definition aus der Blockchain-Strategie der Bundesregierung werden die Begriffe Blockchain und Distributed Ledger Technologien (DLT) synonym verwendet. Die Bundesregierung versteht darunter „(...) allgemein dezentral geführte informationstechnische Systeme, wie Register oder Kontobücher, bei denen Werte (...) direkt zwischen den Teilnehmern ausgetauscht werden können. Die Verifizierung erfolgt zumeist durch systemweit festgelegte dezentrale Prozesse (Konsensusprotokolle) und nicht durch eine zentrale Instanz. Die Systeme ermöglichen allen Teilnehmern Zugriff auf den Status und auf eine überprüfbare Historie der vorgenommenen Transaktionen, versehen mit einem Zeitstempel.“ (BMWK 2019)

60 Beispielsweise kann die Blockchain für Archivierung und revisionssichere Erstellung von Steuererklärungen genutzt werden.

61 Unter dem Chatbot wird im Folgenden verstanden als „(...) auch bekannt als Conversational Bot oder Conversational Artificial Intelligence (AI), ein lernfähiges Computerprogramm, das so konzipiert ist, dass es das menschliche Verhalten simuliert. Das oft KI-basierte Programm automatisiert bestimmte Aufgaben, indem es typischerweise mit einem Benutzer, dem Besucher einer Website oder App aber auch telefonisch über eine Konversationsschnittstelle mittels Text oder Stimme kommuniziert.“ (Lehmann 2022; vgl. auch Zumstein/Hundertmark 2017)

KMU wird eine hohe Eignung zugeschrieben. Dabei sind die Klärung von häufigen Fragen oder die Terminvergabe geeignete Aufgaben. Es wird auch angemerkt, dass der Einsatz eines Chatbots mit der Unternehmensstrategie abgeglichen werden sollte. In kleineren Unternehmen mit eher familiären Kundenbeziehungen erscheint der Einsatz demnach eher ungeeignet.⁶²

Die Experten und Expertinnen berichten beim **Digitalen Zwilling**⁶³ unterschiedliche Einschätzungen. Die Bewertungen zeigen sowohl geringe Relevanz als auch die maximal mögliche Angabe (10). Kritisch wird betrachtet, dass viele KMU nicht über ausreichende Kenntnisse verfügen, die für die Technologie notwendig wäre. Es wird angemerkt, dass es auf dem vorherrschenden Markt wenige Standardlösungen gibt und dass der Ansatz nur für einzelne KMU, z.B. mit komplexen Produktionsverfahren überhaupt geeignet wären. Die Befragten, die der Technologie eine hohe Relevanz zuschreiben, sehen Einsatzmöglichkeiten bei Arbeitsabläufen und Prozessen in der Fertigung um Optimierungen hinsichtlich der Effizienz einzelner Prozesse, aber auch bei Schnittstellen zwischen verschiedenen Prozessen. Hierbei kann z.B. neben der Produktion auch der Materialfluss über einen digitalen Zwilling dargestellt werden. Beim digitalen Zwilling bietet sich auch eine Verknüpfung mit der VR/AR Technologie an, dabei können beispielsweise Änderungen im Fabriklayout per AR im Kontext des aktuellen Gebäudes simuliert und angepasst werden. Insgesamt ist erkennbar, dass die Befragten vor allem einen Einsatz im verarbeitenden Gewerbe erwarten.

Eine vergleichsweise geringe Bedeutung für KMU wird dem Thema **Drohnen**⁶⁴ zugeordnet. Es wird zwar angemerkt, dass Standardlösungen verfügbar sind, die auch einfach bedienbar sind, jedoch finden sich für KMU wenige Einsatzmöglichkeiten. Dazu zählen im Bereich Tourismus und Veranstaltungen z.B. Werbemaßnahmen, Paketlieferungen zu entlegenen Ferienhäusern, Überwachung und Dokumentation von Messen und (Sport-) Veranstaltungen sowie die Überwachung von Küsten und Stränden. Im Handwerk und der Bauwirtschaft können Drohnen zur Vermessung, beispielsweise zur Vermessung von Dächern, eingesetzt werden. Dies spart viel Zeit für die manuelle Messung durch Fachpersonal ein und es können auch schwer zugängliche Stellen erreicht werden. Die Verknüpfung mit Bilderkennung ermöglicht eine erleichterte Einschätzung des genauen Zustands. Zu beachten ist laut den Expertinnen und Experten auch die unklare Rechtslage bezüglich des Luftraumes⁶⁵. Hier seien noch eindeutige Regelungen zu ergänzen, um die Anwendung in KMU zu erleichtern.

⁶² Dies geht auch mit den Erkenntnissen einer aktuellen quantitativen Studie einher (Crolic, et al. 2022).

⁶³ Klostermeier et al 2020, S.3 beschreiben den digitalen Zwilling als „(...) mindestens das individuelle, virtuelle Abbild eines physischen Objektes oder Prozesses, welches die vom physischen Objekt bereitgestellten Daten intelligent für verschiedene Anwendungsfälle nutzbar macht.“

⁶⁴ Dabei handelt es sich um unbemannte Fahrzeuge, die sowohl können in der Luft, zu Land oder zu Wasser unterwegs sein können. Die Ausführungen hier sind auf zivile Drohnen begrenzt, die häufigsten Arten von zivilen Drohnen sind Kameradrohnen, Lieferdrohnen und Air Taxis (Gorski 2022).

⁶⁵ Auf dieses zentrale Hemmnis weist auch Gorski 2022 hin, ergänzend hierzu wird auch der Datenschutz als relevantes Element betrachtet. Gerade beim Einsatz auf Baustellen mit umstehender, bewohnter Bebauung sind diese Themen von großer Bedeutung.

Für das Thema **Fernwartung**⁶⁶ erwarten die Befragten eindeutig eine eher hohe Relevanz in den kommenden Jahren. Es existieren bereits marktreife Lösungen, deren Einsatz keine hohen Kenntnisse erfordert. Gerade im Kontext von steigenden Personalkosten und in Zeiten des Fachkräftemangels sind hier gute Möglichkeiten erkennbar: Im Bereich Anlagen- und Maschinenwartung lassen sich Reisekosten einsparen und ermöglichen ein bequemerer Arbeiten für die Arbeitskräfte. In Verbindung mit AR/VR gewinnt die Fernwartung weitere Einsatzmöglichkeiten hinzu, indem präziser auch an komplexen Systemen gearbeitet werden kann. Mithilfe von Sensorik können Schwachstellen oder (potenzielle) zukünftige Probleme bereits im Vorfeld im Rahmen der vorausschauenden Wartung (Predictive Maintenance) erkannt werden. Daneben wird Fernwartung im Dienstleistungsbereich, beispielsweise für Software oder im Energiemanagement, aktuell schon häufig eingesetzt.

Dem **Laserscanning**⁶⁷ wird zwar eine hohe Marktreife zugeordnet, jedoch gehen die Befragten davon aus, dass dieses Verfahren eher für wenige KMU geeignet ist, da die Anwendungsmöglichkeiten eher begrenzt sind. Das Laserscanning ist vor allem im produzierenden Bereich einsetzbar, damit können (Bau-)Teile und Werkzeuge erfasst und deren Verschleiß analysiert werden. Die Daten können für die Optimierung der Teile oder, z.B. in Verbindung mit dem 3D-Druck, für die Herstellung von Ersatzteilen genutzt werden. Für Aufgaben die weniger präzise Daten erfordern, eignen sich nach Aussage der Befragten eher Ansätze aus der Bilderkennung, da diese weniger Energie, Initialkosten und geringere Sicherheitsbestimmungen erfordern.⁶⁸

Wie einige andere Ansätze polarisiert auch das **Process Mining**⁶⁹, insgesamt wird der Einfluss im Durchschnitt im mittleren Bereich eingeschätzt. Gegen den Einsatz des Verfahrens spricht aus Sicht einiger Expertinnen und Experten, dass nur wenige KMU ausreichend komplexe Prozesse haben, damit sich der Einsatz lohnt. Häufig haben demnach KMU keine ausreichend aufbereiteten prozessbezogenen Daten. Auf der anderen Seite wird hervorgehoben, dass gerade KMU vor der Herausforderung stehen, die zwei Entwicklungen Effizienzdruck bei gleichzeitig hoher Individualität der Kundenwünsche gleichzeitig bewältigen zu müssen. Hierzu bietet Process Mining eine Gelegenheit zur Verbesserung der Prozesse, gerade um bei kundenbezogenen Prozessen (z.B. Bestellung, Lieferung und -status, Retouren) für größtmögliche Transparenz zu sorgen.

⁶⁶ „Fernwartung, Remote-Service oder Teleservice bedeutet aus der Ferne auf eine Gegenstelle zuzugreifen, die sich innerhalb eines geschlossenen Systems befindet.“ (NN, Elektronikkompendium) Der Fernzugriff kann sich auf Maschinen, Anlagen, (IT-)Systeme und Netzwerke beziehen.

⁶⁷ Dabei handelt es sich laut Solan et al. 2019, S.4 um eine „Vermessungs- und Überwachungstechnologie, die auf der Messung der Abstand zwischen einem Sensor und seiner Umgebung, d. h. jedem Objekt, das von dem Sensor ausgesandten Laserstrahlen vom Sensor ausgesandten Laserstrahlen erfasst wird. Das Ergebnis dieses Prozesses ist ein Datensatz in Form einer Punktwolke, die die Position jedes Erfassungspunktes auf diesen Objekten in Bezug auf den Sensor enthält.“ [übersetzt aus dem Englischen]

⁶⁸ Zu ähnlichen Erkenntnissen, wenn auch begrenzt auf den Bereich der Bodenerkundung, kommen auch Mulrow et al. 2019. Demnach ist ein Einsatz von Laserscanning bei sehr hohen Anforderungen im Hinblick auf Präzision zu empfehlen.

⁶⁹ Process Mining beschreibt Methoden zur datengetriebenen Analyse von Prozessen, das Ergebnis wird visuell dargestellt und dient insbesondere dazu, Schwachstellen, Redundanzen und ggf. „Flaschenhälse“ identifizieren zu können (Vgl. Geyer-Klingeberg et al. 2018)

Daran anknüpfend wird die Relevanz von **Robot Process Automation**⁷⁰ (RPA; Roboter-gestützte Prozessautomatisierung) eher mittelhoch eingeschätzt. Für softwarebasierte eher monotone Prozesse, die z.B. Datenübertragung oder Testung von Umgebungen beinhalten, kann der Einsatz geeignet sein. Die Übernahme repetitiver Tätigkeiten durch Softwareroboter kann gerade in Branchen mit hohem Bedarf dieser Tätigkeiten bei gleichzeitigem Fachkräftemangel erfolgversprechend sein, da es bereits am Markt individuell anpassbare Lösungen gibt. Es lassen sich auch KI-Anwendungen mit dem Einsatz des Softwareroboters verknüpfen, um z.B. auch dynamisch auf Veränderungen reagieren zu können.

Die **Spracherkennung**⁷¹ besitzt eine hohe Marktreife und es gibt fertige Lösungen, dennoch kennen die Befragten selbst eher wenige Anwendungsfälle in KMU. Die Spracherkennung wird trotzdem als guter Einstieg in das Thema KI für Unternehmen gesehen. Die bekannten Anwendungsfälle liegen im Bereich der Übersetzungen in Fremdsprachen, ähnlich wie Chatbots eine „Empfangsfunktion“ in telefonischer Form, die Möglichkeit gesprochenen Sprache in Text umzuwandeln und umgekehrt sowie daran anknüpfend eine Barrierefreiheit für beispielsweise Gehörlose oder Sehbehinderte zu erreichen. Weiterhin ist die Spracherkennung die Grundlage für die Sprachsteuerung. Kritisch wird auch angemerkt, dass KMU Sicherheitsbedenken bezüglich ihrer Daten und Geschäftsgeheimnisse haben.

5.5 Rahmenbedingungen innerhalb der KMU

Die Expertinnen und Experten wurden nach den Rahmenbedingungen innerhalb der KMU gefragt, die notwendig sind, um die jeweiligen Technologien implementieren zu können. Grob lassen sich die Antworten in drei Kategorien einordnen, wobei diese nicht vollständig trennscharf sind. Diese sind **Unternehmenskultur, finanzielle und zeitliche Ressourcen** sowie **Wissen und Fähigkeiten**.

Zu den Rahmenbedingungen, die unter **Unternehmenskultur** gefasst werden können, gehört eine grundsätzliche Innovationsbereitschaft im Unternehmen und die Bereitschaft sich mit Technologien auseinanderzusetzen, dazu zählt auch eine positive Kultur im Umgang mit Fehlern.⁷² Dies ist die Basis dafür, auch Ideen aus unteren Hierarchiestufen zuzulassen. Trotz der Notwendigkeit einer offenen und durchlässigen Kultur sind klare Verantwortlichkeiten innerhalb eines Digitalisierungsprojekts erforderlich, gerade auch

⁷⁰ Dabei handelt es sich um einen Ansatz zur Prozessautomatisierung, „bei dem Software-Roboter menschliche Aufgaben nachahmen. Nach der Erfassung eines Prozessablaufs, imitiert ein virtueller Roboter die Aktionen, die von Menschen in der grafischen Benutzeroberfläche vorgenommen wurden und führt diese automatisch durch. (vgl. Geyer-Klingeberg et al. 2018)

⁷¹ Kern der automatischen Spracherkennung ist es, „(...) die lautsprachliche Information einer gesprochenen Äußerung (z.B. eines Satzes) auszuwerten und das Ergebnis als Folge von Wörtern auszugeben. (...) die ermittelte Wortfolge kann zusätzlich einer grammatikalischen Analyse und darüber hinaus einer semantischen Interpretation unterworfen werden, sodass schließlich die inhaltliche Bedeutung des Satzes herausgearbeitet werden kann.“ (Gottwald 2018, S.1)

⁷² Das bewusste Zulassen und ein positiver Umgang mit Fehlern werden auch in der Literatur mehrfach als Erfolgsfaktor, beispielsweise für Innovationen, hervorgehoben. (Kemmer und Zahn 2018; Wang et al. 2021)

um diese voranzutreiben, wenn das Tagesgeschäft das Projekt zu überlagern droht. Die Motivation eine Technologie im Unternehmen einzusetzen ist höher, wenn eine ähnliche Lösung schon außerhalb des Unternehmens gesehen und ggf. getestet wurde, weswegen erfolgreiche Praxisbeispiele einen wichtigen Zweck erfüllen. Die Motivation für die tatsächliche und vollständige Umsetzung des Projekts steigt, wenn damit ein möglichst konkretes und schwerwiegendes Problem im Unternehmen gelöst werden kann. Dieses Problem muss allerdings von der Geschäftsführung als solches erkannt und entsprechend priorisiert werden. Weiterhin ist in der Kommunikation mit den Mitarbeitenden darauf zu achten, dass die Arbeit des einzelnen durch den Einsatz der Technologie erleichtert wird, jedoch die betreffende Person nicht ersetzt wird. Insgesamt ist im Rahmen der Unternehmenskultur wichtig, dass die Bedingungen möglichst für das Einbringen von Ideen geschaffen werden. Negative Erfahrungen, beispielsweise durch nicht ernst genommene Ideen oder ein schlechter Umgang mit Fehlern kann sich sehr schnell bei den Mitarbeitenden festsetzen und es entsprechend schwerer wird, diese schlechten Erfahrungen auszugleichen und zu Ideen zu motivieren.⁷³

Die zweite Kategorie befasst sich vor allem mit ausreichenden finanziellen und zeitlichen Mitteln. Hierzu gehört, dass ausreichend finanzielle Ressourcen im Unternehmen verfügbar oder außerhalb (z.B. durch Fördermöglichkeiten) zugänglich ist. Laut den Expertinnen und Experten sollten Unternehmen finanziell „gesund“ sein, zum einen um die finanziellen Mittel aufbringen⁷⁴ oder anwerben zu können, zum anderen um eine Konzentration auf das Digitalisierungsprojekt, bzw. die Implementierung der Technologie zu ermöglichen. Um **finanzielle** und **zeitliche Ressourcen** für ein Projekt abgeben zu können, muss der Geschäftsführung zudem der Nutzen der Technologie klar sein.

Zu der dritten Kategorie, **Wissen und Fähigkeiten**, gehören neben dem technischen Wissen zur konkreten Technologie und deren Implementierung auch Wissen zur IT- und Datensicherheit sowie Wissen über die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz.⁷⁵ Neben diesem spezifischen Fachwissen nennen die Befragten auch einige weitere Fähigkeiten wie allgemeine Problemlösefähigkeit, analytische Fähigkeiten und Kreativität.⁷⁶ Des Weiteren brauchen KMU Mitarbeitende, die eine hohe Kompetenz in Bezug auf Informationsauswahl und -verarbeitung haben, die also aus dem vielfältigen Angebot die relevanten Informationen identifizieren können. Dazu gehört zum einen, das Unternehmen möglichst gut zu kennen und zum anderen, laut den Befragten, ein hoher Grad an Medienkompetenz.

⁷³ Allgemein lässt sich die Schwierigkeit, gemachte Erfahrungen und daraus resultierende Einstellungen beeinflussen zu können, durch die Theorie der kognitiven Dissonanz erklären (Hennemann 2018). Dabei versuchen Individuen Dissonanzen, die durch Diskrepanzen zwischen der eigenen Einstellung und der aktuellen Wahrnehmung, zu reduzieren (Festinger 1957). Dies kann geschehen, indem die Wahrnehmung umgedeutet wird, oder (seltener) das Individuum die eigene Einstellung anpasst.

⁷⁴ Dies bestätigt auch eine quantitative Studie von Rammer et al. (2022) durch das Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) im Auftrag der KfW Bankengruppe.

⁷⁵ Vgl. auch Gorski 2022.

⁷⁶ Auch Krauss 2022 sieht in Kreativität und Problemlösefähigkeiten, neben anderen Eigenschaften, einen bedeutenden Faktor für die Innovationsfähigkeit von Unternehmen.

Weitere angesprochene Rahmenbedingungen in KMU sind ein gewisser digitaler Reifegrad des Unternehmens, um eine konkrete Technologie implementieren zu können. Dazu zählt insbesondere die Aufbereitung und Sammlung von Daten, und es sollte, je nach geplanter Technologie, ein Mindestmaß an Reife vorhanden sein.⁷⁷ Daran anknüpfend sehen die Befragten auch in der Integrationsfähigkeit der Prozesse eine wichtige Rahmenbedingung. Integrationsfähigkeit der Prozesse bedeutet konkret die „Voraussetzungen für ein effektives und effizientes Zusammenspiel von Ablauf- und Aufbauorganisation sowie den nahtlosen Informationsfluss zwischen einzelnen Organisationsbereichen zu schaffen.“⁷⁸

Für einige der im Kapitel 0 beschriebenen Zukunftsthemen ist eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit essenziell, dazu gehören beispielsweise Blockchain oder auch die Fernwartung. Die Expertinnen und Experten betonen hier die Bereitschaft, sich auf Kooperationen einzulassen, ggf. auch mit Unternehmen aus der gleichen Branche. Dazu benötigt das KMU Wissen, welche Informationen in welcher Weise an die Partner weitergegeben werden können und müssen entsprechende Schnittstellen im Unternehmen identifizieren bzw. einrichten. Auch in der Zusammenarbeit sind rechtliche Fragen, z.B. bei der gemeinsamen Anschaffung von Technologien mit anderen Unternehmen, zu klären.

5.6 Rahmenbedingungen außerhalb der KMU

Die Befragten nennen auch **Rahmenbedingungen**, die **außerhalb des Unternehmens** liegen. Ganz grundlegend sind hier eine geeignete Daten- und IT-Infrastruktur zu nennen. Außerdem gehört hierzu der bereits oben erwähnte Zugang zu Kapital, bzw. zu Fördermöglichkeiten. Die Befragten betonen hierzu, dass KMU eine Beantragung aktuell noch zu kompliziert empfinden und diese für viele (gerade kleinere) Unternehmen eine Hürde darstellt. Um Zukunftssicherheit herzustellen, werden außerdem klare rechtliche Regelungen für Daten(-nutzung) sowie mittel- und langfristige Standards benötigt. Laut den Expertinnen und Experten brauchen KMU darüber hinaus Möglichkeiten, sich risikoarm an Technologien heranzutasten, sich zu informieren und diese auszuprobieren. Dafür sind Reallabore, Innovationshubs oder erfolgreiche Praxisbeispiele gut geeignet. Um die digitale Transformation zu beschleunigen, kann außerdem etwas Druck von außen hilfreich sein, z.B. wenn Effizienzvorteile durch Digitalisierung von konkurrierenden Unternehmen den Wettbewerbsdruck erhöhen, oder wenn gesetzliche Regelungen die Nutzung digitaler Technologien zwingend erforderlich machen, beispielsweise in der Zusammenarbeit mit Behörden.⁷⁹

⁷⁷ Siehe auch Kapitel 3 zur Erläuterung des Mindestreifegrades. Speziell für Anwendungen mit künstlicher Intelligenz benötigen KMU einen Mindestgrad „KI-Readiness“. (vgl. Lerch et al. 2021)

⁷⁸ Vogel und Osl 2007.

⁷⁹ Vgl. Papen et al. 2021.

6 Zusammenführende Analyse und Schlussfolgerungen

Für die **erste Forschungsfrage** („Was sind die relevanten Digitalisierungstechnologien für KMU in den kommenden Jahren?“) werden die Erkenntnisse aus der Technologieanalyse, die bereits in Teilen in die Expertengespräche eingeflossen sind, mit weiteren Erkenntnissen aus dieser Befragung zusammengeführt. Aus der Einschätzung der Expertinnen und Experten zu den ausgewählten Technologien lässt sich erkennen, dass folgenden Themen künftig eine besonders hohe Relevanz zugeschrieben werden: **Augmented und Virtual Reality, Fernwartung, Chatbots und Digitale Zwillinge**. AR/VR eignet sich besonders für die Präsentation von Produkten am geplanten Standort, z.B. im Handel oder auch bei der (komplexen) Maschinenmontage. Diese immersiven Medien lassen sich gut im Rahmen der Fernwartung einsetzen, damit können Reisetätigkeiten reduziert werden. Chatbots lassen sich in nahezu allen Branchen einsetzen. Insbesondere bei einfachen Anfragen und Terminvereinbarung ist der Einsatz vielversprechend, hierzu gibt es bereits leicht individuell anpassbare Lösungen. Das Thema Digitale Zwillinge wird zwar in Bezug auf Branchen nicht so breit einsetzbar eingeschätzt, verspricht aber gemäß der Befragten hohes Optimierungspotenzial für den verarbeitenden Bereich.

Werden die genannten Zukunftstechnologien um die offene Frage zu künftig relevanten Technologien erweitert, so lassen sich die eher übergeordneten Themen **Künstliche Intelligenz, Datenerhebung und -analyse, Vernetzung von Maschinen, 3D-Druck und Nachhaltigkeit** ergänzen. KI verspricht dabei einen breiten Einsatz in verschiedenen Branchen und Wertschöpfungsbereichen, neben dem Einsatz von Chatbots z.B. auch im Bereich der Qualitätskontrolle oder der Energiesteuerung. Für diese Einsatzmöglichkeiten sind, je nach Individualisierungsgrad, Daten erforderlich, daher wird die Rolle der Datenerhebung, -nutzung und ggf. -analyse ebenfalls hervorgehoben. Weitere mögliche signifikante Technologien, die jedoch aus Expertensicht eine etwas geringere Relevanz für KMU haben könnten, sind Blockchain/DLT, Drohnen, Laserscanning und Robotic Process Automation.

Für die **zweite Forschungsfrage** („Wie ist der aktuelle Stand der Digitalisierung und der Einsatz konkreter Technologien in KMU im europäischen Vergleich und im Vergleich mit Großunternehmen?“) werden die Erkenntnisse aus dem zweiten Kapitel, mit denen der Expertenbefragung verknüpft. Die Digitalisierungslücke zwischen KMU und Großunternehmen ist während der Corona-Pandemie weitergewachsen. Zwar konnten viele KMU ihren digitalen Reifegrad vergrößern, jedoch nicht im gleichen Ausmaß wie Großunternehmen. Für die betrachteten Technologiethemata lässt sich Folgendes festhalten: Für den Einsatz von **KI** besteht eine große Differenz zwischen KMU und Großunternehmen in Deutschland, im Vergleich mit anderen KMU in Europa ist allerdings ein überdurchschnittliches Ergebnis deutscher KMU zu erkennen. Entsprechend der Expertenbefragung ist hier ein weiterer Anstieg bei der Implementierung von KI in KMU zu erwarten, insbesondere weil die Zahl der schnell einsatzbereiten, bzw. leicht anpassbaren Lösungen, rasant steigt. Auch Anwendungen, die sich leicht und ohne Programmierkenntnisse umsetzen lassen (No-Code/ Low-Code), spielen hier eine Rolle. Methoden aus dem

Schlagwort vor. Künstliche Intelligenz ist hier das am häufigsten genutzte Schlagwort.⁸⁰ Eng verbunden mit dem Thema KI ist die Erhebung und Analyse von Daten. Die Expertinnen und Experten nannten in der offen gestellten Frage zu zukünftigen Technologien unter anderem überwiegend die Datenanalyse. Sie vermuten eine steigende Relevanz solcher Technologien für KMU. Dies spiegelt sich ebenfalls in der Datenbank wider. Jedoch mit Blick auf die Literatur zeigen die Daten aus den Abbildungen in Kapitel 2, dass 84% des deutschen Mittelstandes noch keine digitale Datenanalyse nutzen. Von denjenigen Unternehmen, die Big-Data-Herangehensweisen verwenden, implementierten nur 63% auch eine KI-optimierte Datenanalyse. Im Rahmen der Nachhaltigkeit gab es in der Literatur eine weitere thematische Überschneidung mit der Befragung der Expertinnen und Experten. Diese sehen das übergeordnete Thema Nachhaltigkeit als relevantes Zukunftsthema. Die repräsentative Befragung von Techconsult⁸¹ unterstützt diese qualitative Einschätzung auch mit quantitativen Kennzahlen. Für knapp die Hälfte der befragten Unternehmen hat Nachhaltigkeit einen hohen oder sehr hohen Stellenwert.⁸² Technologien rund um das Thema Vernetzung (z.B. vernetzte Produktion) werden in der Datenbank gehäuft aufgegriffen. Da wiederholt in der offenen Frage im Interview die Vernetzung benannt wurde, lässt sich schlussfolgern, dass die Experten und Expertinnen in dieser Thematik Zukunftspotential sehen.

Abbildung 23 zeigt, wo Anwendungen zu den wichtigen Technologien in der Tabelle der Praxisbeispiele zu finden sind.⁸³ Die Übersicht zeigt, dass es für alle Technologien Beispiele gibt. In einigen Bereichen (z.B. Chatbots) liegen nur wenige Beispiele vor.

80 In der Spalte 5 Themen / Schlagwörter wurden Abkürzungen und Begriffe mit gleicher Bedeutung vor der Auswertung vereinheitlicht, z.B. „KI“ wird zu „künstliche Intelligenz“ gezählt.

81 Vgl. Techconsult 2022.

82 Vgl. ebenda.

83 Die Abbildung zeigt eine Auswahl. In der Tabelle der Praxisbeispiele liegen viele weitere Einsatzmöglichkeiten für KMU vor.

Abbildung 23: Auswahl an Beispielen zu den relevantesten Technologien in den kommenden Jahren

(Technologie-)Begriff	Lfd. Nummer im Praxisbeispiele@Mittelstand (Auswahl)
Augmented Reality, Virtual Reality	218, 13, 14, 56, 110, 150, 160, 172, 215
Fernwartung	113, 188, 195
Chatbots	89
Digitale Zwillinge	100, 126, 196, 197
Künstliche Intelligenz	82, 107, 159, 174, 175, 177, 180, 186
Datenanalyse, Big Data	5, 15, 190, 193, 194, 195, 198, 199, 211
Vernetzte Geräte, Vernetzung	17, 19, 23, 25, 31, 101, 106, 143, 195
Nachhaltigkeit	21, 31, 52, 54, 118, 120

Quelle: Eigene Darstellung

Aus der **vierten Forschungsfrage** („Welche Voraussetzungen müssen KMU erfüllen, um diese Technologien (aus Frage 1) einzusetzen und wo besteht Nachholbedarf für KMU?“) ergeben sich drei Teilfragen: Was müssen die Mitarbeitenden in den KMU können oder wissen? Welche Bedingungen werden im Unternehmen benötigt? Und welche Rahmenbedingungen müssen außerhalb des KMU geschaffen werden? Aus den Expertengesprächen lassen sich dem Thema Fähigkeiten und Wissen neben konkreten Kenntnissen zur Technologie, wie z.B. Programmierkenntnisse oder Fähigkeiten im Bereich Mechanik auch allgemeine, übergeordnete Kenntnisse in rechtlichen Rahmbedingungen, IT- und Datensicherheit, sowie analytische Fähigkeiten zuordnen. In den Unternehmen spielt neben zeitlichen und finanziellen Ressourcen auch die Unternehmenskultur eine wichtige Rolle. Hier sehen einige Expertinnen und Experten einen wichtigen Ansatzpunkt für KMU, die künftig neue Technologien implementieren möchten. Dies spiegelt sich auch in den Erkenntnissen in der Forschung wider. Demnach hat eine positive und offene Unternehmenskultur positive Auswirkungen auf Innovationsneigung und Innovationsfähigkeit.⁸⁴ Diese Korrelation lässt aus den verschiedenen Studien sowohl auf verschiedene Branchen als auch auf unterschiedliche Unternehmensgrößen und Kulturräume übertragen. Darüber hinaus sehen Claver et al. (1998) darin die zentrale Grundvoraussetzung, ohne die auch finanzielle und weitere Ressourcen nicht nutzenstiftend sind, um Innovationsfähigkeit des Unternehmens zu erreichen.⁸⁵ Unter der Annahme, dass die Implementierung neuer Technologien als Teil der Innovationsfähigkeit betrachtet werden kann, lässt sich daraus ableiten, dass es sich für KMU lohnt, eine Fokussierung auf die Schaffung einer innovationsfreundlichen Unternehmenskultur mit möglichst gering ausgeprägten Hierarchien vorzunehmen.

⁸⁴ Vgl. Kitchell 1995; Liao 2018; Pascual-Fernández 2021; Wang und Huang 2022

⁸⁵ Vgl. Claver et al. 1998

Ideale Rahmenbedingungen außerhalb der KMU beinhalten laut den Expertinnen und Experten eine gute Daten- und IT-Infrastruktur, klare rechtliche Regelungen für Technologie- und Datennutzung, langfristige und einheitliche Standards sowie Druck von außen. Letzteres kann z.B. durch großen Konkurrenzdruck und gesetzliche Regelungen, die Technologienutzung zwingend erforderlich machen, entstehen.⁸⁶

Neben den Ergebnissen zu den Forschungsfragen, haben die Gespräche mit den Expertinnen und Experten Erkenntnisse zur Bewertung von Technologien hinsichtlich ihrer Relevanz für KMU offenbart. Die genannten Kriterien, insbesondere hohe Marktreife, geringe Komplexität bei der Implementierung, abschätzbare Kosten und breite Anwendung möglichst in mehreren Wertschöpfungsbereichen, lassen sich nicht nur auf die zwölf hier analysierten Begriffe beziehen. Die Kriterien können auch verwendet werden, um neu aufkommende Technologien im Hinblick auf die Relevanz für KMU zu bewerten. Insbesondere in Bezug auf Förderung konkreter Technologien für KMU können hieraus von Entscheidungstragenden, z.B. aus der Politik oder Verbänden, geeignete Maßnahmen abgeleitet werden.

Zusammenfassend lassen sich die Erkenntnisse der Zusammenführung der einzelnen Teile des vorliegenden Diskussionsbeitrags in der [Abbildung 24](#) herauskristallisieren.

Abbildung 24: Zentrale Erkenntnisse nach Zusammenführung der Ergebnisse der einzelnen Kapitel

1.	Künftig für KMU besonders relevant sind AR und VR, Fernwartung, Chatbots und Digitale Zwillinge, KI, Datenerhebung und -analyse, Vernetzung, 3D-Druck und Nachhaltigkeit.
2.	Für KMU gibt es geeignete Praxisbeispiele zu diesen Zukunftstechnologien: Aus verschiedenen Branchen, Regionen und in unterschiedlichen Wertschöpfungsbereichen.
3.	Kriterien für eine Bewertung der KMU-Relevanz (neuer) Technologien sind Marktreife, geringe Komplexität der Implementierung, abschätzbare Kosten sowie eine breite Anwendung.
4.	Wissen allein reicht nicht: Für die Implementierung neuer Technologien ist eine positive und offene Unternehmenskultur notwendig.

Quelle: Eigene Darstellung

⁸⁶ Auf Druck von außen als Innovationsbeschleuniger weisen auch Proeger et al. 2020 hin.

7 Limitationen und Ausblick

Die vorliegende Studie unterliegt einigen empirischen und konzeptionellen Grenzen, die gleichzeitig vielversprechende Perspektiven für die künftige Forschung aufzeigen.

Zunächst bestehen die Quellen für den ersten Schritt der Technologieanalyse aus einer Vorauswahl, es wird nur eine begrenzte Anzahl an Quellen einbezogen. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Forschungsfragen, ohne Schwerpunkt auf große Datenmengen, ist dies ein gut umsetzbares Vorgehen. Die Überschneidungen und die häufig eher hohe Relevanzeinschätzung der zwölf Zukunftstechnologien durch die Expertinnen und Experten unterstreichen dies. Dennoch könnten künftig für die Vorauswahl der in die Analyse einbezogenen Begrifflichkeiten größere Datenmengen ggf. automatisiert erhoben werden, um hier noch mehr Technologien und Begriffe zu berücksichtigen. Dazu könnten beispielsweise Methoden, wie das Webcrawling⁸⁷ eingesetzt werden.

Auch unternehmensübergreifende Kooperationen für gemeinsame Technologieerkundung können sowohl aus praktischer als auch aus wissenschaftlich Sicht spannend sein. Der Begriff Foresight benennt allgemein die systematische Analyse und Erkundung der Zukunft,⁸⁸ ergänzend bezieht Open Foresight die Besonderheit ein, dass es sich um mehrere Organisationen handelt, die hier gemeinsame Untersuchungen anstellen. Für KMU reduziert dieser Ansatz Risiken und den Aufwand einer eigenen Analyse, außerdem können so Austausch und Interaktionen zwischen Unternehmen entstehen, die über diesen Zweck hinausgehen können.

Ein weiterer Aspekt ist die Perspektive: Im Rahmen der Expertengespräche lässt sich erkennen, dass KMU eher mit einem konkreten Problem starten, statt sich von Beginn an mit einer konkreten Technologie oder Anwendung auseinanderzusetzen.⁸⁹ Um der anwenderorientierten Sichtweise Rechnung zu tragen, könnte sich ein künftiger Ansatz noch mehr auf die Problemebene beziehen. Hier sind beispielsweise Analysen der häufigsten Problemstellung aus KMU aufschlussreich. Zusätzlich wäre ein Abgleich mit den in der vorliegenden Studie präsentierten Einsatzmöglichkeiten der Technologien interessant.

Daran schließt auch ein weiteres Thema an: In der Expertenbefragung wurde zum Ende auch gefragt, welche Themen für KMU sonst noch künftig relevant sein können. Hier wurde mehrfach das Thema Nachhaltigkeit, bzw. nachhaltige Entwicklung genannt. Die Beschreibung nachhaltiger Entwicklung, als „eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen“⁹⁰, beinhaltet bereits die Notwendigkeit der Berücksichtigung für aktuelles und künftiges Handeln. Aktuelle Entwicklungen der letzten Jahre stellen hier einen Handlungsbedarf, auch für KMU in den Vordergrund. Aus

⁸⁷ Vgl. Weng et al. 2019

⁸⁸ Vgl. Wiener 2018

⁸⁹ Vgl. Papen et al. 2021

⁹⁰ Grunwald und Kopfmüller 2022, in Anlehnung am Weltkommission für Umwelt und Entwicklung 1987

wissenschaftlichen Studien sind Synergien zwischen Digitalisierung bzw. Technologieeinsatz und nachhaltiger Entwicklung denkbar.⁹¹ Es gibt bereits einige Anwendungen in der Praxis, die näher betrachtet und vor dem Hintergrund der Übertragbarkeit geprüft werden sollten.

91 Vgl. Neligan et al. 2021; Engels 2022

Literatur

- Arendt, L. (2018): Barriers to ICT adoption in SMEs: How to Bridge the Digital Divide?. In Journal of Systems and Information Technology, 10(2), S.93-108.
- BMWK (2019): Blockchain-Strategie der Bundesregierung - Wir stellen die Weichen für die Token-Ökonomie, abgerufen am 25.10.2022
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-strategie.html>
- Bundesnetzagentur (2022): Digitalisierung im Mittelstand in Zahlen. Abgerufen am 20.12.2022 unter:
<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Digitalisierung/Mittelstand/DigitalisierungZahlen/start.html>
- Büllingen, F. (2016): Die Digitalisierungslücke schließen: Warum mittelständische Unternehmen bei der Transformation ihrer Prozesse Unterstützung brauchen. In Mittelstand-Digital Newsletter, Ausgabe 12.
- Büchel, J., Engels, B und weitere / Institut der Deutschen Wirtschaft und IW Consult im Auftrag des BMWK (2022): Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland - Digitalisierungsindex 2021. Abgerufen am 30.11.2022 unter
<https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-download-Langfassung-digitalisierungsindex-2021.pdf?blob=publication-File&v=4>
- Carmigniani, J., Furht, B. (2011): Augmented Reality: An Overview. In Handbook of Augmented Reality, S. 3-46.
- Chies, S. (2016): Definition ERP-System. In: Chies, S. (Hrsg.) Change Management bei der Einführung neuer IT-Technologien, S. 2-7. Springer, Wiesbaden.
- CIO / CSO / Computerwoche (2022): Studie No-Code / Low-Code 2022 – Von der Demokratisierung der Software und der Software-Revolution
- Crolic, C., Thomaz, F., Hadi, R., Stephen, A. T. (2022): Blame the Bot: Anthropomorphism and Anger in Customer–chatbot Interactions. In Journal of Marketing, 86(1), S. 132-148.
- Claver, E., Llopis, J., Garcia, D., Molina, H. (1998). Organizational Culture for Innovation and New Technological Behavior. In The Journal of High Technology Management Research, 9(1), S. 55-68.
- Destatis (2022): Kleine und mittlere Unternehmen. Abgerufen am 17.11.2022 unter:
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/inhalt.html>
- DsiN (2022): DsiN-Praxisreport 2021/22 Mittelstand@IT-Sicherheit. Abgerufen am 24.11.2022 unter: <https://www.sicher-im-netz.de/dsin-praxisreport-202122-mittelstand-it-sicherheit>

- Engels, B. (2022): Nachhaltige Digitalisierung: Ein digitalökonomisches Konzept. Abgerufen am 01.12. 2022 unter: <http://hdl.handle.net/10419/263243>
- Fürstenberg, K., Kirsch, C. (2020): Intelligente Sensorik als Grundbaustein für cyber-physische Systeme in der Logistik. In ten Hompel, M., Bauernhansl, T., Vogel-Heuser, B. (Hrsg.) Handbuch Industrie 4.0. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. Abgerufen am 02.11.2022 unter https://doi.org/10.1007/978-3-662-58530-6_8
- Festinger, L. (1957): A Theory of Cognitive Dissonance. Stanford University Press.
- Geyer-Klingenberg, J., Nakladal, J., Baldauf, F., Veit, F. (2018): Process Mining and Robotic Process Automation: A Perfect Match. In BPM, S. 124-131. Abgerufen am 03.11.2022 unter: https://www.researchgate.net/profile/Jerome-Geyer-Klingenberg/publication/326466901_Process_Mining_and_Robotic_Process_Automation_A_Perfect_Match/links/5b4f787ea6fdcc8dae2b378c/Process-Mining-and-Robotic-Process-Automation-A-Perfect-Match.pdf.
- Gottwald, A. (2018): Automatische Spracherkennung: Methoden der Klassifikation und Merkmalsextraktion, Berlin, Boston: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, abgerufen am 04.11.2022 unter: <https://doi.org/10.1515/9783486785586>.
- Gorski, T. (2022): Der Einsatz von Drohnen in der Bauindustrie. In Jacob, C., Kukovec, S. (Hrsg.) Auf dem Weg zu einer nachhaltigen, effizienten und profitablen Wertschöpfung von Gebäuden. Springer Vieweg, Wiesbaden. Abgerufen am 03.11.2022 unter https://doi.org/10.1007/978-3-658-34962-2_21
- Groher, W. (2022): Digitalisierung in FuE-schwachen KMU: ein IT-gestützter Ansatz zur Steigerung der Innovationsleistung. Abgerufen am 30.11.2022 unter https://opus4.kobv.de/opus4-btu/files/6106/Dissertation_Groher_2022.pdf.
- Grunwald, A., Kopfmüller, J. (2022). Nachhaltigkeit, 3. Auflage. Campus Verlag.
- Hecker Consulting (2022): No-Code / Low-Code – nur ein Trend oder das nächste große Ding? Abgerufen am 21.11.2022 unter: <https://www.hco.de/blog/no-code-low-code-nur-ein-trend-oder-das-nachste-grosse-ding>.
- Hellge, V., Schröder, D., Bosse, C. (2019): Der Readiness-Check Digitalisierung - Ein Instrument zur Bestimmung der digitalen Reife von KMU, elektronisch verfügbar unter: https://digitalzentrum-kaiserslautern.de/wp-content/uploads/2021/08/Broschu%CC%88re_Readiness_Check_Digitalisierung_Januar_2019_final.pdf.
- Hennemann, L. (2018): Unternehmenskultur – Erlebbarkeit der Unternehmenskultur von Familienunternehmen. In Armutat, S., Bartholomäus, N., Franken, S., Herzig, V., Helbich, B. (Hrsg.) Personalmanagement in Zeiten von Demografie und Digitalisierung. Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21623-8_7.
- Higgins, E. T., Bargh, J. A., Lombardi, W. J. (1985): Nature of Priming Effects on Categorization. In Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 11(1), S. 59-69.

- Institut für Mittelstandsforschung Bonn (2016): KMU-Definition des IfM Bonn. Abgerufen am 30.11.2022 unter: <https://www.ifm-bonn.org/definitionen-/kmu-definition-des-ifm-bonn>.
- Institut für Mittelstandsforschung Bonn (2022): Digitalisierung der KMU im EU-Vergleich. Abgerufen am 24.11.2022 unter: <https://www.ifm-bonn.org/statistiken/mittelstand-im-einzelnen/digitalisierung-der-kmu-im-eu-vergleich>.
- Kemmer, R., Zahn, C. (2018): Bewusste Fehlerkultur als Erfolgsfaktor für Unternehmen. In Fortmann, H., Kolocek, B. (Hrsg.) Arbeitswelt der Zukunft. Springer Gabler, Wiesbaden. Abgerufen am 25.11.2022 unter: https://doi.org/10.1007/978-3-658-20969-8_8.
- Kitchell, S. (1995): Corporate Culture, Environmental Adaptation, and Innovation Adoption: A Qualitative/Quantitative Approach. In Journal of the Academy of Marketing Science, 23(3), 195-205.
- Klappert, S., Schuh, G. (2011): Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg
- Klostermeier, R., Haag, S., Benlian, A. (2020): Geschäftsmodelle digitaler Zwillinge. HMD Best Paper Award 2018, S. 1-35.
- Krauss, S. (2022): Die Entstehung von Innovation – Ein Resultat des Persönlichkeitsmerkmals Kreativität oder des richtigen Kontextes?. In: Krauss, S., Plugmann, P. (Hrsg.) Innovationen in der Wirtschaft. Springer Gabler, Wiesbaden. Abgerufen am 25.11.2022 unter https://doi.org/10.1007/978-3-658-37411-2_1.
- Lehmann, J. (2021): Der Chatbot-Guide. In Digitales Management und Marketing (S. 305-325). Springer Gabler, Wiesbaden.
- Lerch, C., Heimberger, H., Jäger, A., Horvat, D., Bitter, J. (2021): KI-Readiness im Verarbeitenden Gewerbe, abgerufen am 27.10.2022 unter: <https://www.i40-bw.de/wp-content/uploads/2021/12/KI-Readiness-im-Verarbeitenden-Gewerbe.pdf>.
- Leyh, C., Bley, K., Ott, M. (2018): Chancen und Risiken der Digitalisierungsbefragungen ausgewählter KMU. In Arbeit 4.0–Digitalisierung, IT und Arbeit (S. 29-51). Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Liao, Z. (2018): Corporate Culture, Environmental Innovation and Financial Performance. In Business Strategy and the Environment, 27(8), S.1368-1375.
- Mulsow, C., Mandlbürger, G., Ressler, C., Maas, H. G. (2019): Vergleich von Bathymetrie-daten aus luftgestützter Laserscanner- und Kameraerfassung. In Dreiländertagung der OVG, DGPF und SGPF: Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation-2019 (S. 318-333). Abgerufen am 03.11.2022 unter: https://www.dgpf.de/src/tagung/jt2019/proceedings/proceedings/papers/64_3LT2019_Mulsow_et_al.pdf.
- Neligan, A., Engels, B., Schaefer, T., Schleicher, C., Fritsch, M., Schmitz, E. Wiegand, R., Arnold, R. C. G. / Institut der Deutschen Wirtschaft / IW Consult GmbH / WIK-Consult GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

- (2021): Digitalisierung als Enabler für mehr Ressourceneffizienz in Unternehmen. Abgerufen am 10.11.2022 unter: https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2021/Ressourceneffizienz_4.0_Hauptbericht_final.pdf.
- N.N. (oJ): Fernwartung. In Elektronikkompendium. Abgerufen am 03.11.2022 unter <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/1502011.htm>.
- Paaß, G., Hecker, D. (2020): Bilderkennung mit tiefen neuronalen Netzen. In Künstliche Intelligenz (S. 119-166). Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Papen, M.C., Lundborg, M., Tenbrock, S. (2021): 360-Grad-Überblick über den Digitalisierungsstand in KMU, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 480. Abgerufen am 25.11.2022 unter: https://www.wik.org/uploads/media/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_480.pdf.
- Pascual-Fernández, P., Santos-Vijande, M. L., López-Sánchez, J. Á., Molina, A. (2021): Key Drivers of Innovation Capability in Hotels: Implications on Performance. In International Journal of Hospitality Management, 94. Abgerufen am 25.11.2022 unter: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102825>.
- Pertlwieser, M. (2022): Wirtschaft: Digitale Plattformen brauchen neue Strategien. In Das Richtige digitalisieren. Springer Gabler, Wiesbaden. Abgerufen am 02.11.2022 unter: https://doi.org/10.1007/978-3-658-35447-3_1.
- Proeger, T., Thonipara, A., Bizer, K. (2020): Mechanismen, Erfolgsfaktoren und Hemmnisse der Digitalisierung im Handwerk. Abgerufen am 15.11.2022 unter: <http://dx.doi.org/10.3249/2364-3897-gbh-35>.
- Rammer, C., Krieger, B., Peters, B. / ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung im Auftrag der KfW Bankengruppe (2022): Studie zu den Treibern und Hemmnissen der Innovationstätigkeit im deutschen Mittelstand. Abgerufen am 04.11.2022 unter: https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/ZEW_InnoTreibHemm.pdf.
- Riemann, T., Krefß, A., Roth, L., Staiger, B., Metternich, J., Grell, P. (2020): Virtual Reality in der betrieblichen Bildung. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 115(10), S. 673-676.
- Rudnicka, J /Statista (2022): Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in Deutschland. Abgerufen am 29.11.2022 unter: <https://de.statista.com/themen/4137/kleine-und-mittlere-unternehmen-kmu-in-deutschland/#topicOverview>.
- Sagiroglu, S., Sinanc, D. (2013): Big Data: A Review. In 2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), S. 42-47.
- Soilán, M., Sánchez-Rodríguez, A., del Río-Barral, P., Perez-Collazo, C., Arias, P., Riveiro, B. (2019): Review of Laser Scanning Technologies and Their Applications for Road and Railway Infrastructure Monitoring, In: Infrastructures, 4(4), S. 58-87.

- Schröder (2015): „Auf dem Weg zur vernetzten Wertschöpfung – Existiert eine Digitalisierungslücke im deutschen Mittelstand?“, Institut für Mittelstandsforschung Bonn, Denkpapier.
- Stich V., Seelmann V., Stroh M., Abbas M., Kremer S., Hicking J., Wenger L. Henke L., / im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (2021): Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland - Technologie- und Trendradar 2020. Abgerufen am 30.11.2022 unter <https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-download-technologie-trendradar-2020.pdf?blob=publicationFile&v=10>.
- Techconsult / Deutsche Telekom (2022): Digitalisierungsindex Mittelstand 2021/22 – Der digitale Status quo des deutschen Mittelstands. Abgerufen am 25.11.2022 unter: https://www.danishexport.dk/media/wtkfgxmw/telekom_digitalisierungsindex-2021_2022-komprimeret.pdf.
- Terentiev, A. (2020). Fernwartung? Aber sicher: Hochsichere Fernwartung für das industrielle Umfeld. In CITplus, 23(4), S. 25-27.
- Terstriep, J., Rabadjieva, M. (2020): Innovation für den Mittelstand durch Synergien von Handwerk und Design: Das Projekt DigiMat zieht Bilanz. In Forschung Aktuell. Abgerufen am 25.11.2022 unter <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/210646/1/1686363931.pdf>.
- Vogel, T., Osl, P. (2007): Stärkung der Integrationsfähigkeit durch Prozessharmonisierung und Stammdatenmanagement auf Basis einer globalen ERP-Lösung. Abgerufen am 28.10.22 unter: <https://www.alexandria.unisg.ch/67186/1/070806%2520Andritz%2520Fallstudien%2520final%252004%2520tob.pdf>.
- Wang, S., Huang, L. (2022): A Study of the Relationship between Corporate Culture and Corporate Sustainable Performance: Evidence from Chinese SMEs. In Sustainability, 14(13). Abgerufen am 25.11.2022 unter: <https://doi.org/10.3390/su14137527>.
- Wang, Y., Farag, H., Ahmad, W. (2021): Corporate Culture and Innovation: A Tale from an Emerging Market. In British Journal of Management, 32(4), S. 1121-1140.
- Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Abgerufen am 01.12.2022 unter: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.
- Weng, Y., Wang, X., Hua, J., Wang, H., Kang, M., Wang, F. Y. (2019): Forecasting Horticultural Products Price Using ARIMA Model and Neural Network Based on a Large-scale Data Set Collected by Web Crawler. In IEEE Transactions on Computational Social Systems, 6(3), S. 547-553.
- Wiener, M. (2018): Open Foresight und Unternehmenskultur: Organisationskulturelle Voraussetzungen für die Zukunftsfähigkeit von Unternehmen. Springer-Verlag.
- Zheng, J. M., Chan, K. W., Gibson, I. (1998): Virtual Reality. In IEEE Potentials, 17(2), 20-23.

- Zimmermann, V. / KfW Research (2022): KfW-Digitalisierungsbericht Mittelstand 2021 – Corona-Pandemie löst Digitalisierungsschub aus, die Digitalisierung wird aber nicht zu einem Selbstläufer. Abgerufen am 25.11.2022 unter <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Digitalisierungsbericht-Mittelstand/KfW-Digitalisierungsbericht-2021.pdf>.
- Zimmermann, V. / KfW Research (2022b): Digitalisierungsaktivitäten im Mittelstand zielen nur selten auf die Verfolgung von Wettbewerbsstrategien ab. Abgerufen am 02.12.2022 unter <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2022/Fokus-Nr.-407-November-2022-Digi-Wettbewerbsstrategie.pdf>.
- Zumstein D., Hundertmark S. (2017): Chatbots – An Interactive Technology for Personalized Communication, Transaction and Services. In IADIS International Journal on WWW/Internet Vol. 15, No. 1, S. 96-109

- Nr. 477: Christian Märkel, Marcus Stronzik, Martin Simons, Matthias Wissner, Martin Lundborg:
Einsatz von Blockchain in KMU: Chancen & Hemmnisse, Dezember 2021
- Nr. 478: Matthias Wissner, Ahmed Elbanna, Bernd Sörries, Thomas Plückebaum:
Open RAN und SDN/NFV: Perspektiven, Optionen, Restriktionen und Herausforderungen, Dezember 2021
- Nr. 479: Dajan Baischew, Ahmed Elbanna, Stefano Lucidi, Bernd Sörries, Thomas Plückebaum:
Die Grundzüge von 6G, Dezember 2021
- Nr. 480: Marie-Christin Papen, Martin Lundborg, Sebastian Tenbrock:
360-Grad-Überblick über den Digitalisierungsstand in KMU, Dezember 2021
- Nr. 481: Nico Steffen, Lukas Wiewiorra, Peter Kroon, unter Mitarbeit von Philipp Thoste:
Wettbewerb und Regulierung in der Plattform- und Datenökonomie, Dezember 2021
- Nr. 482: Dr. Cara Schwarz-Schilling, Dr. Sonia Strube Martins:
Kupfer-Glas-Migration in Frankreich und im Vereinigten Königreich, Juli 2022
- Nr. 483: Dr. Karl-Heinz Neumann; Dr. Cara Schwarz-Schilling, Dr. Sonia Strube Martins:
Übergang von Kupfer- auf Glasfasernetze: Phasen und Prozesse der Migration, November 2022
- Nr. 484: Dr. Andrea Liebe; Martin Lundborg, Pirmin Puhl, Katrin Marques Magalhaes, Mitarbeit: Philipp Thoste:
Chancen digitaler Reifegradmodell für KMU, Dezember 2022
- Nr. 485: Julian Knips, Dr. Christian Wernick, Dr. Sebastian Tenbrock:
Analyse von Angeboten auf gigabitfähigen Infrastrukturen in Europa, Dezember 2022
- Nr. 486: Menessa Ricarda Braun, Dr. Christin Gries, Dr. Christian Wernick:
Politische und regulatorische Ansätze zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Smartphones, Dezember 2022
- Nr. 487: Dr. Nico Steffens, Dr. Lukas Wiewiorra:
Device Neutrality – Softwaremarktplätze und mobile Betriebssysteme, Dezember 2022
- Nr. 488: Dr. Lorenz Nett, Dr. Bernd Sörries:
Flexibilisierung der Frequenzregulierung und des Frequenzplans, Dezember 2022
- Nr. 489: Stefano Lucidi, Dajan Baischew, Dr. Bernd Sörries:
Signifikante Entwicklungen hin zu 6G, Dezember 2022
- Nr. 490: Dr. Sonia Strube Martins, Julian Knips, Dr. Christian Wernick:
eSIM – Potentiale, Anforderungen und Wettbewerbsprobleme, Dezember 2022
- Nr. 491: Dr. Christin-Gries, Dr. Christian Wernick, Menessa Ricarda Braun:
Die Rolle von Refurbishment-Anbietern im Smartphone-Markt, Dezember 2022
- Nr. 492: Dajan Baischew, Lisa Schrade-Grytsenko, Bernd Sörries, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:
Ausgewählte Informations- und Kommunikationstechnologien und ihre Auswirkungen auf umweltpolitische Ziele, Dezember 2022
- Nr. 493: Gonzalo Zuloaga, Dr. Gabriele Kulenkampff, Martin Ockenfels, Dr. Thomas Plückebaum:
Technische Aspekte der räumlichen Erstreckung von Anschlussnetzen, Dezember 2022
- Nr. 494: Martin Ockenfels, Dr. Gabriele Kulenkampff:
Ökonomische Aspekte der räumlichen Erstreckung von Anschlussnetzen, Dezember 2022
- Nr. 495: Marie-Christin Papen, Katrin Marques Magalhaes, Sebastian Tenbrock, Christian Märkel:
Digitalisierungsanwendungen und Identifikation von Digitalisierungstrends im Mittelstand, Dezember 2022

ISSN 1865-8997