



Ressourceneffizienz in der Praxis – Potenziale und Herausforderungen von Digitalisierungsmaßnahmen

Dokumentation des Fachgesprächs
vom 5. Juni 2024
(Online-Veranstaltung)

Dokumentation des Fachgesprächs: Ressourceneffizienz in der Praxis – Potenziale und Herausforderungen von Digitalisierungsmaßnahmen

Autor:

Wei Min Wang, VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Die Dokumentation wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz erstellt.

Redaktion:

VDI Technologiezentrum GmbH
VDI-Platz 1
40468 Düsseldorf

Tel. +49 30-2759506-505
zre-info@vdi.de
www.ressource-deutschland.de

**Ressourceneffizienz in der Praxis -
Potenziale und Herausforderungen von
Digitalisierungsmaßnahmen**

**Dokumentation des Online-Fachgesprächs vom
5. Juni 2024**

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | EINLEITUNG | 3 |
| 2 | PROGRAMM DES FACHGESPRÄCHS | 5 |
| 3 | RESSOURCENEFFIZIENZ DURCH DIGITALISIERUNG – WEGE ZUR ERFOLGREICHEN INTEGRIERTEN TRANSFORMATION AM BEISPIEL DER MADER GMBH & CO. KG | 6 |
| 4 | DIGITALISIERUNG IM INDUSTRIELLEN KONTEXT – EINE KRITISCHE RESSOURCEN-PERSPEKTIVE | 10 |
| 5 | DISKUSSION TEIL I | 14 |
| 6 | UNTERNEHMERISCHE NACHHALTIGKEIT – MEHR ALS COMPLIANCE | 19 |
| 7 | PRAKTISCHE HERAUSFORDERUNGEN & ERFOLGSFAKTOREN BEI DER EINFÜHRUNG DIGITALER LÖSUNGEN AM BEISPIEL DES DIGIRESS-VORHABENS „BUSSY DIGITALISIERUNG 4.0“ | 21 |
| 8 | DISKUSSION TEIL II | 24 |
| 9 | ZUSAMMENFASSUNG | 26 |
| | LITERATURVERZEICHNIS | 28 |

1 EINLEITUNG

Die Digitalisierung bietet zahlreiche Möglichkeiten zur Steigerung der betrieblichen Ressourceneffizienz. So können z. B. durch präzisere Überwachung und Steuerung von Produktionsprozessen Ressourcen effizienter eingesetzt werden. Technologien wie das Internet der Dinge (IoT) und künstliche Intelligenz (KI) ermöglichen vorausschauende Handlungen und minimieren Fehl- und Überproduktionen. Die Verlängerung von Produktlebenszyklen und die Förderung der Kreislaufwirtschaft u. a. durch digitale Produktpässe sind weitere Potenziale, die die Digitalisierung bietet¹. So kann, laut einer aktuellen Studie der bitkom, mittels beschleunigter Digitalisierung im industriellen Sektor bis 2030 eine Einsparung von bis zu 14,9 Megatonnen an Kohlenstoffdioxidäquivalenten (CO₂e) erreicht werden².

Trotz dieser Vorteile stehen Unternehmen vor Herausforderungen wie Datenschutz, Qualifikationsbedarf der Mitarbeitenden und Investitionskosten für die Infrastruktur, sodass insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) beim Thema Digitalisierung nur langsam vorankommen³. Hinzu kommt, dass es häufig an einer integrierten Strategie mangelt, die die Nachhaltigkeits- und Digitalisierungsziele miteinander vereint⁴.

In diesem Fachgespräch galt es daher, mit Vertreterinnen und Vertretern aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft darüber zu diskutieren, welche Chancen und Herausforderungen die Digitalisierung für die Ressourceneffizienz birgt und welche Hemmnisse überwunden werden müssen, um digitale Technologien erfolgreich für einen nachhaltigen Wandel der Wirtschaft einzusetzen.

¹ Vgl. Neligan et al. (2023).

² Vgl. Bitkom (2024).

³ Vgl. DIHK (2023).

⁴ Vgl. Rüter, J. und Fink, J. (2021).

Zentrale Leitfragen hierfür waren daher:

- Welche Ressourceneffizienzpotenziale lassen sich mittels Digitalisierung umsetzen?
- Welche weiteren Auswirkungen bzw. Aspekte der Digitalisierung müssen neben möglichen Einsparungen beachtet werden?
- Wo liegen die praktischen Defizite bei der integrierten Planung von Ressourceneffizienz und Digitalisierung in KMU?
- Wie finden KMU den richtigen Ansatz für die Entwicklung einer integrierten Strategie für Ressourceneffizienz und Digitalisierung?

2 PROGRAMM DES FACHGESPRÄCHS

Berlin, Online 05.06.2024

Moderation Dr.-Ing. Katja Saulich, VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Top 1 **Ressourceneffizienz durch Digitalisierung – Wege zur erfolgreichen integrierten Transformation am Beispiel der Mader GmbH & Co. KG**

Stefanie Kästle, Mader GmbH & Co. KG

Top 2 **Digitalisierung im industriellen Kontext – eine kritische Ressourcen-Perspektive**

Prof. Dr.-Ing. Grischa Beier, Research Institute for Sustainability Potsdam

Top 3 **Diskussionsrunde Teil II**

Top 4 **Unternehmerische Nachhaltigkeit – mehr als Compliance**

Dr.-Ing. Erik Steinhöfel, Aion Sustainability Solutions GmbH

Top 5 **Praktische Herausforderungen und Erfolgsfaktoren bei der Einführung digitaler Lösungen am Beispiel des DigiRess-Vorhabens „Bussy Digitalisierung 4.0“**

Jörg Kiefer, Busemann GmbH

Top 6 **Diskussionsrunde Teil II**

3 RESSOURCENEFFIZIENZ DURCH DIGITALISIERUNG – WEGE ZUR ERFOLGREICHEN INTEGRIERTEN TRANSFORMATION AM BEISPIEL DER MADER GMBH & CO. KG

Im ersten Vortrag des Fachgesprächs stellte Frau Stefanie Kästle, Geschäftsführerin der Mader GmbH & Co. KG, am Beispiel ihres Unternehmens vor, wie digitale Lösungen erfolgreich zur Steigerung der Ressourceneffizienz eingesetzt werden können. Außerdem erläuterte sie, wie ihr Unternehmen die Transformation von der analogen Praxis zur disruptiven Innovation gemeistert hat.

Die Mader GmbH wurde 1935 gegründet und ist im Bereich der Entwicklung und Herstellung von Druckluftlösungen für industrielle Anwendungen tätig. Die Druckluftbranche sei sehr energieintensiv und geprägt durch überwiegend analoge Prozesse und Technologien, so Stefanie Kästle. Alle installierten industriellen Druckluftanlagen in Deutschland verbrauchen daher ca. 16 Milliarden kWh Strom jährlich, was zu Kosten von ca. 4,3 Milliarden Euro führt. Die digitalen Druckluftlösungen, die durch die Mader GmbH & Co. KG sowie der Tochtergesellschaft LOOXR bereitgestellt werden, ermöglichen hier Einsparungen von bis zu 20 Prozent.

Die notwendige Anlagentechnik im Druckluftbereich bedürfe in der Regel hoher Investitionen und weise aufgrund der Marktstruktur eine hohe Abhängigkeit von den Herstellenden auf. Gleichzeitig herrsche auf der Anwendungsseite häufig eine Intransparenz vor, weil Unternehmen nur begrenzt Daten dazu erheben würden, in welchen Bereichen der Betriebe Druckluft eingesetzt wird und wie hoch die genauen Verbräuche sind.

Im Rahmen der strategischen Unternehmensentwicklung betrachtete die Mader GmbH sowohl Trends im Business-to-Business (B2B)-Umfeld für Maschinen- und Anlagenhersteller für das produzierende Gewerbe als auch allgemeine Marktveränderungen. Im B2B-Umfeld stelle die Kundenschaft zunehmend höhere Anforderungen an das Leistungsangebot von

Herstellunternehmen und Dienstleistenden. So würde inzwischen Predictive Maintenance anstelle klassischer Reparaturen als Service erwartet. Durch die Etablierung von IoT-Technologien steige die Komplexität hinsichtlich der Vernetzung von Maschinen. Gleichzeitig wachse auch die Verfügbarkeit von Daten, die in Kombination mit Big- bzw. Smart-Data-Analysen neue Geschäftsmodelle ermöglichen. Insgesamt sei ein starker Trend hin zur „Servitization“ erkennbar, mit der Konsequenz, dass der klassische Verkauf von Anlagentechnik zunehmend verdrängt wird.

Hinsichtlich der allgemeinen Marktveränderungen gebe es zudem seit längerem den Trend hin zu Plattform-Geschäftsmodellen, die sich besonders im Business-to-Customer (B2C)-Bereich etabliert haben. Hier ergaben sich zahlreiche disruptive Veränderungen in verschiedenen Märkten, die das Konsumverhalten der Kundschaft sowie die Marktstruktur nachhaltig veränderten. Weiterhin zeichne sich der B2C-Bereich durch eine starke Zielgruppenzentrierung aus sowie eine dynamische Übertragung von Geschäftsideen zwischen unterschiedlichen Märkten.

Vor dem Hintergrund der druckluftspezifischen sowie der allgemeinen Marktentwicklungen entschied die Mader GmbH & Co. KG, dass ein Plattform-Geschäftsmodell der passende Ansatz ist, um die Spannungsfelder zu lösen. Das strategische Ziel bestand u. a. darin, Lösungen zu entwickeln, die die Digitalisierung der Druckluftbereitstellung ermöglichen. Die Herausforderungen für das Unternehmen lagen dabei – wie für die meisten KMU – in der begrenzten Verfügbarkeit finanzieller Mittel und spezifischem Know-how bzgl. der Entwicklung digitaler Lösungen.

Hinsichtlich der Planung des Vorgehens orientierte sich die Mader GmbH & Co. KG an drei wesentlichen Leitfragen:

- (1) Wie lässt sich das B2C-Verhalten auf den B2B-Sektor übertragen?
- (2) Wie kann die Digitalisierung entdeckt werden, ohne dabei ein großes Risiko einzugehen?

(3) Welcher Prozess ist für die Mitarbeitenden langwierig und schwerfällig?

Entsprechend dieser Fragestellungen wurde 2014 das Leckage-Management als erstes Digitalisierungsprojekt ausgewählt. Bis dahin erfolgte die Aufnahme und Dokumentation von Leckagen analog. Wurden bei der Kundschaft vor Ort Leckagen durch die Service-Mitarbeitende entdeckt, wurden diese markiert, fotografiert und zusätzlich auf einem Papierformular dokumentiert. Im Betrieb wurden die erfassten Leckagen anschließend in eine Excel-Liste übertragen, die wiederum für die Berechnung der Einsparungen pro Leckage und als Grundlage für die Planung und Koordination der Reparaturtätigkeit verwendet wurde. Diese Lösung war mit vielen manuellen Schritten verbunden und somit auch fehleranfällig. Darüber hinaus war dieser Erfassungsprozess frustrierend für die Mitarbeitenden, da sie einen beträchtlichen Teil ihrer Arbeitszeit für die reine Datenübertragung aufbringen mussten, die im Rückschluss für ihre Kerntätigkeiten fehlten.

Zur Behebung dieses Problems wurde 2015 die Mader Leckage-App eingeführt. Auf diese Weise sind die Mitarbeitenden bereits vor Ort in der Lage, die Leckage-Daten über ein mobiles Endgerät digital erfassen. Über das angeschlossene Leckage-Portal können die erfassten Daten zur Arbeitsplanung und für weitergehende Auswertungen genutzt werden. Diese Lösung zur Digitalisierung des Leckage-Managements wurde auch seitens der Kundschaft so gut angenommen, dass sie stetig weiterentwickelt wurde und seit 2017 auch als eigenständiges Produkt verfügbar ist.

2018 kam es zur Gründung der Tochtergesellschaft LOOXR GmbH, das seitdem die bisherigen Ansätze als Kerngeschäft weiterentwickelt. Heute bietet das Unternehmen vielfältige intelligente datenbasierte Dienstleistungen rund um Druckluftanwendungen an, wie z. B. Condition Monitoring und Predictive Maintenance, und ermöglicht mit ihren Lösungen neue Geschäftsmodelle, wie z. B. Pay-per-Use auf Basis einer kubikmetergenauen Abrechnung des Druckluftverbrauchs. Das intelligente Leckagen-Management erhöht die Transparenz für die Kundschaft hinsichtlich

Leckageortung, Kosten und Energieverbrauch. So können Unternehmen ihren Druckluftverbrauch besser überblicken und steuern, was letztlich zur Einsparung von Energie und zur Vermeidung von Treibhausgas (THG)-Emissionen führt. Seit der Einführung der Leckage-App 2015 konnten insgesamt ca. 9.600 Tonnen CO₂ eingespart werden. Gleichzeitig können die erhobenen Daten auch für weitere Nachweis- und Berichtspflichten genutzt werden, wie z. B. Energieaudits nach DIN EN ISO 5000:Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung.

Eine weitere Neuentwicklung der LOOXR GmbH ermöglicht die KI-basierte Erkennung von Ersatzteilen im verbauten Zustand und unterstützt die Kundschaft dabei, das Beheben von Leckagen weiter zu vereinfachen und Prozesskosten zu senken.

4 DIGITALISIERUNG IM INDUSTRIELLEN KONTEXT - EINE KRITISCHE RESSOURCEN-PERSPEKTIVE

Im zweiten Vortrag ging Prof. Dr.-Ing. Grisca Beier vom Research Institute for Sustainability (RIFS) Potsdam auf die kritischen Aspekte der Digitalisierung ein. Er ist Leiter der Forschungsgruppe „Digitalisierung und Auswirkungen auf Nachhaltigkeit“ des RIFS – Potsdam und hat seit Juli 2023 die Professur „Nachhaltigkeit in der Digitalisierung“ an der Universität Potsdam inne. In seiner Forschung betrachtet Herr Beier die digitale Transformation als ein Gelegenheitsfenster für einen gesamtgesellschaftlichen Wandel hin zu einer nachhaltigen Entwicklung. Der Fokus seiner Arbeit liegt auf den Auswirkungen der Digitalisierung in der Industrie auf Nachhaltigkeitsparameter.

Einleitend ging Prof. Dr.-Ing. Beier zunächst auf die verschiedenen Dimensionen bei der Betrachtung ökologischer Auswirkungen der Digitalisierung ein. Zu unterscheiden seien hierbei die Ebene der Technologie, die Ebene der Anwendung und die Ebene der systemischen Veränderungen, die hervorgerufen werden können. Die Technologien dienen hierbei als Grundlage und ermöglichen darauf aufbauend verschiedene Anwendungsszenarien, die wiederum in der Lage sind, systemische Veränderungen herbeizuführen. Demgegenüber stünden die „negativen“ sowie „positiven“ Auswirkungen der Digitalisierung.

Auf der Ebene der Technologie verursachten die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von technischen Gerätschaften durch den damit einhergehenden Verbrauch von Ressourcen unmittelbar negative ökologische Auswirkungen. Gleichzeitig erziele jedoch Technologie per se noch keine positiven ökologischen Effekte, sondern erst durch ihre Anwendung, indem z. B. Substitutionen oder die Optimierung in Produktionsprozessen ermöglicht würden. Indes kann die Anwendung von Technologien zu direkten Rebound-Effekten führen, wenn z. B. der Konsum eines Produkts steigt, weil es durch die Effizienzsteigerung günstiger wird. Außerdem können Technologien zu induktiven Prozessen führen, die Pfadabhängigkeiten

schaffen und zu erhöhten oder neuen Ressourcenverbräuchen führen. Als Beispiel könne hier der Betrieb eines Druckers aufgeführt werden, für den Druckpapier und -tinte benötigt werden. Übertragen auf die systemischen Ebene lassen sich indirekte Rebound-Effekte und systemische Risiken als mögliche negative Auswirkungen nennen. In Hinblick auf die Digitalisierung stelle insbesondere die zunehmende Verwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ein Problem dar.

Zur ganzheitlichen Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der Digitalisierung müsse daher auf der technologischen Ebene die Nachhaltigkeit von IKT selbst betrachtet werden. Auf den Ebenen der Anwendung und systemischen Auswirkung gelte es hingegen, die Potenziale zur Verbesserung der Nachhaltigkeit durch den Einsatz von IKT zu betrachten.

Bezüglich der Nachhaltigkeit von IKT sei gemäß Prof. Beier eine Lebenszyklusbetrachtung notwendig, die die Produktion, den Transport, die Nutzung und die Entsorgung beinhalte. Dazu führte Prof. Beier beispielhaft auf, dass die globale Herstellung von Data-Centern im Jahr 2015 ca. 20 Megatonnen an THG-Emissionen verursacht habe. Damit verbunden sei auch ein stetig steigender Energieverbrauch zum Betrieb der IKT, der zwischen 2007 und 2020 um 29 Prozent angestiegen ist. Der Betrieb von Data-Centern sei inzwischen sogar für bis zu 3,7 Prozent der globalen THG-Emissionen verantwortlich. Dem wirkten zwar kontinuierliche Verbesserungen in der Energieeffizienz von Prozessoren entgegen, aber es bestünden dennoch weitere Verbesserungsbedarfe, z. B. hinsichtlich effizienterer Wege der Kühlung. Ein weiteres Problem bestehe in der Behandlung des Elektroschrotts zum Produktlebensende der IKT-Hardware. 2024 betrug die Gesamtmenge an Elektroschrott 63,3 Millionen Tonnen, hiervon ca. 12 Millionen Tonnen IKT-Infrastruktur. Jedoch würden aktuell nur ca. 20 Prozent dieser Abfälle dokumentiert und recycelt. Vor dem Hintergrund, dass die Menge an Elektroschrott bis zum Jahr 2030 voraussichtlich auf 74,7 Millionen Tonnen steigen wird, besteht hier großer Handlungsbedarf. Hierzu führte Prof. Beier an, dass aktuelle politische Maßnahmen auf europäischer Ebene, wie die Ökodesignverordnung und der damit

verbundene digitale Produktpass, wichtige Schritte sind, um zukünftig die Wiederverwertung des Elektroschrotts zu optimieren.

Bezüglich der Nachhaltigkeitssteigerung durch den Einsatz von IKT führte Prof. Beier u. a. als Beispiel auf, dass durch eine präzisere Steuerung von Industrierobotern eine signifikante Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden konnte. In seinem Beispiel wurde das Be- und Entschleunigungsverhalten von Industrierobotern mittels KI so angepasst, dass Bewegungen nicht so schnell wie möglich, sondern so energieeffizient wie möglich ausgeführt wurden. Auf diese Weise sei es möglich, bis zu 30 Prozent Energie einzusparen, ohne Maschinen austauschen oder die Produktionsrate senken zu müssen. Ein weiteres Beispiel aus dem Bereich der Energieversorgung zeigte, wie ein digitales Demand-Response-Management (DRM) in Verbindung mit Speichertechnologien die Energieversorgung in der EU im Jahr 2024 flexibilisieren und einen höheren Einsatz von erneuerbaren Energien ermöglichen kann. Die Umsetzung dieses Szenarios könnte bis zu 30 Megatonnen THG-Emissionen einsparen.

So geht aus einer internationalen Vergleichsstudie des RIFS aus dem Jahre 2022 mit Industriefachleuten aus China, Brasilien und Deutschland hervor, dass die Effizienzpotenziale, die mittels Industrie 4.0 erreicht würden, auch anerkannt werden. In einer weiteren Untersuchung bzgl. Industrie 4.0 und Energieintensität führten Forschende des RIFS eine ökonometrische Paneldaten-Analyse für Europa durch. Die Auswertung der Paneldaten von 2012 bis 2020 zeigte ein gemischtes Bild hinsichtlich des Zusammenhangs von Digitalisierung und Energieintensität. So konnte einerseits ein negativer Zusammenhang zwischen Roboterichte und Energieintensität festgestellt werden. Hieraus ließe sich wiederum ableiten, dass mit steigender Automatisierung und Digitalisierung der Energieverbrauch sinke. Andererseits wurde festgestellt, dass mit steigendem digitalen Kapital auch die Energieintensität anstieg. Das deute wiederum darauf hin, dass die Gesamtheit der digitalen Maßnahmen zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs führen. Anhand einer Arbeit von Kopp et. al (2023) führte Prof. Beier aus, dass die Auswirkung der Digitalisierung auf die THG-

Emissionen abhängig vom Einkommensniveau eines Landes und dem initialen Grad der Digitalisierung sei. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten weiterhin, dass im Mittel die Erhöhung des Digitalisierungsgrades um 10 Prozent auf Unternehmensebene zu einer Reduktion der THG-Emissionen um ca. 0,3 Prozent führe. Somit kann – zumindest nach jetzigem Kenntnisstand – davon ausgegangen werden, dass der Beitrag der Digitalisierung zur ökologischen Nachhaltigkeit positiv ausfällt, wenn auch nur dezent.

Abschließend wies Prof. Beier darauf hin, dass es neben dem Aspekt der Ökologie auch die soziale Perspektive der Digitalisierung kritisch zu betrachten gelte. Aktuell bestünden große Ungleichheiten hinsichtlich der Teilhabe an der Digitalwirtschaft, die insbesondere Länder des globalen Südens benachteiligen.

Zusammenfassend stellte Prof. Beier fest, dass aktuell vielversprechende Ansätze dazu bestünden, wie Digitalisierung zu mehr Nachhaltigkeit beitragen kann. Die Herausforderungen lägen insbesondere darin, die Entwicklung klaren Zielen folgen zu lassen und aktiv zu steuern. Weiterhin müssen digitale Lösungen immer so konzipiert werden, dass sie zum Wohle der Gesellschaft und der Umwelt beitragen.

5 DISKUSSION TEIL I

Die erste Diskussionsrunde wurde eingeleitet mit der Frage, welche Herausforderungen bei der strategischen Planung von ressourceneffizienzorientierter Digitalisierung bestünden und welche Chancen sich durch eine übergeordnete Planung ergäben.

Eine Herausforderung bestehe aktuell darin, dass in vielen Unternehmen Digitalisierung und Ressourceneffizienz nicht gemeinsam betrachtet würden. Dadurch können die Zielstellungen der jeweiligen Maßnahmen unterschiedlich sein. Diese Aussage wurde auch durch Erfahrungswerte mehrerer Teilnehmender bestätigt. So finde das Thema Nachhaltigkeit nahezu keine Erwähnung in Digitalisierungsberichten von Unternehmen. Auch qualitative Studien zeigten, dass keine systematische Verknüpfung beider Themen auf strategischer Ebene stattfinde. Auch im Hinblick auf eine integrierte strategische Herangehensweise bestehe noch erheblicher Verresp. Nachbesserungsbedarf, so die einheitliche Meinung der Diskussionsrunde.

In KMU herrsche zudem häufig Unklarheit darüber, welche Kosten mit Digitalisierungsmaßnahmen verbunden seien und welchen Nutzen diese letztendlich erbrächten. In Bezug auf die Wirkung von Digitalisierungsmaßnahmen auf die Ressourceneffizienz fehlen zudem leicht anwendbare Messkriterien, die eine wirksame Kontrolle und Steuerung ermöglichen. So stünden Unternehmen vor dem Dilemma, dass zwar ein starker Wille zur Digitalisierung existiere, der Einstieg in die Auseinandersetzung mit dem Thema sowie die konkrete Umsetzung jedoch mit hohen Hürden verbunden sind.

Eine mögliche Herangehensweise, um Digitalisierung mit Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz integriert zu entwickeln, liege darin, die Nachhaltigkeitsstrategie als übergeordnete Strategie im Unternehmen zu etablieren. Neben ökologischen und ökonomischen Überlegungen müssten auch soziale Aspekte bedacht werden, damit Mitarbeitende bei der Entwicklung

von Maßnahmen rechtzeitig eingebunden werden und ihre Anforderungen einbringen könnten. Wie auch das eingangs vorgestellte Erfolgsbeispiel der Mader GmbH & Co. KG zeigt, führen Maßnahmen, die z. B. Mitarbeitende von mitunter lästigen Routineaufgaben befreien, zu einer höheren Akzeptanz der Lösungen und erhöhen auch die Erfolgchancen der Maßnahme.

Ein Teilnehmer fügte hinzu, dass zielgerichtete Digitalisierungsstrategien auch dabei helfen, Digitalisierungsansätze kritisch zu hinterfragen. Schließlich führe Digitalisierung nicht zwangsläufig zu Effizienzsteigerungen, sondern muss, wie am Beispiel der Mader GmbH & Co. KG ersichtlich wurde, von einer Business- und Nachhaltigkeitsstrategie her abgeleitet werden, um die gewünschte Wirkung zu erzielen. Außerdem dürfe der Fokus nicht immer nur darauf liegen, neue Lösungen einzuführen. Gleichzeitig müssen – im Sinne der Nachhaltigkeit – bewusst Applikationen außer Betrieb genommen werden (Retirement-Management von Software), um z. B. Ressourcenverbräuche für den Betrieb unnötiger Infrastrukturen zu vermeiden.

Im Anschluss an die Herausforderungen wurden Lösungsansätze dafür diskutiert, wie Digitalisierung und Ressourceneffizienz bzw. Nachhaltigkeit integriert im Unternehmen umgesetzt werden könne. Eine wichtige Grundlage stelle auch hierbei die Einbindung einer Nachhaltigkeitsstrategie in die Unternehmensstrategie dar. Die Digitalisierung sollte als „Enabler“ für die Umsetzung strategischer Ziele betrachtet werden. Als entscheidender Schritt im Zuge der Planung von Digitalisierungsmaßnahmen wurde dabei die Prozessanalyse hervorgehoben. Im Rahmen der Prozessanalyse und der anschließenden Lösungsentwicklung gelte es, auch die Mitarbeitenden frühzeitig konzeptionell einzubinden, um ihre Anforderungen zu erfassen und ihnen den Nutzen der neuen Lösungen zu zeigen. Dazu gehöre ebenso, Überzeugungsarbeit zu leisten, um Vorbehalte bzw. Ängste abzubauen und Akzeptanz bei den Mitarbeitenden zu schaffen. In manchen Fällen müssen im Laufe von Digitalisierungsmaßnahmen auch bewusst

Werkzeuge außer Betrieb genommen werden, um Veränderungen durchzusetzen und obsoletere Infrastrukturen abzubauen.

Ergänzend zur Frage, wie digitale Lösungen zur Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit beitragen können, wurde auch diskutiert, wie Unternehmen Ressourcenaufwände für die Digitalisierung ermitteln und frühzeitig berücksichtigen können. Hierbei zeigte sich deutlich, dass es an Methoden zur Abschätzung von Ressourcenaufwänden mangelt, die Unternehmen bei der Planung von Digitalisierungsmaßnahmen einsetzen können. Aktuell fokussieren Unternehmen vorrangig die Auswirkungen der Maßnahmen, wie z. B. die Verringerung des CO₂-Fußabdrucks oder die Vermeidung von Primärrohstoffeinsatz. Auch bei der Erfolgskontrolle würden nur die erzielten Verbesserungen berücksichtigt. Die Abschätzung von Aufwänden erfolge dagegen in der Regel nur auf Basis von Kosten, wie z. B. Investitionen oder Lizenzgebühren.

Eine ausführliche Gegenüberstellung der erwarteten Verbesserungspotenziale mit den entsprechenden Ressourcenaufwänden sei aus Sicht der anwesenden Unternehmen aktuell zu aufwändig. Zum einen bräuchten die Digitalisierungsmaßnahmen selbst bereits große Neuerungen für viele Unternehmen mit sich. Zum anderen seien auch die notwendigen Daten zur Bewertung der Ressourcenaufwände nur schwer greifbar. Als Beispiel wurden Industrieroboter genannt, deren Daten zu Energieverbräuchen nicht ohne weiteres verfügbar seien, da diese auch je nach Anwendungsszenario variieren könnten. Letztlich wären fundierte Berechnungen von Ressourcenverbräuchen nur möglich, wenn z. B. Verbrauchsdaten von Maschinen über den Lebenszyklus automatisiert gesammelt und geteilt würden. Ansätze wie der digitale Zwilling und der digitale Produktpass seien dafür zwar geeignet, aber noch nicht hinreichend etabliert.

Ohne weitere Forschung hinsichtlich einer einfach anwendbaren Bewertungsmethode könnten Forderungen nach einer derartig komplexen Betrachtung von Digitalisierungsprojekten eher dazu führen, dass Digitalisierungsmaßnahmen noch schwerer für KMU umsetzbar werden.

Zum Abschluss der ersten Diskussionsrunde wurden noch einmal die wesentlichen Schritte angesprochen, die Unternehmen durchlaufen sollten, um Digitalisierungslösungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz systematisch zu planen und erfolgreich umzusetzen. Dabei hoben die teilnehmenden Unternehmen erneut das Zusammenspiel des Dreiklangs aus Unternehmens-, Nachhaltigkeits- und Digitalisierungsstrategie hervor.

Die Prozessanalyse sei, wie bereits im Zuge der Lösungsansätze erwähnt, eine der wichtigsten Grundlagen für innerbetriebliche Verbesserungen. Dieser prozessbezogene Blick nach innen ermögliche die Erfassung des Status quo und die Definition unternehmensspezifischer Anforderungen. Sie helfe somit bei der Abwägung von Chancen und Risiken für die Maßnahmenentwicklung und ermögliche die Konzeption maßgeschneiderter Lösungen für das jeweilige Unternehmen. Ergänzend dazu schlug ein Teilnehmer vor, eine Soll-Zustandsbetrachtung vorzunehmen. Hierbei gelte es, einen Zielzustand weitestgehend ohne Berücksichtigung des Ist-Zustandes zu definieren. Diese Betrachtungsweise sei zukunftsweisend und erleichtere zum Teil die Gestaltung eines transformativen Prozesses, weil die Zwänge und Einschränkungen der Gegenwart zunächst außer Acht gelassen werden.

Eine tiefgehende Prozessanalyse ist jedoch häufig zeitintensiv und bindet in KMU ohnehin häufig schon knappe Personalkapazitäten. So müssten einerseits Mitarbeitende mit dieser Aufgabe betraut und ggf. geschult werden, andererseits müssten Mitarbeitende im Rahmen der Prozessanalyse z. B. für Befragungen bereitstehen. Da mitunter auch das notwendige Know-how in KMU fehle, sollte keine Scheu davor bestehen, externe Expertise einzubinden. So können zusätzlich die bestehenden Strukturen neutral hinterfragt und die größten Potenziale aufgedeckt werden.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt für die Digitalisierung sind Daten. Die Schaffung einer hinreichenden Datengrundlage stellt unterdessen eine weitere Herausforderung für KMU dar. Um Daten adäquat nutzen zu können, müssen diese zuvor gesammelt, gespeichert und aufbereitet werden.

Dazu benötigen Unternehmen neben einer informationstechnischen Infrastruktur auch Softwaresysteme sowie entsprechende Schnittstellen, um eine Vernetzung dieser Systeme und der enthaltenen Daten zu ermöglichen.

Begleitend zu prozessbezogenen und technischen Transformationsprozessen wird auch ein Wandel in der Organisationskultur notwendig. Dazu gehört u. a. die Einbindung von Mitarbeitenden in die sukzessive umzusetzenden Digitalisierungsprozesse, eine transparente Kommunikation der Nutzen und Aufwände sowie die Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit. Letzteres ist für die Digitalisierung besonders wichtig, da in der Regel sowohl IT- als auch Domänenwissen notwendig ist, um Lösungen zu entwickeln. Außerdem erhöhen der Einbezug und die Mitarbeit der Anwendenden bereits von Anfang an die Akzeptanz der entwickelten Lösung(en).

6 UNTERNEHMERISCHE NACHHALTIGKEIT - MEHR ALS COMPLIANCE

Im zweiten Teil des Fachgesprächs standen die verfügbaren Lösungen und praktischen Herausforderungen im Fokus der Betrachtungen, eingeleitet durch den Vortrag von Dr.-Ing. Erik Steinhöfel, Mitgründer und Geschäftsführer der AION Sustainable Solutions GmbH. Das Unternehmen entwickelt eine sogenannte Software-as-a-Service-Lösung (SaaS-Lösung), um insbesondere KMU hinsichtlich Nachhaltigkeitsmanagement zu unterstützen. Dr.-Ing. Steinhöfel sieht dabei eine besondere Bedeutung für die nachhaltige Transformation der Wirtschaft bei KMU, da europaweit rund 99 Prozent aller Unternehmen hierzu zählen. Sie seien für alle Dimensionen der Nachhaltigkeit relevant, da sie 64 Prozent der Beschäftigten stellen, einen Wertschöpfungsanteil von über 50 Prozent ausmachen und für über 60 Prozent der CO₂-Emissionen verantwortlich seien.

Zu den Herausforderungen der limitierten Finanz- und Personalressourcen und den steigenden Kosten für Energie und Rohstoffe, denen KMU in der Regel gegenüberstünden, kämen, gemäß den Ausführungen Dr.-Ing. Steinhöfels, aktuell noch indirekt regulatorische Herausforderungen hinzu. So seien zwar Berichtspflichten wie die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) noch nicht unmittelbar relevant für die meisten KMU⁵, dennoch spürten KMU die Auswirkungen dieser Richtlinie in Form wachsender Anforderungen von Seiten der Kundschaft, weil diese wiederum relevante Daten der Zulieferunternehmen abfragen.

Das Ziel von AION besteht daher darin, KMU mit ihrer SaaS-Lösung dabei zu unterstützen, das eigene Nachhaltigkeitsmanagement strategisch aufzubauen, anstatt lediglich situativ auf einzelne Kundschaftsanforderungen zu reagieren. Im ersten Schritt erfolgt zunächst eine geleitete, systematische Datenerhebung. Hierbei wird den Nutzenden eine breite Palette an

⁵ Hierzu zählen Unternehmen mit weniger als 20 Millionen Euro Bilanzsumme, weniger als 40 Millionen Euro Nettoumsatz pro Jahr und weniger als 250 Mitarbeitenden.

Indikatoren vorgeschlagen und Hinweise zu möglichen Quellen und korrespondierenden Reporting-Standards, wie EMAS, DNK usw., gegeben.

Die erfassten Daten ermöglichen anschließend ein differenziertes Controlling der Nachhaltigkeitsperformance und eine bedarfsorientierte Steuerung von Maßnahmen. Anhand von anonymisierten Daten verschiedener Unternehmen können im weiteren Benchmarks durchgeführt werden, um wettbewerbsorientiert eigene Stärken und Schwächen zu identifizieren. Auf Basis der Zielsetzung des Unternehmens und der bisherigen Performance empfiehlt ein angeschlossenes KI-gestütztes Recommender-System darüber hinaus weitere Maßnahmen.

Zur Unterstützung der Entscheidungsfindung bei der Maßnahmenplanung werden auch voraussichtliche Aufwände und erwartete Auswirkungen bzw. Nutzen in den jeweiligen Nachhaltigkeitsdimensionen grob eingeschätzt. Für das operative Management der Maßnahmen steht ein Projektmanagement-Tool zu Verfügung. Abgerundet wird die Lösung von AION mit einem sogenannten „Impact Marktplatz“, auf dem die Unternehmen qualifizierte Angebote für nachhaltige Produkte und Lösungen finden oder eigene Lösungen anbieten können.

Aktuell befindet sich AION in einer Pilotierungsphase, in der gemeinsam mit Pilotanwendenden die Lösung erproben und sukzessive weiterentwickeln. Für die Teilnahme an der Pilotierung können sich interessierte KMU direkt an AION wenden.

7 PRAKTISCHE HERAUSFORDERUNGEN & ERFOLGSFAKTOREN BEI DER EINFÜHRUNG DIGITALER LÖSUNGEN AM BEISPIEL DES DIGIRESS-VORHABENS „BUSSY DIGITALISIERUNG 4.0“

Im zweiten Vortrag stellte Jörg Kiefer, Geschäftsführer der Busemann GmbH, praktische Herausforderungen bei der Digitalisierung für KMU vor. Sein Unternehmen erhielt im Rahmen des BMUV-Förderprogramms „Digitale Anwendungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz in zirkulären Produktionsprozessen“ (DigiRes) eine Förderung zur Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen, die eine Optimierung des Ressourceneinsatzes in der Produktion ermöglichen.

Die Busemann GmbH stellt unter anderem Wassereis her und produziert in der Hochsaison im Dreischichtbetrieb mit bis zu 200 Mitarbeitenden; davon sind 120 Stammmitarbeitende. Die bisherigen Abläufe im Unternehmen sind geprägt von vielen manuellen und papierbasierten Arbeitsschritten. Dadurch kommt es immer wieder zu übermäßigen Ressourcenverbräuchen, weil z. B. Produkte und Materialien mangels notwendigen Überblicks nicht rechtzeitig verwendet werden und das Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) abläuft. Zudem kommt es aufgrund ineffizienter Auslastungen in der Intralogistik und in der Produktion regelmäßig zu erhöhten Stromverbräuchen. So müssen Gabelstapler häufig zusätzliche Fahrten durchführen, weil Materialbedarfe nicht vollständig erfasst waren oder Leer- und Rückfahrten nicht für den Transport von leeren Behältern genutzt werden. Durch ineffiziente Produktionsschichten laufen energieintensive Maschinen im Leerlauf. Auch für die Mitarbeitenden führten die fehleranfälligen manuellen Prozesse zu erhöhten Aufwänden, weil sie händisch Material und Produkte im Lager suchen und ggf. umpacken müssen.

Über die Umsetzung des geförderten Vorhabens möchte sich die Busemann GmbH zukunftsweisend aufstellen und zugleich die Mitarbeitenden-zufriedenheit steigern. In insgesamt zehn Teilprojekten werden sowohl die

technische Infrastruktur als auch die Prozesse des Unternehmens – unter Einbindung externer Partner – optimiert.

So konnte bereits durch die Einführung einer digitalen Waage die Qualitätssicherung optimiert werden, indem so die Maschinenfähigkeit der Abfüllanlage fortlaufend geprüft wird und Abweichungen frühzeitig erkannt werden können. Zur Sicherstellung einer verlustfreien Datenübertragung in der Produktion und im Lagerbereich wurde zudem das Netzwerk des Unternehmens analysiert und anschließend optimiert, um nun eine flächendeckende WLAN-Abdeckung gewährleisten zu können. Weiterhin wurden digitale Scanner im Logistikbereich eingeführt, um Warenbewegung digital zu führen und zu erfassen, mit dem Resultat. Dass u. a. die Wareneingangskontrolle, die Überwachung der Materialverbräuche (Echtzeitverbuchung von Verbräuchen über Stücklisten) und die Führung von Transportfahrten (Echtzeitaufträge anstelle ausgedruckter Ladelisten) optimiert werden konnten. Durch die Erweiterung der Funktionalität des bestehenden Enterprise-Resource-Planning (ERP)-Systems konnten die neu erfassten Daten zentral gesammelt und miteinander verknüpft werden, um den Mitarbeitenden wesentliche Informationen in Form von sogenannten Dashboards in Echtzeit bereitzustellen.

Die Umsetzung der oben genannten Teilprojekte hat bereits zu signifikanten Ressourceneinsparungen geführt. Die zeitnahe Erfassung und Überwachung der Bestands- und Produktionsdaten im ERP-System ermöglicht nicht nur die Bündelung von Produktionsaufträgen und Versorgungsfahrten, sondern verhindert auch effektiv den unnötigen Verbrauch von Ressourcen, weil keine Materialien im Lagerbestand mehr übersehen werden. Auch für die Kundschaft haben sich Verbesserungen ergeben, weil der Auftragsprozess nun automatisiert erfolgt und Bestellungen systemgestützt planbarer werden. Mit Blick auf die Zulieferungen haben sich aufgrund der digitalisierten Wareneingangskontrolle Unstimmigkeiten deutlich verringert, weil Lieferabweichungen in Echtzeit erfasst und somit schneller nachgeordnet werden kann.

In weiteren Teilprojekten sollen perspektivisch ein optimiertes Energiekonzept sowie ein Fernzugriff auf das ERP-System umgesetzt werden. Zur Unterstützung der Mitarbeitenden soll außerdem ein Dokumentenmanagement-System (DMS) mit eindeutigen Workflows implementiert werden, um den Informationsfluss von der Auftragserfassung bis zur Produktion zu optimieren.

Zusammenfassend stellte Herr Kiefer fest, dass die Umsetzung der Digitalisierungsmaßnahmen und die damit erzielten Ressourceneinsparungen ohne die Förderung durch das DigiRess-Programm für sein Unternehmen nicht möglich gewesen wären. Vor dem Hintergrund der steigenden Rohstoff- und Energiepreise war es für die Busemann GmbH daher essenziell, diese Maßnahmen durchzuführen – auch, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Das Thema „Digitalisierung“ wird auch weiterhin sehr wichtig für das Unternehmen bleiben, weil nur eine zukunftsorientierte Entwicklung langfristig Arbeitsplätze sichern und sie für junge, qualifizierte Mitarbeitende attraktiv gestalten kann.

8 DISKUSSION TEIL II

In der zweiten Diskussionsrunde wurde zunächst diskutiert, vor welchen Herausforderungen KMU bei der Identifikation von Ressourceneffizienzpotenzialen stehen. Die größte Hürde stellte aus Sicht der teilnehmenden Unternehmen auch hier die knappen Personalkapazitäten dar. Maßnahmen zur Optimierung von Unternehmensprozessen bedeuten häufig zusätzliche Arbeit für beteiligte Mitarbeitende und binden wertvolle Kapazitäten, die an anderer Stelle in der Folge fehlen. Dieses Defizit könnte ggf. durch die Einbindung externer Fachleute und Partner kompensiert werden. Allerdings entstünden daraus wiederum zusätzlichen Kosten für das Unternehmen. Diese und eventuell notwendig werdende Investitionskosten müssten aus dem laufenden Geschäft oder durch Kredite finanziert werden, ohne dass der Nutzen klar absehbar ist. Eine Frage nach der Eignung von alternativen Finanzierungsformen, wie z. B. dem Crowd-Funding, konnte in diesem Zusammenhang nicht eindeutig beantwortet werden, da die anwesenden Unternehmen noch keine Berührungspunkte damit hatten. Als hilfreich betrachteten die Teilnehmenden einen aktiven Austausch zwischen KMU, z. B. in Form von gegenseitigen Betriebsbesichtigungen, um voneinander zu lernen und Ideen aufzugreifen.

Vor dem Hintergrund der zahlreichen regulatorischen Anforderungen, die sich aktuell direkt und indirekt auf KMU auswirken, wurde auch diskutiert, ob Digitalisierung und Ressourceneffizienz noch treibende Themen bei KMU seien. Hier waren die Beteiligten einstimmig der Meinung, dass die Digitalisierung auch weiterhin eines der wichtigsten Themen bleiben wird. Zwar sei das oberste Ziel eines jeden Unternehmens die Gewinnerzielung, jedoch ermögliche die Digitalisierung effizientere Prozesse und versetze Unternehmen somit in die Lage, wirtschaftlicher und zugleich ressourcenschonender zu arbeiten, wodurch sie wiederum auch langfristig wettbewerbsfähig bleiben.

Es gäbe daher weiterhin einen starken Willen zur Digitalisierung in KMU. Für die Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen benötigen diese

jedoch gezielte und niederschwellige Unterstützungsangebote. Beispiele hierfür seien die Förderprogramme „DigiRess“ als Initiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) oder „Digital Jetzt“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), da Maßnahmen zur Digitalisierung in der Regel mit höheren wirtschaftlichen Risiken für KMU verbunden sind und andernfalls kaum angegangen würden. Für KMU sei es zudem wichtig, dass Förderrichtlinien für Antragsstellende verständlich gestaltet sind und Bewilligungsverfahren möglichst schnell ablaufen, da die Unternehmen einen gewissen Vorlauf benötigen, um z. B. Bestellprozesse anzustoßen. In dieser Hinsicht haben jedoch selbst die fördermittelgebenden Ministerien nur wenig Einfluss, da die Vergabe öffentlicher Mittel strengen Regularien unterliegt. Dieses Stichwort führte in der Diskussion wiederum dazu, dass der Wunsch nach einem allgemeinen Bürokratieabbau geäußert wurde, da auch dadurch personelle Kapazitäten gebunden würden. Aus wissenschaftlicher Sicht wäre ein niederschwelliges, flexibles und dauerhaftes Förderinstrument sinnvoll, da die digitale Transformation eine langfristige Aufgabe sei.

Weitere Unterstützung benötigen KMU bei der Vernetzung mit anderen Unternehmen. Je nach Anlass könnten entweder übergeordnete Verbände (z. B. Industrie- und Handelskammern), regionale Organisationen (z. B. EFA NRW oder Klimawin Baden-Württemberg) oder auch einzelne Unternehmen Vernetzungsformate anbieten. Das VDI ZRE hat im Rahmen seiner Arbeit u. a. den „Industrie-Club Ressourceneffizienz“ und die Veranstaltungsreihe „Ressourceneffizienz vor Ort“ ins Leben gerufen, wobei letztere seit der Pandemie überwiegend als Online-Format durchgeführt wird.

Nicht zuletzt benötigen KMU auch Unterstützung seitens der Normung und Standardisierung. Für viele KMU herrschen nach wie vor große Unsicherheiten bzgl. der Umsetzung bevorstehender gesetzlicher Vorschriften. So fehlen z. B. einheitliche Standards zur CO₂-Bilanzierung oder klare Vorgaben, welche Daten in einen digitalen Produktpass gehören und wie sie übertragen werden sollen.

9 ZUSAMMENFASSUNG

Aus dem Fachgespräch ging hervor, dass die Digitalisierung maßgeblich zur Ressourcenschonung beitragen kann. Dieses Potenzial wurde auch vonseiten der KMU erkannt. Doch stellt es in den meisten Fällen nicht den primären Beweggrund dar, digitale Lösungen im Unternehmen einzuführen. Die Hauptmotivation bleibt auch weiterhin die Sicherung der unternehmenseigenen Wettbewerbsfähigkeit sowie die Gewinnerzielung. Insbesondere in Zeiten des Fachkräftemangels gewinnt aber auch die Wirkung der Maßnahmen auf das Unternehmensimage und die daraus resultierende Attraktivität für Mitarbeitende zunehmend an Bedeutung. Die größten Herausforderungen für KMU liegen unterdessen insbesondere in der Knappheit von Zeit, Kapital und personellen Kapazitäten. Auch die schwierige Abschätzbarkeit des Kosten-Nutzen-Verhältnisses von Digitalisierungsmaßnahmen erschwert die Umsetzung in KMU.

Der Einsatz digitaler Lösungen für Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz setzt derweil eine klare strategische Ausrichtung voraus, die wiederum Rahmen und Fokus der Maßnahmen definiert. Am Best-Practice-Beispiel der Mader GmbH & Co. KG gleich zu Beginn des Fachgesprächs hat sich gezeigt, dass es durchaus sinnvoll sein kann, die Aspekte „Nachhaltigkeit“ und „Ressourceneffizienz“ als Ziele der Unternehmensstrategie zu definieren und die Digitalisierungsstrategie im Sinne eines „Enablers“ darauf auszurichten.

Bei aller Euphorie in Bezug auf die Potenziale der Digitalisierung für Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz dürfe jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass die Digitalisierung selbst zu beträchtlichen Ressourcenaufwänden und zu unerwünschten Rebound- und Nebeneffekten führen kann. Damit diese kritischen Aspekte zukünftig bei der Planung von Digitalisierungsmaßnahmen (noch) besser berücksichtigt werden können, bedürfe es letztlich weiterer Forschungsarbeit hinsichtlich geeigneter Bewertungsmethoden und -kriterien.

Unterstützungsbedarfe für KMU ergeben sich insbesondere im Bereich der Finanzierung sowie mit Blick auf die Vernetzung mit anderen Unternehmen. Ersteres würde durch niederschwellige, flexible und dauerhafte Fördermöglichkeiten erleichtert, sodass nicht nur kurzfristigere Projekte unterstützt, sondern auch langfristige Transformationsprozesse umgesetzt werden können. In Bezug auf die Vernetzung müssen insbesondere Verbände und regionale Organisationen ihren Rollen gerecht werden und entsprechende Formate initiieren.

LITERATURVERZEICHNIS

bitkom (2024): Klimaeffekte der Digitalisierung 2.0 – Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz in Deutschland [online][abgerufen am 16.07.2024], verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Studie-Klimaeffekte-der-Digitalisierung>

Deutsche Industrie- und Handelskammer (2023): Digitalisierung tritt auf der Stelle – Die IHK-Umfrage zur Digitalisierung [online][abgerufen am 16.07.2024], verfügbar unter: <https://www.dihk.de/de/themen-und-positionen/wirtschaft-digital/digitalisierung/digitalisierungsumfrage-2023/digitalisierung-tritt-auf-der-stelle--91536>

Neligan, A.; Schleicher, C.; Engels, B. und Kroke, T. (2023): Digitaler Produktpass – Enabler der Circular Economy. Relevanz und Umsetzbarkeit durch Unternehmen, IW-Report, Nr. 47 [online][abgerufen am 16.07.2024], verfügbar unter: https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Report/PDF/2023/IW-Report_2023-Digitaler-Produktpass.pdf

Rüter, J. und Fink, J. (2021). nachhaltig.digital Monitor 2020 [online][abgerufen am 16.07.2024], DOI: 10.24359/jkab-cm29, verfügbar unter: https://dbu.de/nadi/media/290621021643_131616.pdf

VDI Zentrum Ressourceneffizienz (VDI ZRE)
Bülowstraße 78
10783 Berlin

Tel. +49 30-2759506-505
zre-info@vdi.de
www.ressource-deutschland.de