

TEXTE

49/2023

Abschlussbericht

Digitale Steuerungsinstrumente für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

von:

Joris Docke, Philipp Poferl, Lisa Rummel
Arqum GmbH

unter Beteiligung von

Katharina Bütow, Laura Daviña König, Michael Vötsch
KATE Umwelt & Entwicklung e.V., Stuttgart

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 49/2023

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3720 14 104 0
FB001012

Abschlussbericht

Digitale Steuerungsinstrumente für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

von

Joris Docke, Philipp Pöferl, Lisa Rummel
Arqum GmbH

unter Beteiligung von

Katharina Bütow, Laura Daviña König, Michael Vötsch
KATE Umwelt & Entwicklung e.V., Stuttgart

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel : +49 340-2103-0
Fax : +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet : www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Arqum Gesellschaft für Arbeitssicherheits-, Qualitäts- und Umweltmanagement mbH
Leonrodstraße 54
80636 München

KATE Umwelt und Entwicklung e.V.
Blumenstraße 19
70182 Stuttgart

Abschlussdatum:

Juli 2022

Fachbegleitung:

Fachgebiet I 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum
Christoph Töpfer, Dirk Osiek

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Digitale Technologien und Software bieten zahlreiche Potentiale, um Unternehmen dabei zu unterstützen, Geschäftsprozesse umweltfreundlicher und nachhaltiger zu gestalten. Ziel des Forschungsprojektes „Digitale Steuerungsinstrumente für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement“ (FKZ 3720 14 104 0), das diesem Bericht zugrunde liegt, war es einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Softwareangebots für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zu leisten. Im Fokus stand dabei die Nutzbarmachung aktueller Digitalisierungstrends und die verbesserte Integration umwelt- und nachhaltigkeitsbezogener Daten in Business Intelligence (BI)-Tools und Enterprise Resource Planning (ERP)-Systeme, die bereits zur Unternehmenssteuerung genutzt werden. Außerdem sollte das Projekt die Transparenz über die angebotenen Softwarelösungen für das Umwelt und Nachhaltigkeitsmanagement erhöhen.

Die Projektergebnisse sind im vorliegenden Abschlussbericht zusammengestellt. Sie geben einen Überblick darüber, inwiefern sich aktuelle Digitalisierungstrends und -technologien im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement einsetzen lassen und damit einen Beitrag zur Lösung von Herausforderungen in diesem Bereich leisten können. Außerdem werden die am Markt verfügbaren Softwarelösungen und deren Funktionsumfang dargestellt und aufgezeigt, inwieweit digitale Lösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bereits in Unternehmen eingesetzt werden und welche Perspektiven Software-Anwender und Anbieter auf die aktuelle Softwarelandschaft haben. Eines der zentralen Ergebnisse des Forschungsprojektes ist die öffentlich zugängliche Software-Datenbank (<https://software.emas.de>), über die Unternehmen geeignete Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement finden können.

Die Forschungsergebnisse, die im vorliegenden Abschlussbericht dargestellt sind, stellten die Grundlage zur Entwicklung von Handlungsempfehlungen für Politik und Softwareanbieter dar. Diese werden in einem Policy Paper [1] diskutiert.

Abstract

Digital technologies and software offer numerous potentials to support companies in making business processes more environmentally friendly and sustainable. The research project “Digital steering tools for environmental and sustainability management” (Research code 3720 14 104 0) aims to contribute to the further development of software for environmental and sustainability management. It focuses on how current digitisation trends can be utilised for environmental and sustainability management and how environmental and sustainability-related data can be better integrated in Business Intelligence (BI) tools and Enterprise Resource Planning (ERP) systems already used by corporates. Furthermore, the project aimed to increase the transparency of the software solutions offered for environmental and sustainability management.

This final report includes the results of the research project. It provides an overview how current digitisation trends and technologies can be applied in environmental and sustainability management. In addition, the report presents the functionalities of market available software solutions, how companies currently use them and the perspectives of software users and providers with regards to future challenges, benefits and barriers of software use. Another central outcome of the research project is a publicly accessible software database (<https://software.emas.de>), supporting companies to find suitable software solutions for their environmental and sustainability management.

The results presented in this final report formed the basis for developing recommendations for action for policy-makers and software providers. An accompanying policy paper discusses these recommendations in detail [1].

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
Glossar	12
Zusammenfassung.....	13
Summary	22
1 Einleitung und Zielsetzung	30
2 Methode und Vorgehen	32
2.1 Literaturrecherche zu Digitalisierungstrends.....	32
2.2 Marktanalyse	35
2.2.1 Erhebung von Softwareangeboten	36
2.2.2 Analyse des Funktionsumfangs.....	38
2.2.3 Konzipierung einer Datenbank für Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement- Software.....	39
2.3 Interviews und Fachworkshop	40
2.3.1 Interviews	40
2.3.2 Fachworkshop.....	42
3 Ergebnisse	44
3.1 Digitalisierungstrends im Kontext des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements	44
3.1.1 Steckbriefe ausgewählter Digitalisierungstrends und -technologien.....	44
3.1.1.1 Factsheet Augmented Reality (AR) & Virtual Reality (VR)	46
3.1.1.2 Factsheet Big Data & Analytics	51
3.1.1.3 Factsheet Cloud Computing.....	59
3.1.1.4 Factsheet Distributed Ledger & Blockchain-Technologie.....	67
3.1.1.5 Factsheet Künstliche Intelligenz & Machine Learning.....	74
3.1.1.6 Factsheet Mobile Computing & Apps	82
3.1.1.7 Factsheet Social Networks.....	88
3.1.1.8 Factsheet Automatisierung.....	93
3.1.1.9 Factsheet Digitale Plattformen	100
3.1.1.10 Factsheet Internet of Things (IoT)	104
3.1.2 Einsatz und Rolle der Digitalisierungstrends für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	111
3.2 Softwarelandschaft im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement.....	113

3.2.1	Funktionsumfang der untersuchten Softwarelösungen	113
3.2.2	Perspektiven der Anwender und Anbieter auf die Marktsituation	119
3.2.3	Datenbank für Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement auf emas.de.....	119
3.3	Einsatz von Unternehmenssoftware zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	121
3.3.1	Bedeutung der Digitalisierung und Softwarelösungen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	121
3.3.2	Einsatzbereiche und Beweggründe für Software für Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	122
3.3.3	Zufriedenheit und Verbesserungspotenziale.....	122
3.3.4	Auswahl und Einführung von Softwarelösungen.....	123
3.3.5	Verknüpfung mit ERP-/BI-Softwarelösungen	124
3.4	Zukünftige Herausforderungen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	127
3.5	Die Rolle des Staates zur Förderung und Unterstützung von Digitalisierung im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	128
4	Fazit und Ausblick	129
	Quellenverzeichnis	132
	Anhang	136
A.1	Erhebung von Softwareangeboten – Recherche mittels Online-Suchmaschinen	136
A.2	Erhebung von Softwareangeboten – Recherche mittels Publikationen	138
A.3	Erhebung von Softwareangeboten – Befragung der Beratungsunternehmen.....	138
A.4	Analyseraster zur Auswertung des Funktionsumfangs der Softwarelösungen	140
A.5	Gesprächsleitfäden für die Interviews mit (potentiellen) Softwareanwendern und Softwareanbietern	153

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick Arbeitspakete, Vorgehensweise und Methoden.....	32
Abbildung 2: Übersicht der behandelten Digitalisierungs-Steckbriefe inklusive der betrachteten Aspekte.....	34
Abbildung 3: Darstellung relevanter Akteure und Akteurinnen und deren Zusammenhänge	35
Abbildung 4: Arbeitsschritte der Marktanalyse zu bestehenden Softwarelösungen	36
Abbildung 5: Darstellung des Zusammenhangs der verschiedenen untersuchten Digitalisierungstrends bzw. -technologien	45
Abbildung 6: Bewertung der Potenziale ausgewählter Digitalisierungstrends für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement- Anbietern- und Anwendern-Perspektive	112
Abbildung 7: Anwendungsfälle der 136 untersuchten Softwarelösungen	114
Abbildung 8: Einsatzbereiche der 136 untersuchten Softwarelösungen.....	115
Abbildung 9: Kompatibilität der 136 Untersuchten Softwarelösungen mit Standards auf Unternehmensebene	116
Abbildung 10: Kompatibilität der 136 Untersuchten Softwarelösungen mit Standards auf Produktebene.....	117
Abbildung 11: Kompatibilität der 136 untersuchten Softwarelösungen mit Rechtsvorschriften.....	118
Abbildung 12: Lizenzmodelle der 136 untersuchten Softwarelösungen	119
Abbildung 13: Filtersystem der Softwaredatenbank	120

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zielgruppen für die Interviews und Anzahl angefragter und durchgeführter Interviews	41
Tabelle 2: Factsheet zu Augmented Reality & Virtual Reality	46
Tabelle 3: Factsheet zu Big Data & Analytics	51
Tabelle 4: Factsheet zu Cloud Computing	59
Tabelle 5: Factsheet zu Distributed Ledger & Blockchain-Technologie	67
Tabelle 6: Factsheet zu Künstlicher Intelligenz & Machine Learning	74
Tabelle 7: Factsheet zu Mobile Computing & Apps	82
Tabelle 8: Factsheet zu Social Networks	88
Tabelle 9: Factsheet zur Automatisierung	93
Tabelle 10: Factsheet zu Digitalen Plattformen	100
Tabelle 11: Factsheet zu Internet of Things	104
Tabelle 12: Einsatz der verschiedenen Digitalisierungstrends in den ausgewerteten Softwarelösungen	136 111
Tabelle 13: Keywords zur Recherche verfügbarer Softwarelösungen mittels Online-Suchmaschinen	136
Tabelle 14: Publikationen zur Recherche verfügbarer Softwarelösungen	138
Tabelle 15: Befragte Beratungsunternehmen zur Identifikation verfügbarer Softwarelösungen	139
Tabelle 16: Analyseraster zur Auswertung des Funktionsumfangs der Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	142
Tabelle 17: Interviewleitfaden zur Befragung von (potenziellen) Softwareanwendern	153
Tabelle 18: Interviewleitfaden zur Befragung von Softwareentwicklern	157

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
API	Application programming interface
AR	Augmented Reality
BI	Business Intelligence
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BVMW	Bundesverband mittelständische Wirtschaft
BYOD	Bring Your Own Device
CAPA	Corrective and Preventive Actions
CCF	Corporate Carbon Footprint
CDP	Carbon Disclosure Project
CRM	Customer-Relationship-Management
CSR	Corporate Social Responsibility
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive
DJSI	Dow Jones Sustainability Index
DMS	Dokumentenmanagementsystem
DNK	Deutsche Nachhaltigkeitskodex
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
ECHA	Europäische Chemikalienagentur
EG	Europäische Gemeinschaft
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EPD	Environmental Product Declaration
ERP	Enterprise Resource Planning
ESAP	European Single Access Point
EU	Europäische Union
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GHG	Greenhouse Gas
GRI	Global Reporting Initiative

IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization of Standardization
IT	Informationstechnik
IuK	Informations- und Kommunikationssystemen
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LCA	Life Cycle Assessment
MFCA	Material Flow Cost Accounting
MFKR	Materialflusskostenrechnung
OEF	Organisation Environmental Footprint
ÖKOPROFIT[®]	Ökologisches Projekt Für Integrierte Umwelt-Technik
PCF	Product Carbon Footprint
PEF	Product Environmental Footprint
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RENN	Regionale Netzstellen Nachhaltigkeitsstrategien
SaaS	Software-as-a-Service
SASB	Sustainability Accounting Standards Board
SBT	Science Based Target
SCIP	Substances of Concern In articles as such or in complex objects (Products)
SDGs	Sustainable Development Goals
SVHC	Substances of Very High Concern
UBA	Umweltbundesamt
UGA	Umweltgutachterausschuss
UK	Vereinigtes Königreich
VR	Virtual Reality
ZG	Zielgruppe

Glossar

Business Intelligence (BI-)Software	Softwarelösung zur Sammlung, Analyse und Aufbereitung von Rohdaten aus unterschiedlichen Quellen. Für die Datenanalyse kommen in BI-Lösungen unterschiedliche Big-Data-Technologien zum Einsatz, die Daten auf unterschiedliche Weise miteinander in Relation setzen und Trends oder Muster erkennen können.
Enterprise Resource Planning (ERP-)Software	Softwarelösung, die einen Großteil der Geschäftsprozesse eines Unternehmens in einem miteinander verzahnten System abbildet.
Nachhaltigkeitsmanagement	Umfasst die Gesamtheit aller Aktivitäten und Prozesse einer Organisation zur Steuerung der ökologischen und sozialen Auswirkungen sowie nachhaltigkeitsbezogener Risiken und Chancen.
Spezialsoftware	Dedizierte Software für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement, sowohl für Teilbereiche (z.B. Energie-, Abfall- oder Treibhausgasmanagement) als auch für Elemente des Managementsystems (z.B. zur Prozesssteuerung oder Dokumentation).
Allgemeine Unternehmenssoftware	Softwarelösungen, deren Anwendungsbereich (noch) nicht vorrangig dem Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement zuzuordnen ist (z.B. ERP-Systeme, BI-Software).
Umweltmanagement	Umfasst die Gesamtheit aller Aktivitäten und Prozesse einer Organisation zur Steuerung der Umweltauswirkungen sowie umweltbezogener Risiken und Chancen und der Erfüllung entsprechender rechtlicher Anforderungen.
Umwelt- und nachhaltigkeitsrelevante Daten	Daten, die im Rahmen des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements erfasst und für die Entscheidungsfindung aufbereitet werden (z.B. CO ₂ -Emissionen oder Anteil weiblicher Führungskräfte).

Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt „Digitale Steuerungsinstrumente für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement“ (FKZ 3720 14 104 0) setzt sich mit den Chancen und Risiken einer sich rasch digitalisierenden Welt in Verbindung mit gleichermaßen anspruchsvoller werdenden ökologischen und sozialen Anforderungen an eine nachhaltige Unternehmensführung auseinander.

Die nachhaltigkeitsbezogenen Herausforderungen, vor denen Unternehmen heute stehen, machen es notwendig, Geschäftsprozesse und -modelle auf den Prüfstand zu stellen und kontinuierlich weiterzuentwickeln. Umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Daten und Informationen spielen bei der Anpassung und Neuentwicklung von Geschäftsprozessen eine immer bedeutendere Rolle. Bereits heute erfassen, analysieren und steuern zahlreiche Unternehmen und sonstige Organisationen entsprechende Daten in Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagementsystemen. Der Einsatz von Softwarelösungen sowie von digitalen Technologien – von Automatisierung über Big Data bis hin zu Künstlicher Intelligenz – eröffnet schließlich zahlreiche Potenziale zu Prozessoptimierung, Entscheidungsunterstützung und Verbesserung der Umweltleistung.

Bestehende Softwarelösungen greifen aktuelle Digitalisierungstrends und -technologien auf. Sie wurden jedoch bisher wenig systematisch darauf untersucht, ob und inwieweit sie den unternehmerischen Anforderungen hinsichtlich sich verschlechternder Umweltzustände, verknappender Ressourcen, immer deutlicher werdenden Folgen des Klimawandels sowie zunehmenden staatlichen Regulierungen tatsächlich genügen. Von besonderem Interesse ist dabei nicht zuletzt die Frage nach der Rolle der digitalen Technologien im Rahmen des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements heute und morgen. Welcher Nutzen und welche Herausforderungen sind mit einer Integration von Umwelt- und Nachhaltigkeitsprozessen und -daten in eine allgemeine Unternehmenssteuerungssoftware, z. B. Enterprise Resource Planing (ERP) verbunden? Sind wegen der Komplexität von Sourcing, Erfassung und Verarbeitung umwelt- und nachhaltigkeitsbezogener Daten komplette Neuentwicklungen oder Stand-Alone-Systeme möglicherweise der geeignetere Weg? Aktuell bleibt zudem festzuhalten, dass die Transparenz über Einsatzmöglichkeiten und Funktionalitäten bestehender Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement noch unzureichend ist.

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen standen die folgenden Forschungsfragen im Mittelpunkt des Projektes:

- ▶ Was sind die wesentlichen künftigen Herausforderungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement, und welche Anforderungen ergeben sich daraus für unterstützende Softwarelösungen?
- ▶ Passen die Erwartungen und Anforderungen von Anwendern¹ an Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware zu den Angeboten und Zukunftsplänen der Entwickler?
- ▶ Welche Potenziale haben neue digitale Technologien für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement, und welche Hemmnisse bestehen für ihre praktische Umsetzung?

¹ Die Bezeichnung Anwender beschreibt hier und im Folgenden – ebenso wie die Bezeichnung Anbieter und Entwickler – keine Personen, sondern am Markt handelnde Akteursgruppen. Daher wird bei diesen Bezeichnungen auf ein Gendering verzichtet.

- Welche Potenziale und Hemmnisse bestehen für die Integration von Umwelt- und Nachhaltigkeitsinformationen in Business Intelligence (BI)-Tools und ERP-Systeme?

Methode und Vorgehen

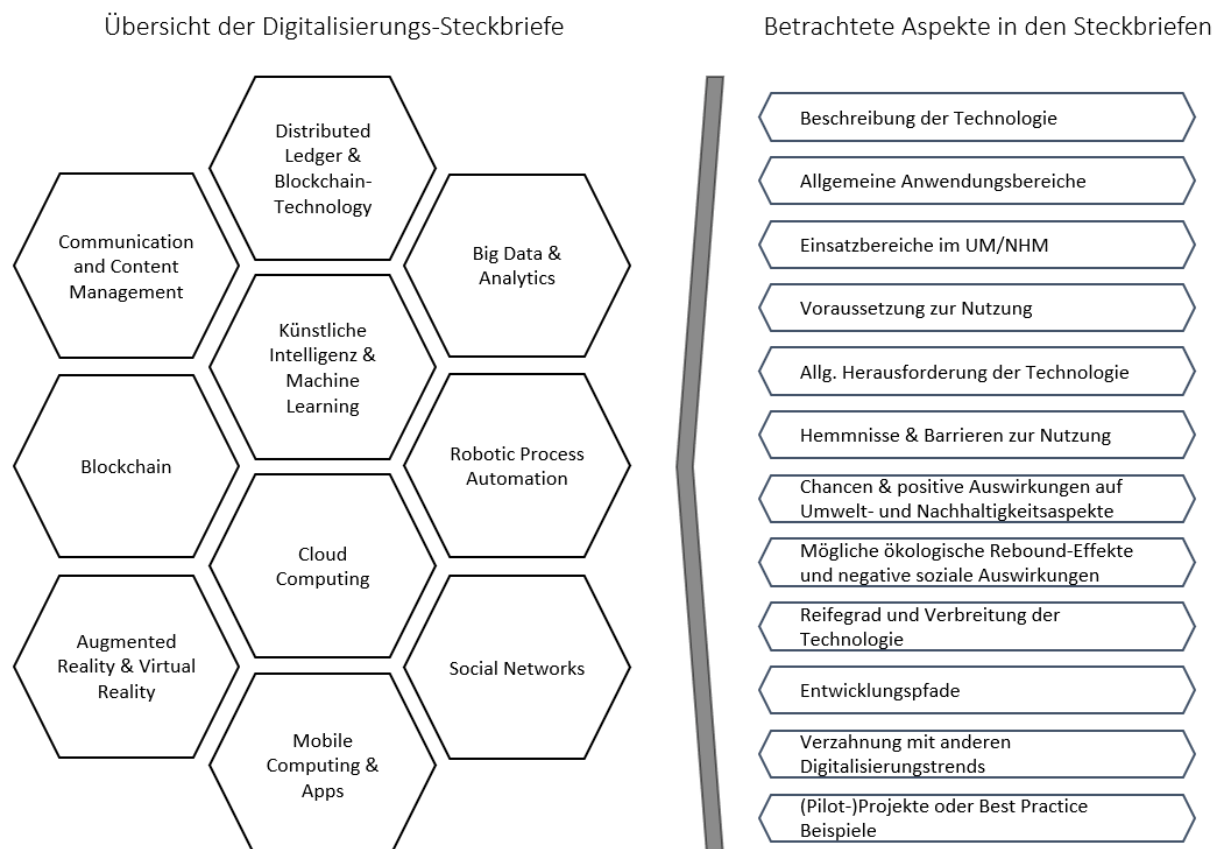
Das Forschungsprojekt beruht auf drei methodischen Bausteinen:

- Literaturrecherche zu Einsatzmöglichkeiten aktueller Digitalisierungstrends und -technologien,
- Marktanalyse mit einer Erhebung und Auswertung der verfügbaren Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement hinsichtlich ihrer Einsatzmöglichkeiten und ihres Funktionsumfangs sowie auf
- semi-strukturierten Interviews mit Softwareanwendern und -entwicklern, um Potenziale und Hemmnisse des Einsatzes von Softwarelösungen, neuer digitaler Technologien und der Integration von umwelt- und nachhaltigkeitsbezogenen Daten in ERP-Systemen und BI-Tools zu ermitteln.

Ein begleitender Fachworkshop unterstützte die Konsolidierung der bis dahin gewonnenen Projekterkenntnisse und konnte neue Perspektiven einbringen.

Um eine solide Basis für das Forschungsprojekt zu erhalten, wurden im Rahmen der Literaturrecherche umfassende Informationen zu zehn ausgewählten Digitalisierungstrends erhoben. Deren Auswahl orientierte sich an der Publikation „Umweltmanagement und Digitalisierung – Praktische Ansätze zur Verbesserung der Umweltleistung“ (Pagano und Krause, 2019). Die erhobenen Informationen wurden anschließend in Steckbriefe überführt (vgl. Kapitel 1.1 und Abbildung 2).

Übersicht der behandelten Digitalisierungs-Steckbriefe inklusive der betrachteten Aspekte



Parallel dazu wurde ein „Akteurs-Mapping“ durchgeführt, um diejenigen Institutionen aus Wissenschaft, Unternehmen und Verbänden zu identifizieren, die den Themenbereich maßgeblich prägen.

In einer Marktanalyse (vgl. Kapitel 1.2) wurden die heute verfügbaren Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement sowie deren Einsatzmöglichkeiten und Funktionalitäten ermittelt. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit der Vorgabe, daraus eine offene und aktualisierbare Datenbank zu entwickeln, die Betrieben und Organisationen bei der Identifizierung geeigneter Softwarelösungen unterstützt und Transparenz über den Softwaremarkt herstellt (siehe unten).

Ein mit Kriterien zur Recherche und Auswahl der verfügbaren Softwarelösungen ausgestatteter Untersuchungsrahmen bildete die Grundlage für eine systematische Vorgehensweise bei der Erstellung der Marktanalyse. Berücksichtigung fanden umfangreiche Softwaresuiten, die mehrere Themenfelder abdecken, aber auch thematische Einzellösungen oder webbasierte Rechner. Wegen der Vielzahl bestehender Softwarelösungen für die Teilbereiche des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements wie beispielsweise im Energie-, Abfall- oder Chemikalienmanagement, wurde eine Eingrenzung von Softwarelösungen mit besonderer Relevanz für das Forschungsvorhaben notwendig. Softwarelösungen, die nur für sehr begrenzte Einsatzzwecke oder Unternehmenstypen nutzbar sind, wurden deshalb nicht berücksichtigt. Die Recherche erfolgte mittels der Softwaredatenbank „Capterra“ [2], dem „EMS-Marktspiegel“ der Energieagentur NRW [3], einer offenen Linkliste des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz [4] und durch Auswertungen weiterer Publikationen mit einem Veröffentlichungsjahr ab 2017. Zusätzlich wurden große Beratungsunternehmen sowie selbständige Beratende mittels eines Online-Fragebogens über die bei ihrer Kundschaft eingesetzten Softwarelösungen befragt.

Insgesamt wurden 356 Softwarelösungen ermittelt. Davon wurden gemäß Forschungsauftrag 100 Softwareanbieter kriterienbasiert priorisiert. Zur Befragung der Anbieter wurde ein Analyseraster entwickelt (vgl. Anhang A.4) und in einen Online-Fragebogen überführt. Der Online-Fragebogen in deutscher und englischer Sprache wurde im Bearbeitungszeitraum zwischen dem 10. Mai und 25. Juni 2021 insgesamt 103-mal ausgefüllt und abgesendet. Softwareanbieter konnten bis zu fünf verschiedene Softwarelösungen angeben und beschreiben. Insgesamt wurden 136 Softwarelösungen erfasst. Auf diesen Grundlagen wurde eine Datenbank für Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement konzipiert, die bereits während des Projektverlaufs in Betrieb genommen wurde: <https://software.emas.de/>. Die Datenbank ist öffentlich und kostenlos abrufbar und soll Organisationen unterstützen, die Lösungen für die Digitalisierung ihres Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement suchen (vgl. Kapitel 1.2.3).

Zur Bearbeitung der oben genannten Forschungsfragen wurden zusätzlich zu Literaturrecherche und Marktanalyse 37 Interviews geführt (vgl. Kapitel 1.3). Die Interviewten wurden in sechs Zielgruppen eingeteilt, namentlich in Organisationen mit Umweltmanagement und Software, Organisationen mit Umweltmanagement und ohne Software, Organisationen ohne Umweltmanagement und ohne Software, Entwickler von Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware, Entwickler von allgemeiner Unternehmenssoftware und Sonstige. Im Rahmen eines im November 2021 veranstalteten Fachworkshops mit dem Titel „Digitalisierung für nachhaltiges Wirtschaften - Die Rolle von Managementsoftware für Unternehmen“ wurden die bis dato erarbeiteten Zwischenergebnisse aus Literaturrecherche, Marktanalyse und Interviews vor Anbietern und Anwendern von Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware sowie Vertretern aus Politik, Wissenschaft und Verwaltung vorgestellt.

Insgesamt nahmen 24 Personen an dem dreistündigem Online-Fachworkshop teil.

Ergebnisse

Die Erkenntnisse aus Literaturrecherche, Marktanalyse sowie den Interviews und des Fachworkshops sind in Kapitel 2 dieses Abschlussberichtes ausführlich dargestellt.

Digitalisierungstrends im Kontext der Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements

Die Ermittlung der Potenziale digitaler Technologien im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zählt zu den zentralen Fragestellungen des Forschungsprojektes. Die dafür angefertigten Steckbriefe der zehn priorisierten Digitalisierungstrends mit ihren wichtigsten Hemmnissen und Chancen sind im Kapitel 2.1.1 gelistet:

- ▶ Tabelle 2: Factsheet zu Augmented Reality & Virtual Reality
- ▶ Tabelle 3: Factsheet zu Big Data & Analytics
- ▶ Tabelle 4: Factsheet zu Cloud Computing
- ▶ Tabelle 5: Factsheet zu Distributed Ledger & Blockchain-Technologie
- ▶ Tabelle 6: Factsheet zu Künstlicher Intelligenz & Machine Learning
- ▶ Tabelle 7: Factsheet zu Mobile Computing & Apps
- ▶ Tabelle 8: Factsheet zu Social Networks
- ▶ Tabelle 8: Social Networks
- ▶ Tabelle 9: Factsheet zur Automatisierung
- ▶ Tabelle 10: Factsheet zu Digitalen Plattformen
- ▶ Tabelle 11: Factsheet zu Internet of Things

Die Steckbriefe sind ebenfalls auf der Webseite des Umweltbundesamtes (UBA) zusammen mit der Broschüre "Umweltmanagement und Digitalisierung - Praktische Ansätze zur Verbesserung der Umwelt-leistung" [5] abrufbar. Im Rahmen der Marktanalyse wurde zudem ermittelt, welche der untersuchten Digitalisierungstrends in den Softwarelösungen der Anbieter im Bereich Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bereits eingesetzt werden (Tabelle 12). Mit 65% der untersuchten Softwarelösungen ist Automatisierung zum Zeitpunkt der Abfrage am häufigsten eingesetzt, gefolgt von Cloud Computing (60%). Big Data und Mobile Computing werden in 43% bzw. 38% der untersuchten Softwarelösungen eingesetzt, Künstliche Intelligenz immerhin in jeder vierten (26%) und Internet of Things in jeder fünften (21%) untersuchten Softwarelösung. Social Networks, Blockchain und Augmented Reality spielen mit 7%, 4% und 3% zumindest bislang nur eine untergeordnete Rolle.

Einsatz der verschiedenen Digitalisierungstrends in den 136 ausgewerteten Softwarelösungen

Digitalisierungstrend/Technologie	Anzahl der Softwarelösungen, die diese Technologie einsetzen
Automatisierung	89
Cloud Computing	82
Big Data	58
Mobile Computing	51
Künstliche Intelligenz	35
Internet of Things	29
Social Networks	9
Blockchain	6
Augmented Reality	4

Softwarelandschaft im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Im Vergleich mit Softwareanbietern haben Softwareanwender durchaus unterschiedliche Wahrnehmungen zu Potenzialen ausgewählter Digitalisierungstrends im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement. Während Softwareanbieter eine hohe Relevanz bei Automatisierung, Digitalen Plattformen, Cloud Computing sowie bei Big Data und Analytics sehen, werden das Internet of Things, die Automatisierung und Digitale Plattformen bei den Softwareanwendern als besonders geeignet für Fortschritte im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement betrachtet. Softwareanbieter weisen darauf hin, dass bei Anwendern häufig Know-how für potenzielle Anwendungsmöglichkeiten neuer digitaler Technologien fehlt und sie oft nur Teile der Softwarefunktionen nutzen. Dies deutet auf die Notwendigkeit von Softwareschulungen hin.

Es fällt auf, dass sich die Anwender auf die Potenziale der Digitalisierung im Bereich der Datenerfassung konzentrieren, speziell über Automatisierung und Internet of Things, beispielsweise durch den Einsatz von Smart Metering, das die bisher aufwändige und fehleranfällige manuelle Zählerstandsmessung automatisiert. Softwareanbieter hingegen sind stärker auf die Potenziale in den Bereichen Datenanalyse wie beispielsweise das Erkennen von Zusammenhängen und Mustern oder die Ableitung von Trends und Prognosen fokussiert. Dabei spielen Big Data, Analytics sowie Künstliche Intelligenz und Machine Learning eine wichtige Rolle.

Um eine Übersicht der bestehenden Softwarelandschaft für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zu erhalten, ist im Rahmen des Forschungsprojektes eine empirische Erhebung von entsprechenden Softwarelösungen, die im deutschen Markt erhältlich sind, durchgeführt worden (vgl. Kapitel 1.2). Aus den erhaltenen Rückmeldungen von 103 Anbietern für insgesamt 136 Softwareangebote ergibt sich, dass 71% der Softwarelösungen keine Kundschaftsgruppe explizit fokussieren, lediglich 17% konkret KMU ansprechen und die verbleibenden 12% spezialisierte Lösungen für große oder global agierende Unternehmen anbieten.

Zahlreiche Softwarelösungen bieten gemäß ihren thematischen Ausrichtungen die Abbildung verschiedener Standards auf Unternehmens- oder Produktebene sowie bestimmter Rechtsvor-

schriften an. Hierzu zählen u. A. die Kompatibilität mit den gängigen ISO (14001, 50001)- und EMAS-Standards sowie mit dem GHG Protocol und dem Energieaudit-Standard DIN EN 16247 (Abbildung 7). Die Kompatibilität mit konkreten Rechtsvorschriften hat hingegen nur für spezialisierte Softwarelösungen eine Relevanz. Fast alle Softwarelösungen (117 von 136) sind webbasiert, 66 Lösungen können lokal installiert, 33 per App genutzt werden. Eine Jahreslizenzierung erfolgt bei 99 Softwarelösungen, ein einmaliger Kauf ist bei 65 Lösungen vorgesehen, 45 Lösungen bieten Abo-Modelle mit flexiblen Laufzeiten an. Der Markt ist insgesamt stark fragmentiert. Die Softwareangebote reichen von sehr spezialisierten Anwendungen bis zu umfassenden Lösungen mit breit gefächertem Anwendungsspektrum. Entsprechend vielfältig sind die Einsatzmöglichkeiten auf Anwenderseite.

Auf Grundlage der empirischen Erhebung der Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement wurde eine Datenbank erstellt, die es Anwendern erleichtert, die für ihre Zwecke passende Software zu finden. Die Datenbank mit aktuell mehr als 130 Einträgen zu Software- und Cloud-Diensten ist unter <https://software.emas.de/> öffentlich und kostenfrei zugänglich. Die zur Auswahl stehenden Softwareprodukte adressieren das klassische Umwelt-, Energie-, Abfall- und Ressourcenmanagement, aber auch Nachhaltigkeitsthemen in der Lieferkette, Arbeitnehmer- und Menschenrechte sowie das Risikomanagement. Verschiedene Suchfunktionen und Filter ermöglichen eine Analyse von Funktionsumfang und Kompatibilität der Softwareprodukte mit gängigen Standards. Anbieter können ihre Softwarelösungen eigenhändig eintragen und aktualisieren. Die Eintragungen werden vor ihrer Veröffentlichung qualitätsgeprüft.

Einsatz von Unternehmenssoftware zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Können Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement durch den Einsatz von Software effizienter und effektiver gesteuert werden? Kann durch den Einsatz von umwelt- und nachhaltigkeitsbezogener Software die Umwelt- und Nachhaltigkeitsleistung eines Unternehmens verbessert werden? Ist eine Integration von umwelt- und nachhaltigkeitsbezogenen Daten in ERP-Systeme oder BI-Tools sinnvoll, oder führt die Einrichtung von Schnittstellen zu Speziallösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement eher zum Ziel? In Interviews mit Softwareanbietern und -anwendern sowie weiteren Expert*innen wurden diese Frage diskutiert (vgl. Kapitel 2.3).

Im Ergebnis räumen die Befragten der Digitalisierung sowie der Nutzung von Softwarelösungen zur Weiterentwicklung des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements eine große Bedeutung ein. Insbesondere mit Blick auf Datenerfassung und Berichterstattung können Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement durch den Einsatz von Software effizienter gesteuert werden. Allerdings wird auch deutlich, dass eine Software als Werkzeug zu verstehen ist, das den Prozess der Entscheidungsfindung unterstützen kann, aber nicht automatisch zu einer Verbesserung der Umweltleistung eines Unternehmens führt.

Befragte KMU sehen im Vergleich zu Großunternehmen einen weniger großen Nutzen in der Digitalisierung, weil entsprechende Softwarelösungen oftmals auf größere Unternehmen zugeschnitten sind. Deshalb sei das Verhältnis von Nutzen und Kosten für KMU geringer. Gleichzeitig fordern deren Vertreter neben auf KMUs zugeschnittene Softwarelösungen auch einen preislich niederschwelligeren Entwicklungsansatz.

Die befragten Unternehmen nutzen Softwarelösungen vorwiegend zur Erhebung und Auswertung von Daten, weniger häufig für Reporting, Lebenszyklusanalysen, Dokumentenmanagement oder Compliance. Auch wenn die Anwender sich größtenteils zufrieden mit den von ihnen eingeführten Softwarelösungen zeigen, sehen sie insbesondere bei deren Handhabung und Nutzerfreundlichkeit große Verbesserungspotenziale. Verfügbare Softwarelösungen seien häufig komplex und nicht flexibel genug, um an nutzerspezifische

Anforderungen angepasst zu werden. Generell sollten Softwarelösungen mehr Schnittstellen zu anderen, bereits im Unternehmen verwendeten Systemen aufweisen.

Auch für die Softwareanbieter spielt neben Visualisierung, zunehmender Automatisierung und der Anpassung an neue und immer komplexer werdende rechtliche Rahmenbedingungen insbesondere eine verbesserte Bedienungsfreundlichkeit die größte Rolle bei der Weiterentwicklung von Softwarelösungen. Sie gehen davon aus, dass das volle Potenzial einer Softwarelösung durch regelmäßige und bessere Schulungen ausgeschöpft werden kann. Selbst wenn eine neue Offenheit gegenüber der Digitalisierung einer neuen Generation von Führungskräften aus Sicht der Anbieter-Perspektive attestiert wird, gilt der Digitalisierungsgrad Deutschlands (noch) als rückständig.

Verknüpfung mit ERP-/BI-Softwarelösungen

Wegen des stark steigenden Einflusses von Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement auf Unternehmensentscheidungen ist die Verknüpfung entsprechender Softwareangebote mit bereits bestehender Unternehmenssoftware im Diskurs um eine Digitalisierung von besonderer Bedeutung. Da fast alle befragten Unternehmen ein ERP-System zur zentralen Unternehmenssteuerung einsetzen, ist ein störungsfreies und möglichst intuitives Zusammenspiel mit Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsystemen ein stark priorisiertes Ziel zahlreicher Unternehmen. Die zentrale Eigenschaft einer ERP-Softwarelösung ist die Abbildung eines Großteils der Geschäftsprozesse eines Unternehmens in einem miteinander verzahnten System. Dies ermöglicht eine funktionsübergreifende unternehmensweite Konsolidierung der Daten.

BI-Softwarelösungen hingegen dienen der Sammlung, Analyse und Aufbereitung von Rohdaten aus unterschiedlichen Quellen. Für die Datenanalyse kommen in BI-Softwarelösungen unterschiedliche Big-Data-Technologien zum Einsatz, die Daten auf unterschiedliche Weise miteinander in Relation setzen und Trends oder Muster erkennen. Ziel ist die Aufbereitung und Visualisierung von Daten als fundierte und stabile Grundlage für datenbasierte Entscheidungen. Gleichzeitig ermöglicht eine BI-Lösung unterschiedliche Formen der Datenberichterstattung, wesentliche Daten(zusammenhänge) werden in einem Dashboard oder Bericht visualisiert.

Die befragten Anwender betrachten die Möglichkeit der Anbindung von Spezialsoftware für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement an eine bestehende IT-Infrastruktur wie beispielsweise ERP-Systeme als wichtiges Entscheidungskriterium für deren Einsatz. Entsprechende Optionen werden in Kapitel 2.3, Abschnitt Verknüpfung mit ERP-/BI-Softwarelösungen“ vorgestellt und diskutiert. Die Mehrheit der befragten Anwender verfügt über zu wenige oder über keine Schnittstellen zwischen der Software zur zentralen Unternehmenssteuerung und einer Software für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement, wünscht sich aber entsprechende Verknüpfungen.

Aus Sicht der befragten Anbieter von Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftwares sind Schnittstellen zwischen diesen und bereits bestehenden ERP-Systemen bei den Anwendern sinnvoller als eine vollständige Integration in ERP-Systeme. Letztere könnten die Nutzeranforderungen nicht so zielgerichtet und detailliert abbilden, wie eine spezialisierte Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware mit entsprechender Schnittstelle zu einem bestehenden ERP-System. Ein Beispiel sei die Integration zur Berechnung und Steuerung von Treibhausgasemissionen. Sollen Emissionsdaten künftig in ERP-Systeme eingehen, sei es sinnvoll, Schnittstellen zu bestehenden Softwarelösungen zur Treibhausgasbilanzierung einzurichten.

Die Forderung nach einer Integration in bestehende ERP-Systeme kommt häufig aus den IT-Abteilungen der Anwender, die ein einheitliches und gut zu verwaltendes System bevorzugten.

Fachabteilungen der Anwender hingegen befürworten in der Regel passgenauere und auf ihre Anforderungen zugeschnittene Lösungen. Diese sind als Stand-Alone-Lösung flexibler in ihrer Gestaltung, können jedoch zur Errichtung von Parallelsystemen führen und erschweren es unter Umständen, Zusammenhänge mit anderen Unternehmensdaten zu erkennen, zu knüpfen und visuell für das Finanzdashboard der Entscheidenden aufzubereiten.

Wird mehr für den Umwelt- und Klimaschutz getan, wenn ERP-/BI-Lösungen die Erfassung und Steuerung von Umweltthemen wie Energie- und Materialverbräuche oder Treibhausgasemissionen ermöglichen? Zwei Drittel der befragten Anbieter von spezialisierten Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement gehen nicht davon aus, weil allein die Erfassung und Aufbereitung der Daten nicht zu positiven Umweltauswirkungen führt. Notwendig dafür sind das Know-how von Fachpersonal sowie der Wille zur Umsetzung von und Investitionen in entsprechende Maßnahmen.

Bei den (potenziellen) Softwareanwendern ist das Stimmungsbild zu dieser Frage anders. Die Mehrheit der Befragten vertritt den Standpunkt, dass die Erfassung und Steuerung umweltrelevanter Daten in der zentralen Software zur Unternehmenssteuerung zur Verbesserung der Umweltleistung des Unternehmens beitragen kann. Als häufigster Grund für diese Ansicht wurde genannt, dass dann bei den Entscheidungstragenden oder anderen Fachbereichen das Bewusstsein für umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Aspekte erhöht werden könne. Auch die Erhöhung der Transparenz über die umweltbezogene Leistung könne dazu führen, dass Verbesserungsmaßnahmen einfacher identifiziert werden. Letzteres könnte jedoch auch durch eine alleinstehende Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware erreicht werden.

Zukünftige Herausforderungen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Themen, bei denen sich Anwender künftig eine bessere Unterstützung durch Softwarelösungen erwarten, sind unter anderen die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen und das systematische Klimamanagement, die Erstellung von Lebenszyklusanalysen sowie das Datenmanagement entlang von Lieferketten. Steigende Berichtsanforderungen und umfangreichere und detailliertere Standards, die künftig von Unternehmen erfüllt werden müssen, sind entscheidende Treiber für Softwareanbieter, um an entsprechenden Lösungen zu arbeiten.

Mit Blick auf das sich schnell ändernde regulatorische und marktwirtschaftliche Umfeld sollten Softwarelösungen hinreichend flexibel und anpassbar sein, um neue Anforderungen sowie prozedurale und strukturelle Änderungen im Unternehmen abzubilden.

Aus Sicht der Software-Anbieter ist auch in Zukunft die Auswertung und Visualisierung von Daten von zentraler Bedeutung, um diese als Grundlage nachhaltiger Unternehmensentscheidungen verfügbar zu machen. Das Ableiten von Prognosen sowie Tracking und Benchmarking von Daten mit Unterstützung künstlicher Intelligenz (KI) sowie die Datenvisualisierung in Dashboards können hierzu Anwendungsbeispiele sein. Dafür sei in erster Linie die Kompetenz zur Steuerung der Daten entscheidend und nur zweitrangig die Art der Software (Spezialsoftware oder Integration in ERP-Software).

Die Rolle des Staates zur Förderung und Unterstützung der Digitalisierung im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Vom Staat erwarten die Softwareanwender eine Politik der Standardisierung und Vereinheitlichung von Anforderungen an das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement. Zu viele unterschiedliche Rahmenwerke und Standards, insbesondere bei der Berichterstattung, erschweren die Entwicklung geeigneter Softwarelösungen.

Die Softwareanbieter interessieren sich besonders für softwarebezogene Förderungen, für Förderungen von Weiterbildungen für (Fach-)Personal sowie für Stellensubventionen im Rahmen staatlicher Unterstützungsmaßnahmen. Wenn der Staat standardisierte und langfristige Rahmenbedingungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement setzt, könnten Softwareanbieter zukünftige Anforderungen leichter voraussehen und entsprechende Softwarelösungen effizienter und effektiver entwickeln. Besonders die Übersetzung staatlicher Regularien für die operative Ebene lasse großes Unterstützungspotenzial erkennen, sowohl für Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware nutzende Unternehmen als auch für entsprechende Softwareanbieter und -lösungen.

Während die Bedeutung staatlicher Regulierung von vielen Softwareanbietern als sehr hoch eingeschätzt wird, entgegnen andere, dass die Marktanforderungen (B2B, B2C) eine weitaus bedeutendere Rolle spielen, ob und wie Unternehmen ein softwaregestütztes Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement betreiben oder nicht. Die letztgenannte Einschätzung wird von zahlreichen Softwareanwendern ebenfalls geteilt.

Summary

The research project “Digital steering tools for environmental and sustainability management” (Research code 3720 14 104 0) addresses the opportunities and risks of a rapidly digitalising world in conjunction with equally demanding ecological and social requirements for corporate sustainability management.

The sustainability-related challenges that companies face today make it necessary to test business processes and models and continuously develop them further. Environmental and sustainability-related data and information are playing an increasingly important role in the adaptation and redevelopment of business processes. Today, many companies and other organisations already collect, analyse and manage such data in environmental or sustainability management systems. The use of software solutions and digital technologies - from automation to big data to artificial intelligence - opens numerous potentials for process optimisation, decision support and improvement of environmental performance.

Existing software solutions pick up on current digitisation trends and technologies. However, they have not yet been systematically examined to determine whether and to what extent they meet the requirements organisations face with regards to deteriorating environmental conditions, dwindling resources, the increasingly clear consequences of climate change and increasing government regulations. Of particular interest is the question of the role of digital technologies in the context of environmental and sustainability management today and tomorrow. What are the benefits and challenges of integrating environmental and sustainability processes and data into general business management software, e.g. Enterprise Resource Planning (ERP)? Due to the complexity of sourcing, collection and processing of environmental and sustainability-related data, are completely new developments or stand-alone systems possibly the more appropriate way forward? At present, it can be said that there is still insufficient transparency about the possible applications and functionalities of existing software solutions for environmental and sustainability management.

Based on these thoughts the project focussed on the following research questions:

- ▶ What are the main future challenges for environmental and sustainability management, and what are the resulting requirements for supporting software solutions?
- ▶ Do the expectations and requirements of users for environmental and sustainability management software match the offerings and future plans of the developers?
- ▶ What potential do new digital technologies have for environmental and sustainability management and what are the obstacles to their practical implementation?
- ▶ What are the potentials and barriers to integrating environmental and sustainability information into Business Intelligence (BI) tools and ERP systems?

Method and Approach

The research project was based on three methodological components:

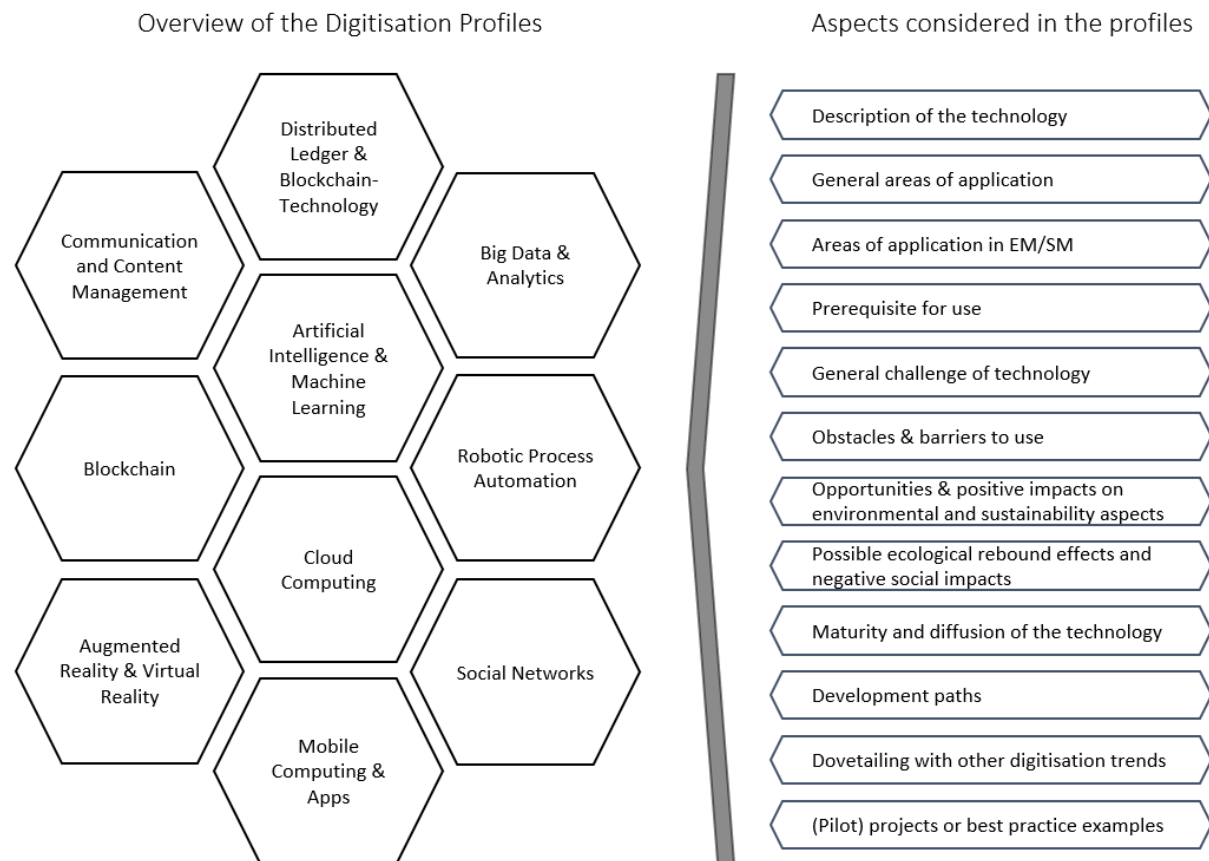
1. Literature review on possible applications of current digitisation trends and technologies

2. Market analysis with a survey and evaluation of the available software solutions for environmental and sustainability management regarding their possible applications and scope of functions
3. semi-structured interviews with software users and developers to identify potentials and barriers to the use of software solutions, new digital technologies and the integration of environmental and sustainability-related data in ERP systems and BI tools

An accompanying expert workshop supported the consolidation of the project findings gained up to that point and was able to introduce new perspectives.

To obtain a solid basis for the research project, comprehensive information on ten selected digitisation trends was collected as part of the literature research. The selection was based on the publication "Umweltmanagement und Digitalisierung - Praktische Ansätze zur Verbesserung der Umweltleistung" [5]. The information collected was then transferred into profiles of the different technologies (cf. chapter 1.1 and **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Overview of the digitisation profiles covered including the aspects considered



Parallel to this, "actor mapping" was carried out to identify those institutions from science, companies and associations that have a significant influence on the topic area.

In a market analysis (cf. chapter 1.2), the available software solutions for environmental and sustainability management as well as their application possibilities and functionalities were determined. The results were evaluated to develop an open and updatable database that supports companies and organisations in identifying suitable software solutions and creates transparency in the software market.

A criteria-based research framework was used to identify and select available software solutions. Considered were extensive software suites which cover several thematic fields as well as individual software solutions or web-based software tools. ERP systems and BI systems were also considered. Due to the many existing software solutions for the sub-areas of environmental and sustainability management, such as energy, waste or chemicals management, it was necessary to narrow down software solutions with particular relevance for the research project. Software solutions that can only be used for very limited purposes or company types were therefore not considered. The research was conducted using the software database "Captterra" [2], the "EMS-Marktspiegel" of the Energy Agency North Rhine-Westphalia [3], an open link list of the Bavarian State Ministry for the Environment and Consumer Protection [4] and by evaluating other publications not older than 2017. In addition, large consulting companies and independent consultants were surveyed using an online questionnaire about the software solutions used by their clients.

A total of 356 software solutions were identified. Of these, 100 software providers were prioritised based on criteria by the research mandate. To survey the providers, an analysis grid was developed (cf. Appendix A.4) and converted into an online questionnaire. The online questionnaire in German and English was completed and submitted a total of 103 times during the processing period between 10 May and 25 June 2021. Software providers could specify and describe up to five different software solutions. A total of 136 software solutions were recorded. On this basis, a database for software solutions for environmental and sustainability management was designed and put into operation during the project: <https://software.emas.de/>. The database is publicly accessible and free of charge and is intended to support organisations that are looking for solutions to digitalise their environmental and sustainability management (cf. chapter 1.2.3).

To address the above research questions, 37 interviews were conducted in addition to the literature research and market analysis (cf. chapter 1.3). The interviewees were divided into six target groups (organisations with environmental management and software, organisations with environmental management and without software, organisations without environmental management and without software, developers of environmental and sustainability management software, developers of general business software and others). As part of a specialist workshop held in November 2021 entitled "Digitalisation for sustainable business - The role of management software for companies", the interim results from the literature research, market analysis and interviews to date were presented to providers and users of environmental and sustainability software as well as representatives from politics, science and administration. A total of 24 people took part in the three-hour online workshop.

Results

The findings from the literature research, market analysis, interviews and the expert workshop are presented in detail in chapter 2 of this final report.

Digitalisation trends in the context of environmental and sustainability management

Identifying the potential of digital technologies in environmental and sustainability management was one of the central questions of the research project. The profiles of the ten prioritised digitalisation trends with their most important obstacles and opportunities are listed in chapter 2.1.1:

- Table 2: Factsheet on Augmented Reality & Virtual Reality
- Table 3: Factsheet on Big Data & Analytics
- Table 4: Factsheet on Cloud Computing
- Table 5: Factsheet on Distributed Ledger & Blockchain-Technology
- Table 6: Factsheet on Artificial Intelligence & Machine Learning
- Table 7: Factsheet on Mobile Computing & Apps
- Table 8: Factsheet on Social Networks
- Table 9: Factsheet on automation
- Table 10: Factsheet on Digital Platforms
- Table 11: Factsheet on Internet of Things

The fact sheets are also available on the website of the German Environment Agency (UBA) together with the brochure „Umweltmanagement und Digitalisierung - Praktische Ansätze zur Verbesserung der Umweltleistung“ [5].

As part of the market analysis, it was also determined which of the digitalisation trends examined are already being used in the providers' software solutions around environmental and sustainability management (cf. Table 12). With 65% of the examined software solutions, automation is the most frequently used at the time of the survey, followed by cloud computing (60%). Big data and mobile computing are used in 43% and 38% of the software solutions surveyed, artificial intelligence in every fourth (26%) and Internet of Things in every fifth (21%). Social networks, blockchain and augmented reality play only a subordinate role, at 7%, 4% and 3% respectively, at least so far.

Use of the various digitisation trends in the 136 software solutions evaluated

Digitisation trend/technology	Number of software solutions that use this technology
Automation	89
Cloud Computing	82
Big Data	58
Mobile Computing	51
Artificial Intelligence	35
Internet of Things	29
Social Networks	9
Blockchain	6
Augmented Reality	4

Software landscape in environmental and sustainability management

In comparison with software providers, software users have very different perceptions of the potential of selected digitalisation trends in environmental and sustainability management. While software providers see a high relevance in automation, digital platforms, cloud computing as well as big data and analytics, the Internet of Things, automation and digital platforms are seen by software users as particularly suitable for progress in environmental and sustainability management. Software providers point out that users often lack know-how for use cases of new digital technologies and that they often only use parts of existing software functions. This points to the need for software training.

It is noticeable that users focus on the potential of digitalisation in data collection, specifically via automation and the Internet of Things, for example using smart metering, which automates the previously time-consuming and error-prone manual meter reading. Software providers, on the other hand, are more focused on the potential in the areas of data analysis, such as the recognition of correlations and patterns or the derivation of trends and forecasts. Big data, analytics, artificial intelligence and machine learning play an important role here.

To obtain an overview of the existing software landscape for environmental and sustainability management, an empirical survey of corresponding software solutions available on the German market was conducted as part of the research project (cf. Chapter 1.3). From the feedback received from 103 providers for a total of 136 software products, it emerges that 71% of the software solutions do not explicitly focus on any customer group, only 17% specifically address small and medium enterprises and the remaining 12% offer solutions specialised for large or globally active companies.

According to their thematic orientation, many software solutions cover standards at a company or product level as well as certain legal regulations. This includes, among others, compatibility with the common ISO (14001, 50001) and EMAS standards as well as with the GHG Protocol and the energy audit standard DIN EN 16247 (cf. Figure 7). Compatibility with specific legal regulations, on the other hand, is only relevant for specialised software solutions. Almost all software solutions (117 of 136) are web-based, 66 solutions can be installed locally, and 33 can be used via an app. Annual licensing is provided for 99 software solutions, one-time purchase is provided for 65 solutions, and 45 solutions offer subscription models with flexible terms. Overall, the market is highly fragmented. The software products range from very specialised applications to comprehensive solutions with a broad spectrum of applications. The use cases on the user side are correspondingly diverse.

Based on the empirical survey of software solutions for environmental and sustainability management, a database was created to help users find the right software. The database with currently more than 130 entries on software and cloud services is publicly accessible and free of charge at <https://software.emas.de/>. The software products available for selection address classic environmental, energy waste and resource management, but also sustainability issues in the supply chain, employee and human rights, and risk management. Various search functions and filters enable an analysis of the range of functions and compatibility of the software products with common standards. Providers can enter and update their software solutions themselves. The entries are quality-checked before publication.

Use of business software for environmental and sustainability management

Can environmental and sustainability management become more efficient and effective using software? Can the environmental and sustainability performance of a company be improved using related software? Does it make sense to integrate environment and sustainability-related data into ERP systems or BI tools, or is setting up interfaces to specialised softwares more likely to achieve the goal? These questions were discussed in interviews with software providers and users as well as other experts (cf. chapter 2.3).

As a result, the respondents attach great importance to digitalisation and the use of software solutions for the further development of environmental and sustainability management. Especially with regards to data collection and reporting, environmental and sustainability management can be more efficient using software. However, it also became clear that software should be understood as a tool that can support the decision-making process but does not automatically lead to an improvement in a company's environmental performance.

Compared to large companies, the small and medium enterprises surveyed see less benefit in digitisation because corresponding software solutions are often tailored to larger companies. Therefore, the ratio of benefits to costs is lower for small and medium enterprises. At the same time, their representatives demand not only tailored software solutions but also lower-priced development approaches..

The companies surveyed use software solutions mainly for the collection and evaluation of data, less frequently for reporting, life cycle analyses, document management or compliance. Even though the users are mostly satisfied with the software solutions they have introduced, they see great potential for improvement, especially in their handling and user-friendliness. Available software solutions are often complex and not flexible enough to be adapted to user-specific requirements. In general, software solutions should have more interfaces to other systems already used in the company.

For the software providers, too, in addition to visualisation, increasing automation and adaptation to new and increasingly complex legal framework conditions, improved user-friendliness in particular plays the biggest role in the further development of software solutions. They assume that the full potential of a software solution can be realised through regular and better training. Even if software providers attest a new openness towards digitalisation is attested to a new generation of managers, Germany's level of digitalisation is (still) considered to be lagging.

Linking with ERP/BI software solutions

Due to the strongly increasing influence of environmental and sustainability management on corporate decisions, the linking of corresponding dedicated software solutions with already existing corporate software is of particular importance in the discourse on digitalisation. Since almost all the companies surveyed use an ERP system for central corporate management, a trouble-free and as intuitive as possible interaction with environmental and sustainability management systems is a strongly prioritised goal of many companies. The central feature of an ERP software solution is the mapping of a large part of a company's business processes in an interlinked system. This enables a cross-functional company-wide consolidation of data.

BI software solutions, on the other hand, are used to collect, analyse and process raw data from different sources. For data analysis, BI software solutions use different Big Data technologies

that relate data to each other in different ways and identify trends or patterns. The goal is to prepare and visualise data as a sound and stable basis for data-based decisions. At the same time, a BI solution enables different forms of data reporting, key data (correlations) are visualised in a dashboard or report.

The surveyed users consider the possibility of linking specialised software for environmental and sustainability management to an existing IT infrastructure, such as ERP systems, as an important decision criterion. Corresponding options are presented and discussed in chapter 2.3, section „Verknüpfung mit ERP-/BI-Softwarelösungen“. The majority of the users surveyed have too few or no interfaces between the software for central corporate management and the software for environmental and sustainability management but would like to see a corresponding link.

From the point of view of the interviewed providers of environmental and sustainability management software, interfaces between their softwares and ERP systems make more sense than a complete integration. ERP systems could not map user requirements in such a targeted and detailed way. One example is the integration for calculating and controlling greenhouse gas emissions. If emissions data are to be included in ERP systems in the future, it would make sense, from their point of view, to set up interfaces to existing software solutions for greenhouse gas balancing.

The demands for integration into existing ERP systems often come from the IT departments of the users, who prefer a uniform and easy-to-manage system. Specialist departments, on the other hand, are usually in favour of more custom-fit solutions tailored to their requirements. These may be more flexible in their design but can lead to the establishment of parallel systems and make it difficult to recognise and establish connections with other company data and to visually prepare them for the financial dashboard of the decision-makers.

Will more be done for environmental and climate protection if ERP/BI solutions were used to record and control environmental issues such as energy and material consumption or greenhouse gas emissions? Two-thirds of the surveyed providers of specialized software solutions for environmental and sustainability management do not assume this, because the collection and processing of data alone would not lead to positive environmental impacts. What is needed, from their perspective, is the know-how of specialised personnel as well as the will to implement and invest in appropriate measures.

Among (potential) software users, the mood on this question is different. The majority of respondents take the position that the collection and control of environmentally relevant data in the central software for corporate management can contribute to the improvement of the company's environmental performance. The awareness of environmental and sustainability-related aspects among decision-makers could be increased as a result.

Future challenges in environmental and sustainability management

Topics where users expect better support from software solutions in the future include greenhouse gas emissions accounting and systematic climate management, the creation of life cycle analyses and data management along supply chains. Increasing reporting requirements and more comprehensive and detailed standards that companies will have to meet in the future are decisive drivers for software providers to work on corresponding solutions.

Given the rapidly changing regulatory and market environment, software solutions should be sufficiently flexible and adaptable to accommodate new requirements as well as procedural and structural changes in the company.

From the point of view of the software providers, the evaluation and visualisation of data will continue to be of central importance in the future in order to make it available as a basis for sustainable corporate decisions. Deriving forecasts as well as tracking and benchmarking of data with the support of artificial intelligence (AI) and data visualisation in dashboards can be examples of applications for this. For this, the competence to control the data is primarily decisive and only secondarily the type of software (special software or integration in ERP software).

The role of the state in promoting and supporting digitalisation in environmental and sustainability management

From the state, software users expect a policy of standardisation and harmonisation of environmental and sustainability management requirements. Too many different frameworks and standards, especially in corporate reporting, make it difficult to develop suitable software solutions.

Software providers are particularly interested in software-related subsidies, subsidies for further training for (technical) staff, and job subsidies as part of government support measures. If the state set standardised and long-term framework conditions for environmental and sustainability management, software providers could more easily anticipate future requirements and develop corresponding software solutions more efficiently and effectively. In particular, the translation of government regulations for the operational level shows great potential for support, both for companies using environmental and sustainability management software and for corresponding software providers and solutions.

While the importance of government regulation is considered very high by many software providers, others counter that market requirements (B2B, B2C) play a far more significant role in whether and how companies operate software-based environmental and sustainability management. The latter assessment is also shared by numerous software users.

1 Einleitung und Zielsetzung

Für Unternehmen wird es zunehmend wichtiger nachhaltigkeitsrelevante Daten zu gewinnen und bei ihren strategischen und operativen Entscheidungen zu berücksichtigen. Die Erfassung, Analyse und Steuerung dieser Daten im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement kann durch neue digitale Technologien und den Einsatz von Softwarelösungen unterstützt werden. Gleichzeitig sind aus der Unternehmenspraxis Hemmnisse und Herausforderungen eines entsprechenden Softwareeinsatzes bekannt.

Inwieweit das bestehende Angebot an Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bereits neue digitale Technologien aufgreift und diese damit auch in Unternehmen und anderen Organisationen praktisch verfügbar machen, wurde noch wenig systematisch untersucht. In diesem Kontext stellt sich auch die Frage, welchen Anforderungen Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware im Hinblick auf die unternehmerischen Herausforderungen sich verknappender Ressourcen, einem sich zusehends verschlechternden Umweltzustands, immer deutlich werdenden Folgen des Klimawandels und zunehmender staatlicher Regulierung künftig genügen muss, und welche Rolle dabei digitale Technologien spielen können. Die bislang oft begrenzte Berücksichtigung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen in der zentralen Unternehmenssteuerung, wirft zudem die Frage auf, ob und wie eine Integration von nachhaltigkeitsbezogenen Informationen in Enterprise-Resource-Planning-Systeme (ERP-Systeme) deren Steuerungsrelevanz erhöhen kann.

Ziel des Forschungsprojekts „Digitale Steuerungsinstrumente für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement“ war es daher einerseits die Transparenz über die angebotenen Softwarelösungen für das Umwelt und Nachhaltigkeitsmanagement zu erhöhen und andererseits einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Softwareangebots für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zu leisten.

Hierfür wurden zunächst Einsatzmöglichkeiten aktueller Digitalisierungstrends für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement untersucht. Anschließend wurden die am deutschsprachigen Markt verfügbaren Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement erhoben und systematisch anhand ihres Funktionsumfangs analysiert und ausgewertet.

Darauf aufbauend wurde eine Interviewreihe mit Anwendern und Anbietern² von Softwarelösungen durchgeführt, mit der die folgenden Fragestellungen beantwortet werden sollten:

- ▶ Was sind die wesentlichen künftigen Herausforderungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und welche Anforderungen ergeben sich daraus für unterstützende Softwarelösungen?
- ▶ Passen die Erwartungen und Anforderungen von Anwendern an Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware zu den Angeboten und Zukunftsplänen der Entwickler?
- ▶ Welche Potenziale haben neue digitale Technologien für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und welche Hemmnisse bestehen für ihre praktische Umsetzung?

² Die Bezeichnung Anbieter beschreibt hier und im Folgenden – ebenso wie die Bezeichnung Anwender und Entwickler – keine Personen, sondern am Markt handelnde Akteursgruppen. Daher wird bei diesen Bezeichnungen auf eine gendergerechte Sprache verzichtet.

- Welche Potenziale und Hemmnisse bestehen für die Integration von Umwelt- und Nachhaltigkeitsinformationen in BI-Tools und ERP-Systeme?

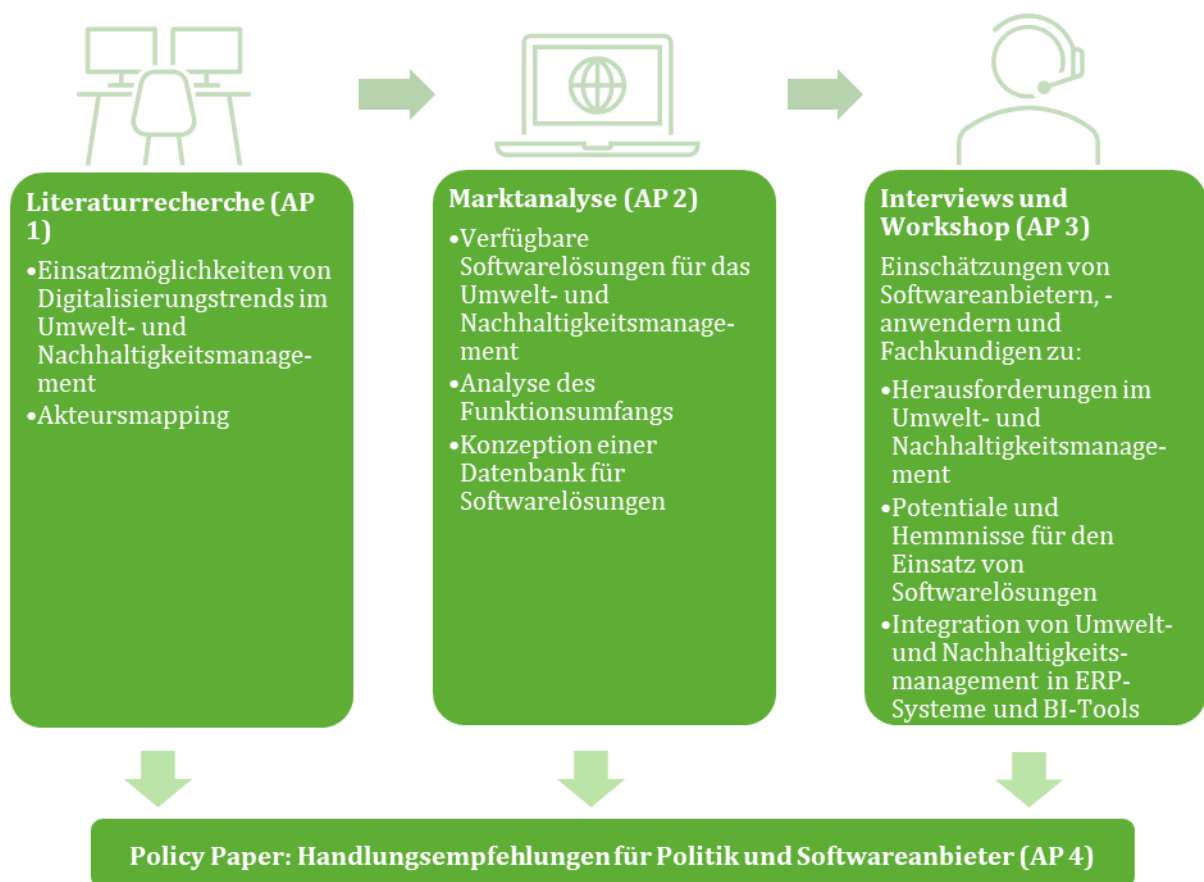
Im Ergebnis wurden Handlungsempfehlungen entwickelt, wie der Einsatz von Softwarelösungen einen Beitrag zum ökologischen und sozialen Wandel in unternehmerischen Prozessen leisten kann und wie der digitale Wandel im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement mittels geeigneter Softwarelösungen unterstützt werden kann.

Im vorliegenden Abschlussbericht werden die angewandten Methoden und Vorgehensweisen erläutert (vgl. Kapitel 1) und die im Rahmen des Projektes erarbeiteten empirischen Ergebnisse dargestellt (vgl. Kapitel 2). Die Diskussion der Ergebnisse in Hinblick auf die Forschungsfragen und die Ableitung von Handlungsempfehlungen für Politik und Softwareentwickler erfolgt in einem separat veröffentlichtem Policy Paper [1].

1 Methode und Vorgehen

Das Forschungsprojekt bestand aus drei Arbeitspaketen (AP). Zunächst wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um Einsatzmöglichkeiten neuer digitaler Technologien und aktueller Digitalisierungstrends für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zu untersuchen. Anschließend erfolgte eine Marktanalyse, bei der die verfügbaren deutschsprachigen Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement erhoben und systematisch anhand ihres Funktionsumfangs analysiert und ausgewertet wurden. Im dritten AP wurden Befragungen unter Softwareanwendern sowie -entwicklern und anderen Experten aus dem Bereich Digitalisierung durchgeführt, um die Potenziale und Hemmnisse für den Einsatz neuer digitaler Technologien und zur verstärkten Verzahnung von Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware mit ERP-Systemen und BI-Tools zu ermitteln. Ergänzend wurde ein Fachworkshop durchgeführt, um die bis dahin gewonnen Projekterkenntnisse zu konsolidieren und zu ergänzen. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die in einem Policy Paper [1] ausführlich diskutiert werden.

Abbildung 1: Überblick Arbeitspakete, Vorgehensweise und Methoden



Quelle: eigene Darstellung, Arqum

1.1 Literaturrecherche zu Digitalisierungstrends

Ziel des ersten AP war es, aufbauend auf der Analyse von Pagano und Krause [5] eine umfassende Recherche über aktuelle Digitalisierungstrends und -technologien sowie deren Einsatzmöglichkeiten im Bereich Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement durchzuführen. Hierfür wurden Steckbriefe zu den folgenden Digitalisierungstrends bzw. -technologien erstellt:

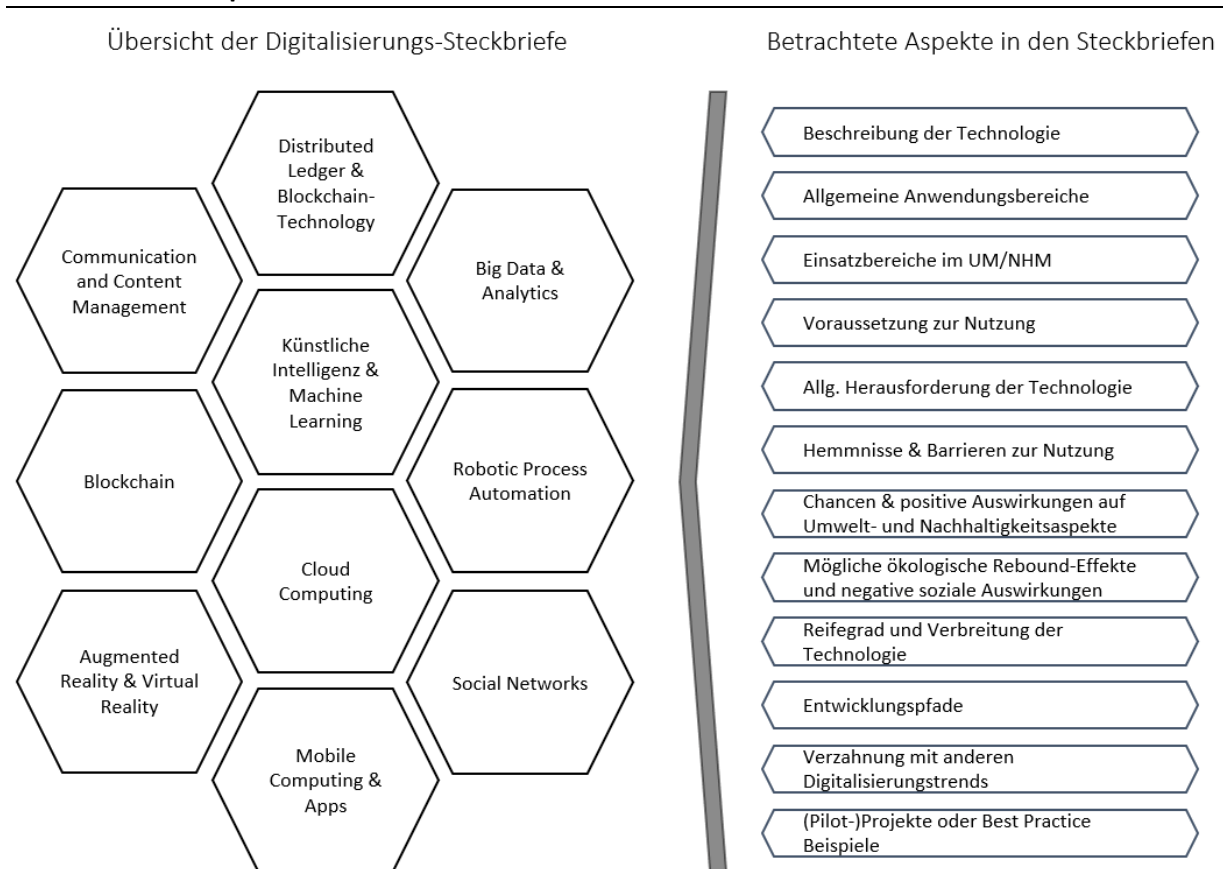
- ▶ Augmented Reality & Virtual Reality
- ▶ Automatisierung
- ▶ Big Data & Analytics
- ▶ Distributed Ledger & Blockchain-Technologie
- ▶ Cloud Computing
- ▶ Digitale Plattformen
- ▶ Internet of Things
- ▶ Künstliche Intelligenz & Machine Learning
- ▶ Mobile Computing & Apps
- ▶ Social Networks

Bei der Erarbeitung der Steckbriefe wurden u.a. folgende Aspekte berücksichtigt:

- ▶ Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich nicht nur aus einer digitalen Technologie, sondern auch aus der Verknüpfung von zwei oder mehreren Technologien.
- ▶ Digitale Technologien haben unterschiedliche Reifegrade, die bei der Bewertung der Anwendungsmöglichkeiten zu berücksichtigen sind.
- ▶ Verschiedene Branchen können unterschiedlich starken Nutzen aus der Anwendung digitaler Technologien ziehen.
- ▶ Neben Potenzialen gibt es für die Anwendung digitaler Technologien auch grundlegende Hemmnisse, die es zu überwinden gilt.

Auf dieser Basis wurde eine einheitliche Struktur der Steckbriefe erarbeitet, die in Abbildung 2, dargestellt ist.

Abbildung 2: Übersicht der behandelten Digitalisierungs-Steckbriefe inklusive der betrachteten Aspekte



Quelle: eigene Darstellung, Arqum

Die Steckbriefe wurden im Rahmen einer ausführlichen Literatur- und Dokumentenrecherche erstellt. Dabei wurden folgende Quellen einbezogen und systematisch hinsichtlich der zuvor genannten Zielstellung ausgewertet:

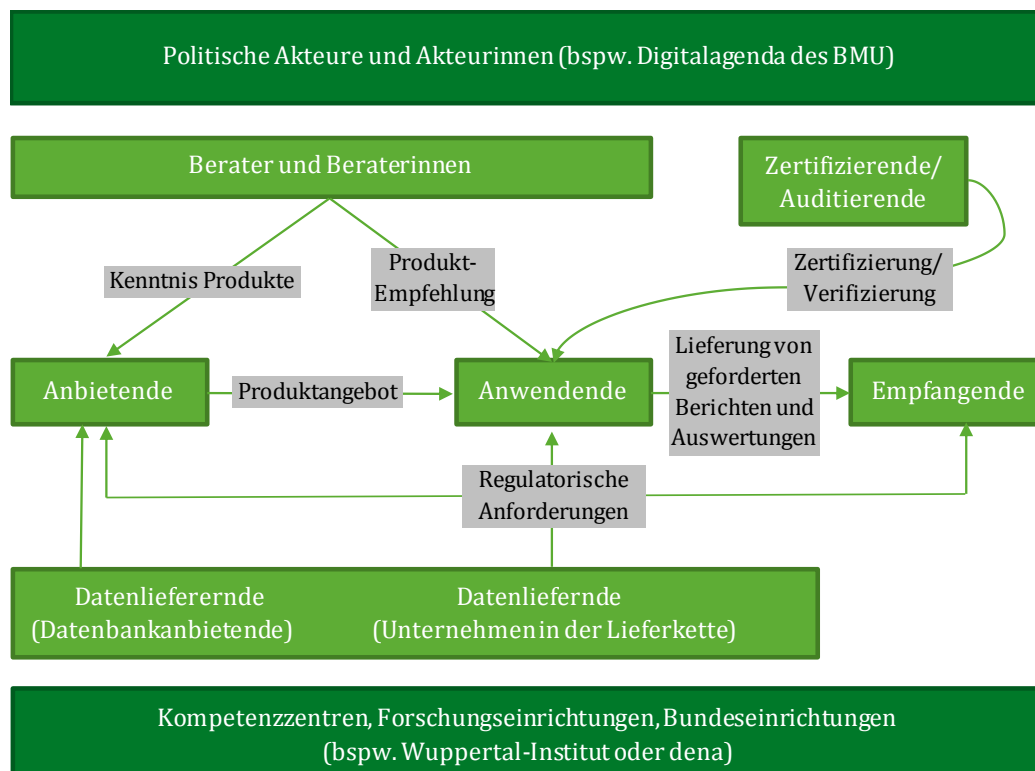
- Wissenschaftliche Veröffentlichungen
- Graue Literatur
- Nicht veröffentlichte wissenschaftliche Papiere/Studien
- Nutzbare Zwischenergebnisse laufender Projekte
- Zwischenergebnisse aus Pilotprojekten, welche ggf. in Unternehmen aktuell laufen
- Ergebnisse aus Umfragen (z.B. von Verbänden)

Die Quellen sind im jeweiligen Steckbrief kenntlich gemacht.

Nach erstmaliger Erarbeitung wurden die Steckbriefe einem intensiven internen Reviewprozess unterzogen, wobei die Inhalte von den verschiedenen Beteiligten des Projektkonsortiums hinterfragt und um deren Fachexpertise ergänzt wurden. Die Konzeption der Steckbriefe wurde darüber hinaus durch die fachlichen Beiträge des Umweltbundesamtes (UBA) begleitet. Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass die erarbeiteten Steckbriefe keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Vielmehr sollen sie einen Überblick zu Einsatzmöglichkeiten digitaler Trends und Technologien im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bieten.

Über die Betrachtung von Digitalisierungstrends bzw. -technologien sowie deren Einsatzmöglichkeiten im Bereich Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement hinaus sollte festgestellt werden, welche Organisationen die Forschung und Umsetzung in diesem Feld maßgeblich prägen. Parallel zur Erarbeitung der Steckbriefe wurde ein „Akteursmapping“ durchgeführt. Im Rahmen der Literatur- und Internetrecherche wurde ein Überblick relevanter Akteure und Akteurinnen im Bereich der untersuchten Digitalisierungstrends erstellt. Außerdem wurde das breit aufgestellte Netzwerk des Projektkonsortiums durchleuchtet. Hierbei wurden u.a. Vertretende aus Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Verbänden sowie Anbieter bzw. Entwickler von Software erfasst, welche die Diskussion bzw. Entwicklung von digitalen Lösungen für das unternehmerische Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement vorantreiben bzw. in diesem Kontext relevant sind. Die Übersicht der Akteure und Akteurinnen wurde als Grundlage zur Auswahl der interviewten Personen und Teilnehmenden des Fachworkshops verwendet. Abbildung 3 stellt eben diese Zusammenhänge zwischen regulatorischen Anforderungen, Angebot von und Nachfrage nach Softwarelösungen mit Bezug auf Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement dar.

Abbildung 3: Darstellung relevanter Akteure und Akteurinnen und deren Zusammenhänge



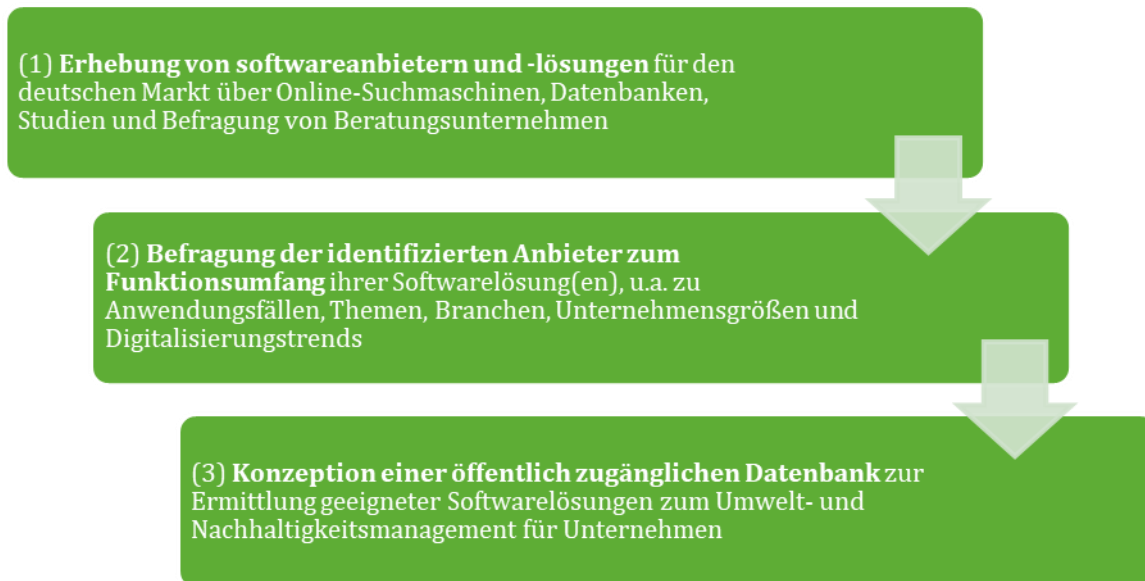
Quelle: eigene Darstellung, Arqum

1.2 Marktanalyse

Nach der Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten aktueller Digitalisierungstrends im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement wurde eine umfassende Marktanalyse durchgeführt (Abbildung 4). Ziel war es zu ermitteln, welche Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement sowie dessen Teilbereiche bereits auf dem Markt verfügbar sind. Zudem sollte analysiert werden, welche Funktionen und Anwendungsmöglichkeiten die identifizierten Softwarelösungen bieten. Die Ergebnisse sollten so ausgewertet werden, dass daraus eine offene und aktualisierbare Datenbank aufgebaut werden kann, die Betrieben und

Organisationen dabei hilft, geeignete Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement nach ihren Bedarfen zu finden.

Abbildung 4: Arbeitsschritte der Marktanalyse zu bestehenden Softwarelösungen



Quelle: eigene Darstellung, Arqum

1.2.1 Erhebung von Softwareangeboten

Für die systematische Erhebung der Anbieter bzw. Softwarelösungen wurde zunächst ein Untersuchungsrahmen definiert, der die Kriterien und methodische Vorgehensweise zur Recherche und Auswahl der am Markt verfügbaren Softwarelösungen festlegt. Folgende Softwarelösungen wurden im Rahmen der Marktanalyse berücksichtigt:

- ▶ Cloubasierte (Online) Lösung oder Desktopversion (lokal installiert)
- ▶ Softwaresuiten, ERP-Systeme, BI-Tools, Einzellösungen (z.B. „Rechner“ bzw. Onlinetools)

Insbesondere durch die Vielzahl an Softwarelösungen für Teilbereiche des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements (z.B. im Abfall-, Energie- oder Chemikalienmanagement) war eine Eingrenzung auf Softwarelösungen, die für das Forschungsvorhaben von besonderer Relevanz sind, notwendig. Die Relevanz ergibt sich aus der Anwendbarkeit für das betriebliche Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement. Folgende Softwarelösungen werden als relevant eingestuft:

- ▶ Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement gemäß Eigenbezeichnung durch die Anbieter (möglich sind auch synonyme Bezeichnungen wie Sustainability Management, Environmental Management, CSR Management, etc.)
- ▶ Softwarelösungen, die Teilbereiche des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement abdecken können und konkret für den Einsatz im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement benannt sind. Beispiel: Eine Softwarelösung für Compliance- oder Risikomanagement wird grundsätzlich nur in die Erhebung einbezogen, sofern sie explizit für den Einsatz im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement angeboten wird.

Recherche mittels Online-Suchmaschinen

Die am Markt verfügbaren Softwarelösungen wurden zunächst über Online-Suchmaschinen ermittelt. Die verwendete Suchmaschine Google hatte im Jahr 2020 einen Marktanteil von über 91% in Deutschland. Aufgrund dieser Dominanz werden Webseiten in der Regel auf die Auffindbarkeit in Google optimiert. Testdurchläufe in anderen Suchmaschinen wie Ecosia, Bing und Yahoo ergaben zudem, dass sehr ähnliche Treffer, nur in geänderter Reihenfolge, generiert werden. Auf dieser Grundlage wurde die Online-Recherche über Google als zielführend und ausreichend eingestuft.

Die Suche erfolgte mittels vordefinierter Keywords und Kombinationen. Die Kombination und Reihenfolge ergab sich aus den Suchregeln, welche von Google festgelegt sind. Die verwendeten Suchkombinationen sind dem Anhang A.1 zu entnehmen. Alle Einträge wurden bis einschließlich Seite 5 berücksichtigt. Die Trefferanzahl je Seite variierte je nach Keyword und Kombination aufgrund von zusätzlich eingeblendeten Anzeigen, Schlagzeilen etc. Die angezeigten Einträge wurden vom Rechercheteam direkt nach eigener Einschätzung in explizit dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bzw. Teilbereichen dienliche Lösungen eingestuft und entsprechend in die Erfassungsliste aufgenommen.

Recherche mittels Datenbanken

Als weitere Quelle der Software-Recherche wurde in Softwaredatenbanken recherchiert. Für die Erhebung wurden die Datenbank „Capterra“ [2] und der EMS-Marktspiegel der Energieagentur NRW [3] betrachtet. Für die Recherche in der Capterra-Datenbank wurden die Filteroptionen bzw. Suchoptionen der Datenbanken genutzt und alle Einträge gesichtet. Die angezeigten Einträge wurden vom Rechercheteam direkt nach eigener Einschätzung in explizit dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bzw. Teilbereichen dienliche Lösungen eingestuft und entsprechend in die Erfassungsliste aufgenommen. Dabei wurden die Filter bzw. Schlagwörter *Umweltmanagement Software* und *Nachhaltigkeitssoftware* verwendet. Bei der Recherche in der EMS-Datenbank wurde der beim Aufruf der Seite angezeigte Fragebogen zur Filterung der Softwarelösungen nicht ausgefüllt, sondern direkt die Trefferliste aufgerufen. Alle 47 hierbei generierten Treffer wurden übernommen.

Recherche mittels Publikationen

Ergänzend zur Online- und Datenbank-Recherche und insbesondere um sicherzustellen, dass relevante Softwarelösungen nicht vernachlässigt wurden, wurden zusätzlich wissenschaftlich fundierte Publikationen mit einem Veröffentlichungsjahr ab 2017 sowie die „Offene Link-Liste“ des Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz [4] mit Stand 2016 herangezogen. Zudem wurde eine umfangreiche Wettbewerberanalyse durchgeführt. Die für die Recherche als relevant identifizierten Studien und Marktanalysen sind dem Anhang A.2 zu entnehmen.

Befragung von Beratungsunternehmen

Zusätzlich zu bereits benannten Recherchequellen wurden 36 Beratungsunternehmen bzw. solo-selbstständige Beraterinnen und Berater für Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement per E-Mail kontaktiert und mittels Online-Fragebogen dazu befragt, mit welchen Softwarelösungen sie selbst sowie ihre Kundschaft arbeiten. Durch die Abdeckung von großen Beratungsunternehmen bis hin zu kleinen Beratungsbüros wurde die gesamte Bandbreite an verschiedenen Unternehmensgrößen und Anwendungsfällen der Kunden und Kundinnen abgedeckt. Eine Liste der kontaktierten Beratungen ist im Anhang A.3 einsehbar.

1.2.2 Analyse des Funktionsumfangs

Anhand der identifizierten Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement sollte untersucht werden, welche Anwendungsfälle, Themen, Unternehmensgrößen und Branchen durch das bestehende Softwareangebot am häufigsten bedient werden oder in welche Richtung sich bestehende Angebote entwickeln. Auch Digitalisierungstrends und neue Technologien sowie die Möglichkeiten der Anbindung neuer digitaler Technologien an bestehende Systeme bzw. mögliche Hindernisse der Anbindung und Implementierung wurden untersucht.

Um den Funktionsumfang der ermittelten Softwarelösungen systematisch auszuwerten, wurde ein Analyseraster erarbeitet, welches als Grundlage für die Befragung der Anbieter diente. Dieses umfasst und strukturiert alle Informationen, die im Rahmen der Online-Befragung abgefragt wurden.

Zu folgenden Themenbereichen wurden Frageblöcke ausgearbeitet:

- ▶ Allgemeine Daten zum Unternehmen
- ▶ Kontaktmöglichkeiten zum Vertrieb
- ▶ Allgemeine Angaben zur Softwarelösung
- ▶ Kundengruppenfokus
- ▶ Branchenfokus
- ▶ Bereits in Softwarelösung angewandte Digitalisierungstrend-Technologie
- ▶ Einsatzbereiche der Softwarelösung
- ▶ Anwendungsbereiche und Funktionen der Softwarelösung
- ▶ Kompatibilität mit Standards und Normen
- ▶ Verfügbarkeit der Softwarelösung
- ▶ Schnittstellentechnik
- ▶ Support
- ▶ Datenschutz und -sicherheit
- ▶ Softwarekosten und -einführung

Das finalisierte Analyseraster wurde als Online-Befragung in Deutsch und Englisch aufgesetzt (jeweils ein Fragebogen). Zusätzlich wurde eine Startseite mit allgemeinen Informationen sowie eine Seite mit Anwendungshinweisen eingefügt. Neben den Informationen zu den oben aufgeführten Themenblöcken, wurden auch offene Fragen, u.a. zur Berücksichtigung von Digitalisierungstrends und Einschätzung zur Entwicklung des Marktes in die Online-Befragung Fragen integriert.

Das Analyseraster in zusammengefasster Form ist im Anhang A.4 einsehbar.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollten 100 Softwareangebote detailliert ausgewertet werden. Von den 356 ermittelten Softwarelösungen wurden daher 100 Anbieter priorisiert. Dabei wurde der Fokus auf Softwarelösungen mit den folgenden Merkmalen gelegt:

- ▶ Verwendung für das Umwelt-, Energie-, THG-, Nachhaltigkeitsmanagement
- ▶ Produktdesign, Reporting
- ▶ Supply-Chain-Management
- ▶ kein Branchenfokus
- ▶ Sprache mindestens Deutsch
- ▶ Managementsystemlösungen
- ▶ Teillösungen

Um möglichst viele der priorisierten Anbieter zur Teilnahme an der Online-Befragung zu motivieren, wurden sie per Email zur Teilnahme an einer von zwei Online-Sessions zur Vorstellung des Forschungsprojekts und des Analyserasters eingeladen. Im Rahmen der Online-Sessions wurde außerdem Feedback der teilnehmenden Anbieter eingeholt und die Online-Befragung darauf basierend angepasst und finalisiert. Der Link zur Online-Befragung wurde anschließend an alle Anbieter der recherchierten 356 Softwarelösungen mit einer Einladung zur Teilnahme versendet. Die Anzahl und Qualität der Rückmeldungen wurden regelmäßig überprüft und Rückfragen beantwortet. Um eine hohe Datenqualität bei den priorisierten Softwarelösungen zu erhalten, wurden die Anbietern auch persönlich durch Telefonate zur Teilnahme motiviert.

Der Online-Fragebogen (Deutsch & Englisch) wurde im Bearbeitungszeitraum vom 10. Mai bis 25. Juni 2021 insgesamt 103 mal ausgefüllt und abgesendet. Insgesamt verzeichnete die Befragung 235 einzigartige Besuche und davon 133 Abbrüche. Der Fragebogen wurde so aufgebaut, dass Anbieter bis zu fünf verschiedene Softwarelösungen angeben und beschreiben konnten. Im Rahmen der 103 ausgefüllten Fragebögen wurden so 136 Softwarelösungen erfasst. Insgesamt gab es 79 Anbieter mit einer Softwarelösung, 15 Anbieter mit zwei Softwarelösungen und 9 Anbieter mit drei Softwarelösungen.

Nach Beendigung des Befragungszeitraums wurden die Rohdaten exportiert und der Datensatz so aufgearbeitet, dass eine Übersichtlichkeit der Daten sowie die Ableitung von Erkenntnissen aus dem Datensatz ermöglicht wurde. Hierbei wurden keine Angaben verändert, sondern lediglich Anpassungen zur besseren Übersichtlichkeit des Datensatzes, insbesondere auch im Hinblick auf die Grundlage der Daten für die geplante Softwaredatenbank (vgl. Kapitel 1.2.3) optimiert. Die Auswertungsergebnisse sind in Kapitel 2.2 dargestellt.

1.2.3 Konzipierung einer Datenbank für Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement-Software

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollte ein Konzept für eine öffentlich zugängliche und für die Aktualisierung und Erweiterung offene Datenbank erstellt werden, über die Softwarelösungen mit Einsatzbereichen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement auffindbar sind. Die Datenbank sollte über die Webseite www.emas.de abrufbar sein. Die definierte Zielgruppe der Datenbank sind Personen, die sich mit dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement befassen und geeignete digitale Lösungen suchen, jedoch keine IT-Fachkundigen sind.

Im Datenbankkonzept wurden zunächst die Ziel- und Anwender-Gruppen beschrieben. Hierbei wurde zwischen den Zielgruppen Klassische*r Umweltschutzbeauftragte*r, Nachhaltigkeitsmanager*in und Einsteiger*in in das Thema, sowie den Anwender-Gruppen

Anbieter und Administratoren unterschieden. Bei der Konzeptionierung der Datenbank wurde darauf geachtet einen einfachen und verständlichen Zugang für die Zielgruppen zu bestehenden Softwareangeboten zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zu bieten. Einträge der Datenbank sollten nach Branchen, bestimmten Anwendungsfällen (Dokumentation, Berichterstattung, Datenmanagement, Lieferkette, Footprinting etc.), weiteren Softwarefunktionalitäten (Support, Schnittstellen etc.) und Kosten gefiltert bzw. sortiert werden können. Des Weiteren sollte für Anbieter die Möglichkeit bestehen, Einträge zu ihren Produkten eigenhändig zu aktualisieren, neue Produkte einzutragen oder veraltete Produkte zu entfernen bzw. entfernen zu lassen. Bei der Konzeptionierung wurde außerdem die notwendige Plausibilitätsprüfung und Freigabe von Einträgen und Änderungen vor Veröffentlichung von der Geschäftsstelle des Umweltgutachterausschusses (Betreiberin der Website www.emas.de) beachtet.

Zusätzlich zur ausführlichen Filtermöglichkeit über verschiedene Kriterien wurde ein Konzept für einen „Quickfinder“ entwickelt. Ziel des Quickfinder ist es, die Websitebesucherinnen und -besucher persönlich anzusprechen, mittels Fragebogen den persönlichen Bedarf zu ermitteln und passende Produkte oder Lösungen anzubieten. Die erleichterte Handhabung für die Websitebesucherinnen und -besucher, welche geringe Erfahrung oder Affinität mit webbasierten Datenbanksystemen haben, wurde mit konzeptioniert. Der Quickfinder sollte zudem eine passgenauere Filterung und damit Anzeige von Ergebnissen sowie Informationen über die Nachfragen der Websitebesucherinnen und -besucher für die Geschäftsstelle des UGA ermöglichen.

Das Konzept für die Datenbank wurde im Rahmen von Workshops und im Austausch zwischen dem Umweltbundesamt, dem Umweltgutachterausschuss und dem Projektkonsortium entwickelt. Die technische Umsetzung erfolgte durch die Geschäftsstelle des UGA.

1.3 Interviews und Fachworkshop

1.3.1 Interviews

Um die Zwischenergebnisse der Literaturrecherche und der Marktanalyse um fachliche Expertise, praktische Erfahrungen und Ansichten von Softwareanwendern und -entwicklern zu ergänzen, wurden insgesamt 37 (semi-)strukturierte Interviews durchgeführt. Die Befragungen sollten weitere Erkenntnisse zu folgenden übergeordneten Fragen liefern:

- ▶ Was sind die wesentlichen künftigen Herausforderungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und welche Anforderungen ergeben sich daraus für unterstützende Softwarelösungen?
- ▶ Passen die Erwartungen und Anforderungen von Anwendern an Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware zu den Angeboten und Zukunftsplänen der Entwickler?
- ▶ Welche Potentiale haben neue digitale Technologien für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und welche Hemmnisse bestehen für ihre praktische Umsetzung?
- ▶ Welche Potentiale und Hemmnisse bestehen für die Integration von Umwelt- und Nachhaltigkeitsinformationen in BI-Tools und ERP-Systeme?

Für die Interviews wurden insgesamt sechs Zielgruppen festgelegt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zielgruppen für die Interviews und Anzahl angefragter und durchgeführter Interviews

Ziel- gruppe Nr.	Zielgruppe	Anzahl angefragter Interviews	Anzahl durchgeführter Interviews
1	Organisationen, die ein Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement betreiben und zugleich Anwender dezidierter Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware sind	24	9
2	Organisationen, die ein Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement betreiben, aber keine entsprechenden Softwarelösungen nutzen	17	8
3	Organisationen, die kein dezidiertes Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement betreiben und keine entsprechenden Softwarelösungen nutzen	20	3
4	Entwickler dezidierter Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware	19	13
5	Entwickler von ERP- und BI-Lösungen	56	2
6	Sonstige einschlägige Fachkundige, Akteure und Akteurinnen	15	2
	GESAMT	151	37

Bei der Ermittlung der Interviewpartnerinnen und -partner wurde vornehmlich das Netzwerk und der Kundenstamm des Projektkonsortiums genutzt. Weitere relevante Personen, insbesondere der Zielgruppe 6, wurden durch gezielte Internetrecherche identifiziert. Generell wurde so weit wie möglich auf eine gleichmäßige regionale Verteilung und Größenverteilung (KMU/Nicht-KMU) geachtet. Die vertretenen Branchen umfassen das produzierende Gewerbe, Banken und Versicherungen, Öffentliche Verwaltung, sowie Telekommunikation und Energieversorgung. Die Unternehmensgröße der potenziellen Anwender (Zielgruppe 1 bis 3) reichte von 160 bis zu mehr als 30.000 Mitarbeitenden. Die befragten Anbieter (Zielgruppe 4 und 5) haben zwischen weniger als 10 bis zu über 300 Mitarbeitende. Ihre genannten Kunden umfassen sämtliche Betriebe von KMU bis zu global agierenden Konzernen.

Für die dritte Zielgruppe wurden initial 10 Unternehmen angefragt. Da im ersten Anlauf keine positiven Rückmeldungen eingingen, wurde die Ansprache von Betrieben initiiert, die am ÖKOPROFIT® Einsteiger Programm teilnehmen. ÖKOPROFIT ist eine niederschwellige Form des betrieblichen Umweltmanagements, bei der nach einer Gutachtendenprüfung eine Auszeichnung erfolgt. Da sich die befragten Organisationen noch im Aufbau des Umweltmanagements befanden und noch keine Auszeichnung erhalten hatten, wurden diese als Organisationen ohne

dezidiertes Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement betrachtet. Von den ÖKOPROFIT-Einsteigern wurden weitere 10 Unternehmen angefragt und mit 3 Unternehmen ein Interview durchgeführt.

In Zielgruppe 4 konnten insgesamt 13 Entwickler interviewt werden.

Es wurden insgesamt 56 Anbieter der Zielgruppe 5 (Entwickler von ERP- und BI-Lösungen) mit einer Interviewanfrage kontaktiert. Von 7 Anbietern erfolgte eine Absage entweder ohne Grund oder mit den Gründen, dass Umwelt bzw. Nachhaltigkeit keines ihrer Schwerpunktthemen sei, sie sich nicht als geeignete Interviewpartner sähen oder aus Zeitmangel nicht teilnehmen könnten. Von weiteren 47 Anbietern erfolgte keine Reaktion. Mit zwei Anbietern der Zielgruppe 5 wurden Interviews geführt, jedoch wird die Aussagekraft der Interviewergebnisse als nicht sehr hoch und nicht besonders zielführend hinsichtlich der Fragestellungen bewertet. Von einer Auswertung dieser beiden Interviews wurde daher abgesehen. Stattdessen wurde als alternative Maßnahme eine Kurzbefragung innerhalb der Zielgruppe 5 durchgeführt. Dafür wurden 20 Anbieter der Zielgruppe 5 ausgewählt und per E-Mail mit folgender Fragestellung kontaktiert: „Ist Ihre Software auch im Themenfeld Umwelt/Nachhaltigkeit einsetzbar (z.B. relevante Kennzahlen erfassen, interne Prozesssteuerung, Reporting,...)?“.

15 potenzielle Interviewpartner der Zielgruppe 6 wurden initial kontaktiert. Mit zwei Personen konnte ein Interview durchgeführt werden.

Um die Interviews in einer geordneten und einheitlichen Form durchführen zu können, wurde für die Zielgruppen der Anwender und die Zielgruppen der Anbieter je ein Gesprächsleitfaden (vgl. Anhang A.5) entwickelt. Diese bildeten die Grundlage der Gesprächsführung in den jeweiligen Interviews. Folgende Themen wurden durch beide Leitfäden abgedeckt:

- ▶ Einführung und Hintergrund des Projektes
- ▶ Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und Digitalisierung
- ▶ Einsatz von Digitalisierungstrends bzw. digitale Technologien
- ▶ Einsatz von Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bzw. zur zentralen Unternehmenssteuerung (ERP-/BI-Lösungen)
- ▶ Prozess der Einführung der Software
- ▶ Steuerungsrelevanz und Schnittstellen
- ▶ Herausforderungen

Auch wenn die genauen Fragen an die jeweilige Zielgruppe angepasst wurden, wurde dennoch auf eine weitgehende Übereinstimmung der Fragen geachtet, damit die Ergebnisse später gegenübergestellt werden konnten (vgl. Kapitel 2).

1.3.2 Fachworkshop

Im November 2021 wurde ein digitaler Fachworkshop unter dem Titel „Digitalisierung für nachhaltiges Wirtschaften – Die Rolle von Managementsoftware für Unternehmen“ durchgeführt. An dem dreistündigen Workshop nahmen Vertretende aus Politik und Wissenschaft, sowie Anbieter und (potenzielle) Anwender von Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware sowie ERP-Systeme teil. Zusätzlich zu den Vertretenden des UBA und dem Projektkonsortium nahmen insgesamt 24 externe Personen am Workshop teil.

Der Workshop diente dazu, die erarbeiteten Zwischenergebnisse aus der Literaturrecherche, der Marktanalyse und den Interviews im Hinblick auf die zu erstellenden Handlungsempfehlungen zu diskutieren und zu konsolidieren bzw. noch weitere Erkenntnisse aufzunehmen. Nach kurzen thematischen Inputs verschiedener Akteurinnen und Akteure (Politik, Anwender, ERP-Anbieter, Anbieter für Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware), wurden die bereits gewonnenen Erkenntnisse aus den vorigen Projektschritten präsentiert und diskutiert. Zudem wurden in moderierten Kleingruppen folgende Themen diskutiert:

- ▶ Zusammenspiel von Software-Detaillösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und ERP-Systemen
- ▶ Informationsasymmetrien zwischen Softwareanwendern und -anbietern: Die Rolle neuer digitaler Technologien für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement
- ▶ Schnelllebigkeit: Wann ist der richtige Zeitpunkt Umweltmanagementprozesse zu digitalisieren?
- ▶ Zukunftstrends: Mit welchen Technologien und Herausforderungen können wir in Zukunft rechnen?

Die Ergebnisse des Fachworkshops flossen in die in Kapitel 2 dargestellten Projektergebnisse ein und wurden zur Entwicklung von Handlungsempfehlungen für Softwareanbieter und Politik genutzt.

2 Ergebnisse

In den nachfolgenden Kapiteln sind die Ergebnisse des Forschungsvorhabens gegliedert nach Projektzielen und Fragestellungen aufgeführt. Grundlage für die erarbeiteten Ergebnisse sind die Literaturrecherche, die Marktanalyse des verfügbaren Softwareangebots sowie die durchgeführten Interviews und der Fachworkshop, die im vorangegangenen Kapitel beschrieben wurden.

2.1 Digitalisierungstrends im Kontext des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements

Eine zentrale Fragestellung des Forschungsprojektes war, welche Potentiale digitale Technologien für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bieten oder bieten können. Nachfolgend werden daher ein Überblick über zentrale digitale Trends bzw. Technologien gegeben und die Einsatzmöglichkeiten im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement herausgearbeitet.

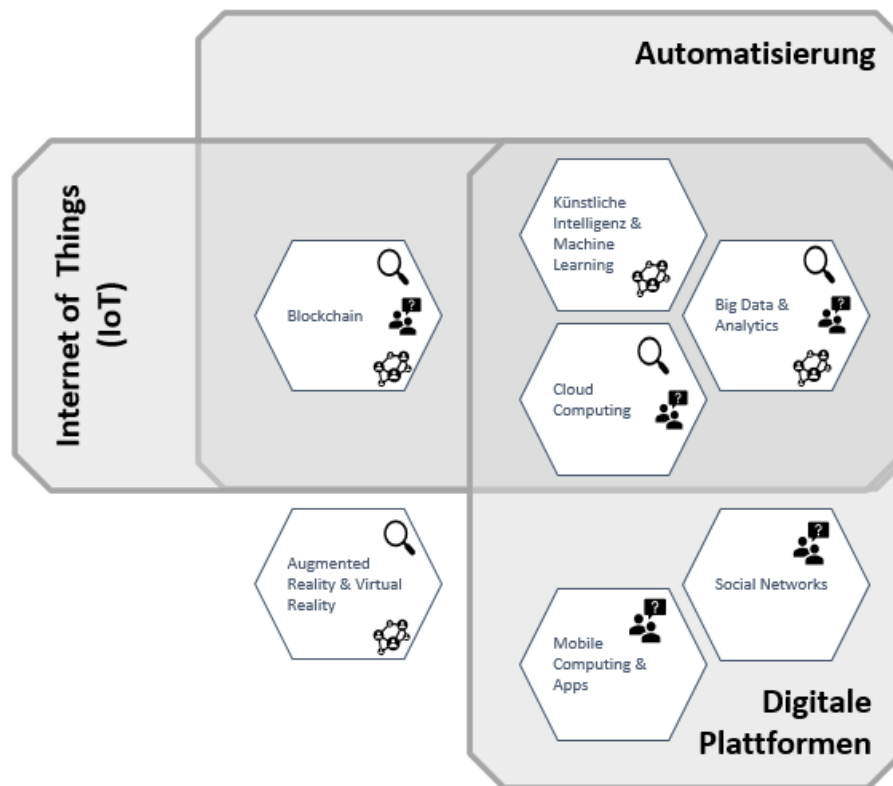
2.1.1 Steckbriefe ausgewählter Digitalisierungstrends und -technologien

Die im Folgenden dargestellten Steckbriefe geben einen Überblick über Einsatzmöglichkeiten, mögliche positive und negative Auswirkungen auf Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte sowie den Reifegrad der verschiedenen Technologien.³ Generell kann der Einsatz der untersuchten Technologien im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zu einer Erhöhung der Transparenz beitragen und dadurch zu besseren Entscheidungsgrundlagen führen, das organisationale Lernen verbessern sowie die interne und externe Kommunikation unterstützen.

Zwischen den untersuchten Digitalisierungstrends und -technologien bestehen vielfältige Zusammenhänge. Eine klare Abgrenzung ist oft nicht möglich und der Nutzen ergibt sich in der Praxis oftmals durch das Zusammenwirken der verschiedenen Technologien. Speziell Automatisierung, Digitale Plattformen und Internet of Things beinhalten oder bedingen den Einsatz weiterer Technologien. In Abbildung 5 wurde ein Versuch unternommen, die Zusammenhänge zwischen den untersuchten Trends und Technologien überblicksartig darzustellen. In den Steckbriefen ist jeweils ein Abschnitt enthalten, der Schnittstellen zwischen verschiedenen Technologien aufzeigt.

³ Die Steckbriefe sind auch auf der Website des UBA zusammen mit der Broschüre „Umweltmanagement und Digitalisierung – Praktische Ansätze zur Verbesserung der Umweltleistung“ (Pagano und Krause, 2019) veröffentlicht und werden in diesem Bericht der Vollständigkeit halber noch einmal aufgenommen.

Abbildung 5: Darstellung des Zusammenhangs der verschiedenen untersuchten Digitalisierungstrends bzw. -technologien



Quelle: eigene Darstellung, Arqum

2.1.1.1 Factsheet Augmented Reality (AR) & Virtual Reality (VR)

Tabelle 2: Factsheet zu Augmented Reality & Virtual Reality

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	Unter dem Begriff Augmented Reality (AR) wird eine computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung verstanden. Diese Wahrnehmung wird durch ein Zusammenspiel aus Hardwarekomponenten erzeugt, die sich in Eingabesysteme (Kameras, Sensoren, Tastaturen, Touchscreens), Ausgabesysteme (Datenbrillen, Monitoren, Kontaktlinsen mit Display) und Softwarekomponenten (Verarbeitungssysteme) unterscheiden lassen [6]. Durch Smartphones, Tablets, Datenbrillen und andere sogenannte „Wearables“ [5], ergibt sich eine interaktive Umgebung, in der über die Endgeräte virtuelle Inhalte in korrekter Perspektive in dem Umfeld des Nutzenden eingeblendet werden [6]. Die Erweiterung der Realitätswahrnehmung dient dazu, dass Nutzer und Nutzerinnen über eine Schnittstelle auf die für sie wichtigen Daten, Informationen und Bilder zugreifen können [6]. Es können dabei Daten aus unterschiedlichen Quellen mit verschiedenen Ausgabemöglichkeiten (Animation, Text, Sprache, etc.) verbunden werden [6] und während der Übertragung auch Zusatzinformationen eingeblendet werden [7,8]. Während AR eine Erweiterung der Realitätswahrnehmung darstellt, geht Virtual Reality (VR) einen Schritt weiter: Hier wird die Realität komplett ausgeblendet und eine virtuelle Welt von Computern und Programmen simuliert, mit der die Nutzer und Nutzerinnen interagieren können [6]. Neben den bei AR-Anwendungen genutzten Datenbrillen können bei VR auch Datenhandschuhe, Ganzkörperanzüge, Interaktions- und Navigationsgeräte, sowie Geräte, die Gesten oder die Haptik erfassen, zum Einsatz kommen. Mithilfe dieser Technologien können Position, Perspektive und Orientierung der virtuellen Inhalte berechnet und den Nutzern und Nutzerinnen präsentiert werden [6].
Allgemeine Anwendungsbereiche	AR und VR kann prinzipiell in allen Bereichen Anwendung finden, in denen Simulation notwendig ist oder die Anreicherung durch Daten zu einem besseren Arbeitsergebnis führt, wie beispielsweise in der Automobilindustrie, der Wissenschaft, der Medizin oder im Bildungssektor [6]. Zudem können Inbetriebnahme-Prozesse mit Remote-Unterstützung (gerade in Pandemiezeiten, aber auch ortsunabhängig für den Fachexpertinnen und -experten vorgenommen werden). Bisherige Anwendungsbereiche für AR & VR sind folgende: ► Head-up Displays in Flugzeugen oder Autos um z.B. die zulässige Geschwindigkeit oder die effizienteste Strecke zum Ziel auf die Windschutzscheibe zu projizieren (AR) [6]

Kategorie	
	▶ Ferngesteuerte Wartung/Auditierung (AR/VR) [5] ▶ Industrieplanung, Schulungen für diverse Wirtschaftszweige und Systeme zur kollaborativen Zusammenarbeit zwischen Arbeitern und Montagerobotern (AR/VR) [9] ▶ Darstellung von virtuellen Prototypen und von möglichen Produktionsprozessen (AR/VR) [8] ▶ Konsistenz-Check und Qualitätssicherung: Es lassen sich digitale 3D- Daten mit realen Objekten abgleichen und es können zukünftig Bauteile und Maschinenfehler mithilfe von AR gesucht werden (AR) [8]
Relevante Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	▶ <u>Interne Audits / Umweltbetriebsprüfung</u>: AR kann in Unternehmen bei der Durchführung von Remote-Umweltaudits zum Einsatz kommen [5,10] ▶ <u>Analyse von Risiken und Chancen</u>: Mithilfe von AR kann eine exakte Modellierung der Stadt/Umgebung durch Daten aus Geoinformationssystemen vorgenommen werden, um Umweltauswirkungen/Beeinträchtigungen für den Menschen zu prognostizieren [11] ▶ <u>Kommunikation</u>: AR kann Unternehmen dabei unterstützen, den ökologischen Fußabdruck sichtbar zu machen, indem durch Kommunikation und Visualisierung von Informationen zur Lieferkette und zu den ökologischen Auswirkungen der Produktion, Transparenz geschaffen wird [12] ▶ <u>Produktion</u>: AR kann in der Produktion zum Einsatz kommen, um Prozesse zu optimieren [5]
Voraussetzung zur Nutzung	▶ Vorhandensein genügend ausgereifter Hard- und Software [5] [7] ▶ Vorhandensein erforderlicher fachlicher Kompetenzen [2] ▶ Verknüpfungen mit bzw. Integration in Software-Systeme [8]

Kategorie	
Allgemeine Herausforderung der Technologie	▶ Häufig fehlt noch die Datenbasis für den Einsatz von AR in der Fabrik und die Integration der notwendigen Software-Systeme ist mit hohem Entwicklungsaufwand verbunden [8] ▶ Die intrinsische Kalibrierung (zwischen Display und Auge) benötigt ein sensibles Eye-Tracking und eine integrierte Tiefenbildkamera, muss jedoch robust genug für die Anwendung in Werkhallen sein [8] ▶ Wenn Menschen sich in einer beobachteten Umgebung befinden oder mit beobachteten Objekten interagieren, könnte die Sicherung der Privatsphäre und der Datenschutz eine große Herausforderung darstellen [6]. Darüber hinaus können ohne Wissen der Träger und Trägerinnen der AR/VR-Brillen Fotos gemacht werden. [6]
Chancen und mögliche positive Auswirkungen auf Umweltaspekte	Allgemeine Chancen für die Anwendung in Unternehmen: ▶ Effektivere und detailliertere Auditprozesse und somit Risikominderung von Verstößen gegen Rechtsvorschriften [5] ▶ Permanenter und in Echtzeit stattfindender Abgleich der digitalen und realen Welt [8] ▶ Bauprojekte und Produkte können realitätsnaher visualisiert und Planungsfehler vermieden werden [6] ▶ Es erfolgt eine Datenaufbereitung durch 3D Technik, wodurch realere Eindrücke von der Umgebung des zukünftigen Bauvorhabens/Produkts mit einfließen können [11] ▶ Gesteigerte Effizienz bei Planungsprozessen und Vorhaben [13] Mögliche positive Auswirkungen auf Umweltaspekte: ▶ Ressourceneinsparung durch effizientere Prozesse [5]; Verminderung von Treibhausgasemissionen [5] ▶ Verzicht auf physische Prototypen führt zu Einsparung an betrieblichen Kosten und natürlichen Ressourcen [10] ▶ Optimale Nutzung vorhandener Ressourcen zum Beispiel bei der Erstellung und Darstellung komplexer Baupläne [10] ▶ Vermeidung von Produktionsfehlern und somit Vermeidung von Abfall [10]

Kategorie	
	▶ Reduzierung der Reisetätigkeit [10] und damit verbundener Treibhausgasemissionen beispielsweise durch die Durchführung von Remote-Audits (eigene Überlegung) ▶ Visualisierung von Informationen zur Lieferkette und zu den ökologischen Auswirkungen der Produktion [12] ▶ Reparaturfreundliche Gestaltung von Produkten durch einfache Wartung eines Produkts [10] ▶ Genauere Informationsbasis zur Einhaltung der Rechtsvorschriften [5] im Umweltbereich ▶ Produktionsprozesse können vor Ort visuell geändert werden, um sie umweltfreundlich gestalten und an die Arbeit des Menschen anpassen zu können [10]
Mögliche negative ökologische und soziale Effekte	Soziale Ebene ▶ Es ist bei der Anwendung von AR nicht immer deutlich auszumachen, ob und wie die Privatsphäre der Menschen sichergestellt werden kann, die sich in beobachteten Regionen befinden oder die mit beobachteten Objekten oder Prozessen interagieren. Sensoren sind heutzutage häufig so klein, dass sie nicht erkennbar sind [6] ▶ Das Eintauchen in eine virtuelle Realität erfordert die Isolation des Nutzenden, wodurch potenziell auch Negativfolgen für die soziale Kohäsion entstehen können [6] Umweltebene: ▶ Sensortechnologien verursachen in der Rohstoffgewinnung, Herstellung, Nutzung und Entsorgung einen nicht unerheblichen ökologischen Fußabdruck und generieren erhebliche Mengen an Elektroschrott [6]. Die Technik entwickelt sich rasant und so werden immer wieder funktionstüchtige Geräte durch leistungstärkere Versionen ersetzt, was diesen Effekt noch verstärkt
Reifegrad der Technologie und Verbreitung der Technologie	▶ AR und VR haben in vielen Bereichen auch außerhalb der Unterhaltungsbranche an Bedeutung gewonnen, insbesondere durch den Preisverfall der elektronischen Hardware [6]

Kategorie	
	▶ Laut des Marktforschungshause Gartner befindet sich AR gerade in der Phase der Desillusionierung, in der folgenden Phase setzt sich die Technik durch und findet passende Anwendungen [7] ▶ Großes Potential wird vorhergesagt, vor allem für Dienstleistungen und in industriellen Umgebungen [8,11] ▶ Derzeit ist der Technologie jedoch noch kein Durchbruch gelungen, weil die notwendige Hardware noch nicht ausgereift ist [7]
Entwicklungspfade	▶ Insbesondere in den Bereichen Bildung, Wissenschaft, Medizin und dem Automobilsektor wird AR bereits genutzt und hat prinzipiell das Potenzial in allen Bereichen, in denen Simulationen notwendig sind, Anwendung zu finden [6] ▶ AR und VR wird in der Literatur zum Teil eine ähnlich transformative Wirkung vorhergesagt wie zuvor dem Internet. Sie sollen dementsprechend auch in der Lage sein, das Internet wie wir es kennen zu revolutionieren [6]
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	▶ Informationen aus der Analyse von Big Data können zur Verhaltensvorhersage oder -auswertung genutzt werden [6] ▶ Durch eine Verzahnung von AR/VR und Künstlicher Intelligenz (KI) können menschliche Denkprozesse nicht nur simuliert, sondern auch dargestellt werden, beispielsweise durch Animation, Text oder Sprache [6]
(Pilot-)Projekte und Best Practice Beispiele	▶ Förderung von Forschung und Entwicklung zu Chancen, Potenzialen und Grenzen der Kommunikation und Visualisierung von Informationen zur Lieferkette von Produkten und zu den damit verbundenen ökologischen Auswirkungen der Produktion [7] ▶ Nutzung von AR/VR-Brillen für die Inbetriebnahme von Energiemanagementsystemen aufgrund von Zutrittsbeschränkungen bei Kunden und Kundinnen in Zeiten der COVID-19 Pandemie (econ solutions GmbH, München) ▶ Oculavis GmbH, Aachen ist spezialisiert auf die Zusammenstellung von Hardware und Software bei Datenbrillen in der Fertigung. Ansprechpartner: Dr. Markus Große Böckmann, Geschäftsführer

2.1.1.2 Factsheet Big Data & Analytics

Tabelle 3: Factsheet zu Big Data & Analytics

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	Big Data beschreibt die wirtschaftlich sinnvolle Sammlung großer unterschiedlich strukturierter Datenmengen und deren Verarbeitung und Anwendung, um daraus entscheidungsrelevante Erkenntnisse (in Echtzeit) zu gewinnen. [5,14] Durch große Mengen maschinenlesbarer und quantifizierbarer Daten wird die physische Welt zunehmend und zum Teil in Echtzeit abgebildet. [6] „Big Data vereint verschiedene Disziplinen rund um die Verwaltung und Verwendung großer Datenmengen“. [14] Die Nutzung von Big Data erfordert den Einsatz von Rechenleistung und Datenanalyse (Analytics), um aus der Menge der Daten Zusammenhänge und anderweitige Informationen zu erkennen und Erkenntnisse zu gewinnen und somit Big Data nutzen zu können. [15] Big Data charakterisiert sich durch folgende Merkmale („5 Vs“): ▶ Volume (Masse), ▶ Variety (Vielfalt), ▶ Velocity (Geschwindigkeit), ▶ Value (Wert), ▶ Veracity (Vertrauenswürdigkeit). [6,14,16] Aufgrund des Mangels an allgemein akzeptierten quantitativen Definitionen, welche Volumina, Velozitäten und Vielfaltsgrade nun „big“ sind, hat sich „Big Data“ als Sammelbegriff für Verfahren etabliert, bei denen die Auswertung gefühlt „großer“ Datenmengen im Zentrum des Wert- und Nutzenschöpfungsprozess steht. Da „big“ ein relativer Begriff ist, ist davon auszugehen, dass er von Unternehmen häufig vor allem mit Bezug auf die Menge, der in der „Branche“ üblich zur Verfügung stehenden Daten ausgelegt wird [17].
Allgemeine Anwendungsbereiche und Nutzen von Big Data	Optimierung und Gewinnung neuer Erkenntnisse: Big Data wird eingesetzt, um neue Erkenntnisse zu gewinnen und Optimierungspotenziale zu identifizieren, z.B. bei der Analyse und Optimierung von Prozessen [5] sowie Steuerung von Fertigungsanlagen [18], um Geschäftsstrategien zu optimieren [12] oder die Effizienz von Betriebsmodellen zu verbessern, [13] aber auch zur Gewinnung neuer Erkenntnisse bspw. in der Forschung (z.B. in der Chemiebranche). [13] Der Einsatz von „Big Data“ und „Advanced Analytics“ kann zu einer 20- bis 25%igen Erhöhung des Produktionsvolumens und zu einer 45%igen Reduktion von Stillstandzeiten führen.“ [9]

Kategorie	
	Prognosen: Zum anderen wird Big Data angewandt, um künftige Entwicklungen von Trends zu prognostizieren, [12] u.a. im Hinblick auf Entwicklungen von Märkten, Kundschaft und Wettbewerbern. [13] Der schnellere Zugriff auf Daten ermöglicht schnellere Reaktionszeiten des Unternehmens auf das Marktgeschehen. [13] Monitoring: Die Nutzung großer Datenmengen fördert die Transparenz und verbessert das Monitoring in unterschiedlichen Bereichen, z.B. von industriellen Prozessen, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft. [6] Informationen und Erkenntnisse aus Big Data werden generell für die Entscheidungsfindung herangezogen, die in diesem Fall auch als „evidenzbasiert“ bezeichnet wird. [6] Dies bietet einen Mehrwert durch eine breitere Wissensbasis für Datenanalysen und unterstützt zur Absicherung von Entscheidungen. [1] Konkrete Anwendungsbereiche finden sich in der Logistik, z.B. zur Vernetzung logistischer Prozesse, [18] automatisierte Steuerung von Fertigungsanlagen in der Chemieindustrie „unter Einbeziehung von umfänglichen Daten in allen Bereichen und zu jeder Zeit innerhalb der Prozesskette, von der Ressourcengewinnung über Produktdesign, Produktion, Konsum bis zur Entsorgung“, [18] sowie generell im Bereich Sicherheit, u.a. um Betrugsfälle zu erkennen [5,6], Gesundheitsvorsorge und Umwelt. [6]
Relevante Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	▶ Nutzung im Umweltcontrolling: Erstellung von Prognosen und Identifikation von Verbrauchsmustern zur Einleitung gezielter Maßnahmen zur Energie- und Ressourceneffizienz sowie zum Umwelt- und Klimaschutz. [5] Nutzung für Echtzeitdaten zum Umweltzustand (Wasser-, Boden- oder Luftverunreinigungen oder Wetter- und Klimadaten) [18]; ▶ Nutzung zur (Umwelt-)Compliance: potenziell frühere Feststellung vorhandener Schwachstellen im Umweltbereich durch beschleunigte und besser informierte Prüfprozesse. Dadurch Risikobegrenzung bzgl. Verstößen gegen Rechtsvorschriften und effektivere Auditprozesse. [5] Kontrolle der Einhaltung von Grenzwerten bei Produkten mit besorgniserregenden Stoffen (SVHC) durch die Europäische Chemikalienagentur (ECHA)⁴ [19] ▶ Identifikation von (Umwelt-)Risiken: Frühzeitige Identifikation von Risiken durch genauere Erwartungswerte („Predictive Analytics“). [5] Berücksichtigung der Risiken im Rahmen der Kontextanalyse und Nutzung der Erkenntnisse zur strategischen Ausrichtung des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement (eigene Überlegung)

⁴ https://echa.europa.eu/documents/10162/28213971/scip_leaflet_de.pdf/b1b055df-2b93-c7ee-4656-0e722ea506ff

Kategorie	
	► Bewertung und Verbesserung der (Umwelt-)Leistung: Vermeidung und Begrenzung von Emissionen und Energieverlusten durch vorausschauende Wartung („Predictive Maintenance“). [5] Energieeinsparung durch optimierte Betriebsprozesse in digitalisierten Fabriken. [20] Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten und Dienstleistungen basierend auf vorhandener Datenmenge zu Treibhausgasemissionen, Abfallmengen oder Arbeitsunfälle [21] ► Senkung von Arbeitsunfällen und -krankheiten mithilfe von predictive analytics, auf dessen Basis entsprechende Vorkehrungen zur Prävention getroffen werden [22,23] ► Benchmarking zu anderen Wettbewerbern (eigene Überlegung)
Voraussetzung zur Nutzung	Technische Voraussetzungen zur Nutzung (Hard- und Software): ► Verfügbarkeit ausreichender Anzahl von Zähler- oder Sensorsystemen, geeignete intelligente Informationstechnik(IT)-Infrastruktur zur automatisierten Datenerhebung, geeignete Breitbandversorgung [5] ► Tools zur Analyse von Big Data: fortschrittliche Analysetechnologien, Data Mining⁵, Statistik, natürliche Sprachverarbeitung und Datenvisualisierung [16]; „Linked open data⁶ method“ als geeignetes Tool für interdisziplinäres Daten Mining und Analyse für Umweltanalyse; [16] Programme müssen flexibel sein, um die komplexen und veränderlichen Massendaten verarbeiten zu können. [25] Voraussetzungen im Hinblick auf die Qualität und Nutzung der Daten: ► Kenntnis über Verfügbarkeit von (umweltbezogenen) Daten [20], Zugriff auf Daten und die Analysefähigkeit [26] sowie angemessene Datenqualität (in Bezug auf Vollständigkeit und Richtigkeit), da sonst die Anwendung von Big-Data-Applikationen reale Verhältnisse verzerren und zu nicht optimalen Entscheidungen führen kann. [5] Beim Zugriff und Nutzung von Big Data sind datenschutzrelevanten Aspekte zu beachten. [5]

⁵ Systematische Anwendung von statistischen Methoden und Mustererkennungsverfahren, um Trends, Muster und Zusammenhänge in Datenbeständen zu erkennen [24].

⁶ Linked open data bezeichnet im Internet frei verfügbare Daten

Kategorie	
Allgemeine Herausforderung der Technologie und Hemmnisse und Barrieren zur Nutzung	► Einheitliche Methodiken, da systemseitig verschiedene Vorgehensweisen nur schwer abbildbar sind. (z.B. zur Prüfung von Umweltrisiken) [5] sowie neue Ansätze zum Umgang mit Big Data, um wachsende Datenmenge verwalten und zielgerichtet nutzen zu können [14] Voraussetzungen im Hinblick auf fachliche Kompetenzen: ► Entsprechende Kompetenzen bzw. neues Fachpersonal erforderlich, um eingesetzte Technologien zu managen. [5] ► Datenverfügbarkeit und Sicherheit: Verfügbarkeit hochwertiger Daten sowie Sicherheit der Daten als Herausforderung [14] Angst vor Datenmissbrauch führt zu Hemmnissen hinsichtlich der Offenlegung von Daten bei Unternehmen [21]; Datenschutz muss gewährleistet werden, um Risiken für Privatsphäre der Nutzenden zu vermeiden. [27] Vereinbarkeit von Datennutzung und Datenschutz herausfordernd: „Sensible Daten gilt es, differenziert nach Risiko zu schützen, ohne dabei Innovationen auszubremsen. Sonst werden die Chancen von Big Data verpasst.“ [26] Die Hälfte der Teilnehmenden einer Umfrage des IASS⁷ bezweifeln, dass es einen Datenaustausch mit Liefernden geben wird. [20] ► Nutzung: Übertragung klassischer Konzepte der Datenauswertung wie Data Mining oder Business Intelligence auf die neu verfügbaren enormen Datenmengen stellt eine Herausforderung zur Nutzung von Big Data dar. [14] Anwendungsfelder müssen auch für Nicht-IT-Fachkundige nutzbar gemacht werden. [14] Auch der Umgang mit dem enormen Datenvolumen (Tendenz steigend: bis 2025 möglicherweise Verdopplung auf 180 Mrd. Terrabytes) ist herausfordernd. [6] Insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) wird der Zugriff auf große Datenspeicher als problematisch erachtet. [28]
Mögliche positive Auswirkung auf Umweltaspekte	Generell bietet Big Data eine Informationsgrundlage, die in verschiedenen Bereichen positive Auswirkungen auf Umweltaspekte haben kann: Direkter Nutzen: ► Höhere Transparenz ermöglicht Ressourceneinsparung und die Reduktion von Treibhausgasemissionen [5]; Informationen aus individuellen Produktionsprozessen können „Footprints“ und Materialzusammensetzungen enthalten und für

⁷ Institute of Advanced Sustainability Studies Potsdam

Kategorie	
	Recycling bzw. Remanufacturing genutzt werden. [5,21] Dies führt zur besseren koordinierten Mehrfachnutzung von Ressourcen im Zuge der Kreislaufwirtschaft. [6] ▶ Energieeinsparungen können durch intelligentes, reaktionsfähiges Lastmanagement von Gebäuden oder Industrieanlagen erzielt werden. [6] ▶ Auch im Bereich der Lieferkette kann Big Data zur Bewertung der Umweltleistung und somit zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch genutzt werden und bei der Verbesserung der Umweltleistung unterstützen. [16] ▶ Big Data kann auch für die Erstellung von Life Cycle Assessments von Produkten genutzt werden [16] sowie zur Materialflusskostenrechnung für energieintensive Unternehmen, um Ressourcen- und Energieeffizienzpotenziale zu identifizieren [29] ▶ Auch in der Energiebranche führt eine bessere Informationsgrundlage zur verbesserten Stabilität des Energiesystems durch flexible Lastensteuerung in Unternehmen. [30] ▶ Im Arbeitsbereich der Umwelttechnik kann Big Data zur Analyse der Luftzusammensetzung durch Sensoren zur Messung des Stickoxid- oder CO₂-Anteils sowie des Feuchtigkeitsgehalts genutzt werden. Solche Systeme können auch eingesetzt werden, um die Steuerung des Raumklimas in Gebäuden durch Messungen und dessen Auswertungen zu unterstützen. [31] ▶ Durch Vermeidung unnötiger Umwege kommt es auch im Transport zu Effizienzgewinnen durch Reduktion eines unnötigen Verbrauchs. [6] ▶ Wissenschaftler schlagen vor zu prüfen, ob Big Data für den Klimabereich in Form von sogenannten „climate analytics-as-a-service“ Vorteile generieren könnte.[16] Ein weiterer Vorschlag ist, durch Kooperation zwischen Ländern, Big Data im Bereich Energie und Umwelt zu sammeln und basierend auf den Informationen nachhaltige Entwicklungsmodelle zu erarbeiten und zu testen. [4]

Kategorie	
	Indirekter Nutzen: ▶ Leichter zugängliches Wissen zur Förderung von umweltfreundlichem Verhalten [5]; Konsumierende können sich über umweltfreundliche Produkte durch Netzwerk Plattformen informieren, umgekehrt ermöglicht Big Data auch direktes Feedback der Konsumierenden besser zu verarbeiten. [8] ▶ Mehr Transparenz entlang der Wertschöpfungskette durch Big Data würde nachhaltige Produktion verbessern. [20] ▶ Ermöglicht neue Ansätze der Umweltgovernance, durch das Auswerten großer Datenmengen (z.B. über den Zustand von Luft, Boden, Meer, uvm.), wodurch Aussagen aus Berechnungsmodellen und die Wirksamkeit getroffener Maßnahmen schneller und präziser überprüft werden können. [27]
Mögliche negative ökologische und soziale Effekte	▶ Gefahr, dass ein Datensatz – unabhängig von seiner Größe – nicht automatisch neue oder bessere Erkenntnisse, sondern irrelevante, irreführende oder gar falsche Erkenntnisse erzeugt, da die Daten nicht repräsentativ sind oder nicht alle relevanten Teilbereiche abdecken und somit die Realität verzerren [6] ▶ Gefahr des Missbrauchs in Form von staatlicher und privaten Überwachung von Personen und Bürgern [6] ▶ Zusammenfassend werden u.a. folgende Gefahren gesehen: mangelnder Datenschutz, Sicherheit, Transparenz, Rechenschaftspflicht, Probleme der Verzerrung und Diskriminierung [6] aufgrund historischer Daten.
Reifegrad der Technologie und Verbreitung der Technologie	„Big Data entwickelt sich gegenwärtig vom Hype zur Basistechnologie“. [3][16] Mittlerweile haben sich (nahezu) alle Unternehmen bereits inhaltlich mit dem Thema Big Data & Analytics beschäftigt und sind gemäß der Bitkom Research Umfrage 2018 gegenüber Big Data „aufgeschlossen und interessiert“ [32] Einer Bitkom-Umfrage zufolge planen 36% der befragten Unternehmen Big Data bei sich einzuführen. [15] Im Hinblick auf die Bewertung der Relevanz von Big Data ist allerdings ein Großteil der Unternehmen noch unschlüssig, ob dies für sie zutrifft. Diese Unsicherheit könnte mit einer noch geringen Marktreife von Anwendungen für Big Data zusammenhängen. [33]
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	Die Abgrenzung zu anderen Digitalisierungstrends ist auch im Fall von Big Data schwierig. [5] Big Data stellt für einige weitere Digitalisierungstrends die Daten- und Informationsbasis dar:

Kategorie	
	► <u>Internet of Things</u>: Big-Data-Anwendungstools können die großen gesammelten Datenmengen aus dem Internet of Things (IoT) verarbeiten, z.B. für eine vorrausschauende Instandhaltung („Predictive Maintenance“). [5] ► <u>Künstliche Intelligenz</u>: Big Data stellt üblicherweise Trainingsdaten für Künstliche Intelligenz (KI) bereit. [6] ► <u>Blockchain</u>: Nutzende von Blockchain und Big Data sehen großes Potential in der Kombination von Blockchain mit Big Data. Blockchain wird hier als interoperable Schnittstelle zum Austausch von Daten für Big-Data-Anwendungen gesehen [32] und könnte den sicheren Datenaustausch gewährleisten [21] ► <u>Industrie 4.0</u>: Big Data und Data Mining werden als wichtiger Treiber für die Weiterentwicklung der Industrie 4.0 gesehen. [14]
Entwicklungspfade	Die Entwicklung von Big Data geht aktuell vom Hype zur Basistechnologie über und wird auch als „Datafication“ bezeichnet, was die physische Welt z.T. in Echtzeit basierend auf großen Datenmengen abbildet. [6] Es herrscht eine Tendenz zur Zunahme der Datenmengen, lt. Einschätzungen von International Data Corporation (US-Beratungsunternehmen) könnte sich die Menge der Daten alle zwei Jahre verdoppeln [6], allerdings ist eine Entwicklung von Big Data zu Smart Data erforderlich: Fokus auf wertvolle Daten statt Datenmassen zur zielgerichteten Auswertung und Anwendung unter Berücksichtigung von Privatheit und Sicherheit von Daten. [6] Big Data birgt auch perspektivische Risiken, wenn es zu Datenmonopolen kommt, wie es bei GAFAM (Google (Alphabet), Amazon, Facebook, Apple und Microsoft) in vielen Bereichen der Fall ist, da dies zu Benachteiligung anderer Marktteilnehmer führt. [26]
(Pilot-)Projekte oder Best Practice Beispiel	► Big Data in der Logistik und Produktion: „Logistiker sind heute in der Lage, auf Basis von Verkehrs- und Bedarfsdaten in Echtzeit die Routen ihrer Transportfahrzeuge anzupassen, Maschinenbauer können mithilfe von Algorithmen mögliche Ausfälle von Maschinen voraussagen. Zahlreiche Produktionsabläufe lassen sich durch Hunderte von Datenpunkten optimieren.“ [26] ► Unternehmensbeispiel: Das Unternehmen Henkel nutzt IT-Systeme, die mit Zählern für Dampf, Abwasser und fossile Brennstoffe Verbrauchsdaten an den Standorten sammeln und nutzt diese Daten für Effizienzmaßnahmen, um THG-Emissionen zu reduzieren [5]

Kategorie	
	Ein Forschungsteam des Christian-Doppler-Labor für nachhaltiges Produktmanagement in einer Kreislaufwirtschaft widmet sich den Grundlagen und Tools zur Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten und Dienstleistungen basierend auf der Nutzung von Big Data [21]

2.1.1.3 Factsheet Cloud Computing

Tabelle 4: Factsheet zu Cloud Computing

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	Der Begriff Cloud Computing bezeichnet ein Modell, bei dem alle Nutzenden jederzeit und von überall aus bequem über das Internet auf eine geteilte Schnittmenge von konfigurierbaren Rechnerressourcen (z.B. Netze, Server, Speichersysteme, Anwendungen und Dienste) zugreifen kann (On-Demand Compute Power, z.B. für KI Anwendungen). Die Rechnerressourcen können dabei schnell und mit minimaler Serviceleistung bzw. minimalem Managementaufwand zur Verfügung gestellt werden. [1] Es wird dabei eine dezentrale und bedarfsgerechte Bereitstellung von Daten, Services und ganzen Geschäftsmodellen über das Internet ermöglicht, die dazu genutzt werden kann, eine Plattform für das Speichern von Daten sowie zur Ausführung von Software-Diensten (z.B. Apps) zu bilden. [2] Cloud Computing stellt insofern eine disruptive Technologie dar, als dass sie zunächst als unwesentlich eingestuft wurde und dann zu einem maßgeblichen Durchbruch und Erfolg beigetragen hat. [34] Man unterscheidet zwischen Public (breite Öffentlichkeit), Private (einzelne Organisation), Hybrid (Kombination aus internen und öffentlichen Cloud-Diensten), Community (exklusive Gemeinschaft unterschiedlicher Organisationen) und Virtual Private Cloud (einzelne Organisation auf Public Cloud-Infrastruktur). [34]
Allgemeine Anwendungsbereiche	Allgemeine Anwendungsbereiche von Cloud Computing sind: ▶ Infrastructure as a Service (zum Beispiel die Nutzung externer Server- und Speichersysteme) [34] ▶ Software as a Service (die Nutzung webbasierter Softwarelösungen, wie z.B. Videokonferenzdienste) [34] ▶ Plattform as a Service (die Nutzung/Bereitstellung von Bibliotheken) [34] ▶ Mashup as a Service (die Verknüpfung einzelner Software-Komponenten, z.B. Cloud-Dienste) [34] ▶ Business Process as a service (z.B. CRM-Systeme)
Relevante Einsatzbereiche im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	Umweltcontrolling: ▶ Cloud Computing kann beim Datenmanagement, der Datenerfassung und der Datenanalyse eingesetzt werden [35]

Kategorie	
	▶ Über die Technologie können einzelne Bereiche des Umweltmanagements (wie bspw. die Abbildung des kompletten Umweltrisikomanagements) oder das gesamte Umweltmanagementsystem einer cloudbasierter Softwarelösung abgebildet werden [5] Umwelt-Compliance: ▶ Cloudbasierte Softwarelösungen können zum Management der Anforderungen aus Umweltrechtsvorschriften genutzt werden [5] ▶ Online-Datenbanken können für eine effiziente Arbeitsabfolge von Audits, Informationsverarbeitung und Maßnahmensteuerung genutzt werden [5] Lieferketten: ▶ Es können Cloudbasierte Plattformdienste für eine verbesserte Transparenz und Kontrolle der Umweltaspekte in der Lieferkette, eingesetzt werden [5,6] Produktion: ▶ Plattformen zwischenbetrieblicher öko-industrieller Netzwerke können zur Koordination von Folgenutzung (z.B. Abwärme) eingerichtet werden [6] ▶ Durch Software-Plattformen können Daten aus intelligenter Sensor- und Zählerinfrastruktur verwertet werden [5] Stakeholder: ▶ Cloudbasierte Befragungstools können zur Identifikation von Ansprüchen genutzt werden [5] ▶ Cloud Computing ermöglicht die Informierung von Konsumierenden über umweltfreundliche Produkte durch Netzwerk-Plattformen und direktes Feedback dieser [20] Interne Zusammenarbeit: ▶ Cloudbasierte Kollaborationsplattformen können eingerichtet werden, um Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltleistung durch verschiedene Fachkräfte sowie in Zusammenarbeit mit Dienstleistenden voranzubringen [5]

Kategorie	
	▶ Cloud Computing ermöglicht bewusstseinsbildende Maßnahmen und Verbreitung umweltrelevanter Informationen [5] ▶ Eine nachhaltigere Büroorganisation kann beispielsweise durch papierloses Büro angestrebt werden [35] Umweltdaten-Clouds können genutzt werden, um zum Beispiel den Einsatz von KI-Systemen zu vereinfachen und Citizen Science zu ermöglichen [12]
Voraussetzungen zur Nutzung	Generelle Voraussetzungen: ▶ Zuverlässige Breitbandinternetverbindung, bzw. robuste Kommunikationsnetzwerke [14,25,26,34] ▶ Erfüllung rechtlicher und regulatorischer Anforderungen mit Gewährleistung des Datenschutzes [25,26,34] ▶ Erfüllung von Datensicherheitsgarantien [25,34] ▶ Gewährleistung der Integration von Inhouse-Lösungen und die Interoperabilität mit Diensten Dritter [25,34] ▶ Überwindung weicher Faktoren, wie z.B. interne Widerstände [34] ▶ Einfache/intuitive Nutzbarkeit des Angebots sowie Modularität zur Anpassung des Angebots an die Bedürfnisse des Unternehmens [34] Erforderliche Kompetenzen (Know-how) und Ressourcen (z.B. Hardware): ▶ Verlässliche Datengrundlage mit organisationsweit einheitlicher Methodik [5] ▶ Kenntnisse in Datenschutz und Informationssicherheit [5] ▶ Fachpersonal für Management von benötigten Technologien [5] ▶ Implementierungsaufwand bei Nutzung von Datenbanken verhältnismäßig gering [5]

Kategorie	
Allgemeine Herausforderungen der Technologie	▶ Gewährleistung der Datensicherheit und -vertraulichkeit sensibler Unternehmensdaten [25,34] ▶ Risiken für Privatsphäre der Nutzenden (z.B. Tagesablauf nachverfolgen durch Energieverbrauch) [27] ▶ Unüberschaubarer Rechtsrahmen [34] ▶ Zentralisierung der Rechenzentren – ökonomische und politische Konzentrationstendenzen [6] ▶ Schwierigkeiten bei der Beurteilung des vorhandenen Dienstangebots und der Kalkulation dessen (Gesamt-)Kosten [34], Fehlende Strategie zur Integration von Cloud-Diensten in die eigene IT- und Unternehmensarchitektur [34] ▶ Fehlendes Vertrauen von potenziellen Kunden und Kundinnen gegenüber Anbietern von Cloud-Diensten [34] ▶ Ausreichende Performanz für flüssige Prozesse [25] ▶ Herstellung von Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit [25]
Hemmnisse und Barrieren für Unternehmen zur Nutzung	▶ Widerstände in (IT-)Abteilungen [34] ▶ Genereller Zweifel am Mehrwert von Cloud-Computing [34] ▶ Zurückhaltung aufgrund unüberschaubaren Rechtsrahmens [34] ▶ Fehlende Kosten- und Markttransparenz sowie schwer kalkulierbare Gesamtkosten [34] ▶ Bisheriges Angebot nicht an Bedürfnisse von KMUs ausgerichtet [34] ▶ Es bedarf einer verlässlichen Datengrundlage und einheitlichen Methodik für ein cloudbasiertes Umweltmanagementsystem [5]
Chancen und positive Auswirkungen auf Umweltaspekte	▶ Verbesserte Energie- und Ressourceneffizienz durch optimierte Auslastung von IT-Kapazitäten [25] ▶ Zugang zu Branchenlösungen as a service für KMU als Vorteil, weil dies für Nutzende als normale Lizenz nicht rentabel ist [34]

Kategorie	
	▶ Die Cloud hat sich in Unternehmen durchgesetzt, weil sie die Fragen nach Compliance, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Skalierbarkeit, Agilität und Kundenzufriedenheit beantwortet. Sowohl in der Prozessoptimierung, als auch bei Innovation spielen Cloud-Lösungen eine zunehmende Rolle [36] - Dynamischer und flexibler Zugriff auf IT-Kapazitäten: [34] ▶ Orts- und zeitunabhängige Informationsbereitstellung [14,25] ▶ Bedarfsgesteuerte und echtzeitnahe Auswertung und Bereitstellung von Informationen [14] ▶ Verfügbarkeitsgarantie durch Cloud-Anbieter [25] ▶ Mobile Verfügbarkeit [25] ▶ Gemeinsame Nutzung von Systemen – Befähigung unternehmensübergreifender Netzwerke von Mitwirkenden [25] ▶ Schnelle Implementation von Anwendungen und kein Kapital des Nutzenden durch Vorhalten von Rechen- und Speicherressourcen gebunden [34] - Reduzierung der IT-Gesamtkosten: [34] ▶ Verlagerung langfristiger Investitionsausgaben zu operationalen Kosten [25] ▶ Abrechnung nach flexiblen Bezahlmethoden [25] ▶ Skalierbarkeit von IT-Diensten bei wechselndem Bedarf [34] ▶ Höhere Performance [34] ▶ Erhöhte Datensicherheit [34] ▶ Erhöhte organisatorische Flexibilität und verringerte Aufwände der IT-Administration [34]

Kategorie	
	▶ Vereinfachung von Wartungsaufgaben durch direkte Ansteuerung von Feldgeräten [25] Mögliche positive Auswirkungen auf Umweltaspekte durch Cloud Computing: ▶ Einsparung von Ressourcen durch die Verlagerung der Rechenleistung und Datenspeicherung auf energieeffizientere externe Rechenzentren [25] ▶ Positive Auswirkungen auf die CO₂-Bilanz, wenn genutzte Rechenzentren Vorgaben der Green IT berücksichtigen [18] ▶ Verbesserte Energie- und Ressourceneffizienz durch optimierte Auslastung von IT-Kapazitäten [25] ▶ Bessere Koordination von Folgenutzung (z.B. Abwärme) durch digitale Plattformen (closing the loop, cash for trash)[6] ▶ Schaffung neuartiger, regenerativer „Ökosysteme“ der digitalisierten Güterproduktion: z.B. effizientere Logistik ▶ reduziert die Zahl der Transportfahrten und optimiert den Einsatz von Produktionsfaktoren [6] ▶ Durch cloudbasiertes Umweltmanagement und systematische Erfassung können mögliche Umweltrisiken früher erkannt werden [5]
Mögliche negative ökologische und soziale Effekte	Umwelt: ▶ Immer mehr Unternehmen nutzen Cloud-Netzwerke, was zu erhöhten Energieverbräuchen in Rechen- und Kommunikationszentren der Dienstleistenden führt [12,25] ▶ Die Umweltwirkungen von Speicher, Software und Rechenleistung sind für Nutzende nicht fassbar [12] ▶ Zugang und Vernetzung von Daten in Plattformen zur Flächenbewirtschaftung kann zu Intensivierung der Landwirtschaft führen, wenn Ertragssteigerung das Ziel ist [12]
Reifegrad (Bewertung) und Verbreitung der Technologie	▶ Immer mehr Unternehmen stehen Cloud Computing aufgeschlossen und interessiert gegenüber [34] – eine Studie zeigt, dass das bei 82% von Unternehmen ab 50 Mitarbeitenden der Fall ist [32]

Kategorie	
	▶ Fast alle Unternehmen haben sich inhaltlich mit Cloud Computing beschäftigt [32] ▶ Anwendungsszenarien von Cloud Computing sind vergleichsweise erprobt und skalierbar [32] ▶ Anteil der nutzenden Unternehmen gestiegen, bei KMU noch geringer [34]
Entwicklungspfade	▶ Intelligente internetgestützte Vernetzung von Objekten, Maschinen und Menschen mit Informations- und Kommunikationssystemen (IuK) [14] ▶ Die Schaffung von Marktplätzen für Cloud-Dienste und Software as a Service (SaaS) [34] ▶ Die Integration von Cloud-Diensten und Interoperabilität von Cloud-Diensten untereinander[34] ▶ Gesteigerte Dienstelastizität und Skalierbarkeit [34]
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	▶ Internet der Dinge (IoT): Verlagerung von Anwendungen und über Sensoren gesammelte Zustandsdaten in die Cloud [6] ▶ Big Data: z.B. Big Data-Plattformen, Data Warehousing [34] ▶ Mobile Computing: mobiler Zugriff auf Cloud-Datenbanken [5] ▶ Blockchain: z.B. als sicheres Zugangs- Berechtigungssystem zu Cloud-Anwendungen [32]
(Pilot-)Projekte oder Best Practice Beispiel	▶ Datenbank für kommunale Umwelt-nachhaltigkeitsberichte in Baden-Württemberg [37] ▶ Datenbank für besorgniserregende Chemikalien von Europäischer Chemikalien Agentur [12] ▶ CO₂-Monitoring-Software des BMU [12] ▶ Initiative europäische Cloud GAIA X, um Rechenzentren und co. umweltfreundlich zu gestalten [12]

Kategorie	
	▶ Cloudbasierte virtuelle Kraftwerke: Anteil von erneuerbaren Energien erhöhen und Volatilität von erneuerbaren Energien reduzieren [20] ▶ Aufbau einer Umweltdatenbank mit dem Ziel, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft Zugang zu Daten zu verschaffen und die Entwicklung umweltfreundlicher KI-Anwendungen zu ermöglichen [12]

2.1.1.4 Factsheet Distributed Ledger & Blockchain-Technologie

Tabelle 5: Factsheet zu Distributed Ledger & Blockchain-Technologie

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	Bei der Blockchain-Technologie oder allgemeiner der Distributed Ledger Technologie (verteiltes Register) handelt es sich um eine stetig zunehmende Datei, die die Anpassungen aller beteiligten Akteure und Akteurinnen beinhaltet. Hierbei wird eine immer größer werdende Kette (Chain) aus Datenblöcken (Blocks) erzeugt. Die Datei ist dabei auf den Rechnern aller Akteure und Akteurinnen gleichzeitig gespeichert, statt auf einem zentralen Server. [38] Zentrale Elemente der Technologie sind Dezentralität, Transparenz und lückenlose Nachverfolgbarkeit der Transaktionen sowie Konsens-Mechanismen. Bei der erhöhten Komplexität des Systems nimmt jedoch auch die Fehleranfälligkeit zu. Eine Abwägung, ob auch einfachere Lösungen möglich sind, kann daher sinnvoll sein. Durch Smart Contracts können vielen derzeit gängigen Prozessen Intermediäre (gezwungenermaßen beteiligte Dritte, z.B. Notare) überflüssig werden. Es handelt sich dabei um sich selbst durchsetzende Verträge auf Basis des Regelwerks einer Blockchain. [39] Bei der Blockchain-Technologie wird unterteilt in öffentliche, private und konsortiale Blockchains: [38] ► Private Blockchains: • Haben keine technologischen Einschränkungen, können Proof-of-Authority problemlos durchführen [40] • weniger Energieverbrauch und Datentransaktionskosten, dafür Kosten für Anschaffung, Lizenzen, Wartung und Installation der Software • Qualitätssicherung: regelmäßiger Cut in der Historie und Vermeidung des aktiven Zugangs zu Nutzenden-Daten [38] ► Öffentliche Blockchains (Ethereum, Bitcoin): • Haben technologische Einschränkungen • Gebühren je Datentransaktion • Qualitätssicherung: Problem mit europäischer Datenschutzgrundverordnung: Recht auf Vergessenwerden und Datenportabilität nicht realisierbar [38] ► Konsortiale Blockchains: • Private und genehmigungspflichtige Blockchain-Netzwerke von Unternehmen • Dezentralität innerhalb des Konsortiums bietet Vorteile gegenüber standardmäßigen kryptographischen Verfahren. • geringerer Energieverbrauch • Qualitätssicherung: regelmäßiger Cut in der Historie und Vermeidung des aktiven Zugangs zu Nutzenden-Daten [38]

Kategorie	
Allgemeine Anwendungsbereiche	Mögliche Anwendungen der Blockchain-Technologie: ▶ Die Technologie lässt sich auf alle digitalen Dateiformate wie beispielsweise Fotos, Musik, Transaktionen, Zählerstände, Ladestände etc. anwenden [38] ▶ Die derzeit am weitesten verbreitete Nutzung der Technologie sind Transaktionsregister für internationale Zahlungen und Wertpapiergeschäfte [41] ▶ Im Energiesektor kann die Technologie für eine kryptographische Verschlüsselung von Echtzeit-Transaktionen angewendet werden, wodurch eine Reduzierung der Transaktionskosten und eine verbesserte Nachvollziehbarkeit für alle Beteiligten erzeugt wird [32] ▶ In Finanz- und Versicherungsunternehmen kann die Technologie als Handelsplattform, dezentrales Transaktionssystem oder zur Übertragung von Eigentumsnachweisen zur Reduzierung von Transaktionskosten und Effizienzsteigerung genutzt werden [32] ▶ Bei der Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung kann die Technologie wie auch standardmäßige kryptographischen Verfahren für Nachweise und Validierungen von Dokumenten (z.B. Grundbuch) genutzt werden [32] ▶ Die Blockchain-Technologie kann auch bei Wahlen eine wichtige Rolle spielen, beim sogenannten e-Voting (Digitale Stimmabgabe bei Wahlen). Hier kann nur durch end-to-end-Systeme die nötige Sicherheit gewährleistet werden [32] ▶ In der Sharing Economy kann die Technologie zur Abwicklung von Zahlung genutzt werden [41] ▶ Bei der Zertifizierung oder bei Herkunftsnachweisen von Grün- und Regionalstrom, CO₂-Produkten oder anderen Emissionsgütern kann die Blockchain-Technologie ebenfalls genutzt werden [38] ▶ Im Kontext der Kreislaufwirtschaft/Circular Economy, Lebenszyklusanalyse (LCA) und bei Sorgfaltspflichten in der Wertschöpfungskette kann der Einsatz von Blockchain Technologie zur Nachverfolgbarkeit, Verifizierbarkeit und m.E. auch zur Transparenz bzgl. Gefahrstoffen, Produktions- oder Abbaubedingungen einen substanziellen Beitrag leisten [42].
Relevante Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	▶ Im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement kann die Blockchain-Technologie in der Produktion bzw. in Wertschöpfungsketten zum Einsatz kommen, um Prozesse transparenter, nachvollziehbarer, resilienter und/oder manipulationssicherer zu machen. So

Kategorie	
	kann beispielsweise durch eine verbesserte Nachvollziehbarkeit der Lieferkette die nachhaltige Beschaffung gefördert werden und die Qualität und Herkunft eigener Produkte kann kostengünstig nachgewiesen werden [5] ▶ Im Energiemanagement kann die Technologie zur Verbesserung der Transparenz erzeugter/eingekaufter Energie genutzt werden, sowie für Smart Contracts oder die Verifizierung von Grünstrom, Regionalstrom oder Emissionsgütern [38] ▶ Beim Management von Umweltaspekten kann die Blockchain-Technologie verbesserte Daten zu den Umweltauswirkungen am Ende des Lebenszyklus eines Produktes oder zum Umweltverhalten der Kundschaft liefern. Dadurch können Maßnahmen im Umweltmanagement zielgenauer geplant und rechtliche Anforderungen besser eingehalten werden [18] , Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Voraussetzung zur Nutzung	▶ Der realisierbare Nutzen der Blockchain-Technologie hängt wesentlich von den technischen Kriterien der Geschwindigkeit, dem Energieverbrauch, der Interoperabilität zwischen verschiedenartigen Blockchains sowie IT-Sicherheit, Akzeptanz und Zuverlässigkeit ab [38] ▶ Die rechtlichen Rahmenbedingungen, der Datenschutz, die Wirtschaftlichkeit und hieraus resultierend die Akzeptanz bei allen beteiligten Akteuren und Akteurinnen sind ebenfalls entscheidend für eine erfolgreiche Implementierung der Technologie [38] ▶ Der derzeitige regulatorische Rahmen kann nicht durch alle Blockchain-Anwendungen vollumfänglich abgebildet werden und muss neue Fragen des Vertrags-, Energie- und Datenschutzrechts adressieren und beantworten, bevor die Technologie flächendeckend zur Anwendung kommen [38] ▶ Der Einsatz der Technologie erfordert fachliche Kompetenzen, die sich je nach Art der Blockchain (öffentlich, privat oder konsortial) unterscheiden können. Die Voraussetzungen für die Nutzung über eine gängige Applikation verlangt vom Nutzenden bzw. Mitarbeitenden keine besonderen weiteren Kenntnisse [38] ▶ Investitionen und ausreichend finanzielle Ressourcen sind zur Implementierung der Blockchain ebenfalls erforderlich, sowie geschultes Fachpersonal zur Sicherstellung von Datenschutz und Informationssicherheit [5]

Kategorie	
Hemmnisse und Barrieren für Unternehmen zur Nutzung	▶ Ein Hemmnis der Blockchain-Technologie ist die fehlende Skalierbarkeit öffentlicher Blockchains: Bei zu vielen Anwendungen besteht die Gefahr, dass das System gestört wird [41] ▶ Insbesondere unter der Betrachtung der Umweltverträglichkeit wird augenfällig, dass öffentliche Blockchains zum Zweck des Datenabgleichs einen rechen- und somit energieintensiven Konsensusalgorithmus ausführen müssen. Somit steht der Einsatz öffentlicher Blockchains, z.B. Ethereum, diametral dem Umweltgedanken entgegen. Der Einsatz privater Blockchains umgeht diesen kritischen Punkt durch den Einsatz eines alternativen Konsensusalgorithmus. ▶ Auch wenn die Technologie das Potenzial hat, vor Manipulationen und Fälschungen zu schützen, sind die Punkte des Datenschutzes und der Datensicherheit für Unternehmen ein Hemmnis zur Nutzung dar und bedürfen eines bestimmten Setups / Konfiguration, um diesen Aspekten Rechnung zu tragen [41] ▶ In professionellen Anwendungsszenarien und insbesondere bei privaten Blockchains hängt die Datensicherheit von der Anzahl der Teilnehmenden ab, welche sich aktiv am Konsensusalgorithmus, über sog. „Nodes“ beteiligen. Die Teilnahme bedarf häufig einer professionellen Serverinfrastruktur, welche ein Hemmnis für viele Teilnehmende ist. Bedingt durch die dezentrale und somit redundante Datenspeicherung benötigt der Einsatz einer Blockchain in Summe ein Vielfaches des Speicherplatzes gegenüber eines traditionellen Datenspeichers, wie z.B. einer relationalen Datenbank. Somit ist die Blockchain für den Einsatz als Datenspeicher ungeeignet. Der Datenaustausch und die Teilnahme sind jedoch auch ohne „Nodes“ möglich.
Chancen und Mögliche positive Auswirkungen auf Umweltaspekte	Chancen der Technologie: ▶ Die Blockchain-Technologie hat das Potenzial die Steuerung, Sicherheit, Transparenz, Resilienz und den Informationsaustausch zu verbessern [38] ▶ Transaktionskosten können durch das Ersetzen einer zentralen Verwaltung verringert werden [41] ▶ Die Technologie bietet eine hohe Transparenz und Manipulationssicherheit in Prozessen [41] ▶ Verifizierungen werden bei der Blockchain-Technologie über die Blockchain-Knoten, betrieben durch bestimmte Nutzenden, durchgeführt und die Validierung erfolgt kryptografisch was zu einer hohen Fälschungssicherheit führt [41]

Kategorie	
	▶ Ein weiterer Vorteil von der Blockchain-Technologie ist ein Zugewinn an Resilienz. Im Vergleich zur Nutzung von zentralen Datenbanken gibt es keinen „Single-Point-of-Failure“. Informationen sind somit gegen Serverausfälle und Attacken weitestgehend geschützt [38] ▶ Durch die Verwendung der Blockchain-Technologie können Informationen für alle fälschungssicher zugänglich gemacht werden, ohne ihre Herkunft zu verraten. Dadurch können Privatsphäre und Firmengeheimnisse gewahrt werden [43] Mögliche positive Auswirkungen auf Umweltaspekte: ▶ Durch Smart Contracts kann von privaten Anbietern dezentral erzeugter Strom aus Photovoltaikanlagen lokale Netze eingespeist werden gegen Zahlungen mit geringer Gebühr in einer virtuellen Währung von Menschen in der Umgebung abgenommen werden. Dadurch, dass keine Energieversorgungsunternehmen als zwischengelagerte Instanzen agieren, kann der erneuerbar produzierte Strom auf diese Weise deutlich günstiger abgenommen werden [38] ▶ Die Blockchain-Technologie kann Wertschöpfungsketten nachvollziehbarer und teilweise transparenter gestalten und so eine nachhaltige Beschaffung, Austausch von Produkt- und Produktionsdaten, z.B. spezifische CO₂eq-Daten, und nachhaltigen Konsum vereinfachen [5] ▶ Verbesserte Daten zu Umweltauswirkungen am Ende des Lebenswegs von Waren und Produkten sowie zum Umweltverhalten der Kunden und Kundinnen ermöglichen zielgenauere Maßnahmenplanung in der Produktentwicklung und im Umweltmanagement und vereinfachte Einhaltung rechtlicher Anforderungen [18]
Mögliche negative ökologische und soziale Effekte	▶ Die Nutzung öffentlicher Blockchainnetzwerke, wie z.B. BitCoin oder Ethereum, wird insbesondere im Hinblick auf den notwendigen Ressourceneinsatz und die negativen Auswirkungen auf die Umwelt kritisch betrachtet. Der Strom- und Energieverbrauch ist so hoch, dass eine vermehrte Nutzung der öffentlichen Blockchains die Transformation der Energiesysteme und den Klimaschutz gefährden kann [41][5]. Dies gilt jedoch nicht für den Einsatz privater Blockchains, welche diesen Aspekt durch den Einsatz eines alternativen Konsensusalgorithmus explizit adressieren und vom Energieverbrauch mit dem Einsatz anderer digitaler Technologien vergleichbar sind.

Kategorie	
	Die Berechnung des Energieverbrauchs von öffentlichen Blockchain-Technologien kann über öffentlich einsehbare Transaktionsdaten und den Strommix der Standorte der großen Miner näherungsweise erfolgen. Die tatsächlich notwendigen Strom- und Energieverbräuche werden jedoch nicht systematisch erfasst [38].
Entwicklungspfade und Reifegrad der Technologie	- Insgesamt befindet sich die Blockchain-Technologie derzeit noch in einem Entwicklungsstadium, wodurch Bewertungen der zukünftigen Entwicklung und Anwendung der Technologie noch nicht abschließend möglich sind [6] - Die Blockchain-Technologie bietet ein enormes Potenzial, während Einschätzungen, ob die Technologie in großem Umfang genutzt werden sollte und wird stark variieren [6]
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	- Internet of Things und Sharing Economy: Blockchain könnte bei Sharing-Systemen im Transportsektor vernetzte Schlösser öffnen und Zahlungen abwickeln [41] - Internet of Things: Eine Integration von IoT Ressourcen in das Stromsystem als Marktteilnehmer führt zu einer Verbesserung der Auslastung und Flexibilität der Netze. [38] Darüber hinaus werden Anwendungsszenarien wie der Digital Twin⁸, Track-&-Trace-Lösungen und Pay-per-Use-Geschäftsmodelle als potenzielle Verzahnungen der Blockchain-Technologie mit dem IoT angesehen [32] - Cloud: Plattformen, die eine Cloud nutzen, bewerten die Umweltleistung von Unternehmen, während Blockchains einen transparenten und nachvollziehbaren Informationsaustausch in der Lieferkette regeln [5]
(Pilot-)Projekte oder Best Practice Beispiel	Pilotprojekte im Energiesektor: - StromDAO: vergleichen den Stromverbrauch von Haushalten mit dem Grünstromindex im Postleitzahlengebiet – Haushalte erhalten Kryptowährung (GrünStrom-Jetons) für ihren Anteil am Grünstrom [38] - LO3 Energy: Peer-to-Peer Austauschplattform für Strom (Microgrid Energiemarkt auf Basis privater Blockchain: Ethereum). Nutzung von Smart Contracts zur Anfrage von lokalem Grünstrom o. und automatisierte Abbrechung [38]

⁸ Der digitale Zwilling bzw. Digital twin ist eine digitale Repräsentanz eines realen immateriellen oder materiellen Prozesses oder Objektes in der digitalen Welt.

Kategorie	
	▶ Pilotprojekt sonnen und TenneT: Nutzung von Heimbatterienspeichern zur Aufnahme und Abgabe von überschüssigem Strom – Ziel: Reduktion von Transportengpässen [38] ▶ Enerchain: Plattform für Stromgroßhandel ohne Intermediär [38] ▶ SustainBlock: Verbesserung der Nachverfolgbarkeit und Nachhaltigkeit von verantwortungsvoll abgebauten Rohstoffen entlang der Lieferkette in der Automobilindustrie ▶ DIBICHAIN: Abbildung von Geschäftsprozessen und Nachverfolgbarkeit im Rahmen der Kreislaufwirtschaft, u.a. in der Luft- und Raumfahrt [BMW]

2.1.1.5 Factsheet Künstliche Intelligenz & Machine Learning

Tabelle 6: Factsheet zu Künstlicher Intelligenz & Machine Learning

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	Der Begriff künstliche Intelligenz (KI) bezeichnet künstliche Systeme mit Eigenschaften menschlicher Intelligenz. Intelligenz kann im Zusammenhang mit KI als Problemlösungsfähigkeit verstanden werden. [44] KI gilt als Sammelbegriff für Technologien, die basierend auf Datensätzen durch digitale Methoden in einem maschinellen Verarbeitungsprozess ein Ergebnis ermitteln, das automatisch angewandt / durchgeführt wird. [6] KI ist ein Teilgebiet der Informatik, das Methoden entwickelt mit denen Computer Aufgaben lösen, die beim Menschen Intelligenz erfordern. [25] Unterscheidung zwischen starker und schwacher KI: ▶ Starke KI zielt darauf ab, die gesamte menschliche Intelligenz mithilfe informationstechnischer Mittel abzubilden. [44] Das beinhaltet das Lösen abstrakter Probleme [44], Entscheidungen bei Unsicherheit treffen, planen oder Ziele verfolgen. [45] Starke KI wird auch als allgemeine künstliche Intelligenz bezeichnet. [45] ▶ Schwache KI kann konkrete Anwendungsprobleme lösen, wobei im Gegensatz zu starker KI, nicht alle Eigenschaften menschlicher Intelligenz nötig sind. [44] Das beinhaltet somit z.B. das Lösen von Klassifikationsproblemen und Mustererkennung. [6] Maschinelles Lernen ist die prominenteste Anwendung von schwacher KI [6,44]; das Verfahren eignet sich dafür, um aus Daten statistische Zusammenhänge zu erkennen und daraus Abhängigkeiten, Vorhersagen oder Klassifikationen abzuleiten. [44] Maschinelles Lernen ist kein Synonym für KI, sondern eine Teildisziplin; bei maschinellern Lernen lernt der Algorithmus anhand von Daten und entwickelt selbständig Regeln in einem definierten Rahmen. [46] Deep Learning wiederum ist ein Teilgebiet des Maschinellen Lernens: der Algorithmus lernt anhand von Merkmalen, die nicht explizit vorgegeben sind, sondern ermittelt diese selbst, was einer komplexen Lösungsmethode entspricht. [46]
Allgemeine Anwendungsbereiche	Lt. einer Umfrage des Bundesverbands mittelständische Wirtschaft (BVMW) wird im Mittelstand KI in folgenden Abteilungen eingesetzt: Produkte/Dienstleistungen, Forschung & Entwicklung, Buchhaltung, Projektplanung/-abwicklung, Übersetzung/Textarbeit. [47]

Kategorie	
	Anwendungsfelder bei produzierenden Unternehmen finden sich in fast allen Bereichen wie Instandhaltung (z.B. selbststeuernde Lagerüberwachung), Logistik (z.B. frei navigierende Transportfahrzeuge), Qualitätsmanagement und -kontrolle (z.B. selbstlernende Oberflächenüberwachung der Produkte), Produkt- und Prozessentwicklung, digitale Assistenzsysteme (z.B. Kommissionierassistenten), Prozessoptimierung und -steuerung, Ressourcenplanung (z.B. Bedarfsprognosen im Vertrieb) und Automatisierungstechnik. [46] Einsatzbereiche von (schwacher) KI: ▶ Finanz- und Medizinbranche in Form von Daten- und Informationsaufbereitung, z.B. Empfehlung für Diagnosen, Geldanlagen oder Optimierung von Industrieprozessen. ▶ Energiesektor: digitale Vernetzung dezentrale Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen und intelligente Steuerung, um Auslastung von Stromnetzen zu optimieren und bisher wenig rentable Energieeffizienzpotenziale zu erschließen. [48] ▶ Im Umwelt- und Klimaschutzbereich: Anwendung von KI werden zur Modellierung, Monitoring und Management von Ökosystemen, Biodiversität und zu Aussagen zur Nutzung von natürlichen Ressourcen eingesetzt (z.B. in Forst- und Landwirtschaft). [49] Der Aufbau einer Umweltdatencloud, soll umweltfreundliche KI-Anwendungen ermöglichen. [44] ▶ Allgemein: Sprach-, Bild- und Texterkennungssystemen (z.B. Apple Siri, Amazon Alexa), Übersetzungsprogramme. [44] z.B. Einsatz von künstlichen neuronalen Netzen z.B. für Google Translate oder Deepl zur Übersetzung von Texten [7,50] Momentan sind lernende Systeme eher in großen Unternehmen (> 500 Mitarbeitende) im Einsatz. [14]
Relevante Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	Der vordringlichste Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement ist die Verbesserung der Umweltleistung durch effizientere Maschinen- und Gebäudesteuerung sowie durch effizienteren Einsatz von Ressourcen (= Materialeffizienz). [44] Darüber hinaus können folgende Möglichkeiten genutzt werden: ▶ Mustererkennung bei Screening von Texten [49] → denkbarer Einsatz beim Screening neu in Kraft tretender Umweltgesetze, um neue das Unternehmen betreffende Umweltgesetze zu identifizieren (eigene Überlegung) ▶ Automatisierte Erfassung und Strukturierung von Lieferdendokumentation zu Umwelt- und Gefahrstoffdaten (Lieferdendeklarationen, ISO-Zertifikate, Sicherheitsdatenblätter) (eigene Überlegung).

Kategorie	
	▶ Maschinelles Sehen und Robotik: Automatisiertes Erkennen des Zustands von Altteilen zwecks Aufbereitung (EIBA)ⁱ, Automatische Abfallerkennung und -trennung, Autonomes Dismantling von Altgeräten, Monitoring von Anlagen, Waldbranderkennung, Analyse von Satellitenbildern (insb. für die Landwirtschaft, Copernicus) [51]. ▶ Wahrscheinlichkeitsprognosen für Absatzmengen basierend auf Algorithmen, die auf historischen Daten basieren, für die Produktionsplanung [46] □ Mögliche Verbesserung der Rohstoff- und Betriebsmittelplanung bietet Möglichkeiten zur Erhöhung der Ressourceneffizienz (eigene Überlegung) ▶ Erstellung von Prognosen (Predictive Analytics), um die Identifikation von Umweltrisiken zu unterstützen und Vorsorgemaßnahmen frühzeitig und zielgerichtet zu ergreifen. Nutzung von Softwarelösungen zur Abbildung des kompletten Umweltrisikomanagements möglich. [5] ▶ Vorabprüfung und Plausibilitätsprüfung (Angabe aus Umfrage) denkbar z.B.
Voraussetzung zur Nutzung	Zentrale Voraussetzungen: ▶ Datenverfügbarkeit und –qualität (hohe Qualität und insbesondere Menge von Beispieldaten ist relevant für die Güte des maschinellen Lernens [44]) ▶ leistungsstarke Rechenkapazitäten [44] ▶ sichere digitale Speicherarchitekturen [44] Wichtige Treiber für die Weiterentwicklung: ▶ Verfügbarkeit großer Datenmengen [44] ▶ Verbesserung der Speicher- und Prozessorleistungsfähigkeit und Weiterentwicklung der Netzinfrastruktur für die Echtzeitverarbeitung von großen Datenmengen [44] ▶ zunehmende Vernetzung von Sensoren zur Datenerfassung [44]

Kategorie	
	▶ erforderliche Kompetenzen (Know-how): Erforderliche Kompetenz von Nutzern und Nutzerinnen: Koordination von Abläufen, effektive Kommunikation und eigenverantwortliches Treffen von Entscheidungen [45] ▶ Verändertes Anforderungsprofil für Personal: Einsatz von IT erfordert mehr IT-Fachkräfte und Transfer- und Weiterbildungsmöglichkeiten für Bestandspersonal [47] ▶ da nicht alle Unternehmen Experten und Expertinnen für Daten und KI einsetzen können, gilt es Konzepte bereitzustellen, um die Anwendung von KI zu erleichtern, wie z.B. „KI-Selbstbedienung“ oder „Geführte Analytik“ [45]
Allgemeine Herausforderung der Technologie	Der Einsatz von KI ist noch auf schwache KI mit begrenzter Autonomie beschränkt und somit auf Folgendes limitiert: ▶ Vorgaben des Verwendungszwecks [45] ▶ Vorgaben von Entwicklern oder gesetzliche Anforderungen [45] Momentan noch begrenzte Anwendung in industriellen Prozessen durch betriebliche Anforderungen und technische Normen, auch durch die Anforderung komplette Kontrolle (über Maschinen) zu behalten [45]
Hemmnisse und Barrieren für Unternehmen zur Nutzung	▶ fehlende Expertise auf dem Themengebiet [47] ▶ fehlende Datensicherheit, DSGVO [47] ▶ Unsicherheit bei Anwendern [47] ▶ Erforderliche umfassende Datenbasis [46] ▶ Struktur und Dokumentation [46] Darüber hinaus ist, um einen höheren Nutzen von KI zu erzeugen, ein möglichst freier europäischer Datenraum, bei dem grenzüberschreitend Datenaustausch möglich ist, eine Voraussetzung. [45]

Kategorie	
Chancen und positive Auswirkungen auf Umweltaspekte	Potenziale von KI für die Industrie 4.0: ▶ Predictive Analytics, [44] ▶ Intelligente Assistenzsysteme, [44] ▶ Robotik, [44] ▶ Intelligente Automatisierung, [44] ▶ Intelligente Sensorik [44] Einsatz von KI in Kombination mit Automatisierung führt zur Senkung von Fehlerquoten, Beschleunigung sowie Reduktion von Betriebskosten. [26,46] Lt. Umfrage des Bundesverbands mittelständische Wirtschaft (BVMW) sieht der Mittelstand einen Nutzwert von KI in den Bereichen Automatisierung, Geschwindigkeit, personelle Entlastung und Marktdifferenzierung/Produktfeatures. [47] Mögliche positive Auswirkung auf Umweltaspekte durch KI und Machine Learning: ▶ Umweltschonendere Entwicklung und Nutzung natürlicher Ressourcen (Aufbau einer Umweltdatencloud) [44] ▶ Besseren Erkennung und Sortierung von Abfällen können die Effizienz des Recyclings verbessern [44] ▶ Automatisierte und selbst lernende Logistik- und Fertigungssysteme [12] ▶ Verbesserung von Produktionsverfahren und dadurch effizienterer Rohstoffeinsatz und weniger Ausschuss [44] ▶ Nachhaltigkeitspotenziale für technische Infrastrukturen, z.B. smarte Energie- und Wasserversorgung [44] ▶ Umweltfreundlichere Mobilität durch autonomes Fahren [44] ▶ Förderung von nachhaltigerem Konsum über Suchmaschinenanbieter, Onlineshops und Vergleichsportalen. Nutzung von Algorithmen für Suchanfragen und Produktvorschläge, wobei ökologische und soziale Produktinformationen sowie Nachhaltigkeitssiegel berücksichtigt werden. [12]

Kategorie	
	▶ Verbesserung der Energieeffizienz durch verbesserte Systemsteuerung durch KI von miteinander vernetzten Produktionsmaschinen [44] ▶ Bessere Gebäudeeffizienz durch „Regelung von Heiz-, Kühl- und Lüftungssystemen innerhalb von Gebäuden“ [44]
Mögliche negative ökologische und soziale Effekte	Umwelt: ▶ Deep Learning ist energieintensiv, da große Datenmengen in künstlichen neuronalen Netzen analysiert werden. Die Rechen- und Energieintensität wächst beim Trainieren von komplexeren Deep Learning-Modellen. Es muss im Einzelfall der entsprechenden KI-Anwendung entschieden werden, ob der Energieverbrauch geringer ist als die Energie- und Ressourceneinsparung, die durch das Verfahren realisiert wird. [49] Allerdings ist im Vergleich mit industriellen Prozessen das Training von Machine Learning Netzen nicht als energieintensiv einzuordnen. ▶ Mehrkonsum von Gütern und Dienstleistungen und damit verbundener Ressourcenverbrauch durch Induktion (neuer) Konsumbedürfnisse, die durch KI-gestütztes Targeting passende Zielgruppen bei Werbung gezielter ansprechen. Sozial: ▶ Potenzielle Beseitigung der menschlichen Verantwortung, da Verantwortung auf KI gestützte Systeme übertragen wird; Abwertung menschlicher Fähigkeiten durch den Einsatz von KI; Reduzierung der menschlichen Kontrolle sowie Aushöhlung menschlicher Selbstbestimmung [6] ▶ Risiko des Missbrauchs der Technologie, die keine verantwortungsvolle Weiterentwicklung der KI gestützt auf ethischen Prinzipien und Menschenrechte sicherstellt [6]
Reifegrad der Technologie und Verbreitung der Technologie	Schwache KI: ▶ konkrete Anwendung sind bereits im Einsatz; allerdings begrenzt auf den Verwendungszweck, durch Vorgaben des Entwicklers sowie gesetzliche Anforderungen [45]

Kategorie	
	Starke KI: ► Entwicklung noch offen und umstritten, wann das Nachbilden menschlicher Intelligenz gelingen wird [44,45] Bisher herrscht eine kontroverse Haltung in Unternehmen gegenüber KI vor. Gemäß der Bitkom Research Umfrage 2018 gibt es gleichermaßen eine kritisch und ablehnende sowie eine interessierte und aufgeschlossene Haltung [32]. KI-basierte Verfahren sind bisher wenig verbreiten im Bereich Umwelt- und Klimaschutz. [49]
Entwicklungspfade	Entwicklungspfade schwacher KI hin zu starker KI: ► „Internet wave“ (2010er): generieren personalisierte Inhalte basierend auf großen Datenmengen, die Internetnutzer generieren [46] ► „Algorithm Wave“ (heute): Automatisierung einfacher Prozesse und Aufgaben, Analyse unstrukturierter Daten [46] ► „Augmentation Wave“ (2020er): „Neueste Sensortechnologie analog zu menschlichen Sinnesorganen ermöglicht höchst intelligente Assistenten mit dynamischer Nutzer- und Nutzerinnenunterstützung“. [12,46] ► „Autonomy Wave“ (2030er): Integration aller vorausgegangenen Entwicklungen, so dass Systeme in einer Domäne autonom interagieren, z.B. autonom fahrende Fahrzeuge, Lieferung mit autonomen Drohnen [12,46]
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	Die Kombination von KI mit anderen klassischen Technologien, wie Automatisierung, führt zu autonom arbeitenden Systemen [26]. Der größter Nutzwert von KI wird im Bereich Automatisierung gesehen. [47] ► <u>Social Media</u>: Zur Analyse großer Datenmengen durch KI können auch Social Media Daten genutzt werden. [44] ► <u>Blockchain</u>: In Zukunft Koordination einer Vielzahl autonomer KI über Blockchain denkbar [38]; Blockchain als mögliche Basis für verlässliche Datenbasis für KI-Anwendungen [32] ► <u>Big Data</u>: Big Data bietet die Datenbasis für das Training von maschinellern Lernen. [6]

Kategorie	
(Pilot-)Projekte oder Best Practice Beispiel	▶ Energie- und Gebäudeeffizienz bei Unternehmen DABBEL: Nutzung von KI zur Verbesserung der Systemsteuerung vernetzter Produktionsanlagen, sowie zur Optimierung von Heiz-, Kühl- und Lüftungssystemen. [44] ▶ EIBA Projekt zur Sensorischen Erfassung, automatisierten Identifikation und Bewertung von Altteilen zur Aufbereitung und Recycling oder erneuten Nutzung; Sensorisch erfasste Daten werden mit Hilfe von KI in Kombination mit weiteren Informationen ausgewertet und basierend darauf eine Entscheidungsempfehlung abgeleitet, ob Altteile im Sinne der Kreislaufwirtschaft weiter aufbereitet werden können [51]

2.1.1.6 Factsheet Mobile Computing & Apps

Tabelle 7: Factsheet zu Mobile Computing & Apps

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	Der Begriff Mobile Computing beschreibt die Nutzung von Geräten wie Smartphones, Tablets, Laptops o.Ä., die während ihres Gebrauchs transportabel sind und Zugriff auf ein zentrales Informationssystem ermöglichen[5]. Das Mobile Computing unterstützt somit ortsunabhängiges Arbeiten und dient als Visualisierungsmedium für andere Digitalisierungstrends (z.B. Cloud Computing oder IoT). [5] Der Begriff inkludiert Telearbeit von zu Hause, unterwegs oder bei der Kundschaft, sowie den Einsatz privater Geräte („BYOD: Bring Your Own Device“). [52] Als App bezeichnet man eine Anwendungssoftware für mobile Betriebssysteme und Mobilgeräte. Die Anwendungsbereiche von Apps reichen von einfachen Dienstprogrammen bis hin zu Programmpaketen mit umfangreicher Funktionalität .
Allgemeine Anwendungsbereiche	Mobile Computing wird hauptsächlich in den Bereichen Marketing, Vertrieb und Service für mobile CRM-Systeme, für Informationen zum Bestellvorgang sowie Produkt- und Ersatzteilkataloge mit verbesserten, interaktiven Darstellungen eingesetzt. [53] Außerdem dient die Anwendung von Mobile Computing dem Prozessfortschritt ohne nötige Anwesenheit am Arbeitsplatz (z.B. Reporting- und Genehmigungen). [53] Zudem ermöglicht die Technologie, dass mobile Anwendungen im Service und Support sowie Smartphones zur Steuerung von Geräten und mobile Anwendungen im Service und Support genutzt werden können. [53]
Relevante Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	Umwelt-Compliance: ▶ Durch mobilen Zugriff auf angeschlossene Datenbanken können Prüfungsteams zusätzliche Informationen zum Prüfobjekt vermittelt werden [5] ▶ Darüber hinaus kann Mobile Computing zu einer Vereinfachung administrativer Tätigkeiten im Rahmen von Audits oder Begehungen sowie bei der manuellen Zählerablesung beitragen [5] Produktion: ▶ Mobile Computing kann Lösungen zur Visualisierung bereitstellen, beispielsweise von Verbräuchen energietechnischer Anlagen in Echtzeit [54] ▶ Fernwartung zur Beschleunigung der Wartung und Optimierung von Produktionsabläufen [5] ▶ Zugang zu Sicherheitsdatenblättern, Produktdetails und Verpackungsinformationen im Gefahrstoffmanagement

Kategorie	
	Interne Zusammenarbeit: ▶ Vereinfachte Verbreitung umweltrelevanter Informationen oder Tipps zum umweltfreundlichen Verhalten [5] ▶ Vereinfachte Büroorganisation und Förderung eines papierlosen Büros [35] ▶ Erfassung von Vorfällen, Setzen von Aufgaben und Korrekturmaßnahmen, Unterstützung bei Wartungen und Audits z.B. im Arbeitsschutzmanagement und Qualitätssicherung
Voraussetzung zur Nutzung	Zentrale Voraussetzungen: ▶ Verfügbarkeit mobiler Endgeräte und geeigneter Software [5] ▶ Kalkulation von anfänglichen und laufenden Kosten eines mobilen Services (z.B. Entwicklung, Testing, Lizenzen, Hardwaremanagement, Hosting, Betrieb, Support, Release-Zyklen, Sicherheits-Updates) [53] Erforderliche Kompetenzen (Know-how) und Ressourcen (z.B. Hardware): ▶ Qualitativ hochwertige EDV- und Telekommunikationsgeräte: leistungsfähig, strahlungsarm, leichtgewichtig, kompatibel, ergonomisch, robust, einheitliche Gestaltung der Vielfalt der Schnittstellen (Reduktion von Verzögerungen und Stress) [52] ▶ Headset und Freisprecheinrichtung im Auto für das Handy für sicheres Fahren [52] ▶ Wenn ohne zeitliche und räumliche Grenzen gearbeitet wird, müssen Mitarbeitende lernen, sich mit ihrem Gewissen auseinanderzusetzen, ob sie lange genug und gut genug gearbeitet haben. [52]
Allgemeine Herausforderungen der Technologie	Mobile Computing ist mit folgenden Herausforderungen konfrontiert: ▶ Für ein erfolgreiches mobiles IT-Projekt muss die User-Einbindung schon in der Konzeptphase geschehen [53] ▶ Vorhandensein einer Vielzahl von Geräten und Plattformen: Interaktionsfähigkeit der Dienste, Einheitlichkeit bei der Bedienbarkeit [53]

Kategorie	
	▶ Bestehende Sicherheitskonzepte sind nicht auf den Zugriff mobiler Endgeräte zugeschnitten, betriebsinterne Systeme sind nicht ohne weiteres von mobilen Geräten aus erreichbar [53] ▶ Verwaltung von privaten Geräten: Enormer Anspruch an Datensicherheit (privat und geschäftlich), Haftung, Kosten [52]
Hemmnisse und Barrieren für Unternehmen zur Nutzung	▶ Anschaffung geeigneter Software und Endgeräte notwendig (vor allem für die Digitalisierung von Audit- und Prüftechniken) [5] ▶ Personal muss im Umgang mit mobilen Endgeräten geschult sein, um das volle Potenzial ausschöpfen und die Produktivität beibehalten zu können (eigene Überlegung)
Chancen und positive Auswirkungen auf Umweltaspekte	Chancen von Mobile Computing: ▶ Erleichtert durchgehend digital gesteuerte und optimierte Produktionsabläufe [6] ▶ Durch digitale Zugänge für Kunden und Kundinnen entstehen neue, innovative Geschäftsmodelle (z.B. Erstellung von Reiseinformationen) [26] ▶ Synchronisation von Lieferketten sowie Verkürzung der Produktionszeiten und Innovationszyklen durch die mobile Vernetzung hochbreitbandiger Telekommunikation [26] ▶ Durchführung effektiverer Auditprozesse [5] ▶ Digitale Lösungen wie Apps können einen vereinfachten Zugriff auf Informationen zur Herstellung, Nutzung, Reparierbarkeit sowie Umweltwirkungen etc. ermöglichen [12] ▶ Gewinn von Autonomie, Spielräumen und neuen Freiheiten durch Verschiebung räumlicher und zeitlicher Grenzen der Arbeit [52] Mögliche positive Auswirkungen auf Umweltaspekte durch Mobile Computing: ▶ Leichter zugängliches Wissen zur Förderung umweltfreundlichen Verhaltens [5]

Kategorie	
	▶ Frühere Feststellungen von Schwachstellen und Risiken im Umweltbereich sowie schnellere Reaktion auf Schwachstellen durch informierte Prüfprozesse (z.B. genauere Informationsbasis zu einzuhaltenden Umweltrechtsvorschriften) [5] ▶ Ressourcen- und Kosteneinsparung durch Optimierung der Prozesse durch vereinfachte mobile Steuerung und Fernwartung [5] ▶ Reduzierung von Arbeitswegen, Ressourcen- und Energieverbräuchen im Unternehmen durch die Schaffung von Möglichkeiten zur Telearbeit und zum Homeoffice [55] ▶ Mithilfe von Apps können umweltmanagementrelevante Prozesse optimiert werden. So können beispielsweise in der Abfallwirtschaft Impulse für die Abfallvermeidung und bewusstere Mülltrennung gesetzt werden. Darüber hinaus kann auch die betriebliche Abfallwirtschaft von Apps profitieren, die Lösungen für die Herausforderungen einer effizienten Sammellogistik in urbanen und ländlichen Räumen bereitstellen [12]
Mögliche negative ökologische und soziale Effekte	Umwelt: ▶ Der Energieverbrauch mobiler Endgeräte wie Smartphones und Tablets in der Nutzungsphase sinkt zwar kontinuierlich, doch der Strombedarf von Rechenzentren und Telekommunikationszentren steigt durch die zunehmende Nutzung mobiler Geräte erheblich an [25] ▶ Durch mobile Endgeräte und Apps wird es immer mehr Menschen ermöglicht, von Zuhause oder von unterwegs aus, zu arbeiten. Während so auf der einen Seite Wege und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen eingespart werden können, nimmt der Strom- und Energiebedarf eher zu und es kommt zu ökologischen Rebound-Effekten, deren Ausmaß Gegenstand derzeitiger Forschung ist [56]. Hinzu kommt, dass die Möglichkeiten zur Telearbeit und zum Homeoffice zwar eine Vermeidung von Arbeitswegen zur Folge haben, dies jedoch nicht bedeutet, dass die Beschäftigten sich tatsächlich weniger fortbewegen. Eine aktuelle Studie geht davon aus, dass die Wege und die damit verbundenen Emissionen von Menschen im Homeoffice sogar höher liegen, als bei Menschen, die am Unternehmensstandort arbeiten [55] Sozial: ▶ Die Nutzung von Smartphones birgt die Gefahr von Smartphone-Sucht, die in Unternehmen zu geringerer Produktivität der Beschäftigten führen kann [57]

Kategorie	
Entwicklungspfade	▶ Zusätzlich führt die permanente Verfügbarkeit von Benachrichtigungen und Mitteilungen im Zusammenhang mit der Arbeit zu einer Entgrenzung von Arbeit und Privatleben, was eine soziale Herausforderung der Beschäftigten darstellen kann [58] ▶ „[Es] verlagert sich der Schwerpunkt [...] weg von der Entwicklung spezialisierter, komplexer, in sich geschlossener Systeme und Thin Clients hin zu interagierenden Plattformen und intelligenten Clients, die über standardisierte und moderne Schnittstellen miteinander kommunizieren.“ [53] ▶ Der Energieverbrauch von Endgeräten (z.B. Smartphone, Laptops) sinkt, da die Effizienz gesteigert wird. Die Bereitstellung der notwendigen Rechenzentren und Telekommunikationszentren hat hingegen einen stark ansteigenden Energiebedarf [25]
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	▶ Bei den Technologien Augmented Reality, Cloud Computing und dem IoT kann Mobile Computing (z.B. ein Smartphone oder Tablet) als Visualisierungsmedium dienen [5] ▶ Bei der Implementierung von Big Data und künstliche Intelligenz ermöglicht Mobile Computing den Nutzerinnen und Nutzern einen mobilen Zugriff auf angeschlossene Datenbanken und kann als Maßnahmenassistenz dienen [5] ▶ Mobile Computing kann zur Bereitstellung von Informationen, Prozessen und Applikationen durch soziale Netzwerke als Teil des digitalen Arbeitsplatzes genutzt werden [59] ▶ In Verknüpfung mit KI kann Mobile Computing über eine Mitteilung durch eine App Mitarbeitende über kritische Anlagenzustände informieren [46]
(Pilot-)Projekte oder Best Practice Beispiel	▶ Hochschule für Technik Stuttgart: Umweltmanagementsystem-App zur Vereinfachung der Auditmaßnahmen in Gebäuden (digitale Bereitstellung von Informationen sowie digitale Einspeisung von Feststellungen während des Audits) [5] ▶ Mader (KMU): App zur Informationsbereitstellung über identifizierte Druckluftleckagen [5] ▶ Festo (KMU): Visualisierung der Zustände verschiedener Produktionselemente (Condition Monitoring) [5]

Kategorie	
	▶ Giant Eagle Supermarkets (Großunternehmen): Nutzung von Smart Wearables zur Risikoprävention und Vermeidung und von Verletzungen am Arbeitsplatz hat zu einem Rückgang von Arbeitsunfällen um 31% geführt [60]

2.1.1.7 Factsheet Social Networks

Tabelle 8: Factsheet zu Social Networks

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	„Social Networks sind Internetportale, die den Kontakt zwischen Menschen vermitteln und sie digital vernetzen. Bekannte Beispiele öffentlicher Social Networks sind Facebook, Twitter oder LinkedIn. Diese vereinfachen die externe Kommunikation, etwa zur Gewinnung von Kundschaft und Beschäftigten, und sind bereits ein fester Bestandteil des Kommunikationsinstrumentariums von Organisationen. Darüber hinaus gewinnen aber auch vermehrt organisationsinterne Portale an Relevanz.“ [5] „In der Regel organisationsweit eingeführt und auch für das Umweltmanagement genutzt, ist die Verwendung von Social Intranets – eine um Komponenten der Kommunikation und Zusammenarbeit erweiterte Intranetlösung. Dabei steht die Interaktion im Mittelpunkt.“ [5]
Allgemeine Anwendungsbereiche	▶ Optimierung der Büroorganisation und verbesserte Möglichkeiten zur Einbindung und Partizipation der Beschäftigten ▶ Direkter papierloser Austausch mit Zielgruppen (Beispielsweise Diskussionen über geplante Maßnahmen mit Stakeholdern) und zielgruppenorientierte Gestaltung des Austauschs ▶ Interaktion: Einbringen von Ideen, Kommentieren von Mitteilungen, Starten von Initiativen [5] ▶ Wissenstransfer, um Best Practices zu identifizieren und zu verbreiten [5,59] ▶ Hierarchie- und abteilungsübergreifende Kommunikation [59]
Relevante Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	▶ Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP), Vorschlagswesen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit [61] ▶ Sozialer Nutzen: Bindung/Motivation von Mitarbeitenden, flexible Arbeitszeitmodelle, Vereinbarkeit Familie/Beruf [61] ▶ Ökologischer Nutzen: Beitrag zum papierlosen Büro [61] ▶ Wissen und Dialog zu Nachhaltigkeit, Ableitung des Bedarfs für Morgen [61] ▶ Einbindung von Stakeholdern: mittels Befragungstools können Ansprüche der Stakeholder identifiziert werden [5]

Kategorie	
	▶ Interne Kommunikation: umweltrelevante Informationen/Verhaltensweisen können unter den Mitarbeitenden geteilt werden, verbessert den Informationsaustausch [5]
Voraussetzung zur Nutzung	Grundsätzliche Voraussetzungen: ▶ „offene Führungskultur, da sich Teams durch die digitalen Tools vermehrt selbst organisieren können“ [5] ▶ Datenschutz: verstärkte Nutzung personenbezogener Daten [5] ▶ Sicherstellung der Vertraulichkeit von Informationen, speziell bei Vorliegen von räumlich flexiblen Arbeitsmodellen. „Ein unbefugter Zugang zu Systemen bzw. Zugriff auf Daten [sollte] verhindert werden.“ [5] ▶ „Eine positive Einstellung der Mitarbeitenden und des Managements für transparente Kommunikation ist die beste Basis.“ [59] ▶ Einbeziehen der Nutzer und Nutzerinnen und Identifikation von ihren Bedürfnissen [61] Erforderliche Kompetenzen (Know-how) und Ressourcen (z.B. Hardware): ▶ Für das Unternehmen ist eine ausreichende Infrastruktur für eine gute Performance der Social Intranet Plattform erforderlich [59] ▶ Die Nutzerinnen und Nutzer (bspw. Beschäftigte des Unternehmens) benötigen technisches Know-how , das jedoch auch durch Schulungen und schrittweise Einführung erlangt werden kann [61]
Allgemeine Herausforderung der Technologie	▶ Unternehmen müssen eine für sie passende Lösung finden [59] ▶ Software-Infrastrukturen, Akzeptanz bei den Mitarbeitenden, Usability, Möglichkeiten zur Individualisierung, Einbindung in die Kommunikationsstrategie, Performance [59]
Hemmnisse und Barrieren für Unternehmen zur Nutzung	▶ Silodenken von Fachbereichen kann hinderlich sein, da für das Umweltmanagement vermehrt Daten in unterschiedlichen Fachbereichen anfallen: eine Kultur des „Teilens“ von Informationen ist entscheidend [5,59]

Kategorie	
	► Mangel an Budget bei einigen Unternehmen [59]
Chancen und mögliche positive Auswirkung auf Umweltaspekte	Chancen der Technologie: ► Zufriedene Mitarbeitenden durch direkte Beteiligung an Abstimmungsprozessen und dem Gefühl auf dem neusten Stand der Dinge zu sein. Die Zufriedenheit mit der internen Kommunikation ist in Unternehmen mit Social Intranet besonders hoch (78%). [59] ► Stärkung interner Zusammenarbeit und Kommunikation [5,59] ► Reduktion von E-Mails und Meetings, als auch schnellere Entscheidungen durch themenspezifisches Arbeiten in einer Projektgruppe mit verknüpften Dokumenten inkl. Kommentarfunktion [59] ► Hierarchiegrenzen-übergreifende/Abteilungs- und Standortübergreifende Kommunikation [59] ► Erhöhung von Arbeitseffizienz, transparenter Kommunikation und Schaffung einer globalen Wissensplattform [59] ► Ablösung von bestehenden Systemen, sodass keine Redundanzen auftreten [61] Mögliche positive Auswirkung auf Umweltaspekte: ► Förderung umweltfreundlichen Verhalten durch leichter zugängliches Wissen und verbesserte interne Kommunikation über Chatportale und weitere Tools [5] ► Einfachere externe Kommunikation: Gewinnung von Kundschaft und Mitarbeitenden [5] ► Transparenz und der Informationsstand des Umweltmanagements kann zwischen Mitarbeitenden/Gruppen durch Chatfunktionen und Projektmanagementtools erhöht werden [5] ► Reduktion von negativen Umweltauswirkungen durch die Streuung bewusstseinsbildender Maßnahmen, umweltrelevanter Informationen oder Tipps zum umweltfreundlichen Verhalten im Unternehmen. Außerdem können Social Networks die Beschäftigten befähigen, miteinander zu interagieren und über integrierte Feedbacksysteme Vorschläge zur kontinuierlichen Verbesserung der Umweltleistung mit in das Umweltmanagement einfließen zu lassen[5]

Kategorie	
	► Verbesserung des Nachhaltigkeitsmanagement und Transparenz durch Kommunikation mit allen Akteuren und Akteurinnen der Wertschöpfungskette [61] ► Fördert Flexibilität z.B.: durch ortsunabhängigen Zugang, Unterstützung von Homeoffice kann Arbeitswege und Energieverbräuche in Büroräumen einsparen [61] ► Visualisierung des Zustands der Umwelt und der Auswirkungen menschlichen Handelns, Einsicht für alle Bürger und Stärkung der Öffentlichkeitsbeteiligung durch digitale Beteiligungsformate [12]
Mögliche negative ökologische und soziale Effekte	► Gesteigerter Konsum: Personalisierter Kundenschaftskontakt prognostiziert Konsumwünsche und weckt (vermeintliche) Bedarfe [12] ► Bei hohen Nutzer- und Nutzerinnenzahlen wird die stetig zunehmende Informationsflut eine Herausforderung in Unternehmen. Oftmals fehlt die Zeit, die Informationen systematisch zu sammeln, zu strukturieren und auszuwerten [61]
Reifegrad und Verbreitung der Technologie	► In einer Umfrage hatte knapp die Hälfte der befragten Unternehmen bereits ein Social Intranet im Einsatz, vom Rest plant über die Hälfte die Einführung [59] ► Laut einer anderen Umfrage wurden von fast jedem zweiten Unternehmen digitale Lernformate genutzt [62]
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	► Mobile Computing: Social Intranet als Teil des digitalen Arbeitsplatzes [59] ► Big Data: zur Analyse von Benutzerinteraktionen oder zum Treffen von Vorhersagen [61]
Entwicklungspfade	► File-basiertes Arbeiten wird durch digitale Prozesse im Activity Stream des Social Intranets abgelöst [59] ► Erweiterbare, modulare Systeme für verschiedene Use Cases [59] ► Reverse Mentoring: junge Beschäftigte des Unternehmens schulen das Top-Management im Bereich Social Media [61]

Kategorie	
	▶ Tandem-Prinzip: junge Social Media-affine Mitarbeitenden, schulen in Zweiergruppen ihre Kollegen und Kolleginnen [61] ▶ Digitale Dividende: wachsende Verfügbarkeit von Daten/Verarbeitung führen zu Prozessoptimierung und damit zu Kosteneinsparung – diese können in Zukunftsaufgaben investiert werden [12]
(Pilot-)Projekte oder Best Practice Beispiel	▶ Ideales Einführungsszenario lt. Karin Fischer (Schaeffler): „Projektauftrag vom Management, Hauptverantwortung bei der Unternehmenskommunikation, Zusammenarbeit bezüglich des Veränderungsprozesses mit HR und gemeinsame Tool-Auswahl und Implementierung mit der IT.“ [59] ▶ Hilfreich zur Einführung im Unternehmen lt. Martin Müller (Vodafone): konkrete Handlungsempfehlungen an Mitarbeitende, konkrete Funktionen der Plattform auszuprobieren. Darüber hinaus sollten zum Launch alle Informationen, Tutorials, Botschafter, sowie eine persönliche Ansprache verfügbar sein. [59] ▶ Deutsche AIDS-Hilfe e.V.: 130 Organisationen, 5500 Mitarbeitende: projektbezogene Gruppenarbeiten und Wissensmanagement durch Social Intranet Lösung mit besonders leichter Bedienbarkeit. Zusätzlich empfohlen: Die Benennung eines Key-Users pro Abteilung zur Beantwortung von Fragen, und vorab die Erstellung eines detaillierten Lastenhefts unter Einbezug aller internen Stakeholder [59]

2.1.1.8 Factsheet Automatisierung

Tabelle 9: Factsheet zur Automatisierung

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	Automatisierung - ursprünglich von „Automat“ im Sinne eines selbstständig (autonom) agierenden Apparats [6] - beschreibt die Unterstützung von Arbeitsschritten mittels Informations- und Kommunikationslösungen. Es handelt sich dabei in der Regel um klar definierte sich wiederholende, routinemäßige Prozesse und Aufgaben, die durch Automatisierung effizienter gestaltet werden [6] Digital gestützte Automatisierung von Kommunikations- und Geschäftsprozessen bezieht sich auf die Bereiche Software- und Industrie-Robotik („Robotic Process Automation“) [6] und Communication and Content Management [63]. Automatisierung durch Digitalisierung erfolgt mittels Algorithmen: [6] Algorithmen sind Handlungsvorschriften zur Lösung eines gegebenen Problems [6] und sind immer explizit und wohl definiert. [6] In Verbindung mit Künstlicher Intelligenz entstehen autonom arbeitende und sich selbst organisierende Systeme. [26]
Allgemeine Anwendungsbereiche	Aufgaben und Tätigkeiten mit klar definierbaren und sich wiederholenden Abläufen eignen sich besonders zur effizienzsteigernden Automatisierung. [6] Einsatzformen von Automatisierungstechnik: ▶ Einsatz von Industrierobotern in der Produktion und Fertigung [6] sowie Software-Roboter/„Robotic Process Automation“ (RPA), um strukturierte Geschäfts- oder Produktionsprozesse softwaregestützt und automatisiert durchzuführen [5,6,64]. Wesentliche Überschneidungen mit RPA weisen Enterprise Content Management Lösungen auf, die durch Automatisierung, Digitalisierung und Standardisierung von Arbeitsabläufen, die Verarbeitung von Informationen, Daten oder Dokumenten in Verwaltungsprozessen erleichtern.[64] ▶ Automatisierte Kommunikation durch communication robotics/chatbots: automatisierte textbasierte Beantwortung von Fragen über Chat-Fenster (basierend auf hinterlegten Wissensbasen in Form von Datenbanken) sowie sprachgesteuerte Kommunikation über Spracherkennungssoftware wie „Ok Google“ (Google), „Siri“ (Apple) oder „Cortana“ (Microsoft) [65] In Verbindung mit Künstlicher Intelligenz: ▶ Automatisierte und selbstlernende Fertigungs- und Logistiksysteme [12] ▶ Automatisierte Planungs- und Optimierungsaktivitäten [46]

Kategorie	
	▶ Automatisiertes Fahren (selbstfahrende Autos, die nur bedingt oder ganz ohne menschliches Eingreifen betrieben werden) [6] ▶ Automatisierte Sortierung von Kunststoffen aus komplexen Produkten mit sehr hoher Materialvielfalt [12] Anwendungsbereiche in verschiedenen Branchen: ▶ Finanzwirtschaft: z.B. Hochfrequenzhandel [6] ▶ Polizeiarbeit: automatisierte Videoüberwachung und Gesichtserkennung [6] ▶ Öffentliche Verwaltung: Sozialsysteme automatisierte Erstellung von Sozialbescheiden [6], Auswertung von Satellitenbildern durch automatisierte Bilderkennungsverfahren zur Überprüfung des Vollzugs von Umweltrecht. [12] ▶ Chemie: Steuerung von Fertigungsanlagen in der Chemieindustrie [18] ▶ Landwirtschaft: Automatisierung von Prozessabläufen in der Tierhaltung/Landwirtschaft und der Bodenbearbeitung [18]
Relevante Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	▶ <u>Umweltcontrolling</u>: Einsatz zentraler Steuerungs- und Controlling Systeme (Umweltcontrolling, Umwelt-Compliance, Umweltrisiken) [5] ▶ <u>Compliance</u>: Automatisierter Austausch von Daten der Umwelt- und Naturschutzverwaltung [12] → Informationsaustausch zwischen Betrieben und Behörden z.B. zu Gefahrstoffen, Grenzwerten und umweltrelevanten Genehmigungen im Zusammenhang mit Umwelt- und Material-Compliance [66] ▶ <u>Produktion</u>: Automatisierung der Produktion[5] ▶ <u>Berichterstattung und Kommunikation</u>: Erstellung von (Umwelt-)Berichten und Berichterstattung an Behörden durch Zugriff auf Datenpool [5]; Stakeholder Einbindung und interne Zusammenarbeit [5]; Beantwortung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsbezogenen Anfragen von Stakeholdern über Chatbots (eigene Überlegung)

Kategorie	
	▶ <u>Umweltmonitoring</u>: Effiziente Aufnahme von umweltrelevanten Daten und Informationen aus einzelnen Organisationsbereichen [5] Automatische Dateneinspeisung in Echtzeit, um schneller überdurchschnittlich hohe Verbräuche festzustellen [5] Automatisierte Datenerfassung, -auswertung und Dateneinspeisung von umweltrelevanten Informationen aus den Organisationsbereichen durch smarte Sensoren und Zähler und über eine geeignete Software und zur Verfügungstellung der Daten an das Umweltmanagement [5] ▶ <u>Lieferkette</u>: Forderung nach (Umwelt-)Daten der Liefernde [5]
Voraussetzungen zur Nutzung	Auf technischer Ebene (z.T. Überschneidungen zu Big Data und KI): ▶ Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger Daten (in Bezug auf Vollständigkeit und Richtigkeit) [5] sowie Kontrollen zur Qualitätssicherung der automatisiert eingespeisten Daten [2] ▶ Geeignete IT-Infrastruktur zur automatisierten Erhebung von Daten (u.a. geeignete Breitbandversorgung für die schnelle Übertragung von Daten) [2] ▶ Detaillierte Technologiekenntnisse sowie passende Vorgehensweise [6] ▶ Haftungsregelungen im Rahmen automatisierter Entscheidungsfindungen [6] ▶ Automatisierte, algorithmische Entscheidungsfindungen sollten nur methodisch und demokratisch abgesichert erfolgen und für die Betroffenen nachvollziehbar sein [6] ▶ Einsatz zertifizierter Verfahren oder auditierter Prozesse beim Einsatz von Automatisierung in gesellschaftlichen Kernbereichen (z.B. Justiz oder Gesundheit) [6] Auf Ebene der Beschäftigten: ▶ Klar definierte Rollen und Verantwortungsbereiche innerhalb des Unternehmens [64] ▶ Integration der Mitarbeitenden, um Vorbehalte abzubauen und Know-how aufzubauen [64]

Kategorie	
	▶ Aufbau von Kompetenzen im Unternehmen und Personalentwicklung, um Mitarbeitende für neue Anforderungen und veränderte Prozesse zu schulen und um die Kommunikation an der Schnittstelle Mensch-Maschine effektiv zu gestalten [67]
Allgemeine Herausforderungen der Technologie	Herausforderungen im Bereich Beschäftigung: ▶ Veränderung von Beschäftigungsbedingungen sowie Substitution menschlicher Arbeit (insbesondere in Entwicklungsländern) durch die Automatisierung von Arbeit [6] ▶ Notwendige Anpassung an neue Arbeitsbedingungen oder neuartige Mobilitätskonzepte [6] ▶ Entscheidungen zur Automatisierung folgen oft Rationalisierungsstrategien, ohne dass der gesamtgesellschaftliche Wert von Erwerbsarbeit oder entwicklungspolitische Dimensionen umfassend berücksichtigt werden [6] Herausforderungen beim Einsatz zur Entscheidungsfindung: ▶ (Grund-)Rechtsverletzungen oder andere gesellschaftlichen Gefährdungen durch automatisierte Entscheidungsfindung [6] ▶ Fortschreitende Verlagerung von Entscheidungen auf digitale Systeme kann jenseits sinnvoller Automatisierungen Grenzen überschreiten, wenn demokratische Entscheidungsfindungen übergangen werden (z.B. automatisierter Handel auf den Finanzmärkten) [6] Weitere: ▶ Teilweise erhebliche Qualitätsprobleme durch den Einsatz von Industrierobotern [6] ▶ (Möglicher) Missbrauch der Technologie (z.B. automatisierte Waffensysteme) [6]
Hemmnisse und Barrieren für Unternehmen zur Nutzung	▶ Hoher Anschaffungsaufwand (geeignete Software, Endgeräte, Sensoren, etc.) [5]

Kategorie	
	▶ Aufwendige Integration von z.B. Automatisierungs-Software in die Unternehmensprozesse [64] ▶ Polarisierende öffentliche Debatte über mögliche Arbeitsmarkteffekte [64]
Chancen und positive Auswirkungen auf Umweltaspekte	Steigerung der (Ressourcen)Effizienz: ▶ Beschleunigung von routinemäßigen Prozessen [5]; höhere Fertigungsgeschwindigkeit und effizienterer Einsatz von Produktionsmitteln, wodurch Betriebskosten reduziert werden [3] ▶ Niedrigere Fehlerquoten in der Produktion (dadurch reduzierter Einsatz von Materialien) [3] und bei Geschäftsprozessen (z.B. durch den Einsatz von Software-Robotern) [6] ▶ Ressourceneinsparung durch die Automatisierung und Optimierung von Produktionsprozessen (z.B. durch automatische Dateneinspeisung in Echtzeit werden schneller überdurchschnittlich hohe Verbräuche und Einträge in die Umwelt sichtbar) [5,6] ▶ Reduktion von Treibhausgasemissionen durch Effizienzsteigerungen in der Industrie [5,6] Reduktion von Risiken: ▶ Frühzeitige Entdeckung und Behebung von Fehlern (beispielsweise Verstöße gegen Rechtsvorschriften) und somit Vermeidung von Reputations- und Umweltrisiken [5] ▶ Schnellere Feststellung von Potentialen/Schwachstellen im Umweltbereich durch automatische Dateneinspeisung [5] ▶ Verbreitung menschenwürdiger Arbeitsumfelder: Mehr Sicherheit, Komfort und Effizienz, und somit höhere Lebensqualität durch beispielsweise automatisierte Fahrzeuge und intelligente Fabriken [6,7]

Kategorie	
	Verbesserung der Informations- und Datenlage: ► Organisationsweite, effizientere und kurzfristige Verfügbarkeit von Daten und Informationen durch automatisierte und verzahnte Prozesse [5] → Nutzung zur Daten- und Informationssammlung beispielsweise für Umwelt- und Nachhaltigkeitsreporting denkbar (eigene Überlegung)
Mögliche negative ökologische und soziale Effekte	► Durch zunehmende Produktionsautomatisierung immer weiter steigende Energie- und Ressourcenverbräuche sowie Produktions- und Konsummuster, die die Ökosysteme belasten [6] ► Abnahme der kreativen Bearbeitung einer Aufgabe und somit Innovationsverlust und stockende Prozesse [33] ► Bei übermäßiger Automatisierung Einschränkung individueller Entscheidungsmacht und Mündigkeit im Sinne nachhaltigen Handelns [6] ► Automatisierung von Tätigkeiten kann zur zunehmenden Bedeutungslosigkeit der menschlichen Arbeitskraft führen oder diese gar ganz substituieren. [6]
Reifegrad der Technologie und Verbreitung der Technologie	► Ein schon seit langem anhaltender Trend, der sich stetig weiterentwickelt und auch künftig relevant sein wird [5] ► Einsatz von Software-Robotern: • Digitalisierung von Geschäftsprozessen noch ausbaufähig [64] • Nachfrage nach Automatisierungslösungen jedoch ungebrochen hoch (z.B. für die Nutzung von KI-Verfahren zur Optimierung von Abläufen oder die Integration von Process-Mining-Tools) und schnelle Verbreitung zu erwarten (u.a. durch die Bereitstellung vorgefertigter Software-Robotern auf Online-Marktplätzen) [64]
Entwicklungspfade	► Nachfrage nach Automatisierungslösungen ist ungebrochen hoch und viele Unternehmen sehen sich zur weiteren Automatisierung und Optimierung von Prozessen aufgrund von Fachkräftemangel gefordert [64]

Kategorie	
	▶ Zunehmende Digitalisierung der Automatisierung durch Verknüpfung mit Big Data und Künstlicher Intelligenz [6]; z.B. Entwicklung hin zu (Voll-)Automatisierung von Fahrzeugen [6] oder Automatisierung von Bildauswertungen mittels KI (z.B. zur Überwachung von Ökosystemen) [6] ▶ Es kommt zur Disruption der Arbeitsmärkte durch umfassende Automatisierung datengetriebener Tätigkeiten und zunehmender „Irrelevanz der menschlichen Arbeitskraft“ für die Wirtschaft [6]
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	Starke Verzahnung mit weiteren digitalen Technologien, sodass z.T. eine Abgrenzung schwierig ist: ▶ <u>Big Data & Künstliche Intelligenz</u>: autonom arbeitende und sich selbst organisierende Systeme [7,26,46] ▶ <u>Blockchain</u>: automatisierte Transaktionen [32] ▶ <u>IoT</u>: Vernetzung und automatisches Zusammenspiel von Robotik (Fertigungseinheiten) [26]
(Pilot-)Projekte oder Best Practice Beispiel	▶ Unternehmen Henkel: Reduktion des Treibhausgasausstoßes durch automatisierte Dateneinspeisung durch Zähler für fossile Brennstoffe, Dampf und Abwasser [5] ▶ SustainHub: Automatisiertes Einholen von Daten in der Wertschöpfungskette und automatisierte Analyse der Material Compliance zur Sicherstellung der Einhaltung produktbezogener Umweltgesetzgebungen [68] ▶ Pilotprojekt CarbonBlock mit Porsche, BASF und Motherson: Blockchain-basiertes Lieferkettentransparenzsystem zur automatisierten Erfassung von THG-Emissionen in vorgelagerten Abschnitten der Lieferkette [69]

2.1.1.9 Factsheet Digitale Plattformen

Tabelle 10: Factsheet zu Digitalen Plattformen

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	Digitale Plattformen stellen zwei oder mehreren unterschiedlichen Akteursgruppen eine digitale Infrastruktur zu Verfügung, die zur besseren Vernetzung und Verknüpfung verwendet werden kann. Digitale Plattformen können es Unternehmen dadurch ermöglichen, neue Kundschaftssegmente und Märkte zu erschließen und den Austausch mit der Kundschaft und Liefernde zu optimieren und zu automatisieren. Auch in der internen Kommunikation und Wissensvermittlung können digitale Plattformen eingesetzt werden. Je mehr Akteure und Aktuerinnen eine digitale Plattform nutzen, desto erfolgreicher ist die Plattform in der Regel auch [70]. Die Akteursgruppen können folgende sein: ▶ Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ▶ Kunden und Kundinnen ▶ Lieferanten und Lieferantinnen ▶ Nutzende ▶ Dienstleistende ▶ Sonstige Kooperationspartner und -partnerinnen und interessierte Parteien
Allgemeine Anwendungsbereiche	Kommunikation ▶ Vordringlichster Anwendungsbereich ist der Informationsaustausch Marketing und Vertrieb: ▶ Vertrieboptimierung durch zielgenauere Werbung und neue Preismodelle

Kategorie	
	▶ Erschließung neuer Märkte ▶ Verbesserung der Kundschaftsbetreuung Neue Geschäftsmodelle und strategische Entwicklung: ▶ Entwicklung neuer Geschäftsmodelle ▶ Entwicklung von Produktinnovation ▶ Erschließung neuer Möglichkeiten der Kooperation Prozessoptimierung: ▶ Optimierung bei Bestell- und Zahlungsabwicklungen ▶ Kostenoptimierte und transparentere Lieferkettenlogistik ▶ Steigerung der Prozesseffizienz [70]
Relevante Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	▶ Cloudbasierte Plattformdienste können die Umweltleistung von Organisationen bewerten und ihre Ergebnisse anderen Organisationen zugänglich machen, wodurch ein Unternehmen eine vollumfängliche Informationslage zur Umweltleistung bestehender und potenzieller Lieferorganisationen erhalten kann [5]. ▶ Digitale Plattformen können durch eine bessere Vernetzung eine enge Verknüpfung zwischen Stoffströmen ermöglichen und sowohl die Datenerhebung, als auch die Datenauswertung verbessern [6]. ▶ Digitale Plattformen können die Verfügbarkeit von Fachkundigenwissen erhöhen und somit Transaktionskosten reduzieren.

Kategorie	
Voraussetzung zur Nutzung	Voraussetzung für die erfolgreiche Implementierung einer digitalen Plattform ist in den meisten Fällen das Erreichen der kritischen Masse an Nutzenden. Je größer eine Plattform ist und je mehr Nutzende sie hat, desto effektiver kann sie genutzt werden. Hier dienen Netzwerkeffekte als Multiplikator. Darüber hinaus ist die Innovationsfähigkeit und die Flexibilität von Prozessen der Anwendern einer digitalen Plattform entscheidend für eine erfolgreiche Nutzung [70].
Hemmnisse und Barrieren für Unternehmen zur Nutzung	Hemmnisse und Barrieren für die Anwendung digitaler Plattformen sind einerseits ein Mangel an Fachkräften, die es zur erfolgreichen Implementierung braucht. Andererseits fehlt es oft an relevantem Hintergrundwissen in Führungspositionen, um identifizieren zu können in welchen Unternehmensbereichen welche Ziele mithilfe digitaler Plattformen erreicht werden können [70].
Chancen und positive Auswirkungen auf Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte	Mögliche positive Auswirkung auf Umweltaspekte: ▶ In der Lieferkette können digitale Plattformen Unternehmen dabei unterstützen in bestehenden Lieferverträgen Verbesserungsvorschläge einzubringen und in Kooperation mit Liefernden Maßnahmen zu beschließen. Lieferorganisationen, die hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit kritisch eingeordnet werden, können leichter identifiziert und umgangen werden, wodurch Unternehmensrisiken verringert werden können [5]. ▶ Mithilfe digitaler Plattformen kann Transparenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette geschaffen werden. Dies gilt insbesondere für Blockchain-Anwendungen [5].
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	Social Network und Blockchain: ▶ Soziale Netzwerke und Blockchain-Anwendungen können auch als digitale Plattformen bezeichnet werden [5]. Maschinelles Lernen/KI: ▶ Anbieter digitaler Plattformen stellen Tools für masch. Lernen/KI zur Verfügung ▶ Mithilfe von digitalen Plattformen und KI können Prozesse optimiert und automatisiert werden

Kategorie	
	Big Data: ▶ Die Plattformen profitieren von der Größe und dementsprechend der Datenmenge. Je vernetzter die Plattform ist und je mehr Akteure und Akteurinnen sie nutzen, desto erfolgreicher kann die Plattform sein Internet of Things (IoT): ▶ Vernetzung physischer und digitaler Infrastruktur durch digitale Plattformen (bspw. Maschinen bei Kunden und Kundinnen, die über eine digitale Plattform vom Anbietern automatisch gewartet/geprüft werden können) [70]

2.1.1.10 Factsheet Internet of Things (IoT)

Tabelle 11: Factsheet zu Internet of Things

Kategorie	
Beschreibung der Technologie	Das Internet der Dinge - Internet of Things (IoT) – beschreibt die Vernetzung von physischer und digitaler Infrastruktur in Interaktion mit seiner Umwelt [6]. Technologisch betrachtet vernetzen sich dabei Dinge bzw. Gegenstände, die mit physischen Identitätsträgern wie Barcodes, QR-Codes, RFID oder Smartcards ausgestattet werden und kommunizieren über Bluetooth, Near-Field Communication (NFC) oder Mobilfunk mit dem Internet oder untereinander [6,20]. Somit handelt es sich bei IoT nicht um eine einzelne Technologie, sondern vielmehr um eine Verzahnung mehrerer Technologien [6]. “Ziel der Vernetzung ist es, Systeminformationen zu sammeln, die dann verarbeitet und zur Verbesserung und Anpassung von Prozessen und Produkten verwendet werden können.” [71]
Allgemeine Anwendungsbereiche	IoT wird als zentrale Lösung für gegenwärtige gesellschaftliche Herausforderungen gesehen und wird in sämtlichen Bereichen eingesetzt [6]: ▶ Smart Factories: auch Industrial Internet of Things oder Industrie 4.0 genannt; Einsatz in der Industrieproduktion [6,26,71], z.B. Erstellung von Digitalen Zwillingen (digitale Abbilder von Produkten, Maschinen oder Komponenten) durch IoT-Sensoren [32] ▶ Smart Home: Vernetzung von Haushaltsgeräten z.B. smarte TVs, automatisierte Heizsteuerung, etc. [5,6,71,72] ▶ Smart Building: Vernetzung von raum- und gebäudesteuernden Anlagen [5] ▶ Smart City, z.B. intelligente Stromnetze, vernetzter Auto- und Logistikverkehr, selbstfahrende Autos [6,71] ▶ Im Gesundheitswesen: medizinische Sensoren oder Geräte zur Überwachung des Gesundheitszustandes, z.B. smart watches [6,72] ▶ Im Umwelt- und Agrarsektor, z.B. Sensoren zur Messung des Feuchtigkeits- und Wärmegehalt des Bodens, um Maßnahmen zum Schutz von Pflanzen vor Pilzbefall zu planen [6] ▶ Im Energiesektor, z.B. bedarfsgerechte Steuerung der Energieversorgung in „Smart Grids“ [6]

Kategorie	
Relevante Einsatzbereiche im Unternehmen bzgl. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	Umweltcontrolling: ▶ Vernetzung von raum- und gebäudesteuernden Anlagen (Smart Building) [5] ▶ Bedarfsgerechte Steuerung der Energieversorgung (Smart Grids) [6,20,71] ▶ Automatische Meldung von Wartungsbedarfen durch technische Anlagen [72] unterstützt die Reduktion von Umweltrisiken und verbessert die Leistung von technischen Anlagen (eigene Überlegung) ▶ Verbessertes Abfallmanagement durch Sensoren in Mülltonnen [73] ▶ Verbesserte Messung von z.B. Schadstoffen durch automatische Datenlieferung mithilfe von entsprechenden Sensoren [72] ▶ bessere Datengrundlage für Material Flow Cost Accounting (MFCA), um Einsparpotenziale für Material und Kosten zu identifizieren (eigene Überlegung) Lieferketten: ▶ Bessere Steuerung der Lieferkette, indem „smarte“ Prozesse Wiedernutzung und Recycling erleichtern [6] ▶ Digitales Flottenmanagement und Routenoptimierung in der Logistik [71] Produktion: ▶ Optimierter Einsatz von Produktionsfaktoren, Verbesserung der Materialeffizienz sowie effizientere Logistik und Prozesssteuerung durch digitalisierte Güterproduktion [6,20,35] ▶ Bereitstellung von Zustandsdaten von Anlagen und Produktionsteilen durch IoT-Technologien [5] ▶ Effiziente Prozesssteuerung, Anwendung von Automatisierungstechnik, Kopplung von Wärmequellen und -senken [35] sodass eine bessere Koordination von Folgenutzung erreicht werden kann, z.B. Nutzung von Abwärme oder Weiterverwertung von Neben- bzw. Abfallprodukte (z.B. „closing the loop“) [6] Sustainable Development Goals (SDGs): Möglicher Beitrag von IoT-Projekten, insbesondere zu folgenden SDGs [74]:

Kategorie	
	▶ Gesundheit und Wohlergehen (Nr. 3) ▶ Bezahlbare und saubere Energie (Nr. 7) ▶ Industrie, Innovation und Infrastruktur (Nr. 9) ▶ Nachhaltige Städte und Gemeinden (Nr. 11) ▶ Nachhaltige/r Konsum und Produktion (Nr. 12)
Voraussetzungen zur Nutzung, erforderliche Kompetenzen (Know-how) und Ressourcen (z.B. Hardware)	Technische Voraussetzungen: ▶ Implementierung geeigneter IKT-Software und -Hardware [75]: Einsatz vielfältiger Sensoren, Aktuatoren, Geräte und Softwarekomponenten sowie eine geeignete Architektur, die IoT-Elemente zusammenführt [6,72] ▶ Vorhandensein einer angemessenen, intelligenten Sensor- und Zählerinfrastruktur in den Produktionsbereichen, deren aufgenommene Daten über eine (Software-)Plattform verwertet werden [6] Voraussetzungen im Hinblick auf die Qualität und Nutzung der Daten: ▶ Beachtung und Einhaltung datenschutzrelevanter Aspekte [5] ▶ Schnelle und sichere Datennetze, um Qualität der Netzverbindung zu garantieren [26] Voraussetzungen im Hinblick auf fachliche Kompetenzen: ▶ Entsprechende Kompetenzen oder Fachpersonal, um eingesetzte Technologien zu managen [5] ▶ Schulung von Mitarbeitenden bezüglich der Einhaltung von Sicherheitsvorkehrungen (zum Schutz vor Cyber-Attacken) [76]
Allgemeine Herausforderungen der Technologie, Hemmnisse und Barrieren für Unternehmen zur Nutzung	▶ <u>Cybersicherheit</u>: unzureichende Cybersicherheit in den IoT-Infrastrukturen sowie bei Schnittstellen und Protokollen und ihren Standards [6]; eine Studie zeigt, dass vor allem Sicherheitsbedenken – Gefahr von Cyberangriffen (z.B. Passwortattacken) – die Kaufentscheidung von IoT-Produkten beeinflussen (71% der Teilnehmenden) [76]

Kategorie	
	▶ <u>Interoperabilität</u>: fehlende Interoperabilität, mangelnde sichere und automatisierte Anbindung von Informationsquellen [77] ▶ <u>Datensicherheit</u>: Sicherstellung der Datensicherheit sowie des Datenschutzes, insbesondere personenbezogener Daten (z.B. wenn Fahrzeugdaten Informationen über die fahrende Person preisgeben und somit gegen das Recht für informationelle Selbstbestimmung verstoßen wird) [6,72] ▶ <u>Persönliche Selbstbestimmung</u>: Einhaltung informationeller und persönlicher Selbstbestimmung sowie Beachtung der Würde des Menschen und ethischen Aspekten bei der Interaktion zwischen (teil-)autonomen, intelligenten Systemen und Dingen [6]
Chancen und positive Auswirkungen auf Umweltaspekte	Rohstoff- und Materialeinsparung, Emissionsreduktion: ▶ Senkung der Inanspruchnahme von Ressourcen (z.B. Rohstoffe, Energie) und den damit verbundenen Auswirkung auf Umwelt und Gesundheit durch Prozessoptimierung und Effizienzsteigerung [6,18] sowie eine besser koordinierte Mehrfachnutzung von Ressourcen (Circular Economy) [6,43,71] ▶ Effizienzsteigerung und Optimierung von Produktionsabläufen (z.B. höhere Fertigungsgeschwindigkeit und effizienterer Einsatz produktiver Einheiten) durch die Vernetzung zahlreicher Datenpunkte [6,18,26]; ▶ Potenzielle Optimierungs- und Substitutionseffekte durch neue Dienstleistungen oder Produkte (z.B. Bikesharing-Systeme); Produkte oder Dienstleistungen können auch durch digitale Äquivalente ersetzt werden [71]; ▶ Einsatz digital gesteuerter Produktionsanlagen, die ihren Energiebedarf selbst prognostizieren, vorab im Energiesystem anmelden und eigenständig Energieart, -quelle, -menge und Bezugszeitpunkt bestimmen [30] ▶ Bedarfsgerechte Steuerung der Energieversorgung durch den Einsatz von „Smart Grids“ [6]; Potenzial zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien durch flexible Anpassung des Energiekonsums und durch die Speicherung und Freigabe von Energie in Abhängigkeit der verfügbaren erneuerbaren Energie auf dem Markt [2] ▶ Reduzierung von Luftemissionen durch Senkung der Transportfahrten mittels effizienter Logistik (z.B. bedarfsgerechte Mülleinsammlung durch Sensoren in Mülltonnen) [6,73]

Kategorie	
	Verbesserung der Transparenz und Monitoring: ▶ Automatisierte, dezentralisierte, flexible und vernetzte Produktion sowie Nachverfolgung und Steuerung ganzer Wertschöpfungsketten [6]; Erstellung von Digitalen Zwillingen durch IoT-Sensoren zur Nachverfolgung der Lieferkette eines Produkts [32] ▶ Flexibilisierung und Transparenz durch kontinuierliches Monitoring relevanter Produktionsprozesse [20] ▶ Ökonomische Vorteile durch verbesserte Möglichkeiten des Monitorings und der Kontrolle von Objekten und Infrastrukturen durch das kontinuierliche Sammeln von Daten [6] ▶ Monitoring von Erdsystem und Umweltbedingungen („Smart Earth“) durch Kombination etablierter Monitoring-Technologien und neuen Möglichkeiten der Datenerfassung durch vernetzte Sensoren [6] ▶ Schutz von Pflanzen vor Pilzbefall durch Nutzung von Sensoren in der Landwirtschaft [6] Ökologischere Produktentwicklung: ▶ Bessere Recyclingfähigkeit von Produkten durch Informationen des Digitalen Zwillings [32] ▶ Verbesserte Langlebigkeit von Produkten (z.B. durch Smart Maintenance) [20] ▶ Bessere Koordination von Folgenutzung, z.B. Abwärme und Neben- bzw. Abfallprodukten [6] ▶ Geringere Überproduktion durch digitale Kunden- und Kundinneninformationen [20]
Mögliche negative ökologische und soziale Effekte	Umwelt: ▶ Relevanter Ressourcen- und Energieverbrauch entlang des gesamten Lebenszyklus in Verbindung mit Endgeräten wie Tablets, Smartphones, Laptops, Rechenzentren und Netzwerke für die Übertragung, Verarbeitung Speicherung von Daten führt zu Rebound-Effekten [71]; Zunehmender Elektroschrott durch immer zahlreicher werdende digitalisierte „Dinge“ [6] ▶ Mehrkonsum (von z.B. Car-Sharing) durch Optimierung oder Effizienzsteigerung, da zusätzliche Ressourcen (z.B. Geld, Zeit, Aufwand) frei werden [71]; Induktion neuer Konsumbedürfnisse durch Verfügbarkeit neuer Smart home-Produkte [71]

Kategorie	
	Sozial: ▶ Herausforderung auf gesellschaftlicher Ebene: abnehmende persönliche Selbstbestimmung [6]; Fragestellungen zu ethischen Aspekten bei der Interaktion zwischen (teil-)autonomen, smarten Dingen [6] ▶ Herausforderung in Bezug auf Datenschutz; möglicher Missbrauch von personenbezogenen Daten, die ohne Wissen der Nutzer und Nutzerinnen gesammelt werden; Missbrauch der Daten zur Überwachung (Beobachten oder Abhören) oder zur Erstellung von Nutzer und Nutzerinnenprofilen, was gegen die Menschenwürde verstößt [6]
Reifegrad der Technologie und Verbreitung der Technologie	▶ Um das Jahr 2010 wurde die Anwendung von IoT noch als visionär betrachtet; für 2020 wurde bereits davon gesprochen, dass weltweit etwa 20 Mrd. „Dinge“ miteinander vernetzt sein würden; allerdings befinden sich aktuelle Anwendungen noch in einem sehr jungen Stadium [6] ▶ 47% der Unternehmen stehen laut einer Studie dem IoT-Trend aufgeschlossen und interessiert gegenüber [32]
Entwicklungspfade	▶ Einsatz von Sensoren, die immer mehr Daten sammeln, steigt rasant [6] ▶ Zunehmender Einsatz von IoT könnte bis 2050 zwei Drittel des Weltenergiebedarfs ausmachen; der Einsatz von IoT wächst rasant [43] Zukünftiger Einsatz von IoT zur Weiterentwicklung unterschiedlicher Bereiche: ▶ zur Weiterentwicklung in der Kreislaufwirtschaft denkbar, indem durch eine Gesamtvernetzung von Dingen, Informationen zu anfallenden Abfällen und stofflichen Zusammensetzungen erfasst und weitergegeben werden und sich wiederzuverwertende Produkte ihre Märkte über das Internet of Things automatisiert „selbst“ erzeugen und auf Plattformen selbst vermarkten“ [43] ▶ Vision im Bereich Smart City werden verschiedene Anwendungsfelder von IoT vernetzt, wie beispielsweise Energieversorgung und Elektromobilität [6]

Kategorie	
	▶ Im Gesundheitskontext ist IoT in Zukunft auch im Innern des Körpers in Form von „Smart Pills“ zur Gesundheitsvorsorge denkbar [6]
Verzahnung mit anderen Digitalisierungstrends	IoT stellt keine einzelne Technologie, sondern eine Verknüpfung vieler Technologien dar: ▶ <u>Big Data und maschinellem Lernen</u>, z.B. zur Auswertung großer Datenmengen von „smarten“ Anwendungen durch Big Data-Tools [5,6] ▶ <u>Künstliche Intelligenz</u> z.B. automatisiertes, fahrerloses und elektrisches Fahren [12] ▶ <u>Cloud Computing</u>, z.B. Verlagerung von Anwendungen in die Cloud [6] sowie Verwertung von Sensordaten auf Plattform [5]) ▶ <u>Blockchain</u>, z.B. Dokumentation von IoT-Interaktionen, Erstellung von Smart Contracts als selbstaussführende Verträge zur Nutzung von Geräten [38], Erfassung von einem über IoT-Sensoren erfassten Digitalen Zwilling, Abrechnung von Maschinennutzung oder Stromnutzung nach Pay-per-Use Geschäftsmodellen [32]
(Pilot-)Projekte oder Best Practice Beispiel	▶ Pilot-Projekt „Vernetzte Modellkommune in der Kreislaufwirtschaft“: optimierte Abfalllogistik und -wirtschaft durch den Einsatz von digitalen Lösungen, was zu Abfallvermeidung führen soll und die direkte Interaktion mit Verbraucher und Verbraucherinnen fördert (BMU-Projekt) [12]

2.1.2 Einsatz und Rolle der Digitalisierungstrends für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

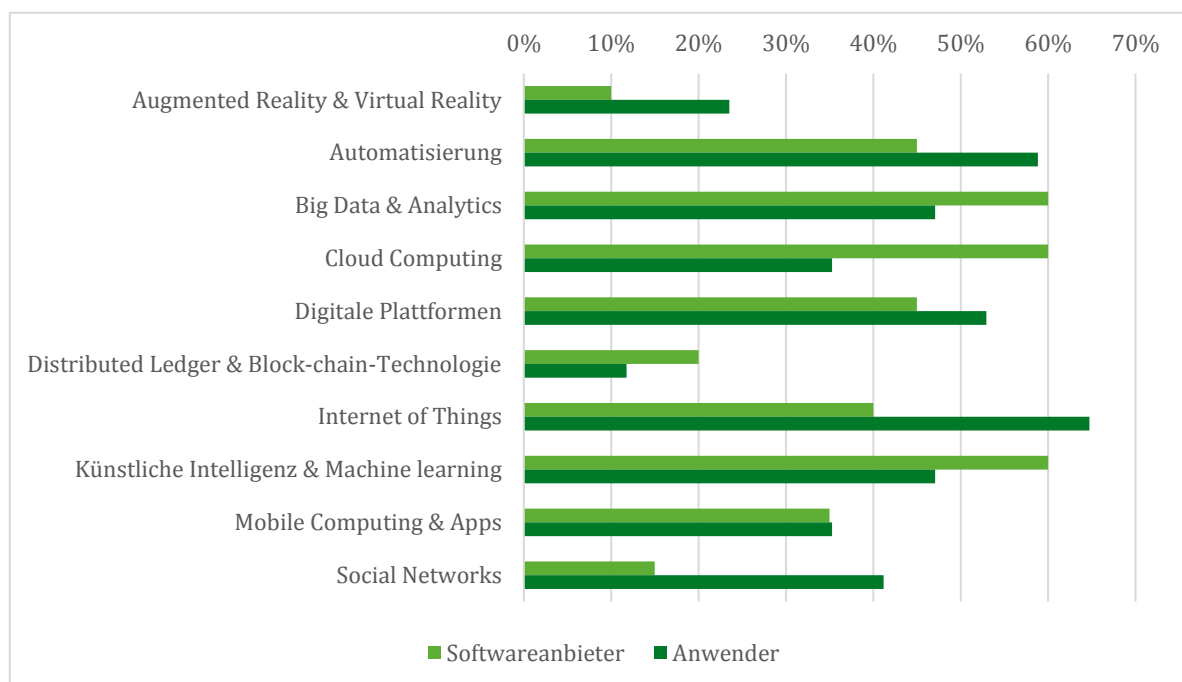
Die Informationen in den Steckbriefen zeigen, dass es diverse Einsatzmöglichkeiten und Potentiale der digitalen Technologien für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement gibt. Im Rahmen der Marktanalyse wurde abgefragt, welche der untersuchten Digitalisierungstrends in den Softwarelösungen der Anbieter im Bereich Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bereits eingesetzt werden (Tabelle 12). Mit 65% der untersuchten Softwarelösungen ist Automatisierung zum Zeitpunkt der Abfrage am häufigsten eingesetzt, gefolgt von Cloud Computing (60%). Big Data und Mobile Computing werden in 43% bzw. 38% der untersuchten Softwarelösungen eingesetzt, Künstliche Intelligenz immerhin in jeder vierten (26%) und Internet of Things in jeder fünften (21%) untersuchten Softwarelösung. Social Networks, Blockchain und Augmented Reality spielen mit 7%, 4% und 3% zumindest bislang nur eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 12: Einsatz der verschiedenen Digitalisierungstrends in den 136 ausgewerteten Softwarelösungen

Digitalisierungstrend/Technologie	Anzahl der Softwarelösungen, die diese Technologie einsetzen
Automatisierung	89
Cloud Computing	82
Big Data	58
Mobile Computing	51
Künstliche Intelligenz	35
Internet of Things	29
Social Networks	9
Blockchain	6
Augmented Reality	4

Die Anbieter, die im Rahmen der Interviews befragt wurden, schätzten die Trends Cloud Computing (n=11), Big Data & Analytics (n=10) und Künstliche Intelligenz & Machine Learning (n=10) als zukünftig besonders relevant für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement ein (Abbildung 6). Dieses Interviewergebnis lässt sich mit der entsprechenden Forschungsfrage aus der Online-Befragung der Anbieter ergänzen. Dort wurde die zukünftige Relevanz folgender Trends am häufigsten mit „hoch“ bewertet: Automatisierung (n=77; 87%), Digitale Plattformen (n=72; 81%), Cloud Computing (n=69; 78%) und Big Data und Analytics (n=65; 75%). Auf der anderen Seite wurden von den befragten Anwendern von Softwarelösungen insbesondere die Trends Internet of Things, Automatisierung und Digitale Plattformen als besonders geeignet eingeschätzt, um Fortschritte im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zu erzielen.

Abbildung 6: Bewertung der Potenziale ausgewählter Digitalisierungstrends für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement- Anbietern- und Anwendern-Perspektive



Quelle: eigene Darstellung, Arqum

Es zeigt sich also eine unterschiedliche Wahrnehmung bezüglich der Digitalisierungstrends zwischen den Anbietern und Anwendern von Softwarelösungen. Während Anbieter einige der genannten Trends bereits als „State of the Art“ bezeichneten, mangelt es vielen Anwendern vermutlich noch an Wissen über Anwendungsmöglichkeiten der Digitalisierungstrends. Diese These wird dadurch unterstützt, dass Anbieter im Interview erläuterten, dass ihre Kundschaft häufig nur einen Teil der Softwarefunktionen nutzen, unter anderem aufgrund von fehlendem fachlichem Know-how oder fehlenden Mitteln für Softwareschulung. Darüber hinaus zeigt die Auswertung der Potenziale für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement im Vergleich zum Status quo (Tabelle 12: Einsatz der verschiedenen Digitalisierungstrends in den 136 ausgewerteten Softwarelösungen, dass insbesondere für das Internet of Things, sowie Künstliche Intelligenz und Machine Learning ein großes Potenzial bei derzeit geringem Einsatz in Softwarelösungen gesehen wird.

Auffällig ist zudem, dass anwenderseitig die Potenziale der Digitalisierung im Bereich der Datenerfassung, insbesondere über Automatisierung und Internet of Things, fokussiert werden. Diese werden beispielsweise durch den Einsatz von Smart Metering (automatisierte Zählerstandmessungen) gesehen, die die aufwändige und fehleranfällige manuelle Datenerfassung ersetzen kann. Anbieter hingegen betonten insbesondere die Potentiale im Bereich der Datenanalyse, z.B. hinsichtlich der Erkennung von Zusammenhängen und Mustern bzw. Ableitung von Trends und Prognosen, über Big Data & Analytics sowie Künstliche Intelligenz und Machine learning.

Anzumerken ist, dass die Ergebnisse der Befragung von Anwendern und -anbietern durch das Forschungsdesign und die Interviewpartner*innen (anwenderseitig wurden vornehmlich Umwelt-/Nachhaltigkeitsmanager*innen befragt und anbieterseitig z.T. auch die Geschäftsleitungen) geprägt sind. Bei anderer Zielgruppenauswahl (z.B. anwenderseitig: Geschäftsleitung) wären die Potenzialeinschätzungen mitunter anders ausgefallen.

Für die befragten Anbieter spielen die genannten Digitalisierungstrends bzw. Technologien eine große Rolle bei der (Weiter-)Entwicklung ihrer Produkte, da versucht wird die Produkte immer auf dem neusten Stand der Technik zu entwickeln. Ob sich daraus eine konkreter Anwendungsfall im Bereich des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements ergibt, ist jedoch abhängig von den konkreten Anforderungen und Bedürfnissen der Kundschaft. Solange bei der Kundschaft keine konkreten Wünsche nach einer Funktion bestehen, bei der der Einsatz einer bestimmten Technologie sinnvoll wäre, ist es unwahrscheinlich, dass eine solche Lösung entwickelt wird. Hierbei erwähnten einige der befragten Anbieter, dass die technischen Möglichkeiten derzeit den auf dem deutschen Markt verfügbaren Softwarelösungen bzw. den potenziellen Anwendern voraus seien.

2.2 Softwarelandschaft im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

2.2.1 Funktionsumfang der untersuchten Softwarelösungen

Im Forschungsprojekt wurden 136 Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement von 103 Anbietern inhaltlich untersucht (zur Methode vgl. Kapitel 1.2). Die Mehrzahl der untersuchten Softwarelösungen (71%) richtet sich an eine breite Kundengruppe. Nur 17% der Lösungen fokussieren auf KMU. 12% richten sich vornehmlich an große bzw. global agierende Unternehmen. Auch hinsichtlich der Branchenorientierung gibt es im Softwareangebot für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement kaum Spezialisierung. 83% der Lösungen richten sich an Unternehmen aller Branchen. Lediglich 4% geben an, auf nur eine Branche zu fokussieren.

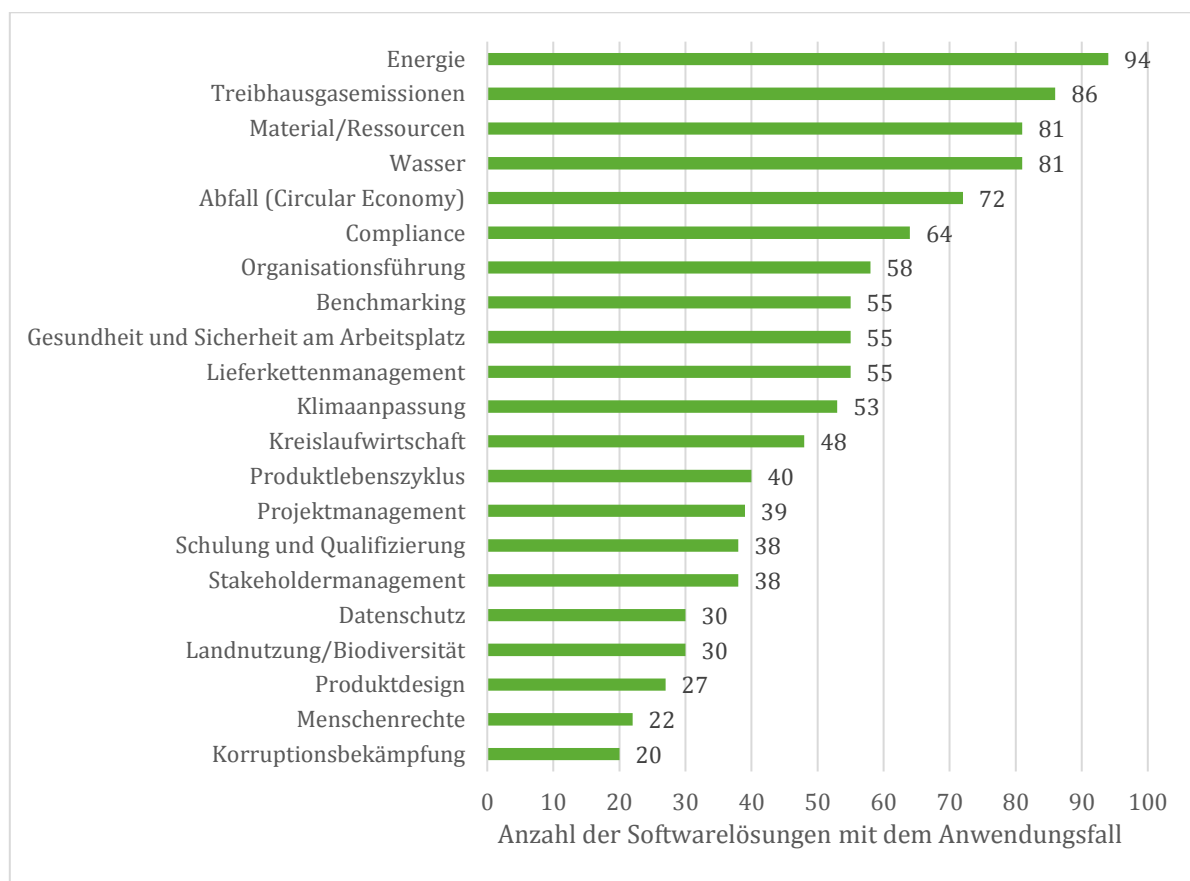
Im Folgenden werden die Ergebnisse hinsichtlich der abgedeckten Inhalte und verfügbaren Funktionen dargestellt.

Anwendungsfälle

Die meisten Softwares decken mehrere Anwendungsfälle⁹ ab. Insbesondere werden Lösungen für die (Teil-)Bereiche Energie, Treibhausgasemissionen, Wasser, Material /Ressourcen und Abfall (Circular Economy) angeboten (Abbildung 7). Lösungen für Landnutzung/Biodiversität, Datenschutz, Produktdesign, Menschenrechte und Korruptionsbekämpfung sind deutlich geringer vertreten.

⁹ Der Begriff Anwendungsfall bezieht sich hier auf ein Themenfeld im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement, in dem die Softwarelösung eingesetzt wird. Im Unterschied dazu bezieht sich der Einsatzbereich (vgl. nächster Abschnitt) konkret auf eine Funktion, die durch die Software abgedeckt wird, beispielsweise die Erstellung einer Ökobilanz, die Nachverfolgung von Maßnahmen oder das Auditmanagement.

Abbildung 7: Anwendungsfälle der 136 untersuchten Softwarelösungen

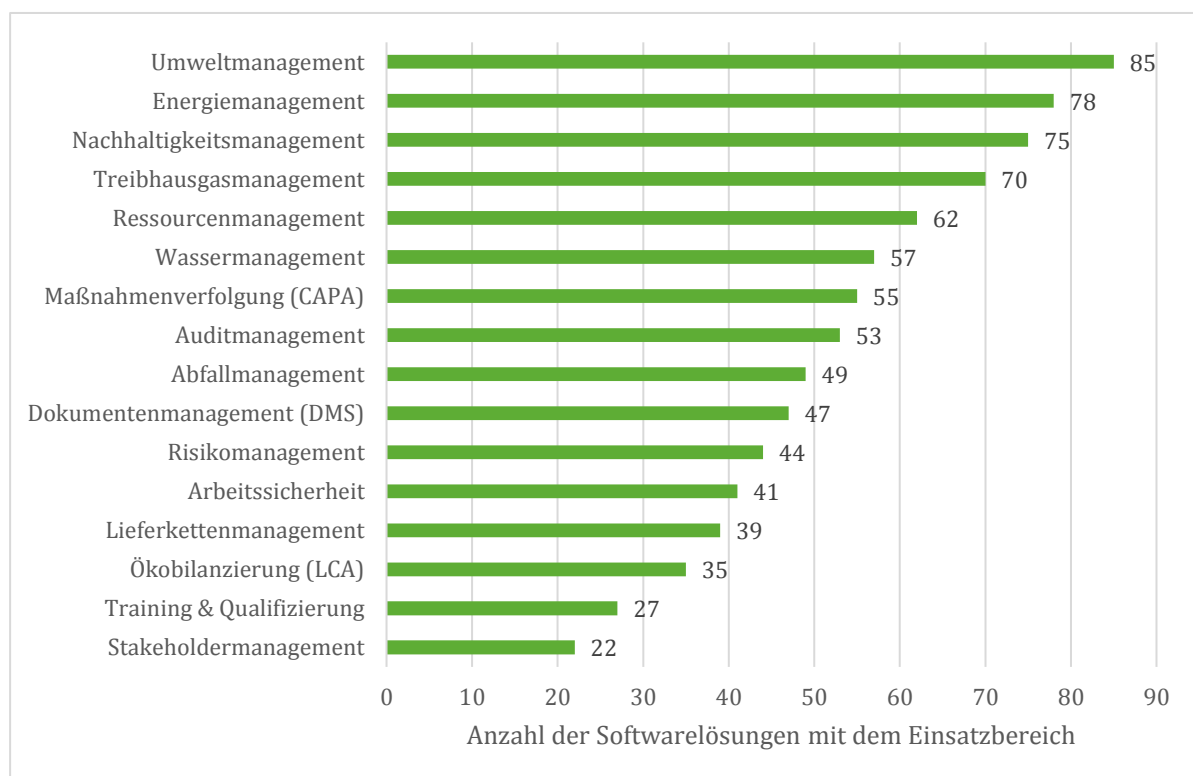


Quelle: eigene Darstellung, Arqum

Einsatzbereiche

Die meisten Softwarelösungen decken mehrere Einsatzbereiche ab. Insbesondere im Bereich Umweltmanagement, Energiemanagement, Nachhaltigkeitsmanagement und Treibhausgasmanagement können die Softwarelösungen Anwendung finden. Der Einsatz in den Bereichen Ökobilanzierung (LCA), für Training & Qualifizierung sowie im Bereich Stakeholdermanagement sind eher nachrangig (Abbildung 8).

Abbildung 8: Einsatzbereiche der 136 untersuchten Softwarelösungen



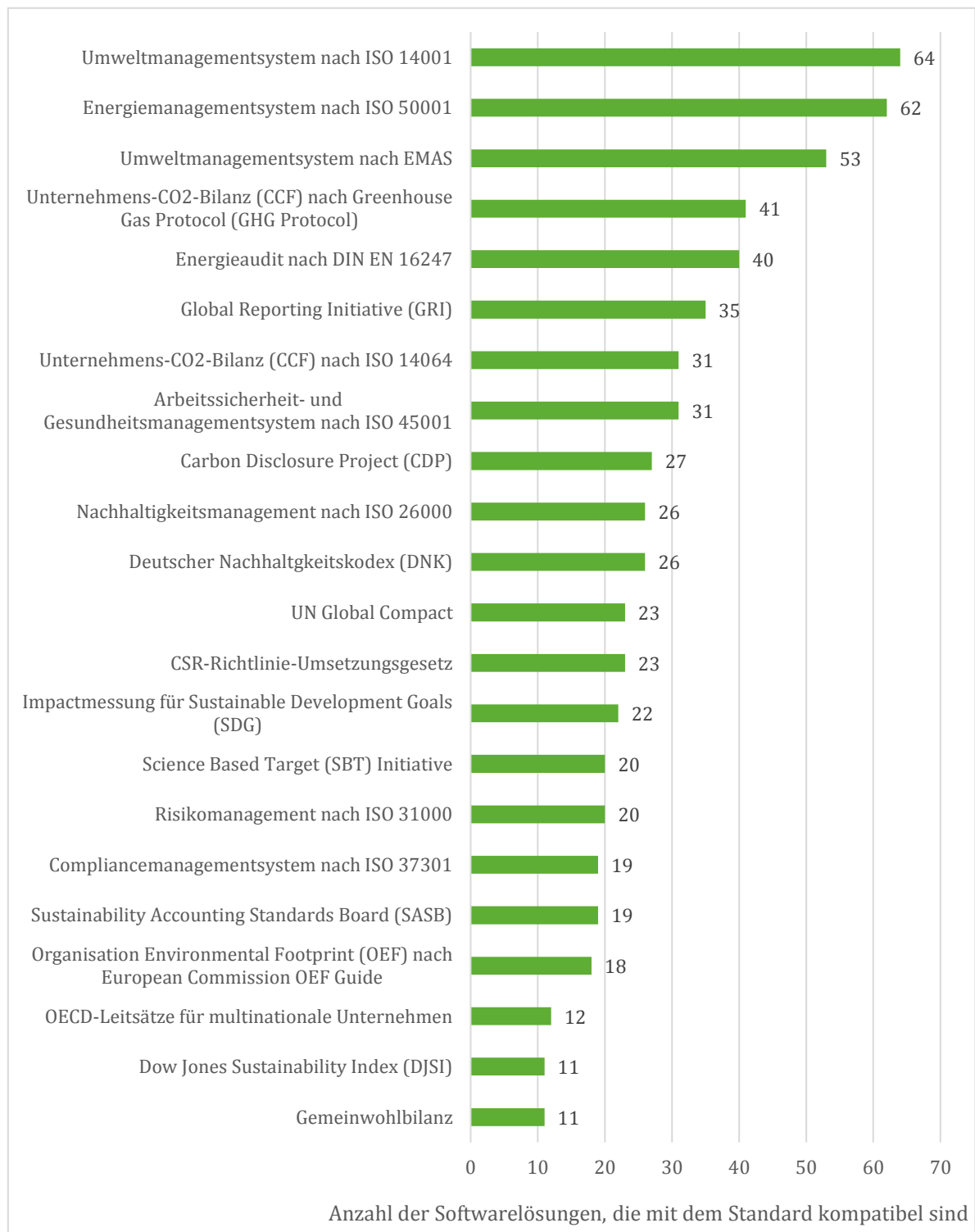
Quelle: eigene Darstellung, Arqum

Kompatibilität mit Standards

Die Softwarelösungen erlauben je nach thematischer Ausrichtung die Abbildung der Anforderungen von verschiedenen Standards auf Unternehmens- oder Produktebene.

Auf **Unternehmensebene** gibt es zahlreiche Standards wie bspw. (zertifizierbare) Normen für Managementsysteme, freiwillige Entsprechenserklärungen und regulatorische Vorgaben, die teils branchen- oder größenspezifisch sind. Die untersuchten Softwarelösungen bieten hier insbesondere die Kompatibilität mit den Standards ISO 14001 - Umweltmanagementsysteme (n=64), ISO 50001 - Energiemanagementsysteme (n=62), EMAS – Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung (n=53), Greenhouse Gas Protocol zur Erstellung von Corporate Carbon Footprints (n=41) und der DIN EN 16247 zur Durchführung von Energieaudits (n=40) (Abbildung 9).

Abbildung 9: Kompatibilität der 136 Untersuchten Softwarelösungen mit Standards auf Unternehmensebene

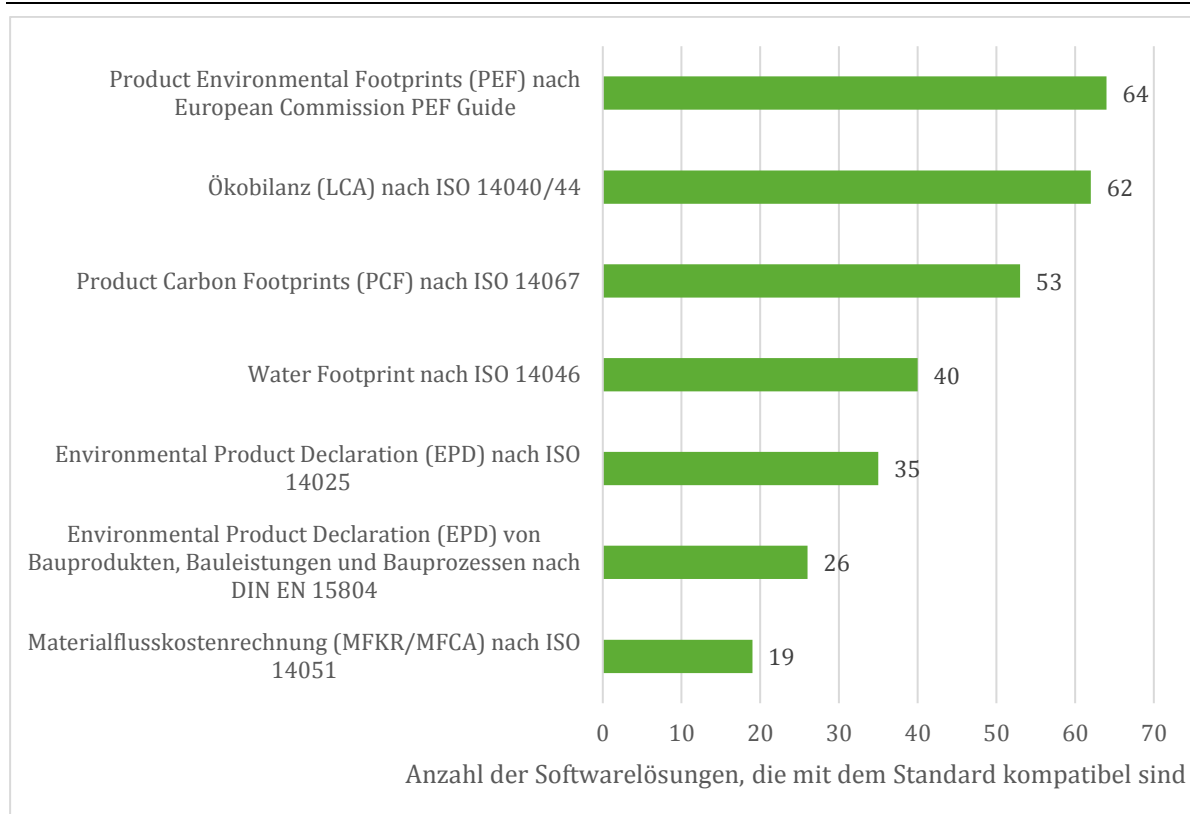


Quelle: eigene Darstellung, Arqum

Auf **Produktebene** zeigt sich, dass insbesondere Standards für Umweltfußabdrücke bzw. Ökobilanzen, wie dem PEF Guide der Europäischen Kommission zur Erstellung von Product Environmental Footprints (PEF) (n=64), der ISO 14040/44 zur Erstellung von Ökobilanzen (n=62), der ISO 14067 zur Erstellung von Product Carbon Footprints (PCF) (n=53) und der ISO

14046 zur Erstellung von Water Footprints (n=40) abgedeckt werden. Die Standards ISO 14025 zur Environmental Product Declaration (EPD) (n=35), DIN EN 15804 zur Environmental Product Declaration (EPD) von Bauprodukten, Bauleistungen und Bauprozessen (n=26) und ISO 14051 zur Materialflusskostenrechnung (MFKR/MFCA) (n=19) werden von weniger Softwarelösungen abgedeckt (Abbildung 10).

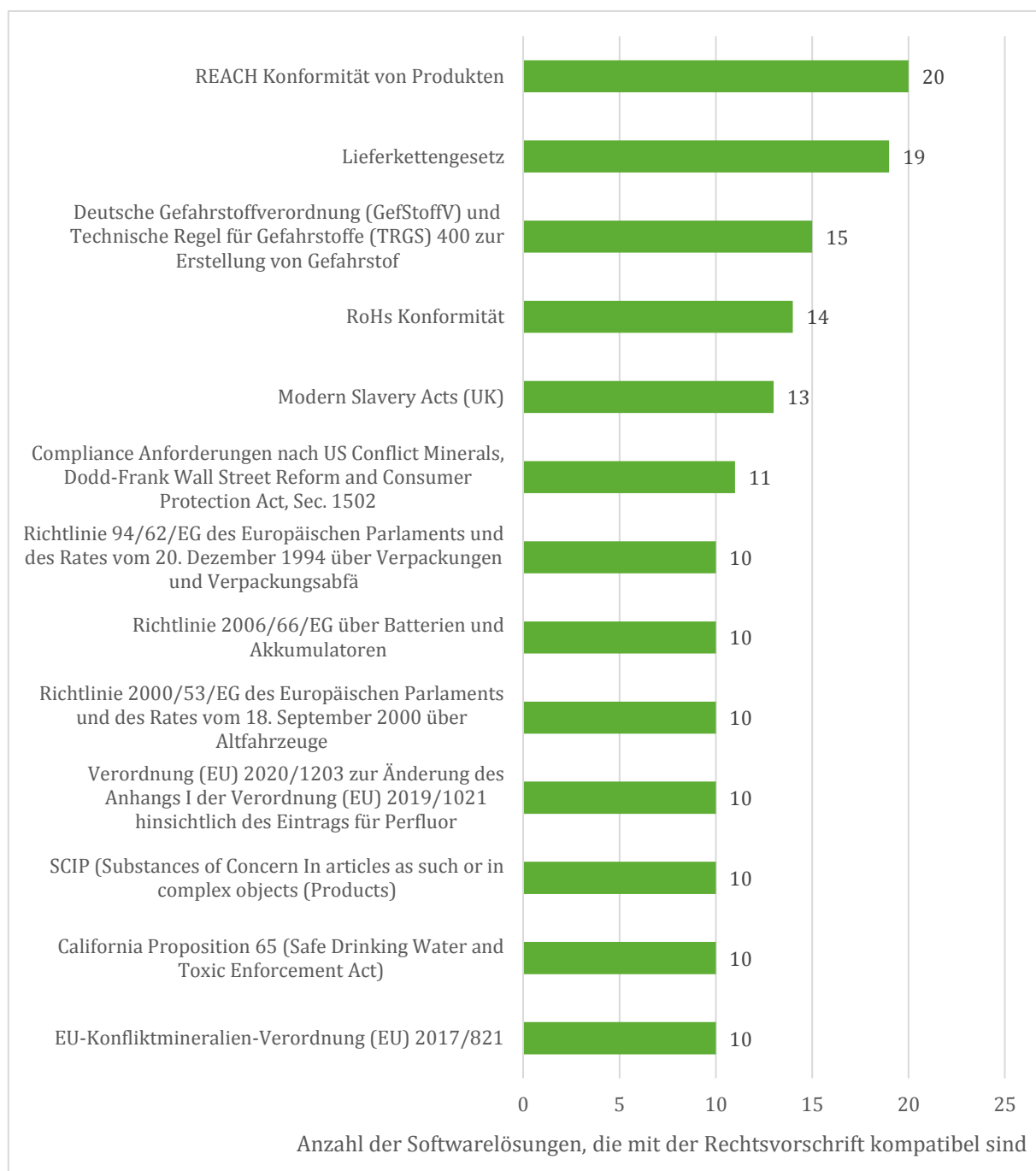
Abbildung 10: Kompatibilität der 136 Untersuchten Softwarelösungen mit Standards auf Produktebene



Kompatibilität mit Rechtsvorschriften

Von den 136 untersuchten Softwarelösungen sind 31 kompatibel mit den Anforderungen bestimmter Rechtsvorschriften im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement. Dabei werden überwiegend gesetzliche Anforderungen im Bereich Gefahrstoffe oder gefährliche Materialien abgedeckt. Über die meisten Softwarelösungen, die in diesem Bereich Unterstützung bieten, können die Anforderungen der REACH-Verordnung zur Registrierung, Bewertung und Zulassung von Chemikalien (n=20), der Deutschen Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 400 (n=15) oder der RoHS-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (n=14) erfüllt werden. Weitere Rechtsvorschriften, bei deren Erfüllung die untersuchten Softwarelösungen unterstützen, sind das Lieferkettengesetz (n=19) und der Modern Slavery Act (UK) (n=13) (Abbildung 11Abbildung 10).

Abbildung 11: Kompatibilität der 136 untersuchten Softwarelösungen mit Rechtsvorschriften



Quelle: eigene Darstellung, Arqum

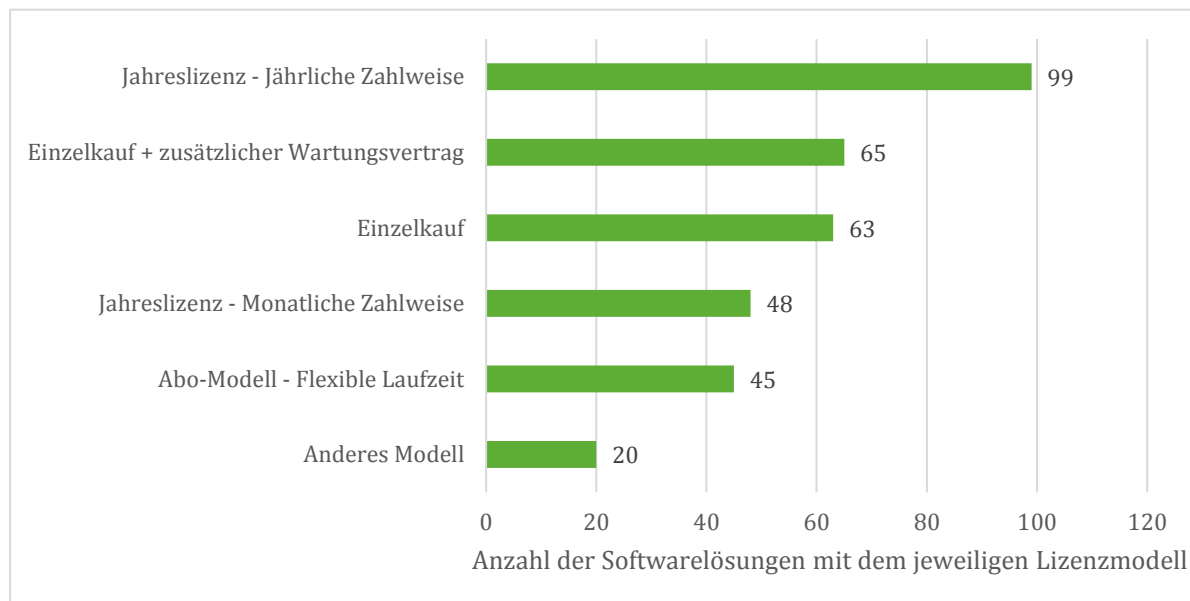
Verfügbarkeit und Lizenzmodelle

Die Softwarelösungen sind teilweise über verschiedene Wege einsetzbar. So sind 117 Lösungen webbasiert, aber auch 66 Lösungen lokal zu installieren. 33 Lösungen können per App genutzt werden. Hinsichtlich der Lizenz- oder Nutzungsmodelle zeigt sich, dass für Softwarelösungen verschiedene Varianten möglich sind. Die Modelle reichen von Jahreslizenzen (n=99), über den Kauf (n=65) bis hin zu Abo-Modellen mit flexibler Laufzeit (n=45) (Abbildung 12).

Es ist zu erkennen, dass die Softwarelandschaft teils durch spezialisierte Softwarelösungen für Teilbereiche sowie teils durch Lösungen mit breitem Anwendungsspektrum geprägt ist.

Insgesamt zeichnen die Ergebnisse einen breit gefächerten und stark fragmentierten Markt (Abbildung 12). Entsprechend vielfältig sind potenzielle Einsatzmöglichkeiten für Anwender.

Abbildung 12: Lizenzmodelle der 136 untersuchten Softwarelösungen



Quelle: eigene Darstellung, Arqum

2.2.2 Perspektiven der Anwender und Anbieter auf die Marktsituation

Welche Softwarelösungen werden in der Softwarelandschaft vermisst und sollten künftig entwickelt werden, um die Bedarfe der Anwender abzudecken?

Die im Rahmen der Interviews befragten Anwender gaben an, dass sie insbesondere Softwarelösungen zur Visualisierung von Daten sowie dem Monitoring der Lieferkette vermissten. Darüber hinaus werden anwenderseitig weitere Softwarelösungen im Bereich der Datenerhebung und -auswertung gewünscht.

Die Perspektive der Anbieter von Spezialsoftwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement stellt weitere Anwendungsbereiche in den Fokus. So skizzieren diese eine vermehrte Nachfrage insbesondere nach Softwarelösungen zum Monitoring der Lieferkette oder zur Datenanalyse mit Ausgabe von Prognosewerten. Auch in den Bereichen des Risikomanagements und interner Auditierung, der Anti-Korruption mit z.B. Whistleblower-Hotlines, sowie dem Wissens- und Dokumentenmanagements könnte die Softwarelandschaft nach Ansicht der Anbieter zukünftig noch gestärkt und erweitert werden.

2.2.3 Datenbank für Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement auf emas.de

Auf Basis des im Rahmen des Projekts erarbeiteten Konzeptes (vgl. Kapitel 1.2.3) wurde eine Datenbank für Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement erstellt, die über <https://software.emas.de/> öffentlich und kostenfrei zugänglich ist. Die Softwaredatendank bietet die Möglichkeit aus aktuell über 130 Einträgen Software- und Cloud-Dienste für die Bedarfe der Zielgruppe zu ermitteln. Die zur Auswahl stehenden Softwareprodukte adressieren verschiedene Themen vom klassischen Umwelt-, Energie-, Abfall-, und Ressourcenmanagement bis hin zu Nachhaltigkeitsthemen in der Lieferkette, wie Arbeitnehmer- und Menschenrechte oder Risikomanagement. Auch auf Produktebene können Angebote gefunden werden, um beispielsweise einen Product Carbon Footprint zu berechnen

oder die Produktentwicklung nachhaltig zu verbessern. Über verschiedene Suchfunktionen und Filter wurde es ermöglicht, den Funktionsumfang und die Kompatibilität der Softwareprodukte mit gängigen Standards zu analysieren.

Der Quickfinder ermöglicht ein schnelles Auffinden passender Produkte anhand von wenigen Fragen. Aus den Suchergebnissen können dabei bis zu drei Angebote herausfiltert und im Detail verglichen werden. Alternativ bietet die detaillierte Suche (Abbildung 13) unterschiedlichste Filteroptionen, um das passende Softwareprodukt für einen speziellen Anwendungsfall zu finden.

Abbildung 13: Filtersystem der Softwaredatenbank

Quelle: [Detaillierte Softwaresuche unter software.emas.de](https://software.emas.de)

Zudem bietet die Datenbank die Option für Softwareanbieter, ihre Produkte einem breiten Anwenderkreis im deutschsprachigen Raum vorzustellen. Über ein Kontaktformular können diese mit dem UGA in Kontakt treten und ihre Softwarelösung in der Datenbank registrieren. Die Anbieter erhalten über ein eigenes Konto Zugriff auf die Softwaredatenbank und können dort Inhalte konfigurieren, einpflegen und aktualisieren. Die Anbieter müssen zudem Pflichtfelder ausfüllen, bevor die Softwarelösung in der Datenbank sichtbar wird. Die Pflichtangaben werden als Mindestangaben betrachtet, um ein hohes Qualitätsniveau hinsichtlich der Daten zu erreichen, um so einen hohen Nutzen für die Anwendern zu gewährleisten.

2.3 Einsatz von Unternehmenssoftware zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Daten stellen die Grundlage aller wichtigen Unternehmensentscheidungen dar. Auch im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement nimmt die Relevanz von Datenverarbeitung und deren Steuerung zu. Im Rahmen der durchgeführten Interviews gaben fast alle befragten Unternehmen an, dass das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement bereits heute eine relevante Rolle in der Unternehmenssteuerung einnimmt oder diese Bedeutung derzeit rasant ansteigt.

Darauf aufbauend stellt sich die Frage, inwiefern das Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement durch den Einsatz von Software effizienter und effektiver gesteuert werden kann und um schlussendlich die Umwelt- und Nachhaltigkeitsleistung eines Unternehmens zu verbessern? Diese Frage wurde in den Interviews mit Softwareanbietern, -anwendern und Fachkundigen diskutiert (vgl. Kapitel 2.3.1). Zudem wurden die Unternehmen, die bereits eine Software zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement nutzen, zu den Einsatzbereichen und ihrer Zufriedenheit mit ihrer Softwarelösung befragt (vgl. Kapitel 2.3.2 und 2.3.3). Um herauszufinden, mit welchem Aufwand die Einführung einer Softwarelösung verbunden ist bevor die Potentiale ausgeschöpft werden können, wurden auch die Erfahrungen der Anwender aus dem Einführungsprozess thematisiert (vgl. Kapitel 2.3.4). Dabei konnten wesentliche Herausforderungen und Hemmnisse identifiziert werden.

Damit umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Informationen langfristig in die zentrale Unternehmenssteuerung integriert und bei strategischen Entscheidungen berücksichtigt werden können, stellt sich die Frage, inwiefern digitale Lösungen hierzu einen Beitrag leisten können. Ist eine Integration von umwelt- und nachhaltigkeitsbezogenen Daten in ERP-Systeme oder BI-Tools sinnvoll, oder führt die Einrichtung von Schnittstellen zu Speziallösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement eher zum Ziel? In Kapitel 2.3.5 sind die Ergebnisse der Gespräche mit Softwareanbietern, -anwendern und Fachkundigen zusammengefasst.

2.3.1 Bedeutung der Digitalisierung und Softwarelösungen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Generell vertrat der Großteil der befragten Anbieter sowie Anwender die Meinung, dass der Digitalisierung und der Verbreitung von Softwarelösungen eine große Bedeutung zur Weiterentwicklung des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements zukommt. Durch den Einsatz von Software könne das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement effizienter gesteuert werden, insbesondere was die Datenerfassung und Berichterstattung angeht. Diese Meinung wurde im Fachworkshop ebenfalls bestätigt. Hier wurde betont, dass die Digitalisierung es ermöglichen kann, Daten als Grundlage für strategische und innovative Entscheidungen nutzbar zu machen und dass die Datenauswertung vor dem Hintergrund wachsender Datenmengen insbesondere auch im Nachhaltigkeitsmanagement immer wichtiger wird. Unternehmen sollten demzufolge Strategien entwickeln, wie sie die richtigen, entscheidungsrelevanten Daten generieren können. Dabei sei Software als Werkzeug zu verstehen, welches bei der Entscheidungsfindung unterstützen kann, während tatsächliche Entscheidungen mit Einfluss auf die Umweltleistung eines Unternehmens auf anderer Ebene (z.B. strategische Zielsetzung, operative Umsetzung zur Zielerreichung) gefällt werden. Zudem wurde angemerkt, dass Software zwar viele Prozesse und Arbeitsschritte unterstützen und effizienter gestalten, jedoch nicht vollkommen ersetzen könne. Auch wenn eine Software nachhaltigkeitsbezogene Kennzahlen perfekt erfasst, berechnet und graphisch auswertet, so

müsse die individuelle textliche Ausarbeitung weiterhin durch eine Mitarbeiterin oder einen Mitarbeiter erfolgen.

Die befragten kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sahen allerdings im Vergleich zu den Großunternehmen einen weniger großen Nutzen in der Digitalisierung. Dies wurde unter anderem damit begründet, dass digitale Softwarelösungen oftmals auf größere Unternehmen zugeschnitten sind und dadurch KMU keinen großen Nutzen verglichen mit den Kosten bieten. Insgesamt wurde der Digitalisierungsgrad in Deutschland von allen Seiten als rückständig eingeschätzt. Durch neue Generation von Führungskräften nähme die Offenheit gegenüber Digitalisierung aus Anbietern-Perspektive aber zu.

2.3.2 Einsatzbereiche und Beweggründe für Software für Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Bei den acht interviewten Unternehmen, die bereits Software zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement nutzen, wurde der Großteil an Softwarelösungen zur Erhebung und Auswertung von Daten genutzt. Weitere Anwendungsfelder waren das Reporting, Lebenszyklusanalysen, das Dokumentenmanagement und Compliance. Allerdings werden in der Datenerhebung und -auswertung, der Visualisierung von Daten, dem Monitoring der Umweltleistung und der Lieferkette von Anwendern Softwarelösungen vermisst (vgl. Kapitel 2.2.2). Dass hier anwenderseitig bereits die meisten Softwarelösungen eingesetzt werden, lässt darauf schließen, dass diese Lösungen noch nicht alle Erwartungen erfüllen.

Als Beweggründe für die Entscheidung zur Einführung der Software gaben viele der befragten Anwender die Vereinfachung der Datenerhebung und -auswertung an. Dabei wurde auch die steigende Komplexität aufgrund zunehmender staatlicher Regulierung genannt. Durch die Software sollte mehr Transparenz geschaffen und so die Erfüllung von Norm- oder rechtlichen Anforderungen erleichtert werden. Die Anbieter gaben als Beweggründe ihrer Kunden und Kundinnen neben Prozessoptimierung bzw. Automatisierung auch steigende externe Anforderungen (z.B. Berichtspflichten, Kundenanforderungen) an, die mit steigenden Anforderungen an die Datenqualität einhergehen. Die Aussagen der Anbieter und Anwender von Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware waren in diesem Punkt also relativ deckungsgleich.

2.3.3 Zufriedenheit und Verbesserungspotenziale

Die befragten Anwender sind größtenteils zufrieden mit den Softwarelösungen, sehen aber insbesondere in der Handhabbarkeit und der Nutzerfreundlichkeit große Verbesserungspotenziale. Ihnen zufolge sind verfügbare Softwarelösungen oftmals zu komplex und nicht flexibel genug, um an nutzerspezifische Anforderungen angepasst zu werden. Darüber hinaus sollten Softwarelösungen laut den Anwendern mehr Schnittstellen zu anderen, bereits im Unternehmen bestehenden Systemen aufweisen.

Anbieter von Softwarelösungen geben an, dass neben zielgerichteter Visualisierung, zunehmender Automatisierung und der Anpassung an neue rechtliche Rahmenbedingungen insbesondere die Erhöhung der Usability die größte Rolle bei der Weiterentwicklung von Softwarelösungen spiele. Die Anforderungen der Kunden und Kundinnen seien den Anbietern zufolge der größte Treiber für die Weiterentwicklung von Softwarelösungen und ein zentrales Ziel sei es, dass Kunden und Kundinnen auch ohne oder mit geringem fachlichem Know-how gut mit den Softwarelösungen arbeiten können. Anwender von Softwarelösungen nutzen ihnen zufolge häufig nur einen Teil der Softwarefunktionen aufgrund von fehlendem fachlichem Know-how oder fehlenden Mitteln für Softwareschulung. Das volle Potenzial einer

Softwarelösung könnte durch bessere Usability sowie mehr und bessere Schulungen ausgeschöpft werden.

2.3.4 Auswahl und Einführung von Softwarelösungen

Damit ein Unternehmen vom Einsatz einer Software profitiert, muss zunächst eine für den jeweiligen Zweck geeignete Softwarelösung gefunden werden. Welche Anforderungen potenzielle Anwender dabei generell an Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement haben, wurde im Fachworkshop diskutiert. Die Bedürfnisse von Anwendern lägen unter anderem in einer breiten Anwendbarkeit der Software und einer einfachen Handhabung. Zudem solle die Software verschiedene (Reporting-)Standards abdecken und dabei „prüffest“ sein, sodass auch bei externer Verifizierung die Erfüllung von Anforderungen nachvollzogen werden kann.

Auch die im Rahmen der Interviews befragten Unternehmen, die ein Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement betreiben, bisher aber keine Software nutzen, wurden gefragt, unter welchen Voraussetzungen sie sich für die Einführung einer Software zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement entscheiden würden. Hierbei war den befragten Unternehmen ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis sowie die Kompatibilität bzw. Verknüpfungen mit der bestehenden IT-Landschaft, wie beispielsweise dem ERP-System, besonders wichtig. Auch hier wurde oftmals eine einfache und intuitive Bedienbarkeit als wichtiges Kriterium genannt.

Hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses wurde im Fachworkshop von Anwenderseite angemerkt, dass in der Praxis der eigentliche Arbeitsaufwand darin läge, relevante Daten für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement aus verschiedenen Fachbereichen zusammenzutragen. Eine Software, bei der die Daten ebenfalls manuell eingetragen werden müssten, würde daher nur eine geringe Zeitersparnis im Vergleich zu einem Tabellenkalkulationsprogramm bringen. Gleichzeitig wurde aber auch festgehalten, dass die Automatisierung sämtlicher Prozesse die Kapazitäten und das Budget, insbesondere von KMU, übersteigen würden. Es wurde die Vermutung aufgestellt, dass Anbietern die Hemmnisse der Anwender-Unternehmen teilweise nicht bekannt sind.

Ebenso ist es aus Anwendersicht oftmals schwierig angesichts der großen Vielzahl an Anbietern und Softwarelösungen am Markt den tatsächlichen Mehrwert für das eigene Unternehmen und die Passgenauigkeit einer Softwarelösung einzuschätzen. Die im Rahmen des Forschungsprojektes erstellte Online-Datenbank, kann das Auffinden passender Softwarelösungen für das betriebliche Klima-, Energie-, Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement erleichtern (vgl. Kapitel 2.2.3).

Was den Prozess der Einführung der Software betrifft, so war dieser für fast alle befragten Unternehmen mit einem hohen personellen und finanziellen Aufwand verbunden. Der personelle Aufwand wurde insbesondere durch die Übertragung von Daten in das neue System, den Schulungsaufwand, die Einrichtung von Schnittstellen zu bereits bestehenden Tools und die Konfiguration der Softwarelösungen verursacht. Darüber hinaus gab es bei einigen der befragten Unternehmen Herausforderungen bei der Erfüllung von Sicherheitsanforderungen und Datenschutzstandards.

Die Interviews ergaben zudem, dass Anwender häufig hohe und spezifische Anforderungen an Softwarelösungen haben, die oftmals nicht initial erfüllt werden können. Aus Sicht der Anbieter ist eine Herausforderung hierbei, dass Kunden und Kundinnen häufig eine perfekt ausgereifte Lösung forderten, eine Software aber grundsätzlich ständig weiterentwickelt wird. Hier gelte es, die Akzeptanz auf Anwender-Seite für anfangs noch unfertige Lösungen zu erhöhen. Auch vertraten einige Anbieter die Meinung, dass die Zahlungsbereitschaft für eine

Softwarelösung bzw. die Anpassung dieser an die spezifischen Anforderungen der Anwender nicht ausreichend sei. Von Seiten einiger Befragter aus KMU rechtfertige das Verhältnis zwischen der personellen und finanziellen Aufwandseinsparung und den Kosten der Einführung und Konfiguration einer Softwarelösung oft deren Einführung nicht. Softwarelösungen sollten zukünftig auch niederschwellig für KMUs entwickelt und zugeschnitten werden.

2.3.5 Verknüpfung mit ERP-/BI-Softwarelösungen

Da Umwelt- und Nachhaltigkeitsinformationen von zunehmender Bedeutung für unternehmerische Kernprozesse sind, liegt es nahe, dass auch die Betrachtung und Beurteilung umweltrelevanter und anderer Unternehmensdaten integriert erfolgen. Daher ist im Diskurs um die Digitalisierung im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement auch das Zusammenspiel mit allgemeiner Software zur Unternehmenssteuerung von zentraler Bedeutung.

Für fast alle befragten Softwareanwender spielt das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement in der Unternehmenssteuerung entweder aktuell schon eine große Rolle oder die Bedeutung wächst rasant an. Allerdings ist hierbei zu erwähnen, dass von den 20 befragten Unternehmen 17 bereits ein Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement betreiben, wodurch dieses Ergebnis als nicht repräsentativ für die breite Masse der Unternehmen bewertet wird. In fast allen interviewten Unternehmen wird ein ERP-System zur zentralen Unternehmenssteuerung eingesetzt. Inwiefern dieses bereits zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement genutzt und ob dies von den verschiedenen Akteuren und Akteurinnen als sinnvoll erachtet wird, wird nachfolgend betrachtet.

Auf einen Blick | Unternehmenssoftware: ERP- und BI-Softwarelösungen

Ziel eines *Enterprise Resource Planning (ERP)*-Systems ist es, einen Großteil der Geschäftsprozesse eines Unternehmens in einem miteinander verzahnten System abzubilden. Entsprechend bilden die Module einer ERP-Softwarelösung idealerweise alle Funktionsbereiche des Unternehmens ab, von der Beschaffung über die Produktion und den Vertrieb hin zum Personal- und Finanzwesen oder Forschung und Entwicklung. Zentrale Eigenschaft des ERP-Systems ist, dass alle Daten über die Module hinweg über eine gemeinsame Datenbasis (umgesetzt in einer relationalen Datenbank) miteinander verbunden sind. So ermöglicht das ERP-System eine funktionsübergreifende, unternehmensweite Konsolidierung der Daten.

Unter einer *Business Intelligence (BI)*-Softwarelösung wird eine Anwendung verstanden, die Rohdaten aus unterschiedlichen Quellen sammelt, analysiert und aufbereitet. Ziel ist es, die Ergebnisse so aufzubereiten und zu visualisieren, dass sie von Entscheidungstragenden für datenbasierte Entscheidungen herangezogen werden können. Typische Datenquell-Systeme sind beispielsweise das unternehmenseigene ERP-System, das Supply Chain Management (SCM)-System oder andere dedizierte Softwarelösungen z.B. für die Nachhaltigkeitsbewertung von Unternehmen oder Produkten. Ergänzend können externe Datenquellen hinzugezogen werden, z.B. von statistischen Ämtern für Energiepreise, Online-Datenbanken mit rechtlichen Anforderungen von Produkten (z.B. von besonders besorgniserregenden (SVHC-)Stoffen, die durch die REACH-Verordnung vorgegeben und zweimal jährlich aktualisiert werden), mit Klimadaten oder Geoinformationssystemen. Für die Datenanalyse kommen in BI-Lösungen unterschiedliche Big-Data-Technologien zum Einsatz, die es ermöglichen, die Daten auf unterschiedliche Weise miteinander in Relation zu setzen oder Trends und Muster zu erkennen. Schließlich ermöglicht eine BI-Lösung unterschiedliche Formen der Datenberichterstattung. So kann bei einer spezifischen Suchanfrage innerhalb der Datenbasis ein ad-hoc-Bericht angefordert

werden. Zudem werden die wesentlichen Daten(zusammenhänge) in einem Dashboard oder Report visualisiert.

Für die befragten Anwender stellt die Möglichkeit der Anbindung von Spezialsoftware für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement an die bestehende IT-Infrastruktur ein wichtiges Entscheidungskriterium dar (vgl. Kapitel 2.3.4). Somit stellt sich die Frage, ob und wie eine solche Anbindung gelingen kann. Grundsätzlich sind dafür folgende Optionen denkbar:

- ▶ *Manuell*: Aus einer Spezialsoftware für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement heraus können Daten manuell in andere Unternehmenssoftware übertragen werden (z.B. Export/Import aus Tabellenkalkulationsprogrammen).
- ▶ *API-Anbindung*: Die Spezialsoftware kann mittels API-Programmierung an andere Unternehmenssoftware (z.B. ERP-System) angebunden werden. Ausgewählter Datenaustausch findet in diesem Fall automatisiert statt.
- ▶ *Integration als Software-Modul*: Abhängig vom Angebot des bestehenden ERP-Systems bzw. der Möglichkeit einer individuell entwickelten Softwarelösung kann die Erfassung und Steuerung umwelt- und nachhaltigkeitsrelevanter Daten auch mittels eines entsprechenden Moduls in bestehende Unternehmenssoftware integriert werden.

Auf einen Blick | Anwendungsprogrammierschnittstellen (API)

Die Programmierung von Softwareschnittstellen zwischen zwei oder mehreren Softwarelösungen ist häufig das Mittel der Wahl, um Interaktionen zwischen unterschiedlichen Softwarelösungen zu ermöglichen. Eine Anwendungsprogrammierschnittstellen (API) wird auf Quelltext-Ebene der Software definiert und ermöglicht die Anbindung eines Softwaresystems an ein anderes. Die Bereitstellung einer API umfasst neben der Programmierung auch eine detaillierte Dokumentation der Eigenschaften und Funktionen der API.

Ist eine API öffentlich zugänglich sowie in einer öffentlich verfügbaren Dokumentation festgeschrieben, spricht man von einer OpenAPI. Diese ist herstellernerneutral und in einer einheitlichen Art und Weise beschrieben (API-Standard). OpenAPI bieten zahlreiche Vorteile, z.B. dass Implementierung, Dokumentation und Tests während der Entwicklung und fortlaufenden Pflege in Einklang gehalten werden können.

Bei den meisten befragten Unternehmen gab es keine oder laut Einschätzung zu wenige Schnittstellen zwischen der Software zur zentralen Unternehmenssteuerung und der Software zum Umweltmanagement. Teilweise werden die ERP-Systeme zum Management umweltrelevanter Daten und Dokumente, z.B. Energiedaten oder Gefahrstoffdokumentation genutzt bzw. umweltrelevante Daten wie Produktionsmengen und eingesetzte Rohstoffe darüber ermittelt. Für den Großteil (n=15 von 18) der befragten (potenziellen) Anwender wäre eine Verknüpfung bzw. Integration der Systeme aber wünschenswert, für viele allerdings nur, wenn dies tatsächlich zu einem erhöhten Nutzen führt und das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement damit vereinfacht. Wichtig ist laut einiger Befragter die Betrachtung des Mehraufwands für das Schaffen von Schnittstellen. Die Implementierung und passgenaue Konfiguration einer Softwarelösung sollte bei der Kostenkalkulation berücksichtigt werden.

Aus Sicht der befragten Anbieter von Spezialsoftware seien Schnittstellen zwischen Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement-Software und anderen Systemen wichtiger und sinnvoller als die vollständige Integration in ERP-Softwarelösungen. ERP-Lösungen als „Allrounder“ könnten

Lösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement nicht so zielgerichtet und detailliert anbieten, wie Anwender aus den Fachbereichen es benötigen würden. Dabei wurde erwähnt, dass die Forderung nach einer Integration in bestehende ERP-Systeme oft auch aus IT-Abteilungen käme, die ein einheitliches, gut zu verwaltendes System befürworten, wohingegen Fachabteilungen, beispielsweise aus dem Energie- und Umweltmanagement, eine auf ihre Anforderungen zugeschnittenen Lösungen bevorzugen würden. Hier sahen die Anbieter einen klaren Vorteil der Stand-Alone-Lösung von Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware. Die hochspezialisierte und durch Experten und Expertinnen entwickelte Lösung könne besser an die Anforderungen der Kunden und Kundinnen angepasst werden. Hier habe man auch eine größere Flexibilität in der Gestaltung als bei den sehr großen ERP-Systemen, die eine Vielzahl verschiedener Bereiche abdecken müssen. Nachteile der Stand-Alone-Lösungen seien jedoch unter anderem, dass sie Parallelsysteme oder „Daten-Inseln“ fördern und keine Zusammenhänge mit anderen Unternehmensdaten erkennen. Dies minimiere wiederum die Relevanz umwelt- und nachhaltigkeitsbezogener Informationen für die zentrale Unternehmenssteuerung.

Individuelle Schnittstellen zu bestehenden Softwarelösungen sind aus Anbieter-Perspektive meist problemlos programmierbar, jedoch zeitaufwändig und damit kostenintensiv. Da ERP-Systeme jedoch häufig sehr komplex seien, müssten die individuell benötigten Schnittstellen immer wieder neu programmiert werden. Hier wären aus Sicht der Anbieter Standards sehr hilfreich, um den Arbeitsaufwand zu reduzieren.

Falls eine Integration von ERP-System und Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware gewünscht sei, müssten alle Nutzenden einer integrierten Lösung zunächst gemeinsam ermitteln, wo eine Integration mit welchem Aufwand wirklich sinnvoll ist, sodass hinterher alle Beteiligten die Daten effektiv nutzen können.

Die oben beschriebenen Erkenntnisse basieren auf den Aussagen der Anbieter von Softwarelösungen, die speziell auf das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement ausgerichtet sind. Es kann also sein, dass dadurch eine gewisse Bevorzugung der Stand-Alone-Lösung im Vergleich mit integrierten Lösungen vorlag. Leider war es nicht möglich, im Rahmen des Projektes auswertbare Interviews mit Anbietern von ERP- oder BI-Lösungen zu führen (vgl. 1.3.1). Aus der Email-Kurzbefragung von 20 ERP-Anbietern, gab keines der Unternehmen an dass die Software für das Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement (z.B. Kennzahlen, Prozesssteuerung, Reporting) einsetzbar ist. Dahingegen gaben sechs Anbieter an, dass dies nicht möglich sei, weitere sechs verwiesen auf die Möglichkeit, die Software gegebenenfalls entsprechend zu individualisieren. Diese Ergebnisse in Kombination mit den zahlreichen Absagen auf die insgesamt 56 Interviewanfragen an ERP-Anbieter, legen nahe, dass Funktionen im Bereich Umwelt und Nachhaltigkeit bislang noch keine Priorität beigemessen wurde.

Im Rahmen des Fachworkshops wurde unter anderem die Rolle von ERP-Systemen zur Berechnung und Steuerung von Treibhausgasemissionen diskutiert. Gerade das Klimaschutzmanagement erfährt aktuell eine große Aufmerksamkeit und viele Daten, die für die Berechnung von Treibhausgasbilanzen notwendig sind, beispielsweise Produktionsmengen, eingekaufte Rohstoffe und Vorprodukte oder Logistikdaten, seien bereits in ERP-Systemen enthalten. Es sei daher sinnvoll, wenn ERP-Anbieter vermehrt auch auf Schnittstellen mit bestehenden Softwarelösungen zur Treibhausgasbilanzierung setzten. Den Betrieben, insbesondere mittelständischen, müsse es so einfach wie möglich gemacht werden, Softwarelösungen zum Klimaschutz einzusetzen.

In den Interviews wurde auch die Frage gestellt, ob mehr für den Umwelt- und Klimaschutz getan würde, wenn ERP-/BI-Systeme die Erfassung und Steuerung von Umweltthemen wie Energie- und Materialverbräuche oder Treibhausgasemissionen ermöglichen. Zwei Drittel der befragten Anbieter von speziellen Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement verneinten dies, was jedoch aufgrund der Tatsache, dass ERP-Systeme dann in Konkurrenz mit Spezialsoftwares treten würden, wenig verwunderlich ist. Als Grund für diese Einschätzung wurde meist genannt, dass die Erfassung und Aufbereitung der Daten alleine noch zu keinen positiven Umweltauswirkungen führten. Hierzu bräuchte es das Knowhow von Fachpersonal und den Willen zur Umsetzung und Investition in Maßnahmen.

Auf Seiten der befragten (potenziellen) Anwender ist das Stimmungsbild anders. Hier ist die Mehrheit der befragten Personen der Meinung, dass die Erfassung und Steuerung umweltrelevanter Daten in der zentralen Software zur Unternehmenssteuerung einen Beitrag zur Verbesserung der Umweltleistung des Unternehmens leisten kann. Als häufigster Grund für diese Ansicht wurde genannt, dass dann bei den Entscheidungstragenden oder anderen Fachbereichen das Bewusstsein für umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Aspekte erhöht werden könne. Auch die Erhöhung der Transparenz über die umweltbezogene Leistung wurde häufig als Grund dafür genannt, dass dann einfacher Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden könnten. Letzteres könnte jedoch auch durch eine alleinstehende Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware erreicht werden, daher wird vermutet, dass einige befragte Personen bei dieser Frage eher bezüglich des Nutzens von Software im Allgemeinen geantwortet haben und weniger auf die Vorteile speziell durch die Integration umwelt- und nachhaltigkeitsbezogener Informationen in das ERP-System.

2.4 Zukünftige Herausforderungen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Der fortschreitende Klimawandel und eine Verschlechterung des globalen Umweltzustands stellt Unternehmen vor zunehmend große Herausforderungen, wodurch das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement künftig voraussichtlich eine wichtigere Rolle einnehmen wird. Insbesondere die zukunftsbezogenen Herausforderungen im Klima- und Lieferkettenmanagement wurden im Rahmen der Befragungen und Analysen des Forschungsprojekts als Handlungsfelder für die Weiterentwicklung von Softwarelösungen identifiziert. Softwarelösungen sollten daher aus Sicht der befragten Softwarewender insbesondere für die Bilanzierung von Treibhausgasemissionen, die Erstellung von Lebenszyklusanalysen, das systematische Klimamanagement sowie das Datenmanagement entlang der Lieferkette entwickelt werden. Unternehmen werden zukünftig weitere Berichtsanforderungen und Standards erfüllen müssen, wie zum Beispiel im Rahmen der europäischen Richtlinie für die unternehmerische Nachhaltigkeitsberichterstattung (Corporate Sustainability Reporting Directive) oder der deutschen und europäischen Lieferkettengesetzgebung. Anbieter sollten hier ansetzen und Lösungen entwickeln, die bei der Erfüllung dieser Anforderungen unterstützen. Eine zentrale Anforderung an eine passende Softwarelösung im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement ist, dass sie mit den regulatorischen und unternehmerischen Entwicklungen dynamisch mitwächst.

BI- bzw. die KI-gestützte Auswertung und Visualisierung von Daten sind aus Sicht der Anbieter ein Zukunftsthema, z.B. im Hinblick auf das Ableiten von Prognosen oder das Tracking und Benchmarking von Daten. Daten aus dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement aufzubereiten, zu visualisieren und im Unternehmen aussagekräftig verfügbar zu machen (z.B. über Dashboards) ist aus Anbietern-Perspektive von zentraler Bedeutung. Dafür sei in erster

Linie die Kompetenz zur Steuerung der Daten entscheidend und nur zweitrangig die Art der Software (Spezialsoftware oder Integration in ERP-Software).

2.5 Die Rolle des Staates zur Förderung und Unterstützung von Digitalisierung im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Inwiefern der Staat einen unterstützenden Beitrag dazu leisten kann, dass digitale Technologien nutzenbringend zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement in Unternehmen eingesetzt werden, wurde im Rahmen der Interviews und im Fachworkshop diskutiert. Aus Sicht der (potenziellen) Softwareanwender ist eine zentrale Herausforderung die Vielzahl und Komplexität der rechtlichen Anforderungen im Bereich Umweltschutz und Nachhaltigkeit, die in Zukunft noch steigen werden. Sowohl Softwareanwender als auch -anbieter betrachten es daher als zentrale Aufgabe der Politik eine Standardisierung und Vereinheitlichung der Anforderungen zu verfolgen. Als Beispiel wurde die Vorgabe zu verwendender Emissionsfaktoren bei der Berechnung von Treibhausgasemissionen genannt. Derzeit gäbe es auch zu viele unterschiedliche Rahmenwerke und Standards, mit spezifischen Anforderungen zur Berichterstattung. Indem der Staat standardisierte und langfristige Rahmenbedingungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement setzt und Unterstützung bei der Übersetzung der Regularien in die Praxis bietet, würden Unternehmen Anforderungen leichter erfüllen und auch entsprechende Softwarelösungen leichter entwickelt werden können.

Während die Bedeutung staatlicher Regulierung von vielen Anbietern als sehr hoch eingeschätzt wurde, entgegneten andere, dass die Marktanforderungen (B2B, B2C) eine weitaus bedeutendere Rolle dafür spielen, ob Unternehmen Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement betreiben und ob dies softwaregestützt erfolgt oder nicht.

Softwareanbieter halten softwarebezogenen Förderungen, insbesondere finanzielle Förderungen in Weiterbildung von (Fach-)Personen oder Stellensubventionen, für vielversprechende staatliche Maßnahmen, um den Einsatz und die Wirksamkeit von Softwarelösungen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zu erhöhen.

Als große Herausforderung wurde zusätzlich angemerkt, dass Softwareeinführung in Deutschland häufig aufgrund von Datenschutzanforderungen und hohem Schulungsaufwand erschwert würde. Ein möglicher Lösungsansatz wäre hier, dass es von politischer Seite eine Prüfung und Freigabe von Softwares gäbe, womit bestätigt werden würde, dass die Software sämtliche rechtlichen Anforderungen, beispielsweise zum Datenschutz, erfülle.

Die Integration bzw. Verknüpfung verschiedener Softwarelösungen oder der Einsatz von BI- und Datalake-Tools sind aus Sicht der Befragten notwendig, um alle relevanten Daten verfügbar zu machen. Damit dies gelinge, müssten einheitliche technologische Standards bei Softwareanwendungen verwendet und deren Einsatz politisch gefördert werden.

3 Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden verschiedenste Methoden eingesetzt, um einen Überblick über den aktuellen Stand der Digitalisierung im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement zu gewinnen. Generell zeigte sich, dass es sich dabei um ein sehr vielschichtiges und heterogenes Feld mit unterschiedlichsten Akteuren handelt. Nachfolgend sind die wesentlichen Erkenntnisse, die in Bezug auf die Forschungsfragen gewonnen werden konnten, zusammengefasst. Abschließend wird ein Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf gegeben.

Welche Potenziale haben neue digitale Technologien für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und welche Hemmnisse bestehen für ihre praktische Umsetzung?

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes zeigen, dass viele digitale Technologien prinzipiell ein breites Anwendungsfeld im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement haben und hohes Potenzial bieten, um unternehmerische Entscheidungen zugunsten der Umwelt und Nachhaltigkeit zu unterstützen. Angesichts steigender Kunden- und Marktanforderungen sowie staatlicher Regulierungen kann Software insbesondere bei der Erfassung, Analyse und Visualisierung umwelt- und nachhaltigkeitsbezogener Daten unterstützen. Dennoch zeigte sich anhand der auf dem Markt verfügbaren untersuchten Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement, dass diese Technologien noch keine Anwendung in der Breite finden. Die technischen Möglichkeiten neuer digitaler Technologien sind laut Anbietern dem tatsächlichen Einsatz in der Praxis oft weit voraus, da die Einsatzmöglichkeiten auf Anwenderseite häufig nicht bekannt sind und daher bislang auch kaum nachgefragt werden. Aus diesem Grund haben Softwareanbieter wiederum nur begrenzte Anreize ihre Produkte dahingehend weiterzuentwickeln.

Was sind die wesentlichen künftigen Herausforderungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und welche Anforderungen ergeben sich daraus für unterstützende Softwarelösungen?

Die zukunftsbezogenen Herausforderungen im Klima- und Lieferkettenmanagement wurden im Rahmen des Forschungsprojektes als zentrale Handlungsfelder für die Weiterentwicklung von Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement identifiziert. Aus Sicht der Anwender sollten Lösungen insbesondere für die Bilanzierung von Treibhausgasemissionen, die Erstellung von Lebenszyklusanalysen, das systematische Klimamanagement sowie das Datenmanagement entlang der Lieferkette (weiter-)entwickelt werden. Für Anbieter von Softwarelösungen ist es dahingegen von zentraler Bedeutung Daten aus dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement aufzubereiten, zu visualisieren und im Unternehmen aussagekräftig verfügbar zu machen.

Unternehmen werden in Zukunft weitere Berichtsanforderungen und Standards erfüllen müssen, wie zum Beispiel im Rahmen der europäischen Richtlinie für die unternehmerische Nachhaltigkeitsberichterstattung (Corporate Sustainability Reporting Directive) oder der deutschen und europäischen Lieferkettengesetzgebung. Daher sind sowohl für Softwareanbieter als auch für -anwender komplexe und sich stetig verändernde gesetzliche Anforderungen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement eine Herausforderung. Hier herrscht ein großer Wunsch nach einer Standardisierung und klaren Definition der Anforderungen auf operativer Ebene, damit Softwares so gestaltet werden können, dass sie eine gesetzeskonforme Umsetzung der Anforderungen unterstützen können. Eine zentrale Anforderung an eine passende Softwarelösung im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement ist, dass sie mit den regulatorischen und unternehmerischen Entwicklungen dynamisch

mitwächst. Außerdem sind Datenverfügbarkeit und -qualität, Standardisierung und auch Flexibilität von Bedeutung, um auf die in ihrer Komplexität steigenden Anforderungen reagieren zu können.

Passen die Erwartungen und Anforderungen von Anwendern an Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware zu den Angeboten und Zukunftsplänen der Entwickler?

Seitens der Anwender herrscht größtenteils Zufriedenheit mit den Softwarelösungen, aber insbesondere in der Handhabbarkeit und der Nutzerfreundlichkeit gäbe es aus ihrer Sicht noch große Verbesserungspotenziale. Lösungen seien häufig zu komplex und nicht flexibel genug, um an nutzerspezifische Anforderungen angepasst zu werden und es mangle an Schnittstellen zu bestehenden Systemen. Anbieter hingegen betonen, dass Lösungen entsprechend der Kundenanforderungen entwickelt werden und die einfache Nutzbarkeit eine große Rolle spiele. Ihnen zufolge werden von Anwendern zu wenig Mittel für Softwareschulungen bereitgestellt, um das volle Potenzial der Lösungen ausschöpfen zu können. Zudem würden in der Praxis häufig nicht alle Funktionalitäten der Softwares genutzt, jedoch seien die Kundenansprüche ein wesentlicher Treiber zur Weiterentwicklung des Softwareangebots und zur Entwicklung digitaler Innovationen. Aus Sicht der Softwareanbieter könnten durch eine höhere Zahlungsbereitschaft der Anwender die Softwares weiter optimiert und Schnittstellen zu bestehenden Softwares eingerichtet werden, sodass umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Informationen besser in zentrale Unternehmensentscheidungsprozesse integriert werden könnten.

Welche Potenziale und Hemmnisse bestehen für die Integration von Umwelt- und Nachhaltigkeitsinformationen in BI-Tools und ERP-Systeme?

Eine Verknüpfung von umwelt- und nachhaltigkeitsbezogenen Informationen und zentralen Softwares zur Unternehmenssteuerung (ERP-Systeme, BI-Tools) ist aus Sicht der befragten Softwareanwender wünschenswert und sinnvoll, um Umweltschutz und Nachhaltigkeit stärker in Unternehmensprozessen und -entscheidungen zu verankern. Für Anwender stellt die Möglichkeit zur Anbindung einer Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement-Software an bestehende IT-Infrastruktur ein wichtiges Entscheidungskriterium dar. Allerdings gibt es bisher keine oder nur zu wenige Schnittstellen zwischen Software zur zentralen Unternehmenssteuerung und Software zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement. Für den Großteil der befragten Anwender wäre eine Verknüpfung bzw. Integration der Systeme wünschenswert, wenn dies tatsächlich zu einem erhöhten Nutzen führt und das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement vereinfacht. Die Implementierung und passgenaue Konfiguration einer Softwarelösung sollte bei der Kostenkalkulation berücksichtigt werden.

Aus Sicht der befragten Anbieter von Speziallösungen sind Schnittstellen zwischen Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement-Software und anderen Systemen wichtiger und sinnvoller als die vollständige Integration in ERP-Softwarelösungen. Die Anbieter sehen einen Vorteil ihrer Stand-Alone-Lösungen von Umwelt- und Nachhaltigkeitssoftware darin, dass diese hochspezialisiert sind und durch Experten und Expertinnen entwickelt werden. Dadurch können sie flexibler gestaltet und besser an die Anforderungen der Kunden und Kundinnen angepasst werden als sehr große ERP-Systeme, die viele verschiedene Bereiche abdecken müssen. Nachteil kann jedoch sein, dass Stand-Alone-Lösungen Parallelsysteme oder „Daten-Inseln“ fördern, wodurch wiederum die Relevanz umwelt- und nachhaltigkeitsbezogener Informationen für die zentrale Unternehmenssteuerung sinken kann. Individuelle Schnittstellen zu bestehenden Softwarelösungen sind aus Anbieter-Perspektive problemlos programmierbar, aber zeitaufwändig und damit kostenintensiv. Aus Sicht der Anbieter wären

Standards sehr hilfreich, um den Arbeitsaufwand zu reduzieren, da bei ERP-Systemen häufig die benötigten Schnittstellen immer individuell neu programmiert werden müssen.

Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde eine Vielzahl von digitalen Technologien und Trends betrachtet, die Potenziale für die Weiterentwicklung des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements aufzeigen. Der Großteil dieser Technologien und Trends ist allerdings noch nicht in der Breite im Einsatz und somit besteht weiterer Forschungsbedarf zu konkreten Anwendungsmöglichkeiten spezifischer Technologien, die großes Potenzial aufweisen und von Anwendern und Anbietern als zukunftsrelevant erachtet werden.

Darüber hinaus sehen sowohl Softwareanwender als auch -Anbieter verstärkten Bedarf bei der „Übersetzung“ rechtlicher Vorgaben in konkrete umsetzbare Anforderungen zu deren Erfüllung. Dabei sollte klar formuliert werden, welche Funktionalitäten Softwarelösungen enthalten müssen, um spezifische Berichtsanforderungen und Standards, wie beispielsweise im Rahmen der Nachhaltigkeitsberichterstattung (Corporate Sustainability Reporting Directive) oder der deutschen und europäischen Lieferkettengesetzgebung, zu erfüllen.

Anbieter und Anwender sehen auch Bedarf an praxisnahen Unterstützungsangeboten für die Entwicklung bzw. Nutzung von Softwarelösungen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement. Dies könnten beispielsweise finanzielle Entlastungen für die Entwicklung, Anschaffung oder Schulung und Weiterbildungsangeboten zu derartigen Lösungen sein.

Eine ausführliche Interpretation und Diskussion der empirischen Ergebnisse des Forschungsprojektes erfolgt in einem parallel zu diesem Abschlussbericht veröffentlichtem Policy Paper [1]. Das Policy Paper formuliert auch konkrete Handlungsempfehlungen für Softwareanbieter und politische Entscheidungsträger, wie sie den wirksamen Einsatz von Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement unterstützen können.

Quellenverzeichnis

- [1] Bütow, K., Daviña König, L., Vötsch, M. (2022). Policy Paper: Digitale Steuerungsinstrumente für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement. Potenziale, Herausforderungen und Handlungsempfehlungen, Dessau-Roßlau.
- [2] Capterra (2021). Softwaresuchmaschine: "Nachhaltigkeitssoftware". <https://www.capterra.com/de/> (letzter Zugriff am 19.1.2021).
- [3] EnergieAgentur NRW (bis 2021). EMS Marktspiegel. Datenbank für Software. <https://www.energieagentur.nrw/tool/ems-marktspiegel/> (letzter Zugriff am 19.1.2021).
- [4] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016). Software für Umweltmanagement und betrieblichen Umweltschutz – eine „offene Link-Liste“. https://www.umweltpakt.bayern.de/download/pdf/software_umweltmanagement_2016.pdf (letzter Zugriff am 18.1.2021).
- [5] Pagano, D., Krause, G. (2019). Umweltmanagement und Digitalisierung – Praktische Ansätze zur Verbesserung der Umweltleistung.
- [6] WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019). Hauptgutachten: Unsere gemeinsame digitale Zukunft. https://issuu.com/wbgu/docs/wbgu_hg2019?fr=sM2JiOTYyNzMy (letzter Zugriff am 18.1.2021).
- [7] Knop, C. (2017). Wer hat das klügste Hirn? Künstliche Intelligenz. VDE dialog 01, 14-16.
- [8] Markus Strehlitz (2017). Virtuelle hilft realer Welt. Augmented Reality. VDE dialog 01, 18-20.
- [9] Eon Reality. Augmented Reality Augmented & Virtual Reality Use Cases - Manufacturing & Industrial. <https://eonreality.com/use-cases/augmented-virtual-reality-manufacturing/>.
- [10] Virtual Dimension Center (2009). Verbesserung der Umweltbilanz dank Virtual Reality. <https://www.vdc-fellbach.de/nachrichten/2009/12/18/verbesserung-der-umweltbilanz-dank-virtual-reality/> (letzter Zugriff am 8.2.2021).
- [11] Virtual Dimension Center (2018). Umwelt-Gutachten werden mit Virtual Reality vorbereitet. <https://www.vdc-fellbach.de/nachrichten/2018/04/13/umwelt-gutachten-werden-mit-virtual-reality-vorbereitet/> (letzter Zugriff am 8.2.2021).
- [12] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020). Umweltpolitische Digitalagenda.
- [13] Deloitte (2017). Chemie 4.0. Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch.
- [14] Fraunhofer IPA, Dr. Wieselhuber & Partner GmbH (2015). Geschäftsmodell_Industrie40-Studie_Wieselhuber. Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0. Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau.
- [15] Jonathan Stuart Ward, Adam Barker (2013). Undefined By Data: A Survey of Big Data Definitions. School of Computer Science, University of St. Andrews.
- [16] Song, M.-L., Fisher, R., Wang, J.-L., Cui, L.-B. (2018). Environmental performance evaluation with big data: theories and methods. Ann Oper Res **270**/1-2, 459-472.
- [17] bitkom e. V. (2017). Künstliche Intelligenz. Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung.
- [18] Umweltbundesamt (2019). Digitalisierung nachhaltig gestalten: Ein Impulspapier des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau.
- [19] European Chemicals Agency. WHAT IS SCIP? <https://echa.europa.eu/scip-infographic> (letzter Zugriff am 24.3.2021).
- [20] Beier, G., Niehoff, S., Xue, B. (2018). More Sustainability in Industry through Industrial Internet of Things? Applied Sciences **8**/2, 219.
- [21] Christian Doppler Labor für Nachhaltiges Produktmanagement in einer Kreislaufwirtschaft (2020). Vorranging nachhaltig. Universität Graz.

- [22] Sandy Smith (2016). Big Data: OSHA Is Poised to Create Massive Data Set of Workplace Injuries and Illnesses. <https://www.ehstoday.com/standards/osha/article/21917566/big-data-osha-is-poised-to-create-massive-data-set-of-workplace-injuries-and-illnesses> (letzter Zugriff am 24.3.2021).
- [23] Deloitte. Workplace safety analytics. Save lives and the bottom line. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ca/Documents/Analytics/ca-en-analytics-workplace-safety-analytics.pdf> (letzter Zugriff am 24.3.2021).
- [24] Klaus-Peter Wiedmann, Frank Buckler (Hrsg.) (2001). Neuronale Netze im Marketing-Management. Praxisorientierte Einführung in modernes Data-Mining. Gabler Verlag.
- [25] VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017). Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 - Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes.
- [26] Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., Roland Berger Strategy Consultants (2015). Die digitale Transformation der Industrie.
- [27] Höfner, A., Frick, V. (Hrsg.) (2019). Was Bits und Bäume verbindet. Digitalisierung nachhaltig gestalten. oekom, München.
- [28] Europäische Kommission (2020). Eine KMU-Strategie für ein nachhaltiges und digitales Europa. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. COM (2020) 103 final, Brüssel.
- [29] M. Topic, K. Tschiggerl (2019). Bedeutung und Potenziale der Materialflusskostenrechnung für die Steigerung der Ressourceneffizienz in energieintensiven Unternehmen. Berg Huettenmaenn Monatshefte 164, 31–37.
- [30] Deutsche Energie-Agentur GmbH (2018). Umfrage Industrie 4.0: Unternehmen sind bereit für Kopplung mit Energiesystem. <https://www.dena.de/newsroom/meldungen/umfrage-industrie-40-unternehmen-sind-bereit-fuer-kopplung-mit-energiesystem/> (letzter Zugriff am 19.1.2021).
- [31] Peter Schmidt (2019). Big Data in der Umwelttechnik. <https://globalmagazin.eu/themen/klima/big-data-in-der-umwelttechnik/>.
- [32] Gentermann, L. (2019). Blockchain in Deutschland – Einsatz, Potenziale, Herausforderungen. Studienbericht 2019.
- [33] Baringhorst, S., Menz, V., Lefèvre, J., Probst, M. (2017). Digitalisierung und Nachhaltigkeit in mittelständischen Unternehmen.
- [34] acatech (2014). Future Business Clouds. Cloud Computing am Standort Deutschland zwischen Anforderungen, nationalen Aktivitäten und internationalem Wettbewerb.
- [35] Servicestelle der Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (2020). Praxisleitfaden „Chancen der Digitalisierung für den Klimaschutz“.
- [36] IDC. IDC Studie zu Cloud Computing 2020+: Die Evolution in deutschen Unternehmen geht weiter. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prEUR146745720>.
- [37] Huttenlocher, F., Schmidt, N., Fritz, C., Heine, K., Nobel, W., Institut für Landschaft und Umwelt der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtlingen-Geislingen, Schwäbischer Albverein (2017). Erste Datenbank kommunaler Nachhaltigkeitsberichte Baden-Württembergs horizonte Nr. 49.
- [38] bdew. Blockchain in der Energiewirtschaft.
- [39] Maher Alharby und Aad van Moorsel. BLOCKCHAIN-BASED SMART CONTRACTS: A SYSTEMATIC MAPPING STUDY. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1710/1710.06372.pdf>.
- [40] L. M. Bach et al. Comparative analysis of blockchain consensus algorithms.
- [41] Mittelstand 4.0 - Agentur Handel (2018). Leitfaden Blockchain in der Praxis. Funktionsweise und Anwendungsfälle.
- [42] Dr. Elmer Lenzen. Wie die Blockchain Kinderarbeit und Konfliktmineralien auf die Spur kommt. <https://www.umweltdialog.de/de/wirtschaft/lieferkette/2018/Wie-die-Blockchain-Kinderarbeit-und-Konfliktmineralien-auf-die-Spur-kommt.php>.
- [43] Factory – Magazin für nachhaltiges Wirtschaften. Digitalisierung. Der digitale Wandel. 14. Jahrgang Ausgabe 1-2018.

- [44] Jetzke, T., Richter, S., Ferdinand, J. P., Schaat, S. (2019). Künstliche Intelligenz im Umweltbereich. Anwendungsbeispiele und Zukunftsperspektiven im Sinne der Nachhaltigkeit. 56/2019.
- [45] VDMA. Künstliche Intelligenz im Maschinenbau – Perspektiven und Handlungsempfehlungen. VDMA-Stellungnahme zu einer politischen Strategie für Künstliche Intelligenz in Deutschland und Europa.
- [46] Hatiboglu, B., Schuler, S., Bildstein, A., Hämmerle, M. (2019). Einsatzfelder von künstlicher Intelligenz im Produktionsumfeld. Kurzstudie im Rahmen von "100 Orte für Industrie 4.0 in Baden-Württemberg".
- [47] BVMW (2020). Umfrage des Bundesverbands mittelständische Wirtschaft (BVMW) und Gemeinsam digital, das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Berlin. „Anwendung von Künstlicher Intelligenz in KMU“.
- [48] Deutsche Energie-Agentur GmbH. Künstliche Intelligenz als Chance für die Energiewirtschaft. dena-Umfrage.
- [49] Rohde, F., Wagner, Josephin, Gossen, M., Santarius, T. (2020). KI & Nachhaltigkeit - Hoffnung für den Umweltschutz oder Ökoproblem? <https://netzpolitik.org/2020/hoffnung-fuer-den-umweltschutz-oder-oekoproblem/#spendenleiste> (letzter Zugriff am 29.1.2021).
- [50] t3n digital pionier (2020). Deepl mit Update: Google-Translate-Konkurrenz wird schlauer. <https://t3n.de/news/deepl-update-schlauer-1250207/> (letzter Zugriff am 17.3.2021).
- [51] DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (2020). EIBA - Sensorische Erfassung, automatisierte Identifikation und Bewertung von Altteilen anhand von Produktdaten sowie Informationen über bisherige Lieferungen. <https://innovative-produktkreislaeufe.de/Projekte/EIBA.html> (letzter Zugriff am 17.3.2021).
- [52] Wallbruch, Hess, Weddige (2017). Mobile Arbeit, computing anywhere. Neue Formen der Arbeit gestalten!
- [53] Tobias Arns (2012). Apps & Mobile Services. Tipps für Unternehmen.
- [54] Richard, P., Vogel, L. (2017). Digitalisierung als Enabler für die Steigerung der Energieeffizienz. Eine Analyse digitaler Energiedienstleistungen sowie Handlungsempfehlungen zur verstärkten Nutzung ihrer Potenziale.
- [55] Cerqueira, E. D. V., Motte-Baumvol, B., Chevallier, L. B., Bonin, O. (2020). Does working from home reduce CO2 emissions? An analysis of travel patterns as dictated by workplaces. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* **83**, 102338.
- [56] Hook, A., Court, V., Sovacool, B. K., Sorrell, S. (2020). A systematic review of the energy and climate impacts of teleworking. *Environmental Research Letters*.
- [57] Duke, M. (2017). Smartphone addiction, daily interruptions and self-reported productivity.
- [58] Jürgens, V. (2007). Entgrenzung von Arbeit und Leben. <https://www.bpb.de/system/files/pdf/PDMW2R.pdf>.
- [59] Bahrt, B. Social Intranet 2018. Trends - Themen - Tipps. https://business-user.de/wp-content/uploads/2018/08/Pocketguide_Social-Intranet-2018_Trends-Themen-Tipps.pdf.
- [60] EHS Today. How Giant Eagle Supermarkets Reduces Risk of Injury by 31% Using Smart Wearables. <https://www.ehstoday.com/sponsored/article/21152427/how-giant-eagle-supermarkets-reduces-risk-of-injury>.
- [61] Frau Dipl. Ing. (FH) Melanie Reich (2015). Unternehmenskommunikation 2.0 – Entwicklung der internen Kommunikation und Erfolgsfaktoren für den Einsatz eines Social Intranets. Masterthesis. Hochschule Mittweida, Mittweida.
- [62] Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (2014). Energieeffizienz. Unternehmen besser informieren und beraten.
- [63] Irina Heimbach, Daniel S. Kostyra, Oliver Hinz (2015). Marketing Automation. https://courses.helsinki.fi/sites/default/files/course-material/4669797/1_Heimbach2015_Article_MarketingAutomation.pdf.
- [64] Bitcom e.V. (2019). Robotic Process Automation im digitalen Büro. Ein Leitfaden für Anwender.

- [65] Bitcom e.V. (2017). Chatbots und die Automatisierung von Kommunikationsprozessen. <https://www.bitkom.org/Themen/Technologien-Software/Digital-Office/Chatbots.html> (letzter Zugriff am 24.3.2021).
- [66] iPoint Systems GmbH (2021). SCIP Compliance Software. Der iPoint Compliance SCIP Connector automatisiert die Erstellung von SCIP-Dossiers und den Datenaustausch mit der neuen SCIP-Datenbank der Europäische Chemikalienagentur (ECHA). <https://www.ipoint-systems.com/de/loesungen/scip/> (letzter Zugriff am 24.3.2021).
- [67] Bertelsmann Stiftung (2015). Arbeiten 4.0 Wie werden wir in Zukunft arbeiten? Ergebnisse des BarCamps Arbeiten 4.0.
- [68] iPoint Systems GmbH (2021). iPoint SustainHub. Die universelle Plattform für Compliance & Nachhaltigkeit. <https://www.ipoint-systems.com/de/loesungen/sustainhub/> (letzter Zugriff am 24.3.2021).
- [69] iPoint Systems GmbH (2020). Innovationspreis für Blockchain-Lösung zur CO2-Bilanzierung. <https://www.ipoint-systems.com/de/newsroom/news-detail-de/innovationspreis-fuer-blockchain-loesung-zur-co2-bilanzierung/> (letzter Zugriff am 24.3.2021).
- [70] Martin Lundborg, Dr. Isabel Gull. Digitale Plattformen als Chance für den Mittelstand. https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/digitale-plattformen-als-chance.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- [71] Santarius, T., Pohl, J. (2019/2020). Vernetzte Nachhaltigkeit oder nicht-nachhaltige Vernetzung? Ökologische Chancen und Risiken des Internet der Dinge. Die Ökologieder digitalen Gesellschaft. Jahrbuch 2019/2020.
- [72] Fraunhofer FOKUS (2016). Public IoT - das Internet der Dinge im öffentlichen Raum.
- [73] Waste, Management & Research (2017). The 4th Industrial Revolution and waste management. Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA **35**/10, 997–998.
- [74] away media GmbH (2018). Handbuch Internet of Things. Smart Services & Plattformökonomie, Bonn.
- [75] Wortmann, F., Flüchter, K. (2015). Internet of Things. Bus Inf Syst Eng **57**/3, 221–224.
- [76] Capgemini Consulting, Sogeti High Tech (2014). Securing the Internet of Things Opportunity: Putting Cybersecurity at the Heart of the IoT.
- [77] Bitcom e.V. (2014). Leitfaden Digitale Supply Chain, Berlin.
- [78] Ma, Y., Bolton, S. (2019). Green Quadrant EHS Software 2019.
- [79] brands & values GmbH (2018). Kompetenzvermittlung zur Auswahl geeigneter Nachhaltigkeitssoftware.
- [80] brands & values GmbH (2017). Nachhaltigkeit managen 2.0.
- [81] Schneeloch, J., Orth, R., Taugerbeck, S. (2020). Marktstudie Energiemanagementsysteme Arbeitspaket 1.2.3: Identifizierung aktueller (digitaler) Infrastrukturen und IT-Systeme.

Anhang

A.1 Erhebung von Softwareangeboten – Recherche mittels Online-Suchmaschinen

Die Recherche in der Google-Suchmaschine erfolgte mittels vordefinierter Keywords (Tabelle 13) und Kombinationen. Die Kombination und Reihenfolge ergibt sich aus den Suchregeln, welche von Google festgelegt sind. Hierbei wurden die Kombinationen aus 1 und 2, 1 und 2 und 3 sowie 1 und 2 und 4 verwendet.

Tabelle 13: Keywords zur Recherche verfügbarer Softwarelösungen mittels Online-Suchmaschinen

Nr.	1. Keyword	2. Keyword	3. Keyword	4. Keyword
1	Software	Umweltmanagement		
2	Software	Nachhaltigkeitsmanagement		
3	Software	Energiemanagement		
4	Software	Wasser	Umweltmanagement	
5	Software	Material	Umweltmanagement	
6	Software	Ressourcen	Umweltmanagement	
7	Software	Abfall	Umweltmanagement	
8	Software	Treibhausgas	Umweltmanagement	
9	Software	Klimabilanz		
10	Software	CO2-Bilanz		
11	Software	Biodiversität	Umweltmanagement	Management
12	Software	Dokumenten	Umweltmanagement	
13	Software	Lieferketten	Umweltmanagement	Nachhaltigkeit
14	Software	Compliance	Umweltmanagement	
15	Software	Stakeholder	Management	
16	Software	Impact	Management	
17	Software	Risiko	Umweltmanagement	
18	Software	Audit	Umweltmanagement	
19	Software	Aufgaben	Umweltmanagement	
20	Software	Maßnahmenverfolgung		
21	Software	Qualifizierung	Umweltmanagement	
22	Software	Training	Umweltmanagement	

Nr.	1. Keyword	2. Keyword	3. Keyword	4. Keyword
23	Software	Menschenrechte		
24	Software	Human Rights		
25	Software	Reporting	Umwelt	Nachhaltigkeit
26	Software	Berichterstattung	Umwelt	Nachhaltigkeit
27	Software	Mitarbeitenden- zufriedenheit		
28	Software	Ökobilanzierung		
29	Software	LCA		
30	Software	EHS		
31	Software	Environmental		
32	Software	Sustainability		
33	Software	CSR		
34	Software	Gefahrstoff	Umweltmanagement	
35	Software	Schadstoffe		
36	Software	Chemikalien		
37	Software	Emissionen		
38	Software	Produktdesign		
39	Software	Anlagensicherheit		
40	Software	Störfall		
41	Software	Arbeitsschutz		
42	Software	Arbeitssicherheit		
43	Software	Gefahrgut		
44	Software	Umweltrecht		
45	Software	Rechtskataster		
46	Software	Footprint		
47	Software	Energie		
48	Software	Risiko	Nachhaltigkeit	
49	Software	Abwasser		
50	Software	Rohstoffe		
51	Software	Konfliktrohstoffe		
52	Software	CO2	Rechner	

Nr.	1. Keyword	2. Keyword	3. Keyword	4. Keyword
53	Software	Klimamanagement		

A.2 Erhebung von Softwareangeboten – Recherche mittels Publikationen

Ergänzend zur Online- und Datenbank-Recherche und insbesondere um sicherzustellen, dass relevante Softwarelösungen nicht vernachlässigt wurden, wurden zusätzlich (wissenschaftlich) fundierte Publikationen mit einem Veröffentlichungsjahr ab 2017 herangezogen. Zudem wurde eine umfangreiche Wettbewerberanalyse des in Kooperation stehenden ifu und die „Offene Link-Liste“ des Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz mit Stand 2016 herangezogen. Für die vorliegende Recherche als relevant identifizierte Studien und Marktanalysen sind in Tabelle 14 aufgeführt.

Tabelle 14: Publikationen zur Recherche verfügbarer Softwarelösungen

Nr.	Titel	Herausgeber	Erscheinungsjahr
1	Green Quadrant EHS Software [78]	Verdantix	2019
2	Kompetenzvermittlung zur Auswahl geeigneter Nachhaltigkeitssoftware [79]	brands & values	2018
3	Nachhaltigkeit managen 2.0 [80]	brands & values	2017
4	Umweltmanagement & Digitalisierung [5]	UBA, KPMG	2019
5	Marktstudie Energiemanagementsysteme Arbeitspaket 1.2.3: Identifizierung aktueller (digitaler) Infrastrukturen und IT-Systeme [81]	EU-Forschungsprojekt sustain KMU	2020
6	Konkurrenzanalyse ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH	ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH	
7	Software für Umweltmanagement und betrieblichen Umweltschutz – eine „offene Link-Liste“ [4]	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz	2016

A.3 Erhebung von Softwareangeboten – Befragung der Beratungsunternehmen

Zusätzlich zu bereits benannten Recherchequellen wurden 45 Beratungen bzw. solo-selbstständige Beraterinnen und Berater für Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement identifiziert (Tabelle 15). Diese Beratungen wurden als Teil der Recherche zur Softwareerhebung per E-Mail von KATE kontaktiert und mittels Online-Fragebogen dazu befragt, mit welchen Softwarelösungen sie selbst sowie ihre Kunden und Kundinnen arbeiten. Durch die Abdeckung von großen Beratungsunternehmen bis hin zu kleinen Beratungsbüros wird davon ausgegangen, dass auch die Bandbreite an verschiedenen Unternehmensgrößen und Anwendungsfälle der Kunden und Kundinnen abgedeckt wurde.

Tabelle 15: Befragte Beratungsunternehmen zur Identifikation verfügbarer Softwarelösungen

Nr.	Name	Größe
1	Bain	Großunternehmen / Konzern
2	BearingPoint	Großunternehmen / Konzern
3	Dekra	Großunternehmen / Konzern
4	Dekra	Großunternehmen/ Konzern
5	Deloitte	Großunternehmen/ Konzern
6	ERM	Großunternehmen/ Konzern
7	EY	Großunternehmen / Konzern
8	KPMG	Großunternehmen / Konzern
9	pwc	Großunternehmen / Konzern
10	systain	Großunternehmen / Konzern
11	TÜV Rheinland	Großunternehmen / Konzern
12	Tüv-Nord	Großunternehmen/ Konzern
13	Tüv-Süd	Großunternehmen/ Konzern
14	VARICON	Großunternehmen / Konzern
15	Akzente	Mittelständler (10-249 MA)
16	Arqum	Mittelständler (10-249 MA)
17	fjol	Mittelständler (10-249 MA)
18	fors	Mittelständler (10-249 MA)
19	GUTcert	Mittelständler (10-249 MA)
20	Höppner	Mittelständler (10-249 MA)
21	ifu	Mittelständler (10-249 MA)
22	QMS Beratungen	Mittelständler (10-249 MA)
23	Southpole	Mittelständler (10-249 MA)
24	Sphera (vormals thinkstep)	Mittelständler (10-249 MA)
25	sustainable AG	Mittelständler (10-249 MA)
26	Sustainable Natives	Mittelständler (10-249 MA)
27	Umwelt- und Unternehmensberatung Schwan GmbH	Mittelständler (10-249 MA)
28	wertsicht	Mittelständler (10-249 MA)
29	Athenga	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)

Nr.	Name	Größe
30	Bfk-Ingenieure	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
31	CMC Sustainability GmbH	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
32	CQR Consulting	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
33	Löning Human Rights & Responsible Business	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
34	Naundorf Umweltconsulting	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
35	plant values	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
36	QUMsult	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
37	Riss	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
38	Sustaineration	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
39	sustainum consulting	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
40	trias consulting	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
41	Viafuturum	Kleinstunternehmen (bis 9 MA)
42	CSR Vohrmann Consulting	Solo-Selbstständige
43	Dr. Ulrich Größmann Umwelt Consulting	Solo-Selbstständige
44	JJ Sustainability Consultancy	Solo-Selbstständige
45	Theen Qualitätsberatung	Solo-Selbstständige

A.4 Analyseraster zur Auswertung des Funktionsumfangs der Softwarelösungen

Um den Funktionsumfang der Softwarelösungen systematisch auszuwerten, ein Analyseraster (

Tabelle 16) erarbeitet, welches als Grundlage für die Befragung der Softwareanbieter diene. Dieses umfasst und strukturiert alle Informationen, die im Rahmen der Online-Befragung abgefragt wurden.

Das finalisierte Analyseraster wurde als Online-Befragung in Deutsch und Englisch aufgesetzt (jeweils ein Fragebogen). Zusätzlich wurde eine Startseite mit allgemeinen Informationen sowie eine Seite mit Anwendungshinweisen eingefügt. Neben den Informationen zu den in Kapitel 1.2.2 aufgelisteten Themenblöcken wurden auch offene Fragen, u.a. zur Berücksichtigung von Digitalisierungstrends und der Einschätzung zur Entwicklung des Marktes in die Online-Befragung Fragen integriert.

Tabelle 16: Analyseraster zur Auswertung des Funktionsumfangs der Softwarelösungen zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Analyseraster	
1 - Softwareanbieter - Angaben zum Unternehmen	
Softwareanbieter	Bitte geben Sie die Daten zum Unternehmen ein.
	▪ Bezeichnung des Unternehmens
	▪ Bitte wählen Sie den Sitz des Unternehmens aus.
	▪ Weblink zur Unternehmenswebsite
	▪ Jahr der Unternehmensgründung
Kontaktmöglichkeit	Bitte geben Sie Kontaktmöglichkeiten zum Vertrieb ein.
	▪ Telefonnummer
	▪ E-Mail Adresse
	▪ Weblink zu Kontaktformular
	▪ Weitere
2 - Angaben zu Softwarelösungen	
Software- lösung	Bitte vervollständigen Sie die Angaben zur Softwarelösung.
	▪ Produktname der Softwarelösung ▪ Bitte geben Sie eine Kurzbeschreibung Ihrer Softwarelösung ein
Fokus Kunden- gruppe	Bitte geben Sie an, ob Ihre Softwarelösung eine Kundengruppe fokussiert.
	☐ kein Fokus auf bestimmte Kundengruppe
	☐ KMU
	☐ Global agierende Unternehmen
Fokus Branchen	Bitte geben Sie an, für welche Branchen sich Ihre Softwarelösung (besonders) eignet.
	☐ kein Fokus auf bestimmte Branche
	☐ Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
	☐ Baugewerbe
	☐ Bergbau, Rohstoffe
	☐ Chemie, Pharma
	☐ Metall, Elektronik
☐ Dienstleistungen, religiöse Einrichtungen, Handwerk	

Analyseraster

	☐ Energieversorgung
	☐ Finanzen, Versicherungen, Grundstücke, Immobilien
	☐ Gastgewerbe, Tourismus, Kunst und Unterhaltung, Erholung
	☐ Handel
	☐ Gesundheit, Sozialwesen
	☐ Verarbeitendes Gewerbe
	☐ Verkehr, Transport, Logistik, Lagerei
	☐ Öffentliche Verwaltung, Bildung
	☐ Maschinen- und Anlagenbau
	☐ Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung
Digitalisierungstrends	Bitte geben Sie an, welche Technologien bereits in der Softwarelösung eingesetzt werden.
	☐ Augmented Reality
	☐ Automatisierung
	☐ Big Data
	☐ Blockchain
	☐ Cloud Computing
	☐ Internet of Things
	☐ Künstliche Intelligenz
	☐ Mobile Computing
	☐ Social Networks
3 - Einsatzbereiche im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement	
Umwelt- und Nachhaltigkeits thema	Bitte geben Sie an, für welche Einsatzbereiche Ihre Softwarelösung eingesetzt wird bzw. werden kann.
	☐ Energie
	☐ Wasser
	☐ Material/Ressourcen
	☐ Abfall
	☐ Kreislaufwirtschaft (Circular Economy)

Analyseraster

- | | |
|--------------------------|---|
| ☐ | Treibhausgasemissionen |
| ☐ | Klimaanpassung/Anpassung an den Klimawandel |
| ☐ | Landnutzung/Biodiversität |
| ☐ | Produktdesign |
| ☐ | Produktlebenszyklus |
| ☐ | Organisationsführung |
| ☐ | Korruptionsbekämpfung |
| ☐ | Compliance |
| ☐ | Datenschutz |
| ☐ | Projektmanagement |
| ☐ | Lieferkettenmanagement |
| ☐ | Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz |
| ☐ | Stakeholdermanagement |
| ☐ | Schulung und Qualifizierung |
| ☐ | Benchmarking |
| ☐ | Menschenrechte |

4 - Anwendungsbereiche mit Funktionen

Anwendungsfälle	Allgemeine Funktionen - Bitte geben Sie an, ob Ihre Softwarelösung folgende Funktionen aufweist:
	Organisationsabbildung
	☐ Abbildung der Organisation (z.B. Abteilungen, Einheiten etc.)
	☐ Abbildung von Standortstrukturen
	☐ Benutzerverwaltung
	☐ Differenzierte Zugriffsregeln und Rechtekonzept
	Prozesse & Zusammenarbeit
	☐ Prozessmodellierung
	☐ Erstellen von Workflows mit Freigabeverfahren
	☐ Dateimanagement

Analyseraster

☐ Kommunikation mit anderen Softwarenutzern (z.B. via Textnachricht)

☐ Kommunikation mit externen Personen (z.B. via E-Mail)

Planung & Verwaltung

☐ Kalender mit Terminverwaltung

☐ Alarmfunktion / Erinnerung

Kennzahlen und Benchmarking

☐ Erstellung von Kennzahlensätzen

☐ Erstellung von Kernindikatoren (KPIs)

☐ Formel-Editor zur Kennzahlenberechnung

☐ Vergleich von Kennzahlen (Benchmarking)

Compliance

☐ Risiko-Chancenbewertung

☐ Rechtskataster

☐ Hinterlegung und Aktualisierung der Regularien durch den Softwareanbieter

☐ Kommunikation mit anderen (z.B. via Textnachricht)

☐ Herstellung von Substanz- und Artikeltransparenz gegenüber Lieferanten und Kunden

☐ Automatisierung von Complianceprozessen

☐ Anlagen- und Energiekataster

☐ Störfallmanagement (Incident-Management)

☐ Erstellung von Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen (CAPA)

☐ Verwaltung von Prüfungen (z.B. Arbeitsmittel, Anlagen)

☐ Supplier Qualification und Request Management

☐ Anbindung der Compliancebewertung zu anderen Bereichen (z.B. Beschaffungsmanagement oder Produktdesign)

Auswertung & Bericht

☐ Manuelle Auswertungen

☐ Automatische Auswertungen

☐ Erstellung von Berichten

☐ Export von Berichten

Analyseraster

SPEZIFISCHE Funktionen - Bitte geben Sie an, ob Ihre Softwarelösung folgende Funktionen aufweist:

Umweltmanagement

- ☐ Umweltaspekte erfassen und bewerten

Nachhaltigkeitsmanagement

- ☐ Nachhaltigkeitsaspekte erfassen und bewerten
- ☐ Abbildung von Wirkketten /Wirkungsmatrix

Energiemanagement

- ☐ Zählerbasierte Erfassung
- ☐ Manuelle Datenerfassung (z.B. Zählerablesung)
- ☐ Automatisierte Datenerfassung (SMART-Meteranbindung)
- ☐ Verwendung von Umrechnungsfaktoren (z.B. für CO₂, Heizwert, Preise)
- ☐ Klimabereinigung des Heizenergieverbrauchs
- ☐ Echtzeitüberwachung
- ☐ Zeitlich gesteuertes Reporting per E-Mail (z.B. täglich, monatlich)
- ☐ Alarmfunktion mit Schwellenwerten/ Erinnerungsfunktion

Wassermanagement

- ☐ Zählerbasierte Erfassung
- ☐ Manuelle Datenerfassung (z.B. Zählerablesung)
- ☐ Automatisierte Datenerfassung (SMART-Meteranbindung)
- ☐ Echtzeitüberwachung
- ☐ Zeitlich gesteuertes Reporting per E-Mail (z.B. täglich, monatlich)
- ☐ Alarmfunktion mit Schwellenwerten/ Erinnerungsfunktion

Ressourcenmanagement/Materialeffizienz

- ☐ Intuitive graphische Modellierung
- ☐ Klassische Kostenrechnung
- ☐ Grafische Darstellung von Material- und Kostenflüssen
- ☐ Materialflusskostenrechnung (MFKR/MFCA)
- ☐ Ausgabe einer Materialflusskosten-Matrix

Analyseraster

Abfallmanagement

- ☐ Verzeichnis für Abfallfraktionen (Abfallkataster)
- ☐ Darstellung von Abfallfraktionen und -flüssen
- ☐ Merkmalsbeschreibung/Einstufung der Abfallfraktionen
- ☐ Abrechnung & Rechnungsstellung
- ☐ Entsorgungsvorgänge mit Begleitscheinen erstellen/dokumentieren

Risikomanagement

- ☐ Erstellung und Verwaltung von Risikoanalysen
- ☐ Risikomatrix und -bewertung
- ☐ Echtzeit-Überblick über Vorfälle und Prüfungen

Treibhausgasmanagement

- ☐ Automatische CO2-Berechnung
- ☐ Emissionsinventar
- ☐ Emissionsüberwachung
- ☐ Emissionshandel

Lieferkettenmanagement

- ☐ Formulare für Lieferanten-Selbstauskunft
- ☐ Zulassungsprozess für neue Lieferanten
- ☐ Lieferantenbewertung mit Entscheidungsmatrix
- ☐ Risikobewertung der Lieferanten

Stakeholdermanagement

- ☐ Stakeholdermatrix
- ☐ Webbasierte Stakeholderbefragungen
- ☐ Formulare für Stakeholder-Selbstauskunft
- ☐ Social Media Verknüpfungen

Maßnahmenverfolgung (CAPA)

- ☐ Ziel- und Maßnahmenverwaltung
- ☐ Kontinuierliche Maßnahmenüberwachung
- ☐ Erinnerungs- und Eskalationsmanagement

Analyseraster

- | | |
|------------------------------------|--|
| ☐ | Aufgabenplanung |
| ☐ | Wirksamkeitskontrolle mit Nachweisdokumentation |
| ☐ | Vergleich Zielplanung und Maßnahmenumsetzung (Soll-Ist-Vergleich) |
| Auditmanagement | |
| ☐ | Unterstützung von verschiedenen Auditarten (z.B. System-, Verfahrens-, Produktaudit) |
| ☐ | Auditplanung |
| ☐ | Erstellung von Fragekatalogen / Verwaltung individueller Fragekatalogen |
| ☐ | Integrierte Workflow-Steuerung von Maßnahmen |
| ☐ | Vergleich der Bewertungsergebnisse mit anderen Audits |
| ☐ | Statusverfolgung |
| ☐ | Erstellung und Verteilung von Auditberichten |
| Dokumentenmanagement (DMS) | |
| ☐ | Automatische Archivierung und Revisionierung |
| ☐ | Versionierung / Nachvollziehbarkeit von Revisionsständen |
| ☐ | Freigabesystematik / individuell konfigurierbare Workflows |
| ☐ | Einheitliches Design durch Formatvorlagen |
| ☐ | Dokumentenbearbeitung mittels externen Anwendungen (z.B. MS Office) |
| ☐ | Lesebestätigung (z.B. durch Multiple-Choice-Tests) |
| Training und Qualifizierung | |
| ☐ | Learning Content Management System (LCMS) |
| ☐ | Learning Management System (LMS) |
| ☐ | Content Management System (CMS) |
| ☐ | Automatische Zertifikatserstellung |
| ☐ | Einbindung eigener Domain |
| ☐ | Anpassung an eigenes CI |
| ☐ | Anmeldung per Single-Sign-On |
| Arbeitssicherheit | |
| ☐ | Risikomatrix und -bewertung |

Analyseraster

	☐ Gefährdungsbeurteilung
	☐ Betriebsanweisung
	☐ Durchführung und Dokumentation von Unterweisungen
	Ökobilanzierung (LCA)
	☐ Intuitive graphische Modellierung
	☐ Integrierte LCA-Datenbank(en)
	☐ Szenarien-Analyse
	☐ Automatisierte Erstellung von Ökobilanzen
	☐ Zugang zu den Ergebnissen für unterschiedliche Nutzerrollen (LCA-Experten, Produktdesigner, Einkauf etc.)
	☐ Systemzertifizierung auf Basis von PCRs zur Berechnung von PCFs und PEFs
	☐ Unterstützung der Datensammlung aus der Lieferkette
	☐ Berücksichtigung von strukturieren Stücklisten (BOMs) in der Berechnung

5 - Kompatibilität mit Standards und Normen

Kompatibilität zu Standards und Normen	Unternehmensebene - Bitte geben Sie an, ob Ihre Softwarelösung Kompatibilität zu folgenden Standards und Normen aufweist.
	☐ Umweltmanagementsystem nach EMAS
	☐ Umweltmanagementsystem nach ISO 14001
	☐ Energiemanagementsystem nach ISO 50001
	☐ Energieaudit nach DIN EN 16247-1
	☐ Global Reporting Initiative (GRI)
	☐ Deutscher Nachhaltigkeitskodex (DNK)
	☐ Sustainability Accounting Standards Board (SASB)
	☐ CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz
	☐ UN Global Compact
	☐ OECD-Leitsätze für multinationale Unternehmen
	☐ Gemeinwohlbilanz
	☐ Impactmessung für Sustainable Development Goals (SDG)
	☐ Nachhaltigkeitsmanagementsystem nach ISO 26000

Analyseraster

- ☐ Dow Jones Sustainability Index (DJSI)
- ☐ Arbeitssicherheit- und Gesundheitsmanagementsystem nach ISO 45001
- ☐ Compliancemanagementsystem nach ISO 37301
- ☐ Risikomanagementsystem nach ISO 31000
- ☐ Carbon Disclosure Project (CDP)
- ☐ Unternehmens-CO2-Bilanz (CCF) nach Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)
- ☐ Unternehmens-CO2-Bilanz (CCF) nach ISO 14064-1
- ☐ Science Based Target (SBT) Initiative
- ☐ Organisation Environmental Footprint (OEF) nach European Commission OEF Guide

Produktebene - Bitte geben Sie an, ob Ihre Softwarelösung Kompatibilität zu folgenden Standards und Normen aufweist.

- ☐ Product Carbon Footprints (PCF) nach ISO 14067
- ☐ Product Environmental Footprints (PEF) nach European Commission PEF Guide
- ☐ Ökobilanz (LCA) nach ISO 14040/44
- ☐ Water Footprint nach ISO 14046
- ☐ Environmental Product Declaration (EPD) nach ISO 14025
- ☐ Environmental Product Declaration (EPD) von Bauprodukten, Bauleistungen und Bauprozessen nach DIN EN 15804
- ☐ Materialflusskostenrechnung (MFKR/MFCA) nach ISO 14051
- ☐ REACH Konformität von Produkten
- ☐ RoHs Konformität
- ☐ Lieferkettengesetz

Rechtsvorschriften - Bitte geben Sie an, ob Ihre Softwarelösung Kompatibilität zu folgenden Rechtsvorschriften aufweist.

- ☐ REACH Konformität von Produkten
- ☐ RoHs Konformität
- ☐ Lieferkettengesetz
- ☐ Modern Slavery Acts (UK)

Analyseraster

	☐ Compliance Anforderungen nach US Conflict Minerals, Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act, Sec. 1502
	☐ EU Conflict Minerals, Verordnung (EU) 2017/821
	☐ California Proposition 65 (Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act)
	☐ SCIP (Substances of Concern In articles as such or in complex objects (Products))
	☐ Deutscher Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 400 zur Erstellung von Gefahrstofflisten
	☐ Verordnung (EU) 2020/1203 zur Änderung des Anhangs I der Verordnung (EU) 2019/1021 hinsichtlich des Eintrags für Perfluorooctansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS)
	☐ Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge
	☐ Richtlinie 2006/66/EG über Batterien und Akkumulatoren
	☐ Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 1994 über Verpackungen und Verpackungsabfälle
	Weitere - Bitte geben Sie an, ob Ihre Softwarelösung weitere Kompatibilitäten aufweist.
☐ Textfeld für weitere Standards, Normen, Rechtsvorschriften	

6 - Verfügbarkeit und Funktionen

Verfügbarkeit der Softwarelösung	Bitte geben Sie an, wie die Softwarelösung verfügbar ist.
	☐ Web, Cloud, SaaS
	☐ Installation Windows
	☐ Installation Mac
	☐ Mobil/App iOS
	☐ Mobil/App Android
Schnittstellen	Bitte geben Sie an, welche Schnittstellentechnik vorhanden ist.
	☐ Anbindung an interne Systeme
	☐ Anbindung an externe Systeme
	☐ Exportschnittstelle für Rohdaten
	☐ Importschnittstelle für Rohdaten
	☐ Excelanbindung

Analyseraster

- | | |
|--------------------------|--|
| ☐ | BI-Tool Anbindung |
| ☐ | Stücklisten (BOM)-Import |
| ☐ | Verfügbare Sprachen |
| ☐ | Benachrichtigungssystem (z.B. E-Mail-Versand aus Softwarelösung) |
| ☐ | Möglichkeiten zur Anpassung der Useroberfläche z.B. CI |

7 - Datenschutz/-sicherheit und Support

Verfügbarer technischer Support	Bitte geben Sie an, wie der Support erreichbar ist.
	☐ Online per E-Mail / Chat
	☐ Telefonsupport
	☐ 24-h-Live-Support
	☐ Support zu normalen Büro-Öffnungszeiten
Datenschutz und -sicherheit	☐ Kein Support
	Bitte beschreiben Sie kurz das Konzept zur Speicherung der Kundendaten und nennen Sie den Serverstandort (z.B. Deutschland, EU etc.).
	▪ Speicherung von Daten (Serverstandort)
	▪ Datenbesitz und -verwendung (Daten-ownership)
	▪ Besteht ISO 27001 Zertifizierung

8 - Softwarekosten und -einführung

Softwarekosten und -einführung	Bitte vervollständigen Sie die Angaben zu den Softwarekosten.
	▪ Start-/Minimalpreis mit Beschreibung des Preismodells (u.a. Preiszusammensetzung, Implementierungskosten etc.)
	▪ Lizenzmodell (z.B. monatlich, jährlich, permanent)
	▪ Kosten für Schulung, Beratungsleistung, Programmierung
	▪ Kostenlose Softwareversion verfügbar
	▪ Kostenlose Testversion verfügbar
	Dokumentation (Handbücher, Videos, etc.) vorhanden
	Individuelles Training (Live, Online) buchbar

A.5 Gesprächsleitfäden für die Interviews mit (potentiellen) Softwareanwendern und Softwareanbietern

Um die Interviews in einer geordneten und einheitlichen Form durchführen zu können, wurden separate Gesprächsleitfäden für die Zielgruppen (ZG) der (potenziellen) Softwareanwender (Tabelle 17) und Softwareanbieter (Tabelle 18) entwickelt. Folgende Zielgruppen wurden definiert:

- Zielgruppe 1: Organisationen, die ein Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagementsystem betreiben und zugleich Anwender dezidierter Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware sind
- Zielgruppe 2: Organisationen, die ein Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagementsystem betreiben, aber keine entsprechenden Softwarelösungen nutzen
- Zielgruppe 3: Organisationen, die kein dezidiertes Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagementsystem betreiben und keine entsprechenden Softwarelösungen nutzen
- Zielgruppe 4: Entwickler dezidierter Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware
- Zielgruppe 5: Entwickler von ERP- und BI-Lösungen

Tabelle 17: Interviewleitfaden zur Befragung von (potenziellen) Softwareanwendern

ZG	Frage	Mögliche Antworten
1. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und Digitalisierung		
alle ZG	Wie wichtig ist aus Ihrer Sicht Digitalisierung, um Fortschritte im Bereich des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements zu erreichen?	
alle ZG	Welche Digitalisierungstrends schätzen Sie als besonders geeignet ein, um diese Fortschritte zu erzielen?	☐ Augmented Reality & Virtual Reality ☐ Automatisierung ☐ Big Data & Analytics ☐ Distributed Ledger & Block-chain-Technologie ☐ Cloud Computing ☐ Digitale Plattformen ☐ Internet of Things ☐ Künstliche Intelligenz & Machine learning ☐ Mobile Computing & Apps ☐ Social Networks ☐ Sonstiges
2 Einsatz von Digitalisierungstrends / digitaler Technologien		
alle ZG	Werden bereits neue digitale Technologien in der Organisation eingesetzt?	☐ Ja; Welche? ☐ Nein; Warum nicht?

ZG	Frage	Mögliche Antworten
ZG 1+2	Inwiefern werden diese auch für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement genutzt?	
3 Einsatz von Softwarelösungen		
ZG 1	Welche Software(s) wird bzw. werden im Rahmen des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements derzeit genutzt? Welche Bereiche werden damit abgedeckt?	z.B. Datenerhebung, Datenauswertung, Reporting, Dokumentenmanagement etc.
ZG 1	Warum wurde die Wahl getroffen? Welche Faktoren haben die Entscheidung beeinflusst?	• Prozessoptimierung/Automatisierung/ Einsparung von Arbeitsaufwand • Verschlechternde Umweltzustände • Fortschreitender Klimawandel • Staatliche Regulierung • Gestiegene Komplexität • Forderung nach Transparenz • Kundenforderung • Sonstiges:
ZG 1	Wie zufrieden sind Sie mit den Funktionalitäten der bzw. den von Ihnen gewählten Softwarelösung(en)?	☐ sehr zufrieden ☐ zufrieden ☐ mittel ☐ eher unzufrieden ☐ unzufrieden
ZG 1	Wo sehen Sie Verbesserungspotential?	
ZG 1+2	In welchen Anwendungen oder Prozessen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement vermissen Sie digitale Lösungen? Könnten Sie sich vorstellen, durch digitale Anwendungen Vorteile zu generieren?	☐ Stakeholderanforderungen ☐ Risiken und Chancen ☐ interne Zusammenarbeit ☐ Bewertung der Leistung: Datenerhebung und -auswertung ☐ Visualisierung ☐ Reporting / externe Kommunikation ☐ Dokumentenmanagement ☐ Compliance / Pflichtenmanagement ☐ Prozessoptimierung ☐ Transparenz/ Überwachung/ Monitoring der Umweltleistung ☐ Transparenz/ Überwachung/ Monitoring der Lieferkette ☐ interne Audits ☐ Wissensmanagement

ZG	Frage	Mögliche Antworten
		☐ Sonstiges:
4. Prozess der Einführung		
ZG 1	Welche Hemmnisse mussten für die Einführung der bestehenden Softwarelösung überwunden werden?	
ZG 1	Welcher Aufwand (personell/finanziell) war mit der Einführung der bestehenden Softwarelösungen verbunden? wurden auch offene Fragen, u.a. zur Berücksichtigung von Digitalisierungstrends und Einschätzung zur Entwicklung wurden auch offene Fragen, u.a. zur Berücksichtigung von Digitalisierungstrends und Einschätzung zur Entwicklung wurden auch offene Fragen, u.a. zur Berücksichtigung von Digitalisierungstrends und Einschätzung zur Entwicklung	
ZG 1	Welche Hemmnisse gilt es ggf. zukünftig noch zu überwinden?	
ZG 1	Was würden Sie zukünftig bei der Einführung anders machen?	
ZG 2+3	Unter welchen Voraussetzungen würden Sie sich für die Einführung einer Software zum Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement entscheiden? Welche Faktoren könnten dies positiv beeinflussen?	
ZG 2+3	Welche Hemmnisse müssten überwunden werden, damit für Sie der Einsatz einer Softwarelösung in Frage kommt?	
5. Steuerungsrelevanz und Schnittstellen		
Alle ZG	Welche Rolle spielen Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen in der Unternehmenssteuerung?	
ZG 1+2	Kann das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement durch den Einsatz von Software aus Ihrer Sicht effizienter und effektiver gesteuert werden? Falls ja, auf welche Bereiche des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements trifft das zu und warum?	

ZG	Frage	Mögliche Antworten
alle ZG	Welche Softwarelösungen werden zur zentralen Unternehmenssteuerung (ERP / BI-Systeme) im Unternehmen eingesetzt?	
ZG 1	Wie spielen diese mit der genutzten Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware zusammen?	
alle ZG	Würde nach Ihrer Einschätzung mehr für den Umwelt- und Klimaschutz getan, wenn diese Software die Erfassung und Steuerung von Umweltthemen wie Energie- und Materialverbräuchen oder Treibhausgasemissionen ermöglichte? Warum?	
alle ZG	Welche Schnittstellen sind nötig, um eine passgenaue Integration der Systeme zu erreichen?	
alle ZG	Ist die mögliche Integration von bestehenden Softwarelösungen und einer Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftwarelösung überhaupt gewollt bzw. relevant? Warum bzw. warum nicht?	
6. Herausforderungen für das Unternehmen		
alle ZG	Welche künftigen umwelt- und nachhaltigkeitsbezogenen Herausforderungen werden für die eigene Organisation und das Umfeld kurz- und mittelfristig erwartet?	
alle ZG	Was müsste Software leisten, um diese Herausforderungen besser handhaben zu können?	

Tabelle 18: Interviewleitfaden zur Befragung von Softwareentwicklern

ZG	Fragen	Mögliche Antworten
1.+2. Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement und Digitalisierungstrends		
ZG 4+5	Welche Relevanz für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement werden diese Digitalisierungstrends bzw. -technologien in Zukunft, aus Ihrer Sicht, erhalten?	☐ Augmented Reality & Virtual Reality ☐ Automatisierung ☐ Big Data & Analytics ☐ Distributed Ledger & Block-chain-Technologie ☐ Cloud Computing ☐ Digitale Plattformen ☐ Internet of Things ☐ Künstliche Intelligenz & Machine learning ☐ Mobile Computing & Apps ☐ Social Networks ☐ Sonstiges
ZG 4+5	Welche Rolle spielen Digitalisierungstrends und neue digitale Technologien bei Überlegungen zur Weiterentwicklung von angebotenen oder geplanten Softwareprodukten?	
ZG 4+5	Was sind aus anderen Bereichen „digital use cases“, die auf das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement übertragen werden können? Welche Digitalisierungstrends finden in anderen Bereichen bereits Anwendung und könnten analog für das Umweltmanagement oder Nachhaltigkeitsmanagement angewandt werden?	
3. Einsatz von Softwarelösungen		
ZG 4+5	Kann das Umwelt- oder Nachhaltigkeitsmanagement durch den Einsatz von Software aus Ihrer Sicht effizienter und effektiver gesteuert werden? Falls ja, auf welche Bereiche des Umwelt-Nachhaltigkeitsmanagements trifft das zu?	

ZG	Fragen	Mögliche Antworten
ZG 4	In welchen Bereichen des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements sind aus Ihrer Sicht noch weitere Softwarelösungen erforderlich?	☐ Stakeholderanforderungen ☐ Risiken und Chancen ☐ interne Zusammenarbeit ☐ Bewertung der Leistung: Datenerhebung und - auswertung ☐ Visualisierung ☐ Reporting / externe Kommunikation ☐ Dokumentenmanagement ☐ Compliance / Pflichtenmanagement ☐ Prozessoptimierung ☐ Transparenz/ Überwachung/ Monitoring der Umweltleistung ☐ Transparenz/ Überwachung/ Monitoring der Lieferkette ☐ interne Audits ☐ Wissensmanagement ☐ Sonstiges:
ZG 5	Gibt es Bereichen aus dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement, welche aus ihrer Sicht in ihre Softwarelösung integriert werden sollten? Gibt es <i>Anfragen</i> seitens der Anwender ihrer Softwarelösung bestimmte Bereiche aus dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement in ihre Softwarelösung zu integrieren? Falls ja, welche wäre das?	☐ Stakeholderanforderungen ☐ Risiken und Chancen ☐ interne Zusammenarbeit ☐ Bewertung der Leistung: Datenerhebung und - auswertung ☐ Visualisierung ☐ Reporting / externe Kommunikation ☐ Dokumentenmanagement ☐ Compliance / Pflichtenmanagement ☐ Prozessoptimierung ☐ Transparenz/ Überwachung/ Monitoring der Umweltleistung ☐ Transparenz/ Überwachung/ Monitoring der Lieferkette ☐ interne Audits ☐ Wissensmanagement ☐ Sonstiges:
4. Einführung von Software		

ZG	Fragen	Mögliche Antworten
ZG 4	Welche externen Faktoren veranlassen Anwender Ihre Softwarelösungen zu nutzen bzw. einzuführen?	• Prozessoptimierung/Automatisierung/ Einsparung von Arbeitsaufwand • Verschlechternde Umweltzustände • Fortschreitender Klimawandel • Staatliche Regulierung • Gestiegene Komplexität • Forderung nach Transparenz • Kundenforderung • Sonstiges:
ZG 5	Gibt es Anwender ihrer Softwarelösung die aufgrund von externen Faktoren aus dem Themenfeld Umwelt/Nachhaltigkeit spezielle Funktionalitäten nutzten? Falls ja, welche externen Faktoren wären das?	• Prozessoptimierung/Automatisierung/ Einsparung von Arbeitsaufwand • Verschlechternde Umweltzustände • Fortschreitender Klimawandel • Staatliche Regulierung • Gestiegene Komplexität • Forderung nach Transparenz • Kundenforderung • Sonstiges:
ZG 4+5	Wie schlagen sich diese Faktoren in der Weiterentwicklung Ihrer Produkte nieder?	
5. Schnittstellen Umweltmanagementsoftware und ERP-/BI-Lösungenchnittstellen Umweltmanagementsoftware und ERP-/BI-Lösungen		
ZG 4+5	Inwiefern wäre es sinnvoll Umwelt- und Nachhaltigkeitsinformationen besser in ERP-Systeme und BI-Tools zu integrieren? Falls dies nicht für sinnvoll erachtet wird, weshalb?	
ZG 5	Ist die ERP-/BI-Software für die Programmierung von Schnittstellen zu Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware offen? Inwiefern werden solche Schnittstellen aktiv unterstützt?	
ZG 5	Welche Voraussetzungen wären nötig, damit Umwelt- und Nachhaltigkeitsinformationen besser in das angebotene ERP-System bzw. BI Tools integriert werden können?	

ZG	Fragen	Mögliche Antworten
ZG 4+5	Welche Hemmnisse stehen der Integration im Weg? Welche Voraussetzungen wären nötig?	• Kosten • Schnittstellenproblematik • Mangelnde Nachfrage • Sonstiges :
ZG 4+5	Welche Vorteile bzw. Nachteile sehen Sie in Stand-alone-Lösungen von Umwelt- bzw. Nachhaltigkeitsmanagement-Software?	
ZG 4+5	Würde nach Ihrer Einschätzung mehr für den Umwelt- und Klimaschutz getan, wenn ERP-/BI-Lösungen die Erfassung und Steuerung von Umweltthemen wie Energie- und Materialverbräuchen oder Treibhausgasemissionen ermöglichte? Warum?	
6. Herausforderungen für das Unternehmen		
ZG 4+5	Welche Herausforderungen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsbereich sehen Sie auf Ihre Kunden zukommen?	
ZG 4+5	Welche Faktoren stehen einer aktiven Erkennung und Benennung zukünftiger Bedarfe der Unternehmen im Wege? Sehen Sie Unterstützungsbedarf bei der Ermittlung des Anwenderbedarfs oder kann der Bedarf bereits gut identifiziert und gedeckt werden? Wie können Entwickler*innen hier unterstützt werden, damit sie proaktiver werden und im Sinne der Anwender*innen gestalten können?	
7. Weiterführende Fragen		
ZG 4	Welche Möglichkeiten sehen Sie für staatliche Unterstützung, die die Voraussetzungen zur Einführung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsoftware verbessern könnte?	
ZG 5	Welche Möglichkeiten sehen Sie auf Seiten des Staates, um die Berücksichtigung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsinformationen in Ihren Softwarelösungen zu fördern?	
