

TEXTE

120/2026

Endbericht

Digitale Harmonisierung und Verfügbarmachung von um- weltrelevanten Daten im Kon- text der digitalen Transforma- tion der Industrie und der da- ran gekoppelten Prozesse und Dienstleistungen (Industrie 4.0)

von:

Elisabeth Zettl, Felix Alexander Strauß
Ramboll Deutschland GmbH, München

Saskia Burwieck, Florian Senoner, Joachim Aigner,
Robin Schlenga, Fabian Geier
Ramboll Management Consulting, Hamburg

Bernd Kidler, Dr. Mustafa Severengiz
MR PlanFabrik GmbH, Bremen

Dr. Lisa Risch, Katharina Sehnert, Phuong-Vy Elsesser
DIN, Berlin

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 120/2026

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

Forschungskennzahl 3718 12 306 0

Endbericht

Digitale Harmonisierung und Verfügbarmachung von umweltrelevanten Daten im Kontext der digitalen Transformation der Industrie und der daran gekoppelten Prozesse und Dienstleistungen (Industrie 4.0)

von

Elisabeth Zettl, Felix Alexander Strauß
Ramboll Deutschland GmbH, München

Saskia Burwieck, Florian Senoner, Joachim Aigner,
Robin Schlenga, Fabian Geier
Ramboll Management Consulting, Hamburg

Bernd Kidler, Dr. Mustafa Severengiz
MR PlanFabrik GmbH, Bremen

Dr. Lisa Risch, Katharina Sehnert, Phuong-Vy Elsesser
DIN, Berlin

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

Durchführung des Vorhabens:

Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer Straße 48
22763 Hamburg

Abschlussdatum:

August 2023

Redaktion:

Fachgebiet III 2.8 Dekarbonisierung in der Industrie
Doris Meurer

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juli 2026

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren*Autorinnen

Danksagung

Wir möchten uns herzlich bei den Experten*Experteninnen vom Umweltbundesamt, bei den an der Umfrage teilgenommenen Unternehmen, bei den Unternehmen mit referenzierten Praxisbeispielen sowie bei allen Teilnehmenden der Workshops bedanken. Ein herzliches Dankeschön gilt allen Experten* Experteninnen, die uns ihr wertvolles Feedback zu unseren Ergebnissen geliefert haben. Ihre konstruktiven Anmerkungen haben uns geholfen, unsere Ergebnisse zu verfeinern und weiterzuentwickeln. Ihre Unterstützung hat maßgeblich zum Erfolg dieses Vorhabens beigetragen.

Kurzbeschreibung: Digitale Harmonisierung und Verfügbarmachung von umweltrelevanten Daten im Kontext der digitalen Transformation der Industrie und der daran gekoppelten Prozesse und Dienstleistungen (Industrie 4.0)

Derzeit schreitet die digitale Transformation in der Industrie stark voran, wobei die Bedeutung der Vernetzung in immer komplexer werdenden Produktions- und Wirtschaftsnetzwerken zunimmt. In dieser Entwicklung stecken große Synergiepotenziale für die Erhebung, Sammlung und Analyse umweltrelevanter Daten. Ziel dieses Vorhabens ist es daher, eine Grundlage für die zukünftige Ausschöpfung der Potentiale für die Umwelt anhand der Nutzung umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld zu schaffen.

Im Fokus dieses Vorhabens stand die Identifizierung und Nutzbarmachung umweltrelevanter Daten bei Unternehmen in einem Industrie 4.0-Umfeld. Hierzu wurden in einem ersten Schritt rechtliche Grundlagen auf EU- sowie auf nationaler Ebene, welche Berichtspflichten zu umweltrelevanten Daten von Unternehmen beinhalten, in Form von Factsheets aufbereitet und analysiert, mit Experten*Expertinnen diskutiert und daraus Umweltdatenpunkte abgeleitet. Freiwillige Grundlagen, wie verschiedene Umweltbewertungssysteme, wurden ebenfalls bezüglich geeigneter Umweltdatenpunkte untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die identifizierten Umweltdatenpunkte sich zumeist entweder auf Industrieanlagen oder Produkte im weiteren Sinne beziehen bzw. diesen beiden Bezugspunkten zugeordnet werden können. Die abgeleiteten Umweltdatenpunkte wurden anschließend in Umweltdatensets zusammengestellt, welche eine erste Grundlage zur Ausgestaltung des Verwaltungsschalen-Teilmodells Umwelt bilden und zur Nutzung in einem Industrie 4.0-Umfeld geeignet sind. Die beiden Umweltdatensets, eines zu Industrieanlagen und ein zweites zu Produkten, wurden auf Expertenworkshops vorgestellt und diskutiert sowie bei verschiedenen Unternehmen bezüglich ihrer Praxistauglichkeit getestet. Eine weitergehende Aufbereitung der erarbeiteten Umweltdatensets zu Verwaltungsschalen-Teilmodellen sowie deren Testung erfolgte im Rahmen des InterOpera-Projektes.

Mit dem Ziel, einen möglichst realitätsnahen Einblick in die Unternehmenspraxis und den Umgang mit umweltrelevanten Daten zu erlangen, wurden des Weiteren Praxisbeispiele in diversen Unternehmen durchgeführt sowie eine Umfrage bei Unternehmen bezüglich der dort erhobenen umweltrelevanten Daten. Basierend auf diesen Ergebnissen wurden wesentliche Hindernisse für die Integration umweltrelevanter Daten in ein Industrie 4.0-System dargestellt und zukünftige Anwendungsmöglichkeiten eines Verwaltungsschalen-Teilmodells Umwelt aufgezeigt. Im Hinblick auf die zunehmende Nutzung umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld und eine möglichst hohe Qualität, Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Daten, wurden relevante Datenanforderungen herausgearbeitet und eine Checkliste als Handreichung für die Praxis erstellt. Aufbauend auf den im Vorhaben erlangten Erkenntnissen wurden abschließend Handlungsempfehlungen formuliert.

Abstract: Digital harmonisation and making available of environmentally relevant data in the context of the digital transformation of industry and the processes and services linked to it (Industry 4.0).

The digital transformation in industry is currently progressing rapidly, whereby the importance of networking is increasing in ever more complex production and economic networks. This development offers great synergy potential for the collection and analysis of environmentally relevant data. The aim of this project is therefore to create a basis for the future exploitation of the potential for the environment through the use of environmentally relevant data in an Industry 4.0 environment.

The focus of this project was the identification and utilisation of environmentally relevant data for companies in an Industry 4.0 environment. For this purpose, the first step was to prepare and analyse legal bases at the EU and national level, which contain reporting obligations on environmentally relevant data of companies, in the form of factsheets, to discuss them with experts and to derive environmental data points from them. Voluntary bases, such as various environmental assessment systems, were also examined with regard to suitable environmental data points. It was found that the identified environmental data points mostly refer to either industrial plants or products in the broader sense or can be assigned to these two reference points. The derived environmental data points were then compiled into environmental data sets, which form an initial basis for designing the asset administration shell sub-model Environment and are suitable for use in an industry 4.0 environment. The two environmental data sets, one for industrial plants and a second for products, were presented and discussed at expert workshops and tested at various companies with regard to their practical suitability. Further processing of the developed environmental data sets into asset administration shell sub-models and their testing took place within the framework of the InterOpera project.

With the aim of gaining an insight into company practice and the handling of environmentally relevant data that is as close to reality as possible, practical examples in various companies as well as a company survey regarding the environmentally relevant data collected there were also carried out. Based on these results, significant obstacles to the integration of environmentally relevant data into an industry 4.0 system were presented and future application options for an asset administration shell sub-model Environment were identified. With regard to the increasing use of environmentally relevant data in an industry 4.0 environment and the highest possible quality, meaningfulness and comparability of the data, relevant data requirements were worked out and a checklist was created as a practical guide. Based on the findings of the project, recommendations were finally formulated.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	12
Tabellenverzeichnis	14
Abkürzungsverzeichnis.....	16
Zusammenfassung.....	22
Summary	35
1 Hintergrund und Zielsetzung.....	47
1.1 Hintergrund.....	47
1.2 Ziele.....	48
2 Projektinhalte und Vorgehensweise	49
3 Betrachtungsgrenzen	51
4 Aktuelle Forschungsprojekte im Kontext umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld.....	53
5 Grundverständnis der Industrie 4.0 mit Bezug zu umweltrelevanten Daten	63
5.1 Grundverständnis Industrie 4.0	63
5.1.1 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0.....	63
5.1.2 Verwaltungsschale.....	64
5.1.3 Lebenslaufakte.....	67
5.2 Anforderungen an Daten zur Anwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld mit Bezug zur Umwelt.....	68
5.2.1 Datenqualitätsdimensionen nach Wang und Strong.....	68
5.2.2 Anforderungen an Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld.....	69
5.2.3 Beispiele: Überprüfung umweltrelevanter Daten hinsichtlich ihrer in Industrie 4.0-Eignung	71
5.3 Grundverständnis umweltrelevanter Daten und Umweltbewertungssysteme	73
5.3.1 Umweltrelevante Daten.....	73
5.3.2 Umweltbewertungssysteme.....	75
6 Identifikation, Systematisierung und Bewertung umweltrelevanter Daten.....	78
6.1 Identifikation und Analyse umweltrelevanter Daten basierend auf rechtlichen Grundlagen.....	78
6.1.1 Vorgehensweise.....	78
6.1.1.1 Identifizierung und Auswahl der relevanten rechtlichen Grundlagen	79
6.1.1.2 Analyse der rechtlichen Grundlagen hinsichtlich der jeweiligen Bezugspunkte (Anlage vs. Produkt).....	81

6.1.1.3	Detaillierte und systematische Analyse der rechtlichen Grundlagen hinsichtlich umweltrelevanter Daten	82
6.1.2	Identifikation und Analyse rechtlicher Grundlagen sowie ihrer Umweltdaten mit Bezugspunkt Anlage.....	84
6.1.2.1	Übersicht der betrachteten rechtlichen Grundlagen	84
6.1.2.2	Beschreibung der rechtlichen Grundlagen hinsichtlich relevanter Datenberichtspflichten und der Umweltdatenpunkte	85
6.1.2.3	Übersicht über Umweltdatenpunkte mit Bezugspunkt Anlage.....	95
6.1.3	Identifikation und Analyse rechtlicher Grundlagen sowie ihrer Umweltdaten mit Bezugspunkt Produkt.....	97
6.1.3.1	Übersicht der betrachteten rechtlichen Grundlagen	97
6.1.3.2	Kurzkapitel je rechtlicher Grundlage	98
6.1.3.3	Übersicht über Umweltdatenpunkte mit Bezugspunkt Produkt.....	107
6.2	Identifikation und Analyse umweltrelevanter Daten basierend auf freiwilligen Grundlagen.....	108
6.2.1	Vorgehensweise.....	108
6.2.2	Global Reporting Initiative	111
6.2.2.1	Einführung und Funktionsweise	111
6.2.2.2	Identifizierte Umweltdatenpunkte	111
6.2.2.3	Zusammenfassende Erkenntnisse	113
6.2.2.4	Einarbeitung von GRI-Standards in das Umweltdatenset	114
6.2.3	Deutscher Nachhaltigkeitskodex	114
6.2.3.1	Einführung und Funktionsweise	114
6.2.3.2	Identifizierte Umweltdatenpunkte	115
6.2.3.3	Zusammenfassende Erkenntnisse	116
6.2.3.4	Einarbeitung des DNK in das Umweltdatenset.....	116
6.2.4	Eco-Management und Audit Scheme	116
6.2.4.1	Einführung und Funktionsweise	116
6.2.4.2	Identifizierte Umweltdatenpunkte	118
6.2.4.3	Zusammenfassende Erkenntnisse	118
6.2.4.4	Einarbeitung von EMAS in das Umweltdatenset.....	119
6.2.5	Umweltproduktkennzeichnungen: Der Blaue Engel und das EU-Ecolabel.....	119
6.2.5.1	Einführung und Funktionsweise	119
6.2.5.2	Identifizierte Umweltdatenpunkte	120
6.2.5.3	Einarbeitung von Umweltproduktkennzeichnungen in das Umweltdatenset	122

6.2.6	Umweltproduktdeklarationen	122
6.2.6.1	Einführung und Funktionsweise	122
6.2.6.2	Identifizierte Umweltdaten	124
6.2.6.3	Zusammenfassende Erkenntnisse	125
6.2.6.4	Einarbeitung von EPDs in das Umweltdatenset	125
6.2.7	Carbon Footprint.....	126
6.2.7.1	Einführung und Funktionsweise	126
6.2.7.2	Identifizierte Umweltdatenpunkte	127
6.2.7.3	Zusammenfassende Erkenntnisse	127
6.2.7.4	Einarbeitung von Carbon Footprints in das Umweltdatenset	128
7	Erstellung von Umweltdatensets	129
7.1	Allgemeiner Aufbau der Umweltdatensets	130
7.2	Umweltdatenset Anlage – Besonderheiten und praktische Umsetzung	137
7.2.1	Besonderheiten des Umweltdatensets Anlage.....	137
7.2.2	Praktische Umsetzung des Umweltdatensets Anlage	138
7.2.2.1	Beschreibung der Umweltdatenpunkte basierend auf rechtlichen Grundlagen: Praxisbeispiel 1 – Praktische Umsetzung anhand verschiedener, teils fiktiver Beispiele.....	139
7.2.2.2	Beschreibung der Umweltdatenpunkte basierend auf freiwilligen Verpflichtungen.	146
7.3	Umweltdatenset Produkt – Besonderheiten und praktische Umsetzung	147
7.3.1	Besonderheiten des Umweltdatensets Produkt.....	147
7.3.2	Praktische Umsetzung des Umweltdatensets Produkt.....	148
7.3.2.1	Beschreibung der Umweltdatenpunkte basierend auf rechtlichen Grundlagen	152
7.3.2.2	Beschreibung der Umweltdatenpunkte basierend auf freiwilligen Verpflichtungen.	156
7.4	Workshops zur Diskussion der Umweltdatensets	157
7.4.1	Inhalte des Workshops Anlage	157
7.4.2	Inhalte des Workshops Produkt.....	158
7.5	Testung der Umweltdatensets Produkt und Anlage hinsichtlich der Anwendbarkeit in der Praxis	159
7.6	Ausblick	163
8	Umfrage zu umweltrelevanten Daten in Unternehmen	165
8.1	Hintergrund und Zielsetzung der Umfrage	165
8.2	Struktur, Inhalte und Durchführung der Umfrage	165
8.3	Ergebnisse der Umfrage.....	167
8.3.1	Ergebnisse zu den allgemeinen Angaben der teilnehmenden Unternehmen.....	167

8.3.2	Ergebnisse zu den spezifischen Fragen – Umweltrelevante Daten (in Umweltinformationskategorien) und deren Spezifizierung	170
8.3.3	Ergebnisse zu den spezifischen Fragen – Generelles Management und allgemeiner Umgang mit umweltrelevanten Daten	175
9	Praxisbeispiele aus Unternehmen.....	184
9.1	Einleitung	184
9.1.1	Ausgangssituation.....	184
9.1.2	Zielsetzung	184
9.1.3	Vorgehensweise.....	184
9.1.4	Annahmen.....	185
9.2	Darstellung ausgewählter Praxisbeispiele	185
9.2.1	Datenkette bei der Lagerung eines Produkts	185
9.2.2	Datenkette bei einer Abwasseranalyse	187
9.2.3	Datenkette für ein Produkt der Prozessindustrie	188
9.2.4	Datenkette für Schüttgut.....	189
9.2.5	Datenkette für einen Ladungsträger.....	191
9.3	Fazit.....	192
10	Handlungsempfehlungen	195
11	Glossar	204
12	Quellenverzeichnis	208
A	Anhang	212
A.1	Checkliste zur Förderung der Qualität umweltrelevanter Daten	212
A.2	Umweltdatenset Anlage - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt zu rechtlichen Grundlagen	215
A.3	Umweltdatenset Produkt - Stoff - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt.....	226
A.4	Umweltdatenset Produkt - Erzeugnis - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt.....	233
B	Anlage: Factsheets zu den Bezugspunkten „Anlage“ und „Produkt“	238

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Forschungslandkarte	53
Abbildung 2:	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 nach DIN SPEC 91345	63
Abbildung 3:	Industrie 4.0-Komponente nach IEC PAS 63088 (DIN SPEC 91345).....	65
Abbildung 4:	Grobstruktur der Verwaltungsschale nach IEC PAS 63088 (DIN SPEC 91345).....	66
Abbildung 5:	Indikation der Übergänge von Daten über Information und Wissen bis zur potenziellen Aktion oder Umweltschutzmaßnahme	73
Abbildung 6:	Einordnung von beispielhaften Primärdaten bei der Erhebung von Kennzahlen	74
Abbildung 7:	Bestandteile eines ganzheitlichen Indikatoren- bzw. Umweltbewertungssystems	76
Abbildung 8:	Systematische Darstellung der Vorgehensweise	79
Abbildung 9:	Aufbau des Umweltdatensets Anlage	131
Abbildung 10:	Aufbau des Umweltdatensets Produkt	132
Abbildung 11:	Struktur der Umweltdatensets.....	133
Abbildung 12:	Struktur und technische Umsetzung des Umweltdatensets Produkt	149
Abbildung 13:	Anforderungen an die technische Umsetzung des Umweltdatensets Produkt.....	150
Abbildung 14:	Umwelthinformationskategorien und deren Spezifizierung in Teil 2 der Umfrage	166
Abbildung 15:	Größe teilnehmender Unternehmen nach Anzahl der Mitarbeitenden	167
Abbildung 16:	Teilnehmende Unternehmen nach Branche	168
Abbildung 17:	Teilnehmende Unternehmen nach Hauptaktivität	169
Abbildung 18:	Rolle der ausfüllenden Personen im jeweiligen Unternehmen	170
Abbildung 19:	Umwelthinformationskategorien bei der Erhebung umweltrelevanter Primärdaten in den befragten Unternehmen	171
Abbildung 20:	Maximale Datentiefe bzw. Datenauflösung bei der Erhebung umweltrelevanter Primärdaten in den befragten Unternehmen	172
Abbildung 21:	Erhebungszyklus bzw. Zeitperspektive bei der Primärdatenerhebung für alle Umwelthinformationskategorien in den befragten Unternehmen	173
Abbildung 22:	In den befragten Unternehmen eingesetzte Methoden und Technologien zur Erfassung umweltrelevanter Primärdaten.	174

Abbildung 23:	Datenstruktur bzw. Speicherung der erhobenen umweltrelevanten Primärdaten in den befragten Unternehmen	175
Abbildung 24:	Regelung des Datenzugangs und Lage der umweltrelevanten Primärdaten bei den befragten Unternehmen	176
Abbildung 25:	Erhebung umweltrelevanter Primärdaten in unterschiedlichen Verantwortungsbereichen innerhalb der Unternehmen	177
Abbildung 26:	Verwendung der erhobenen umweltrelevanten Primärdaten für interne Zwecke.....	178
Abbildung 27:	Verwendung der erhobenen umweltrelevanten Primärdaten für externe Zwecke.....	179
Abbildung 28:	Freiwillige Rahmenwerke/Standards, in deren Rahmen Primärdaten in den befragten Unternehmen (weiter-)verarbeitet werden	180
Abbildung 29:	Rechtlich-verpflichtende Regularien/Verordnungen, in deren Rahmen Primärdaten in den befragten Unternehmen (weiter-)verarbeitet werden	181
Abbildung 30:	Nutzung zusätzlicher externer Quellen für die Beschaffung von Daten zur Erfüllung von Berichtspflichten.....	182
Abbildung 31:	Relevanz umweltrelevanter Primärdaten der betrachteten Informationskategorien für die Verwendung in einem Industrie 4.0 Umfeld.....	183
Abbildung 32:	Datenkette Kohlendioxidemissionen bei der Lagerung eines Produkts.....	187
Abbildung 33:	Datenkette Abwasseranalyse	188
Abbildung 34:	Datenkette in der Prozessindustrie	189
Abbildung 35:	Datenkette für Staub / Schüttgut	191
Abbildung 36:	Datenkette für Ladungsträger	192

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage – Bezugspunkt Anlage25
Tabelle 2:	Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage – Bezugspunkt Produkt.....27
Tabelle 3:	Übersicht über aktuelle und kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben im Kontext umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld59
Tabelle 4:	Datenqualitätsdimensionen nach Wang und Strong (1996)68
Tabelle 5:	Übersicht der betrachteten rechtlichen Grundlagen80
Tabelle 6:	Übersicht über die rechtlichen Grundlagen, die Anforderungen zur Berichterstattung umweltrelevanter Daten mit Anlagenbezug enthalten.....84
Tabelle 7:	Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage – Bezugspunkt Anlage95
Tabelle 8:	Übersicht über die rechtlichen Grundlagen, die Anforderungen zur Berichterstattung umweltrelevanter Daten mit Produktbezug enthalten.....97
Tabelle 9:	Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage – Bezugspunkt Produkt.....107
Tabelle 10:	Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß GRI-Standards berichtet werden (müssen)112
Tabelle 11:	Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß dem Deutschen Nachhaltigkeitskodex berichtet werden (müssen).....115
Tabelle 12:	Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß EMAS-Verordnung berichtet werden (müssen).....118
Tabelle 13:	Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß dem Kriterienkatalog des Blauen Engels berichtet werden (müssen)120
Tabelle 14:	Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß Umweltproduktdeklarationen berichtet werden (müssen) ...124
Tabelle 15:	Identifizierte Umweltdatenpunkte, die bei der Erstellung von Carbon Footprints berichtet bzw. erhoben werden (müssen)127
Tabelle 16:	Für den Test des Umweltdatensets Produkt herangezogene Produkte159
Tabelle 17:	Weitere Empfehlungen zur Berücksichtigung bei der Ausarbeitung des Umweltdatensets Produkt162
Tabelle 18:	Übersicht zur Erhebung umweltrelevanter Daten beim Seehafenlogistiker [eigene Darstellung].....190
Tabelle 19:	Checkliste zur Förderung der Qualität umweltrelevanter Daten212

Tabelle 20:	Header Umweltdatenset Anlage - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt zu rechtlichen Grundlagen	215
Tabelle 21:	Umweltdatenset Anlage - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt zu rechtlichen Grundlagen	216
Tabelle 22:	Header Umweltdatenset Produkt - Stoff - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt.....	226
Tabelle 23:	Umweltdatenset Produkt - Stoff - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt	226
Tabelle 24:	Verlinkung zum Umweltdatenpunkt "Menge der zu registrierenden Stoffe, die in der EU hergestellt oder dorthin importiert werden"	231
Tabelle 25:	Header Umweltdatenset Produkt - Erzeugnis - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt.....	233
Tabelle 26:	Umweltdatenset Produkt - Erzeugnis - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt	233

Abkürzungsverzeichnis

AAS	Asset Administration Shell (Deutsch: Verwaltungsschale)
AbfRRL	Abfallrahmenrichtlinie
AbfVerbrG	Abfallverbringungsgesetz
AbwAG	Abwasserabgabengesetz
AbwV	Abwasserverordnung
AP	Acid Potential (Deutsch: Versauerungspotenzial)
API	Application Programmers Interface (Deutsch: Programmierschnittstelle)
ARRL	Revidierte Abfallrahmenrichtlinie
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
B2B	Business-to-business
B2C	Business-to-consumer
BAT-AEL	Best Available Techniques Associated Emission Level (Deutsch: Beste verfügbare Techniken – assoziierte Emissionswerte)
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (vormals: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU))
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BVT	Beste verfügbare Techniken
C&L-Verzeichnis	Verzeichnis für Classification and Labelling (Deutsch: Einstufung und Kennzeichnung)
CAS	Chemical Abstracts Service (internationaler Bezeichnungsstandard für chemische Stoffe)
CCF	Corporate Carbon Footprint (Deutsch: CO ₂ -Fußabdruck eines Unternehmens)
CDD	Common Data Dictionary (Deutsch: Gemeinsames Datenwörterbuch)
CE	Conformité Européenne (Deutsch: Europäische Konformität); Hinweis darauf, dass ein Produkt vom Hersteller geprüft wurde und dass es alle EU-weiten Anforderungen an Sicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz erfüllt

CH₄	Methan
ChemG	Chemikaliengesetz
ChemKlimaschutzV	Chemikalien-Klimaschutzverordnung
CLP	Classification, Labelling and Packaging (Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung)
CMR	Conflict Minerals Regulation (Deutsch: Konfliktmineralienverordnung)
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CSR	Corporate Social Responsibility
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive
CSR-RUG	Corporate-Social-Responsibility-Richtlinie-Umsetzungsgesetz
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIONA	Digitales Ökosystem für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft in der Automobilindustrie
DNK	Deutscher Nachhaltigkeitskodex
DPP	Digitaler Produktpass
DSGVO	Datenschutzgrundverordnung
DynaWater 4.0	Dynamische Wertschöpfungsnetzwerke durch digitale Kollaboration zwischen industriellem Wassermanagement und Produktion
E-PRTR-VO	Verordnung für die Errichtung eines europäischen Schadstoffregisters
ECHA	European Chemicals Agency (Deutsch: Europäische Chemikalienbehörde)
EFFAS	European Federation of Financial Analysts Societies (Deutsch: Europäische Vereinigung der Finanzanalysten-Gesellschaften)
EG	Europäische Gemeinschaft
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
ElektroStoffV	Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung
EMAS	Eco Management and Audit Scheme (Deutsch: Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung)
EPD	Environmental Product Declaration (Deutsch: Umweltproduktdeklaration)
EU	Europäische Union

EU-ETS	Europäische Emissionshandel
EVPG	Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz
FOKUS	Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme
GRI	Global Reporting Initiative
GWP	Global Warming Potential (Deutsch: Globales Erwärmungspotential)
HE	Handlungsempfehlung
HFKW	Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe
HGB	Handelsgesetzbuch
IASS	Institute for Advanced Sustainability Studies
IBC	Intermediate Bulk Container (Deutsch: Innenliegender (umrahmter, eingefasster) Schüttgutbehälter; Gitterbox)
IBU	Institut Bauen und Umwelt e.V.
IDACUS	Institut für Data Science, Cloud Computing und IT-Sicherheit
IEC	International Electrotechnical Commission (Deutsch: Internationale Elektrotechnische Kommission)
IED	Industrial Emissions Directive (Deutsch: Industrieemissionsrichtlinie)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IKV	Institut für Kunststoffverarbeitung
IP	Intellectual property (Deutsch: geistiges Eigentum)
IPA	Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
ISO	Internationale Organisation für Normung
ISW	Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen
IT	Informationstechnik
IVV	Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung
IWKS	Institut für Werkstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie
IZM	Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration
KMU	Klein- und mittelständische Unternehmen
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz

kWh	Kilowattstunde
LCA	Life Cycle Assessment (Deutsch: Lebenszyklusanalyse)
LCIA	Life Cycle Impact Assessment (Deutsch: Lebenszyklus-Folgenabschätzung)
LKW	Lastkraftwagen
MJ	Megajoule
MSR	Mess-, Steuer- und Regeltechnik
EU-MS	Mitgliedsstaat der EU
N₂O	Distickstoffmonoxid bzw. Lachgas
NAPWiMr	Nationaler Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte
NachwV	Nachweisverordnung
NFRD	Non-Financial Reporting Directive
NH₃	Ammoniak
NMVOC	Flüchtige, organische Verbindungen ohne Methan
NO_x	Stickstoffoxide
EP	Eutrophierungspotenzial
ODP	Ozone Depletion Potential (Deutsch: Ozonabbaupotenzial)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Deutsch: Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCF	Product Carbon Footprint (Deutsch: CO ₂ -Fußabdruck eines Produkts)
PCR	Product Category Rules (Deutsch: Produktkategorie-Regeln)
PFC	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe
PLCM	Product Life Cycle Management (Deutsch: Produktlebenszyklusmanagement)
PM	Feinstaub
POP	Persistent Organic Pollutants (Deutsch: Persistente organische Schadstoffe)
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register (Deutsch: Schadstoffemissionsregister)
PTW	Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen

QS	Qualitätssicherung
RAMI 4.0	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (Deutsch: Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien)
ReCircE	Digital Lifecycle Record for the Circular Economy (Deutsch: digitale „Lebenszyklusakte“ für die Kreislaufwirtschaft)
RFID	Radio-Frequency Identification (Deutsch: „Funkerkennung“)
RoHS	Restriction of Hazardous Substances (Deutsch: Beschränkung [der Verwendung bestimmter] gefährlicher Stoffe)
SE	Schadeinheiten
SchadRegProtAG	Gesetz zur Ausführung des Protokolls über Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister
SCI 4.0	Standardization Council Industrie 4.0 (Deutsch: Normungsgremium Industrie 4.0)
SCIP	Substances of Concern in Articles as such or in Complex Objects (Products) (Deutsch: Besonders besorgniserregende Stoffe in Erzeugnissen oder in komplexen Gegenständen)
SDB	Sicherheitsdatenblatt
SOx	Schwefeloxide
SVHC	Substances of Very High Concern (Deutsch: Besonders besorgniserregende Stoffe)
t	Tonne
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TEHG	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz
THG	Treibhausgas
TR	Technical Reports
UBA	Umweltbundesamt
UN	United Nations (Deutsch: Vereinte Nationen)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	Volatile Organic Compounds (Deutsch: flüchtige organischen Verbindungen)
VVA	Verordnung über die Verbringung von Abfällen (Abfallverbringungsverordnung)
VWS	Verwaltungsschale (Englisch: Asset Administration Shell)

WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WEEE	Waste of Electrical and Electronic Equipment (Deutsch: Elektro- und Elektronikgeräte-Abfall)
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

Zusammenfassung

Die Erhebung, Aufbereitung und Verfügbarmachung umweltrelevanter Daten und Informationen bildet eine wesentliche Grundlage zur Verbesserung des Umweltschutzes in Unternehmen sowie zur Verbesserung der Weiterverwendung umweltrelevanter Daten über die Unternehmensgrenzen hinaus. Konkret bedeutet dies, etablierte Entscheidungsprozesse sowie darüberhinausgehende strategische und taktische Fragestellungen und Berichtsformate durch die Bereitstellung und die Systematisierung abgesicherter umweltrelevanter Informationen zu unterstützen. Langfristig sollen Umweltthemen und -parameter automatisch in laufende Prozesse integriert sowie prozessübergreifend weiterverfolgt werden können.

Diese Entwicklungen werden gleichzeitig von der digitalen Transformation der Industrie und der daran gekoppelten Prozesse und Dienstleistungen überlagert. Derzeit schreitet die digitale Transformation stark voran, wobei die Bedeutung der Vernetzung in immer komplexer werdenden Produktions- und Wirtschaftsnetzwerken zunimmt. In dieser Entwicklung stecken große Synergiepotenziale für die Erhebung, Sammlung und Analyse umweltrelevanter Daten. In einem Industrie 4.0-Umfeld werden sich die Geschäftsprozesse in Verbindung mit Daten, Information und Wissen grundlegend verändern (Beier et al., 2020). Die konsequente Umsetzung von Industrie 4.0-Produktionsnetzwerken bedingt daher, dass relevante Daten und Informationen vom Produktionsmodul bis zum informations- und kommunikationstechnischen System (kurz IKT-System) einsehbar und je nach Bedarf sowie mittels klar definierter Zugriffsrechte vorverarbeitet sind (SmartFactory, 2018). Oftmals werden mit den Anstrengungen zur Etablierung einer Industrie 4.0 unternehmerische Ziele verfolgt. Zu den Treibern für die progressive Umsetzung der Industrie 4.0 in Deutschland zählen hierbei unter anderem (u. a.) volatile Märkte und Kostendruck, steigende Bedeutung von Wertschöpfungsnetzwerken, steigende Produktvarianz sowie Individualisierung und kleine Losgrößen (Wahlster, 2015).

Mit der Digitalisierung steigt zudem der Bedarf an internetfähigen Produkten, Sensoren, Netzinfrastrukturen und Rechenzentren, die bei der Produktion und der Nutzung Rohstoffe und Energie entlang globaler Produktions- und Lieferketten benötigen (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2020; Umweltbundesamt, 2019). Umso wichtiger erscheint es daher, Potenziale für die Umwelt zu realisieren, welche die negativen Umweltauswirkungen dieses Trends sowie den ökologischen Fußabdruck der digitalen Techniken reduzieren (z. B. Kreislaufwirtschaftsansätze, auftragsgesteuerte Produktion, Ressourceneffizienz).

Demnach ist die Zielsetzung dieses Vorhabens, eine Grundlage für die zukünftige Ausschöpfung der Potentiale für die Umwelt anhand der Nutzung umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld zu schaffen.

Ziele des Forschungsvorhabens sind:

- ▶ die Identifikation vorhandener umweltrelevanter Daten mit Fokus auf die Industrie und damit eng verknüpfte Prozesse,
- ▶ die Überprüfung der identifizierten, umweltrelevanten Daten bezüglich ihrer Eignung in einem Industrie 4.0-Umfeld,
- ▶ das Aufzeigen von Potentialen von Industrie 4.0 für die Umwelt,
- ▶ die Identifizierung wiederkehrender und grundlegender Probleme bzw. Hindernisse im Umweltdaten- und Informationsmanagement in einem Industrie 4.0-Umfeld,
- ▶ die Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen unter Berücksichtigung bereits existierender Lösungsansätze und Datenmanagementsysteme und

- die Ableitung von Handlungsempfehlungen (HE) für das Umweltbundesamt (UBA) und weitere Akteure im Kontext der Industrie 4.0 und dem Ziel, umweltrelevante Daten mit geringem Aufwand zu erfassen und zielführend zu nutzen.

Bei der Identifikation der umweltrelevanten Daten lag der Fokus auf jenen Daten, die vorrangig von Industriebetrieben für Anlagen, aber auch von Unternehmen auf Produktebene für unterschiedliche Zwecke erhoben werden. Für die Identifikation der umweltrelevanten Daten wurden verschiedene Anforderungen auf gesetzlicher Ebene analysiert. Ursprünglich sollte dadurch festgestellt werden, welche Primärdaten innerhalb der Unternehmen bereits vorliegen und folglich in einem Industrie 4.0-Umfeld verwendet werden könnten. Allerdings war es nur bedingt möglich, zu ermitteln, welche umweltrelevanten Primärdaten in welcher Form in den Unternehmen vorliegen. Zudem haben die Unternehmen selbst nicht immer Zugriff auf die jeweiligen Primärdaten. Daher wurde sich auf solche umweltrelevanten Daten fokussiert, die infolge der rechtlichen Anforderungen berichtet werden und somit bei den Unternehmen vorliegen bzw. erhoben werden müssen. Dabei wurden alle umweltrelevanten Daten berücksichtigt, die

- aufgrund der rechtlichen Anforderungen vorliegen und aktiv berichtet werden müssen (z. B. an die zuständigen Behörden) bzw.
- aufgrund der rechtlichen Anforderungen vorliegen müssen, aber nicht aktiv berichtet, sondern nur auf Nachfrage offengelegt werden müssen.

Bei diesen umweltrelevanten Daten handelt es sich nicht immer um Primärdaten, sondern oftmals um bereits aggregierte bzw. aufbereitete Daten. Neben Umweltdaten, die aufgrund von rechtlichen Grundlagen berichtet werden müssen, werden auch Umweltdaten betrachtet, die auf freiwilliger Grundlage erhoben und/oder berichtet werden.

Für die Analyse der umweltbezogenen rechtlichen Anforderungen wurden sowohl rechtliche Grundlagen auf Europäische Union (EU)-Ebene als auch die nationale Umsetzung des EU-Rechts in Deutschland (sofern eine Umsetzung erfolgt ist) betrachtet. Darüber hinaus wurden teilweise auch relevante internationale Konventionen, die von der EU ratifiziert und in EU-Recht umgesetzt wurden, wie z. B. das Basler Übereinkommen, berücksichtigt. Der Fokus wurde auf jene rechtlichen Grundlagen gerichtet, die Anforderungen zur Erhebung bzw. zur Berichterstattung umweltrelevanter Daten auf Anlagen- sowie auf Produktebene enthalten.

Ziel der Analyse war es, eine Übersicht über umweltrelevante Daten auf Anlagen- und Produktebene zu erhalten, die seitens der Unternehmen berichtet werden müssen und in einem Industrie 4.0-Umfeld verwendet werden könnten.

Die rechtlichen Grundlagen wurden insbesondere im Hinblick auf die folgenden Aspekte analysiert:

- Welche umweltrelevanten Daten müssen seitens der Unternehmen im Rahmen der rechtlichen Grundlage berichtet bzw. erhoben werden?
- Für wen gilt die Berichtspflicht bzw. Anforderung zur Datenerhebung?
- An welche Behörde oder Institution müssen die umweltrelevanten Daten berichtet werden?
- Auf welche Art und Weise („Wie?“) wird berichtet (Datenaustauschformate, Eingabemasken, Berichte et cetera (etc.))?
- In welchem (Berichts-)Zyklus muss berichtet werden?

- ▶ Welche Anforderungen bzw. Vorgaben bestehen laut der rechtlichen Grundlage an die Umweltdatenberichterstattung?
- ▶ Auf welchen konkreten Bezugspunkt beziehen sich die umweltrelevanten Daten und wie ist dieser in der rechtlichen Grundlage definiert?
- ▶ Handelt es sich bei der Berichtspflicht bzw. den Anforderungen zur Datenerhebung um qualitative oder quantitative umweltrelevante Daten?
- ▶ In welcher Einheit werden die umweltrelevanten Daten berichtet bzw. erhoben?
- ▶ Welche Art von Wert muss berichtet werden (Einzelwert, Mittelwert etc.)?
- ▶ Welche Anforderungen bzw. Vorgaben bestehen laut der rechtlichen Grundlage an die Datenerhebung?
- ▶ Gibt es Vorgaben hinsichtlich der Art der Datenerhebung bzw. handelt es sich um gemessene, ermittelte oder geschätzte Werte?
- ▶ Gibt es weitere Vorgaben zur Datenerhebung wie bspw. vorgeschriebene physikalische Rahmenbedingungen (Druck, Temperatur etc.) oder Messtechniken?
- ▶ Sind die Auswertungs- bzw. Berechnungsmethoden zur Ermittlung der numerischen Werte innerhalb der rechtlichen Grundlage vorgegeben, z. B. durch Normen oder Standards?
- ▶ Welche Kontextinformationen müssen gemäß den Berichtspflichten aus den rechtlichen Grundlagen mitberichtet werden und würden einen Mehrwert für die Aussagekraft und Vergleichbarkeit des jeweiligen Umweltdatenpunkts darstellen?

Die Ergebnisse der Analyse wurden für jede der relevanten rechtlichen Grundlagen in ein Factsheet übertragen, welches die wesentlichen Erkenntnisse zu den oben aufgeführten Fragen wiedergibt und einen Überblick über die jeweils zu berichtenden umweltrelevanten Daten bietet (Anlage B). Zur Verifizierung der Ergebnisse und der identifizierten umweltrelevanten Daten wurden zu diversen Gesetzestexten Expertiseinterviews mit Behördenvertretern*Behördenvertreterinnen durchgeführt. Die Expertiseinterviews wurden zusätzlich genutzt, um offene Fragen zu klären und Einschätzungen zu den folgenden Aspekten zu erhalten:

- ▶ Was sind die relevantesten Kontextinformationen, die im Zuge der rechtlichen Grundlagen berichtet werden müssen (z. B. Daten bzw. Informationen, die bei der Übermittlung der Umweltdaten für die zuständige Behörde oder Institution sehr relevant sind oder unbedingt mit angegeben werden müssen)?
- ▶ Wie wird die Qualität der berichteten umweltrelevanten Daten eingeschätzt und wo ist eine bessere Qualität dieser Daten erforderlich?
- ▶ Welche Wünsche gibt es auf Seiten der Behörden hinsichtlich der Datenübermittlung?
- ▶ Welche relevanten Schnittstellen zu anderen gesetzlichen Grundlagen, Berichtspflichten bzw. Anforderungen zur Datenerhebung gibt es?

Die Ergebnisse der Expertiseinterviews sind ebenfalls in den betreffenden Factsheets festgehalten.

Im Vordergrund stand bei der Analyse der rechtlichen Grundlagen bzw. der darin enthaltenen Berichtspflichten die Identifizierung von sogenannten (sog.) Umweltdatenpunkten, welche die

Erstellung eines Umweltdatensets (Kapitel 7) ermöglichen sollte. Ein Umweltdatenset stellt ein Set an relevanten Umweltdatenpunkten und dazugehörigen Informationen dar. Im Rahmen des Vorhabens wurde vor allem (v. a.) geprüft, ob eine Identifikation und Auflistung geeigneter umweltrelevanter Daten in einem Umweltdatenset möglich und zielführend sind. Dies geschah anhand der beispielhaften Erstellung der Umweltdatensets sowie der praktischen Testung der Umweltdatensets in Unternehmen. Basierend auf den Erkenntnissen aus den praktischen Tests wurden die Umweltdatensets nochmals angepasst. Die Umweltdatenpunkte wurden so gewählt, dass sie in das Umweltdatenset und die zugehörige Systematisierung integriert werden können. Diese Systematisierung wurde im Anschluss an die Analyse aller rechtlicher Grundlagen entwickelt, so dass bei der Vielfalt der rechtlichen Grundlagen möglichst viele Aspekte berücksichtigt werden konnten. Neben den (detaillierten) Umweltdatenpunkten wurden auch Kontextinformationen erfasst, die teils für die Aussagekraft der Umweltdatenpunkte sowie die Weiterarbeit mit diesen notwendig sind.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage, die für Anlagen gemäß EU-Verordnungen oder der deutschen Umsetzung von EU-Richtlinien erhoben bzw. berichtet werden müssen.

Tabelle 1: Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage – Bezugspunkt Anlage

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Identifizierte Umweltdatenpunkte
Industrieemissionsrichtlinie (IED), Bundes-Immissionsschutzgesetz und Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)	DE	Diverse (je nach Genehmigungsbescheid)*
Bundes-Immissionsschutzgesetz (DE) und 11. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV)	DE	Emissionen in die Luft*
Industrieemissionsrichtlinie (IED) (EU) und 13. BImSchV	DE	Emissionen in die Luft*
Industrieemissionsrichtlinie (IED) (EU) und 17. BImSchV	DE	Emissionen in die Luft*
Industrieemissionsrichtlinie (IED) (EU) und 31. BImSchV	DE	Emissionen von volatile organic compounds (VOC) (Deutsch: flüchtige organische Verbindungen) in die Luft*
Pollutant Release and Transfer Register (PRTR-Verordnung)	EU	Freisetzung in Luft Freisetzung in Wasser Freisetzung in Boden Verbringung von gefährlichen Abfällen (in Mengen über 2 Tonnen pro Jahr) außerhalb des Standorts

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Identifizierte Umweltdatenpunkte
		Verbringung von nicht-gefährlichen Abfällen (in Mengen von über 2.000 Tonnen pro Jahr) außerhalb des Standorts Verbringung von Schadstoffen in für die Abwasserbehandlung bestimmten Abwassers außerhalb des Standorts
Emissionshandelsrichtlinie (EU) und Treibhausgas-Emissions-handelsgesetz (TEHG)	DE	Treibhausgasemissionen (Kohlendioxid (CO ₂), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Lachgas (N ₂ O))*
F-Gas-Verordnung	EU	Menge der enthaltenen F-Gase Menge der hinzugefügten F-Gase Menge der rückgewonnenen F-Gase
Abfallrahmenrichtlinie (EU), Kreislaufwirtschaftsgesetz (DE) und Nachweisverordnung (NachwV)	DE	Menge des gefährlichen Abfalls Menge des nicht-gefährlichen Abfalls*
Abfallverbringungsverordnung (VVA)	EU	Menge der grenzüberschreitend verbrachten Abfälle zur Beseitigung Menge der grenzüberschreitend verbrachten Abfälle zur Verwertung
Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	DE	Menge des Abwassers bei Indirekteinleitung Schädlichkeit des Abwassers (bzw. Grenzwerte) bei Indirekteinleitung gemäß Indirekteinleitergenehmigung*
Wasserhaushaltsgesetz (WHG) (DE) und Abwasserabgabengesetz (AbwAG)	DE	Menge des Abwassers bei Direkteinleitung Schädlichkeit des Abwassers bei Direkteinleitung gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis*
IED (EU) und Abwasserverordnung (AbwV)	DE	Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Direkteinleiter gemäß Teil C und ggf. D und E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV sowie Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Indirekteinleiter gemäß Teil D und ggf. E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV*
Seveso-Richtlinie (EU) und 12. BImSchV (Störfallverordnung)	DE	Menge der gefährlichen Stoffe*
Non-Financial Reporting Directive ³⁷ (EU) und Corporate-Social-Responsibility-Richtlinie-Umsetzungsgesetz (CSR-RUG)	DE	Bericht der nichtfinanziellen Berichterstattung (z. B. Nachhaltigkeitsbericht)*

* Bezugspunkt/e beziehen sich auf die rechtliche Grundlage mit dem Geltungsbereich Deutschland

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die identifizierten Umweltdatenpunkte mit dem übergeordneten Bezugspunkt Produkt je rechtlicher Grundlage. Dabei wurden ausschließlich Umweltdatenpunkte berücksichtigt, die gemäß EU-Verordnungen oder der nationalen Umsetzung von EU-Richtlinien erhoben bzw. berichtet werden müssen.

Tabelle 2: Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage – Bezugspunkt Produkt

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Identifizierte Umweltdatenpunkte
Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)-Verordnung	EU	Registrierung des Stoffs Gefährlichkeit des Stoffs (gefährlicher Stoff - ja oder nein) Verfügbarkeit eines Sicherheitsdatenblattes (Sicherheitsdatenblatt vorhanden - ja oder nein) Handelt es sich bei dem Stoff um einen zulassungspflichtigen Stoff nach Anhang XIV der REACH-Verordnung? Unterliegt der Stoff/das Gemisch Beschränkungen - ja oder nein Menge der zu registrierenden Stoffe, die in der EU hergestellt oder dorthin importiert werden Vorkommen von Substances of Very High Concern (SVHC) im Erzeugnis (enthält das Erzeugnis SVHC-Stoff - ja oder nein)
Classification, Labelling and Packaging (CLP)-Verordnung	EU	Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs Gefahrenhinweis (H-Sätze) ergänzende Gefahrenhinweise (EUH-Sätze) Sicherheitshinweise – Prävention (P200-Sätze) Sicherheitshinweise – Reaktion (P300-Sätze) Sicherheitshinweise – Lagerung (P400-Sätze) Sicherheitshinweise – Entsorgung (P500-Sätze)
Abfallrahmenrichtlinie (EU) und Chemikaliengesetz (ChemG)	DE	Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidatenliste in einer Konzentration über 0,1 % w/w ¹)*
Waste of Electric and Electronic Equipment (WEEE)-Richtlinie (EU) und Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)	DE	Kennzeichnungspflicht (durchgestrichene Abfalltonne)*

¹ Gewichtsprozent (Englisch: weight by weight)

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Identifizierte Umweltdatenpunkte
Verordnung zur Energieverbrauchskennzeichnung	EU	Informationen zur Energieeffizienz
Ökodesign-Richtlinie (EU) und das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG) ²	DE	Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach EVPG*
Restriction of Hazardous Substances (RoHS)-Richtlinie (EU) und die Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung (ElektroStoffV)	DE	Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach ElektroStoffV*
Persistent organic pollutants (POP)-Verordnung	EU	Größe der Lagerbestände POP-Konzentration im Gemisch oder Erzeugnis
F-Gas-Verordnung	EU	Kennzeichnungspflicht nach F-Gas-Verordnung

* Bezugspunkt/e beziehen sich auf die rechtliche Grundlage mit dem Geltungsbereich Deutschland

Zur Identifizierung der Daten, die auf freiwilliger Grundlage seitens der Unternehmen erhoben werden, wurden relevante Indikatoren- bzw. Umweltbewertungssysteme aus verschiedenen Bereichen untersucht. Um eine bestmögliche Vergleichbarkeit der freiwillig erhobenen umweltrelevanten Daten mit jenen Daten zu gewährleisten, die auf Basis rechtlicher Grundlagen erhoben bzw. berichtet werden müssen, wurden sowohl Indikatoren- bzw. Umweltbewertungssysteme ausgewählt, bei denen Daten auf Unternehmensebene (potentielle Überschneidungen zu jenen rechtlichen Grundlagen mit Bezugspunkt „Anlage“) als auch auf Produktebene (potentielle Überschneidungen zu jenen rechtlichen Grundlagen mit Bezugspunkt „Produkt“) erhoben werden.

Insgesamt wurden die folgenden Indikatoren- bzw. Umweltbewertungssysteme ausgewählt und analysiert:

- ▶ Global Reporting Initiative (GRI),
- ▶ Deutscher Nachhaltigkeitskodex (DNK),
- ▶ Eco-Management and Audit Scheme (EMAS),
- ▶ Umweltproduktkennzeichnungen (z. B. Blauer Engel und EU Ecolabel),
- ▶ Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declaration, kurz EPD),
- ▶ Carbon Footprint (Corporate Carbon Footprint, kurz CCF und Product Carbon Footprint, kurz PCF).

Ein wesentliches Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, zu analysieren, wie Umweltdaten in Industrie 4.0-Systemen verwendet werden können. Die Festlegung spezifischer Anforderungen an umweltrelevante Daten bezüglich ihrer Eignung in einem Industrie 4.0-Umfeld erfolgte anhand einer Recherche zu Entwicklungen der Industrie 4.0, Vorhaben-relevanten Grundlagen zu umweltrelevanten Daten und Datenbewertungssystemen sowie Anforderungen an Daten in

² In dieser Zeile werden zwei rechtliche Grundlagen genannt, da die Ökodesign-Richtlinie als Rahmenrichtlinie selbst keine konkreten Anforderungen an bestimmte Produktgruppen festlegt. Sie wird durch das EVPG in deutsches Recht umgesetzt, welches dadurch den Rechtsrahmen für die Anwendung von Ökodesign-Anforderungen bildet. Die Ökodesign-Anforderungen für einzelne Produktgruppen werden wiederum in Durchführungsverordnungen definiert (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), 2021) (siehe auch Kurzkapitel zu den rechtlichen Grundlagen).

einem Industrie 4.0-Umfeld (Kapitel 5). Bei den nachfolgend dargestellten Anforderungen gilt es zu beachten, dass diese nicht isoliert voneinander zu betrachten sind. Vielmehr sind die Anforderungen miteinander vernetzt und beeinflussen einander. Je besser diese Anforderungen bei vorliegenden umweltrelevanten Daten erfüllt sind, desto besser eignen sich die Daten zur Nutzung in einem Industrie 4.0-Umfeld:

- Granularität und Bezugspunkt (Identifikation),
- Nutzung und Zugriff (Auswerteziel),
- Überprüfbarkeit und Reproduzierbarkeit (Erhebungsmethode),
- Interoperabilität,
- Steuer- und Reaktionsfähigkeit (Erhebungszyklus) und
- Untersuchungszeitraum (Zeitperspektive).

Aufbauend auf den Anforderungen wurde zudem eine Checkliste zur Förderung der Qualität umweltrelevanter Daten erstellt (Anhang A.1). Die Checkliste hat zwar keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da sie aufgrund der Vielfältigkeit umweltrelevanter Daten kaum in einer solchen Form abbildbar wäre, liefert jedoch eine Orientierung hinsichtlich einer Verbesserung der Datenqualität für künftige Vorgaben im Bereich der Gesetzgebung, Standardisierung und Normung sowie sonstiger Anwendungsbereiche.

Basierend auf den vorab erläuterten Erkenntnissen wurde deutlich, dass einige Umweltdatenpunkte aufgrund der Anforderungen in den Berichtspflichten bereits eine hohe Datenqualität aufzeigen und sich zum Vergleich und zur weiteren Verarbeitung in einem Industrie 4.0-Umfeld gut eignen, während bei anderen Umweltdatenpunkten die Anforderungen in den Berichtspflichten noch nachjustiert werden könnten, um deren Industrie 4.0-Fähigkeit zu erhöhen.

Die Umweltdatensets betreffen die Akteure*Akteurinnen, die von den jeweiligen ausgewerteten Berichtspflichten bzw. gesetzlichen Grundlagen betroffen sind. Bei den Anlagen sind dies hauptsächlich größere Industrieanlagen. Die Umweltdatensets sollten im besten Fall so gestaltet werden, dass sie für die auszufüllenden Akteure*Akteurinnen (Anlagenbetreiber, Hersteller etc.) keinen Mehraufwand darstellen, sondern aus bereits in den Unternehmen vorliegenden Daten/konkreten Messwerten gespeist werden können (per IT-Verknüpfung innerhalb unternehmens-eigener Systeme). Die im Rahmen dieses Vorhabens entwickelten Umweltdatensets decken die Komplexität der spezifischen Vorgaben für unterschiedliche Anlagen und Produkte noch nicht vollumfänglich ab. Je nach Anlagentyp bzw. Produktklasse gelten unterschiedliche Anforderungen (z. B. Spezifikationen zu den Datenerhebungspflichten, Ausnahmen) und es ergeben sich somit auch unterschiedliche Umweltdatenpunkte. Über den „Header“ der Umweltdatensets erfolgt die genaue Spezifikation der jeweiligen Anlage bzw. des Produkts. Insbesondere vor dem Hintergrund des zeitlichen Aufwands konnten im Rahmen dieses Projekts jedoch nicht alle umweltrelevanten Datenpunkte zu allen möglichen Anlagentypen und Produktklassen vollständig erfasst und in die Umweltdatensets integriert werden. Vielmehr stand die grundsätzliche Testung der Praktikabilität einschließlich einer sukzessiven Anpassung und Erweiterung im Vordergrund.

Ziele der Umweltdatensets sind

- relevante rechtliche Grundlagen und Berichts- bzw. Erhebungspflichten übersichtlich aufzulisten, um eine solide Datenbasis zu schaffen und einen Überblick über die zu berichtenden bzw. zu erhebenden Daten zu erhalten. Dies erlaubt auch, mögliche Synergien oder

Überschneidungen als Potential für mögliche Verschlinkungen der Berichtspflichten zu erkennen,

- ▶ eine erste Vorlage (Starter Set) zur Datenerhebung zu präsentieren, was innerhalb eines IT-Systems realisierbar ist, mit dem Potential, langfristig mit einigen Weiterentwicklungen die Berichtspflichten zu automatisieren,
- ▶ einen Überblick über die umweltrelevanten Auswirkungen einer Anlage zu erhalten, um anlagenintern Auswirkungen besser erkennen und steuern zu können und langfristig auch nachzuweisen, wie „gut“ eine Anlage aus Umweltsicht ist und dementsprechend Wettbewerbsvorteile zu erhalten (dies ist jedoch nur bei Betrachtung relevanter Bezugsgrößen, wie z. B. die Größe der Anlage, die Produktionsmenge etc. möglich, um die richtigen Schlüsse ziehen zu können) und
- ▶ ein einheitliches Basis-Format anzubieten, anhand dessen relevante Informationen für die Lieferkette mit dem Produkt weitergegeben werden können, so dass am Ende auch z. B. Recyclingunternehmen die notwendigen Informationen zum Recycling der Produkte erhalten.

Um eine Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte sowie eine möglichst solide Basis zur IT-Umsetzung zu gewährleisten, wurden die Umweltdatensets im Tabellenformat (Excel-Tabellen) erstellt. Sie sind in Anhang A.2, A.3 und A.4 dargestellt. Die Umweltdatensets beinhalten neben einer Tabelle zu allgemeinen Informationen zum jeweiligen Asset (Header) eine Tabelle mit rechtsverbindlich zu berichtenden Umweltdatenpunkten sowie eine Tabelle mit freiwillig zu berichtenden Umweltdatenpunkten.

Um die bestmögliche Praxisnähe und möglichst große Akzeptanz der erarbeiteten Umweltdatensets zu gewährleisten, ist eine Prüfung der erarbeiteten Umweltdatensets mit Experten*Expertinnen aus der Industrie und dem Industrie 4.0-Umfeld essenziell. Nach der Erarbeitung der Umweltdatensets wurden diese jeweils in einem Workshop mit Experten*Expertinnen aus der Industrie mit Unternehmens- und Industrie 4.0-Bezug vorgestellt, um die Umweltdatensets an sich, deren Eignung als Sub-Modell-Umwelt in einer Verwaltungsschale³ (VWS; Englisch: Asset Administration Shell, kurz AAS) des Produkts oder der Anlage, deren Praktikabilität sowie die Anwenderfreundlichkeit zu diskutieren. Dabei wurden auch grundlegende Probleme bzw. Hindernisse in der Anwendung der Umweltdatensets unter Einbeziehung unternehmensspezifischer Daten bzw. Datenformate und bereits vorhandener Informationen angesprochen und Lösungsansätze diskutiert.

Die Ergebnisse der Tests und Interviews zu beiden Umweltdatensets sind in die finale Ausarbeitung der Umweltdatensets eingeflossen. Dabei konnte festgestellt werden, dass ein großer Teil der relevanten Informationen des Umweltdatensets bei den befragten Unternehmen bereits digital gepflegt wird und bei entsprechender datentechnischer Kompatibilität diese Informationen in das Umweltdatenset überführt werden können. Die Vertreter*innen aus der Praxis haben zudem mehrfach darauf hingewiesen, dass ein Fokus daraufgelegt werden muss, die Prozesse so weit wie möglich zu automatisieren und zu vereinfachen. Es ist hier von hoher Relevanz, dass die Datenerhebung einfach und mit geringem Aufwand erfolgen kann. Für die Vergleichbarkeit von Daten, so auch von Umweltdaten sind exakte Definitionen äußerst wichtig (wie z. B. die eines Schadstoffs). Als Beispiel seien hier Summenparameter genannt, welche in verschiedenen Regelwerken unterschiedlich definiert sein können und die daraus resultierenden

³ Ein erhebliches Potential zur systematischen Sammlung und Strukturierung (umweltrelevanter) Daten liefert die VWS. Die VWS stellt ein Konzept zur systematischen Erfassung von Daten zu Produktionsgegenständen oder Komponenten (= digitales Abbild oder digitaler Zwilling) in einer digitalisierten und vernetzten Industrie dar.

Datenerhebungen auf unterschiedlichen, zum Teil deutlich abweichenden Grundlagen beruhen⁴. Aufgrund der Vielzahl an Daten scheint es zudem zielführend, nicht alle Kontextinformationen mitzuführen, sondern nur die jeweils relevanten. Welche Kontextinformationen maßgeblich sind, um die umweltrelevanten Daten aussagekräftig und vergleichbar zu machen, muss zu einem späteren Zeitpunkt noch bestimmt werden. Des Weiteren besteht in Bezug auf das Produkt auf Industrieseite weniger Interesse daran, alle an Behörden zu übermittelnden Daten in ein derartiges Umweltdatenset einzutragen, als vielmehr relevante Informationen in der Lieferkette weiterzugeben, auch wenn diese im eigentlichen Sinne nicht immer berichtspflichtig sind.

Folgende grundlegende Herausforderungen und zu berücksichtigende übergeordnete Aspekte für ein zielführendes Umweltdatenset wurden dabei identifiziert:

- ▶ Harmonisierung der Regelungen innerhalb der EU,
- ▶ Implementierung des Umweltdatensets für vielfältige Anwendungen,
- ▶ Minimierung des zu erfassenden Datenvolumens,
- ▶ Prüfung der Aussagekraft zu erhebender Daten,
- ▶ Ausgestaltung der Zugriffsrechte je Akteur*in,
- ▶ Fortlaufende Aktualisierungen des Umweltdatensets.

Um die Anwendbarkeit in der Praxis zu überprüfen, wurden die erarbeiteten Umweltdatensets beispielhaft befüllt. Bei dem Umweltdatenset Anlage wurden für jede Berichtspflicht bzw. jeden Umweltdatenpunkt praxisbezogene Anwendungsbeispiele herangezogen und die offenen auszufüllenden Datenfelder mit konkreten, realitätsnahen Umweltdaten exemplarisch befüllt. Das Umweltdatenset Produkt wurde mit insgesamt vier Unternehmen in der Praxis getestet und beispielhaft für einen Stoff und ein Erzeugnis ausgefüllt. Bei dem Beispiel zu dem Stoff handelt es sich um ein fiktives Beispiel. Das Umweltdatenset zum Erzeugnis wurde hingegen von einem produzierenden Unternehmen beispielhaft für eines seiner Erzeugnisse ausgefüllt. Somit wird ein Umweltdatenset gezeigt, wie es sich nach Befüllen für ein konkretes Produkt darstellt. Durch diese Vorgehensweise wurde versucht, künftige Probleme bei der praktischen Umsetzung des Umweltdatensets zu identifizieren und wo nötig anzupassen.

Die im Rahmen dieses Vorhabens entwickelten Umweltdatensets für Anlagen und Produkte stellen einen ersten Aufschlag für zukünftige Umweltdatensets dar, die als Teilmodelle einer VWS einer Anlage oder eines Produkts mitgeführt werden können, um daraus Potentiale für die Umwelt, z. B. in Form von weiteren Emissionsminderungen, zu entwickeln. Im Rahmen des Vorhabens wurde vor allem (v. a.) geprüft, ob eine Identifikation und Auflistung geeigneter umweltrelevanter Daten in einem Umweltdatenset möglich und zielführend sind. Dies geschah anhand der Erstellung der Umweltdatensets sowie der praktischen Testung der Umweltdatensets in Unternehmen. Basierend auf den Erkenntnissen aus den praktischen Tests wurden die Umweltdatensets nochmals angepasst.

Die Umweltdatensets wurden darüber hinaus dem Projekt „InterOpera“ zur Verfügung gestellt und werden in Zusammenarbeit mit dem InterOpera-Team – und damit u. a. mit dem Standardisation Council Industrie 4.0 – zu einem in der Industrie 4.0-Praxis anwendbaren VWS-Submodell-Umwelt weiterentwickelt. Das im Jahr 2022 gestartete Projekt InterOpera – digitale Interoperabilität in kollaborativen Wertschöpfungsnetzwerken der Industrie 4.0⁵ – strebt eine

⁴ z. B. Polychlorierte Biphenyle (PCB) in der PRTR-Verordnung und in der POP-Verordnung

⁵ <https://interopera.de/> (10.07.2023)

standardisierte Umsetzung der VWS in der Praxis an. Hierfür werden 50 konkrete, praktikable und interoperable Submodelle der VWS entlang des Referenzarchitekturmodells 4.0 (RAMI 4.0) für möglichst viele Geschäftsprozesse bzw. Anwendungsfälle entwickelt, dokumentiert und für eine zukünftige Anwendung in der Industrie 4.0-Praxis vorbereitet. Experten*Expertinnen aus Industrie und Forschung haben die Möglichkeit, an der Entwicklung der Submodelle mitzuwirken.

Ergänzend zu der durchgeführten Recherche und Analyse zu umweltrelevanten Daten wurde eine Umfrage bei Unternehmen diverser Branchen mit Sitz in Deutschland durchgeführt (Kapitel 8). Die Umfrage hatte das übergeordnete Ziel, weitere Erkenntnisse zur Beantwortung der Forschungsfragen zu liefern und dabei tiefergehende Einblicke in die Unternehmenspraxis zu erhalten. Daher wurden innerhalb der Umfrage vornehmlich folgende Aspekte zu umweltrelevanten Daten adressiert:

- ▶ Lage und Größenordnung der umweltrelevanten Daten in den Unternehmen,
- ▶ Verfügbarkeit der umweltrelevanten Daten,
- ▶ Struktur bzw. Form der vorliegenden umweltrelevanten Daten,
- ▶ Zuordnung der umweltrelevanten Daten zu betrieblichen Teilsystemen bzw. Bereichen und
- ▶ Besondere (Entscheidungs-)Relevanz der umweltrelevanten Daten.

Für die Durchführung der Umfrage wurde mittels der Software SurveyXact⁶ ein Onlinefragebogen erstellt. Im Rahmen dieser Umfrage zu umweltrelevanten Daten wurden seitens der befragten Unternehmen 10 Fragebögen vollständig und acht zu großen Teilen ausgefüllt, so dass insgesamt 18 Fragebögen ausgewertet werden konnten. Die Ergebnisse zeigen, dass bei den befragten Unternehmen v. a. energierelevante Daten, sowie Abfall- und Recyclingdaten erhoben werden, wobei auch zu den anderen Kategorien wie „wasserrelevante Daten“, „schadstoffrelevante Daten“ und „Material- und Ressourcenverbrauch“ Primärdaten erhoben werden.

Die durchgeführte Umfrage stellt eine quantitative Erhebung dar. Aufgrund der u. a. Corona-bedingt begrenzten Anzahl an Rückläufen können die Ergebnisse der Umfrage nicht als repräsentativ angesehen werden. Statistische Auswertungen der Umfrageergebnisse sind somit nicht bzw. nur bedingt möglich. Die innerhalb der Umfrage am häufigsten vertretene Branche ist die chemisch-pharmazeutische Industrie. Des Weiteren haben mehrere Unternehmen aus der Elektrotechnik- und Elektroindustrie, der Textil- und Bekleidungsindustrie sowie aus der Bauindustrie an der Umfrage teilgenommen. Der Großteil der teilnehmenden Unternehmen war im herstellenden bzw. verarbeitenden Gewerbe aktiv. Laut der Umfrageergebnisse erfolgt die Datenerhebung größtenteils auf Ebene des Unternehmens oder des Standorts bzw. der Betriebsstätte, wodurch die Daten nur begrenzt interoperabel sind. Um Rückschlüsse auf die Reproduzierbarkeit bzw. den Ursprung der Daten zu ermöglichen, wurde mit Hilfe der Umfrage versucht zu ermitteln, welche Technologien und Methoden in der Praxis zur Erfassung umweltrelevanter Primärdaten eingesetzt werden. Die befragten Unternehmen haben für jede Umweltinformationskategorie angegeben, in welcher Datenstruktur die jeweils hierzu erhobenen Daten vorliegen bzw. wie sie gespeichert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass umweltrelevante Daten überwiegend durch Input-Output Analysen, sonstige Messgeräte wie Strom- und Wasserzähler oder lokal über Messgeräte oder Sensoren erfasst werden. Daneben wurde in 20 Fällen angegeben, dass sonstige Verfahren für die Datenerfassung verwendet werden. Bei der Frage, für welche internen Zwecke die umweltrelevante Primärdaten genutzt werden, haben die befragten

⁶ <https://www.surveymxact.de/> (10.07.2023)

Unternehmen insbesondere die Prozessoptimierung und interne Kommunikation sowie die Unterstützung des Gefahrstoffmanagements und der Arbeitssicherheit angegeben. Indessen spielen die prädiktive Instandhaltung oder der digitale Zwilling als zentrale Komponenten einer Industrie 4.0 nur eine untergeordnete Rolle. Hinsichtlich der Verwendung umweltrelevanter Primärdaten für externe Zwecke zeigen die Umfrageergebnisse, dass umweltrelevante Primärdaten hauptsächlich zur Einhaltung rechtlicher Vorgaben sowie für die externe bzw. zwischen- und überbetriebliche Kommunikation genutzt werden. Abschließend wurden die Frage gestellt, welche der umweltrelevanten Primärdaten aus Sicht der Unternehmen besonders wichtig für die Verwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld sind. Die befragten Unternehmen haben dabei die Bedeutung energierelevanter Daten, wasserrelevanter Daten, Abfall- und Recyclingdaten sowie Daten zum Material- und Ressourcenverbrauch für die Verwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld am höchsten eingestuft. Die geringste Bedeutung für die Verwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld liegt nach Einschätzung der befragten Unternehmen bei den Treibhausgasemissionen.

Neben der vorab beschriebenen quantitativen Erhebung zu umweltrelevanten Daten wurden darüber hinaus in Zusammenarbeit mit verschiedenen Unternehmen auch Praxisbeispiele durchgeführt und ausgewählte Datenketten analysiert (Kapitel 9). Anhand der insgesamt fünf digitalen Datenketten wurde u. a. die digitale Nachverfolgbarkeit von Stoffen in Prozessketten überprüft und es wurden Hindernisse identifiziert, die in Hinblick auf die Umweltdatensets bzw. der Erfassung umweltrelevanter Daten zu berücksichtigen sind. Die Ergebnisse sollen Lösungsansätze, Potenziale und Hindernisse aufzeigen. Die Untersuchung umfasst Umweltdaten in den Bereichen (Anlagen-)Produktivität, Energie und Ressourcen, Produktqualität und Produktionsbedingungen. Herausforderungen wie die Erfassung und Integration dieser Daten werden diskutiert, und Lösungsansätze skizziert. Bei der Auswahl der Praxisbeispiele und zu analysierenden Datenketten wurde darauf geachtet, zum einen möglichst unterschiedliche Prozesse abzubilden und zum anderen sowohl kleine- als auch mittelständische Unternehmen (KMU) einzubeziehen. Dies diente dem Ziel, eine möglichst realitätsnahe Einschätzung zu umweltrelevanten Daten in der Unternehmenspraxis zu gewinnen.

Die digitale Integration umweltrelevanter Daten in das sich derzeit dynamisch entwickelnde Industrie 4.0-Umfeld birgt erhebliche Potentiale für die Umwelt und somit auch für die digital-ökologische Transformation der Unternehmen. Um die Potentiale zu heben, bedarf es eines zielorientierten Handelns, einer aktiven Förderung sowie zeitnahen Umsetzung auf verschiedensten Ebenen. Basierend auf den Erfahrungen und Ergebnissen des vorliegenden Forschungsprojektes, wurden diverse Handlungsempfehlungen vorrangig für die Politik und das UBA formuliert (siehe Kapitel 10). Diese wurden den folgenden wesentlichen Handlungsfeldern zugeordnet.

1. **Förderung einer belastbaren, standardisierten, interoperablen Datengrundlage**
2. **Kontinuierliche Harmonisierung und weitere Standardisierung umweltrelevanter Daten**
3. **Weiterentwicklung von Umweltdatensets zu VWS-Teilmodellen**
4. **Förderung von Unternehmen und Wissenschaft**

Die Handlungsfelder umfassen jeweils diverse Handlungsempfehlungen, welche detailliert beschrieben sind, Handlungsoptionen aufzeigen sowie ganz konkrete Empfehlungen beinhalten. Die Handlungsempfehlungen adressieren unterschiedliche Handlungsbereiche angefangen bei den Daten selbst, der Datenqualität und Interoperabilität, über die Harmonisierung von Daten- und Berichtsformaten, Aktivitäten im Bereich der Standardisierung und Normung sowie Industrie 4.0-Modelle und deren praxisorientierte Weiterentwicklung bis hin zu diversen

Förderinstrumenten. Somit werden auf der Grundlage der Projektergebnisse und Erfahrungen vielfältige Handlungsoptionen aufgezeigt, immer mit dem Ziel, die digitale Harmonisierung und Verfügbarmachung von umweltrelevanten Daten im Kontext von Industrie 4.0 voranzubringen und einen aktiven Beitrag zur digital-ökologischen Transformation zu leisten.

Summary

The collection, processing and availability of environmentally relevant data and information forms an essential basis for improving environmental protection in companies, as well as further improving the use of environmentally relevant data beyond company boundaries. In concrete terms, this means supporting established decision-making processes as well as strategic and tactical issues and reporting formats by providing and systematising secure environmentally relevant information. In the long term, it should be possible to automatically integrate environmental topics and parameters into ongoing processes as well as cross-process continuity.

At the same time, these developments are overlaid by the digital transformation of industry and the processes and services linked to it. Currently, the digital transformation is advancing rapidly, with the importance of networking increasing in production and economic networks that are becoming ever more complex. This development offers great synergistic potential for the collection and analysis of environmentally relevant data. In an Industry 4.0 environment, business processes in connection with data, information and knowledge will fundamentally change (Beier et al., 2020). The consistent implementation of Industry 4.0 production networks therefore requires that relevant data and information, from the production module to the information and communication technology system (ICT system), can be viewed and pre-processed as required and by means of clearly defined access rights (SmartFactory, 2018). Efforts to establish Industry 4.0 often pursue corporate goals. The drivers for the progressive implementation of Industry 4.0 in Germany include, among others, volatile markets and cost pressure, the increasing importance of value creation networks, rising product variance as well as individualisation and small batch sizes (Wahlster, 2015).

Digitalisation also increases the demand for internet-enabled products, sensors, network infrastructures and data centres that require raw materials and energy along global production and supply chains in their production and use (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2020; Umweltbundesamt, 2019). It therefore seems all the more important to realise potentials for the environment that reduce the negative environmental impacts of this trend as well as the ecological footprint of digital technologies (e. g. circular economy approaches, order-driven production, resource efficiency).

Accordingly, the objective of this project is to create a basis for the future exploitation of the potentials for the environment based on the use of environmentally relevant data in an Industry 4.0 environment.

The objectives of the research project are:

- ▶ The identification of existing environmentally relevant data with a focus on industry and closely related processes,
- ▶ The review of identified, environmentally relevant data with regard to their suitability in an Industry 4.0 environment,
- ▶ The identification of potentials of Industry 4.0 for the environment,
- ▶ The identification of recurring and fundamental problems or obstacles in environmental data and information management in an Industry 4.0 environment,
- ▶ The development and review of solution approaches, taking into account existing solution approaches and data management systems, and

- The derivation of recommendations of actions for the Federal Environment Agency (UBA) and other actors, in the context of Industry 4.0 and the goal of collecting environmentally relevant data with less effort to use in a targeted manner.

In identifying the environmentally relevant data, the focus was on the data that is primarily collected by industrial companies for plants, but also by companies at the product level for various purposes. For the identification of environmentally relevant data, various requirements at the legal level were analysed. Originally, the aim was to determine which primary data already existed within the companies and could therefore be used in an Industry 4.0 environment. However, it was only possible to determine to a limited extent which environmentally relevant primary data are available in which form in the companies. In addition, the companies themselves do not always have access to the respective primary data. Therefore, the focus was on the environmentally relevant data that are reported as a result of legal requirements and therefore have to be available or collected at the companies. All environmentally relevant data were taken into account that

- Are available due to legal requirements and must be actively reported (e. g. to the responsible authorities), or
- Must be available due to legal requirements, but do not need to be actively reported, only disclosed upon request.

These environmentally relevant data are not always primary data but are often already aggregated or processed data. In addition to environmental data that must be reported due to legal requirements, environmental data that is collected and/or reported on a voluntary basis is also considered.

For the analysis of the environment-related legal requirements, both legal foundations at the European Union (EU) level and the national implementation of EU law in Germany (if implementation has taken place) were considered. In addition, relevant international conventions that have been ratified by the EU and transposed into EU law, such as the Basel Convention, were also partially considered. The focus was on the legal foundations that contain requirements for the collection and reporting of environmentally relevant data at the facility and product level.

The aim of the analysis was to obtain an overview of environmentally relevant data at the plant and product level that must be reported by companies and could be used in an Industry 4.0 environment.

The legal basis was analysed in particular with regard to the following aspects:

- Which environmentally relevant data must be reported or collected by the companies within the framework of the legal basis?
- To whom does the reporting obligation or data collection requirement apply?
- To which authority or institution must the environmentally relevant data be reported?
- In what way ("How?") is reporting done (data exchange formats, input masks, reports, etc.)?
- In which (reporting) cycle must reports be submitted?
- What are the requirements or specifications for environmental data reporting according to the legal basis?

- ▶ To which concrete reference point do the environmentally relevant data refer to and how is this defined on a legal basis?
- ▶ Is the reporting obligation or the data collection requirements qualitative or quantitative environmentally relevant data?
- ▶ In which unit are the environmentally relevant data reported or collected?
- ▶ What type of value must be reported (single value, mean value, etc.)?
- ▶ What are the requirements or specifications for data collection according to the legal basis?
- ▶ Are there any requirements regarding the type of data collection or are the values measured, calculated or estimated?
- ▶ Are there further requirements for data collection, such as prescribed physical conditions (pressure, temperature, etc.) or measurement techniques?
- ▶ Are the evaluation or calculation methods for determining the numerical values specified within the legal basis, e. g. by norms or standards?
- ▶ What contextual information has to be reported according to the reporting requirements of the legal basis that would add value to the informative value and comparability of the respective environmental data point?

The results of the analysis were transferred to a fact sheet for each of the relevant legal bases, which reflects the main findings on the questions listed above and provides an overview of the environmental data to be reported in each case (Appendix B). To verify the results and the identified environmentally relevant data, expert interviews were conducted with representatives of the authorities on various legal texts. The expert interviews were also used to clarify open questions and to obtain assessments on the following aspects:

- ▶ What is the most relevant contextual information that has to be reported in the course of the legal basis (e. g. data or information that is very relevant for the competent authority or institution when submitting the environmental data or must be included)?
- ▶ How is the quality of the reported environmentally relevant data assessed and where is a better quality of these data required?
- ▶ What are the wishes on the part of the authorities with regard to data transmission?
- ▶ What are the relevant interfaces to other legal foundations, reporting obligations or data collection requirements?

The results of the expert interviews are also recorded in the relevant factsheets.

In the analysis of the legal foundations and the reporting obligations contained therein, the focus was on the identification of so-called environmental data points, which should enable the creation of an environmental data set (Chapter 7). An environmental data set represents a set of relevant environmental data points and related information. Within the framework of the project, it was primarily examined whether the identification and listing of suitable environmentally relevant data in an environmental data set is possible and expedient. This was done by means of the exemplary creation of the environmental data sets and the practical testing of the environmental data sets in companies. Based on the findings from the practical tests, the environmental data sets were adapted again. The environmental data points were selected in such a way that they

could be integrated into the environmental data set and the associated systematisation. This systematisation was developed following the analysis of all legal bases, so that as many aspects as possible could be taken into account in the diversity of legal bases. In addition to the (detailed) environmental data points, contextual information was also recorded, which is partly necessary for the meaningfulness of the environmental data points and for further work with them.

Table 1 provides an overview of the identified environmental data points per legal basis that must be collected or reported for installations according to EU regulations or the German implementation of EU directives.

Table 1: Overview of the identified environmental data points per legal basis - reference point installation

Legal basis (short title)	Scope	Identified environmental data points
Industrial Emissions Directive (IED), Federal Immission Control Act and Technical Instructions on Air Quality Control (German: TA Luft)	Germany	Various (depending on permit notice)*
Federal Immission Control Act (DE) and 11th Ordinance on the Implementation of the Federal Immission Control Act (German: BImSchV)	Germany	Emissions to air*
Industrial Emissions Directive (IED) (EU) and 13. BImSchV	Germany	Emissions to air*
Industrial Emissions Directive (IED) (EU) and 17. BImSchV	Germany	Emissions to air*
Industrial Emissions Directive (IED) (EU) and 31. BImSchV	Germany	Emissions of volatile organic compounds (VOC) (Deutsch: flüchtige organische Verbindungen) into air*
Pollutant Release and Transfer Register (PRTR Regulation)	EU	Release to air Release to water Release to soil Off-site transfers of hazardous waste (in quantities over 2 tons per year) Off-site transfers of non-hazardous waste (in quantities over 2,000 tons per year) Off-site transfer of pollutants in wastewater destined for wastewater treatment
Emissions Trading Directive (EU) and Greenhouse Gas Emissions Trading Act (German: TEHG)	Germany	Greenhouse gas emissions (carbon dioxide (CO ₂), perfluorocarbons (PFC) and nitrous oxide (N ₂ O))*
F-Gas Regulation	EU	Quantity of F-gases contained Quantity of F-gases added

Legal basis (short title)	Scope	Identified environmental data points
		Quantity of F-gases recovered
Waste Framework Directive (EU), Circular Economy Act (DE) and Ordinance on Waste Recovery and Disposal (German: NachwV)	Germany	Quantity of hazardous waste Quantity of non-hazardous waste*
Waste Shipment Regulation (German: VVA)	EU	Quantity of waste shipped transboundary for disposal Quantity of waste shipped transboundary for recovery
Federal Water Act (German: WHG)	Germany	Quantity of wastewater in the case of indirect discharge Harmfulness of the wastewater (or limit values) in the case of indirect discharge in accordance with the indirect discharger permit*
Federal Water Act (WHG) (DE) and Wastewater Discharge Act (German: AbwAG)	Germany	Quantity of wastewater in case of direct discharge Harmfulness of the wastewater in the case of direct discharge in accordance with the water discharge permit*
IED (EU) and Wastewater Ordinance (German: AbwV)	Germany	Pollutant loads in wastewater (requirements for wastewater for direct dischargers according to Part C and, if applicable, D and E (if applicable) of the Annexes to the AbwV as well as Pollutant loads in wastewater (requirements for wastewater for indirect dischargers according to Part D and, if applicable, E (if applicable) of the Annexes to the Wastewater Ordinance)*
Seveso Directive (EU) and 12th BImSchV (Hazardous Incident Ordinance)	Germany	Quantity of hazardous substances*
Non-Financial Reporting Directive ³⁷ (EU) and Corporate-Social Responsibility Directive Implementation (CSR-RUG)	Germany	Report of non-financial reporting (e. g. sustainability report)*

*Reference point(s) refer to the legal basis with the scope of application Germany

Table 2 provides an overview of the identified environmental data points with the overall reference point product per legal basis. Only environmental data points that have to be collected or reported according to EU regulations or the national implementation of EU directives were considered.

Table 2: Overview of the identified environmental data points per legal basis - reference point product

Legal basis (short title)	Scope	Identified environmental data points
Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)- Regulation	EU	Registration of the substance Hazardousness of the substance (hazardous substance - yes or no) Availability of a safety data sheet (safety data sheet available - yes or no) Is the substance subject to authorisation according to Annex XIV of REACH? Is the substance/mixture subject to restrictions - yes or no? Quantity of substances to be registered manufactured in or imported into the EU Presence of Substances of Very High Concern (SVHC) in the article (does the article contain SVHC substance - yes or no)
Classification, Labelling and Packaging (CLP)- Regulation	EU	Hazard class and hazard category of the substance Hazard statement (H-phrases) Supplementary hazard statements (EUH phrases) Precautionary statements - Prevention (P200 phrases) Precautionary statements - Reaction (P300 phrases) Precautionary statements - Storage (P400 phrases) Precautionary statements - Disposal (P500 phrases)
Waste Framework Directive (EU) and Chemicals Act (German: ChemG)	Germany	Concentration range of the SVHC substance in the article (candidate list substance in a concentration above 0.1 % w/w ⁷)*
Waste of Electric and Electronic Equipment (WEEE) Directive (EU) and Electrical and Electronic Equipment Act (German: ElektroG)	Germany	Labelling obligation (crossed-out waste bin)*
Energy Labelling Regulation	EU	Information on Energy Efficiency

⁷ weight percentage (weight by weight)

Legal basis (short title)	Scope	Identified environmental data points
Ecodesign Directive (EU) and the Energy-related Products Act (German: EVPG) ⁸	Germany	Labelling obligation (CE marking) according to EVPG*
Restriction of Hazardous Substances (RoHS) Directive (EU) and the Electrical and Electronic Equipment Substances Ordinance (German: ElektroStoffV)	Germany	Labelling obligation (CE marking) according to ElektroStoffV*
Persistent organic pollutants (POP) Regulation	EU	Size of stockpiles POP concentration in mixture or product
F-Gas Regulation	EU	Labelling obligation according to F-Gas Regulation

* Reference point(s) refer to the legal basis with the scope of application Germany.

To identify data collected on a voluntary basis by companies, relevant indicator or environmental assessment systems from different sectors were examined. In order to ensure the best possible comparability of the voluntarily collected environmentally relevant data with the data that has to be collected or reported on the basis of legal foundations, indicator or environmental assessment systems were selected in which data is collected at the company level (potential overlaps with those legal foundations with the reference point "facility") as well as at the product level (potential overlaps with those legal foundations with the reference point "product").

Overall, the following indicator and environmental assessment systems were selected and analysed:

- ▶ Global Reporting Initiative (GRI),
- ▶ German Sustainability Code (Deutscher Nachhaltigkeitskodex, abbreviated DNK),
- ▶ Eco-Management and Audit Scheme (EMAS),
- ▶ Environmental product labels (e. g. Blue Angel and EU Ecolabel),
- ▶ Environmental Product Declarations (EPD),
- ▶ Carbon Footprint (Corporate Carbon Footprint, abbreviated CCF and Product Carbon Footprint, abbreviated PCF).

A key objective of this research project was to analyse how environmental data can be used in Industry 4.0 systems. The definition of specific requirements for environmentally relevant data with regard to their suitability in the Industry 4.0 environment was carried out on the basis of research regarding developments in Industry 4.0, project-relevant basics for environmentally relevant data and data evaluation systems as well as requirements for data in an Industry 4.0 environment (Chapter 5). It is important to note that the requirements presented below should not be viewed in isolation from each other. Rather, the requirements are interconnected and

⁸ Two legal bases are mentioned in this line, since the Ecodesign Directive as a framework directive does not itself lay down concrete requirements for specific product groups. It is transposed into German law by the EvPG, which thus forms the legal framework for the application of ecodesign requirements. The ecodesign requirements for individual product groups are in turn defined in implementing ordinances (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), 2021) (see also short chapter on the legal basis).

influence each other. The better these requirements are met by the available environmentally relevant data, the more suitable the data is for use in an Industry 4.0 environment:

- ▶ Granularity and reference point (identification),
- ▶ Use and access (evaluation target),
- ▶ Verifiability and reproducibility (collection method),
- ▶ Interoperability,
- ▶ Controllability and responsiveness (survey cycle) and
- ▶ Survey period (time perspective).

Building on the requirements, a checklist to promote the quality of environmentally relevant data was also developed (Appendix A.1). Although the checklist does not claim to be complete, as it would hardly be possible to depict it in such a form due to the diversity of environmentally relevant data, it does provide orientation regarding improving data quality for future requirements in the area of legislation, standardisation and norms as well as other areas of application.

Based on the findings explained above, it became clear that some environmental data points already show high data quality due to the requirements in the reporting obligations and are well suited for comparison and further processing in an Industry 4.0 environment, while for other environmental data points the requirements in the reporting obligations could still be readjusted to increase their Industry 4.0 capability.

The environmental data sets concern the actors who are affected by the respective reporting obligations or legal bases evaluated. In the case of plants, these are mainly larger industrial plants. The environmental data sets should ideally be designed in such a way that they do not represent additional work for the actors (plant operators, manufacturers, etc.), but can be fed from data/concrete measured values already available in the companies (via IT linking within the company's own systems). The environmental data sets developed within the framework of this project do not yet fully cover the complexity of the specific requirements for different plants and products. Depending on the type of plant or product class, different requirements apply (e. g. specifications for data collection obligations, exceptions), which also results in different environmental data points. The exact specification of the respective plant or product is made via the "header" of the environmental data sets. Particularly against the background of the time required, it was not possible within the framework of this project to completely record all environmentally relevant data points for all possible plant types and product classes and to integrate them into the environmental data sets. Rather, the focus was on basic testing of practicability, including successive adaptation and expansion.

The goals of the environmental data sets are:

- ▶ To clearly list relevant legal bases and reporting or collection obligations in order to create a solid data basis and to obtain an overview of the data to be reported or collected. This also allows for the identification of possible synergies or overlaps as a potential for possible streamlining in reporting obligations,
- ▶ To present a first template (starter set) for data collection, which is feasible within an IT system, with the potential to automate reporting obligations in the long run with some further developments,

- To obtain an overview of the environmental impacts of a plant in order to better identify and control impacts within the plant and, in the long term, to prove how "good" a plant is from an environmental point of view and, accordingly, to obtain competitive advantages (however, this is only possible by considering relevant reference values, such as the size of the plant, the production volume, etc., in order to be able to draw the right conclusions) and
- To offer a standardised basic format that can be used to pass on relevant information for the supply chain with the product so that, in the end, e. g. recycling companies also receive the necessary information for recycling the products.

To ensure an overview of the identified environmental data points with a solid basis for IT implementation, the environmental data sets were created in table format (Excel spreadsheets). They are presented in Annex A.2, A.3 and A.4. The environmental data sets contain a table with general information on the respective asset (header), a table with legally binding environmental data points to be reported, and a table with environmental data points to be reported voluntarily.

In order to ensure the best possible practical relevance and the greatest possible acceptance of the developed environmental data sets, a review of the developed environmental data sets with experts from industry and the Industry 4.0 environment is essential. After the environmental data sets had been developed, they were presented in a workshop with experts from industry with a connection to companies and Industry 4.0 in order to discuss the environmental data sets themselves, their suitability as a sub-model environment in an asset administration shell⁹ (AAS; German: Verwaltungsschale, VWS) of the product or plant, their practicability and user-friendliness. Fundamental problems and obstacles in the application of the environmental data sets, including company-specific data or data formats and already existing information, were also addressed and solutions discussed.

The results of the tests and interviews on both environmental data sets were incorporated into the final development of the environmental data sets. It was found that a large part of the relevant information in the environmental data set is already maintained digitally at the companies surveyed and that this information can be transferred to the environmental data set if it is compatible with the data technology. The representatives from the field also pointed out several times that the focus must be on automating and simplifying the processes as much as possible. It is highly relevant that the data collection can be done easily and with little effort. For the comparability of data, including environmental data, exact definitions are extremely important (such as that of a pollutant). As an example, cumulative parameters can be defined differently in different regulations and the resulting data collections are based on different, sometimes clearly divergent principles¹⁰. Due to the large amount of data, it also seems expedient not to include all contextual information, but only the relevant information. Which contextual information is decisive in order to make the environmentally relevant data meaningful and comparable must be determined at a later point in time. Furthermore, with regard to the product, there is less interest on the industry side in entering all data to be submitted to authorities in such an environmental data set than in passing on relevant information in the supply chain, even if this is not always obligatory to report.

⁹ A considerable potential for the systematic collection and structuring of (environmentally relevant) data is provided by the VWS. The VWS represents a concept for the systematic collection of data on production objects or components (= digital image or digital twin) in a digitalised and networked industry.

¹⁰ E. g. polychlorinated biphenyls (PCBs) in the PRTR Regulation and in the POP Regulation.

The following fundamental challenges and overarching aspects to be considered for a target-oriented environmental data set were identified:

- ▶ Harmonisation of regulations within the EU,
- ▶ Implementation of the environmental data set for a wide range of applications,
- ▶ Minimising the volume of data to be collected,
- ▶ Checking the significance of the data to be collected,
- ▶ Designing access rights for each actor,
- ▶ Continuous updating of the environmental data set.

In order to check the applicability in practice, the developed environmental data sets were filled with examples. In the case of the environmental data set for facilities, practical examples were used for each reporting obligation or environmental data point and the open data fields to be filled in were filled in with concrete, realistic environmental data as examples. The environmental data set product was tested in practice with a total of four companies and filled in for one substance and one product as examples. The example for the substance is a fictitious example. The environmental data set for the product, on the other hand, was filled in by a manufacturing company as an example for one of its products. Thus, an environmental data set is shown as it appears after it has been filled in for a concrete product. This approach was used in an attempt to identify future problems in the practical implementation of the environmental data set and to adapt them where necessary.

The environmental data sets were also made available to the "InterOpera" project and will be further developed in cooperation with the InterOpera team - and thus with the Industry 4.0 Standardisation Council, among others - into an AAS submodel environment that can be used in Industry 4.0 practice. The InterOpera project - digital interoperability in collaborative Industry 4.0 value creation networks¹¹ - launched in 2022, aims to achieve a standardised implementation of the AAS in practice. To this end, 50 concrete, practicable and interoperable sub-models of the AAS are being developed along the Reference Architecture Model 4.0 (RAMI 4.0) for as many business processes or use cases as possible, documented and prepared for future application in Industry 4.0 practice. Experts from industry and research have the opportunity to participate in the development of the sub-models.

In addition to the research and analysis of environmentally relevant data, a survey was carried out among companies in various sectors based in Germany (Chapter 8). The overall aim of the survey was to provide further insights to answer the research questions and to obtain deeper insights into corporate practice. Therefore, the survey primarily addressed the following aspects of environmentally relevant data:

- ▶ Location and scale of environmentally relevant data in the companies,
- ▶ Availability of environmentally relevant data,
- ▶ Structure or form of the available environmentally relevant data,
- ▶ Allocation of the environmentally relevant data to operational subsystems or areas, and

¹¹ <https://interopera.de/> (10.07.2023)

- special decision-making relevance of the environmentally relevant data.

To conduct the survey, an online questionnaire was created using the SurveyXact¹² software. Within the framework of this survey on environmentally relevant data, 10 questionnaires were completed in full by the companies surveyed and eight were completed in large parts, so that a total of 18 questionnaires could be evaluated. The results show that the surveyed companies primarily collect energy-relevant data as well as waste and recycling data, although primary data is also collected for the other categories such as "water-relevant data", "pollutant-relevant data" and "material and resource consumption".

The survey conducted represents a quantitative survey. Due to the limited number of responses, which is partly due to the COVID-19 pandemic, the results of the survey cannot be regarded as representative. Statistical evaluations of the survey results are therefore not possible, or only possible to a limited extent. The sector most frequently represented in the survey is the chemical-pharmaceutical industry. Furthermore, several companies from the electrical engineering and electronics industry, the textile and clothing industry and the construction industry took part in the survey. The majority of the participating companies were active in the manufacturing or processing industry. According to the survey results, most of the data collection is done at the company or site level, which limits the interoperability of the data. In order to draw conclusions about the reproducibility or origin of the data, the survey attempted to determine which technologies and methods are used in practice to collect environmentally relevant primary data. For each environmental information category, the companies surveyed indicated the data structure in which the respective data collected is available or how it is stored. The results show that environmentally relevant data is predominantly collected through input-output analyses, other measuring devices such as electricity and water meters or locally through measuring devices or sensors. In addition, in 20 cases it was stated that other methods are used for data collection. When asked for which internal purposes the environmentally relevant primary data is used, the companies surveyed indicated, in particular, in process optimisation and internal communication as well as support for hazardous substance management and occupational safety. Meanwhile, predictive maintenance or the digital twin as central components of Industry 4.0 only play a minor role. With regard to the use of environmentally relevant primary data for external purposes, the survey results show that environmentally relevant primary data is mainly used for compliance with legal requirements and for external or inter- and intra-company communication. Finally, the question was asked as to which of the environmentally relevant primary data are particularly important for use in an Industry 4.0 environment from the companies' point of view. The companies surveyed rated the importance of energy-relevant data, water-relevant data, waste and recycling data, and data on material and resource consumption as the most important for use in an Industry 4.0 environment. The lowest importance for use in an Industry 4.0 environment, according to the assessment of the companies surveyed, lies with greenhouse gas emissions.

In addition to the quantitative survey of environmentally relevant data described above, practical examples were also carried out in cooperation with various companies and selected data chains were analysed (Chapter 9). Using a total of five digital data chains, the digital traceability of substances in process chains was examined and obstacles were identified that need to be taken into account with regard to environmental data sets and the collection of environmentally relevant data. The results are intended to show possible solutions, potentials and obstacles. The investigation covers environmental data in the areas of (plant) productivity, energy and resources, product quality and production conditions. Challenges such as the collection and

¹² <https://www.surveyxact.de/> (10.07.2023)

integration of these data are discussed and approaches to solutions are outlined. When selecting the practical examples and data chains to be analysed, care was taken to represent as many different processes as possible and to include both small and medium-sized enterprises (SMEs). This served the goal of gaining an assessment, that was as realistic as possible, of environmentally relevant data in business practice.

The digital integration of environmentally relevant data in the currently dynamically developing Industry 4.0 environment holds considerable potential for the environment and thus also for the digital-ecological transformation of companies. In order to leverage this potential, goal-oriented action, active promotion and timely implementation at various levels are required. Based on the experiences and results of the present research project, various recommendations for action were formulated primarily for policymakers and the UBA (see Chapter 10). These were assigned to the following main recommendations for action:

- 1. Promotion of a reliable, standardised, interoperable data basis.**
- 2. Continuous harmonisation and further standardisation of environmentally relevant data.**
- 3. Further development of environmental data sets into AAS sub-models.**
- 4. Promotion of companies and science.**

The recommendations for action lay out, in detail, several options for actions that can be taken. The recommendations for action address different areas of action, starting with the data itself, data quality and interoperability, the harmonisation of data and reporting formats, activities in the area of standardisation and norming as well as Industry 4.0 models and their practice-oriented further development up to various funding instruments. Thus, on the basis of the project results and experiences, a wide range of options for action are presented, always with the aim of advancing the digital harmonisation and availability of environmentally relevant data in the context of Industry 4.0 and making an active contribution to the digital-ecological transformation.

1 Hintergrund und Zielsetzung

1.1 Hintergrund

Die Erhebung, Aufbereitung und Verfügbarmachung umweltrelevanter Daten und Informationen bildet eine wesentliche Grundlage zur Verbesserung des Umweltschutzes in Unternehmen sowie zur Verbesserung der Weiterverwendung umweltrelevanter Daten über die Unternehmensgrenzen hinaus. Konkret bedeutet dies, etablierte Entscheidungsprozesse sowie darüberhinausgehende taktische und strategische Fragestellungen und Berichtsformate durch die Bereitstellung und die Systematisierung abgesicherter umweltrelevanter Informationen zu unterstützen. Langfristig sollen Umweltthemen und -parameter automatisch in laufende Prozesse integriert sowie prozessübergreifend weiterverfolgt werden können.

Diese Entwicklungen werden gleichzeitig von der digitalen Transformation der Industrie und der daran gekoppelten Prozesse und Dienstleistungen überlagert. Die erwarteten Entwicklungen kommen hierbei einem Paradigmenwechsel gleich. Zu den primären Veränderungen zählen u. a. (Bitkom, 2017; Adolphs et al., 2016; Stock & Seliger, 2016; Wahlster, 2015):

- ▶ Auflösung der klassischen Produktionshierarchie von zentraler Steuerung hin zu dezentraler Selbstorganisation in modularen und hochflexiblen Produktions- und Dienstleistungsnetzwerken (Stichwort: „Platform Economy“),
- ▶ Intelligente und vernetzte Produkte entlang des gesamten Lebenszyklus,
- ▶ Aktive Unterstützung des Produktionsprozesses durch die Produkte selbst (Produkt als aktive Systemkomponente).

Derzeit schreitet die digitale Transformation stark voran, wobei die Bedeutung der Vernetzung in immer komplexer werdenden Produktions- und Wirtschaftsnetzwerken zunimmt. Beide stellen zunehmende Anforderungen an die Transparenz und Analysierbarkeit der eingesetzten Technologien und Systeme. In dieser Entwicklung stecken große Synergiepotenziale für die Erhebung, Sammlung und Analyse umweltrelevanter Daten. In einem Industrie 4.0-Umfeld werden sich die Geschäftsprozesse in Verbindung mit Daten, Information und Wissen grundlegend verändern (Beier et al., 2020). Beispielsweise sind die Gewährleistung einer erhöhten Transparenz und eine durchgängige Interoperabilität (*„die Fähigkeit, mit Dritten nahtlos zusammenzuarbeiten, Informationen auszutauschen, zu kooperieren und Dienste zur Verfügung zu stellen“*, (Bitkom, 2017), S. 6) innerhalb von Industrie 4.0-Produktionsnetzwerken eine Grundvoraussetzung für die Steuerung und Kontrolle sowie Fehleranalyse und Optimierung der eingesetzten Anlagentechnik (Bitkom, 2017). Die konsequente Umsetzung von Industrie 4.0-Produktionsnetzwerken bedingt daher, dass relevante Daten und Informationen vom Produktionsmodul bis zum IKT-System einsehbar und je nach Bedarf sowie mittels klar definierter Zugriffsrechte vorverarbeitet sind (SmartFactory, 2018). Aufgrund der derzeit heterogenen Basisdaten kommt der Standardisierung von Datenaustauschformaten eine wichtige Rolle zu (Beier et al., 2020).

Die Erfassung und Verfügbarmachung umweltrelevanter Daten in den oben beschriebenen Produktionsnetzwerken sind allerdings keine Automatismen. Oftmals werden mit den Anstrengungen zur Etablierung einer Industrie 4.0 unternehmerische Ziele verfolgt. Zu den Treibern für die progressive Umsetzung der Industrie 4.0 in Deutschland zählen hierbei u. a. (Wahlster, 2015):

- ▶ volatile Märkte und Kostendruck,
- ▶ steigende Bedeutung von Wertschöpfungsnetzwerken,

- ▶ kürzere Produktlebenszyklen,
- ▶ steigende Produktvarianz und
- ▶ Individualisierung und kleine Losgrößen.

Insbesondere der beobachtete Markttrend hin zu kürzeren Lebenszyklen ist aus Umweltgesichtspunkten (z. B. Verbrauch endlicher Ressourcen, Abfallentstehung) kritisch zu betrachten. Mit der Digitalisierung steigt zudem der Bedarf an internetfähigen Produkten, Sensoren, Netzinfrastrukturen und Rechenzentren, die bei der Produktion und der Nutzung Rohstoffe und Energie entlang globaler Produktions- und Lieferketten benötigen (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2020; Umweltbundesamt, 2019). Umso wichtiger erscheint es daher, Potenziale für die Umwelt zu realisieren, die die negativen Umweltauswirkungen dieses Trends sowie den ökologischen Fußabdruck der digitalen Techniken reduzieren oder gar ins Positive umkehren (z. B. Kreislaufwirtschaftsansätze, auftragsgesteuerte Produktion, Ressourceneffizienz).

Dennoch liegt der bisherige Forschungsschwerpunkt größtenteils auf der Flexibilisierung, Modularisierung und Optimierung von produktionstechnischen Anlagen sowie den damit verbundenen technischen, logistischen und betriebswirtschaftlichen Prozessen.

Eine verstärkte Einbeziehung von Prozessen, welche direkt (z. B. Abgasreinigung, Logistik, Entsorgung) oder indirekt (z. B. Konsumentenverhalten) an den eigentlichen Produktionsprozess gekoppelt sind oder diesem vor- bzw. nachgelagert sind, ist für die Erschließung von Umweltpotenzialen jedoch unabdingbar.

1.2 Ziele

Vor diesem Hintergrund soll das Forschungsvorhaben eine Grundlage für die zukünftige Ausschöpfung der Potentiale für die Umwelt anhand der Nutzung umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld schaffen. Dafür ist es notwendig, dass umweltrelevante Daten bei der zukünftigen Ausgestaltung der Industrie 4.0 von Anfang an über den gesamten Lebenszyklus mitgedacht werden können.

Besonders vielversprechende Synergieeffekte zwischen Industrie 4.0 und Umwelt finden sich in den Bereichen Ressourceneffizienz (Material und Energie), Sekundärrohstoffe und Recycling, Prozessketten und Nachverfolgbarkeit, Chemikalien und Gefahrstoffmanagement, Produkt- und Konsumenteninformation sowie Daten und Datenmanagement (Umweltbundesamt, 2019).

Wesentliche Ziele des Forschungsvorhabens sind

- ▶ die Identifikation vorhandener umweltrelevanter Daten mit Fokus auf die Industrie und eng damit verknüpfte Prozesse,
- ▶ die Überprüfung der identifizierten, umweltrelevanten Daten bezüglich ihrer Eignung in einem Industrie 4.0-Umfeld,
- ▶ die Identifizierung wiederkehrender und grundlegender Probleme bzw. Hindernisse im Umweltdaten- und Informationsmanagement in einem Industrie 4.0-Umfeld,
- ▶ die Ausarbeitung, Erprobung und Evaluation zweier Umweltdatensets mit den Bezugspunkten (Industrie-) Anlage und Produkt und
- ▶ die Ableitung von Handlungsempfehlungen für das UBA im Kontext der Industrie 4.0 und der Integration umweltrelevanter Daten.

2 Projekthinhalte und Vorgehensweise

Im vorliegenden Kapitel werden die wesentlichen Inhalte des Forschungsvorhabens vorgestellt sowie die hierzu gewählte Vorgehensweise.

In einem ersten Schritt wurden zunächst die Betrachtungsgrenzen für das Forschungsvorhaben festgelegt (siehe Kapitel 3). Diese beinhalten den fachlichen und geographischen Rahmen sowie die Eingrenzung der betrachteten umweltrelevanten Daten und Datenbezugspunkte. Im Zuge dessen wurden wesentliche Begrifflichkeiten beschrieben bzw. definiert, um ein einheitliches Verständnis sowohl im Projektteam als auch bei der Umsetzung des Forschungsvorhabens zu gewährleisten.

Um einen Überblick über weitere Forschungsaktivitäten im Kontext von Industrie 4.0 und umweltrelevanten Daten zu erhalten, die in Deutschland derzeit stattfinden oder bereits abgeschlossen sind, erfolgte hierzu eine dezidierte Recherche und Dokumentation, welche in Kapitel 4 dargestellt ist.

Des Weiteren wurden Entwicklungen der Industrie 4.0, vorhabenrelevante Grundlagen zu umweltrelevanten Daten und Umweltbewertungssystemen sowie Anforderungen an Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld recherchiert (siehe Kapitel 5). Darauf aufbauend erfolgte die Festlegung spezifischer Anforderungen an (umweltrelevante) Daten bezüglich ihrer Eignung in einem Industrie 4.0-Umfeld (siehe Kapitel A.1). Diese spezifischen Anforderungen dienten schlussendlich der Bewertung der im Rahmen einer umfangreichen Recherche rechtlicher Grundlagen und freiwilliger Umweltbewertungssysteme identifizierten umweltrelevanten Daten (siehe Kapitel 7).

Als zentrales Element des Forschungsvorhabens wurden mit einem Fokus auf Anlagen (Industriebetriebe und eng damit verknüpfte Prozesse) und Produkte und unter der Berücksichtigung von Emissionen, Schadstoffen, Energie, Ressourcen, Abfällen etc. die zu berichtenden und zu erhebenden umweltrelevanten Daten identifiziert (siehe Kapitel 6). Dies erfolgte basierend auf den verschiedenen Anforderungen auf gesetzlicher Ebene sowie unter Berücksichtigung der relevantesten Aspekte im Bereich des Umweltmanagements und der freiwilligen Offenlegung von nicht-finanziellen Informationen. Im Rahmen der Recherche wurden direkt und indirekt mit der Transformation zur Industrie 4.0 verbundene Prozesse und Dienstleistungen, d. h. vor- und nachgelagerte Prozesse, betriebsnahe Dienstleistungen und dazugehörige (Intra-)Logistik und Entsorgung mitbetrachtet. Ziel war es, bei den Unternehmen vorliegende umweltrelevante Primärdaten, die für unterschiedliche Zwecke (Auditierung, Monitoring, Reporting etc.) zu Informationen und Wissen aggregiert und allokiert werden, zu erheben. Es war allerdings nur begrenzt möglich festzustellen, wie und welche Primärdaten innerhalb von Unternehmen bereits erhoben werden. Deswegen wurde sich im Rahmen des Forschungsvorhabens auf die rechtlich hinterlegten Anforderungen zur Berichterstattung oder Erhebung von umweltrelevanten Daten konzentriert, welche seitens der Unternehmen erfüllt werden müssen. Dazu wurden relevante rechtliche Grundlagen identifiziert und daraus die umweltrelevanten Daten, welche aufgrund dieser Regularien von den Unternehmen zu erheben bzw. zu berichten sind (im Rahmen des Forschungsvorhabens als „Umweltdatenpunkte“ bezeichnet), mitsamt der dazugehörigen relevanten Kontextinformationen, herausgearbeitet (siehe Kapitel 6).

Bei der Identifizierung bzw. Auswahl der Umweltdatenpunkte wurde darauf geachtet, dass diese in den anvisierten Umweltdatensets bzw. perspektivisch dem Teilmodell Umwelt der Verwaltungsschale (VWS; Englisch: Asset Administration Shell, kurz AAS) zu einer Anlage oder zu einem Produkt dargestellt bzw. entsprechend aufbereitet werden können. Details zur Erarbeitung der Umweltdatensets sind in Kapitel 7 dargestellt. Die beiden so erarbeiteten Umweltdatensets,

eines zur Anlage, eines zum Produkt, wurden anschließend in Workshops jeweils mit dem Fokus auf Anlagen und auf Produkte mit Experten*Expertinnen aus der Industrie und dem industrienahe Umfeld diskutiert. Anschließend wurden die beiden Umweltdatensets aufbauend auf den Erkenntnissen der Workshops überarbeitet bzw. angepasst. Des Weiteren wurde das Umweltdatenset „Produkt“ hinsichtlich seiner Anwendbarkeit auf diverse Produktkategorien angefangen bei Stoffen und Gemischen, über Erzeugnisse verschiedener Art bis hin zu Verpackungen überprüft.

Mit dem Ziel der konkreten Ausgestaltung eines VWS-Teilmodells Umwelt und dessen Anwendung in einer Industrie 4.0 wurden darüber hinaus die im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens gewonnenen Erkenntnisse zu Umweltdaten und deren Eignung für Industrie 4.0-Systeme dem InterOpera¹³-Projekt übermittelt, welches auf eine standardisierte Umsetzung von Teilmodellen der VWS in der Praxis hinarbeitet.

Um ein möglichst realitätsnahes Bild über die aktuelle Lage bzgl. der Sammlung und Verwendung von umweltrelevanten Daten in der Industrie zu erhalten, wurden eine deutschlandweite, internetbasierte Umfrage bei Unternehmen (siehe Kapitel 8) sowie des Weiteren Interviews mit Experten*Expertinnen aus der Industrie und aus Behörden durchgeführt. Dabei wurden folgende Forschungsfragen berücksichtigt:

- ▶ Wo liegen welche Daten vor und in welcher Größenordnung?
- ▶ Sind die Daten frei verfügbar oder unterliegen sie spezifischen Zugriffsrechten? (z. B. Open Data, betriebsintern, Lizenzen)
- ▶ In welcher Struktur und digitalen Form liegen die Daten vor? (z. B. numerisch, standardisierter Datencode; Excel)
- ▶ Welchen Teilsystemen oder Bereichen sind die Daten zuzuordnen? (z. B. Produktionsprozess, Umwelttechnik, Qualitätsmanagement, Logistik, Einkauf)
- ▶ Welche der Umweltdaten sind besonders relevant bzw. entscheidungsrelevant? (z. B. für Prozesssteuerungen, Umweltbewertungen, Gefährdungseinschätzungen, Anpassungen in der Produktion oder dem Design eines Produkts)

Ergänzend wurden die im Rahmen des Forschungsvorhabens gewonnen Erkenntnisse anhand von Praxisbeispielen, welche in Zusammenarbeit mit Unternehmen durchgeführt wurden, überprüft und weiter vertieft (siehe Kapitel 9). Dabei galt es bspw., die Nachverfolgbarkeit umweltrelevanter Daten innerhalb von Datenketten zu prüfen, Datenlücken und -brüche sowie andere Defizite aufzuzeigen sowie entsprechende Lösungsvorschläge zu entwickeln. Ziel war es darüber hinaus, auftretende, neue Handlungsfelder sowie Hindernisse auf dem Weg zur Anwendung von umweltrelevanten Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld aufzuzeigen. Abschließend wurden basierend auf den im Rahmen des Forschungsvorhabens gewonnenen Erkenntnissen HE formuliert und eine Roadmap erstellt (siehe Kapitel 10).

¹³ <https://interopera.de> (10.07.2023)

3 Betrachtungsgrenzen

Das Feld der Industrie 4.0, umweltrelevanter Daten und deren Bezugsgrößen ist sehr umfangreich, weshalb im Rahmen des Vorhabens Betrachtungsgrenzen festgelegt und einige Begriffe bestimmt wurden.

Im Kontext dieses Forschungsvorhabens werden unter **umweltrelevanten Daten** sowohl die Daten, die einen direkten Umweltbezug haben (z. B. Messungen von Luftemissionen, Abfallmengen, gefährliche Inhaltsstoffe, Energieverbräuche), als auch die Daten, die nur indirekten Umweltbezug haben (z. B. Prozess- oder Umgebungstemperatur, Druck), verstanden und erst durch die intelligente Vernetzung mit anderen Daten Umweltrelevanz erlangen. Der Fokus lag dabei auf Primärdaten. Gemäß DIN EN ISO 14050:2021-04 (3.6.34)¹⁴ sind Primärdaten quantifizierte Werte eines Prozessmoduls oder einer Tätigkeit, die durch direkte Messung oder durch eine Berechnung auf der Grundlage direkter Messungen am Entstehungsort bestimmt werden. Neben Primärdaten umfassen umweltrelevante Daten jedoch auch Daten, die bereits aggregiert, ermittelt oder geschätzt wurden (DIN EN ISO 14050:2021-04). Für die Eignung umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld ist es förderlich, die Daten in ihrer größtmöglichen Auflösung verfügbar zu haben. Im Rahmen des Vorhabens wurden schlussendlich umweltrelevante Daten ausgewählt, die aufgrund rechtlicher Regularien berichtet oder erhoben werden müssen und bei denen davon ausgegangen wird, dass diese bei den betroffenen Unternehmen auf jeden Fall vorliegen.

Der geografische Betrachtungsrahmen beschränkt sich auf den europäischen Raum (**EU-27**) mit dem Schwerpunkt auf Deutschland – auch wenn sich die Ergebnisse auf andere Regionen transferieren lassen.

Betrachtet werden hauptsächlich **industrielle Tätigkeiten**, mit Schwerpunkt auf Industrieanlagen und industriell erzeugten Produkten, sowie den Aktivitäten entlang der Wertschöpfungskette von der Entstehung der Produkte bis hin zur Entsorgung, soweit es hierfür rechtliche Grundlagen oder auch freiwillige Berichtspflichten gibt, aufgrund derer umweltrelevante Daten berichtet oder erhoben werden. Anfangs wurden umweltrelevante Daten zu einer Vielzahl von Datenbezugspunkten (Anlage, Anlagenteil, Maschine, Prozess, Produkt, Material, Stoff etc.) recherchiert. Nachdem festgestellt wurde, dass es für (Industrie-)Anlagen im weiteren Sinne (umfasst teils auch Betriebseinrichtungen, Anlagenteile, Unternehmen) und für Produkte (umfasst auch Stoffe, Gemische, Verpackungen) in Bezug auf umweltrelevante Daten die meisten und weitgehendsten regulatorischen Vorgaben gibt, wurde der Betrachtungsrahmen für dieses Forschungsvorhabens auf die zwei Bezugspunkte Anlage und Produkt fokussiert.

Anlagen werden gemäß der Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (IED) und der Verordnung über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters (EG) Nr. 166/2006 (PRTR-Verordnung) als ortsfeste technische Einheit verstanden, in der eine oder mehrere der in Anhang I oder Anhang VII, Teil 1 der IED bzw. in Anhang I der PRTR-Verordnung genannten Tätigkeiten sowie andere unmittelbar damit verbundene Tätigkeiten am selben Standort durchgeführt werden, die mit den in den genannten Anhängen aufgeführten Tätigkeiten in einem technischen Zusammenhang stehen und die Auswirkungen auf die Emissionen und die Umweltverschmutzung haben können. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird unter Anlage eine ortsfeste technische Einheit verstanden, in der bestimmte industrielle Tätigkeiten durchgeführt werden sowie andere unmittelbar damit verbundene Tätigkeiten am selben Standort, welche in einem technischen Zusammenhang mit den industriellen

¹⁴ DIN steht für Deutsches Institut für Normung, EN für Europäische Norm, ISO für International Organization for Standardization.

Tätigkeiten stehen und die Auswirkungen auf die Emissionen und die Umweltverschmutzung haben können.

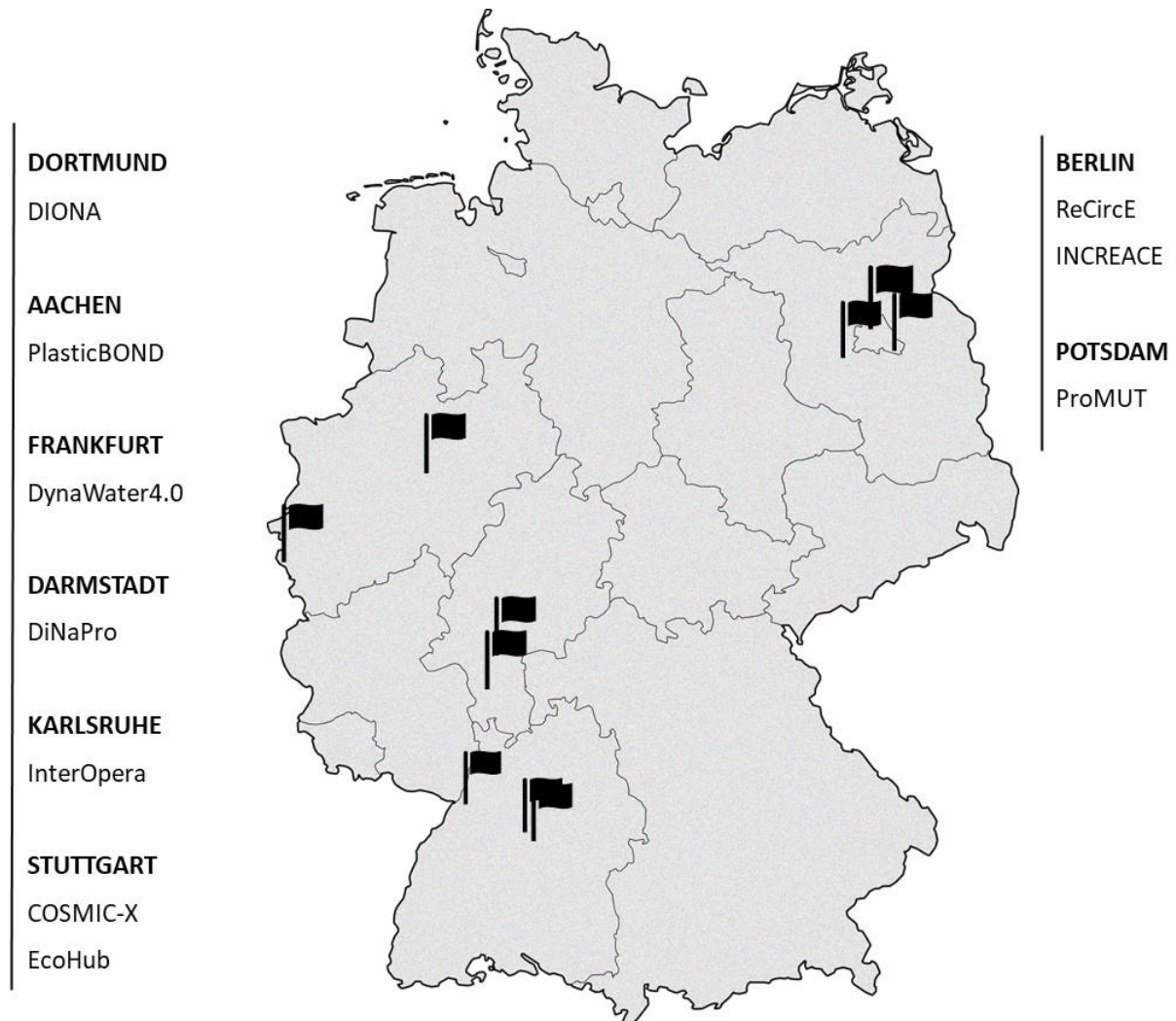
Die im Rahmen des Vorhabens identifizierten Umweltdatenpunkte beziehen sich teils auf die vorab definierte Anlage, des Weiteren aber auch auf Anlagenteile, Betriebseinrichtungen (ein oder mehrere Anlagen am gleichen Standort) und auch Unternehmen. In den Fällen, in denen sich die Umweltdatenpunkte auf mehr als eine Anlage beziehen, sollte geprüft werden, ob die Daten auch bezogen auf die jeweilige Anlagenebene berichtet bzw. entsprechend gekennzeichnet werden können.

Unter dem **Produkt** werden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens alle Waren verstanden, die auf dem europäischen Binnenmarkt zugelassen sind. In diesem Sinne umfasst dies die gesamte Produktvielfalt angefangen von Rohstoffen, Chemikalien, Materialien, über Erzeugnisse aller Art, Verpackungen, etc. bis hin zu komplexen Produkten.

4 Aktuelle Forschungsprojekte im Kontext umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld

Im Kontext umweltrelevanter Daten und Industrie 4.0 finden aktuell verschiedene Forschungsaktivitäten statt. Wenngleich an dieser Stelle kein umfassender Überblick über die derzeitige Forschungslandschaft zu diesem Themenkomplex gegeben werden kann, werden nachfolgend einige derzeit laufende oder kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben beschrieben. Abbildung 1 bietet eine Übersicht zu den nachfolgend beschriebenen Projekten.

Abbildung 1: Forschungslandkarte



Quelle: eigene Darstellung, MR PlanFabrik GmbH

COSMIC-X – Kollaborative Smart Services für industrielle Wertschöpfungsnetze in GAIA-X (Laufzeit: 10/2022 – 09/2024)

Ziel des Forschungsprojekts COSMIC-X ist es, auf Basis der GAIA-X-Infrastruktur weitere Anforderungen und Lösungen für den firmenübergreifenden Datenaustausch zu realisieren. Zu den untersuchten Herausforderungen gehört ein Nachweis für die Korrektheit der ausgetauschten Daten. Im Rahmen des Projekts werden drei konkrete Anwendungsfälle der Anwendungspartner analysiert und die Lösungen umgesetzt.¹⁵ Zunächst werden die Forschungspartner

¹⁵ <https://www.cosmic-x.de/project.html> (10.07.2023)

Workshops mit Nutzern veranstalten, um neue Anforderungen an die Datenspeicherung, -übertragung und -bereitstellung zu identifizieren. Die Technologiepartner werden dann aktuelle Technologien, wie Blockchain, Föderiertes Lernen und Containerisierung, als mögliche Lösungen untersuchen. In einem zweiten Schritt können Anforderungen sowie Lösungsvorschläge für andere Forschungsaktivitäten genutzt werden. Das Projekt soll den Umgang mit GAIA-X so gestalten, dass es mit überschaubarem Aufwand auch vom produzierenden Mittelstand nutzbar ist. Um eine projektbegleitende Übertragbarkeit auf den deutschen Mittelstand zu gewährleisten, werden bereits in der Projektlaufzeit Ergebnisse veröffentlicht. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte COSMIC-X Projekt wird von Schwäbische Werkzeugmaschinen, HAWE Hydraulik, Krohne Innovation, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart, Institut für Data Science, Cloud Computing und IT-Sicherheit (IDACUS) der Hochschule Furtwangen, Datarella, inovex und Stackable umgesetzt.

DiNaPro – Modellbasierte Digitalisierung nachhaltiger Produktionsnetzwerke entlang des Produktlebenszyklus (Laufzeit: 07/2021 – 06/2024)¹⁶

Das Forschungsprojekt zielt darauf ab, durch die Entwicklung eines einheitlichen Datenmodells und Datenaustauschformats in Form einer integralen digitalen Zwilling-Technologie die ökologische Nachhaltigkeit im Produktentstehungsprozess zu optimieren. Die Anwendung von der integralen digitalen Zwilling-Technologie sollte möglichst vielfältig sein und eine universelle Anwendbarkeit gewährleisten. Mithilfe von Assistenzsystemen werden die Überwachung und Kontrolle der Nachhaltigkeit ermöglicht¹⁷. Um das Ziel zu erreichen, besteht das Projekt aus vier Phasen. In der ersten Phase wird sich auf die Anforderungsanalyse, die die Entwicklung der technischen Voraussetzungen und des anwendungsspezifischen Datenmodells enthält, konzentriert. Die Grundlage für die theoretische Modellierung wird in der zweiten Phase erarbeitet. In der dritten Phase kommt schließlich das Datenmodell zum Einsatz, wobei die Assistenzsysteme weiterentwickelt und in die Anwendung gebracht werden. In der vierten Phase werden die Funktionslücken in digitalen Zwilling-Technologien durch Anpassungen des Datenmodells geschlossen. Das vom BMBF geförderte Vorhaben wird vom Fachgebiet Product Life Cycle Management (PLCM) sowie dem Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt, Heidelberger Druckmaschinen, DSC Software AG, etalytics energy intelligence, dem Kompetenzzentrum für Industrielösungen GFT, Munsch und Opel bearbeitet.

DIONA – Digitales Ökosystem für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft in der Automobilindustrie (Laufzeit: 10/2022 – 09/2025)

Ziel des DIONA-Projekts ist die Entwicklung eines MobilKreis-Digital-Hub der als Innovationszentrum und Anlaufstelle dient und interdisziplinäre Zusammenarbeit fördern soll, um die zirkuläre Wertschöpfung in der Automobilindustrie aufzubauen. Geförderte Verbundprojekte werden vernetzt, um wesentliche Forschungsergebnisse als anwendungsorientierte Methoden und Werkzeuge über den MobilKreis-Digital-Hub medienübergreifend in Unternehmen verfügbar zu machen. Der Schwerpunkt liegt auf den drei Bereichen “Digital Hub, Transfer und Vernetzung”, “Methoden- und Werkzeugbaukasten” sowie “gesellschaftliche und wirtschaftliche Implikationen”.¹⁸ Die Konzeption, die Entwicklung und der Betrieb des digitalen Zentrums beruhen auf regelmäßigen Veranstaltungen, aktiver Vernetzung, wissenschaftlicher Sichtbarkeit und systematischem Ergebnistransfer. Es werden auf Metaforschung basierende Methoden- und

¹⁶ https://www.ptw.tu-darmstadt.de/forschung_ptw/mip/projekte_mip/dinapro_1/index.de.jsp (10.07.2023)

¹⁷ <https://www.dinapro.de> (10.07.2023)

¹⁸ <https://diona-hub.de/> (10.07.2023)

Werkzeugbaukästen sowie wissenschaftliche und praxisorientierte Artefakte entwickelt, um Leitlinien für die Umsetzung einer nachhaltigen Wertschöpfung zu entwerfen. Zudem werden die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Anpassungen für eine nachhaltige Wertschöpfung untersucht. Das vom BMBF geförderte DIONA-Projekt wird von der Technischen Universität Chemnitz und der Technischen Universität Dortmund bearbeitet.

DynaWater 4.0 – Dynamische Wertschöpfungsnetzwerke durch digitale Kollaboration zwischen industriellem Wassermanagement und Produktion (Laufzeit: 12/2018 – 06/2022)

Das Ziel des Forschungsprojekts war es, Sensornetze, Datenplattformen, Komponenten von industriellem Wassermanagement und industrieller Produktion basierend auf dem Konzept von “IndustrieWasser 4.0” miteinander zu vernetzen.¹⁹ Die Arbeit von DynaWater 4.0 zeigt, dass die Vorteile digitaler Unterstützungssysteme auch in der industriellen Wasserwirtschaft offensichtlich sind. Im Zuge von der Digitalisierung sollte auch die Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR) modernisiert oder erweitert werden.²⁰ Die Ergebnisse werden anhand konkreter Beispiele aus der Chemie-, Stahl-, und Kosmetikbranche vorgestellt und bewertet. Im Bereich Chemie war das Ziel, ein industriell anwendbares Netzwerkkonzept zur Optimierung der Abwasserreinigung und der dynamischen Produktion am Beispiel der chemischen Produktion zu erstellen. Für den Stahlbereich wurde ein Prognosetool realisiert, um Prozesswassermengen für zweistufige Behandlungsanlagen zu prognostizieren und die Produktion und Prozesswasserbehandlung zu flexibilisieren. Zur Demonstration in der Kosmetikbranche wurde für die Anlage der Firma Kneipp ein digitaler Zwilling entwickelt, um Echtzeitdaten über die Produktion zu liefern. Das vom BMBF geförderte DynaWater 4.0-Projekt wurde von DECHEMA, der TU Berlin, dem VDEh-Betriebsforschungsinstitut, EnviroChemie, dem Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS), dem Institut für Automation und Kommunikation, Evonik Technology & Infrastructure, Deutsche Edelstahlwerke und MEWA Textil Management durchgeführt.

EcoHub – Serviceorientierter Hub zur Verwertung von Nachhaltigkeitsinformation für produzierende Unternehmen (Laufzeit: 07/2021 – 06/2024)

Das Forschungsprojekt EcoHub hat zum Ziel, eine prototypische Nachhaltigkeitsplattform aufzubauen und die Nutzung von Nachhaltigkeitsdaten durch ein einheitliches Datenmanagement zu erleichtern. Damit lassen sich die Nachhaltigkeitsdienstleistungen wie Lebenszyklusanalysen (Englisch: Life Cycle Assessment, kurz LCA), Materialflusskostenrechnungen und Berichtswesen umsetzen.²¹ Unternehmensübergreifender Austausch von Nachhaltigkeitsdaten eröffnet zusätzliche Potenziale. Der Schwerpunkt des Projekts liegt auf der praktischen Entwicklung der EcoHub-Plattform unter Beteiligung zahlreicher Unternehmen. Um dies zu gewährleisten, werden zehn verschiedene Anwendungsfälle aus dem Maschinen-/Anlagenbau, der Lebensmittel-, Chemie- und Prozessindustrie empirisch untersucht und bilanziert. Ziel ist es, die Energie- und Materialeffizienz der Unternehmen zu steigern und weitere sozioökonomische Faktoren der Produktion zu verbessern. Durch die Anwendungsfälle werden die Anforderungen an die Plattform abgeleitet. Nach der Evaluierung und Validierung wird der Prototyp einer EcoHub-Plattform erstellt, auf der Nachhaltigkeitsdaten gespeichert und verschiedenen Diensten zur Verfügung gestellt werden. Das datengestützte Nachhaltigkeitsmanagement soll eine Grundlage für zukunftsfähige Unternehmensentwicklung bieten. Der EcoHub wird von Apium Additive Technologies, Arla Foods Deutschland, ConAct, Feindrahtwerk Adolf Edelhoff, Kessler, Hochwald Food,

¹⁹ <https://dynawater.de> (10.07.2023)

²⁰ https://dynawater.de/DynaWater4_0-p-1/_/DynaWater_Newsletter_022022_HQ.pdf (10.07.2023)

²¹ https://www.ipa.fraunhofer.de/de/referenzprojekte/Serviceorientierter_Hub_Verwertung_Nachhaltigkeitsinformation_EcoHub.html (10.07.2023)

Invisium, Modular Robotics, PNZ-Produkte, BAHMÜLLER und dem Wuppertal Institut umgesetzt und wird vom BMBF gefördert.

INCREASE-Project – Verstärkte Verwendung von recycelten Kunststoffen in Elektronik-Produkten (Laufzeit: 06/2022 –05/2026)

Das Projekt zielt darauf ab, die Verwendung von recycelten Kunststoffen in vielen Produkten durch innovative und interdisziplinäre Lösungen entlang der Recycling-Wertschöpfungskette zu erhöhen.²² Dazu werden die Projektpartner neue datengesteuerte Sortierlösungen entwickeln, um zu verhindern, dass potenziell gefährliche Stoffe in das Kunststoffrecyclingsystem gelangen. Außerdem werden komplementäre Recyclingtechnologien (mechanisch, chemisch und lösungsmittelbasiert) kombiniert.²³ INCREASE setzt auf einen innovativen Blockchain-Ansatz zur Rückverfolgung von Materialien. Durch die Verwendung von recycelten Kunststoffen aus Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE) wird das INCREASE-Projekt in Bereichen ansetzen, in denen die Verwendung von recycelten Kunststoffen heute nur marginal ist. Das Projekt konzentriert sich auf fünf Anwendungsfälle: Lebensmittelkontakt, Medizinanwendungen, Elektrostatische Entladung und UL94-Entflammbarkeitsnormen und Hightech-Kunststoffkomponenten in Elektro- und Elektronikgeräten. Durchführt wird das von der EU geförderte Projekt vom Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Vlaamse instelling voor technologisch onderzoek, der Katholieke Universität Leuven, der Pezy Group und weiteren Partnern durchgeführt.

InterOpera – Eine standardisierte Umsetzung von Teilmodellen der Verwaltungsschale in der Praxis (Laufzeit: 03/2021 – 08/2023)

Das Ziel des Forschungsvorhabens InterOpera ist die Entwicklung von 50 konkreten, praktikablen und interoperablen Teilmodellen der VWS entlang des RAMI 4.0 (Referenzarchitekturmodells Industrie 4.0) für möglichst viele Geschäftsprozesse.²⁴ Die Entwicklung von Teilmodellen wird unter Einbeziehung von Expertengruppen zur Bereitstellung von Best Practice für die deutsche Industrie und Industrie 4.0-nahe Organisationen durchgeführt. InterOpera bietet eine Erprobungsplattform und Kontaktbörse für Teilmodell-Aspekte. Workshops und Trainings über VWS-Teilmodelle werden durchgeführt und die Anzahl technischer Experten*Expertinnen für die Erstellung der Teilmodelle erhöht. Die Standardisierung von Teilmodellen und die Interoperabilität über Unternehmen, Lebenszyklen und Geschäftsprozesse hinweg sollen eine flexiblere Produktion ermöglichen und die Ressourceneffizienz erhöhen. Das Projekt soll die Akzeptanz für die VWS erhöhen und Kunden sollen zukünftig aktiv bei der Entwicklung mitwirken können. Teilmodelle sind (u. a.) digitale Typenschilder für Lasergraviermaschinen, Umweltdaten für Produkte und vorausschauende Wartung. Die Umsetzung des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderten Projektes liegt beim Steinbeis Europa Zentrum, dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) und dem Standardization Council Industrie 4.0 (SCI 4.0).

PlasticBOND – Ganzheitliche Bewertung und Optimierung der Nachhaltigkeit von Kunststoff-Werkstoffkreisläufen mit Methoden der Digitalisierung (Laufzeit: 07/2021 – 06/2024)

Das Ziel des Forschungsprojekts PlasticBond ist es, einen Beitrag zur ganzheitlichen Bewertung und Optimierung der Nachhaltigkeit von Kunststoff-Werkstoffkreisläufen mit Methoden der Digitalisierung zu leisten. Hierbei sollen v. a. eine ökologische Optimierung von Kunststoffverpackungen sowie mehr Transparenz hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten von Rezyklaten erreicht

²² https://www.izm.fraunhofer.de/de/news_events/tech_news/europaeisches-projekt-zur-verstaerkten-verwendung-von-recycelten-kunststoffen-in-elektronik-produkten-gestartet.html (10.07.2023)

²³ <https://increase-project.eu/about-us> (10.07.2023)

²⁴ <https://interopera.de> (10.07.2023)

werden. Grundlage dafür ist der manipulationssichere Austausch von Prozess- und Materialdaten innerhalb eines kollaborativen Netzwerks mit entsprechenden Kooperationsmodellen, so dass alle Beteiligten über die benötigten spezifischen Informationen verfügen. In Anlehnung an den Materialpass der Plattform Industrie 4.0 werden Produkt- und Prozessdaten aus jeder Stufe des Produktlebenszyklus gespeichert. Dies ermöglicht die Nachverfolgung von definierten Materialien und unterstützt somit die Wiederverwendung. Weitere Anwendungsfälle sind die Verbesserung von Recycling-Produkten und -Verfahren, die Optimierung der Umweltverträglichkeit von Verpackungen (z. B. Kohlenstoff-Fußabdruck) oder die Einhaltung der erweiterten Herstellerverantwortung (Extended Producer Responsibility).²⁵ Das vom BMBF geförderte Projekt wird vom Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) der RWTH Aachen, Carbon Minds, Reifenhäuser, Arburg, Brückner, Intersloh, Henkel und Pöppelmann durchgeführt.²⁶

ProMUT – Nachhaltigkeitsmanagement 4.0 (Laufzeit: 06/2018 – 05/2023)

Primäres Ziel des Forschungsvorhabens ProMUT ist es, entlang des gesamten Produktlebenszyklus die durch Digitalisierung industrieller Prozesse entstehenden Potentiale für das betriebliche Nachhaltigkeitsmanagement zu identifizieren und zu evaluieren. Das Projekt ist in insgesamt vier Arbeitspakete unterteilt. Im ersten Paket soll analysiert werden, wie die anfallenden Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld für ein betriebliches Nachhaltigkeitsmanagement durchgängig und fortlaufend verfügbar und nutzbar gemacht werden können (Beier et al., 2020). Das zweite Arbeitspaket behandelt den Menschen in der digitalisierten Produktion. Ziel des dritten Arbeitspakets ist es, eine intelligente Übertragung der Daten von den Fertigungssystemen in das jeweilige Umweltinformationssystem zu ermöglichen (RIFS Potsdam, 2023). Im vierten Paket wird das digitalisierte Nachhaltigkeitsreporting und Compliance behandelt.²⁷ Als Ergebnis soll daraus ein Gesamtkonzept für ein verbessertes Nachhaltigkeitsmanagement in einer digitalisierten Produktion entwickelt werden (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2019). Das vom BMBF geförderte Projekt wird vom IASS und dem Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik der Universität Potsdam bearbeitet.

ReCircE – Digital Lifecycle Record for the Circular Economy (Laufzeit: 10/2020 – 09/2023)

Das Forschungsvorhaben Digital Lifecycle Record for the Circular Economy (ReCircE) hat zum Ziel, mit mithilfe künstlicher Intelligenz das Sortierverfahren für Kunststoffabfälle zu verbessern²⁸. Hierzu wird das Sortierverfahren in der Praxis erprobt, sodass die Potentiale künstlicher Intelligenz für die Kreislaufwirtschaft aufgezeigt und die Ergebnisse ggf. auch auf andere Branchen angewendet werden können. Das Projekt schließt die Nutzung KI-gestützter Systeme zur Informationsgewinnung und zur Verbesserung des Recyclingverfahrens von Produkten mit möglichen Schadstoffgehalten und großer Materialvielfalt ein. Ein weiteres Ziel ist die Entwicklung eines digitalen Produktpasses für eine Förderung der Transparenz der Produktlebenszyklen und eine Verbesserung der Kreislaufwirtschaft²⁹. Es sollen benutzerfreundliche, open source Ressourceneffizienz-Tools zum Vergleich und zur Optimierung unterschiedlicher Varianten der Produktgestaltung, Wertschöpfungsketten und Recyclingverfahren entwickelt und veröffentlicht werden. Das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) geförderte Projekt ReCircE wird von GreenDelta, dem Deutschen

²⁵ <https://www.uni-potsdam.de/de/wiso/forschung/forschungsprojekte/nachhaltigkeitsmanagement-40-transformative-potentiale-digital-vernetzter-produktion-fuer-mensch-umwelt-und-technik-promut> (10.07.2023)

²⁶ <https://nachhaltigkeitslandschaft.rwth-aachen.de/activities/plasticbond-ganzheitliche-bewertung-und-optimierung-der-nachhaltigkeit-von-kunststoff-werkstoffkreislaufen-mit-methoden-der-digitalisierung> (10.07.2023)

²⁷ <https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/nachwuchsfoerderung-sozial-oekologische-forschung/promut.php> (10.07.2023)

²⁸ <https://www.greendelta.com/project/recirce/> (10.07.2023)

²⁹ <https://www.z-u-g.org/foerderung/ki-leuchttuerme-fuer-umwelt-klima-natur-und-ressourcen/projekt/recirce/> (10.07.2023)

Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), den Circular Economy Services, der Technischen Universität Darmstadt sowie dem Fraunhofer- Institut für Werkstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie (IWKS) bearbeitet.

Eine Übersicht über alle betrachteten Forschungsprojekte und ihrer relevanten Eckdaten ist in Tabelle 3 dargestellt. Dabei unterteilt sich die Tabelle in Projekt, Projektziel, Ansatz, Konsortium/ Forschungsteam, Laufzeit, Fördermittelgeber und Link.

Tabelle 3: Übersicht über aktuelle und kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben im Kontext umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld

Projekt	Projektziel	Ansatz	Konsortium/ Forschungsteam ¹	Laufzeit	Fördermit- telgeber	Link
COSMIC-X ²	Nutzung der GAIA-X Infrastruktur, um weitere Anforderungen bei einem firmen-übergreifenden Datenaustausch zu definieren und Lösungen umzusetzen	Analyse drei konkreter Anwendungsfälle und Realisierung von Szenarien; Definition neuer Anforderungen an Datenhaltung, -übertragung und -bereitstellung; Untersuchung aktueller Technologien wie Blockchain, Förderiertes Lernen und Containerisierung als mögliche Lösungsansätze hinsichtlich Anwendbarkeit	Schwäbische Werkzeugmaschinen GmbH, HAWE Hydraulik SE, Krohne Innovation GmbH, Universität Stuttgart – ISW, Hochschule Furtwangen – IDACUS, Datarella GmbH, inovex GmbH, Stackable GmbH	Oktober 2022 bis September 2024	BMBF ³	www.cosmic-x.de
DiNaPro ⁵	Entwicklung einer integralen Digitalen Zwilling-Technologie zur Optimierung der ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit in der Produktion	Modellbasierte Digitalisierung nachhaltiger Produktionsnetzwerke entlang des Produktlebenszyklus; anhand von Assistenzsystemen werden Daten aus allen Produktlebensphasen zur Verbesserung der Entscheidungsqualität in verschiedenen Anwendungsfällen gesammelt und ausgewertet	PLCM ⁶ , PTW ⁷ , Heidelberger Druckmaschinen, DSC Software AG, etalytics GmbH, GFT ⁸ , Munsch, Opel	Juli 2021 bis Juni 2024	BMBF ⁹	www.dinapro.de
DIONA ¹⁰	Aufbauen eines MobilKreis-Digital-Hub zur kreislauffähigen Wertschöpfung in der Automobilindustrie	Regelmäßige Aktivitäten, aktive Vernetzung, Aufbau wissenschaftlicher Sichtbarkeit und systematischer Transfer von Ergebnissen; Entwicklung von Methoden- und Werkzeugbaukasten; Untersuchung der notwendigen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Anpassungen	Technische Universität Dortmund, Technische Universität Chemnitz	Oktober 2022 bis September 2025	BMBF ⁹	diona-hub.de ¹¹
DynaWater 4.0 ¹²	Vernetzung der Sensornetze, Datenplattformen,	Verbindung von Sensornetze/ Datenplattformen sowie Komponenten (MSR ¹³ & Wassertechnik) für eine	DECHEMA, TU Berlin, BFi ¹⁴ , EnviroChemie GmbH, Fraunhofer-	Dezember 2018 bis Juni 2022	BMBF ⁹	dynawater.de

Projekt	Projektziel	Ansatz	Konsortium/ Forschungsteam ¹	Laufzeit	Fördermit- telgeber	Link
EcoHub ²⁰	Komponenten von industriellem Wassermanagement und industrieller Produktion	dynamische Vernetzung von industriellem Wassermanagement und industrieller Produktion; Demonstration der Ergebnisse an konkreten Beispielen; Aufzeigen der Verwertbarkeit über die Branchen im Projekt hinaus	Institut ¹⁵ , ifak ¹⁶ , EVO-NIK ¹⁷ , Deutsche Edelstahlwerke ¹⁸ , MEWA ¹⁹	Juli 2021 bis Juni 2024	BMBF ⁹	lpa.fraunhofer.de ²¹
	Aufbau eines Prototyps einer Nachhaltigkeitsplattform und einfachere Nutzbar-machung von Nachhaltigkeitsdaten für Unternehmen durch ein einheitliches Datenmanagement	Zehn unterschiedliche Anwendungsfälle aus den Branchen Maschinen-/ Anlagenbau, Lebensmittel-, Chemie- und Prozessindustrie werden empirisch untersucht und bilanziell begleitet; Ableitung von Anforderungen an die Plattform sowie prototypische Entwicklung, Evaluierung und Validierung mit Realdaten aus den Anwendungsfällen	Apium Additive Technologies, Arla Foods Deutschland, ConAct, Feindrahtwerk Adolf Edelhoff, Kessler, Hochwald Foods, Invisium, Modular Robotics, PNZ-Produkte, BAHMÜLLER, Wuppertal Institut			
INCREASE ²²	Erhöhung des Anteils recycelter Kunststoffe in neuen Produkten	Entwicklung datenbasierter Sortiersysteme, um potenziell gefährliche Stoffe im Kreislauf zu verhindern; Verwendung eines Blockchain-Ansatzes und Validierung des Konzepts; Analyse der Auswirkungen systematischer Transformationen in der Kunststoffindustrie; Bestimmung der technischen Anforderungen; Identifizierung Recyclingtechnologien	Fraunhofer IZM ²³ , Fraunhofer IVV ²⁴ , VITO ²⁵ , Katholieke Universiteit Leuven, Pezy Group, Plastika Skaza, Vorwerk Elektrowerke GmbH, Neste Oyj, Partners for Innovation, Mirec, Cabka Spain Sociedad Limitada, PAS Deutschland, Universität Maastricht, SAP, E-GEN, Philips Electronics Nederland, Erion Compliance Organization, ETH Zürich	Juni 2022 bis Mai 2026	Europäische Union	increace-project.eu

Projekt	Projektziel	Ansatz	Konsortium/ Forschungsteam ¹	Laufzeit	Fördermittelgeber	Link
InterOpera	Entwicklung von 50 konkreten, praktikablen und interoperablen Teilmodellen der VWS ²⁶ entlang RAMI 4.0 ²⁷ für möglichst viele Geschäftsprozesse	Standardisierung VWS ²⁶ in der Praxis; Zusammenarbeiten der Forschenden; Durchführung der Teilmodelle	SEZ ²⁸ , Fraunhofer IPA ²⁹ , SCI 4.0 ³⁰	März 2021 bis August 2023	BMW ³¹	interopera.de
Plastic-BOND ³²	Etablierung eines Kooperationsnetzwerks und einer digitalen Nachhaltigkeitsplattform für Akteure*Akteurinnen aus der Kunststoffindustrie	Ausgestaltung der Plattform mit Schwerpunkten auf der Datenverwaltung (inkl. Datenqualität, -hoheit, -integrität und -sicherheit) und Erhebung der richtigen Daten; Teilen der notwendigen Aggregationsstufen der Prozess-, Energie-, Stoff-, Nutzungs- und Zusammensetzungsdaten; Nutzung von Standards und Aufbau noch offener Standards auf Datenformat-/ Schnittstellen- und Plattformebene (GAIA-X); Entwicklung von vier plattformbasierten Anwendungsfällen	IKV ³³ , Carbon Minds, Reifenhäuser, Arburg, Brückner, Intersloh, Henkel, Pöppelmann	Juli 2021 bis Juni 2024	BMBF ⁹	ikv-aachen.de ³⁴
ProMUT ³⁵	Identifikation und Evaluation der durch Digitalisierung industrieller Prozesse entstehenden Potenziale für das betriebliche Nachhaltigkeitsmanagement entlang des Produktlebenszyklus	Bearbeitung eines breiten Spektrums an Forschungsfragen aus unterschiedlichen Disziplinen in Zusammenarbeit mit Vertretern*Vertreterinnen aus Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft anhand vielfältiger Methoden und Ansätze	IASS ³ , Uni Potsdam	Juni 2018 bis Mai 2023	BMBF ⁹	iass-potsdam.de ³⁶

Projekt	Projektziel	Ansatz	Konsortium/ Forschungsteam ¹	Laufzeit	Fördermit- telgeber	Link
ReCircE ³⁷	Verbesserung der Ressourceneffizienz von Stoffkreisläufen	Verbindung einer digitalen Produktbeschreibung („Lebenszyklusakte“) mit intelligenter und durch KI ³⁸ -gestützte Sortierungstechnologien	GreenDelta, DFKI ³⁹ , CIRECON ⁴⁰ , TU Darmstadt ⁴¹ , Fraunhofer IWKS ⁴²	Oktober 2020 bis September 2023	BMUV ⁴³	recirce.de

¹assoziierte Partner sind nicht aufgeführt, ²Kollaborative Smart Services für industrielle Wertschöpfungsnetze in GAIA-X, ³Institute for Advanced Sustainability Studies, ⁵Modellbasierte Digitalisierung nachhaltiger Produktionsnetzwerke entlang des Produktlebenszyklus, ⁶Product Life Cycle Management, Technische Universität Darmstadt, ⁷Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen, Technische Universität Darmstadt, ⁸Kompetenzzentrum für Industrielösungen, ⁹Bundesministerium für Bildung und Forschung, ¹⁰Digitales Ökosystem für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft in der Automobilindustrie, ¹¹<https://diona-hub.de/>, ¹²Dynamische Wertschöpfungsnetzwerke durch digitale Kollaboration zwischen industriellem Wassermanagement und Produktion, ¹³Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik, ¹⁴VDEh-Betriebsforschungsinstitut, ¹⁵Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme, ¹⁶Institut für Automation und Kommunikation, ¹⁷Evonik Technology & Infrastructure GmbH, ¹⁸Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel GmbH & Co. KG, ¹⁹MEWA Textil-Management (assoziierte Partner), ²⁰Serviceorientierter Hub zur Verwertung von Nachhaltigkeitsinformation für produzierende Unternehmen, https://www.ipa.fraunhofer.de/de/referenzprojekte/Serviceorientierter_Hub_Verwertung_Nachhaltigkeitsinformation_Eco-Hub.html, ²²Verstärkte Verwendung von recycelten Kunststoffen in Elektronik-Produkten, ²³Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, ²⁴Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, ²⁵Vlaamse instelling voor technologisch onderzoek, ²⁶Asset Administration Shell (AAS), ²⁷Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0, ²⁸Steinbeis Europa Zentrum, ²⁹Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, ³⁰Standardization Council Industrie 4.0, ³¹Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, ³²Ganzheitliche Bewertung und Optimierung der Nachhaltigkeit von Kunststoff-Werkstoffkreisläufen mit Methoden der Digitalisierung, ³³Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) der RWTH Aachen, ³⁴<https://www.ikv-aachen.de/forschung/leitthemen/kreislaufwirtschaft> (10.07.2023), ³⁵Produktion für Mensch, Umwelt und Technik, ³⁶<https://www.iass-potsdam.de/de/forschung/nachwuchsgruppe-promut-nachhaltigkeitsmanagement-40-transformative-potentiale-digital> (10.07.2023), ³⁷Digital Lifecycle Record of the Circular Economy, ³⁸Künstliche Intelligenz, ³⁹Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, ⁴⁰Circular Economy Services, ⁴¹Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft (SuR), ⁴²Fraunhofer-Institut für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie, ⁴³Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

5 Grundverständnis der Industrie 4.0 mit Bezug zu umweltrelevanten Daten

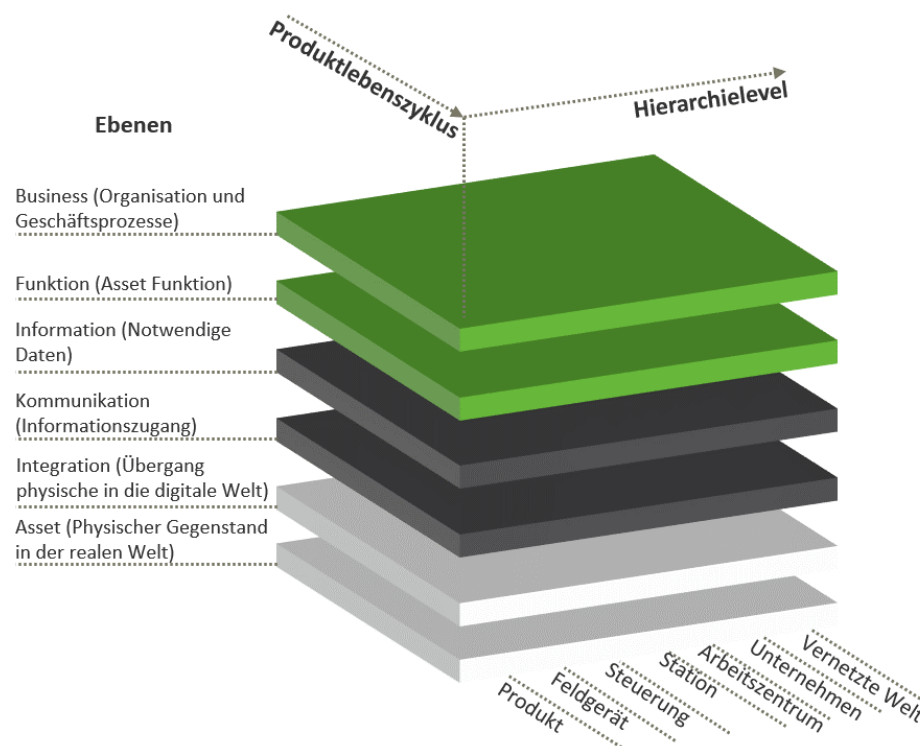
5.1 Grundverständnis Industrie 4.0

Im Folgenden werden Bausteine der Industrie 4.0 vorgestellt, bei denen aktuell grundlegende Normungs- und Standardisierungsaktivitäten verzeichnet werden. Hierzu zählen das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0), die VWS sowie die Lebenslaufakte. Dabei werden jeweils Bezüge zu umweltrelevanten Daten hergestellt.

5.1.1 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0

RAMI 4.0 definiert sieben Hierarchiestufen („Hierarchy Levels“), welche die Granularität (Auflösungsebene) von Industrie 4.0-Produktionssystemen konzeptionell abbilden (siehe Abbildung 2). Weiterhin werden sechs verschiedene Ebenen („Layers“) definiert, anhand derer die unterschiedlichen Komponenten (z. B. Produkte) hinsichtlich physischer und informationstechnischer Aspekte beschrieben werden. Die Beschreibung von Komponenten mittels Daten (z. B. umweltrelevante Daten) ist demzufolge in der Schicht „Information“ verortet. Die dritte Dimension des Referenzarchitekturmodells definiert das Objekt oder die Komponente über Informationen und Daten mit eindeutiger Zuordnung zu einem bestimmten Ort oder Zeitpunkt. Durch die Betrachtung aus Sicht des Produktlebenszyklus („Life-Cycle & Value Stream“) wird eine für umweltrelevante Daten essenzielle Betrachtungsweise bereits systematisch und generisch verankert.

Abbildung 2: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 nach DIN SPEC 91345



Quelle: eigene Darstellung basierend auf DIN e. V. und DKE (2020), Ramboll Management Consulting

Der sog. „RAMI-Würfel“ ist ein Modell, das alle Prozesse und Themen in einem Industrie 4.0-System (z. B. gesamtes Fertigungsunternehmen oder nur einzelne Fertigungslinie) und deren IT-Belange in einen Zusammenhang bringt. Der Würfel unterstreicht den vertikalen und horizontalen Integrationsgedanken, welcher elementar für die Verknüpfung umweltrelevanter Daten ist.

Dies soll eine integrierte Datenbasis, kombiniert mit einer durchgehenden Digitalisierung der Informationen, ermöglichen.

Normungs- und Standardisierungsaktivitäten: RAMI 4.0

Das **RAMI 4.0** schafft ein gemeinsames Verständnis und dient als Rahmen zur Festlegung von Mindestanforderungen und zur Klassifizierung von Anwendungen im industriellen Umfeld. Im Allgemeinen dient die Modellierung von Referenzarchitekturen der Systematisierung und vereinfachten Darstellung grundlegender und zumeist komplexer Strukturen und Funktionen. In diesem Kontext bietet die Normung ein standardisiertes Rahmenwerk, welches die Konformität unterschiedlicher technischer Komponenten sicherstellt – und dies herstellerübergreifend. Auf diese Weise wird ein effizienter Datenaustausch im industriellen Umfeld ermöglicht.

RAMI 4.0 wurde bereits im Jahr 2016 als **DIN SPEC 91345** veröffentlicht. Aufgrund der fundamentalen Bedeutung für die Weiterentwicklung von Industrie 4.0 wurde der nationale Standard weltweit in die Gremien getragen und als internationale **IEC PAS 63088**³⁰ herausgebracht. Um Modelle wie RAMI 4.0, aber auch weitere Normungsaktivitäten der unterschiedlichen Länder im Bereich Industrie 4.0 zu bündeln und konsistent zu gestalten, hat sich die ISO/IEC Joint Working Group 21 (ISO/IEC JWG 21) konstituiert. So wurde zuletzt mit der Erarbeitung des Technical Reports (TR) „A Meta-modelling analysis approach to Smart Manufacturing Reference Models (SMRM)“ bei IEC/TC 65/JWG 21 der Grundstein gelegt, um eine gemeinsame Strategie zur Harmonisierung der aktuellen Normen für Referenzarchitekturen zu entwickeln.

5.1.2 Verwaltungsschale

Allgemein setzen sich sog. Industrie 4.0-Komponenten aus einem sog. „Asset“, d. h. einem „Gegenstand, der einen Wert für eine Organisation hat und der auf Grund dessen individuell verwaltet wird“ (Fraunhofer IOSB, 2022) und seiner virtuellen Repräsentation bzw. digitalen Abbildung, der sog. Verwaltungsschale (VWS; Englisch: Asset Administration Shell, kurz AAS), zusammen (DIN e. V., DKE, 2020) (siehe Abbildung 3). Dabei stellt die VWS die Schnittstelle für die Kommunikation zur Verfügung. Die technischen Details der VWS befinden sich derzeit noch in der Ausarbeitung und bedürfen noch weiterer Standardisierung. Die grundsätzliche Struktur existiert jedoch bereits.

³⁰ IEC steht für International Electrotechnical Commission und ist eine internationale Normungsorganisation

Abbildung 3: Industrie 4.0-Komponente nach IEC PAS 63088 (DIN SPEC 91345)

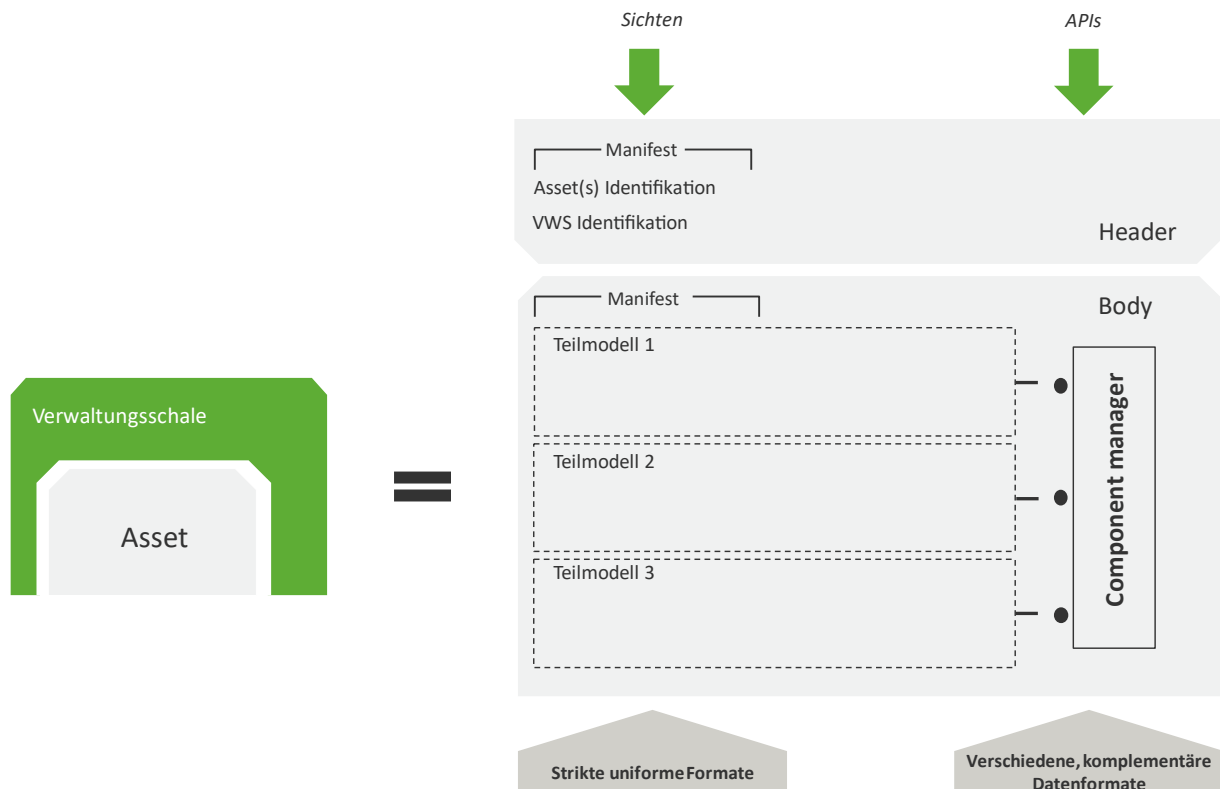


Quelle: eigene Darstellung basierend auf DIN e. V. und DKE (2020), Ramboll Management Consulting

Durch das Asset selbst wird der **Bezugspunkt der Daten, so auch der umweltrelevanten**, klar definiert. Diese werden in der dazugehörigen VWS digital hinterlegt und verwaltet. Grundsätzlich können jedem Asset umweltrelevante Daten zugeordnet sein.

Eine VWS ist vom Aufbau her grundsätzlich zweigeteilt (siehe Abbildung 4). Der sog. „Header“ enthält alle nutzungsrelevanten Daten. Der sog. „Body“ beschreibt das Asset mit seinen jeweiligen Eigenschaften. Die digitale (binäre) Beschreibung dieser Eigenschaften erfolgt mittels einheitlicher Merkmale (z. B. Gewicht, Abmessungen etc., jeweils inkl. Zeitstempel und Ausprägungsaussagen). Dabei werden die Merkmale unterschiedlichen Sichten zugeordnet, da nicht jedes Merkmal für jedes System und jede Lebenszyklusphase relevant ist. Das Manifest ergibt sich aus der Gesamtheit der Merkmale aller Teilmodelle. Der component manager, auch Komponenten-Manager, ermöglicht dabei den Link zwischen IT-technischen Diensten und dem Zugriff von außen, die mithilfe von APIs (application programmers interface) realisiert werden. (DIN e. V., DKE, 2020).

Abbildung 4: Grobstruktur der Verwaltungsschale nach IEC PAS 63088 (DIN SPEC 91345)



Quelle: eigene Darstellung basierend auf DIN e. V. und DKE (2020), Ramboll Management Consulting

Wenngleich die tatsächliche Umsetzung der VWS über geeignete standardisierte Softwarelösungen noch ausstehend ist, kann das industrielle Datenmanagement von der alleinigen Harmonisierung der Daten profitieren und diese entsprechend verfügbar machen.

Normungs- und Standardisierungsaktivitäten: Verwaltungsschale

Ein Objekt wird entsprechend dem in der IEC TS 62832-1 dargelegten Konzepts der digitalen Fabrik als Asset bezeichnet. Die Eigenschaften des Assets sind in dessen VWS strukturiert gemäß RAMI 4.0 beschrieben. Gemeinsam bilden Asset und VWS die Industrie 4.0-Komponente (kurz I 4.0-Komponente).

Die konzeptionelle Struktur der VWS – gespeicherte Merkmale, Daten und Funktionen – wurde von der Arbeitsgruppe Referenzarchitekturen, Standards und Normung in Kooperation mit ZVEI in einem Ergebnispapier zur „Struktur der VWS“ zusammengefasst.

Explizite IT-Spezifikationen oder Implementierungsanforderungen sind in dem Dokument jedoch nicht adressiert.

Diese sind Inhalt des im Jahr 2018 veröffentlichten Dokuments „Details of the Asset Administration Shell“ (Teil 1, Version 1.0), welches aufbauend auf einer spezifizierten Struktur der VWS den Informationsaustausch zwischen I 4.0-Komponenten beschreibt. Im ersten Teil werden in diesem Rahmen konkrete Datenmodelle definiert, die erweiterte Fassung (Version 2) aus dem Jahr 2019³¹ gibt zudem praktische Anwendungsbeispiele für Unternehmen zur Strukturierung von Informationen in der VWS. Konkrete Hilfestellungen für Unternehmen sind in der Publikation „Verwaltungsschale in

³¹ im Mai 2020 wurde Version 2.0.1 veröffentlicht

der Praxis“ zusammengefasst. Diese stellt dar, wie Unternehmen Daten in der Industrie 4.0 standardisiert nutzen und verwalten sowie Teilmodelle und Interaktionen zwischen VWS spezifizieren können.

Ohne Normen und Standards, welche einheitliche Strukturen und Datenformate der VWS festlegen, kann Industrie 4.0 nicht umgesetzt werden. Daher gründete sich vor kurzem die internationale Arbeitsgruppe IEC/TC 65/WG 24, um diese wichtigen Konzepte in einer internationalen Norm zu beschreiben. Dabei werden die Vorarbeiten „Trilateral Perspectives: Structure of the Administration Shell“ und „Usage view of Asset Administration Shell“ der Plattform Industrie 4.0 und des SCI 4.0 sowie Partnern aus dem Ausland (Frankreich, Italien, China und Japan) aufgegriffen und weiterentwickelt. Dies geschieht im Rahmen des neuen Projekts IEC 63278-1 ED1 „Asset administration shell for industrial applications – Part 1: Administration shell structure“, welches ein entscheidendes Fundament für die weitere internationale Normungsarbeit zur VWS schafft. Weitere Teile der IEC 63278-Reihe und die Fortführung der Internationalisierung des Konzepts der VWS sowie ergänzende Normen zur Beschreibung von Teilmodellen sind erforderlich.

Zur Beschreibung der Eigenschaften, Funktionen und Anforderungen von und an Assets in der VWS sowie deren Beziehungen untereinander dienen Merkmale. Die bereits zuvor erwähnte dreiteilige Norm IEC 62832 „Digital Factory“ bietet hierfür eine erste Vorlage.

Zukünftig soll auch die Beschreibung von Eigenschaften, welche sich dynamisch während des Prozesses oder der Interaktion verändern, möglich sein. Die DIN SPEC 92000 (Property Value Statements) zeigt hierfür erste Ansätze auf.

5.1.3 Lebenslaufakte

Die Lebenslaufakte setzt sich aus unterschiedlichsten Daten und Informationen (z. B. perspektivisch auch aus eindeutig definierten umweltrelevanten Daten) aus dem Lebenszyklus einer bestimmten Industrie 4.0-Komponente zusammen (DIN e. V., DKE, 2020). Im Kontext der Umweltthematik können mit Hilfe der Lebenslaufakte komplexe Daten- und Vernetzungsstrukturen sowie ziel- und nutzerorientierte Outputs dargestellt werden (DIN e. V., DKE, 2020).

Normungs- und Standardisierungsaktivitäten: Lebenslaufakte für technische Anlagen

Im September 2018 ist mit DIN 77005-1 der erste Teil der Normenreihe zur „Lebenslaufakte für technische Anlagen“ erschienen. Diese Norm trifft grundlegende organisatorische und strukturelle Festlegungen, wie Informationen zu Anlagen und ihren Teilen strukturiert verwaltet werden. Dabei ist Teil 1 unabhängig von der technischen Umsetzung von Lebenslaufakten. Im Teil 2 wird der Fokus auf digitale Aspekte wie Datenmodelle und -formate erweitert. In der Praxis erschweren technische Heterogenität und Medienbrüche eine kooperative Pflege vollständiger und durchgängiger Lebenslaufakten. Daher sollen Festlegungen zu digitalen Lebenslaufakten in DIN 77005-2 getroffen werden, die eine ganzheitliche informationstechnische Unterstützung zur Umsetzung der Anforderungen an Lebenslaufakten nach DIN 77005-1 ermöglichen. Hierzu bedarf es neuer Konzepte und Betrachtungen. Das konkrete Ziel ist die Festlegung von Datenmodellen, -austauschformaten und -austauschmechanismen.

Ergänzend zum Anwendungsbereich der DIN 77005-1 werden mit DIN 77005-2 besonders Anbieter digitaler Systeme zur Datenhaltung in Anlagenengineering und -betrieb angesprochen, die die Mehrwerte einer genormten Datenhaltung als Teil ihres Produktportfolios verstehen.

5.2 Anforderungen an Daten zur Anwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld mit Bezug zur Umwelt

Im Folgenden soll zunächst die Breite der Anforderungen an Daten im Allgemeinen aufgezeigt werden, um dann in einem nächsten Schritt eine Auswahl von Anforderungen an Daten im Kontext von Industrie 4.0 mit spezifischen Bezug zur Umwelt vorzustellen (siehe Kapitel A.1).

5.2.1 Datenqualitätsdimensionen nach Wang und Strong

An erster Stelle sollen die Ergebnisse von Wang und Strong aus dem Jahr 1996 Erwähnung finden, welche nach über 25 Jahren weiterhin Gültigkeit haben. Die Autoren haben in ihrer vielzitierten Arbeit anhand einer zweistufigen Studie insgesamt 20 Datenqualitätsdimensionen identifiziert, an denen sich auch die Deutsche Gesellschaft für Informations- und Datenqualität e. V. (DGIQ e. V.) orientiert hat. Im Rahmen des ersten Teils der Studie von Wang und Strong (1996) wurden Datenqualitätsattribute identifiziert und in einer Liste zusammengestellt. In dem zweiten Studienteil wurden sodann die vorab identifizierten Datenqualitätsattribute gewichtet und es wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt, um daraus die Datenqualitätsdimensionen abzuleiten. Diese werden in Tabelle 4 aufgelistet und anhand einer Kurzbeschreibung erläutert. Die Datenqualitätsdimensionen sind gleichzeitig Grundlage für die im Rahmen dieses Projektes entwickelte Checkliste zur Sicherstellung der Qualität umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld (siehe Kapitel A.1).

Tabelle 4: Datenqualitätsdimensionen nach Wang und Strong (1996)

Datenqualitätsdimension	Kurzbeschreibung Die Datenqualitätsdimension beschreibt das Ausmaß, ...
Glaubwürdigkeit	... in dem Daten als wahr, real und glaubwürdig akzeptiert oder angesehen werden.
Wert steigernd	... in dem die Daten nützlich sind und ihre Verwendung Vorteile bringt.
Relevanz	... in dem die Daten für die jeweilige Aufgabe anwendbar und hilfreich sind.
Genauigkeit	... in dem Daten korrekt, zuverlässig und frei von Fehlern sind.
Interpretierbarkeit	... in dem die Daten in einer angemessenen Sprache und Einheiten vorliegen und die Datendefinitionen eindeutig sind.
Verständlichkeit	... in dem die Daten klar, eindeutig und leicht verständlich sind.
Zugänglichkeit	... in dem Daten verfügbar oder leicht und schnell abrufbar sind.
Objektivität	... in dem die Daten unvoreingenommen (vorurteilsfrei) und unparteiisch sind.
Aktualität	... in dem das Alter der Daten für die Aufgabe angemessen ist.
Vollständigkeit	... in dem die Daten von ausreichender Breite, Tiefe und Umfang für die gestellte Aufgabe sind.
Rückverfolgbarkeit	... in dem Daten gut dokumentiert, überprüfbar und leicht einer Quelle zuzuordnen sind.
Reputation	... in dem Daten hinsichtlich ihrer Quelle oder ihres Inhalts als vertrauenswürdig oder hochgeschätzt gelten.
Konsistenz	... in dem die Daten immer im gleichen Format präsentiert werden und mit früheren Daten kompatibel sind.

Datenqualitätsdimension	Kurzbeschreibung Die Datenqualitätsdimension beschreibt das Ausmaß, ...
Bearbeitbarkeit	... in dem die Daten leicht gehandhabt und verarbeitet (d. h. aktualisiert, verschoben, aggregiert, reproduziert, angepasst) werden können.
Daten- und Daten-quellen-vielfalt	... in dem die Daten aus mehreren unterschiedlichen Datenquellen verfügbar sind.
Prägnanz	... in dem die Daten kompakt dargestellt werden, ohne überwältigend zu sein (d. h. kurz, aber vollständig und auf den Punkt gebracht).
Zugangssicherheit	... in dem der Zugang zu den Daten beschränkt und somit gesichert werden kann.
Informationsmenge	... inwieweit die Menge oder der Umfang der verfügbaren Daten angemessen ist.
Flexibilität	... in dem die Daten erweiterbar, anpassbar und leicht auf andere Bedürfnisse angewendet werden können.

5.2.2 Anforderungen an Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld

Bei den nachfolgend dargestellten Datenanforderungen gilt es zu beachten, dass diese nicht isoliert voneinander zu betrachten sind. Vielmehr sind diese miteinander vernetzt und beeinflussen einander. Je besser diese Anforderungen bei vorliegenden umweltrelevanten Daten erfüllt sind, desto besser eignen sich die Daten zur Nutzung in einem Industrie 4.0-Umfeld.

Granularität und Bezugspunkt (Identifikation)

Eine eindeutige Identifikation von Datenpunkten anhand ihrer temporären (z. B. statisch oder dynamisch/akkumulierend) und physischen (z. B. Material, Produkt, Produktionsschritt, Produktionsprozess, Produktionsstandort, Unternehmen) Bezugspunkten ist eine grundlegende Voraussetzung für die Verwendbarkeit von Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld. Gleichzeitig ist eine möglichst feine Granularität der Daten anzustreben, um eine hohe Aussagekraft zu erhalten und mit diesen Daten weiterarbeiten zu können. Beispielsweise müssten Daten, die im Zusammenhang mit einem zukünftigen digitalen Produktpass entstehen, mindestens eine produktspezifische Auflösung ermöglichen. Aufgrund der Komplexität und Heterogenität industrieller Prozesse und Produkte ist eine generelle Festlegung auf eine bestimmte Mindest- oder Maximalgranularität nicht zielführend. Vielmehr sollte eruiert werden, welche Granularität der Daten an welcher Stelle geeignet ist. Hierbei gilt es zudem die verfügbaren organisatorischen und finanziellen Möglichkeiten der Datenerhebung und Rückverfolgung zu beachten. Weiterhin müssen bestehende regulatorische Vorgaben sowie Anforderungen aus Berichtspflichten oder freiwilligen Datenangaben berücksichtigt werden. Bei der manuellen oder idealerweise automatisierten Einspeisung von Datenpunkten muss deren Aggregationslevel (z. B. Elementarfluss/Basisdatenpunkt) eindeutig definiert sein. Die Skalierbarkeit erhobener Daten (vom einzelnen Prozess, über die Produktionslinie, die Fabrik bis zum gesamten Wertschöpfungsnetz) ist ein weiteres nützliches Merkmal umweltrelevanter Daten in der Industrie 4.0 (DIN e. V., DKE, 2020).

Bei Produkten hängt eine eindeutige Identifikation eines Datenpunkts u. a. von der Verwendungsreife industrieller Erzeugnisse (Produkte) ab. Daher könnten Produkte wiederum in Rohstoffe, Halbfertigerzeugnisse (Halbwaren, Zwischenprodukte) und Fertigerzeugnisse unterschieden werden (Gabler Wirtschaftslexikon, 2018).

Nutzung und Zugriff (Auswerteziel)

Die etablierte Vorgehensweise zur Verfügbarmachung von Daten im industriellen Umfeld ist stets anwendungsorientiert. Dies bedeutet, dass für die Datenauswahl und -qualität zunächst Auswerteziele definiert werden müssen (vgl. Anforderungen an die Datenerhebung gemäß Wissenspyramide in Kapitel 5.3.1). Der Grad der Datentransparenz ist also zweckgebunden. Des Weiteren ergibt sich die Umweltrelevanz eines bestimmten Datenpunkts oder eines Datensets erst durch die Einbettung in ein Gesamtsystem. Dies bedeutet, dass die Umweltrelevanz eines gleichbleibenden Datenpunkts je nach Anwendungskontext unterschiedlich ausfallen kann. Diese Unterschiede können allerdings oft erst nach einer gezielten Auswertung von Daten im Sinne der Generierung von Wissen (vgl. Wissenspyramide in Kapitel 5.3.1) aufgezeigt werden.

Entscheidend sind in diesem Kontext auch die jeweiligen Zugriffsrechte, einerseits intern, zwischen unterschiedlichen Bereichen und Hierarchieebenen, insbesondere aber zwischen Unternehmen und vor- sowie nachgelagerten Akteursgruppen. Zielgruppenspezifische Zugriffsrechte sind unabdingbar für die Akzeptanz und Bereitschaft der Verfügbarmachung von (Primär-)Daten. Neben den Zugriffsrechten muss eine vollständige Datenintegration (vorwärts, rückwärts, horizontal, diagonal) für die jeweiligen Akteursgruppen möglich sein. Zudem werden die zuvor genannten Anforderungen hinsichtlich Granularität und Bezugspunkt maßgeblich von den Auswertezielen und Zugriffsrechten beeinflusst.

Überprüfbarkeit und Reproduzierbarkeit (Erhebungsmethode)

Bei der Erhebung umweltrelevanter Daten sollten Validität, Objektivität und Reliabilität als Mindeststandards eingehalten werden. Insgesamt müssen sich Daten durch eine hohe Reproduzierbarkeit auszeichnen, da nur so Vergleiche mit alternativen Prozessen oder Produkten möglich sind.

Demnach wird empfohlen, die Vorgehensweise zur Ermittlung von Daten umfassend zu dokumentieren. Außerdem kann eine einheitliche Festlegung von Erhebungsmethoden für Primärdaten, wie dies bereits in verschiedenen Berichtspflichten vorgegeben wird, eine transparente Ermittlung und Ausweisung der Daten gewährleisten. Der Verweis auf herangezogene Normen und Standards bzw. auf in Normen und Standards beschriebene Anforderungen an die Datenerhebung und darin festgelegte Messkriterien sowie Berechnungsmethoden kann eine Vergleichbarkeit und Qualität der Daten sicherstellen. Die Verifizierbarkeit der Informationen sollte durch eine Überprüfung durch unabhängige Dritte möglich sein bzw. möglichst gewährleistet werden.

Interoperabilität

Idealerweise zeichnen sich einmal erhobene umweltrelevante Daten durch eine möglichst hohe Interoperabilität aus. Dies bedeutet, dass sich umweltrelevante Daten unabhängig von deren eigentlichem Erhebungszweck uneingeschränkt für weitere Anwendungsfälle und Kontexte eignen. Um dies zu fördern, sollten auch die jeweils angewendeten Erhebungsmethoden bekannt sein bzw. relevante Metadaten mitgeführt werden. Mögliche Ausgangspunkte für die Harmonisierung umweltrelevanter Daten im Hinblick auf deren Interoperabilität sind bestehende rechtliche Anforderungen, Standards und Normen oder Indikatoren- und Umweltbewertungssysteme.

Steuer- und Reaktionsfähigkeit (Erhebungszyklus)

Ein Industrie 4.0-Umfeld ermöglicht ein valides und automatisiertes Umweltdatenmanagement. Ein solches Umfeld umfasst eine prozesssichere Erfassung, Verarbeitung und Steuerung in laufender Produktion. Die Aktualität der Daten sowie regelmäßige und kurze Zyklen der Datenerhebung müssen in einem solchen Umfeld gegeben sein. Dies wird bei manchen Berichtspflichten bereits verlangt, wie z. B. das Durchführen von kontinuierlichen Messungen von Luftschadstoffen bei der Emissionsüberwachung von Abfallverbrennungs- und

Abfallmitverbrennungsanlagen (Anhang VI, IED). Werden die Daten nur sporadisch erhoben, eignen sie sich bezüglich ihrer Datenqualität nur bedingt für ein Industrie 4.0-Umfeld.

Untersuchungszeitraum (Zeitperspektive)

Der Untersuchungszeitraum bzw. die Zeitperspektive erhobener Daten ist unmittelbar abhängig vom Erhebungszyklus. Außerdem wird der Untersuchungszeitraum oftmals von den Auswertezielen oder der gewünschten Datenqualität vorgegeben. Grundsätzlich kann zwischen einer aktuellen (situativen oder punktuellen), einer prospektiven und retrospektiven Zeitperspektive unterschieden werden. Am besten eignen sich für ein Industrie^o4.0-Umfeld stets aktuell gehaltene Daten.

Sollen umweltrelevante Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld genutzt werden, so müssen diese gewisse Mindestanforderungen erfüllen, um für Industrie 4.0-Anwendungen überhaupt nutzbar zu sein, und gleichzeitig sollten die Daten möglichst vielen der vorab beschriebenen Datenanforderungen entsprechen, damit sie möglichst weitgehend und zielorientiert in einem Industrie 4.0-Umfeld anwendbar sind. Aufbauend auf den beschriebenen allgemeinen Datenanforderungen sowie den im Rahmen dieses Projektes recherchierten Informationen zum Grundverständnis von Industrie 4.0 mit Bezug zu (umweltrelevanten) Daten, der umfangreichen Durchsicht und Analyse umweltrelevanter Regularien und verschiedener Berichtsformate sowie ergänzt um Erkenntnisse aus der Recherche zu umweltrelevanten Primärdaten in Unternehmen und diverser Expertengespräche wurden die spezifischen Datenanforderungen für umweltrelevante Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld erarbeitet und konkretisiert. Anhand der aufgelisteten, relevanten Datenanforderungen kann die Eignung umweltrelevanter Daten in einem Industrie 4.0-Kontext systematisch überprüft und bewertet werden (siehe Kapitel A.1).

5.2.3 Beispiele: Überprüfung umweltrelevanter Daten hinsichtlich ihrer in Industrie 4.0-Eignung

Im vorliegenden Kapitel werden umweltrelevante Daten bzgl. ihrer Eignung in einem Industrie 4.0-Umfeld überprüft. Die Prüfung erfolgt dabei exemplarisch anhand diverser praxisrelevanter Beispiele.

Im Rahmen des Vorhabens wurden Umweltdatenpunkte, wie z. B. Stickstoffdioxid (NO_x)-Emissionen in die Luft, in diversen gesetzlichen Grundlagen und Berichtspflichten identifiziert, die sich anhand der Checkliste nun auf ihre Industrie 4.0-Eignung bzw. hinsichtlich einer hohen Datenqualität prüfen lassen. Die identifizierten Umweltdatenpunkte sind in Kapitel 6 detailliert dargestellt. Mehr Informationen zur Qualität bzw. weitere Angaben zu den jeweiligen Umweltdatenpunkten, die auf deren Qualität schließen lassen, finden sich in den Factsheets zu den gesetzlichen Grundlagen in Anlage B.

Im Folgenden sind einzelne Beispiele aufgeführt:

► Umweltdatenberichterstattung unter der IED bezüglich der besten verfügbaren Techniken (BVT)-Schlussfolgerungen

Die Anforderungen der IED zu den BVT werden in Deutschland u. a. über die Abwasserverordnung (AbwV) und die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) umgesetzt. Diese beziehen sich u. a. auf konkrete Umweltdatenpunkte, wie nachfolgend dargestellt.

- *Umweltdatenpunkt: Schadstofffrachten im Abwasser, definiert für einzelne Schadstoffe*
In den Anhängen der AbwV sind klare Vorgaben an die Messung der einzelnen, klar definierten Schadstoffe gegeben, inklusive Erhebungszeitraum und Analyse- sowie Messmethode, womit von einer guten Datenqualität ausgegangen wird. Allerdings müssen diese

Daten nicht unbedingt berichtet werden und dienen hauptsächlich der Kontrolle, dass die vorgegeben Grenzwerte nicht überschritten werden.

- *Umweltdatenpunkt: Emissionen in die Luft, definiert für einzelne Schadstoffe*

Die TA Luft enthält ebenfalls sehr klare Vorgaben zu den einzelnen klar definierten Luftschadstoffen sowie zur Vorgehensweise bei deren Messung inklusive der Vorgabe konkreter Normen und Standards, sofern zutreffend. Die Messungen dienen der Prüfung, dass Grenzwerte aus den Genehmigungsbescheiden bzw. Grenzwertbereichen aus den BVT-Schlussfolgerungen (im Rahmen der IED) eingehalten werden. Es wird somit von einer hohen Datenqualität und guter Vergleichbarkeit der Daten ausgegangen.

- **Umweltdatenberichterstattung unter der PRTR-Verordnung**

Die PRTR-Verordnung dient der öffentlichen Bekanntmachung der Schadstoffausstöße einzelner Unternehmen, sofern sie unter die in der Verordnung festgesetzten Vorgaben fallen. U. a. müssen für den nachfolgenden Umweltdatenpunkt Emissionen von bestimmten, in der Verordnung vorgegebenen Schadstoffen berichtet werden.

- *Umweltdatenpunkt: Freisetzung in Luft*

Der Datenpunkt und der Bezugspunkt (Betriebseinrichtung gemäß PRTR-Verordnung) sind hierbei klar definiert. Die Freisetzungen können gemessen, berechnet oder geschätzt werden. Wenn die Daten gemessen werden, muss die verwendete Analyseverfahren bekannt gegeben werden. Falls sie berechnet werden, die verwendete Berechnungsmethode. Des Weiteren ist festgelegt, dass die Betreiber die besten verfügbaren Informationen heranziehen müssen. Relevante Metadaten, wie Druck, Temperatur und Sauerstoffbezugsgelalt, die Auswirkungen auf die Genauigkeit des Messwertes haben, werden nicht explizit genannt, sind aber durch die Analysemethoden abgedeckt. Die Emissionen müssen jährlich elektronisch an die zuständige Behörde berichtet werden. In Deutschland ist durch das Gesetz zur Ausführung des Protokolls über Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister vom 21. Mai 2003 sowie zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 166/2006 (SchadRegProtAG) geregelt, dass die Daten in die Online-Plattform BUBE-Online einfließen. Da die Daten je Betriebseinrichtung berichtet werden müssen, die gemäß Definition der PRTR-Verordnung mehrere Anlagen am gleichen Standort umfassen kann, sind diese Daten trotz teils hoher Qualität nur eingeschränkt mit Emissionsdaten gemäß der IED vergleichbar, da sich diese auf nur eine Anlage beziehen. Dies wird bereits bei der derzeit stattfindenden Überarbeitung der PRTR-Richtlinie berücksichtigt und eine Lösung zur besseren Vergleichbarkeit der Daten diskutiert.

- **Umweltdatenberichterstattung unter dem Corporate-Social-Responsibility-Richtlinie-Umsetzungsgesetz**

Das Corporate-Social-Responsibility-Richtlinie-Umsetzungsgesetz (CSR-RUG), dass der Umsetzung der CSR-Richtlinie in deutsches Recht dient, hat zum Ziel, die Transparenz über ökologische und soziale Aspekte von Unternehmen in der EU zu fördern. Es beinhaltet somit die Pflicht zur nichtfinanziellen Berichterstattung u. a. von Umweltbelangen für bestimmte Unternehmen. Konkrete Umweltdatenpunkte werden hier nicht festgelegt, nur Beispiele wie z. B. Treibhausgasemissionen, Wasserverbrauch und Luftverschmutzung aufgeführt, und folglich werden auch keine Anforderungen an die Messhäufigkeit und -methode definiert. Des Weiteren sind auch keine klaren Bezugspunkte genannt, auf die sich die gemessenen Umweltdaten beziehen. Somit enthält diese rechtliche Grundlage derzeit keine konkreten

Anforderungen an zu erhebenden Umweltdatenpunkte. Die CSR-Richtlinie befindet sich gerade in der Überarbeitung. In der novellierten Fassung sollen dann auch konkrete Vorgaben zu Berichtspflichten enthalten sein. Hier könnte bei der Ausgestaltung gleich eine hohe Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Daten mitberücksichtigt und in den neuen Berichtspflichten verankert werden.

Es wird deutlich, dass einige Umweltdatenpunkte aufgrund der Anforderungen in den Berichtspflichten bereits eine sehr hohe Datenqualität aufzeigen und sich zum Vergleich und zur weiteren Verarbeitung in einem Industrie 4.0-Umfeld gut eignen, während bei anderen Umweltdatenpunkten die Anforderungen in den Berichtspflichten noch nachjustiert werden könnten, um deren Industrie 4.0-Fähigkeit zu erhöhen.

5.3 Grundverständnis umweltrelevanter Daten und Umweltbewertungssysteme

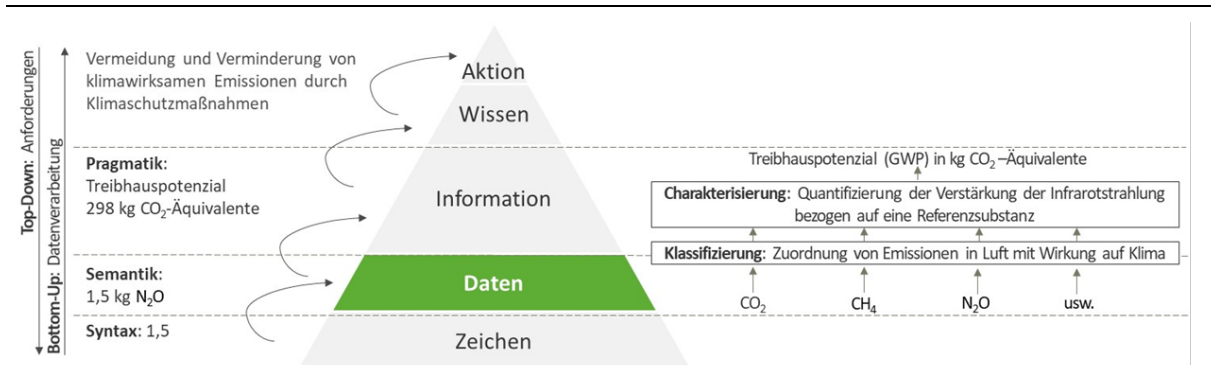
5.3.1 Umweltrelevante Daten

Unter umweltrelevanten Daten werden für dieses Forschungsvorhaben alle Daten verstanden, die entweder einen direkten Umweltbezug (z. B. Messungen von Luftemissionen, Abfallmengen, gefährliche Inhaltsstoffe, Energieverbräuche) oder einen indirekten Umweltbezug (z. B. Prozess- und Umgebungstemperatur, Druck) haben und erst durch intelligente Vernetzung eine Umweltrelevanz erlangen (siehe Kapitel 3).

Umweltrelevante Daten werden erhoben, um Informationen zu erhalten, daraus Wissen zu erlangen und anschließend u. a. Aktionen mit Auswirkungen auf die Umwelt ableiten zu können.

Die Entstehung von Wissen lässt sich schematisch anhand der sog. Wissenspyramide abbilden. In Abbildung 5 wird der Übergang von einfachen Zeichen bis zur tatsächlichen Aktion, die in einer Vermeidung und Verminderung von klimarelevanten Emissionen bestehen kann, beispielhaft analog zur Wissenspyramide dargestellt. Hierbei wird auch der Unterschied zwischen den oftmals synonym verwendeten Begriffen Daten, Informationen und Wissen deutlich. Daten beschreiben wahrnehmbare Sachverhalte, die mit technischen Mitteln (z. B. Sensoren, Messgeräten) erfasst und aufgezeichnet werden können (Schmitz, Zucker, 2003). Aus diesen Daten werden Informationen, indem diese strukturiert und kontextualisiert (z. B. Datum und Ort der Datenerhebung) werden. Die nächste Stufe der Datenverarbeitung ist Wissen, welches Fakten schafft und die Entscheidungsgrundlage für abgeleitete Aktionen ist (Schmitz, Zucker, 2003). Somit können durch das Wissen z. B. Potenziale zur Vermeidung und Verminderung von klimarelevanten Emissionen abgeleitet werden.

Abbildung 5: Indikation der Übergänge von Daten über Information und Wissen bis zur potenziellen Aktion oder Umweltschutzmaßnahme



Quelle: eigene Darstellung basierend auf Fuchs-Kittowski (2002), Ramboll Management Consulting

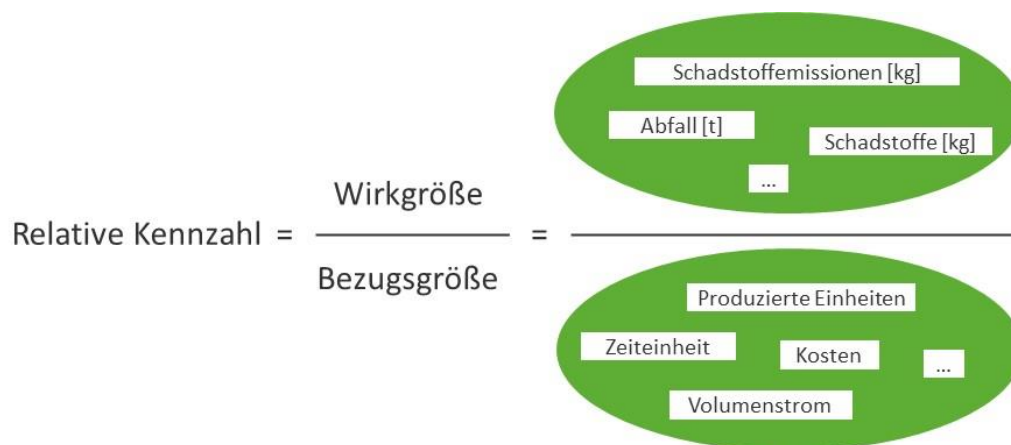
Im industriellen Umfeld ist die Erhebung umweltrelevanter Daten und Kennzahlen ein wesentlicher Bestandteil. Umweltrelevante Daten können für verschiedene Steuerungs- wie auch Kommunikationszwecke herangezogen werden, bspw.

- ▶ als Entscheidungsgrundlage bei einem Vergleich unterschiedlicher technischer Lösungen, Prozesse oder Produkte,
- ▶ zur Erfüllung relevanter gesetzlich vorgeschriebener Berichtspflichten,
- ▶ zur Erlangung umweltrelevanter Zertifizierungen und /
- ▶ für die Nachhaltigkeitsberichterstattung.

Umweltrelevante Daten werden in der Regel als aggregierte oder kalkulierte Kennzahlen wiedergegeben. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sind insbesondere Primärdaten von Bedeutung, da diese einen eindeutigen Zustand oder Sachverhalt beschreiben.

Kennzahlen erfordern eine Datenaggregation bzw. setzen Primärdaten in ein Verhältnis zu anderen Primärdaten oder weiteren Bezugsgrößen. Primärdaten oder Kennzahlen werden in der Anwendungspraxis häufig in Form von Zeitreihen dargestellt und sind damit aus technischer Sicht kein einzelner Datenpunkt mehr, sondern eine Kombination aus mehreren Datenpunkten (Schlund et al., 2013). Die bloße Ermittlung eines absoluten Wertes (z. B. Schadstoffemission) ohne weitere Metadaten lässt nur eine begrenzte Interpretation zu und ist keine valide Grundlage zur Ableitung einer Maßnahme. Erst die Verknüpfung bestimmter Daten zu Informationen und das Entstehen von Wissen lassen Schlussfolgerungen zu. In der Praxis haben sich bestimmte Quotienten, bestehend aus Bezugs- und Wirkgröße, etabliert, die wiederum je nach Anwendungsfall, Branche oder Betrieb variieren können (Schlund et al., 2013). Die Erhebung von Kennzahlen und beispielhafte Primärdaten sind in Abbildung 6 dargestellt.

Abbildung 6: Einordnung von beispielhaften Primärdaten bei der Erhebung von Kennzahlen



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Schlund, Schnabel & Rist (2013), Ramboll Management Consulting

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sind insbesondere die umweltrelevanten Primärdaten relevant (siehe hierzu einige Beispiele im Zähler in Abbildung 6). Bei einer Verwendung dieser Primärdaten ist stets die Entstehung der entsprechenden Werte mit relevanten Metadaten zu dokumentieren, um die Herkunft und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten.

Umweltrelevante Daten können direkt gemessen oder erhoben, berechnet, geschätzt oder auch über externe Quellen ermittelt werden. Sie können z. B. auf einen Stoff, ein Produkt, einen Prozess oder eine Anlage (Standort) bezogen sein.

5.3.2 Umweltbewertungssysteme

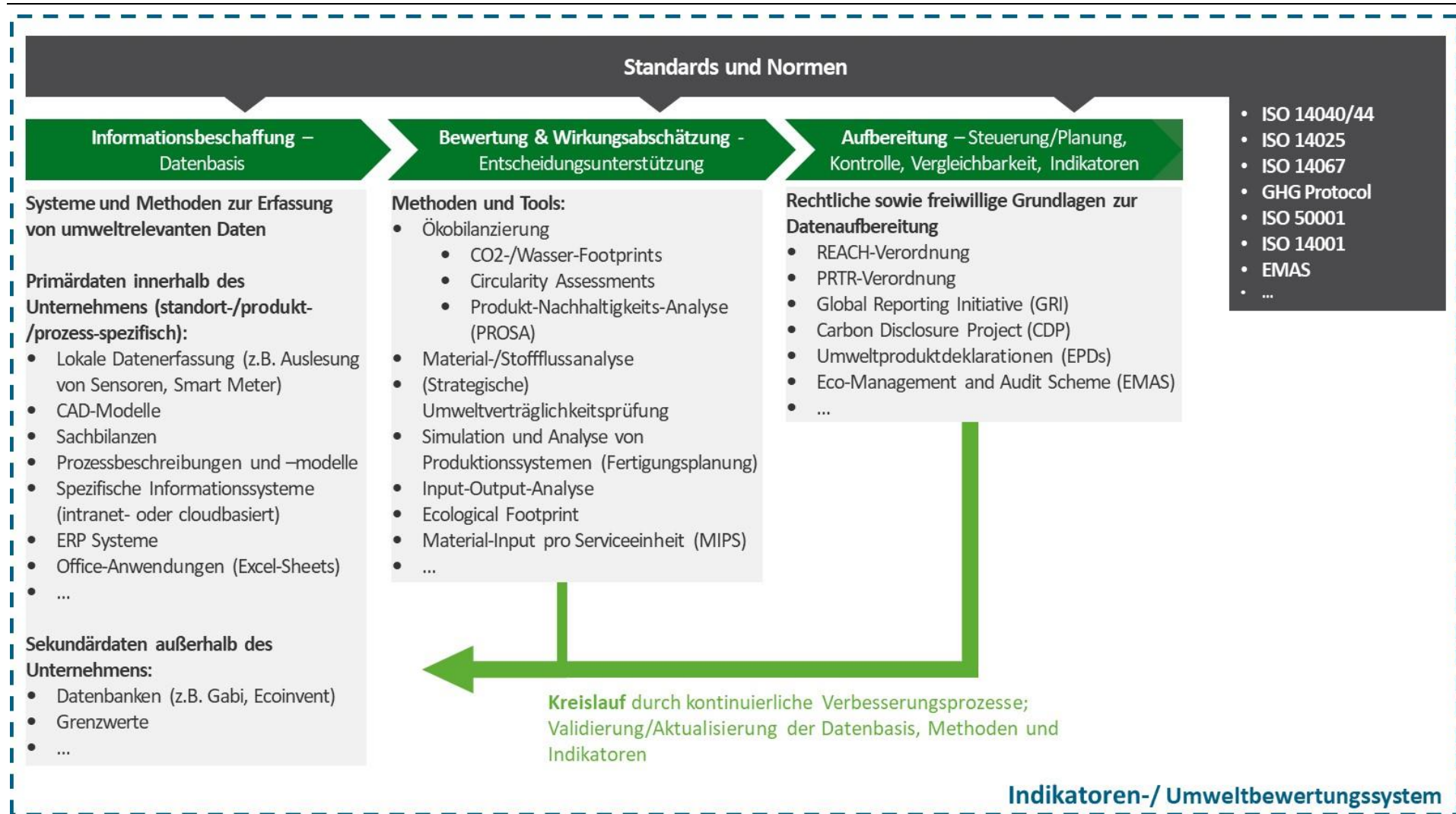
Ebenso wie der digitale Transformationsprozess innerhalb der industriellen Produktion voranschreitet (vgl. Kapitel 1.1 und 5.1), entstehen kontinuierlich neue Nachhaltigkeits- und Umweltbewertungssysteme, Indikatoren sowie die dafür maßgeblichen Standards und Normen. Parallel und oftmals zeitversetzt zur vorrangig wissenschaftlichen (Weiter-)Entwicklung der Methoden und Tools werden durch praxisnahe Anwendung zahlreiche umweltrelevante Daten generiert, welche idealerweise intern oder extern weiterverwendet und kommuniziert werden.

Sog. Indikatoren- und Umweltbewertungssysteme bilden die Grundstruktur des betrieblichen Umweltinformationsmanagements. Basierend auf deren Aufgabenbereich im betrieblichen Umweltschutz kann bei betrieblichen Umweltinformationssystemen zwischen drei verschiedenen Hauptaufgabenbereichen unterschieden werden (Wohlgemuth, 2015):

- ▶ Informationsbeschaffung – Datenbasis,
- ▶ Bewertung und Wirkungsabschätzung – Entscheidungsunterstützung und
- ▶ Aufbereitung – Steuerung/Planung, Kontrolle, externe Berichterstattung (Indikatoren).

Ein Indikatoren- bzw. Umweltbewertungssystem besteht somit aus den oben genannten Modulen, welche in der Regel durch entsprechende Standards und Normen ergänzt werden. Der grundsätzliche Aufbau eines Indikatoren- oder Umweltbewertungssystems ist in Abbildung 7 dargestellt. Generell erfolgt die Akkumulation von Daten, die Entwicklung und Anpassung von Methoden sowie die Standardisierung der zweckgebundenen Aufbereitung als iterativer Prozess bzw. in einem Kreislauf. Die Festlegung von Standards und Normen sowie Leitlinien zur Anwendung bestimmter Methoden oder Systeme ist ein unabdingbarer Begleitprozess dieser Entwicklung.

Abbildung 7: Bestandteile eines ganzheitlichen Indikatoren- bzw. Umweltbewertungssystems



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Management Consulting

Aus dieser Übersicht wird bereits deutlich, dass es in diesem Kontext verschiedene Ansätze gibt, die jedoch häufig unabhängig voneinander und in unterschiedlichen Bereichen entstanden sind. Gleichzeitig gibt es jedoch zahlreiche Bestrebungen (v. a. Normung und Standardisierung), diese heterogene Landschaft von Indikatoren- und Umweltbewertungssystemen sowie die zugrundeliegenden Methoden und Daten sowie letztendliche Berichtsformate zu harmonisieren. Dadurch werden unternehmensspezifisch erhobene Daten und Informationen vergleichbarer und verständlicher.³²

³² Deutsche Normungsroadmap Circular Economy (DIN e.V., 2023).

6 Identifikation, Systematisierung und Bewertung umweltrelevanter Daten

In diesem Kapitel erfolgt die Identifikation, Systematisierung und Bewertung umweltrelevanter Daten. Der Fokus liegt dabei auf identifizierten bzw. ausgewählten Umweltdatenpunkten auf der Anlagen- und der Produktebene. Neben Umweltdaten, die aufgrund von rechtlichen Grundlagen berichtet werden müssen, werden auch Umweltdaten betrachtet, die auf freiwilliger Grundlage erhoben und/oder berichtet werden. Unter „berichteten“ Daten werden Daten verstanden, die aktiv berichtet werden müssen sowie Daten, die auf Anfrage der zuständigen Behörden oder der EU-Kommission vorgelegt werden müssen.

6.1 Identifikation und Analyse umweltrelevanter Daten basierend auf rechtlichen Grundlagen

6.1.1 Vorgehensweise

Ein wesentlicher Bestandteil dieses Forschungsvorhabens war die Identifikation umweltrelevanter Daten. Dabei lag der Fokus auf jenen umweltrelevanten Daten, die vorrangig von Industriebetrieben, aber auch von Unternehmen für unterschiedliche Zwecke erhoben werden (siehe auch Kapitel 3). Für die Identifikation der umweltrelevanten Daten wurden verschiedene Anforderungen auf gesetzlicher Ebene analysiert.

Ursprünglich sollte dadurch festgestellt werden, welche Primärdaten innerhalb der Unternehmen bereits vorliegen und folglich in einem Industrie 4.0-Umfeld verwendet werden könnten. Allerdings war es auf Basis der oben beschriebenen Analyse nur bedingt möglich, zu ermitteln, welche umweltrelevanten Primärdaten in welcher Form in den Unternehmen vorliegen. Zudem haben die Unternehmen selbst nicht immer Zugriff auf die jeweiligen Primärdaten (siehe auch Kapitel 8.3.3). Daher wurde sich basierend auf der gesetzlichen Ebene auf solche umweltrelevanten Daten fokussiert, die infolge der rechtlichen Anforderungen berichtet und somit bei den Unternehmen vorliegen bzw. erhoben werden müssen. Dabei wurden alle umweltrelevanten Daten berücksichtigt, die

- a) aufgrund der rechtlichen Anforderungen vorliegen und aktiv berichtet werden müssen (z. B. an die zuständigen Behörden),
- b) aufgrund der rechtlichen Anforderungen vorliegen müssen, aber nicht aktiv berichtet, sondern nur auf Nachfrage offengelegt werden müssen³³.

Bei diesen umweltrelevanten Daten handelt es sich nicht immer um Primärdaten, sondern oftmals um bereits aggregierte bzw. aufbereitete Daten.

Für die Analyse der umweltbezogenen rechtlichen Anforderungen wurden sowohl rechtliche Grundlagen auf EU-Ebene als auch die nationale Umsetzung des EU-Rechts in Deutschland (sofern eine Umsetzung erfolgt ist) betrachtet. Darüber hinaus wurden teilweise auch relevante internationale Konventionen, die von der EU ratifiziert und in EU-Recht umgesetzt wurden, wie z. B. das Basler Übereinkommen³⁴, berücksichtigt. Viele dieser rechtlichen Grundlagen beinhalten Anforderungen zur Erhebung bzw. zur Berichterstattung umweltrelevanter Daten, welche seitens der Unternehmen erfüllt werden müssen. Da diese Daten zur Einhaltung rechtlicher

³³ Dies umfasst beispielsweise die Pflicht zur Durchführung von Dichtheitskontrollen bei bestimmten Einrichtungen, die F-Gase enthalten.

³⁴ Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung vom 22. März 1989

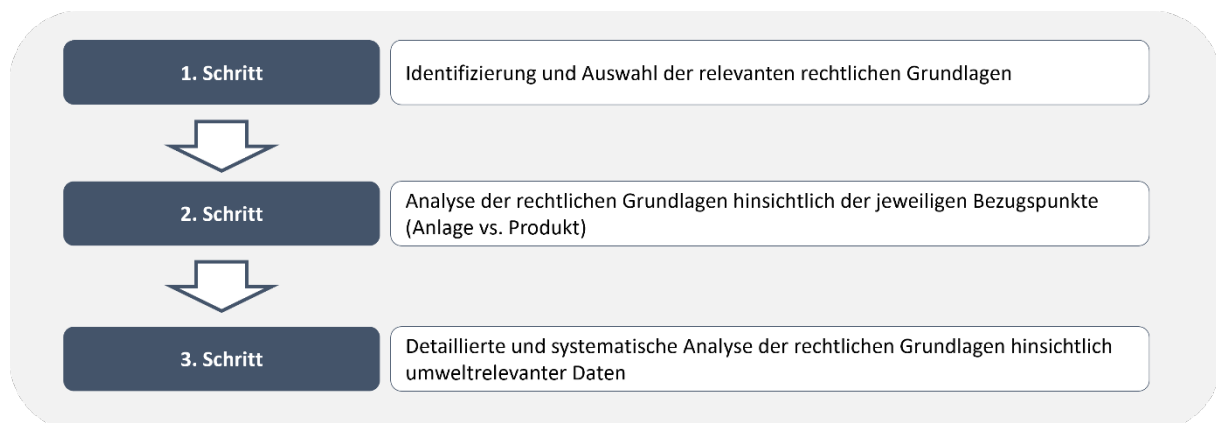
Anforderungen berichtet werden, kann bei diesen Daten davon ausgegangen werden, dass sie vorliegen und von vergleichsweise hoher Qualität sind.

Der Fokus wurde auf jene rechtlichen Grundlagen gerichtet, die Anforderungen zur Erhebung bzw. zur Berichterstattung umweltrelevanter Daten auf Anlagen- sowie auf Produktebene enthalten. Dieser Fokus wurde gewählt, da sich viele der Anforderungen auf rechtlicher Ebene auf die genannten Bezugspunkte – manchmal auch im weiteren Sinne – beziehen (siehe auch Kapitel 3).

Ziel der Analyse war es, eine Übersicht über umweltrelevante Daten zu erhalten, die seitens der Unternehmen berichtet werden müssen und in einem Industrie 4.0-Umfeld verwendet werden könnten. Im Vordergrund stand dabei die Identifizierung von sog. Umweltdatenpunkten, die schlussendlich die Erstellung eines Umweltdatensets (siehe Kapitel 7) ermöglichen sollten. Unter Umweltdatenpunkten werden im Rahmen dieses Vorhabens umweltrelevante Daten verstanden, die im Zuge von Berichtspflichten oder auf Basis freiwilliger Berichterstattung von Unternehmen berichtet werden. Weiterhin zeichnen sich Umweltdatenpunkte – wie für dieses Forschungsvorhaben definiert – für Anlagen dadurch aus, dass sie meist mit einer Maßeinheit (physikalischer Einheit) hinterlegt und quantifizierbar sind. Beispiele hierfür sind zu berichtende Emissionsfrachten oder Abfallmengen. Darüber hinaus können auch bestimmte Klassifizierungen oder Labels Umweltdatenpunkte darstellen, wenn diese auf Basis von bestimmten Eigenschaften (z. B. chemisch-physikalische Eigenschaften eines Stoffs) festgelegt bzw. bestimmt wurden.

Generell kann die Vorgehensweise in drei Schritte untergliedert werden (siehe Abbildung 8). Die einzelnen Schritte sind detailliert in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

Abbildung 8: Systematische Darstellung der Vorgehensweise



Quelle: Eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

6.1.1.1 Identifizierung und Auswahl der relevanten rechtlichen Grundlagen

In einem ersten Schritt wurde mittels einer Internetrecherche eine Liste relevanter umweltbezogenen rechtlichen Grundlagen zusammengestellt. Diese Liste wurde im Rahmen der Analyse der rechtlichen Grundlagen und auf Basis der Rückmeldungen von Experten*Expertinnen iterativ angepasst. Generell wurden dabei rechtliche Grundlagen betrachtet, die konkrete Anforderungen an die Erhebung und Berichterstattung umweltrelevanter Daten beinhalten. Dies schließt auch die Anforderung ein, umweltrelevante Daten zu erheben und bei Nachfrage vorzulegen oder auch die Kennzeichnungspflicht bestimmter Produkte. Rechtliche Grundlagen, die sich nur auf sehr konkrete Branchen beziehen, wie z. B. die EU-Düngemittel-Verordnung oder aus denen keine klaren, dem Produkt oder der Anlage im weiteren Sinne zuordbare

Umweltdatenpunkte abgeleitet werden konnten (z. B. EU-Verpackungsrichtlinie und nationales Verpackungsgesetz), wurden nicht weiter ausgewertet.

Wie oben bereits erwähnt, konzentrierte sich die Analyse auf das EU-Recht sowie die nationale Umsetzung in deutsches Recht. Somit wurde bei EU-Richtlinien – welche erst durch ihre Umsetzung in nationales Recht Rechtswirksamkeit erlangen – die entsprechende nationale Gesetzgebung analysiert. EU-weit und unmittelbar wirksame rechtliche Grundlagen, wie EU-Verordnungen, wurden direkt untersucht bzw. auch hier kurz geprüft, ob auf nationaler Ebene noch weitere Anforderungen vorliegen. Eine Übersicht der betrachteten rechtlichen Grundlagen findet sich in Tabelle 5. Die nationalen rechtlichen Grundlagen, welche EU-Richtlinien in nationales Recht umsetzen, sind dabei in der Tabelle immer unter der jeweiligen EU-Richtlinie aufgeführt. Die Tabelle stellt einen Großteil der umweltrelevanten rechtlichen Grundlagen dar, welche viele Industriebereiche betreffen bzw. von vielen Unternehmen einzuhalten sind. Die Auflistung ist nicht abschließend und kann bei Bedarf erweitert werden.

Tabelle 5: Übersicht der betrachteten rechtlichen Grundlagen

Rechtliche Grundlage (Kurztitel) ³⁵	Geltungsbereich
Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL)	EU
Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)	DE
Nachweisverordnung (NachwV)	DE
Abfallverbringungsverordnung (VVA)	EU
Chemikaliengesetz (ChemG)	DE
Emissionshandelsrichtlinie (EHRL)	EU
Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG)	DE
F-Gas-Verordnung	EU
Industrieemissionsrichtlinie (IED)	EU
Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	DE
11. BImSchV ³⁶	DE
13. BImSchV	DE
17. BImSchV	DE
31. BImSchV	DE
Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)	DE
Abwasserverordnung (AbwV)	DE
Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	DE
Abwasserabgabengesetz (AbwAG)	DE
Konfliktmineralienverordnung (CMR)	EU

³⁵ Die Langtitel sind in Kapitel 6.1.2 und den jeweiligen Factsheets in der Anlage B aufgeführt

³⁶ Die 11. BImSchV führt §27 des BImSchG aus, sie setzt kein EU-Recht in nationales Recht um.

Rechtliche Grundlage (Kurztitel) ³⁵	Geltungsbereich
Non-Financial Reporting Directive (NFRD)³⁷	EU
CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz (CSR-RUG)	DE
Ökodesign-Richtlinie	EU
Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG)	DE
POP-Verordnung	EU
PRTR-Verordnung	EU
REACH-Verordnung	EU
RoHS-Richtlinie	EU
Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung (ElektroStoffV)	DE
Seveso-Richtlinie	EU
12. BImSchV (Störfallverordnung)	DE
Verordnung über Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung)	EU
Verordnung zur Energieverbrauchskennzeichnung	EU
WEEE-Richtlinie	EU
Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)	DE

6.1.1.2 Analyse der rechtlichen Grundlagen hinsichtlich der jeweiligen Bezugspunkte (Anlage vs. Produkt)

Bei der Analyse der relevanten rechtlichen Grundlagen mit Umweltbezug wurde festgestellt, dass sich die meisten Berichtspflichten auf Anlagen oder Produkte beziehen. Daher wurden in einem zweiten Schritt die rechtlichen Grundlagen und die damit verbundenen Anforderungen zur Berichterstattung von umweltrelevanten Daten hinsichtlich ihres Bezugspunkts analysiert und den in diesem Vorhaben betrachteten Bezugspunkten – Anlage und Produkt – zugeordnet (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2). Hierbei ist hervorzuheben, dass sich viele der analysierten rechtlichen Grundlagen nicht direkt auf den Bezugspunkt „Anlage“ oder „Produkt“ beziehen. Entsprechend wurden bspw. rechtliche Grundlagen mit dem Bezugspunkt „Betriebseinrichtung“ ebenfalls der Anlage zugeordnet. Rechtliche Grundlagen mit den Bezugspunkten Stoff und Gemisch wurden dem Produkt zugeordnet (siehe auch Definition „Produkt“ in Kapitel 3 und im Glossar). Sofern rechtliche Grundlagen Anforderungen zur Berichterstattung oder Erhebung umweltrelevanter Daten auf Ebene des „Unternehmens“ beinhalten, wurde individuell geprüft, inwieweit die jeweiligen Anforderungen für die Ziele dieses Vorhabens verwendet werden können und inwiefern sie dem Bezugspunkt „Produkt“ oder dem Bezugspunkt „Anlage“ zugeordnet werden können.

In manchen Fällen erwies sich eine eindeutige Zuordnung als schwierig, wie z. B. bei der Non Financial Reporting Directive und dem nationalen CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz oder der Konfliktmineralienverordnung (CMR). Im Rahmen einer ersten Systematisierung wurde die Non

³⁷ Diese Richtlinie wurde überarbeitet und kurz vor Fertigstellung des Berichts als „Corporate Sustainability Reporting Directive“ (CSRD) veröffentlicht. Die CSRD führt detailliertere Berichtspflichten zu den Auswirkungen von Unternehmen auf die Umwelt, Menschenrechte und Sozialstandards ein, basierend auf gemeinsamen Kriterien im Einklang mit den EU-Klimazielen

Financial Reporting Directive dem Bezugspunkt Anlage zugeordnet und die CMR dem Bezugspunkt Produkt.

6.1.1.3 Detaillierte und systematische Analyse der rechtlichen Grundlagen hinsichtlich umweltrelevanter Daten

Der dritte Schritt umfasste die detaillierte und systematische Analyse der rechtlichen Grundlagen hinsichtlich umweltrelevanter Daten (siehe Factsheets in Anlage B). Hierbei wurden Berichtspflichten betrachtet, die seitens der Unternehmen bestehen. Berichtspflichten für Mitgliedsstaaten wurden nicht betrachtet. Die rechtlichen Grundlagen wurden insbesondere im Hinblick auf die folgenden Aspekte analysiert:

- ▶ Welche umweltrelevanten Daten müssen seitens der Unternehmen im Rahmen der rechtlichen Grundlage berichtet bzw. erhoben werden?
- ▶ Für wen gilt die Berichtspflicht bzw. Anforderung zur Datenerhebung?
- ▶ An welche Behörde oder Institution müssen die umweltrelevanten Daten berichtet werden?
- ▶ Auf welche Art und Weise („Wie?“) wird berichtet (Datenaustauschformate, Eingabemasken, Berichte etc.)?
- ▶ In welchem Zyklus (Berichtszyklus) muss berichtet werden?
- ▶ Welche Anforderungen bzw. Vorgaben bestehen laut der rechtlichen Grundlage an die Umweltdatenberichterstattung?
 - Auf welchen konkreten Bezugspunkt beziehen sich die umweltrelevanten Daten und wie ist dieser in der rechtlichen Grundlage definiert?
 - Handelt es sich bei der Berichtspflicht bzw. den Anforderungen zur Datenerhebung um qualitative oder quantitative umweltrelevante Daten?
 - In welcher Einheit werden die umweltrelevanten Daten berichtet bzw. erhoben?
 - Welche Art von Wert muss berichtet werden (Einzelwert, Mittelwert etc.)?
- ▶ Welche Anforderungen bzw. Vorgaben bestehen laut der rechtlichen Grundlage an die Datenerhebung?
 - Gibt es Vorgaben hinsichtlich der Art der Datenerhebung bzw. handelt es sich um gemessene, ermittelte oder geschätzte Werte?
 - Gibt es weitere Vorgaben zur Datenerhebung wie bspw. vorgeschriebene physikalische Rahmenbedingungen (Druck, Temperatur etc.) oder Messtechniken?
 - Sind die Auswertungs- bzw. Berechnungsmethoden zur Ermittlung der numerischen Werte innerhalb der rechtlichen Grundlage vorgegeben, z. B. durch Normen oder Standards?
- ▶ Welche Kontextinformationen müssen gemäß der Berichtspflichten aus den rechtlichen Grundlagen mitberichtet werden und würden einen Mehrwert für die Aussagekraft und Vergleichbarkeit des jeweiligen Umweltdatenpunkts darstellen?

Die Ergebnisse der Analyse wurden für jede der relevanten rechtlichen Grundlagen in ein Factsheet übertragen, welches die wesentlichen Erkenntnisse zu den oben aufgeführten Fragen

wiedergibt und einen Überblick über die jeweils zu berichtenden umweltrelevanten Daten bietet (siehe Anlage B).

Im Vordergrund stand bei der Analyse der rechtlichen Grundlagen bzw. der darin enthaltenen Berichtspflichten die Identifizierung von sog. Umweltdatenpunkten, die schlussendlich die Erstellung eines Umweltdatensets (siehe Kapitel 7) ermöglichen sollte. Die Umweltdatenpunkte wurden so gewählt, dass eine Systematisierung und Aufnahme der Umweltdatenpunkte in die VWS mittels der Umweltdatensets möglich sind.

Neben den (detaillierten) Umweltdatenpunkten wurden auch Kontextinformationen erfasst, die teils für die Aussagekraft der Umweltdatenpunkte sowie die Weiterarbeit mit diesen notwendig sind. Die Kontextinformationen sind in den jeweiligen Factsheets aufgelistet (siehe Anlage B).

Zur Verifizierung der Ergebnisse und der identifizierten umweltrelevanten Daten wurden zu diversen Gesetzestexten Expertiseinterviews mit Behördenvertretern*Behördenvertreterinnen durchgeführt. Die Expertiseinterviews wurden zusätzlich genutzt, um offene Fragen zu klären und Einschätzungen zu den folgenden Aspekten zu erhalten:

- ▶ Was sind die relevantesten Kontextinformationen, die im Zuge der rechtlichen Grundlagen berichtet werden müssen (z. B. Daten bzw. Informationen, die bei der Übermittlung der Umweltdaten für die zuständige Behörde oder Institution sehr relevant sind oder unbedingt mit angegeben werden müssen)?
- ▶ Wie wird die Qualität der berichteten umweltrelevanten Daten eingeschätzt und wo ist eine bessere Qualität dieser Daten erforderlich?
- ▶ Welche Wünsche gibt es auf Seiten der Behörden hinsichtlich der Datenübermittlung?
- ▶ Welche relevanten Schnittstellen zu anderen gesetzlichen Grundlagen, Berichtspflichten bzw. Anforderungen zur Datenerhebung gibt es?

Die Ergebnisse der Expertiseinterviews sind in den betreffenden Factsheets festgehalten (siehe Anlage B). Anhand der im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Analysen und Expertisegespräche sowie unter Berücksichtigung einer möglichst guten Verwendung in einem Umweltdatenset (VWS) wurden anschließend die finalen Umweltdatenpunkte festgelegt.

Aufgrund der Diversität der rechtlichen Grundlagen und der Anzahl der umweltrelevanten Daten würde sich die Integration aller umweltrelevanten Daten in ein Teilmodell der VWS als schwierig erweisen. Folglich wurden Umweltdatenpunkte so gewählt, dass sie in das Umweltdatenset und die dazugehörige Systematik integriert werden können. Diese möglichst umfassende Systematik wurde im Anschluss an die Analyse aller rechtlichen Grundlagen entwickelt, so dass trotz der Vielfalt der rechtlichen Grundlagen möglichst viele Aspekte integriert werden konnten. Ebenso wurden dabei Aspekte der Maschinen-/IT-Lesbarkeit berücksichtigt.

Dementsprechend wurde v. a. versucht, möglichst quantitative, IT-fähige bzw. maschinenlesbare Daten zu identifizieren und als Umweltdatenpunkte aufzunehmen. Da dies nicht bei allen rechtlichen Grundlagen möglich war, z. B. wenn es lediglich um Konformitätsnachweise ging, bei denen keine konkreten, datenbasierten Berichtspflichten bestehen, wurden auch qualitative Umweltdatenpunkte, wie bspw. eine Kennzeichnungspflicht, mit in das Umweltdatenset aufgenommen. In den Umweltdatensets wurden dann die für den jeweiligen Umweltdatenpunkt relevanten Dokumente (PDF, Word, u. a.) verlinkt und somit die darin enthaltenen, spezifischen Umweltdaten und -informationen für den Anwender nutzbar gemacht.

6.1.2 Identifikation und Analyse rechtlicher Grundlagen sowie ihrer Umweltdaten mit Bezugspunkt Anlage

6.1.2.1 Übersicht der betrachteten rechtlichen Grundlagen

Bei der Analyse der rechtlichen Grundlagen wurde jeweils der spezifische Bezugspunkt, auf den sich die umweltrelevanten Daten beziehen, identifiziert. Wie Tabelle 6 zeigt, existieren je nach betrachteter rechtlicher Grundlage bzw. Berichtspflicht verschiedene spezifische Bezugspunkte. Folglich werden die identifizierten umweltrelevanten Daten nicht ausschließlich auf Anlagenebene erhoben bzw. berichtet, sondern bspw. ebenso auf Ebene der Betriebseinrichtung (PRTR-Verordnung), des Unternehmens (Non-Financial Reporting Directive (NFRD)³⁷) oder der Anfallstelle des Abfalls (Nachweisverordnung (NachwV)). In diesen Fällen wurden die jeweiligen rechtlichen Grundlagen trotzdem in die Analyse mitaufgenommen, um zu untersuchen, inwieweit umweltrelevante Daten möglicherweise auch auf Anlagenebene vorliegen bzw. die Daten trotzdem von Mehrwert für das Umweltdatenset sind. Somit gibt Tabelle 6 einen Überblick über all jene rechtlichen Grundlagen, die Anforderungen zur Berichterstattung umweltrelevanter Daten enthalten, welche im Rahmen dieses Vorhabens dem Bezugspunkt „Anlage“ zugeordnet wurden. Der Fokus liegt dabei auf den rechtlichen Grundlagen, die die relevanten Informationen zu den Umweltdatenpunkten enthalten, die in Deutschland berichtet werden müssen (in der Tabelle fett markiert). Bei EU-Verordnungen betrifft dies in der Regel die EU-Verordnungen selbst, bei EU-Richtlinien sind dies in der Regel die nationalen Umsetzungsgesetze.

Zusätzlich ist in Tabelle 6 der Geltungsbereich der rechtlichen Grundlagen – EU- oder DE (deutsches) Recht – sowie die jeweilig betroffenen Kompartimente aufgeführt.

Tabelle 6: Übersicht über die rechtlichen Grundlagen, die Anforderungen zur Berichterstattung umweltrelevanter Daten mit Anlagenbezug enthalten

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Bezugspunkt gemäß rechtlicher Grundlage	Kompartiment
Industrieemissionsrichtlinie (EU), Bundes-Immissionsschutzgesetz (DE) und TA Luft	DE	Anlage nach IED*, nach BImSchG**	Luft
Bundes-Immissionsschutzgesetz (DE) und 11. BImSchV	DE	Anlage nach BImSchG**	Luft
Industrieemissionsrichtlinie (EU) und 13. BImSchV	DE	Anlage nach BImSchG**	Luft
Industrieemissionsrichtlinie (EU) und 17. BImSchV	DE	Anlage nach BImSchG**	Luft
Industrieemissionsrichtlinie (EU) und 31. BImSchV	DE	Anlage nach BImSchG**	Luft
E-PRTR-Verordnung	EU	Betriebseinrichtung****	Luft, Wasser, Abwasser, Boden, Abfall
Emissionshandelsrichtlinie (EU) und Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG)	DE	Anlage nach TEHG***	Luft
F-Gas-Verordnung	EU	Einrichtung, die F-Gase enthält	Luft

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Bezugspunkt gemäß rechtlicher Grundlage	Kompartiment
Abfallrahmenrichtlinie (EU), Kreislaufwirtschaftsgesetz (DE) und Nachweisverordnung (NachwV)	DE	Anfallstelle des Abfalls	Abfall
Abfallverbringungsverordnung (VVA)	EU	Notifizierende (gemäß VVA) bzw. Der- oder Diejenige, der die Verbringung ins Ausland veranlasst	Abfall
Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	DE	Indirekteinleiter von Abwasser	Abwasser
Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und Abwasserabgabengesetz (AbwAG)	DE	Einleitungsstelle des Abwassers	Abwasser
Industrieemissionsrichtlinie (EU) und Abwasserverordnung (AbwV)	DE	Stelle, an der das Abwasser in das Gewässer eingeleitet wird (Einleitungsstelle in das Gewässer) Ort vor der Vermischung des Abwassers Ort des Anfalls	Abwasser
Seveso-Richtlinie (EU) und 12. BImSchV (Störfallverordnung)	DE	Betriebsbereiche der unteren und oberen Klasse gemäß 12. BImSchV	Diverse
Non-Financial Reporting Directive ³⁷ (EU) und CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz (CSR-RUG)	DE	Unternehmen bzw. Kapitalgesellschaft	Diverse

* ortsfeste technische Einheit, auf der bestimmte industrielle Tätigkeiten sowie andere unmittelbar damit verbundene Tätigkeiten am selben Standort durchgeführt werden, die mit den in den genannten Anhängen aufgeführten Tätigkeiten in einem technischen Zusammenhang stehen und die Auswirkungen auf die Emissionen und die Umweltverschmutzung haben können

** Anlagen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) sind 1. Betriebsstätten und sonstige ortsfeste Einrichtungen, 2. Maschinen, Geräte und sonstige ortsveränderliche technische Einrichtungen sowie Fahrzeuge, soweit sie nicht der Vorschrift des § 38 unterliegen, und 3. Grundstücke, auf denen Stoffe gelagert oder abgelagert oder Arbeiten durchgeführt werden, die Emissionen verursachen können, ausgenommen öffentliche Verkehrswege.

*** Betriebsstätte oder sonstige ortsfeste Einrichtung

**** eine oder mehrere Anlagen* am gleichen Standort, die von der gleichen natürlichen oder juristischen Person betrieben werden

***** Die Umweltinformationskategorien wurden basierend den Anforderungen der wichtigsten Berichterstattungsrahmenwerke festgelegt und dienen der besseren Zuordnung der umweltrelevanten Daten. Hier werden die Kategorien aufgeführt, auf die der Fokus der jeweiligen rechtlichen Grundlage liegt, andere Kategorien können auch betroffen sein.

6.1.2.2 Beschreibung der rechtlichen Grundlagen hinsichtlich relevanter Datenberichtspflichten und der Umweltdatenpunkte

In den folgenden Kapiteln wird jeweils eine kurze Einführung zu den rechtlichen Grundlagen und den damit verbundenen Anforderungen zur Berichterstattung umweltrelevanter Daten gegeben. Dazu wird die jeweilige rechtliche Grundlage auf EU-Ebene sowie, falls zutreffend, die Umsetzung in nationales Recht beschrieben und anschließend aufgezeigt, welche relevanten Umweltdatenpunkte identifiziert werden konnten. Die Inhalte der nachfolgenden Abschnitte wurden den jeweiligen Factsheets entnommen (siehe Anlage B).

In den Factsheets, die zu fast allen relevanten rechtlichen Regularien erstellt wurden, ist eine detaillierte Analyse der jeweiligen rechtlichen Grundlage zu finden inklusive Informationen zu der rechtlichen Grundlage selbst, den identifizierten Umweltdatenpunkten, den Anforderungen an Berichterstattung und Datenerhebung sowie zu den entsprechenden Kontextinformationen. Die in den Factsheets enthaltenen Informationen basieren auf den Inhalten der jeweils relevanten Gesetzestexte sowie teils auf weiteren relevanten Quellen. Die Quellen sind in den jeweiligen Factsheets angegeben (siehe Anlage B).

Industrieemissionsrichtlinie, Bundes-Immissionsschutzgesetz und TA Luft³⁸

Die IED bildet die EU-weite Grundlage für die Genehmigung, den Betrieb, die Überwachung sowie die Stilllegung von Anlagen besonders umweltrelevanter Industrietätigkeiten, mit dem Ziel der integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung infolge industrieller Tätigkeiten. Dabei wird das übergeordnete Ziel verfolgt, ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen und die europäischen Umweltstandards anzugleichen sowie einheitliche Wettbewerbsbedingungen zu schaffen. Insgesamt betrifft die IED mehr als 50.000 Industrieanlagen aus verschiedenen Sektoren innerhalb der EU, die verschiedenen Tätigkeiten nach Anhang I der IED zugeordnet sind. Für jeden relevanten Industriesektor (Tätigkeit) wird ein BVT-Merkblatt im sog. Sevilla-Prozess erarbeitet und beste verfügbare Techniken mit damit verbundenen Emissionsbandbreiten (Englisch: best available techniques associated emission levels, kurz BAT-AEL) festgelegt. Über diese BAT-AELs werden Emissionsbandbreiten für Verfahren und Prozesse festgelegt, die für alle betroffenen Anlagen einzuhalten sind. Daneben enthalten die BVT-Merkblätter auch Anforderungen für die Überwachung von Emissionen, Auflagen zum Schutz des Bodens und des Grundwassers sowie Maßnahmen zur Überwachung und Behandlung der von der Industrieanlage erzeugten Abfälle. Es wird festgelegt, welche EN-Standards (Europäische Standards bzw. Normen³⁹) für die Messung bzw. Überwachung der Emissionen verwendet werden sollen. Sofern keine entsprechenden EN-Standards verfügbar sind, sollen ISO-Standards (Standards der Internationalen Organisation für Normung, kurz ISO⁴⁰) oder sonstige nationale bzw. internationale Standards herangezogen werden, die eine Bereitstellung von Daten mit gleichwertiger wissenschaftlicher Qualität gewährleisten. Aus den BVT-Merkblättern werden BVT-Schlussfolgerungen abgeleitet, die die oben genannten Emissionsbandbreiten für bestimmte Schadstoffe enthalten und in den Mitgliedsstaaten der EU (EU-MS) rechtsbindend sind und bei den Genehmigungen entsprechender IED-Anlagen anzuwenden sind. Hieraus lassen sich diverse Umweltdatenpunkte ableiten.

Innerhalb dieses Vorhabens wurde sich auf die nationale Umsetzung der IED fokussiert. Die IED und die BVT-Schlussfolgerungen werden über das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) in nationales Recht umgesetzt (die letzteren zwei sind in den Abschnitten zum WHG und zum KrWG erläutert).

Aus dem BImSchG gehen verschiedene Bundes-Immissionsschutzverordnungen (BImSchV) sowie die TA Luft hervor, welche die BVT-Schlussfolgerungen in nationales Gesetz umsetzen und neben den IED-Anlagen weitere genehmigungspflichtige Anlagen gemäß 4. BImSchV umfassen. Die TA Luft wird von den jeweiligen Genehmigungsbehörden herangezogen, um die

³⁸ Für die TA Luft wurde kein eigenes Factsheet erstellt, da sich diese auf Genehmigungsbehörden bezieht. Es können Berichtspflichten für Betreiber in Form von Emissionsberichten identifiziert werden, aus denen sich Umweltdatenpunkte ergeben können.

³⁹ Europäische Standards (abgekürzt „EN“ vom deutschen Namen „Europäische Norm“) werden von den europäischen Normungsorganisationen, namentlich dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), dem Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) und dem Europäischen Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) erarbeitet. Die Anwendung Europäischer Normen ist dabei freiwillig (DIN e.V., 2022).

⁴⁰ ISO-Standards werden von der Internationalen Organisation für Normung entwickelt und publiziert. Es handelt sich dabei um internationale Standards.

Genehmigungsbescheide für einzelne IED- bzw. genehmigungspflichtige Anlagen zu erstellen, Grenzwerte darin festzulegen und diese zu prüfen. Da die TA Luft nicht bei Veröffentlichung jeder neuen BVT-Schlussfolgerung angepasst werden kann, gibt es zusätzlich noch allgemeine Verwaltungsvorschriften für einzelne Industriesektoren, die die jeweiligen BVT-Schlussfolgerungen in nationales Recht umsetzen und bei den Genehmigungen zu berücksichtigen sind.

Aus der TA Luft ergeben sich verschiedene spezifische Umweltdatenpunkte, die in den jeweiligen Genehmigungen der Industrie- bzw. genehmigungspflichtigen Anlagen festgehalten sind, wie z. B. bestimmte Emissionsgrenzwerte. Für die TA Luft wurde kein Factsheet erstellt, da sich diese in erster Linie an die Genehmigungsbehörden richtet.

Bundes-Immissionsschutzgesetz und 11. BImSchV

Die Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen) (11. BImSchV) führt § 27 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) aus und präzisiert für genehmigungsbedürftige Anlagen, wer zur Abgabe einer Emissionserklärung verpflichtet ist, in welchen Umfang, welcher Form und mit welchen Inhalten die Emissionserklärung erfolgen muss und wie die Emissionen zu ermitteln sind.

Innerhalb der Emissionserklärungen sind die

► Emissionen in die Luft

für die Stoffe gemäß § 3 der 11. BImSchV anzugeben, weshalb diese als Umweltdatenpunkt für das Umweltdatenset identifiziert wurden. Emissionen sind in der Verordnung definiert als von der Anlage ausgehende Luftverunreinigungen einschließlich der klimarelevanten Stoffe.

Industrieemissionsrichtlinie und 13. BImSchV

Die Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des BImSchG (13. BImSchV) führt die Vorschriften aus der BImSchG aus und gilt für die für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Feuerungsanlagen (einschließlich Gasturbinen- und Gasmotoranlagen) mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 MW oder mehr (Großfeuerungsanlagen). Die 13. BImSchV enthält Anforderungen an Feuerungsanlagen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen, zur Nutzung der entstehenden Wärme sowie zur Erfüllung von europäischen Luftqualitätsanforderungen. Weiterhin enthält die 13. BImSchV Vorgaben für Emissionsgrenzwerte, die Messung, Überwachung und Berichterstattung, das Vorgehen bei Betriebsstörungen an Abgasreinigungseinrichtungen, die Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Abscheidung und Kompression von Kohlendioxid (CO₂). Des Weiteren beinhaltet die 13. BImSchV Vorgaben aus den BVT-Schlussfolgerungen für Großfeuerungsanlagen, die aus den BVT-Merkblättern unter der IED resultieren.

Im Rahmen der 13. BImSchV ergeben sich für bestimmte Feuerungsanlagen Berichtspflichten zu dem identifizierten Umweltdatenpunkt

► Emissionen in die Luft.

Die relevanten Schadstoffe werden in § 17 (1) und § 22 der 13. BImSchV genannt.

Industrieemissionsrichtlinie und 17. BImSchV

Die Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (17. BImSchV) gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Abfallverbrennungs- und Abfallmitverbrennungsanlagen, in denen feste, flüssige oder in Behältern gefasste gasförmige Abfälle oder ähnliche feste oder flüssige brennbare Stoffe oder feste, flüssige oder gasförmige Stoffe, die bei der Pyrolyse oder Vergasung von Abfällen entstehen, eingesetzt werden.

Die 17. BImSchV setzt Teile der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), der IED sowie des Durchführungsbeschlusses (EU) 2017/2117 in deutsches Recht um. Des Weiteren beinhaltet die 17. BImSchV die Vorgaben aus den BVT-Schlussfolgerungen für Großfeuerungsanlagen, die aus den BVT-Merkblättern unter der IED resultieren.

Die 17. BImSchV beinhaltet Grenzwerte für zulässige Emissionen anorganischer und organischer Schadstoffe. Die Stoffe mit ihren jeweiligen Grenzwerten sind in Anlage 1, 2 und 3 der 17. BImSchV aufgeführt. Die Luftemissionen der Anlage müssen kontinuierlich gemessen und aufgezeichnet werden, daher lautet der für das Umweltdatenset identifizierte Umweltdatenpunkt:

- Emissionen in die Luft.

Industrieemissionsrichtlinie und 31. BImSchV

Die 31. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen; 31. BImSchV) dient der Umsetzung der relevanten Vorgaben aus der IED, die ursprünglich in der Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (Englisch: volatile organic compounds, kurz VOC), die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen, enthalten waren. Des Weiteren beinhaltet die 31. BImSchV die Vorgaben aus den BVT-Schlussfolgerungen für die Oberflächenbehandlung unter Verwendung von organischen Lösemitteln, die aus den BVT-Merkblättern unter der IED resultieren.

Ziel der 31. BImSchV ist die Begrenzung von VOC-Emissionen aus bestimmten Anlagen. Betroffen sind Alt- sowie Neuanlagen, in denen organische Lösemittel eingesetzt werden, sofern der jährliche Lösemittelverbrauch bestimmte Schwellenwerte überschreitet. Dazu gehören u. a. Beschichtungsanlagen für diverse Materialien und Produkte, Druckereien, Oberflächenreinigungsanlagen, Anlagen zur Umwandlung von Kautschuk sowie Anlagen zur Herstellung von Beschichtungstoffen, Klebstoffen, Druckfarben und Arzneimitteln.

Die 31. BImSchV beinhaltet Vorgaben zur Messung und Überwachung von Emissionen von VOC für nicht genehmigungsbedürftige (§ 5) und genehmigungsbedürftige (§ 6) Anlagen. Die Verordnung verpflichtet Betreiber von genehmigungsbedürftigen und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, Maßnahmen zur Begrenzung von Emissionen an VOC zu treffen.

Folgender Umweltdatenpunkt wurde in der 31. BImSchV für das Umweltdatenset identifiziert:

- Emissionen von VOC in die Luft.

E-PRTR-Verordnung

Das Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (Englisch: Pollutant Release and Transfer Register, kurz PRTR) wird aufgrund eines internationalen Abkommens der UN-Wirtschaftskommission für Europa und der von der EU erlassenen, für Europa verbindlichen Verordnung über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters vom 18.01.2006 (EG) (E-PRTR-Verordnung) aufgebaut und betrieben. Die deutsche Umsetzung erfolgte mit dem SchadRegProtAG vom 21. Mai 2003 sowie zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 166/2006 vom 06. Juni 2007, geändert durch das Gesetz vom 9. Dezember 2020 (Bundesgesetzblatt (BGBl) Tl. 1; Nr. 61/2020, S. 2873). Danach ist ein der Öffentlichkeit frei und unentgeltlich zugängliches, internetgestütztes nationales PRTR zu errichten und zu unterhalten.

Das PRTR bietet den Unternehmen die Möglichkeit, ihre Maßnahmen und Investitionen zur Minderung des Schadstoffausstoßes bekannt zu machen, und informiert Bürger*innen online über die Freisetzung von Schadstoffen in Luft, Wasser und Boden, die Verbringung von Schadstoffen

in Abwasser und die Verbringung von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen, aus Industriebetrieben deutschlandweit.

Berichtspflichten zu Umweltdaten ergeben sich gemäß Artikel 5 der E-PRTR-Verordnung bzw. gemäß § 3 SchadRegProtAG für Betreiber von Betriebseinrichtungen. Zu welchen Umweltdaten berichtet werden muss, ist in Artikel 5 der E-PRTR- Verordnung definiert, wohingegen das SchadRegProtAG genauer spezifiziert, wie bzw. auf welche Art und Weise die Daten berichtet werden müssen. Das SchadRegProtAG stellt eine Anpassung der Verordnung auf nationaler Ebene dar und regelt bspw. Bußgeldvorschriften. Zur Integration in das Umweltdaten set konnten basierend auf der Analyse der E-PRTR- Verordnung die folgenden Umweltdatenpunkte identifiziert werden:

- ▶ Freisetzung in Luft,
- ▶ Freisetzung in Wasser,
- ▶ Freisetzung in Boden,
- ▶ Verbringung von gefährlichen Abfällen außerhalb des Standorts,
- ▶ Verbringung von nicht-gefährlichen Abfällen außerhalb des Standorts und
- ▶ Verbringung von Schadstoffen in für die Abwasserbehandlung bestimmten Abwassers außerhalb des Standorts.

Emissionshandelsrichtlinie und Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz

Der Europäische Emissionshandel (EU-ETS) wurde 2005 eingeführt, um das internationale Klimaschutzabkommen von Kyoto umzusetzen. Er stellt das zentrale Klimaschutzinstrument der EU dar und ist europaweit einheitlich geregelt und umgesetzt. Mit dem EU-ETS sollen die Treibhausgasemissionen der teilnehmenden Energiewirtschaft und der energieintensiven Industrie reduziert werden (seit 2012 nimmt auch der innereuropäische Luftverkehr teil). Der EU-ETS basiert auf einem marktwirtschaftlichen Prinzip, dem sog. „Cap & Trade“. Dabei bestimmt eine politisch festgelegte Obergrenze (Cap), wie viele Treibhausgasemissionen von den emissionshandelspflichtigen Anlagen insgesamt ausgestoßen werden dürfen. Eine entsprechende Menge an Emissionsberechtigungen wird seitens der Mitgliedstaaten an die Anlagen ausgegeben. Da diese auf dem Markt frei gehandelt werden dürfen (Trade), entsteht ein Preis für den Ausstoß von Treibhausgasen. Dieser setzt Impulse bei den beteiligten Unternehmen, ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren, z. B. durch Investitionen in klimaschonende Technologien. Neben Kohlendioxid (CO₂) sind seit 2013 auch Lachgas (N₂O) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) einbezogen. Die Europäische Kommission, Rat und Europäisches Parlament haben sich im November 2017 auf eine Reform des Europäischen Emissionshandels für die vierte Handelsperiode (2021 bis 2030) geeinigt.

Die rechtliche Grundlage für den EU-ETS bildet die Richtlinie 2003/87/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates (kurz Emissionshandelsrichtlinie). In Deutschland erfolgte die Umsetzung in nationales Recht über das "Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz vom 21. Juli 2011 (BGBl. I S. 1475), das zuletzt durch Artikel 18 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist" (kurz TEHG). Gemäß § 28 Absatz 2 kann das BMUV u. a. eine Rechtsverordnung erlassen, in der Einzelheiten zur Ermittlung von und Berichterstattung über Emissionen nach § 5 Absatz 1 festgeschrieben sind. Derzeit liegt für diese Rechtsverordnung ein Referentenentwurf vor (stand Dezember 2022).

Berichtspflichten bestehen für vom EU-Emissionshandels betroffene Anlagen hinsichtlich der Treibhausgasemissionen einschließlich CO₂, PFC und N₂O.

Der konkrete Umweltdatenpunkt, welcher für das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz identifiziert werden konnte, ist daher:

- Treibhausgasemissionen (CO₂, PFC und N₂O).

F-Gas-Verordnung

Für das Erreichen des Ziels, die Emissionen aus der Industrie bis zum Jahr 2030 um 70 Prozent im Vergleich zu 1990 zu reduzieren, ist am 01. Januar 2015 die Verordnung (EU) Nr. 517/2014 (F-Gas-Verordnung) über fluorierte Treibhausgase (F-Gase) in Kraft getreten, die die Verordnung (EG) Nr. 842/2006 aufhebt. Im Rahmen der Verordnung von 2006 wurden zusätzliche Implementierungsvorschriften erlassen, die bis zum Erlass neuer Implementierungsvorschriften weiterhin gültig sind. Mit Hilfe von drei Regelungsansätzen soll eine Reduzierung der vorausgesagten Emissionen fluoriierter Treibhausgase in der EU um 70 Millionen Tonnen (t) CO₂-Äquivalente auf 35 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente bis zum Jahr 2030 anhand folgender Schritte erzielt werden:

1. Einführung einer schrittweisen Beschränkung (Phase down) der am Markt verfügbaren Mengen an teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW) bis zum Jahr 2030 auf ein Fünftel der heutigen Verkaufsmengen,
2. Erlass von Verboten für die Verwendung und des Inverkehrbringens, wenn technisch machbare, klimafreundlichere Alternativen vorhanden sind und
3. Beibehaltung und Ergänzung der Regelungen zu Dichtheitsprüfungen, Zertifizierung, Entsorgung und Kennzeichnung.

Des Weiteren soll ein größeres Bewusstsein geschaffen werden und dazu führen, Alternativen zu F-Gasen zu verwenden.

In Artikel 4 der F-Gas Verordnung wird spezifisch auf die Dichtheitsprüfung von in (2) definierten Einrichtungen, die F-Gase in einer Menge von fünf Tonnen CO₂ -Äquivalent oder mehr enthalten, die nicht Bestandteil von Schäumen sind, durch ihre Betreiber verwiesen. In Artikel 6 werden die von Betreibern aufzeichnungspflichtigen Punkte aufgeführt. Diese Anforderungen werden in den folgenden Durchführungsverordnungen näher spezifiziert:

- VERORDNUNG (EG) Nr. 1497/2007 DER KOMMISSION vom 18. Dezember 2007 zur Festlegung der Standardanforderungen an die Kontrolle auf Dichtheit ortsfester Brandschutzsysteme, die bestimmte fluorierte Treibhausgase enthalten und
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1516/2007 DER KOMMISSION vom 19. Dezember 2007 zur Festlegung der Standardanforderungen an die Kontrolle auf Dichtheit von ortsfesten Kälte- und Klimaanlage sowie von Wärmepumpen, die bestimmte fluorierte Treibhausgase enthalten.

Aus diesen Anforderungen wurden die

- Menge der enthaltenen F-Gase,
- Menge der hinzugefügten F-Gase und
- Menge der rückgewonnenen F-Gase

je Einrichtung als Umweltdatenpunkte für das Umweltdatenset ausgewählt. Es handelt sich hierbei nicht um eine direkte Berichtspflicht, die Daten müssen aber entweder direkt in einer von

den zuständigen Behörden der Mitgliedsstaaten eingerichteten Datenbank gespeichert oder für fünf Jahre aufbewahrt und auf Anfrage der zuständigen Behörde vorgelegt werden.

Abfallrahmenrichtlinie, Kreislaufwirtschaftsgesetz und Nachweisverordnung

Artikel 35 der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL)) beinhaltet Regelungen zum Führen von Aufzeichnungen, u. a. hinsichtlich der Entsorgung von gefährlichen Abfällen. Die Grundzüge der Nachweisführung werden in Deutschland im Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (KrWG) geregelt. Gemäß § 50 des KrWG sind Erzeuger, Besitzer, Sammler, Beförderer und Entsorger von gefährlichen Abfällen dazu verpflichtet die ordnungsgemäße Entsorgung der gefährlichen Abfälle nachzuweisen. Zudem kann gemäß § 51 des KrWG seitens der zuständigen Behörden im Einzelfall die Nachweisführung für Abfälle angeordnet werden.

Die konkreten Anforderungen an die Form und den Inhalt der zu führenden Nachweise wird in Deutschland durch die Nachweisverordnung (NachwV) festgelegt, welche die innerstaatliche Verbringung von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen regelt. Demnach muss für die Entsorgung von nachweispflichtigen Abfällen (in der Regel gefährliche Abfälle) gemäß § 3 der NachwV ein Entsorgungsnachweis bzw. ein Sammel-Entsorgungsnachweis vorliegen, u. a. um die Zulässigkeit der vorgesehenen Entsorgung zu belegen. Der Entsorgungsnachweis muss von der zuständigen Behörde bestätigt werden.

Die konkreten Umweltdatenpunkte, welche für die NachwV identifiziert werden konnten, sind

- Menge des gefährlichen Abfalls und
- Menge des nicht gefährlichen Abfalls.

Abfallverbringungsverordnung

Grundlage der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2006 über die Verbringung von Abfällen (Abfallverbringungsverordnung, kurz VVA) ist das Basler Übereinkommen. Ziel des Basler Übereinkommens ist es, insbesondere Entwicklungsländer zu schützen, in die häufig gefährliche Abfälle verbracht wurden und die oftmals nicht über die notwendigen technischen Voraussetzungen für den Umgang mit gefährlichen Abfällen verfügen. Die VVA enthält Vorgaben zur Verbringung von Abfällen innerhalb der EU. Dies umfasst sowohl den Import in bzw. die Ausfuhr aus einem der 27 EU-MS sowie den EU internen Grenzübergang von einem zum anderen EU-MS. Gemäß der VVA gelten bei der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen bestimmte Informationspflichten bzw. die Pflicht zur vorherigen schriftlichen Notifizierung und Zustimmung der zuständigen Behörde. Hierbei spielen das jeweilige Entsorgungsverfahren, der Bestimmungsstaat und die Einstufung des Abfalls eine zentrale Rolle.

In Deutschland ist die VVA durch das Abfallverbringungsgesetz (AbfVerbrG) in nationales Recht umgesetzt. Dieses regelt u. a. die Berichterstattung zwischen den Behörden der Länder und dem UBA.

Die identifizierten Berichtspflichten bzw. Umweltdatenpunkte ergeben sich direkt aus der VVA und dem Basler Übereinkommen. Die Umweltdatenpunkte umfassen die

- Menge der grenzüberschreitend verbrachten Abfälle zur Beseitigung sowie die
- Menge der grenzüberschreitend verbrachten Abfälle zur Verwertung.

Wasserhaushaltsgesetz und Abwasserabgabengesetz

Gemäß § 3 Nr. 1 – 3 des Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist eine Abgabe (Abwasserabgabe) für das Einleiten von Abwasser in ein Gewässer zu entrichten. Die Abwasserabgabe ist in Deutschland durch das Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz – AbwAG) geregelt. Des Weiteren dient das AbwAG in Teilen auch der Umsetzung der IED.

Generell bedarf die Einleitung von Abwasser in ein Gewässer einer wasserrechtlichen Erlaubnis der zuständigen Behörde. Die Abgabe, welche gemäß § 1 AbwAG durch die Länder erhoben wird, betrifft Direkteinleiter in Gewässer und richtet sich nach der Schädlichkeit und der Menge des Abwassers. Die Schädlichkeit des Abwassers wird auf Grundlage der oxidierbaren Stoffe, des Phosphors, des Stickstoffs, der organischen Halogenverbindungen, der Metalle Quecksilber, Cadmium, Chrom, Nickel, Blei, Kupfer und ihrer Verbindungen sowie der Giftigkeit des Abwassers gegenüber Fischeiern in Schadeinheiten (SE) bestimmt (siehe Anlage zu § 3 AbwAG). Die Höhe der Abgabe hängt von der Schädlichkeit des Abwassers – ausgedrückt in SE – ab. Basis für die Ermittlung der SE ist gemäß § 4 AbwAG der die Abwassereinleitung zulassende Bescheid. Der Bescheid definiert die einzuhaltende Konzentration für bestimmte Schadstoffe und Schadstoffgruppen (siehe Anlage zu § 3 AbwAG), den einzuhaltenden Verdünnungsfaktor bei der Giftigkeit gegenüber Fischeiern sowie die Jahresschmutzwassermenge. Umweltrelevante Daten, die im Zuge des AbwAG – betrifft Direkteinleiter – vorliegen müssen, sind somit die Abwassermenge und die Schadstoffkonzentrationen bzw. SE.

Gemäß § 58 und § 59 WHG bedarf das Indirekteinleiten von Abwasser in öffentliche oder private Abwasseranlagen in der Regel der Genehmigung durch die zuständige Behörde, um sicherzustellen, dass durch die Einleitung der Abwässer in Abwasseranlagen keine Gewässerunreinigungen resultiert. Dafür ist oftmals eine Abwasservorbehandlung erforderlich (Indirekteinleitergenehmigung). Die Vorbehandlung dient bspw. der Eliminierung von Schadstoffen, die in kommunalen Kläranlagen nicht oder nur geringfügig behandelt werden können. Die Genehmigung dient dazu, die Mindestanforderungen aus der Abwasserverordnung (AbwV) umzusetzen. Es kann daher geschlussfolgert werden, dass auf Basis des Genehmigungsbescheids auch bei Indirekteinleitern Informationen zur Schädlichkeit und Menge des Abwassers vorliegen.

Folglich konnten auf Basis des WHG, der wasserrechtlichen Erlaubnis bzw. der Indirekteinleitergenehmigung sowie des AbwAG die folgenden Umweltdatenpunkte identifiziert werden:

- ▶ Menge des Abwassers bei Direkteinleitung,
- ▶ Schädlichkeit des Abwassers bei Direkteinleitung gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis,
- ▶ Menge des Abwassers bei Indirekteinleitung und
- ▶ Schädlichkeit des Abwassers (bzw. Grenzwerte) bei Indirekteinleitung gemäß Indirekteinleitergenehmigung.

Während den ersten beiden Umweltdatenpunkten zur Direkteinleitung das AbwAG zugrunde liegt, liegt den weiteren zwei Umweltdatenpunkten zur Indirekteinleitung das WHG zugrunde.

Industrieemissionsrichtlinie und Abwasserverordnung

Diese Mindestanforderungen sind in den Anhängen der Abwasserverordnung (AbwV) konkretisiert. Sie richten sich nach dem Stand der Technik und sind nach Industrie- und Gewerbebranchen differenziert. Dabei werden durch die AbwV auch die Anforderungen der IED zu den BVT branchenspezifisch für den Abwasserbereich umgesetzt. Im industriellen Bereich wird dabei zwischen Direkt- und Indirekteinleitern unterschieden. Die Anhänge der AbwV sind in einzelne Teile untergliedert (Teile A bis H). Teil C legt bspw. Anforderungen an das Abwasser für die

Einleitungsstelle fest und betrifft somit Direkteinleiter, während Teil D Anforderungen an das Abwasser vor der Vermischung mit Abwasser anderer Herkunftsbereiche definiert und entsprechend auch für Indirekteinleiter gilt.

Für Einleitungen aus Anlagen, die der IED unterliegen, gelten die gekennzeichneten Emissionsgrenzwerte (siehe Anhänge der AbwV). In sonstigen Fällen werden die Emissionswerte der AbwV bei der Erteilung einer wasserrechtlichen Zulassung für das Einleiten von Abwasser festgelegt. Bei der Prüfung eines Antrags auf Einleitungserlaubnis führt die zuständige Behörde eine ganzheitliche Analyse und Bewertung des abwassereinleitenden Betriebs durch, so dass branchenspezifische Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen identifiziert und angeordnet werden können. Durch den Branchenbezug und eine Auswahl der zu begrenzenden Parameter kann der Mess- und Überwachungsaufwand eingeschränkt werden. Bei den ausgewählten Parametern handelt es sich v. a. um Leit- bzw. Summenparameter und Wirkparameter. Entsprechend werden im Zuge der AbwV überwiegend keine Anforderungen an bestimmte Einzelstoffe festgelegt, sondern Abwasserherkunftsbereiche bzw. Branchen bestimmt, für deren Einleitung in Gewässer der Stand der Technik angewendet werden muss.

Es kann daraus geschlossen werden, dass bei IED-Anlagen die den jeweiligen Sektor betreffenden Schadstoffe erhoben werden. Dabei handelt es sich nicht um konkrete Berichtspflichten, sondern vielmehr um branchenspezifische Überwachungspflichten, die zum Einhalten der in der jeweiligen BVT-Schlussfolgerung enthaltenen Grenzwerte sektorspezifischer Schadstoffe dienen. (Eine Aufnahme der sektorspezifischen Schadstoffe zusammen mit den weiteren Regeln kann langfristig empfohlen werden.). Die auf Basis der AbwV identifizierten Umweltdatenpunkte umfassen:

- Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Direkteinleiter gemäß Teil C und ggf. D und E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV sowie
- Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Indirekteinleiter gemäß Teil D und ggf. E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV.

Zudem enthält Anlage 2 der AbwV Vorgaben hinsichtlich des Inhalts betrieblicher Dokumentationen (z. B. betriebliches Abwasserkataster, Betriebstagebuch oder Jahresbericht), die u. a. zur Überprüfung der Einhaltung der Anforderungen dieser Verordnung und der wasserrechtlichen Zulassung erforderlich sind.

Seveso-Richtlinie und 12. BImSchV

Die Richtlinie 2012/18/EU Seveso-Richtlinie bzw. Seveso-III-Richtlinie (kurz Seveso-RL) enthält Vorgaben zur Verhütung schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen und zur Begrenzung der Unfallfolgen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Weiterhin ist es Ziel der Richtlinie, ein hohes Schutzniveau innerhalb der EU zu gewährleisten.

Das Umsetzungsgesetz der Seveso-RL führte u. a. zu Änderungen des BImSchG sowie der 12. BImSchV (Störfallverordnung). Die Störfallverordnung enthält Vorschriften zur technischen Sicherheit von Industriebetrieben und Anforderungen der Gefahrenvorsorge und -abwehr für Betreiber und Behörden. Sie gilt für alle Betriebsbereiche, in denen gefährliche Stoffe oberhalb einer sog. Mengenschwelle vorhanden sind bzw. vorhanden sein können (siehe Artikel 2 Nr. 12). Die jeweiligen Mengenschwellen zu den Stoffen sind in Anhang I der Verordnung konkretisiert. Anhang I der Seveso-RL enthält dabei nicht nur Mengenschwellen für namentlich aufgeführte gefährliche Stoffe, sondern auch Vorgaben, wie Stoffe mit denselben Gefahrenmerkmalen zusammenzufassen sind (Additions- bzw. Quotientenregel). Die Stoffliste wurde dabei an die neuen Gefahrenklassen und -kategorien der europäischen Verordnung über Einstufung,

Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (kurz CLP-Verordnung; Englisch: Classification, Labelling and Packaging) angepasst.

Für das UBA ergeben sich Berichtspflichten gemäß Seveso-Richtlinie Artikel 21 Abs. 2, 3 und 4 sowie durch Durchführungsbeschlüsse (diese Berichtspflichten finden sich nicht in der 12. BImSchV, sondern sind in § 31, Abs 2a i.V. § 61 Abs. 2 BImSchG in deutsches Recht umgesetzt). Des Weiteren ist der Leitfaden der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz zur Erfassung, Aufklärung und Auswertung von meldepflichtigen Ereignissen im Sinne der Störfall-Verordnung umzusetzen („LAI-Leitfaden meldepflichtige Ereignisse im Sinne der Störfall-Verordnung“).

Durch die Anpassung der 12. BImSchV ergeben sich für betroffene Unternehmen u. a. Anzeige-, Mitteilungs-, Informations- und Genehmigungspflichten. Für dieses Vorhaben relevante Berichtspflichten zu umweltrelevanten Daten ergeben sich gemäß der 12. BImSchV insbesondere aus den Anzeigepflichten (§ 7). Hierbei müssen Betreiber der zuständigen Behörde vor Beginn eines Betriebsbereichs oder vor einer störfallrelevanten Änderung nach § 3 Absatz 5b des BImSchG die Menge und physikalische Form der gefährlichen Stoffe sowie die Gefahrenkategorie der Stoffe mitteilen. Ebenso gilt eine Meldepflicht im Falle eines Ereignisses gemäß § 2 Nr. 6 der 12. BImSchV). Hierfür müssen den zuständigen Behörden umweltrelevante Daten gemäß Anhang VI der 12. BImSchV mitgeteilt werden.

Zusätzlich sind die Mengen der an meldepflichtigen Ereignissen beteiligten gefährlichen Stoffe nach § 19 Abs.2 i.V. Anhang VI Teil 1 I.1 12. BImSchV an die zuständige Behörde zu melden.

Für das Umweltdatenset wurde somit folgender Umweltdatenpunkt identifiziert:

- Menge der gefährlichen Stoffe.

Non-Financial Reporting Directive⁴¹ (EU) und CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz

In der EU wurde 2014 die Corporate Social Responsibility (CSR)-Richtlinie (2014/95/EU) verabschiedet. Ziel der CSR-Richtlinie ist es, die Transparenz über ökologische und soziale Aspekte von Unternehmen in der EU zu fördern. Insbesondere geht es dabei um die Berichterstattung von Unternehmen zu Umwelt-, Sozial und Arbeitnehmerbelangen, zur Achtung der Menschenrechte sowie zur Bekämpfung von Korruption und Bestechung.

In Deutschland werden die Regelungsinhalte der CSR-Richtlinie durch das Gesetz zur Stärkung der nichtfinanziellen Berichterstattung der Unternehmen in ihren Lage- und Konzernlageberichten (CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz; kurz CSR-RUG) in nationales Recht umgesetzt. Zur Umsetzung des Gesetzes waren Änderungen im Handelsgesetzbuch (HGB) erforderlich.

Seither gibt es in Deutschland eine Pflicht zur nichtfinanziellen Berichterstattung für bestimmte Unternehmen. Nach dem Gesetz sind große Unternehmen (§ 267 Abs. 3 HGB²) und Konzerne (§ 293 HGB), die jeweils kapitalmarktorientiert (§ 264d HGB) sind und im Jahresdurchschnitt mehr als 500 Mitarbeitende beschäftigen, betroffen. Zum Anwendungsbereich gehören auch Genossenschaften sowie – unabhängig von der Kapitalmarktorientierung – große Kreditinstitute, Finanzdienstleistungs- und Versicherungsunternehmen/-konzerne, die im Jahresdurchschnitt mehr als 500 Mitarbeitende beschäftigen. Insgesamt sind in Deutschland circa 550 Unternehmen von der Berichtspflicht betroffen. Berichtspflichtige Unternehmen können die nichtfinanziellen Angaben in drei verschiedenen Varianten veröffentlichen:

⁴¹ Diese Richtlinie wurde überarbeitet und kurz vor Fertigstellung des Berichts als „Corporate Sustainability Reporting Directive“ (CSRD) veröffentlicht. Die CSRD führt detailliertere Berichtspflichten zu den Auswirkungen von Unternehmen auf die Umwelt, Menschenrechte und Sozialstandards ein, basierend auf gemeinsamen Kriterien im Einklang mit den EU-Klimazielen

1. Das berichtspflichtige Unternehmen kann die nichtfinanzielle Erklärung in den Lagebericht nach § 289 HGB aufnehmen.
2. Das berichtspflichtige Unternehmen kann einen gesonderten nichtfinanziellen Bericht erstellen und zeitgleich mit dem Lagebericht nach § 325 HGB im Bundesanzeiger offenlegen.
3. Das berichtspflichtige Unternehmen kann einen gesonderten nichtfinanziellen Bericht erstellen und auf seiner Internetseite veröffentlichen, wenn hierauf im Lagebericht Bezug genommen wird.

Inhaltlich umfasst die Berichtspflicht die folgenden Aspekte: Umweltbelange, Arbeitnehmerbelange, Sozialbelange, Achtung der Menschenrechte sowie Bekämpfung von Korruption und Bestechung. Für das vorliegende Vorhaben sind insbesondere die Umweltbelange relevant.

Im Rahmen des CSR-RUG ergeben sich keine konkreten Vorgaben zu den Umweltdatenpunkten, die hinsichtlich des Aspekts „Umweltbelange“ berichtet werden müssen.

Allerdings kann hier auf die nicht-finanzielle Berichterstattung des betroffenen Unternehmens (Kapitalgesellschaft) verlinkt werden, weshalb als Umweltdatenpunkt der

► Bericht der nichtfinanziellen Berichterstattung

gewählt wurde, auf den verlinkt werden kann.

Am 21.04.2021 hat die Europäische Kommission ihre Vorschläge zur Überarbeitung der CSR-Richtlinie veröffentlicht. Es ist davon auszugehen, dass die Novellierung erhebliche Auswirkungen auf die zu berichtenden Umweltdaten gemäß CSR-Richtlinie hat und zudem wesentlich mehr Unternehmen von der Richtlinie betroffen sind.

6.1.2.3 Übersicht über Umweltdatenpunkte mit Bezugspunkt Anlage

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die im Rahmen dieses Vorhabens identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage, welche für Anlagen gemäß EU und deutschem Recht zu berücksichtigen sind. Dabei wurden fast ausschließlich Umweltdatenpunkte ausgewählt, die gemäß EU-Verordnungen oder der jeweiligen nationalen Umsetzung von EU-Richtlinien erhoben bzw. berichtet werden müssen. Lediglich die 11. BImSchV beruht nicht auf EU-Recht, sondern nur auf deutschem Recht. Die Tabelle ist ein erster Aufschlag zur Darstellung rechtlicher Grundlagen mit Anlagenbezug und den jeweils dazugehörigen Umweltdatenpunkten. Sie kann nach Bedarf weiterentwickelt und angepasst werden.

Tabelle 7: Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage – Bezugspunkt Anlage

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Identifizierte Umweltdatenpunkte
Industrieemissionsrichtlinie (EU), Bundes-Immissionsschutzgesetz und TA Luft	DE	Diverse (je nach Genehmigungsbescheid)*
Bundes-Immissionsschutzgesetz (DE) und 11. BImSchV	DE	Emissionen in die Luft*
Industrieemissionsrichtlinie (EU) und 13. BImSchV	DE	Emissionen in die Luft*
Industrieemissionsrichtlinie (EU) und 17. BImSchV	DE	Emissionen in die Luft*

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Identifizierte Umweltdatenpunkte
Industrieemissionsrichtlinie (EU) und 31. BImSchV	DE	Emissionen von VOC in die Luft*
PRTR-Verordnung	EU	Freisetzung in Luft Freisetzung in Wasser Freisetzung in Boden Verbringung von gefährlichen Abfällen (in Mengen über 2 Tonnen pro Jahr) außerhalb des Standorts Verbringung von nicht-gefährlichen Abfällen (in Mengen von über 2.000 Tonnen pro Jahr) außerhalb des Standorts Verbringung von Schadstoffen in für die Abwasserbehandlung bestimmten Abwassers außerhalb des Standorts
Emissionshandelsrichtlinie (EU) und Treibhausgas-Emissions-handelsgesetz (TEHG)	DE	Treibhausgasemissionen (Kohlendioxid (CO ₂), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Lachgas (N ₂ O)*)
F-Gas-Verordnung	EU	Menge der enthaltenen F-Gase Menge der hinzugefügten F-Gase Menge der rückgewonnenen F-Gase
Abfallrahmenrichtlinie (EU), Kreislaufwirtschaftsgesetz (DE) und Nachweisverordnung (NachwV)	DE	Menge des gefährlichen Abfalls Menge des nicht-gefährlichen Abfalls*
Abfallverbringungsverordnung (VVA)	EU	Menge der grenzüberschreitend verbrachten Abfälle zur Beseitigung Menge der grenzüberschreitend verbrachten Abfälle zur Verwertung
Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	DE	Menge des Abwassers bei Indirekteinleitung Schädlichkeit des Abwassers (bzw. Grenzwerte) bei Indirekteinleitung gemäß Indirekteinleitergenehmigung*
Wasserhaushaltsgesetz (WHG) (DE) und Abwasserabgabengesetz (AbwAG)	DE	Menge des Abwassers bei Direkteinleitung Schädlichkeit des Abwassers bei Direkteinleitung gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis*
Industrieemissionsrichtlinie (EU) und Abwasserverordnung (AbwV)	DE	Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Direkteinleiter gemäß Teil C und ggf. D und E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV sowie Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Indirekteinleiter gemäß Teil D und ggf. E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV*)

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Identifizierte Umweltdatenpunkte
Seveso-Richtlinie (EU) und 12. BImSchV (Störfallverordnung)	DE	Menge der gefährlichen Stoffe*
Non-Financial Reporting Directive ³⁷ (EU) und CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz (CSR-RUG)	DE	Bericht der nichtfinanziellen Berichterstattung (z. B. Nachhaltigkeitsbericht)*

* Bezugspunkt/e beziehen sich auf die rechtliche Grundlage mit dem Geltungsbereich Deutschland

6.1.3 Identifikation und Analyse rechtlicher Grundlagen sowie ihrer Umweltdaten mit Bezugspunkt Produkt

6.1.3.1 Übersicht der betrachteten rechtlichen Grundlagen

Ebenso wie bei der Analyse der rechtlichen Grundlagen mit Bezugspunkt „Anlage“ wurden auch bei den rechtlichen Grundlagen, die im Rahmen dieses Vorhabens dem Bezugspunkt „Produkt“ zugeordnet wurden (siehe Tabelle 8), die jeweiligen, spezifischen Bezugspunkte identifiziert und dokumentiert. Wie Tabelle 8 zeigt, beziehen sich die rechtlichen Grundlagen und die entsprechenden umweltrelevanten Daten nicht ausschließlich auf die Produktebene, sondern bspw. ebenso auf die Ebene des Stoffs (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)-Verordnung) oder eines homogenen Werkstoffs (RoHS-Richtlinie bzw. Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung (ElektroStoffV)). Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens umfasst der Begriff „Produkt“ daher auch Rohstoffe, Gemische und Materialien (siehe Kapitel 3).

Bei den analysierten rechtlichen Grundlagen mit Bezugspunkt „Produkt“ liegt der Fokus auf EU-Regularien, insbesondere EU-Verordnungen. Dies erklärt sich aus der Tatsache, dass Produkte und ihre Zulassung einen direkten Bezug zum EU-Binnenmarkt und EU-Wettbewerbsrecht haben und demzufolge EU-rechtlich bzw. einheitlich für alle 27 EU-MS zu regulieren sind. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die rechtlichen Grundlagen betrachtet, die die relevanten Informationen zu den Umweltdatenpunkten enthalten, die in Deutschland berichtet werden müssen (siehe Tabelle 8). Bei EU-Verordnungen betrifft dies die EU-Verordnungen selbst, bei EU-Richtlinien sind dies in der Regel die nationalen Umsetzungsgesetze.

Tabelle 8: Übersicht über die rechtlichen Grundlagen, die Anforderungen zur Berichterstattung umweltrelevanter Daten mit Produktbezug enthalten

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Bezugspunkt gemäß rechtlicher Grundlage
REACH-Verordnung	EU	Stoff, Gemisch, Erzeugnis**
CLP-Verordnung	EU	Stoff oder Gemisch
Abfallrahmenrichtlinie (EU) und Chemikaliengesetz (ChemG)	DE	Erzeugnis*
WEEE Richtlinie (EU) und Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)	DE	Erzeugnis (Elektro- und Elektronikgerät)*
Verordnung zur Energieverbrauchskennzeichnung	EU	Erzeugnis (energieverbrauchsrelevantes Produkt)

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungsbereich	Bezugspunkt gemäß rechtlicher Grundlage
Ökodesign-Richtlinie (EU) und Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG)	DE	Erzeugnis (energieverbrauchsrelevantes Produkt)*
RoHS-Richtlinie (EU) und Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung (ElektroStoffV)	DE	Erzeugnis (Elektro- oder Elektronikgerät)*
POP-Verordnung	EU	Stoff, Gemisch, Erzeugnis
F-Gas-Verordnung	EU	Erzeugnis (und Einrichtung)
Konfliktmineralienverordnung (Conflict Minerals Regulation - CMR)	EU	Stoff, Gemisch, Erzeugnis (Mineralien, Metalle, Halbzeuge gemäß CMR)

* Bezugspunkte beziehen sich auf die rechtliche Grundlage mit dem Geltungsbereich Deutschland

**Erzeugnis definiert nach REACH

6.1.3.2 Kurzkapitel je rechtlicher Grundlage

Parallel zu den rechtlichen Grundlagen, die dem Bezugspunkt Anlage zugeordnet wurden, wird nachfolgend jeweils eine kurze Einführung zu den rechtlichen Grundlagen mit dem zugeordneten Bezugspunkt „Produkt“ und den damit verbundenen Anforderungen zur Berichterstattung bzw. Erhebung umweltrelevanter Daten gegeben. Dabei wird die jeweilige rechtliche Grundlage auf EU-Ebene sowie, falls zutreffend, die Umsetzung in nationales Recht beschrieben und anschließend aufgezeigt, welche relevanten Umweltdatenpunkte identifiziert werden konnten. Die Inhalte der nachfolgenden Abschnitte wurden den jeweiligen Factsheets entnommen (siehe Anlage B). In den Factsheets, die zu allen relevanten rechtlichen Regularien erstellt wurden, ist eine detaillierte Analyse der jeweiligen rechtlichen Grundlage zu finden inklusive Informationen zu der rechtlichen Grundlage selbst, den identifizierten Umweltdatenpunkten, den Anforderungen an Berichterstattung und Datenerhebung sowie zu den entsprechenden Kontextinformationen. Die in den Factsheets enthaltenen Informationen basieren auf den Inhalten der jeweils relevanten Gesetzestexte sowie teils auf weiteren relevanten Quellen. Die Quellen sind in den jeweiligen Factsheets angegeben (siehe Anlage B).

REACH-Verordnung

Ein zentraler Baustein für die Erfassung von verkehrsfähigen Stoffen in der EU ist die REACH-Verordnung 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von chemischen Stoffen. Mit dem Ziel erlassen, den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor potenziellen Risiken durch Chemikalien zu verbessern, sieht die Verordnung zunächst vor, alle chemischen Stoffe, welche in der EU in bestimmten Mengen hergestellt oder vermarktet werden, zu registrieren. Stoffe oder Stoffgemische, die in Mengen von einer Tonne oder mehr pro Jahr hergestellt oder eingeführt werden, müssen von den Herstellern und Importeuren bei der European Chemicals Agency (ECHA; Deutsch: Europäische Chemikalienagentur) registriert werden.

Im Zuge dessen sind Unternehmen dazu verpflichtet, Daten und Informationen auf Stoffebene bereitzustellen, u. a. hinsichtlich möglicher schädlicher Wirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit. Welche konkreten Daten und Informationen bereitgestellt werden müssen, hängt von der Menge ab, in welcher der zu registrierende Stoff in der EU hergestellt oder dorthin importiert wird. Das zur REACH-Verordnung erstellte Factsheet liefert einen detaillierten Überblick über die konkreten umweltrelevanten Daten (siehe Kontextinformationen im Factsheet in Anlage B).

Ferner müssen Informationen über die sichere Verwendung der Chemikalie sowie Risikominierungsmaßnahmen für die verschiedenen Anwendergruppen bereitgestellt werden. In den Anhängen der Verordnung finden sich zudem Informationen zu besonders besorgniserregenden Stoffen, deren Anwendung verboten oder eingeschränkt ist.

Insgesamt muss festgehalten werden, dass es nicht möglich ist, die REACH-Verordnung in allen Details innerhalb des Umweltdatensets abzubilden. Allerdings kann eine Vielzahl zentraler Inhalte im Umweltdatenset abgebildet werden. Auf Basis der Expertisegespräche und der durchgeführten Analyse sind die folgenden Inhalte bzw. Fragen wesentlich für die Anforderungen der REACH-Verordnung und sollten daher als Umweltdatenpunkte im Umweltdatenset abgebildet werden:

- ▶ Registrierung des Stoffs,
- ▶ Gefährlichkeit des Stoffs (gefährlicher Stoff - ja oder nein),
- ▶ Verfügbarkeit eines Sicherheitsdatenblattes (Sicherheitsdatenblatt vorhanden - ja oder nein),
- ▶ Handelt es sich bei dem Stoff um einen zulassungspflichtigen Stoff nach Anhang XIV der REACH-Verordnung?
- ▶ Unterliegt der Stoff/das Gemisch Beschränkungen - ja oder nein,
- ▶ Menge der zu registrierenden Stoffe, die in der EU hergestellt oder dorthin importiert werden,
- ▶ Vorkommen von besonders besorgniserregenden Stoffen (Englisch: Substances of Very High Concern, kurz SVHC) im Erzeugnis (enthält das Erzeugnis SVHC-Stoff - ja oder nein).

CLP-Verordnung

Die Verordnung 1272/2008 über Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (kurz CLP-Verordnung) legt EU-weit einheitliche Anforderungen für die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen fest. Eines der Hauptziele der CLP-Verordnung besteht in der Feststellung der Eigenschaften von Stoffen und Gemischen, die eine Einstufung als „gefährlich“ zur Folge haben. Daraus resultiert schließlich die Zuweisung zu einer bestimmten Gefahrenklasse und -kategorie, die sich auf physikalische, Gesundheits- und Umwelt- sowie sonstige Gefahren bezieht. Grundlage dafür ist das Globale Harmonisierte System der Vereinten Nationen, welches eine Anforderung zur Datenerhebung enthält und beschreibt, welche Daten in welcher Weise genutzt werden können. Konkret werden sowohl herstellende als auch importierende Unternehmen dazu verpflichtet, Einstufungs- und Kennzeichnungsinformationen für die von ihnen in Verkehr gebrachten Stoffen an das Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis (C&L-Verzeichnis) der ECHA zu melden. Die CLP-Verordnung kennt zwei Arten der Einstufungen: Selbsteinstufung und harmonisierte Einstufung. Die Einstufung und Kennzeichnung hat bisher keine großen Auswirkungen auf mögliche Informationspflichten in der Lieferkette, sowie Stoff- oder Verwendungsbeschränkungen bis hin zu Stoffverboten unter der REACH-Verordnung. Allerdings könnte sich dies im Rahmen der geplanten Ökodesign-Verordnung ändern, denn im aktuellen Vorschlag der Kommission würden bestimmte Ermächtigungen nur für harmonisiert eingestufte Stoffe greifen.

Umweltrelevante Daten, die im Rahmen dieses Vorhabens als relevant betrachtet werden, liegen bei der CLP-Verordnung in Form der Einstufungen zu den Gefahrenklassen bzw. -kategorien vor. Darüber hinaus existieren sog. „P-Sätze“, bei denen es sich um einschlägige Sicherheitshinweise

handelt, die zum Schutze der Verwender*innen und der Umwelt auf den Verpackungen der Stoffe oder Gemische angebracht werden müssen.

Zur Integration in das Umweltdatenset konnten basierend auf der Analyse der CLP-Verordnung die folgenden Umweltdatenpunkte identifiziert werden:

- ▶ Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs,
- ▶ Gefahrenhinweis (H-Sätze),
- ▶ Ergänzende Gefahrenhinweise (EUH-Sätze),
- ▶ Sicherheitshinweise – Prävention (P200-Sätze),
- ▶ Sicherheitshinweise – Reaktion (P300-Sätze),
- ▶ Sicherheitshinweise – Lagerung (P400-Sätze) und
- ▶ Sicherheitshinweise – Entsorgung (P500-Sätze).

Abfallrahmenrichtlinie und Chemikaliengesetz (SCIP-Datenbank)

Mit dem Inkrafttreten der revidierten Abfallrahmenrichtlinie (ARRL) im Juli 2018 wurde der ECHA die Aufgabe zuteil, eine Datenbank mit Informationen über Erzeugnisse einzurichten, die Stoffe enthalten, welche auf der Kandidatenliste für besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC-Substanzen) gelistet sind. Die sog. substances of concern in articles as such or products (SCIP)-Datenbank enthält Informationen zu SVHCs in Erzeugnissen (Substances of Very High Concern in Articles) als solche oder in komplexen Gegenständen (Produkten). Mit der SCIP-Datenbank werden insbesondere die folgenden Ziele verfolgt:

- ▶ Verringerung von Abfällen, die besonders besorgniserregende Stoffe enthalten,
- ▶ Bereitstellung von Informationen, mit deren Hilfe die Abfallbehandlung weiter verbessert werden kann,
- ▶ Behörden befähigen, die Verwendung von SVHCs in Erzeugnissen während des gesamten Lebenszyklus zu überwachen und Maßnahmen zu ergreifen und
- ▶ Verbraucher*innen ermöglichen, die SVHC-Informationen in ihre Kaufentscheidung mit einzubeziehen.

Innerhalb der ARRL wird auf Art. 33 Abs. 1 REACH-Verordnung verwiesen, der die Pflicht zur Weitergabe von Informationen über SVHC-Stoffe in Erzeugnissen von Lieferanten bereits seit 2007 enthält. Artikel 33 der REACH-Verordnung legt fest, dass jeder Lieferant eines Erzeugnisses, das einen SVHC der Kandidatenliste in einer Konzentration von über 0,1 % (Gewichtsprozent) enthält, dem Abnehmer des Erzeugnisses und auf Verlangen auch Verbraucher*innen ihm vorliegende, für eine sichere Verwendung des Erzeugnisses ausreichende Informationen zur Verfügung stellt, mindestens aber den Namen des betreffenden Stoffs. Seit dem 05.01.2021 müssen die Informationen gemäß Artikel 33 der REACH-Verordnung der ECHA zur Verfügung gestellt werden.

Die Berichtspflicht an die SCIP-Datenbank ist dabei nicht innerhalb der REACH-Verordnung festgesetzt. Die Verpflichtung zur Meldung an die Datenbank erfolgt in Deutschland durch § 16 f des Chemikaliengesetzes (ChemG). Die nationale Umsetzung der Datenbank in deutsches Recht erfolgt somit durch das ChemG.

Aus der SCIP-Datenbank ergibt sich somit der identifizierte Umweltdatenpunkt:

- Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidatenliste in einer Konzentration über 0,1 % w/w⁴²).

Hierbei muss nur der Name des entsprechenden Stoffs verpflichtend angegeben werden. Es besteht auf Basis der rechtlichen Grundlage keine Verpflichtung, den Konzentrationsbereich anzugeben, weshalb diese Information in die Kontextinformationen aufgenommen wurde. Die Liste der für eine Zulassung in Frage kommenden besonders besorgniserregenden Stoffe ergibt sich gemäß Artikel 59 Absatz 10 der REACH-Verordnung.

WEEE-Richtlinie und Elektro- und Elektronikgerätegesetz

Die Richtlinie 2012/19/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (engl. Waste from Electrical and Electronic Equipment - WEEE Richtlinie 2012/19) soll zur effizienten Ressourcennutzung und Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen beitragen. Dabei regelt die WEEE-Richtlinie das Inverkehrbringen sowie die getrennte Sammlung und die umweltgerechte Entsorgung und Verwertung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten innerhalb der Europäischen Union. Dafür werden u. a. Mindestzielvorgaben für das Recycling bzw. die Verwertung für Gerätegruppen festgelegt. Die Verantwortung liegt dabei bei den herstellenden Unternehmen, welche in Verkehr gebrachte Produkte zunächst bei der zuständigen Behörde registrieren müssen. Für eine möglichst effiziente Aufbereitung von Altgeräten sind herstellende Unternehmen zudem dazu verpflichtet, Informationen zu Bauteilen und Werkstoffen, welche in einem Gerät verbaut sind, sowie zu Stellen, an denen sich gefährliche Stoffe oder Gemische befinden, bereitzustellen. Dies kann in digitaler oder analoger Form erfolgen. In diesem Zusammenhang schreibt die WEEE-Richtlinie ebenfalls vor, welche Stoffe, Gemische oder Bauteile für eine ordnungsgemäße Behandlung mindestens aus getrennt gesammelten Elektro- und Elektronik-Altgeräten entfernt werden müssen (u. a. quecksilberhaltige Bauteile oder Kunststoffe, die bromierte Flammschutzmittel enthalten).

Das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) ist die deutsche Umsetzung der europäischen WEEE-Richtlinie zur Regelung des Inverkehrbringens, der Erfassung und der Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten. Es ist 2005 erstmalig in Kraft getreten und wurde Ende 2015 (ElektroG2) und dann wieder im Januar 2022 novelliert (ElektroG3). In Abschnitt 5 des ElektroG sind Anzeige-, Mitteilungs- und Informationspflichten für verschiedene Akteure* Akteuren aufgeführt:

- § 25: Anzeigepflichten der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger und der Betreiber von Erstbehandlungsanlagen,
- § 26: Mitteilungspflichten der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger,
- § 27: Mitteilungspflichten der Hersteller,
- § 28: Informationspflichten der Hersteller gegenüber Wiederverwendungseinrichtungen und Behandlungsanlagen,
- § 29: Mitteilungspflichten der Vertreiber und
- § 30: Mitteilungspflichten der Betreiber von Erstbehandlungsanlagen.

Generell beziehen sich die gemäß ElektroG berichteten Daten v. a. auf Mengenmeldungen zu den in Verkehr gebrachten Produkten und die Sicherstellung einer ordnungsgemäßen Rücknahme und Entsorgung von Altgeräten. Des Weiteren besteht gemäß § 9 ElektroG eine Kennzeichnungspflicht für Elektro- und Elektronikgeräte. Demnach müssen in Verkehr gebrachte Elektro- und

⁴² Gewichtsprozent (Englisch: weight by weight)

Elektronikgeräte u. a. das Symbol für die getrennte Erfassung von Elektro- und Elektronikgeräten (durchgestrichene Abfalltonne auf zwei Rädern, siehe Anlage 3 ElektroG) und so gekennzeichnet sein, dass der Hersteller eindeutig identifiziert werden kann.

Für das Umweltdatenset mit dem Bezugspunkt Produkt macht es daher Sinn, die Kennzeichnungspflicht für Elektro- und Elektronikgeräte in das Umweltdatenset mitaufzunehmen, wohingegen sich die Mitteilungspflichten gemäß § 25, 26, 27, 29 und 30 auf folgende Bezugspunkte beziehen: öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger und Betreiber von Erstbehandlungsanlagen, Hersteller, Vertreiber. Entsprechend wurde sich in der Analyse auf die Kennzeichnungspflicht fokussiert und der Umweltdatenpunkt

► Kennzeichnungspflicht (durchgestrichene Abfalltonne)

identifiziert. Da es sich um eine Kennzeichnungspflicht handelt, wurden die entsprechenden Aspekte zur Spezifizierung des Umweltdatenpunkts und zur Datenerhebung für diesen Umweltdatenpunkt nicht weiter ausgeführt.

Verordnung zur Energieverbrauchskennzeichnung

Im Rahmen der EU-Verordnung 2017/1369 zur Energieverbrauchskennzeichnung wurde die Europäische Produktdatenbank für Energiekennzeichnung eingerichtet. Ziel der Datenbank ist es Verbraucher*innen wichtige Informationen zur Energieeffizienz bestimmter Produkte zur Verfügung zu stellen. Der Gesetzgeber verpflichtet herstellende Unternehmen, importierende Firmen oder autorisierte Vertretende dazu, Informationen zu Produkten, die unter die Rahmenverordnung zur Energieverbrauchskennzeichnung fallen, in einer Datenbank bereitzustellen, bevor diese in der EU auf den Markt gebracht werden dürfen. Die entsprechende Datenbank ist untergliedert in einen öffentlichen und einen nicht-öffentlichen Bereich. Auf Ersteren können Verbraucher*innen zugreifen und finden dort die Modellkennung, ein digitales Etikett, Energieeffizienzklasse(n) sowie Parameter des Produktdatenblatts in elektronischem Format. Der nicht-öffentliche Teil beinhaltet Informationen zu technischen Details der Geräte inklusive einer allgemeinen, für eine eindeutige und unmittelbare Identifizierung ausreichende Beschreibung des Modells, Verweise auf die angewandten harmonisierten Normen oder sonstige verwendete Messnormen, besondere Vorkehrungen, die bei der Montage, Installation, Wartung oder bei der Überprüfung des Modells zu treffen sind, die gemessenen technischen Parameter des Modells, die mit den gemessenen Parametern durchgeführten Berechnungen und die Testbedingungen. Dieser Teil ist für herstellende bzw. importierende Unternehmen zur Dateneingabe zugänglich. Ebenso haben die Marktüberwachungsbehörden und die Europäische Kommission Zugriff auf die Datenbank.

Wie oben aufgeführt, bestehen gemäß der Verordnung zur Energieverbrauchskennzeichnung keine konkreten Berichtspflichten zu umweltrelevanten Daten, sondern vielmehr Kennzeichnungspflichten. Umweltrelevant sind im Rahmen dieses Vorhabens insbesondere die Informationen zum Energieverbrauch der Produkte, welche ebenfalls den Verbraucher*innen zur Verfügung gestellt werden müssen. Dafür müssen energieverbrauchsrelevante Produkte mit einem Etikett gekennzeichnet sein. Die konkreten Anforderungen an die Etiketten sind in produktspezifischen Verordnungen (sog. delegierte Rechtsakte, siehe Artikel 16 der Verordnung zur Energieverbrauchskennzeichnung) geregelt. Neben dem Energieverbrauch werden auf dem Etikett auch weitere Informationen angegeben, die einen Produktvergleich ermöglichen und die Kaufentscheidung erleichtern sollen. Hier werden z. B. der Wasserverbrauch pro Waschzyklus, der nutzbare Rauminhalt oder die Geräuschemissionen angegeben. Die näheren Einzelheiten sind in den separaten Verordnungen für jede Produktgruppe festgelegt.

Im Rahmen dieses Factsheets wird der Fokus auf den Umweltdatenpunkt

► Informationen zur Energieeffizienz

gerichtet.

Ökodesign-Richtlinie und Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz

Die Ökodesign-Richtlinie hat das Ziel, die Umweltwirkungen von energieverbrauchsrelevanten Produkten zu mindern. Dabei soll der gesamte Lebensweg betrachtet werden. In Deutschland wird die Richtlinie durch das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG) in nationales Recht umgesetzt.

Die Ökodesign-Richtlinie sieht zwei verschiedene Möglichkeiten für die Festlegung produktgruppenspezifischer Ökodesign-Anforderungen vor: Durchführungsmaßnahmen (EU-rechtliche Vorgaben in Form von Verordnungen) oder Selbstregulierungsinitiativen der Industrie zu Mindesteffizienzstandards. Bei der Ökodesign-Richtlinie handelt es sich um eine Rahmenrichtlinie, d. h. die Richtlinie selbst enthält keine konkreten Produktanforderungen, sondern schafft die Rechtsgrundlage zur Regelung der Anforderungen in Ökodesign-Produktverordnungen. Die konkreten Produktanforderungen werden in Durchführungsverordnungen für einzelne Produktgruppen festgelegt. Dabei werden Mindestanforderungen an das Produktdesign festgelegt, welche eingehalten werden müssen, wenn ein Produkt auf den europäischen Binnenmarkt in Verkehr gebracht wird. Die Durchführungsverordnungen gelten unmittelbar in der EU und es bedarf somit keiner Umsetzung in nationales Recht.

Um ein Produkt in der EU in Verkehr zu bringen, müssen die Ökodesign-Anforderungen erfüllt sein. Somit wurde die

► Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz

als Umweltdatenpunkt für die Ökodesign-Richtlinie bzw. das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG) in das Umweltdatenset aufgenommen. Da es sich um eine Kennzeichnungspflicht handelt, wurden die entsprechenden Aspekte zur Spezifizierung des Umweltdatenpunkts und zur Datenerhebung für diesen Umweltdatenpunkt nicht weiter ausgeführt.

Aufgrund der Tatsache, dass die konkreten Produktanforderungen in Durchführungsverordnungen für einzelne Produktgruppen festgelegt werden, ergeben sich hier weitere Umweltdatenpunkte, die zukünftig produktspezifisch in das Umweltdatenset mit aufgenommen werden können.

RoHS-Richtlinie und Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung

Die Verordnung zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (ElektrostoffV) setzt die EU-Richtlinie 2011/65/EU (Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten; RoHS-Richtlinie) in deutsches Recht um. Die Verordnung regelt die Verwendung verschiedener gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten. Demnach dürfen Elektro- und Elektronikgeräte einschließlich Kabel und Ersatzteile nur in Verkehr gebracht werden, wenn die zulässigen Höchstkonzentrationen der jeweiligen Stoffe nicht überschritten werden. Die Höchstkonzentrationen der Stoffe sind dabei in Anhang II der RoHS-Richtlinie definiert.

Aus der ElektrostoffV ergibt sich keine konkrete Berichtspflicht. Allerdings sind Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten neben einigen Dokumentations- und Informationspflichten gemäß der ElektrostoffV dazu verpflichtet, eine EU-Konformitätserklärung auszustellen und eine entsprechende CE-Kennzeichnung am Gerät anzubringen.

Folglich ist die

► Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach ElektroStoffV

als Umweltdatenpunkt mit in das Umweltdatenset aufgenommen worden.

Auf Basis der Analyse der Rechtsvorschrift kann geschlussfolgert werden, dass innerhalb der Unternehmen Daten zur Konzentration der gefährlichen Stoffe in den jeweiligen Geräten erhoben werden und damit vorliegen müssten. Es wäre zukünftig anzustreben, auch die einzelnen homogenen Werkstoffe in dem Umweltdatenset aufzuführen, inklusive der genauen Bezeichnung dieser, der Schadstoffkonzentration je homogenem Werkstoff sowie ergänzend der Montage und Demontageanleitungen. Allerdings sollten diese Angaben, wenn nicht gesetzlich anders verlangt, freiwillig anzugeben sein und/oder mit bestimmten Zugriffsrechten versehen werden, da es sich hierbei um sensible Daten handelt. Die entsprechenden Aspekte zur Spezifizierung des Umweltdatenpunkts und zur Datenerhebung wurden für diesen Umweltdatenpunkt nicht weiter ausgeführt, da es sich um eine Kennzeichnungspflicht handelt.

POP-Verordnung

Persistente organische Schadstoffe (Englisch: Persistent Organic Pollutants, kurz POP) kennzeichnen sich dadurch, dass sie i) für lange Zeit in der Umwelt verbleiben, ii) sich über die Nahrungsmittelkette anreichern, iii) in der Umwelt über große Entfernungen transportiert werden können und iv) die menschliche Gesundheit und die Umwelt schädigen können. Auf internationaler Ebene wird der Umgang mit POP durch das POP-Protokoll über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Englisch: Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, kurz CLRTAP) sowie durch das Stockholmer Übereinkommen (Englisch: Stockholm Convention) geregelt. Auf europäischer Ebene werden diese internationalen Vereinbarungen durch die Verordnung (EU) 2019/1021 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über POP (POP-Verordnung) in europäisches Recht umgesetzt.

Das Ziel der POP-Verordnung ist es, unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips, die menschliche Gesundheit und die Umwelt vor POP zu schützen. Dies erfolgt durch Verbote oder die möglichst baldige Einstellung oder Beschränkung der Herstellung, des Inverkehrbringens und der Verwendung von Stoffen, die dem Übereinkommen von Stockholm über POP oder dem Protokoll zum Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend POP unterliegen. Die Regelungen der POP-Verordnung gelten für Stoffe, die in den Anhang I (Liste der verbotenen Stoffe) und Anhang II (Liste der Stoffe, die Beschränkungen unterliegen) der POP-Verordnung aufgeführt sind.

Stoffe, die in Anhang I der POP-Verordnung gelistet sind, dürfen nicht hergestellt, in Verkehr gebracht oder verwendet werden. Das gilt auch für Gemische oder Erzeugnisse, die solche Stoffe enthalten. Ebenso legt die POP-Verordnung Vorgaben für Lagerbestände fest, die aus in Anhang I oder II gelisteten Stoffe bestehen bzw. solche Stoffe enthalten. Diese Vorgaben umfassen auch Gemische und Erzeugnisse.

Konkrete Berichtspflichten zu umweltrelevanten Daten ergeben sich bei der POP-Verordnung insbesondere aus Artikel 5 (2). Demnach müssen Besitzer von Lagerbeständen von über 50 kg, die aus Anhang I oder Anhang II aufgelisteten Stoffen bestehen oder solche Stoffe enthalten und deren Verwendung als Ausnahme zugelassen ist, die zuständige(n) Behörde(n) des Mitgliedsstaats, in dem sich die Lagerbestände befinden, jährlich über die Beschaffenheit und die Größe dieser Lagerbestände unterrichten. In Deutschland sind die Bundesländer für die Durchführung der POP-Verordnung zuständig. Die Daten werden somit an die in den jeweiligen Bundesländern zuständigen Behörden übermittelt.

Als Aspekte mit Umweltrelevanz wurden

► Größe der Lagerbestände und

► POP-Konzentration im Gemisch oder Erzeugnis

als Umweltdatenpunkte für das Umweltdatenset identifiziert.

Der zweite Umweltdatenpunkt „POP-Konzentration im Gemisch oder Erzeugnis“ stellt keine konkrete Berichtspflicht dar und lässt sich nicht direkt aus dem Rechtstext ableiten. Allerdings haben sich die 27 Mitgliedstaaten der EU, die EU-Kommission und die Europäische Chemikalienagentur auf ein einheitliches Meldeformular verständigt, in welchem die relevanten Daten zur Erfüllung des Ziels der Bestimmungen von Artikel 5 Absatz 2 erfasst werden. Dazu gehört auch die Angabe der Konzentration in Gemischen oder Erzeugnissen, um die zulässige Verwendung der aufgelisteten Stoffe in Erzeugnissen zu kontrollieren. Durch die Angabe der Konzentration kann am Ende die tatsächliche Menge des POP errechnet werden, weshalb der Umweltdatenpunkt an dieser Stelle mit aufgenommen wurde.

Die Mitgliedstaaten sind gemäß Artikel 13 (1) dazu verpflichtet, über die Überwachung der Durchführung der POP-Verordnung Bericht zu erstatten. In Deutschland ist die Bundesstelle für Chemikalien der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin die dafür zuständige Behörde.

F-Gas-Verordnung

Für das Erreichen des Ziels, die Emissionen aus der Industrie bis zum Jahr 2030 um 70 Prozent im Vergleich zu 1990 zu reduzieren, ist am 01. Januar 2015 die Verordnung (EU) Nr. 517/2014 (F-Gas-Verordnung) über fluorierte Treibhausgase (F-Gase) in Kraft getreten, die die Verordnung (EG) Nr. 842/2006 aufhebt. Im Rahmen der Verordnung von 2006 wurden zusätzliche Implementierungsvorschriften erlassen, die bis zum Erlass neuer Implementierungsvorschriften weiterhin gültig sind. Mit Hilfe von drei Regelungsansätzen soll eine Reduzierung der vorausgesagten Emissionen fluoriertem Treibhausgasen in der EU um 70 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente auf 35 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente bis zum Jahr 2030 anhand folgender Schritte erzielt werden:

1. Einführung einer schrittweisen Beschränkung (Phase down) der am Markt verfügbaren Mengen an HFKW bis zum Jahr 2030 auf ein Fünftel der heutigen Verkaufsmengen,
2. Erlass von Verboten für die Verwendung und des Inverkehrbringens, wenn technisch machbare, klimafreundlichere Alternativen vorhanden sind und
3. Beibehaltung und Ergänzung der Regelungen zu Dichtheitsprüfungen, Zertifizierung, Entsorgung und Kennzeichnung. Des Weiteren soll ein größeres Bewusstsein geschaffen werden und dazu führen, Alternativen zu F-Gasen zu verwenden.

Die F-Gas-Verordnung enthält u. a. eine Kennzeichnungspflicht für bestimmte Erzeugnisse und Einrichtungen, die F-Gase enthalten oder für diese ausgelegt sind (Art 12). Die Kennzeichnung soll u. a. die anerkannte industrielle Bezeichnung des betreffenden fluorierten Treibhausgases oder, wenn diese nicht verfügbar ist, die chemische Bezeichnung sowie die Menge der enthaltenen F-Gase in kg und als CO₂-Äquivalent in t enthalten. Zur Präzisierung der Kennzeichnungspflicht bzw. der Gestaltung und Anbringung der Kennzeichnung an der Einrichtung oder dem Erzeugnis wurde im November 2015 von der EU-Kommission eine Durchführungsverordnung zur Bestimmung der Kennzeichnungsform von Erzeugnissen und Einrichtungen, welche F-Gase enthalten, erlassen.

Für das Umweltdatenset empfiehlt es sich, die

► Kennzeichnungspflicht nach F-Gas-Verordnung

für Erzeugnisse mit den relevanten Informationen als berichtspflichtigen Umweltdatenpunkt aufzunehmen.

Um weitergehende Emissionsreduktionen zu erreichen, wurde von der deutschen Bundesregierung zusätzlich die Chemikalien-Klimaschutzverordnung (ChemKlimaschutzV) überarbeitet und mit der Ergänzung der Chemikalien-Sanktionsverordnung Sanktionsvorschriften erlassen. Die ChemKlimaschutzV enthält weitere Spezifizierungen. Bezüglich der Kennzeichnungspflicht ist in ihr festgelegt, dass Inverkehrbringer von Erzeugnissen und Einrichtungen, die fluoridierte Treibhausgase enthalten, Informationen zur Kennzeichnung in deutscher Sprache in der Bedienungsanleitung des jeweiligen Erzeugnisses/der jeweiligen Einrichtung festhalten müssen, sofern diese in Deutschland in Verkehr gebracht werden. Des Weiteren wurde im dritten Gesetz zur Änderung des ChemG ergänzt, dass sicherzustellen ist, dass die Kennzeichnung entlang der Lieferkette erhalten bleiben bzw. erneuert werden muss.

Diese Analyse bezieht sich auf die EU-Verordnung, die Angabe zur Bedienungsanleitung aus der deutschen ChemKlimaschutzV wird in den Kontextinformationen mitaufgeführt.

Da es sich um eine Kennzeichnungspflicht handelt, wurden die entsprechenden Aspekte zur Spezifizierung des Umweltdatenpunkts und zur Datenerhebung für diesen Umweltdatenpunkt nicht weiter ausgeführt.

Konfliktmineralienverordnung

Die Verordnung (EU) 2017/812 des europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2017 zur Festlegung von Pflichten zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten in der Lieferkette für Unionseinführer von Zinn, Tantal, Wolfram, deren Erzen und Gold aus Konflikt- und Hochrisikogebieten (CMR) legt Pflichten zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten in der Lieferkette von Zinn, Tantal, Wolfram, deren Erzen und Gold aus Konflikt- und Hochrisikogebieten fest. Ziel der Verordnung ist es, einen verantwortungsvollen Rohstoffbezug zu gewährleisten indem bspw. verhindert werden soll, dass Erlöse aus dem Verkauf der betroffenen Mineralien und Metalle in die Finanzierung von bewaffneten Konflikten fließen. Gemäß der CMR sind Unionseinführer, deren jährliche Einfuhren gewisse Mengenschwellen überschreiten dazu verpflichtet nachzuweisen, dass die betroffenen Mineralien und Metalle nur aus verantwortungsvollen Quellen bezogen werden. Dafür müssen die Unionseinführer Maßnahmen in Bezug auf die Rohstoffbeschaffung implementieren.

Aus dem Gesetz ergibt sich keine konkrete Berichtspflicht zu Umweltdaten, allerdings kann auf Basis der Vorgaben der Verordnung geschlussfolgert werden, dass innerhalb der Unionseinführer bzw. Unternehmen Daten hinsichtlich der eingeführten Mineralien und Metalle sowie Halbzeuge vorliegen. Im Vordergrund der Verordnung steht die Erfüllung der Sorgfaltspflicht in der Lieferkette. Dafür müssen betroffene Unionseinführer gemäß Artikel 7 (3) der CMR einen Bericht über ihre Aktivitäten zur Umsetzung der Sorgfaltspflicht veröffentlichen.

Der identifizierte Datenpunkt

► Einhaltung der Sorgfaltspflicht gemäß CMR seitens des Unternehmens

kann weder der Anlage noch dem Produkt eindeutig zugeordnet werden. Da der Fokus der CMR auf der Lieferkette liegt, wurde die Verordnung hier dem Kapitel des Produkts zugeordnet. Das vorrangige Ziel der CMR ist es, Menschenrechtsverletzungen zu verhindern, umweltrelevante Daten spielen keine direkte Rolle. Aus diesen Gründen wurde die CMR final nicht in das Umweltdatenset aufgenommen. Es ist aber zu empfehlen, den Datenpunkt bei einer Weiterentwicklung des Umweltdatensets zu berücksichtigen, wenn neben rein umweltrelevanten Daten auch andere Nachhaltigkeitsaspekte mit betrachtet werden. Des Weiteren können Unternehmen diesen Datenpunkt freiwillig für ihr Produkt oder ihre Anlage ergänzen, sofern zutreffend.

6.1.3.3 Übersicht über Umweltdatenpunkte mit Bezugspunkt Produkt

Tabelle 9 gibt einen Überblick über die im Rahmen dieses Vorhabens identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage, welche für den übergeordneten Bezugspunkt „Produkt“ gemäß EU und deutschem Recht zu berücksichtigen sind. Dabei wurden ausschließlich Umweltdatenpunkte ausgewählt, die gemäß EU-Verordnungen oder der nationalen Umsetzung von EU-Richtlinien erhoben bzw. berichtet werden müssen. Die Tabelle ist ein erster Aufschlag zur Darstellung rechtlicher Grundlagen mit Bezug zum „Produkt“ sowie den entsprechenden Umweltdatenpunkten und kann nach Bedarf weiter angepasst werden.

Tabelle 9: Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte je rechtlicher Grundlage – Bezugspunkt Produkt

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungs-bereich	Identifizierte Umweltdatenpunkte
REACH-Verordnung	EU	Registrierung des Stoffs Gefährlichkeit des Stoffs (gefährlicher Stoff - ja oder nein) Verfügbarkeit eines Sicherheitsdatenblattes (Sicherheitsdatenblatt vorhanden - ja oder nein) Handelt es sich bei dem Stoff um einen zulassungspflichtigen Stoff nach Anhang XIV der REACH-Verordnung? Unterliegt der Stoff/das Gemisch Beschränkungen - ja oder nein Menge der zu registrierenden Stoffe, die in der EU hergestellt oder dorthin importiert werden Vorkommen von SVHC im Erzeugnis (enthält das Erzeugnis SVHC-Stoff - ja oder nein)
CLP-Verordnung	EU	Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs Gefahrenhinweis (H-Sätze) ergänzende Gefahrenhinweise (EUH-Sätze) Sicherheitshinweise – Prävention (P200-Sätze) Sicherheitshinweise – Reaktion (P300-Sätze) Sicherheitshinweise – Lagerung (P400-Sätze) Sicherheitshinweise – Entsorgung (P500-Sätze)
Abfallrahmenrichtlinie (EU) und Chemikaliengesetz (ChemG)	DE	Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidatenliste in einer Konzentration über 0,1 % w/w⁴³)*

⁴³ Gewichtsprozent (Englisch: weight by weight)

Rechtliche Grundlage (Kurztitel)	Geltungs-bereich	Identifizierte Umweltdatenpunkte
WEEE-Richtlinie (EU) und Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)	DE	Kennzeichnungspflicht (durchgestrichene Abfalltonne)*
Verordnung zur Energieverbrauchskennzeichnung	EU	Informationen zur Energieeffizienz
Ökodesign-Richtlinie (EU) und das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG) ⁴⁴	DE	Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach EVPG*
RoHS-Richtlinie (EU) und die Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung (ElektroStoffV)	DE	Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach ElektroStoffV*
POP-Verordnung	EU	Größe der Lagerbestände POP-Konzentration im Gemisch oder Erzeugnis
F-Gas-Verordnung	EU	Kennzeichnungspflicht nach F-Gas-Verordnung

* Bezugspunkt/e beziehen sich auf die rechtliche Grundlage mit dem Geltungsbereich Deutschland

6.2 Identifikation und Analyse umweltrelevanter Daten basierend auf freiwilligen Grundlagen

6.2.1 Vorgehensweise

Neben umweltrelevanten Daten, die aufgrund rechtlicher Grundlagen verpflichtend zu berichten sind, erheben viele Unternehmen umweltrelevante Daten auf freiwilliger Grundlage, z. B. im Bereich des Umweltmanagements und der freiwilligen Offenlegung von nicht-finanziellen Informationen. Im Folgenden wurde geprüft, welche umweltrelevanten Daten auf welchen Grundlagen freiwillig erhoben werden und ob sie sich zur Mitführung in Form von Umweltdatenpunkten in einem Umweltdatenset (siehe Kapitel 7) eignen.

Zur Identifizierung der Daten, die auf freiwilliger Grundlage seitens der Unternehmen erhoben werden, wurden relevante Indikatoren- bzw. Umweltbewertungssysteme (nachfolgend Umweltbewertungssysteme genannt) aus verschiedenen Bereichen untersucht. Insgesamt wurden die folgenden Umweltbewertungssysteme ausgewählt und analysiert:

- Global Reporting Initiative (GRI),
- Deutscher Nachhaltigkeitskodex (DNK),
- Eco-Management and Audit Scheme (EMAS),
- Umweltkennzeichnungen⁴⁵ (z. B. Blauer Engel und EU Ecolabel),

⁴⁴ In dieser Zeile werden zwei rechtliche Grundlagen genannt, da die Ökodesign-Richtlinie als Rahmenrichtlinie selbst keine konkreten Anforderungen an bestimmte Produktgruppen festlegt. Sie wird durch das EVPG in deutsches Recht umgesetzt, welches dadurch den Rechtsrahmen für die Anwendung von Ökodesign-Anforderungen bildet. Die Ökodesign-Anforderungen für einzelne Produktgruppen werden wiederum in Durchführungsverordnungen definiert (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), 2021) (siehe auch Kurzkapitel zu den rechtlichen Grundlagen).

⁴⁵ Die Begriffe „Umweltkennzeichnungen“ und „Umweltproduktkennzeichnungen“ werden als Synonyme verwendet.

- ▶ Umweltdeklarationen⁴⁶ (Environmental Product Declaration, kurz EPD),
- ▶ Corporate Carbon Footprint (Kohlenstoff-Fußabdruck von Unternehmen, kurz CCF) und
- ▶ Product Carbon Footprint (Kohlenstoff-Fußabdruck von Produkten, kurz PCF).

Im Folgenden wird die Auswahl der untersuchten Umweltmanagementsysteme erläutert, bevor anschließend die Vorgehensweise zur Analyse der Umweltbewertungssysteme beschrieben wird.

Um eine bestmögliche Vergleichbarkeit der freiwillig erhobenen umweltrelevanten Daten mit jenen Daten zu gewährleisten, die auf Basis rechtlicher Grundlagen erhoben bzw. berichtet werden müssen, wurden sowohl Umweltbewertungssysteme ausgewählt, bei denen Daten auf Unternehmensebene (potentielle Überschneidungen zu jenen rechtlichen Grundlagen mit Bezugspunkt „Anlage“) als auch auf Produktebene (potentielle Überschneidungen zu jenen rechtlichen Grundlagen mit Bezugspunkt „Produkt“) erhoben werden.

GRI und EMAS wurden ausgewählt, da es sich bei diesen Umweltbewertungssystemen um allgemein anerkannte Rahmenwerke für die Berichterstattung zu umweltrelevanten Informationen handelt (European Commission, 2019). Des Weiteren werden GRI und EMAS in den nicht verbindlichen Leitlinien der Europäischen Kommission zur nichtfinanziellen Berichterstattung erwähnt (European Commission, 2017). Auch die NFRD verweist für die Bereitstellung der erforderlichen Informationen auf die beiden Rahmenwerke, was die Relevanz dieser Umweltbewertungssysteme innerhalb der freiwilligen Berichterstattung hervorhebt. Ein weiteres Rahmenwerk, welches zur Erfüllung der Anforderungen der NFRD bzw. dem CSR-RUG verwendet werden kann und deshalb in die Untersuchung mitaufgenommen wurde, ist der Deutsche Nachhaltigkeitskodex (DNK) (Der Deutsche Nachhaltigkeitskodex, 2022).⁴⁷

Während in den neunziger Jahren die Produktionsprozesse in Unternehmen bei der Betrachtung von Umweltauswirkungen im Vordergrund standen, so richtet sich der Fokus hierbei mittlerweile zunehmend auf einzelne Produkte. Der gesamte Produktlebenszyklus, von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Entsorgung oder Wiederverwertung soll dabei berücksichtigt werden. Diese Entwicklung spiegelt sich in den politischen Strategien auf nationaler und europäischer Ebene wider und erhöht die Bedeutung, welche produktbezogenen Umweltkennzeichnungen zukommt. Zwei der prominentesten Beispiele für produktbezogene Umweltkennzeichnungen, der Blaue Engel, sowie das EU-Ecolabel, werden daher in diesem Kapitel vorgestellt.

Umweltproduktdeklarationen (EPD) stellen ein flexibles Umweltinformationsinstrument dar, welches durch seine standardisierte Methodik einen Austausch umweltrelevanter Informationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette eines Produkts ermöglicht. Die Anforderungen an die Umweltleistung werden branchen- oder produktspezifisch definiert (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2020). In Europa und Nordamerika haben sich EPDs als Instrument der produktbezogenen Umweltkommunikation fest etabliert (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) et al., 2019).

EPDs haben sich in Deutschland und weiteren Ländern Europas insbesondere im Baubereich etabliert. Der Baubereich stellt somit einen Schwerpunkt für die Anwendung von EPDs dar (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) et al., 2019). Dabei spielen EPDs als Informationsgrundlage für die Ökobilanz eine bedeutende Rolle und werden daher für die Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden gefordert. EPDs für Bauprodukte

⁴⁶ Die Begriffe „Umweltdeklarationen“ und „Umweltproduktdeklarationen“ werden als Synonyme verwendet.

⁴⁷ Diese Richtlinie wurde überarbeitet und kurz vor Fertigstellung des Berichts als „Corporate Sustainability Reporting Directive“ (CSRD) veröffentlicht. Die CSRD führt detailliertere Berichtspflichten zu den Auswirkungen von Unternehmen auf die Umwelt, Menschenrechte und Sozialstandards ein, basierend auf gemeinsamen Kriterien im Einklang mit den EU-Klimazielen

geben Auskunft über den Lebenszyklus des Bauprodukts, dessen Ökobilanzkennwerte und liefern Prüfergebnisse für eine Detailbewertung (Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, 2022).

Die Erstellung von EPDs obliegt dabei der Verantwortung des Herstellers, die Inhalte werden jedoch von unabhängiger Stelle geprüft. Da EPDs glaubwürdige, verifizierbare und vergleichbare produktbezogene Umweltinformationen zur Verfügung stellen, wurden sie im Rahmen dieses Vorhabens analysiert.

Ein weiteres Umweltbewertungssystem, welches im Rahmen dieses Vorhabens analysiert wurde, ist der Carbon Footprint (Kohlenstoff-Fußabdruck). Mit Hilfe des Carbon Footprints können die Treibhausgasemissionen von Ländern, Regionen, Unternehmen, Privatpersonen, Produkten oder Dienstleistungen systematisch bilanziert werden (Hottenroth et al., 2013). Die Untersuchung dieses Umweltbewertungssystems wurde als wichtig erachtet, da der anthropogene Einfluss des Menschen auf den Klimawandel einen Bereich darstellt, bei dem die Messung und Quantifizierung der Umweltwirkungen weiter fortgeschritten ist als in anderen Bereichen (Hottenroth et al., 2013). Folglich wurden die mit der Bilanzierung von Treibhausgasemissionen verbundenen Datenanforderungen untersucht. Um eine Vergleichbarkeit mit den Daten herzustellen, die im Zuge rechtsverbindlicher Pflichten von Unternehmen erhoben werden, wurden im Rahmen dieses Vorhabens der CCF (Unternehmensebene) und der PCF (Produktebene) und die damit verbundenen umweltrelevanten Daten genauer untersucht.

Ähnlich wie bei der Analyse der rechtlichen Grundlagen, lag der Fokus bei der Analyse der Umweltbewertungssysteme auf der Identifikation von konkreten Umweltdatenpunkten. Hierbei wurde sich auf jene umweltrelevanten Daten bzw. Themenbereiche konzentriert, die Überschneidungen zur Berichterstattung auf Basis rechtlicher Grundlagen aufweisen. Zudem wurden bei der Analyse der Umweltbewertungssysteme die folgenden Aspekte untersucht, um eine Vergleichbarkeit der Daten mit den Daten der gesetzlich verpflichtenden Berichterstattung zu ermöglichen:

- ▶ Bezugspunkt der Umweltdaten,
- ▶ Berichts- und Erhebungszyklus,
- ▶ Zeitperspektive,
- ▶ Anforderung bzw. Vorgaben an die Datenerhebung und
- ▶ Qualität und Nachvollziehbarkeit der Daten.

Für jedes der betrachteten Umweltbewertungssysteme wurde eine tabellarische Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte erstellt. Anschließend wurden die Umweltdatenpunkte hinsichtlich der oben genannten Aspekte analysiert und bewertet.

Des Weiteren wurde die grundsätzliche Verwendbarkeit der Umweltbewertungssysteme in einer Industrie 4.0 überprüft. Dabei wurden zwei wesentliche Punkte betrachtet:

- ▶ Inwieweit ist das Umweltbewertungssystem selbst für eine Verwendung in einer Industrie 4.0 geeignet?
- ▶ Inwieweit sind die jeweiligen Umweltdatenpunkte für eine Verwendung in einer Industrie 4.0 geeignet?

Die oben aufgeführten Aspekte (Bezugspunkt, Berichts- und Erhebungszyklus, Zeitperspektive, Anforderungen bzw. Vorgaben an die Datenerhebung sowie die Qualität und Nachvollziehbarkeit der Daten) dienten – ähnlich wie bei der Analyse der gesetzlich verpflichtenden Berichterstattung – als Grundlage für diese Beurteilung.

Abschließend wurde bewertet, inwieweit sich die identifizierten Umweltdatenpunkte der jeweiligen Umweltbewertungssysteme eignen, zum jetzigen Zeitpunkt in ein Umweltdatenset mit Anlagen- bzw. Produktbezug eingepflegt zu werden.

6.2.2 Global Reporting Initiative

6.2.2.1 Einführung und Funktionsweise

Die Global Reporting Initiative (GRI) ist eine international unabhängige Organisation, die sich seit ihrer Gründung 1997 eine Vergleichbarkeit und Standardisierung in der Nachhaltigkeitsberichterstattung zum Ziel gesetzt hat. Unter Nachhaltigkeitsberichterstattung versteht man die Praxis, dass Organisationen öffentlich über ihre wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Auswirkungen berichten (Global Reporting Initiative, 2022). Hierfür bietet die GRI verschiedene GRI-Standards an. Mit Hilfe der GRI-Standards können Unternehmen ihren Einfluss auf kritische Nachhaltigkeitsthemen, wie z. B. Klimawandel, Menschenrechte und soziales Wohlergehen, kommunizieren. Durch die Offenlegung von Nachhaltigkeitsinformationen werden Unternehmen angehalten, Risiken zu erkennen und zu bewältigen. Der Vorteil in der Nachhaltigkeitsberichterstattung wird in verbesserten Beziehungen zu Stakeholder*innen und der Schaffung von Vertrauen gesehen (Global Reporting Initiative, 2022). Heute sind die GRI-Standards, die Unternehmen bei der Erstellung von Nachhaltigkeitsberichten unterstützen, die am weitesten verbreiteten Standards für die nachhaltige Berichterstattung (Global Reporting Initiative, 2022). Von den größten 250 Unternehmen weltweit berichteten im Jahr 2020 96 % über ihre Nachhaltigkeitsperformance. Von diesen wiederum nutzen 73 % die GRI-Standards (KPMG, o. J.).

Die Funktionsweise der Berichterstattung mittels GRI-Standards basiert auf einem Set verschiedener Standards. Diese stehen miteinander in Verbindung und bilden ein modulares System, welches es den Unternehmen bzw. Organisationen ermöglicht, in einer strukturierten und transparenten Weise zu den jeweiligen Auswirkungen (u. a. ökologische Auswirkungen) zu berichten. Die GRI-Standards wurden 2021 überarbeitet und die neuen Standards müssen ab 2023 bei der Berichterstattung angewendet werden. Bei den neuen Standards kann zwischen universellen Standards, Sektoren-Standards und Themen-Standards unterschieden werden. Die universellen Standards gelten für alle Organisationen, wohingegen die Sektoren-Standards eine einheitlichere Berichterstattung über sektorspezifische Auswirkungen möglich machen sollen. Insgesamt sollen Sektoren-Standards für 40 Sektoren entwickelt werden, wobei sich anfangs auf jene Sektoren mit den größten Auswirkungen fokussiert werden soll (Global Reporting Initiative, 2021). In den Themen-Standards sind die für ein bestimmtes Thema relevanten Angaben gelistet. Die Identifizierung der für ein Unternehmen oder eine Organisation relevanten Themen erfolgt mittels der universellen Standards (GRI 1, 2, 3), wobei Unternehmen bzw. Organisationen u. a. ihre Auswirkungen auf die Umwelt und deren Bedeutung identifizieren und anschließend priorisieren. Darauf basierend werden Themen (Material Topics) ausgewählt, welche wiederum die Grundlage für die Auswahl der Themen-Standards sind, zu denen Bericht erstattet wird (Global Reporting Initiative, 2021).

Unternehmen, die Nachhaltigkeitsberichte in Übereinstimmung mit den GRI-Standards erstellen, sind dazu verpflichtet, die Prinzipien der Berichterstattung zur Bestimmung des Berichtsinhalts sowie zur Sicherstellung der Berichtsqualität zu verfolgen. Dazu zählen bspw. Genauigkeit, Aktualität, Verständlichkeit, Vollständigkeit und Zuverlässigkeit (Global Reporting Initiative, 2016).

6.2.2.2 Identifizierte Umweltdatenpunkte

Insgesamt umfasst der Themenbereich „Ökologie“ innerhalb der GRI-Standards 8 Themen: Materialien, Energie, Wasser, Biodiversität, Emissionen, Abwasser und Abfall, Umwelt-Compliance sowie Umweltbewertung der Lieferanten. Umweltrelevante Daten, die im Rahmen der GRI-

Standards berichtet werden (müssen), sind in Tabelle 10 dargestellt⁴⁸. Hierbei sind insbesondere jene umweltrelevanten Datenpunkte gelistet, die für einen Vergleich mit den auf rechtlicher Grundlage erhobenen Daten geeignet sind.

Des Weiteren werden gemäß GRI-Standards auch Daten bzw. Informationen berichtet, die eine Beurteilung der Entwicklung von Umweltauswirkungen durch die Unternehmen bzw. Organisationen ermöglichen sollen, wie bspw. Informationen zur Senkung der Emissionen oder des Energieverbrauchs in Bezug auf ein bestimmtes Bezugsjahr. Jene Daten und Informationen wurden nicht in der Tabelle 10 aufgenommen, da sie für einen Vergleich mit den Daten, die gemäß rechtlicher Grundlagen berichtet werden, als weniger relevant eingestuft wurden.

Tabelle 10: Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß GRI-Standards berichtet werden (müssen)⁴⁹

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umweltinformations-kategorie*	Einheit / Angabe (pro Basisjahr)	Bezugspunkt
Gesamtgewicht oder -volumen der eingesetzten Materialien	Material- und Ressourcenverbrauch	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unternehmen
Prozentsatz der rezyklierten Ausgangsstoffe an der Gesamtmenge der eingesetzten Materialien	Material- und Ressourcenverbrauch	Prozent (%)	Organisation bzw. Unternehmen
Prozentsatz der wiederverwerteten Produkte und ihrer Verpackungsmaterialien für jede Produktkategorie	Material- und Ressourcenverbrauch	Prozent (%)	Organisation bzw. Unternehmen
Energieverbrauch innerhalb und außerhalb der Organisation	Energierrelevante Daten	Joule oder Wattstunden	Organisation bzw. Unternehmen
Gesamtwasserentnahme	Wasserrelevante Daten	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unternehmen
Gesamt volumen des Wassers, das die Organisation rückgewonnen und wiederverwendet hat.	Wasserrelevante Daten	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unternehmen
Größe des Betriebsstandorts	Material- und Ressourcenverbrauch	km ²	Organisation bzw. Unternehmen
Bruttovolumen der direkten und indirekten (energiebedingten/sonstiger) Treibhausgasemissionen (Scope 1, Scope 2, Scope 3) pro Basisjahr	Treibhausgasemissionen	t CO ₂ -Äquivalent	Organisation bzw. Unternehmen
Produktion, Importe und Exporte von ODS (Ozone Depleting Substances)	Treibhausgasemissionen, Schadstoffrelevante Daten	t FCKW-11-Äquivalent	Organisation bzw. Unternehmen
Luftemissionen von gelisteten Schadstoffen	Schadstoffrelevante Daten	kg	Organisation bzw. Unternehmen
Gesamtzahl und Gesamtvolumen der erfassten erheblichen Austritte schädlicher Substanzen	Schadstoffrelevante Daten (verschiedene schädliche	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unternehmen

⁴⁸ Die in Tabelle 10 aufgeführten umweltrelevanten Daten sowie die genannten Themen wurden auf Basis der GRI-Standards aus dem Jahr 2016 (Global Reporting Initiative, 2016) zusammengestellt.

⁴⁹ <https://www.cqc-consulting.de/pdfs/gri-standards-deutsch.pdf> (29.10.2022)

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umweltinfor- mations-kategorie*	Einheit / Angabe (pro Basisjahr)	Bezugspunkt
	Substanzen wie Öl, Brennstoffe, Abfall, Chemikalien, Sonstiges)		
Gesamtvolumen der geplanten und ungeplanten Abwassereinleitungen	Wasserrelevante Daten	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unternehmen
Gesamtgewicht des gefährlichen Abfalls	Abfall- und Recyclingdaten	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unternehmen
Gesamtgewicht ungefährlicher Abfälle	Abfall- und Recyclingdaten	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unternehmen
Gesamtgewicht transportierter, importierter, exportierter und behandelter gefährlicher Abfall	Abfall- und Recyclingdaten	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unternehmen

*Die Umweltinformationskategorien wurden basierend den Anforderungen der wichtigsten Berichterstattungsrahmenwerke festgelegt und dienen der besseren Zuordnung der umweltrelevanten Daten.

6.2.2.3 Zusammenfassende Erkenntnisse

Wie Tabelle 10 zeigt, beinhaltet die freiwillige Berichterstattung gemäß GRI-Standards eine Vielzahl von Umweltdatenpunkten. Auffällig ist, dass der Bezugspunkt der Umweltdatenpunkte immer die berichtende Organisation bzw. das berichtende Unternehmen ist. Hinsichtlich des Berichtszyklus konnten keine Informationen identifiziert werden. Die GRI-Standards werden u. a. zur Erfüllung der Vorgaben der NFRD verwendet⁵⁰, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass viele Unternehmen bzw. Organisationen jährlich Bericht erstatten. Zu welchen konkreten Umweltdatenpunkten die jeweiligen Unternehmen bzw. Organisationen berichten, hängt von den ermittelten ökologischen Auswirkungen ab und ist daher oftmals unterschiedlich. Hinsichtlich der Zeitperspektive existieren innerhalb der GRI-Standards keine Vorgaben, allerdings lässt die Analyse der einzelnen GRI-Standards die Schlussfolgerung zu, dass die Daten meist retrospektiv erhoben werden.

Innerhalb der GRI-Standards gibt es Anforderungen bzw. Vorgaben an die Datenerhebung. Wie Tabelle 10 zeigt, wird bspw. zu einzelnen Umweltdatenpunkten die Einheit vorgegeben, in welcher die Daten berichtet werden müssen. Die GRI-Standards unterscheiden bei der Angabe von Daten zwischen Pflichtanforderungen und Empfehlungen. Pflichtanforderungen sind verbindliche Anweisungen, die ein Unternehmen befolgen muss, wohingegen Empfehlungen keine verpflichtenden Anweisungen sind. So muss z. B. ein Unternehmen Informationen zu Luftemissionen für bestimmte Substanzen (Stickstoffoxide (NO_x), Schwefeloxide (SO_x), Feinstaub (PM) etc.) angeben und kann freiwillig eine zusätzliche Unterteilung in Geschäftseinheiten, Land und Art der Quelle vornehmen.

Darüber hinaus wird z. B. in GRI-Standard 305-7 (NO_x, SO_x und andere signifikante Luftemissionen) auf die verpflichtende Verwendung eines der folgenden Ansätze zur Berechnung der Emissionen verwiesen:

- direkte Messung von Emissionen (wie z. B. mit Online-Analysegeräten),

⁵⁰ Diese Richtlinie wurde überarbeitet und kurz vor Fertigstellung des Berichts als „Corporate Sustainability Reporting Directive“ (CSRD) veröffentlicht. Die CSRD führt detailliertere Berichtspflichten zu den Auswirkungen von Unternehmen auf die Umwelt, Menschenrechte und Sozialstandards ein, basierend auf gemeinsamen Kriterien im Einklang mit den EU-Klimazielen

- ▶ auf standortspezifischen Daten basierende Berechnung,
- ▶ auf veröffentlichten Emissionsfaktoren basierende Berechnung und
- ▶ Schätzung. Wenn aufgrund fehlender Standardwerte Schätzungen vorgenommen werden, muss die Organisation angeben, auf welcher Grundlage die Zahlen geschätzt wurden.

Somit existieren innerhalb der GRI-Standards durchaus Anforderungen an die Datenerhebung. Im Vergleich zu den Vorgaben, die in einigen der rechtlichen Grundlagen spezifiziert sind, lassen diese Anforderungen den Unternehmen bzw. Organisationen jedoch verhältnismäßig viel Spielraum, weshalb Rückschlüsse auf die tatsächliche Qualität der Daten nicht möglich sind. Bei einigen der identifizierten Umweltdatenpunkte bestehen spezifischere Vorgaben als bei anderen. So müssen bspw. Treibhausgasemissionen (Scope 1, 2 und 3)⁵¹ in Tonnen CO₂-Äquivalent berichtet werden, wohingegen Angaben zur Einheit bei anderen Umweltdatenpunkten gänzlich fehlen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die umweltrelevanten Daten, welche gemäß GRI berichtet werden und in Tabelle 10 in Form von Umweltdatenpunkten dargestellt sind, derzeit nicht für eine konsequente Verwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld eignen. Zum einen müssen die Daten ausschließlich auf Unternehmens- bzw. Organisationsebene berichtet werden, weshalb nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Daten auch in hoher Auflösung vorliegen. Zum anderen fehlen konkrete und verpflichtende Vorgaben zur Datenerhebung, was Unsicherheiten in Bezug auf die Datenqualität nach sich zieht. Auf Basis der Analyse der GRI-Standards kann somit geschlossen werden, dass innerhalb der Unternehmen keine interoperablen Umweltdaten auf Anlagenebene vorliegen, welche eine verlässliche Verwendung der Daten in einer Industrie 4.0 zulassen würden. Anhand der aktuellen Ausgestaltung der GRI-Standards ist demnach eine konsequente Betrachtung umweltrelevanter Daten in Wertschöpfungsnetzen kaum verlässlich möglich. Gleichwohl sind die GRI-Standards bei diversen größeren Unternehmen bereits etabliert und verfügen in der Industrie über eine entsprechend hohe Akzeptanz, weshalb sie bei der Erstellung eines Umweltdatensets berücksichtigt werden sollten.

6.2.2.4 Einarbeitung von GRI-Standards in das Umweltdatenset

Die Umweltdaten gemäß GRI-Standards lassen sich am ehesten einer Anlage zuordnen. Eine direkte Nutzung der Daten scheint derzeit nicht zielführend, da diese auf Unternehmensebene erhoben werden. Allerdings könnte im Umweltdatenset für die Anlage auf den jeweils aktuellen Nachhaltigkeitsbericht des Unternehmens, dem die jeweilige Anlage gehört, verlinkt werden, weshalb der aktuelle Nachhaltigkeitsbericht gemäß GRI-Standards als Umweltdatenpunkt für das Umweltdatenset gewählt wurde.

6.2.3 Deutscher Nachhaltigkeitskodex

6.2.3.1 Einführung und Funktionsweise

Seit 2011 bietet der Deutsche Nachhaltigkeitskodex (DNK) – ähnlich wie der GRI-Standard – Unternehmen jeder Größe und Rechtsform einen Rahmen für die Berichterstattung zu nichtfinanziellen Leistungen. Er kann insbesondere für die Erfüllung der CSR-Berichtspflicht gemäß NFRD⁵² genutzt werden und bietet Unternehmen einen leichten Einstieg in die

⁵¹ Gemäß dem „Greenhouse Gas Protocol“ umfasst „Scope 1“ alle direkten Emissionen, also alle durch die Verbrennung in eigenen Anlagen erzeugten Emissionen. „Scope 2“-Emissionen sind alle Emissionen, die mit eingekaufter Energie zusammenhängen (z. B. Fernwärme oder Elektrizität), wohingegen die indirekten Emissionen, die z. B. durch Geschäftsreisen oder eingekaufte Waren oder Dienstleistungen entstehen, in „Scope 3“ enthalten sind (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV), 2022).

⁵² Diese Richtlinie wurde überarbeitet und kurz vor Fertigstellung des Berichts als „Corporate Sustainability Reporting Directive“ (CSRD) veröffentlicht. Die CSRD führt detailliertere Berichtspflichten zu den Auswirkungen von Unternehmen auf die Umwelt, Menschenrechte und Sozialstandards ein, basierend auf gemeinsamen Kriterien im Einklang mit den EU-Klimazielen

Nachhaltigkeitsberichterstattung. Dabei baut der DNK auf den Berichterstattungsstandards der GRI und der European Federation of Financial Analysts Societies (EFFAS) auf und wird durch deren Leistungsindikatoren ergänzt. Mit Hilfe einer DNK-Erklärung können Unternehmen den Ende 2016 von der Bundesregierung beschlossenen nationalen Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte (NAPWiMr) umsetzen, in dem sie ihr Engagement für Menschenrechte offenlegen. Insgesamt haben bisher 803 Unternehmen eine DNK-Erklärung veröffentlicht (Stand April 2022) (Der Deutsche Nachhaltigkeitskodex, 2022).

Unternehmen müssen insgesamt zu zwanzig DNK-Kriterien Erklärungen erstellen. Zu den Kriterien, welche im Rahmen dieses Vorhabens als relevant angesehen werden können zählen:

- Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen (Kriterium 11),
- Ressourcenmanagement (Kriterium 12) und
- klimarelevante Emissionen (Kriterium 13).

Die Leistungsindikatoren und Kriterien werden dabei numerisch belegt oder in Textform beschrieben. Nichtberichtspflichtige Unternehmen können für den DNK das „comply or explain“ Prinzip anwenden, welches ihnen ermöglicht Abweichungen zu begründen, bspw. wenn für ein Kriterium keine Daten erhoben wurden. Auch berichtspflichtige Unternehmen können im Falle fehlender Konzepte für Nachhaltigkeitsaspekte eine Erläuterung abgeben. Des Weiteren besteht laut § 289e HGB für Unternehmen die Möglichkeit, Information wegzulassen sollte eine Offenlegung einen erheblichen Nachteil für das Unternehmen bedeuten.⁵³

6.2.3.2 Identifizierte Umweltdatenpunkte

Die gemäß den Kriterien 11-13 des DNK identifizierten Umweltdatenpunkte basieren auf den Leistungsindikatoren, wie sie im DNK-Leitfaden 2020 und auf der Internetseite des DNK aufgeführt sind (Der Deutsche Nachhaltigkeitskodex, 2022; Schneekloth et. al, 2020). Die Grundlage für diese Leistungsindikatoren bilden wiederum die GRI-Standards und die EFFAS-Leistungsindikatoren. Tabelle 11 gibt einen Überblick über die identifizierten Umweltdatenpunkte.

Tabelle 11: Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß dem Deutschen Nachhaltigkeitskodex berichtet werden (müssen)⁵⁴

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umwelthinformationskategorie*	Einheit / Angabe pro Berichtszeitraums	Bezugspunkt
Gesamtgewicht oder -volumen der eingesetzten Materialien	Material- und Ressourcenverbrauch	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unternehmen
Energieverbrauch innerhalb der Organisation	Energierrelevante Daten	Joule oder Wattstunden oder deren Vielfachen	Organisation bzw. Unternehmen
Wasserentnahme	Wasserrelevante Daten	Megaliter	Organisation bzw. Unternehmen

⁵³ https://www.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de/de-DE/Documents/PDFs/Sustainability-Code/RNE_DNK_BroschuereA5_2020.aspx (10.07.2023)

⁵⁴ Deutscher Nachhaltigkeitskodex - DNK-Kriterien (deutscher-nachhaltigkeitskodex.de (10.07.2023))

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umwelthinformati- onskategorie*	Einheit / Angabe pro Be- richtszeitraums	Bezugspunkt
Gesamtgewicht des anfallenden Ab- falls	Abfall- und Recycling- daten	Tsd. t	Organisation bzw. Unter- nehmen
Gesamtgewicht des Abfalls	Abfall- und Recycling- daten	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unter- nehmen
Gesamter Energieverbrauch	Energierrelevante Da- ten	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unter- nehmen
Anteil des gesamten Abfalls, der re- cycelt wird	Abfall- und Recycling- daten	Nicht spezifiziert	Organisation bzw. Unter- nehmen
Gesamte Treibhausgasemissionen (Scope 1, 2, 3)	Treibhausgas-emissio- nen	t CO ₂ -Äquivalent	Organisation bzw. Unter- nehmen

* Die Umwelthinformati-
onskategorien wurden basierend den Anforderungen der wichtigsten Berichterstattungsrahmen-
werke festgelegt und dienen der besseren Zuordnung der umweltrelevanten Daten.

6.2.3.3 Zusammenfassende Erkenntnisse

Mittels des DNK wird der Aufbau einer Nachhaltigkeitsstrategie unterstützt und bietet zugleich einen Einstieg in die Nachhaltigkeitsberichterstattung. Zudem gibt der DNK eine Orientierung, wie die CSR-Berichtspflicht praktisch umgesetzt werden kann und bietet die Option in der EU-Taxonomie zu berichten. Die DNK Erklärungen werden durch das Büro Deutscher Nachhaltigkeitskodex auf formale Vollständigkeit geprüft. Die veröffentlichten Berichte können miteinander auf der allgemein zugänglichen DNK-Datenbank verglichen werden, wodurch Sichtbarkeit erzeugt wird. Da die erhobenen Daten größtenteils nicht weiter spezifiziert sind, wie Abfallmenge oder Material und Ressourcenverbrauch, und abhängig vom Unternehmen bestimmt werden, können die identifizierten Umweltdatenpunkte (siehe Tabelle 11) derzeit nicht in einem Industrie 4.0 Umfeld verwendet werden.

6.2.3.4 Einarbeitung des DNK in das Umweltdatenset

Die Umweltdaten gemäß DNK lassen sich wie beim GRI-Standard am ehesten einer Anlage zuordnen. Eine direkte Nutzung der Daten erscheint derzeit als nicht zielführend, da diese auf Unternehmensebene erhoben werden. Allerdings könnte im Umweltdatenset für die Anlage auf den jeweils aktuellen Nachhaltigkeitsbericht des Unternehmens, dem die jeweilige Anlage gehört, verlinkt werden, weshalb der aktuelle Nachhaltigkeitsbericht gemäß DNK-Standards als Umweltdatenpunkt für das Umweltdatenset gewählt wurde.

6.2.4 Eco-Management und Audit Scheme

6.2.4.1 Einführung und Funktionsweise

Das europäische Umweltmanagementsystem EMAS (Englisch: Eco-Management and Audit Scheme) ist ein freiwilliges Instrument der Europäischen Union, welches branchenübergreifend und unabhängig von der Betriebsgröße angewendet werden kann. Es deckt dabei alle Anforderungen der DIN EN ISO 14001 ab und ist weltweit, durch EMAS Global, anwendbar. Ziel von EMAS ist es, dass Organisationen sich über die umweltgesetzlichen Anforderungen hinaus

verbessern (EMAS, 2022). EMAS basiert dabei auf der europäischen Verordnung (EG) 1221/2009⁵⁵ (EMAS-Verordnung). Obwohl EMAS grundsätzlich ein freiwilliges Instrument darstellt, müssen Unternehmen, die eine EMAS-Registrierung anstreben, die Anforderungen der Verordnung verpflichtend erfüllen. Um eine europäische Qualitätssicherung (QS) innerhalb EMAS sicherzustellen, stimmen sich die Mitgliedstaaten sowie die Europäische Kommission über die Inhalte der Verordnung ab. Die Prüfung der Umwelterklärung (siehe nachfolgender Absatz) obliegt externen, unabhängigen sowie staatlich zugelassenen und überwachten Umweltgutachter*innen. Diese werden in Deutschland von der Deutschen Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter mbH akkreditiert (EMAS, 2022).

Um nach EMAS zertifiziert zu werden, müssen Unternehmen eine Umwelterklärung veröffentlichen und betriebliche Umweltschutzmaßnahmen ergreifen. In der Umwelterklärung legen Organisationen Informationen über umweltrelevante Tätigkeiten und Daten zur Umwelt, wie Emissionen, Abfälle, Wasser- und Energieverbräuche, öffentlich dar. Insgesamt beträgt die Dauer des Aufbaus und der Implementierung des Umweltmanagementsystems – von der ersten „Ist-Aufnahme“ bis zur externen Prüfung durch EMAS-Umweltgutachter*innen – circa ein Jahr (EMAS, 2022). Dabei übernehmen zumeist Umweltmanagementbeauftragte oder EMAS-Teams die Steuerung der betrieblichen Umweltschutzmaßnahmen und die Validierung durch EMAS (EMAS, 2022). Die Unternehmen erhalten am Ende des Zertifizierungsprozesses eine EMAS-Registrierungsurkunde und werden mit dem EMAS Logo ausgezeichnet. In Deutschland verfügen aktuell (Stand Mai 2022) 1.116 Organisationen und insgesamt 2.374 Standorte über eine EMAS Zertifizierung (EMAS, 2022).

EMAS unterscheidet dabei zwischen **direkten und indirekten Umweltaspekten**. Im Zuge des Zertifizierungsprozesses müssen von den jeweiligen Unternehmen Bereiche untersucht und hinsichtlich bedeutender Umweltauswirkungen bewertet werden, die sie sowohl direkt über Energienutzung, Emissionen, Abfall etc., als auch indirekt beeinflussen können (Verhalten des Personal, Lieferfirma, produktlebenszyklusbezogene Aspekte, Kapitalinvestitionen etc.).

Kernindikatoren für die Umweltleistung bei EMAS sind:

- ▶ Energie,
- ▶ Material,
- ▶ Wasser,
- ▶ Abfall,
- ▶ Flächenverbrauch in Bezug auf die biologische Vielfalt und
- ▶ Emissionen.

Gemäß der EMAS-Verordnung setzen sich die Indikatoren dabei aus einer Zahl zur Angabe des gesamten jährlichen Inputs oder Outputs in dem jeweiligen Bereich (Zahl A), einer Bezugsgröße für die Tätigkeit der Organisation (Zahl B) sowie einer Zahl zur Angabe des Verhältnisses Zahl A/Zahl B zusammen.

⁵⁵ Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001, sowie der Beschlüsse der Kommission 2001/681/EG und 2006/193/EG

6.2.4.2 Identifizierte Umweltdatenpunkte

In Tabelle 12 werden die identifizierten Kernindikatoren, die gemäß EMAS-Verordnung berichtet werden müssen, und als Umweltdatenpunkte für ein Umweltdatenset herangezogen werden könnten, dargestellt.

Tabelle 12: Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß EMAS-Verordnung berichtet werden (müssen)⁵⁶

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umwelthinformati- onskategorie*	Einheit/Angabe	Bezugspunkt
Jährlicher Gesamtenergieverbrauch	Energierrelevante Da- ten	Vorzugsweise in kWh, MWh, GJ	Organisation
Jährlicher Massenstrom der verwen- deten Schlüsselmaterialien	Material- und Res- ourcenverbrauch	Vorzugsweise in Ge- wichtseinheiten (z. B. kg oder t), Volumen (z. B. m ³)	Organisation
Jährlicher Gesamtwasserverbrauch	Wasserrelevante Da- ten	Volumeneinheiten (z. B. l oder m ³)	Organisation
Gesamtes jährliches Abfallaufkom- men	Abfall- und Recycling- daten	Gewichtseinheiten (z. B. kg oder t), Volumen (z. B. m ³)	Organisation
Gesamtes jährliches Aufkommen an gefährlichen Abfällen	Abfall- und Recycling- daten	Gewichtseinheiten (z. B. kg oder t), Volumen (z. B. m ³)	Organisation
Gesamter Flächenverbrauch	Material- und Res- ourcenverbrauch	Flächeneinheiten (z. B. m ² oder ha)	Organisation
Jährliche Gesamtemissionen von Treibhausgasen	Treibhausgas-emissio- nen	t CO ₂ -Äquivalent	Organisation
Jährliche Gesamtemissionen in die Luft (mindestens Emissionen an Schwefeldioxid (SO ₂), Stickstoffoxide (NO _x) und Feinstaub (PM))	Schadstoffrelevante Daten	kg oder t	Organisation

* Die Umwelthinformati-
onskategorien wurden basierend den Anforderungen der wichtigsten Berichterstattungsrahmen-
werke festgelegt und dienen der besseren Zuordnung der umweltrelevanten Daten.

6.2.4.3 Zusammenfassende Erkenntnisse

Wichtig bei EMAS ist die Betrachtung aller Abschnitte des Lebensweges eines Produkts oder ei-
ner Dienstleistung, die von dem Unternehmen gesteuert oder beeinflusst werden können. Das
entsprechende Verfahren zur Ermittlung und Bewertung von Umweltaspekten ist dabei zu do-
kumentieren. Zudem wird durch die Prüfung der Umwelterklärung durch eine/n Umweltgutach-
ter*in eine gewisse Datenqualität sichergestellt. Die Anforderungen bei EMAS richten sich – wie
oben beschrieben – nach der EMAS-Verordnung und sorgen somit für eine vergleichbare Be-
richterstattung auf europäischer Ebene. Nichtsdestotrotz sind die jeweiligen Daten nur begrenzt
vergleichbar, was u. a. an den unterschiedlichen Bezugsgrößen liegt, die bei EMAS angewendet
werden können. Bei EMAS muss jährlich und auf Ebene der Unternehmen bzw. Organisationen
(Bezugspunkt) berichtet werden. Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass sich die

⁵⁶ https://www.emas.de/fileadmin/user_upload/4-pub/Leitfaden-EMAS-Einstieg.pdf (20.10.2022)

identifizierten Umweltdatenpunkte, wie sie in Tabelle 12 dargestellt sind, derzeit nicht für die Verwendung in einem Industrie 4.0 Umfeld eignen.

6.2.4.4 Einarbeitung von EMAS in das Umweltdatenset

Die Umweltdaten gemäß EMAS lassen sich am ehesten einer Anlage zuordnen. Eine direkte Nutzung der Daten scheint nicht zielführend, da diese auf Unternehmensebene erhoben werden und die Bezugsgrößen teils unterschiedlich sind. Allerdings könnte im Umweltdatenset die aktuelle EMAS-Zertifizierung des Unternehmens, dem die jeweilige Anlage gehört, inklusive Angaben zur Nummer und Gültigkeit des Zertifikats, zur Zulassungsnummer des Zertifizierers sowie weiterer relevanter Angaben hierzu als Umweltdatenpunkt aufgenommen werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, auf das aktuelle Zertifikat zu verlinken.

6.2.5 Umweltproduktkennzeichnungen: Der Blaue Engel und das EU-Ecolabel

6.2.5.1 Einführung und Funktionsweise

Umweltproduktkennzeichnungen richten sich vorrangig an private Verbraucher*innen und Einrichtungen der öffentlichen Hand. Sie dienen primär der Orientierung beim umweltbewussten Einkauf. In der ISO-Systematisierung wird dabei zwischen verschiedenen Typen von Umweltkennzeichnungen und -deklarationen (siehe auch Kapitel 6.2.6) unterschieden.

Typ-I-Umweltzeichen kennzeichnen Produkte, welche innerhalb einer bestimmten Produktgruppe unter Umweltgesichtspunkten vorzuziehen sind. Zu den bekanntesten Beispielen für Kennzeichnungen von Typ-I gehören der Blaue Engel in Deutschland, der Nordische Schwan in Skandinavien, das Österreichische Umweltzeichen und das Europäische Umweltzeichen. Die der Umweltkennzeichnung zugrundeliegenden Anforderungen werden in der DIN EN ISO 14024 beschrieben. Die Norm erläutert Verfahrensregeln für die Auswahl von Produktgruppen, die Entwicklung von Umweltkriterien, aber auch für die Beteiligung der interessierten Kreise, sowie die Produktprüfung und -zertifizierung. Bei der Beurteilung der Produkte soll deren gesamter Lebenszyklus berücksichtigt werden (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) et al., 2019).

Der Blaue Engel wurde 1978 auf Initiative des Bundesministers des Innern und durch den Beschluss der Umweltminister*innen der Länder etabliert (RAL gGmbH, 2022a). Das Zeichen wird für umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen vergeben, wobei Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie die Gebrauchstauglichkeit ebenso Berücksichtigung finden. Die produktspezifischen Anforderungen werden dabei vom UBA basierend auf Studien und Recherchen erstellt. Meist beträgt die Laufzeit für die Nutzung des Blauen Engels drei oder vier Jahre. Die Unabhängigkeit und Glaubwürdigkeit des Umweltzeichens wird durch das Entscheidungsgremium, die „Jury Umweltzeichen“, das Bundesumweltministerium als Zeicheninhaber, das UBA für die Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen und Vergabekriterien und den Zertifizierer, die RAL gemeinnützige GmbH, gewährleistet (RAL gGmbH, 2022a).

Das Europäische Umweltzeichen (EU-Ecolabel) ähnelt in Aufbau und Verfahren dem Blauen Engel. Wie der Blaue Engel kennzeichnet auch das seit 1992 existierende EU-Ecolabel Produkte und Dienstleistungen mit vergleichsweise geringen Umweltauswirkungen. Die Anforderungen an das Europäische Umweltzeichen sind in der Verordnung (EG) Nummer 66/2010 festgelegt. Die Kennzeichnung kann derzeit für 29 verschiedene Produktgruppen – von Papier und Farben über Textilien und Schuhe bis hin zu Wasch- und Reinigungsmitteln – beantragt werden. Inhaberin des Europäischen Umweltzeichens ist die Europäische Kommission, das oberste Entscheidungsgremium ist das European Union Ecolabelling Board.

Neben der oben genannten DIN EN ISO 14024 gibt es weitere Normen und Standards, die für Umweltkennzeichnungen und Umweltdeklarationen herangezogen werden.

Normen und Standards: Umweltkennzeichnungen und Umweltdeklarationen

Die folgenden internationalen Normen und Standards zu Umweltkennzeichnungen und -deklarationen sind an dieser Stelle zu nennen:

DIN EN ISO 14020 (2002-02): Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Allgemeine Grundsätze (ISO 14020:2000);

DIN EN ISO 14021 (2016-07): Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Umweltbezogene Anbietererklärungen (Umweltkennzeichnung Typ II) (ISO 14021:2016);

DIN EN ISO 14024 (2018-06): Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Umweltkennzeichnung Typ I – Grundsätze und Verfahren (ISO 14024:2018);

DIN EN ISO 14025 (2011-10): Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren (ISO 14025:2006);

DIN EN ISO 14026 (2018-12): Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Grundsätze, Anforderungen und Richtlinien für die Kommunikation von Fußabdruckinformationen (ISO 14026:2017);

DIN CEN ISO/TS 14027*DIN SPEC 35805 (2018-04): Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Entwicklung von Produktkategorieregeln (ISO/TS 14027:2017).

6.2.5.2 Identifizierte Umweltdatenpunkte

In der nachfolgenden Tabelle 13 sind Umweltkriterien, welche bei der Vergabe des Blauen Engels berücksichtigt werden, in Form von Umweltdatenpunkten dargestellt. Die spezifischen Anforderungen zur Vergabe der Umweltkennzeichnung richten sich nach der individuellen Produktgruppe oder Dienstleistung. Aktuelle Informationen zu den Vergabekriterien und Produktkategorien sind auf der Internetseite des Blauen Engels einsehbar (RAL gGmbH, 2022a). Die Vergabekriterien spezifizieren die jeweils zu berücksichtigenden umweltrelevanten Daten und konkretisieren zum Teil die zu verwendende Messmethode und zu erfüllende Normen und Standards.

Das Vergabeverfahren des EU-Ecolabels beruht auf einem ähnlichen Kriterienkatalog, auch hier werden die Anforderungen spezifisch für Produktgruppen und Dienstleistungen definiert. Die konkreten Vergabekriterien sind auf der Seite des EU-Ecolabels zu finden (RAL gGmbH, 2022b).

Tabelle 13: Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß dem Kriterienkatalog des Blauen Engels berichtet werden (müssen)⁵⁷

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umweltinformations-kategorie***	Einheit/Angabe*	Bezugspunkt
Wasserverbrauch bei der Herstellung	Wasserrelevante Daten	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Energieverbrauch bei der Herstellung	Energierrelevante Daten	Die Einheiten sind den jeweiligen	Produkt

⁵⁷ <https://eu-ecolabel.de/fuer-unternehmen/produktgruppen> (20.10.2022)

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umweltinformations-kategorie***	Einheit/Angabe*	Bezugspunkt
		produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	
Materialeinsatz bei der Herstellung, Rezyklatanteil	Material- und Ressourcenverbrauch	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Rohstoffproduktion	Material- und Ressourcenverbrauch	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Im Produkt enthaltene Schadstoffe	Schadstoffrelevante Daten	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Emissionen schädlicher Substanzen in Boden, Wasser, Luft und Innenraum	Treibhausgas-emissionen, schadstoffrelevante Daten	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Emission von Lärm	Lärmemission**	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Emission von elektromagnetischer Strahlung	Elektromagnetische Strahlung (gesundheitsrelevante Daten)**	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Energieeffizienz während der Nutzung	Energierrelevante Daten	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Wassereffizienz während der Nutzung	Wasserrelevante Daten	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Langlebigkeit	Material- und Ressourcenverbrauch Abfall- und Recyclingdaten	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt
Reparatur- und Recyclingfähigkeit	Material- und Ressourcenverbrauch Abfall- und Recyclingdaten	Die Einheiten sind den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen	Produkt

* Die Einheiten sind den jeweiligen Produktspezifischen Anforderungen zu entnehmen (RAL gGmbH, 2022a)

** Diese Umweltdatenpunkte können keiner der festgelegten Umweltinformationskategorien zugeordnet werden.

*** Die Umweltinformationskategorien wurden basierend den Anforderungen der wichtigsten Berichterstattungsrahmenwerke festgelegt und dienen der besseren Zuordnung der umweltrelevanten Daten.

In den Vergabekriterien für den Blauen Engel spiegelt sich eine gesamtheitliche Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus wider. Von der Rohstoffgewinnung, über Herstellung und Nutzungsphase bis hin zum Recycling werden produktgruppenspezifische Anforderungen an die ökologische und zum Teil auch an die soziale Nachhaltigkeit gestellt. Ziel bei der Definition der Anforderungen ist es, die für verschiedene Produktgruppen maßgeblichen umweltrelevanten Faktoren zu berücksichtigen, um Umwelt- und Gesundheitsbelastungen zu reduzieren oder zu vermeiden. Die Einhaltung der Anforderungskriterien wird durch Prüfberichte, anerkannte Zertifikate und rechtsverbindliche Herstellererklärungen gesichert, welche wiederum durch die RAL gGmbH verifiziert werden.

Auch das EU-Ecolabel basiert auf Vergabekriterien, welche produktspezifisch definiert sind und den gesamten Produktlebensweg berücksichtigen. Die Überprüfung der Nachweise erfolgt durch die zuständige Stelle des jeweiligen EU-Mitgliedstaates, in Deutschland ist die RAL gGmbH verantwortlich.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die identifizierten Umweltdatenpunkte aus Tabelle 13 nicht zur direkten Verwendung in einem Industrie 4.0 Umfeld eignen.

6.2.5.3 Einarbeitung von Umweltproduktkennzeichnungen in das Umweltdatenset

Die Umweltdaten der Produktkennzeichnungen lassen sich am ehesten dem Bezugspunkt Produkt zuordnen. Da die Vergabe des Blauen Engels daran geknüpft ist, ob die Anforderungskriterien für die jeweilige Produktgruppe erfüllt werden und der Blaue Engel primär als Orientierungshilfe für die Verbraucher*innen konzipiert wurde, ist eine direkte Nutzung der Daten nicht zielführend. Dennoch kann im Umweltdatenset die aktuelle Zertifizierung des Produkts inklusive Angaben zur Nummer und Gültigkeit des Zertifikats, zur Zulassungsnummer des Zertifizierers sowie weiterer relevanter Angaben als Umweltdatenpunkt aufgenommen werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, auf das aktuelle Zertifikat zu verlinken und das Logo einzufügen.

6.2.6 Umweltproduktdeklarationen

6.2.6.1 Einführung und Funktionsweise

Typ-III-Umweltdeklarationen – im internationalen Sprachgebrauch auch als Environmental Product Declaration, kurz EPD, bezeichnet – liefern umfangreiche, quantitative und verifizierte Umweltinformationen, welche sich im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Kennzeichnungen und Deklarationen weniger an die Verbraucher*innen, sondern vielmehr an die Akteure*Akteurinnen der Lieferkette richten. Die Grundlage für Umweltdeklarationen nach Typ-III bildet die DIN EN ISO 14025, welche u. a. Anforderungen an die Erstellung von EPDs sowie Verfahrensregeln hinsichtlich der Prüfung und Verifizierung enthält. EPD des Typ-III basieren auf:

- ▶ Ökobilanzen und ergänzenden Umweltinformationen,
- ▶ Produktkategorie-Regeln,
- ▶ Verifizierung der Produktdeklaration durch unabhängige Dritte (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) et al., 2019).

Das Ziel von EPDs ist die neutrale Bereitstellung und Kommunikation von Umweltinformationen. Es erfolgt dabei keine Bewertung bestimmter Produkteigenschaften und es wird auch kein

Zertifikat vergeben. Die in einer Ökobilanz ermittelten Daten, bspw. zum Energiebedarf und Treibhauspotenzial, werden tabellarisch dargestellt und ggf. erläutert. Darüber hinaus können EPDs weitere Angaben, z. B. zu enthaltenen Inhaltsstoffen, zu relevanten Emissionen während der Nutzung und zur Nachnutzungsphase, enthalten.

Bisher werden EPDs insbesondere im Business-to-Business Bereich als Instrument für die produktbezogene Kommunikation von Ökobilanzergebnissen eingesetzt und finden im Business-to-Consumer-Bereich nur vereinzelt Anwendung (DIN e. V., 2008). Die Erstellung von EPDs ist hinsichtlich der Produkte nicht eingeschränkt und EPDs können grundsätzlich für jede Produktart erstellt werden. In der Praxis findet man beispielsweise EPDs für Fahrzeuge oder Büromöbel. Überwiegend werden EPDs allerdings für Produkte in der Baubranche eingesetzt (Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, 2022). Hier werden sie auch verstärkt im Rahmen öffentlicher Ausschreibungen verlangt und stellen darüber hinaus die Informationsbasis für die Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden dar.

Die Erstellung der Umweltdeklarationen kann mithilfe von EPD-Programmen erfolgen. Auf internationaler Ebene gibt es verschiedene Programmbetreiber, bei denen EPDs beantragt werden können. Dies können z. B. Unternehmen, Industrieverbände, Behörden oder andere Organisationen sein. Programmbetreiber sind u. a. dafür zuständig, die vertraulichen Angaben der Hersteller zu betreuen, die Verifizierer zu beauftragen und die EPDs zu veröffentlichen (Institut Bauen und Umwelt e.V., 2021). Um die Vergleichbarkeit der EPDs sicherzustellen, wird empfohlen die allgemeinen Programmanleitungen und die Produktkategorie-Regeln zu harmonisieren.

Die Anforderungen für Umweltdeklarationsprogramme und die Erstellung von EPDs sind in der Norm DIN EN ISO 14025 festgeschrieben. Grundsätzlich kann die Erstellung von EPDs in fünf Schritte unterteilt werden:

1. *Bei der Erstellung von EPDs müssen entsprechende Produktkategorie-Regeln (im Englischen: Product Category Rules, kurz PCR) berücksichtigt werden.*

PCR basieren auf der ISO 14025 und bezeichnen die Zusammenstellung spezifischer Regeln, Anforderungen oder Leitlinien, um EPDs für eine oder mehrere Produktkategorien zu erstellen. Mithilfe von PCRs soll sichergestellt werden, dass alle *Umweltproduktdeklarationen* derselben Produktkategorie auch dieselbe Art von Informationen enthalten. Die Palette der vorhandenen PCRs ist breit gefächert und reicht von Baumaterialien über Naturfasern bis hin zu Lebensmitteln und Chemikalien (Hillege, 2023). Liegen für die entsprechende Produktkategorie noch keine spezifischen Anforderungen vor, so werden diese durch den Programmbetreiber in einer offenen Beratung mit interessierten Kreisen (Verbände, Unternehmen, Verbrauchervertretern oder anderen interessierten Institutionen) definiert.

2. *Anwendung der Ökobilanzmethode und ergänzende Umweltinformationen*

Die Grundlage jeder EPD sind unabhängig verifizierte Daten aus Ökobilanzen, Sachbilanzen oder Informationsmodulen. Diese Daten müssen entsprechend der DIN EN ISO 14040 (Normenreihe zu Ökobilanzierung) erhoben werden. Damit die EPD alle maßgeblichen Umweltaspekte des Produkts über dessen gesamten Lebensweg abdeckt, müssen gegebenenfalls noch zusätzliche umweltbezogene Daten herangezogen werden.

3. *EPD-Erstellung / der EPD*

Die Informationen aus der Ökobilanz und andere Informationen, die gemäß der entsprechenden PCR anzugeben sind, müssen im EPD-Berichtsformat zusammengestellt werden. Dies kann von der Organisation selbst (intern) oder mit Hilfe eines externen Beraters durchgeführt werden. Während die inhaltlichen Anforderungen für das EPD-Format festgelegt sind, können die Formatierung und das Layout flexibel gestaltet werden.

4. Verifizierung der EPD

Vor der Veröffentlichung einer EPD ist eine unabhängige Prüfung der Produktinformationen erforderlich. Wird die EPD explizit für die Verbraucherkommunikation erstellt, so hat die Verifizierung durch einen unabhängigen Dritten zu erfolgen. Soll die EPD in der Business-to-Business- Umweltkommunikation eingesetzt werden, so muss diese auch verifiziert werden, allerdings nicht zwingend von einem unabhängigen Dritten. Durch die unabhängige Verifizierung der EPDs besteht eine hohe Vertrauenswürdigkeit der enthaltenen Informationen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Vorhandensein einer Deklaration noch nichts über die Umweltfreundlichkeit des Produkts aussagt. Anwendende müssen die enthaltenen Informationen demnach eigenständig auswerten und eigene Schlüsse daraus ziehen (Institut Bauen und Umwelt e.V., 2020).

5. Veröffentlichung der EPD

Nach Abschluss der Verifizierung wird die EPD vom Programmbetreiber veröffentlicht. Dieser muss zusätzlich die Programmanleitungen und herangezogenen PCR angeben. Dieser transparente Rahmen ermöglicht es, die Berechnungen und Methoden zu verstehen, die den Ergebnissen der EPDs zugrunde liegen.

6.2.6.2 Identifizierte Umweltdaten

In der nachfolgenden Tabelle 14 sind Umweltkriterien, welche bei der Erstellung von EPDs berücksichtigt werden, in Form von Umweltdatenpunkten, dargestellt. Eine relevante Eigenschaft von Ökobilanzen ist, dass sie nicht eine einzelne Kennzahl oder Bewertung liefern, sondern eine Vielzahl verschiedener Umwelteinflüsse einzeln abbilden. Beispielsweise werden neben Treibhausgasemissionen auch das Ozonabbaupotenzial (ODP) und das Eutrophierungspotenzial (EP) berücksichtigt. Für spezifische Produktuntergruppen existieren konkrete Anforderungen an die Inhalte der EPD, wie beispielsweise für verschiedene Bauprodukte bei dem IBU (Institut Bauen und Umwelt e.V., 2020).

Tabelle 14: Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß Umweltproduktdeklarationen berichtet werden (müssen)⁵⁸

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umwelthinformations-kategorie*	Einheit/Angabe*	Bezugspunkt
Primärenergie nicht erneuerbar	Energierrelevante Daten	Joule	Produkt
Primärenergie erneuerbar	Energierrelevante Daten	Joule	Produkt
Treibhauspotenzial (GWP)	Treibhausgasemissionen, schadstoffrelevante Daten	kg CO ₂ -Äq.	Produkt
Ozonabbaupotenzial (ODP)	Schadstoffrelevante Daten	kg CFC-11-Äq	Produkt
Versauerungspotenzial (AP)	Schadstoffrelevante Daten	kg SO ₂ -Äq.	Produkt

⁵⁸ Die in Tabelle 14: Identifizierte Umweltdatenpunkte, die gemäß Umweltproduktdeklarationen berichtet werden (müssen)Tabelle 14 aufgeführten umweltrelevanten Daten sowie die genannten Themen wurden auf Basis der DIN EN ISO 14025:2011-10 zusammengestellt.

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umweltinformations-kategorie*	Einheit/Angabe*	Bezugspunkt
Eutrophierungspotenzial (EP)	Schadstoffrelevante Daten	kg PO ₄ -Äq.	Produkt
Photooxidantienpotenzial (POCP)	Schadstoffrelevante Daten	kg C ₂ H ₄ -Äq.	Produkt

* Die Umweltinformationskategorien wurden basierend den Anforderungen der wichtigsten Berichterstattungsrahmenwerke festgelegt und dienen der besseren Zuordnung der umweltrelevanten Daten.

6.2.6.3 Zusammenfassende Erkenntnisse

EPDs erlauben Unternehmen eine Optimierung der Umweltbilanz ihrer Produkte und Lieferketten. Die einer EPD zugrundeliegende Ökobilanz summiert und analysiert die Umweltwirkungen eines bestimmten Produkts über seinen Lebensweg von der Rohstoffgewinnung bis zum fertigen Produkt. Dabei werden auch mit dem Produkt zusammenhängende Prozesse und Faktoren einbezogen, wie bspw. Verpackungen und Transporte. Zunehmend werden auch weitere Phasen des Lebenszyklus berücksichtigt, wie Nutzungsphase, Recycling, Wiederverwendung und Entsorgung (Institut Bauen und Umwelt e.V., 2020). Diese umweltrelevanten Informationen können entlang der Wertschöpfungskette an die verschiedenen Marktteilnehmer weitergegeben werden. EPDs zeigen somit Potentiale für die Produktoptimierung auf, z. B. wie Material- und Energieaufwand bei der Produktherstellung verringert werden können. EPDs vermitteln damit wissenschaftlich fundierte, quantitative Daten aus Ökobilanzen und stellen relevante Umweltwirkungen eines Produkts transparent, unabhängig und nachvollziehbar dar. Die Verifizierung durch unabhängige Dritte und die zugrundeliegende Basis von internationalen Normen vermitteln objektive und transparente Informationen zu den Umweltinformationen eines Produkts. Es gelten somit nachvollziehbare Anforderungen an die Datenerhebung. Im Vergleich zu den Vorgaben, die in einigen der rechtlichen Grundlagen spezifiziert sind, lassen diese Anforderungen den Unternehmen bzw. Organisationen jedoch Spielraum, weshalb Rückschlüsse auf die tatsächliche Qualität der Daten nicht möglich sind. EPDs können nur verglichen werden, wenn sie nach denselben PCR für die jeweilige Produktgruppe erstellt wurden und damit die für die Berechnungen verwendeten generischen Hintergrunddaten identisch sind. Unsicherheiten bestehen zudem bei den Rechenregeln der Ökobilanz. Es können z. B. alle Wertschöpfungsstufen von der Extraktion der Rohstoffe bis zum Werkstor einbezogen worden sein, oder zusätzlich auch weitere Elemente, wie z. B. der Transport und die Verwendung eines Produkts. Bei diesen Informationen herrscht zudem eine große Unsicherheit in Bezug auf die getroffenen Annahmen.

Da die erhobenen Daten abhängig vom Unternehmen bestimmt werden, können die identifizierten Umweltdatenpunkte (siehe Tabelle 9) derzeit nur bedingt in einem Industrie 4.0 Umfeld verwendet werden. Gleichwohl könnte die Bedeutung von EPDs im Bereich der verbraucherorientierten Kommunikation zukünftig steigen (DIN e. V., 2008), weshalb sie bei der Erstellung eines Umweltdatensets berücksichtigt werden sollten.

6.2.6.4 Einarbeitung von EPDs in das Umweltdatenset

Die Umweltdatenpunkte der EPD lassen sich einem Produkt eindeutig zuordnen. Eine direkte Nutzung der Daten scheint derzeit jedoch als nicht zielführend, da EPDs nicht geeignet sind, um Produkte miteinander zu vergleichen. Eine mangelnde Vergleichbarkeit ist damit begründet, dass EPDs nicht die gleiche Funktionseinheit oder denselben Umfang aufweisen müssen. Auch können sich die Annahmen für vor- und nachgelagerte Prozesse unterscheiden. Allerdings kann im Umweltdatenset auf die jeweils aktuelle EPD des Produkts verwiesen bzw. diese verlinkt werden, weshalb dies als Umweltdatenpunkt für das Umweltdatenset gewählt wurde. Des

Weiteren können Zusatzinformationen wie die Produktkategorie-Regeln, die funktionalen Einheiten sowie die geografische Abdeckung angegeben bzw. dem entsprechenden, im Umweltdatenset verlinkten EPD-Bericht entnommen werden.

6.2.7 Carbon Footprint

6.2.7.1 Einführung und Funktionsweise

Ein Carbon Footprint (deutsch: Kohlenstoff-Fußabdruck) ist eine gewichtete Summe der Treibhausgasemissionen und des Treibhausgasabbaus eines Prozesses, eines Systems von Prozessen oder eines Produktsystems, ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten. Dabei können Carbon Footprints sowohl für Länder, Regionen, Unternehmen, Produkte, Dienstleistungen aber auch für private Haushalte erstellt werden (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2022). Grundsätzlich wird jedoch insbesondere zwischen produktbezogenen und unternehmensbezogenen Carbon Footprints unterschieden. Bei beiden Systemen handelt es sich um Indikatoren der Umweltwirkungsabschätzung (Englisch: Life Cycle Impact Assessment, kurz LCIA). Carbon Footprints decken dabei allerdings nur eine von zahlreichen Umweltwirkungen ab, weshalb dadurch nicht auf die Umweltverträglichkeit von Produkten oder Unternehmen rückgeschlossen werden kann (Hottenroth et al., 2013).

Der Corporate Carbon Footprint CCF dient der Berechnung der Gesamtheit aller wesentlichen Treibhausgasemissionen einer Organisation bzw. eines Unternehmens innerhalb eines definierten Zeitraums. Üblicherweise werden Emissionen jeweils für den Zeitraum von einem Jahr bilanziert, wobei dies nicht unbedingt bezogen auf Kalenderjahre erfolgen muss. Der CCF berücksichtigt dabei die gesamte Wertschöpfungskette (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2022).

Im Gegensatz zum CCF erfasst der Product Carbon Footprint (PCF) die Emissionen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts bzw. einer Dienstleistung. Der PCF bezieht sich immer auf eine spezielle, zuvor festgelegte Anwendung, die sog. funktionelle Einheit (Hottenroth et al., 2013).

Insgesamt ist für die Erstellung von Carbon Footprints die Definition von Systemgrenzen wichtig. Dabei kann unterschieden werden zwischen (ClimatePartner, 2017; Hottenroth et al., 2013):

- ▶ **Organisatorischen Systemgrenzen:** Diese beschreiben den Teil des Unternehmens, welcher bei der Berechnung des Carbon Footprints berücksichtigt werden soll. Dabei sind Anforderungen aus Standards, Zielstellungen des Unternehmens sowie weitere geplante Maßnahmen zu berücksichtigen. Es können ganze Unternehmen, einzelne Gesellschaften, Fachbereiche oder auch Standorte bilanziert werden. Bei PCFs definiert sich die organisatorische Systemgrenze durch die Wertschöpfungskette des betrachteten Produkts. Man unterscheidet zwischen den Ansätzen „Cradle-to-Gate“ (Wiege bis zum Werkstor) und „Cradle-to-Grave“ (Wiege bis zum Lebensende). Es können folglich auch nur Teile des Produktlebenszyklus abgedeckt werden.
- ▶ **Operativen Systemgrenzen:** Diese beschreiben die Emissionsquellen, welche für die Berechnung berücksichtigt werden. Bei der Definition der operativen Systemgrenze sind die Wichtigkeit einzelner Emissionsquellen, die Vorgaben aus den gewählten Standards sowie die Zielstellung des Unternehmens zu beachten. Bei der Bilanzierung von Produkten definiert sich die operative Systemgrenze durch die einzelnen Arbeitsschritte, die im Lebenszyklus des Produkts notwendig sind (siehe „Organisatorische Systemgrenze“).

Die Erstellung von Carbon Footprints kann in Anlehnung an bestehende Standards und Normen erfolgen. Die Methodik für die Bilanzierung eines PCF ist bspw. in der DIN EN ISO 14067 definiert. Die DIN EN ISO 14067 konkretisiert Prinzipien, Anforderungen und Richtlinien für die

Quantifizierung und Berichterstattung über den Kohlenstoff-Fußabdruck eines Produkts in Übereinstimmung mit den internationalen Standards zur Ökobilanzierung (ISO 14040 und ISO 14044) (ISO 14067:2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification, 2022). Für den CCF steht die DIN EN ISO 14064 zur Verfügung. Weitere Vorgaben zur Erstellung des CCF finden sich im Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard (Bhatia et al., 2011).

Der PCF erfasst alle Treibhausgasemissionen, die während des Lebensweges eines bestimmten Produkts entstehen. Beim CCF kann die Erhebung der Treibhausgasemissionen je nach den festgelegten Systemgrenzen auf unterschiedlichen Ebenen erfolgen. Der CCF kann sich auf die direkten vom Unternehmen verursachten Treibhausgasemissionen (Scope 1) sowie die durch fremdbezogene Energie verursachten Treibhausgasemissionen (Scope 2) beschränken. Zusätzlich können auch indirekte Treibhausgasemissionen (Scope 3), die in der Wertschöpfungskette des berichtenden Unternehmens einschließlich vor- und nachgelagerter Emissionen entstehen (z. B. durch Geschäftsreisen), bei der Erstellung des CCF berücksichtigt werden⁵⁹ (Hottenroth et al., 2013).

6.2.7.2 Identifizierte Umweltdatenpunkte

Tabelle 15 zeigt eine Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte, die bei der Erstellung von Carbon Footprints berichtet bzw. erhoben werden (müssen).

Tabelle 15: Identifizierte Umweltdatenpunkte, die bei der Erstellung von Carbon Footprints berichtet bzw. erhoben werden (müssen)

Identifizierte Umweltdatenpunkte	Umwelthinformati- ons- kategorie	Einheit	Bezugspunkt
Gesamtemissionen von Treibhausgasen	Treibhausgasemissionen	t CO ₂ -Äquivalente pro funktionelle Einheit	Funktionelle Einheit ⁶⁰

6.2.7.3 Zusammenfassende Erkenntnisse

Wie der Name vermuten lässt, liegen beim Carbon Footprint umweltrelevante Daten in Form der Treibhausgasemissionen ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten vor. Bei der Bilanzierung der Emissionen spielt die Festlegung von Systemgrenzen eine wichtige Rolle. Die Systemgrenzen können sowohl beim CCF als auch beim PCF individuell festgelegt werden, was bedeutet, dass die Emissionen nicht nur auf Unternehmensebene, sondern auch für einzelne Standorte, Anlagen oder Maschinen erfasst werden können. Dies begünstigt eine Verwendung der Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld. Andererseits haben die festgelegten Systemgrenzen einen entscheidenden Einfluss auf die Aussagekraft und die Vergleichbarkeit des Carbon Footprints (Hottenroth et al., 2013). Auf Basis des PCF wäre es bspw. möglich, eine Art „Carbon Label“ auf den Verpackungen von Produkten aufzubringen (entsprechende Modelle gibt es bspw. in Japan oder China (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2022)). Hier muss allerdings angemerkt werden, dass für einen fairen und zulässigen Vergleich sowohl die funktionelle Einheit, die verwendeten Methoden (z. B. die Zuteilung der Inputs und Outputs) als auch die Annahmen (z. B. für die Nutzungsphase) identisch sein müssen (Hottenroth et al., 2013). Folglich ist die Interpretation des PCF als

⁵⁹ Die Ermittlung der Scope 1- und Scope 2-Emissionen sind für die Erstellung des CCF verpflichtend, wohingegen Scope 3-Emissionen freiwillig zu erheben sind (Hottenroth et al., 2013).

⁶⁰ Der Begriff „funktionelle Einheit“ wird in der Regel bei Ökobilanzen oder der Ermittlung des PCF verwendet (Blickwedel, 2010). Dabei beschreibt die funktionelle Einheit den Nutzen und die Basis, auf die sich die Ergebnisse einer Ökobilanz oder des PCF beziehen (Blickwedel, 2010). Der Zweck der funktionellen Einheit ist es eine Bezugsgröße für die In- und Outputflüsse des Produktsystems zu schaffen (Hottenroth et al., 2013). Da auch beim CCF verschiedene Systemgrenzen festgelegt werden können, bezieht sich der Begriff „funktionelle Einheit“ im Rahmen dieses Forschungsvorhabens auch auf die jeweiligen organisatorischen Systemgrenzen (z. B. Standort oder Unternehmen), die für die Erstellung des CCF definiert werden.

„einzelne Zahl“ aufgrund der methodischen Freiheiten mit relativ großen Unsicherheiten verbunden, was die Vergleichbarkeit der Daten und deren Verwendbarkeit in einer Industrie 4.0 einschränkt.

Darüber hinaus führt die mangelnde Transparenz innerhalb der Wertschöpfungsketten hinsichtlich der Treibhausgasemissionen zu zusätzlichen Datenunsicherheiten bei der Erstellung von Carbon Footprints (World Business Council For Sustainable Development (WBCSD), 2021) (WBCSD, 2021). Entsprechend bestehen insbesondere bei der Bilanzierung der Scope 3-Emissionen große Datenlücken, obwohl diese oftmals einen Großteil der Treibhausgasemissionen eines Unternehmens darstellen, speziell bei in der Wertschöpfungskette nachgelagerten Unternehmen (WBCSD, 2021). Gründe hierfür sind u. a. die Herausforderungen bei der Datenerfassung aufgrund der komplexen Wertschöpfungskette, unzureichende Verfügbarkeit an Primärdaten und die mangelnde Interoperabilität zwischen den IT-Lösungen beteiligter Akteure* Akteurinnen (WBCSD, 2021). Demnach bedarf es gemäß WBCSD (2021) einer konsistenten Methode zur Berechnung der Treibhausgasemissionen auf Produktebene sowie eine Infrastruktur, die den Austausch von geprüften und zuverlässigen Daten ermöglicht.

Folglich kann geschlussfolgert werden, dass die bestehenden Datenunsicherheiten bei Carbon Footprints (und den damit verbundenen Daten) eine Verwendung in einer Industrie 4.0 beschränken. Gleichzeitig existieren bereits Bemühungen, welche die oben aufgeführten Probleme aufgreifen (siehe (WBCSD, 2021)) und zukünftig eine bessere Verwendung von Carbon Footprints im Industrie 4.0 Umfeld ermöglichen könnten. Der in Tabelle 15 dargestellte Umweltdatenpunkt kann mit Betrachtung der Einschränkungen in einem Industrie 4.0 Umfeld verwendet werden.

6.2.7.4 Einarbeitung von Carbon Footprints in das Umweltdatenset

Die Umweltdaten der Carbon Footprints können sich einem Produkt (PCF) wie auch einer Anlage, bzw. einem Unternehmen (CCF) zuordnen lassen.

In dem Umweltdatenset Anlage könnte der Umweltdatenpunkt, der sich auf das Unternehmen, dem die Anlage gehört, bezieht „Treibhausgasemissionen (Scope 1, Scope 2, Scope 3) gemäß CCF“ lauten und die relevanten Emissionen in Tonnen CO₂-Äq. pro Jahr angegeben werden. Im besten Fall liegen dem Unternehmen die Daten je Anlage vor. Als weitere Informationen können z. B. der genaue Erhebungszeitraum, die organisatorische Grenze und verwendete Emissionsfaktoren angegeben sowie auf das aktuelle CCF-Dokument verlinkt werden.

In dem Umweltdatenset Produkt könnte der Umweltdatenpunkt „Treibhausgasemissionen gemäß PCF“ lauten und würde die relevanten Emissionen in Tonnen CO₂-Äq. pro Jahr entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts wiedergeben. Als weitere Informationen können hier z. B. weitere Informationen zur verwendeten Methode bzw. des Standards zur Berechnung des PCFs, betrachtete Lebenszyklusphasen und verwendete Emissionsfaktoren angegeben sowie auf das aktuelle PCF-Dokument verlinkt werden.

7 Erstellung von Umweltdatensets

Ein wesentliches Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, zu analysieren, wie Umweltdaten in Industrie 4.0-Systemen verwendet werden können. Wie in Kapitel 5.1 beschrieben, kommt der VWS als virtuelle digitale und aktive Repräsentanz einer I4.0-Komponente in Industrie 4.0-Systemen dabei eine zentrale Rolle zu (Plattform Industrie 4.0, 2020b). Den I4.0-Komponenten (sog. Assets) sind bestimmte Eigenschaften zugewiesen (sog. Merkmale). Eine Gruppe von Merkmalen für einen bestimmten Anwendungsfall wird als Teilmodell bezeichnet (Plattform Industrie 4.0, 2020a). Diese haben bspw. den Zweck, inhaltliche oder funktionale Aspekte zu beschreiben. Entsprechend wird die Entwicklung eines Teilmodells „Umwelt“ der VWS als eine zentrale Möglichkeit angesehen, Umweltpotenziale (wie z. B. die Verringerung von Schadstoffemissionen) in einem Industrie 4.0-Umfeld auszuschöpfen und automatisierte Umweltanalysen und Bewertungen durch die geschaffene Transparenz zu ermöglichen. Die Umweltrelevanz stellt dabei den Anwendungsfall (s. o.) und die identifizierten Umweltdatenpunkte stellen die Merkmale dar.

Zur Entwicklung der Teilmodelle wurden im Zuge dieses Forschungsvorhabens jeweils ein Umweltdatenset mit (Industrie-)Anlagenbezug im weiteren Sinne sowie mit Produktbezug ausgearbeitet. Die Umweltdatensets sollen dabei als Grundlage zur Ausgestaltung der VWS-Teilmodelle „Umwelt“ dienen sowie als Vorlage zur Entwicklung eines digitalen Anlagen- und Produktpasses verwendet werden können. Sie stellen einen ersten Vorschlag dar, auf welchen weiter aufgebaut werden kann.

Die Umweltdatensets betreffen die Akteure*Akteurinnen, die von den jeweiligen ausgewerteten Berichtspflichten bzw. gesetzlichen Grundlagen betroffen sind. Bei den Anlagen sind dies hauptsächlich größere Industrieanlagen.

Die Umweltdatensets sollten im besten Fall so gestaltet werden, dass sie für die auszufüllenden Akteure*Akteurinnen (Anlagenbetreiber, Hersteller etc.) keinen Mehraufwand darstellen, sondern aus bereits in den Unternehmen vorliegenden Daten/ konkreten Messwerten gespeist werden können (per IT-Verknüpfung innerhalb unternehmenseigener Systeme). Ein wesentlicher Punkt ist dabei, dass die Infrastruktur für den automatischen Datenabruf zur Verfügung gestellt werden sollte, insbesondere Schnittstellen und Produktdatenbanken.

Des Weiteren sollte die Möglichkeit eines zielorientierten, auf verschiedene Berichts- und sonstige Formate ausgerichteten Auslesens der Umweltdatensets gegeben sein, so dass diese der direkten Berichterstattung zwischen Unternehmen und bspw. Behörden dienen und ohne, dass ein aktives Ausfüllen von weiteren Formularen etc. nötig ist. Die im Rahmend dieses Vorhabens entwickelten Umweltdatensets decken die Komplexität der individuellen rechtlichen Grundlagen (z. B. Spezifikationen zu den Datenerhebungspflichten, Ausnahmen) keinesfalls vollumfänglich ab.

Ziele der Umweltdatensets sind

- ▶ relevante rechtliche Grundlagen und Berichts- bzw. Erhebungspflichten übersichtlich aufzulisten, um eine solide Umweltdatenbasis zu schaffen und einen Überblick über die zu berichtenden bzw. zu erhebenden umweltrelevanten Daten zu erhalten. Dies erlaubt auch, mögliche Synergien oder Überschneidungen wie auch das Potential möglicher Verschlinkungen von Berichtspflichten auf lange Sicht zu erkennen,
- ▶ eine erste Vorlage (Starter Set) zur Umweltdatenerhebung zu präsentieren, welche in IT-Systemen gut handhabbar ist, mit dem Potential, langfristig mit einigen Weiterentwicklungen die Berichtspflichten zu automatisieren,

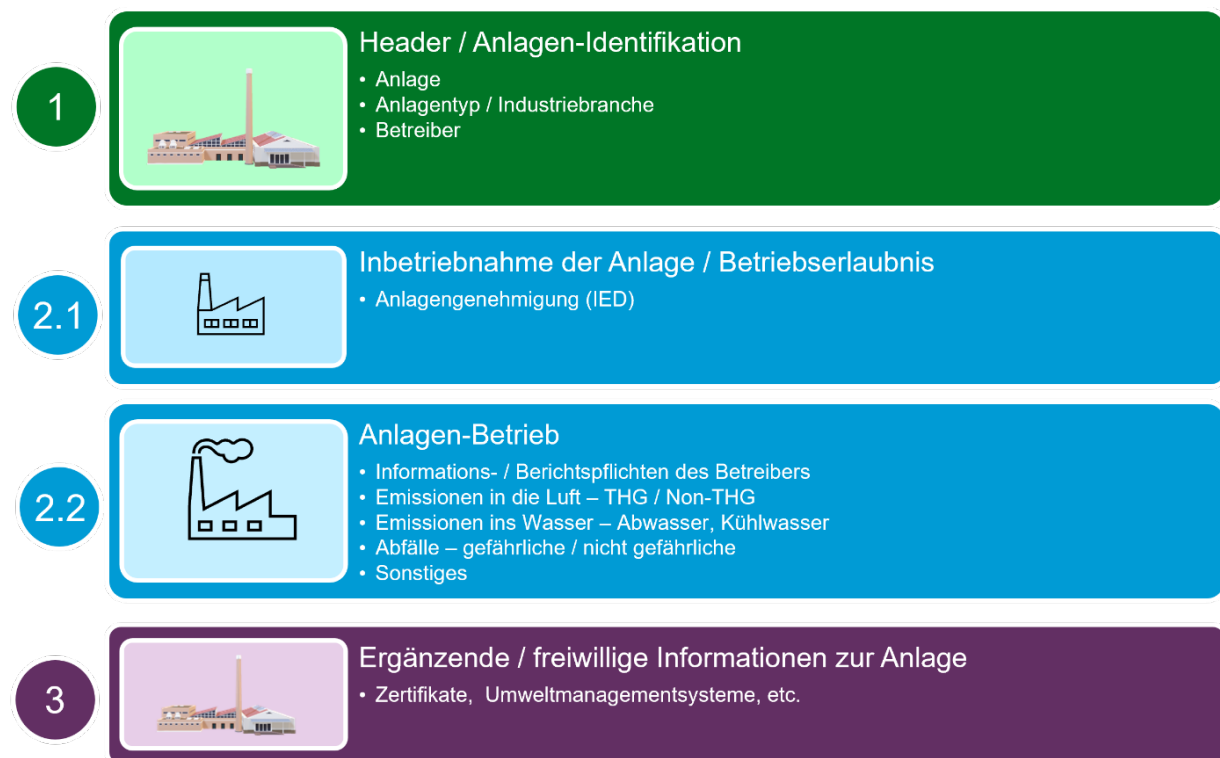
- ▶ einen Überblick über die umweltrelevanten Auswirkungen einer Anlage zu erhalten, um anlagenintern Wirkungen besser zu erkennen, Prozesse zielorientiert zu steuern und langfristig auch bewerten zu können, wie gut eine Anlage aus Umweltsicht ist und welche Wettbewerbsvorteile diese erhalten sollte (dies ist jedoch nur bei Betrachtung relevanter Bezugsgrößen möglich, um die richtigen Schlüsse ziehen zu können),
- ▶ ein einheitliches Basis-Format anzubieten, anhand dessen relevante Informationen für die Lieferkette mit dem Produkt weitergegeben werden können, so dass am Ende auch z. B. Recyclingunternehmen die notwendigen Informationen zum Recycling der Produkte erhalten und
- ▶ die Emissionen der Anlagen perspektivisch den Produkten zuordnen zu können, so dass eine valide Datenbasis für Produkte entlang ihres Lebenszyklus geschaffen werden kann (dabei muss berücksichtigt werden, dass einerseits in den Anlagen oft verschiedene Produkte hergestellt werden und andererseits die einzelnen Anlagen selbst sowie auch die Produkte sehr speziell sein können, weshalb die konkrete Zuordnung von Anlagenemissionen zu spezifischen Produkten sowie die Vergleichbarkeit der Ergebnisse als sehr schwierig erachtet wird).

7.1 Allgemeiner Aufbau der Umweltdatensets

Um eine Übersicht über die identifizierten Umweltdatenpunkte sowie eine möglichst gute Basis hinsichtlich der IT-technischen -Umsetzung zu gewährleisten, wurden die Umweltdatensets im Tabellenformat (Excel-Tabellen) erstellt. Sie sind in Anhang beispielhaft für eine Anlage (siehe Anhang A.2), einen Stoff (siehe Anhang A.3) und ein Erzeugnis (siehe Anhang A.4) dargestellt. Die Umweltdatensets beinhalten neben einem Tabellenbereich mit allgemeinen Informationen zum jeweiligen Asset (Header) einen zweiten Tabellenbereich mit rechtsverbindlich zu berichtenden Umweltdatenpunkten sowie einen dritten Tabellenbereich mit freiwillig zu berichtenden Umweltdatenpunkten.

Bei dem Umweltdatenset zur Anlage lässt sich der zweite Tabellenbereich mit den rechtsverbindlich zu berichtenden Umweltdatenpunkten nochmals in Informationen zur Inbetriebnahme (und bei Änderungen des Betriebs bzw. der Anlage) und Informationen zum Anlagenbetrieb aufteilen (siehe Punkt 2.1 und 2.2 in Abbildung 9).

Abbildung 9: Aufbau des Umweltdatensets Anlage

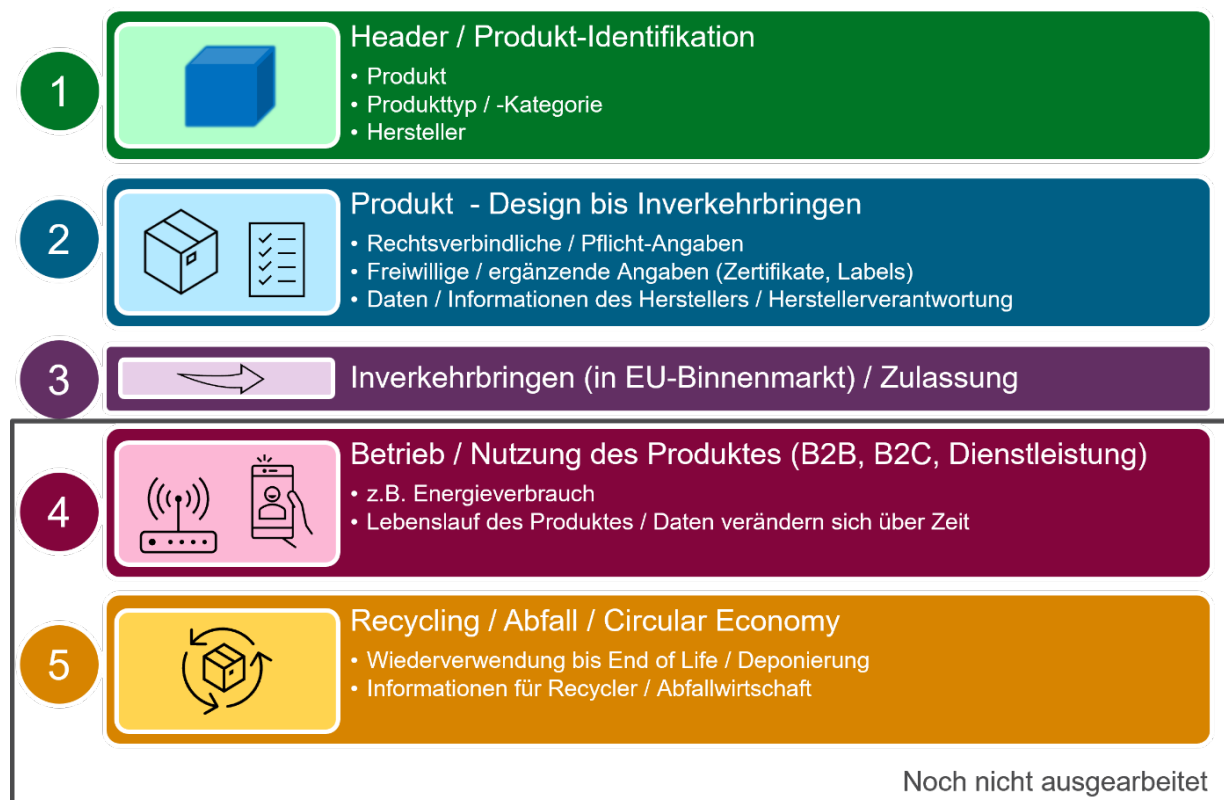


Quelle: D. Meurer, Umweltbundesamt

Das Umweltdatenset zum Produkt umfasst insgesamt 5 thematisch unterschiedliche Bereiche, wobei im Rahmen dieses Vorhabens nur die ersten drei weiter ausgearbeitet wurden. Dies sind die Bereiche mit Informationen zur Produkt-Identifikation, dem Produkt-Design bis zum Inverkehrbringen. Diese schließen sowohl verpflichtende Umweltdatenpunkte als auch solche der freiwilligen Berichterstattung ein (siehe Abbildung 10, Punkte 1 bis 3).

Zukünftig kann dieses Umweltdatenset noch um die Tabellenbereiche zu Betrieb und Nutzung des Produkts (Punkt 4) sowie zu Informationen zum Lebensende des Produkts bzw. dessen Wiederverwendung oder Recycling (Punkt 5) erweitert werden. Eine detaillierte Ausarbeitung auch dieser umweltrelevanten Produktraspekte erfolgte nur deshalb nicht, weil im Rahmen dieses Vorhabens hierzu keine konkreten Umweltdatenpunkte identifiziert werden konnten (näher spezifiziert in Kapitel 7.3.1).

Abbildung 10: Aufbau des Umweltdatensets Produkt



Quelle: D. Meurer, Umweltbundesamt

Derzeit sind somit in beiden Umweltdatensets jeweils drei Tabellenbereiche detailliert ausgearbeitet; jeweils einmal zum Asset (Anlage oder Produkt), zu den verpflichtend zu berichtenden Umweltdatenpunkten sowie ergänzend zu den freiwillig zu berichtenden Umweltdatenpunkten (siehe Abbildung 11). Konkrete Anwendungsbeispiele der beiden, in diesem Forschungsvorhaben entwickelten Umweltdatensets finden sich in Anhang A.2, A.3 und A.4.

Abbildung 11: Struktur der Umweltdatensets

Auszug - Header

Asset	Daten bzw. Informationen zum Asset	Wert/Information (Eingabefeld)

Auszug – rechtsverbindlich zu berichtende Umweltdatenpunkte

Verpflichtende Angaben	Umweltdatenpunkt	rechtsverbindliche Angaben	Rechtliche Grundlage des Umweltdatenpunkts	Detaillierung des Umweltdatenpunkts	Name Schadstoff / Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld)	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)	Bezugspunkt	Kontextinformationen (Eingabefeld/Verlinkung)

Auszug – freiwillig zu berichtende Umweltdatenpunkte

Ergänzende freiwillige Informationen	Umweltdatenpunkt	Freiwillige Angaben	Erhebung gemäß (Nennung von Standard, Norm, Regularie, etc.) (Eingabefeld)	Nummer des Zertifikats (Eingabefeld)	Detaillierung des Umweltdatenpunkts	Name Schadstoff / Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld)	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)	Bezugspunkt (Eingabefeld)	Kontextinformationen (Eingabefeld/Verlinkung)

Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Der Tabellenbereich zum Asset ist vom Anlagenbetreiber bzw. vom Produkthersteller, -inverkehrbringer, Produkt-Importeur oder Lieferanten auszufüllen und beinhaltet Informationen, die die Anlage bzw. das Produkt näher beschreiben und identifizieren lassen.

Die Tabellenbereiche mit den rechtsverbindlichen sowie den freiwillig zu berichtenden Umweltdatenpunkten müssen von dem Anlagenbetreiber bzw. Produkthersteller, -inverkehrbringer, Produkt-Importeur oder Lieferanten ausgefüllt werden, wobei für die vorgesehenen Tabellenbereiche zu Betrieb und Nutzung sowie End-of-Life des Produkts auch Informationen von anderen Akteuren*Akteurinnen entlang der Lieferkette benötigt werden. Derzeit beziehen sich die rechtsverbindlichen Umweltdatenpunkte ausschließlich auf Berichtspflichten, welche sich aus EU- sowie nationalen rechtlichen Grundlagen ergeben.

Die Felder der Excel-Tabellen zu den zu berichtenden Umweltdatenpunkten, die in beiden Umweltdatensets vorkommen, können in zwei Hauptarten mit unterschiedlichen Funktionen untergliedert werden:

- ▶ **Geschützte Felder:** Dies sind Felder, deren Inhalt vorgegeben, also unveränderlich ist. Dies betrifft die Auflistung der relevanten Informationen zum Asset und die Beschreibung der Umweltdatenpunkte sowie gesetzlich festgehaltene Informationen hierzu. Diese Punkte sind vorgegeben und sollen daher von den Bearbeitenden nicht verändert werden können.
- ▶ **Eingabefelder:** Dies sind Felder, in denen die Bearbeitenden Angaben tätigen müssen, sofern der Umweltdatenpunkt für ihre Anlage oder ihr Produkt relevant ist. Je nach Anwendungsfall kann in diesen Feldern entweder eine freie Eingabe getätigt (z. B. Werte einfügen) oder eine Auswahl getroffen werden (z. B. vorgegebene Liste an Einheiten oder Schadstoffen). Die Eingabefelder sind in den Überschriftenzeilen entsprechend gekennzeichnet bzw. gelb hervorgehoben (siehe Abbildung 11).

Im Folgenden werden die Felder, die in beiden Umweltdatensets bezüglich der rechtsverbindlich zu berichtenden Datenpunktevorkommen, näher beschrieben (Felder, die sich nur auf eines der Umweltdatensets beziehen, werden in dem jeweiligen Kapitel zur Individualisierung der Umweltdatensets beschrieben, dies betrifft auch die Informationen zum Asset):

- ▶ **Felder zur Beschreibung der Umweltdatenpunkte:** Diese Felder dienen der genaueren Beschreibung der Umweltdatenpunkte. Es handelt sich dabei um folgende Felder:
 - **Umweltdatenpunkt:** An dieser Stelle steht der identifizierte bzw. gewählte Umweltdatenpunkt, z. B. „Freisetzung in Luft“ oder „Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs“.
 - **Nummer des Datenpunkts:** Hier steht für jeden identifizierten Umweltdatenpunkt eine spezifische Nummerierung, welche den Kurznamen der jeweiligen rechtlichen Grundlage sowie eine Nummer enthält (z. B. ist dem Umweltdatenpunkt „Freisetzung in Luft“ gemäß PRTR-Verordnung die Nummer „PRTR-1“ zugeordnet). Dies ist insbesondere hilfreich, wenn basierend auf einer rechtlichen Grundlage mehrere Umweltdatenpunkte identifiziert wurden und in der Tabelle direkt untereinander aufgeführt sind. Durch diese Nummerierung ist bei Diskussionen (z. B. bei Expertisegesprächen) oder innerhalb des Abschlussberichts eine einfache und eindeutige Bezugnahme auf die jeweiligen Umweltdatenpunkte gewährleistet.
 - **Bezugspunkt:** Hier ist der Bezugspunkt aufgeführt, auf den sich der jeweilige Umweltdatenpunkt bezieht und der in der entsprechenden rechtlichen Grundlage definiert ist. Im Umweltdatenset „Anlage“ beziehen sich die Umweltdatenpunkte z. B. auf die via

rechtlicher Grundlage definierte Anlage oder Betriebseinrichtung, im Umweltdatenset „Produkt“ kann der Bezugspunkt z. B. ein Stoff, ein Gemisch oder ein Erzeugnis sein.

Da sich die Umweltdatenpunkte zu Emissionen bei einer Anlage auch auf einzelne Auslässe der Anlage beziehen können, sollte es bei der IT-Umsetzung des Umweltdatensets zur Anlage die Möglichkeit geben, den Bezugspunkt noch weiter zu detaillieren (z. B. Anlage gesamt, Anlage Auslass 1).

- **Detaillierung des Umweltdatenpunkts:** An dieser Stelle wird spezifiziert, was genau unter dem jeweiligen „Umweltdatenpunkt“ zu verstehen ist und welche genauen Informationen hierzu erhoben werden müssen. Dies können z. B. die in dem Anhang zu einer rechtlichen Grundlage gelisteten Schadstoffe sein. Für den Umweltdatenpunkt „Freisetzung in Luft“ gemäß PRTR-Verordnung betrifft dies z. B. alle in Anhang II der PRTR-Verordnung enthaltenen Schadstoffe. Dieses Feld in der Exceltabelle dient auch dem weitergehenden Verständnis, welche Informationen in dem Feld „Name Schadstoff / Abfall / etc.“ abgefragt werden.
- **Name Schadstoff / Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld):** In diesem Feld werden die detaillierten jeweils zutreffenden Umweltdatenpunkte angegeben. Genauer gesagt ist hier bspw. der Name des entsprechenden Schadstoffs, des Abfalls, Stoffs/Gemischs, eines bestimmten Inhaltsstoffs oder sonstiges einzutragen bzw. auszuwählen (z. B. über ein Drop-down Menü). Hier können z. B. aus der Liste der Umweltschadstoffe gemäß Anhang II der PRTR-Verordnung die jeweils zutreffenden Schadstoffe ausgewählt werden. Welche Information genau in dieses Eingabefeld einzutragen ist, wird im entsprechenden Feld vorgegeben bzw. ist diesem zu entnehmen.
- **Wert (Eingabefeld):** Dieses Feld stellt einen Platzhalter für den zu erhebenden bzw. zu berichtenden (numerischen) Wert oder für andere Angaben dar, die relevante Informationen zu dem Umweltdatenpunkt liefern, wie z. B. die Registrierungsnummer eines Stoffs oder die Angabe von H-Sätzen. Auch hier ist im entsprechenden Eingabefeld in der Tabelle bereits vorgegeben, welche (Wert-)Angabe in dieses Feld einzutragen ist.
- **Einheit (Eingabefeld):** Hier muss, falls zutreffend, die Einheit, in der der jeweilige Umweltdatenpunkt bzw. Wert berichtet oder erhoben wurde, eingetragen werden. Je nach rechtlicher Grundlage könnten hier auch verschiedene Einheiten zur Auswahl vorgegeben sein (z. B. über ein Drop-down Menü). Im Umweltdatenset „Produkt“ ist dieses Feld oft als „nicht zutreffend“ gekennzeichnet und muss dementsprechend nicht ausgefüllt werden.
- **Kontextinformationen (Eingabefeld):** Dieses Feld stellt einen Platzhalter für verschiedene dem jeweiligen Umweltdatenpunkt zugehörigen Kontextinformationen dar, welche sowohl verbindlich als auch freiwillig sein können. In den jeweiligen Factsheets sind zu den rechtlichen Grundlagen oder bspw. dazugehörigen Leitfäden die für den jeweiligen Umweltdatenpunkt relevanten Zusatzinformationen aufgeführt, wie z. B. die Temperatur bei der Messung, die Häufigkeit der Messung, der Messort oder die Chemical Abstracts Service (CAS)-Nummer eines Stoffs. Aus diesen Kontextinformationen sollte ausgewählt werden, welche dieser Informationen auf jeden Fall mitgeführt werden müssen, um den „Wert“ des Umweltdatenpunkts aussagekräftig und vergleichbar zu machen (z. B. den Sauerstoffbezugsgehalt bei einem an einem Auslass einer Anlage gemessenen Luftschadstoff oder die CAS-Nummer eines Stoffs, soweit vorhanden). Des Weiteren können in diesem Eingabefeld Informationen hinterlegt werden, die z. B. zum Erfüllen einer Berichtspflicht notwendig sind oder für weitere Akteure*Akteurinnen in der Lieferkette

relevante Zusatzinformationen darstellen (z. B. genaue Konzentrationsbereiche von gefährlichen Stoffen). Ebenso können Verlinkungen zu relevanten Dokumenten (z. B. Nachhaltigkeitsberichten, Sicherheitsdatenblättern oder Montage und Demontagepläne), Internetseiten, Konformitätsnachweisen oder sonstigen Aspekten hier eingetragen werden. Außerdem sollte dieses Feld den auszufüllenden Akteuren*Akteurinnen die Möglichkeit geben, noch weitere, ergänzende Angaben zu machen, falls gewünscht. Welche Kontextinformationen als „Muss-Daten“ immer verpflichtend mitanzugeben sind und welche Dokumente verlinkt werden sollen, müsste bei der weiteren Entwicklung der Umweltdatensets festgelegt werden.

- **Felder zur Spezifizierung der rechtlichen Grundlage:** Diese Felder dienen einem besseren Verständnis der Anwendenden hinsichtlich der zu berichtenden bzw. zu erhebenden Daten. Ebenso können durch diese Felder unterschiedliche Auswerteziele berücksichtigt werden, z. B. nur rechtliche Grundlagen im Geltungsbereich der Europäischen Union (EU) ausgewählt werden. Die folgenden Felder innerhalb der Umweltdatensets dienen der Spezifizierung der rechtlichen Grundlagen:
- **Rechtsverbindliche oder freiwillige Angabe:** Hier ist spezifiziert, ob es sich um eine verpflichtende Angabe (im Rahmen der rechtlichen Grundlagen immer der Fall) oder um eine freiwillige Angabe handelt.
 - **Rechtliche Grundlage des Umweltdatenpunkts:** Hierzu sind zwei Felder je Umweltdatenpunkt angelegt, eines für den Kurztitel und eines für den Langtitel der jeweiligen rechtlichen Grundlage. Somit ist eindeutig festgehalten, auf welcher rechtlichen Grundlage die identifizierten Umweltdatenpunkte basieren. Der Langtitel enthält zudem Informationen über das Jahr des Inkrafttretens der rechtlichen Grundlage sowie über neueste Änderungen, falls vorhanden.
 - **Geltungsbereich der rechtlichen Grundlage des Umweltdatenpunkts:** Hier ist dargelegt, ob die rechtliche Grundlage auf internationaler Ebene, EU-weit oder nur in Deutschland (DE) gilt.
 - **Übergeordnete Regularien auf EU- oder internationaler Ebene zum betrachteten Recht:** Falls es sich um eine nationale Umsetzung in deutsches Recht handelt, ist hier die jeweilige rechtliche Grundlage auf internationaler oder EU-Ebene festgehalten. Auch hier sind zwei Felder je Umweltdatenpunkt angelegt, eines für den Kurztitel sowie eines für den Langtitel der jeweiligen rechtlichen Grundlage.
 - **Wer muss berichten/erheben:** Hier ist konkretisiert, wer von der Berichtspflicht (bzw. der Erhebungspflicht oder sonstigen identifizierten Pflichten, die eine Erhebung von Daten voraussetzen) betroffen ist. Bei dem Umweltdatenpunkt „Schadstoffemissionen in die Luft“ gemäß 13. BImSchV betrifft dies bspw. Betreibende von Feuerungsanlagen gemäß § 1 (1) der 13. BImSchV (Feuerungswärmeleistung von mindestens 50 Megawatt). Ausnahmen sollten hier ebenfalls aufgeführt sein. Die genauen Informationen sind in der jeweiligen gesetzlichen Grundlage enthalten und können im besten Fall mit dem Umweltdatenset bei einer IT-Umsetzung digital verknüpft werden.
 - **Berichtszyklus:** Hier ist der Berichtszyklus bzw. der Zeitpunkt aufgeführt, zu dem die Daten berichtet werden müssen (z. B. jährlich, alle vier Jahre, bei Inverkehrbringen, bei Anfall).

Des Weiteren gibt es in der Excel-Tabelle Felder zur Erleichterung der IT-Umsetzung. Dabei handelt es sich v. a. um die folgenden Felder:

- **Detaillierung des Umweltdatenpunkts:** Wie oben beschrieben, verweist dieses Feld bspw. auf Anhänge von rechtlichen Grundlagen, in denen diejenigen Schadstoffe gelistet sind, zu denen Daten erhoben bzw. berichtet werden müssen. Folglich kann dieses Feld bei der IT-Umsetzung verwendet werden, um bspw. eine Vorauswahl relevanter Schadstoffe einzurichten, z. B. in Form eines Drop-down-Menüs. Im besten Fall kann in der Zukunft eine Verlinkung zwischen den Umweltdatensets und den entsprechend digitalisierten Gesetzen stattfinden, so dass hier automatisch eine Verknüpfung zu den aktuellen rechtsverbindlich geforderten Informationen stattfinden kann. Diese Verlinkung wäre auch für andere Felder, wie z. B. „wer muss berichten/erheben“ sinnvoll.
- **Mehr als eine Zeile je Umweltdatenpunkt erforderlich:** In dieser Spalte ist ein "ja" eingefügt, wenn für den jeweiligen Umweltdatenpunkt nicht nur eine, sondern zwei bis mehrere detaillierte Informationen (z. B. Schadstoffe) zu berichten und somit auch mehrere Zeilen und z. B. ein Drop-down-Menü einzufügen sind. Dies ist bspw. der Fall, wenn aufgrund der Anforderungen der rechtlichen Grundlage Emissionen zu verschiedenen Schadstoffen berichtet werden müssen.

Weitere Informationen zu Angaben bezüglich der Besonderheiten der IT-Umsetzung können sich bei der Beschreibung der einzelnen Datenpunkte befinden.

7.2 Umweltdatenset Anlage – Besonderheiten und praktische Umsetzung

7.2.1 Besonderheiten des Umweltdatensets Anlage

Angaben zum Asset im Header

Das Umweltdatenset zur Anlage beinhaltet einen Tabellenbereich mit spezifischen Daten bzw. Informationen zur eindeutigen Beschreibung bzw. Identifikation der jeweiligen Anlage, d.h. des Assets. Dies umfasst u. a. Informationen zur Bezeichnung der Anlage bzw. der Betriebseinrichtung, zur Anlagennummer, dem Namen der Muttergesellschaft, der Erstinbetriebnahme, des Wirtschaftszweiges (NACE-Code), dem Standort der Anlage sowie einem Ansprechpartner. Diese Informationen sollten, soweit vorhanden, in den Header der Excel-Tabelle bzw. des Umweltdatensets eingetragen werden. Sind die Informationen nicht verfügbar oder können aus bestimmten Gründen nicht angegeben werden, kann dies entsprechend in das betreffende Eingabefeld eingetragen werden.

Besonderheiten der Berichterstattung zu den Umweltdatenpunkten

Im Umweltdatenset Anlage wurde ein Feld zur Benennung des jeweiligen Kompartiments hinzugefügt (geschütztes Feld), das einem spezifischen Umweltdatenpunkt zugeordnet wird bzw. auf welches sich dieser bezieht. Die Zuordnung zu Kompartimenten führt zu einer Vorsortierung der zahlreichen anlagenbezogenen Umweltdatenpunkte und somit zu einer insgesamt verbesserten Struktur und Übersichtlichkeit des Umweltdatensets. Zudem soll es hierdurch ermöglicht werden, potenzielle Schnittstellen zwischen den rechtlichen Grundlagen zu ermitteln und Harmonisierungspotenziale aufzuzeigen. Insgesamt wurde zwischen den folgenden Kompartimenten unterschieden:

- Luft,
- Wasser,
- Boden,
- Abfall,

- Abwasser
- Gefährliche Stoffe und
- Diverse.

In Ergänzung zu den vorab aufgeführten Kompartimenten wurde in dem Umweltdatenset zur Anlage eine weitere Spalte mit Eingabefeldern eingefügt, in welcher gekennzeichnet werden soll, ob es sich bei dem jeweiligen detaillierten Umweltdatenpunkt um Treibhausgase handelt bzw. Treibhausgase eventuell enthalten sind. Auf diese Weise können speziell alle Treibhausgas- bzw. klimarelevanten Umweltdatenpunkte gefiltert werden.

7.2.2 Praktische Umsetzung des Umweltdatensets Anlage

In den nachfolgenden Kapiteln wird gezeigt, wie das Umweltdatenset Anlage in der Praxis angewendet werden kann (siehe Anhang A.2). Dabei ist angedacht, dass für jede (Industrie-) Anlage ein Umweltdatenset vorliegt, in dem die umweltrelevanten Daten zur Anlage gespeichert sind. Das Umweltdatenset kann bei Bedarf erweitert und individualisiert werden.

Für jede Berichtspflicht bzw. jeden Umweltdatenpunkt wurden mögliche Anwendungsbeispiele herangezogen, um eine möglichst hohe Bandbreite an Möglichkeiten darzustellen. Für die Datenpunkte basierend auf der PRTR-Verordnung wurden bspw. Daten verschiedener PRTR-Anlagen verwendet, die auf der öffentlich zugänglichen Internetseite www.thru.de⁶¹ seit 2009 gemäß der Verordnung für die Errichtung eines europäischen Schadstoffregisters E-PRTR (E-PRTR-VO) jährlich veröffentlicht werden. Es wurde in diesem Fall versucht, eine Berichterstattung gemäß PRTR-Verordnung zu simulieren, die seitens einer Industrieanlage bzw. eines Anlagenbetreibenden so oder in ähnlicher Weise in der Realität erfolgen könnte.

Für jeden der identifizierten Umweltdatenpunkte wurde beispielhaft eine (bzw. teilweise mehrere) zu berichtende bzw. zu erhebende Information(en) (ein Schadstoff, Abfall etc.) systematisch in das Umweltdatenset eingepflegt. Die jeweiligen rechtlichen Grundlagen – insbesondere die entsprechenden Abschnitte zur „Detaillierung der Umweltdatenpunkte“ – wurden dazu verwendet, realistische Eingaben (zu Schadstoffen, Abfällen etc.) zu ermöglichen. Dabei wurden verschiedene Informationen dargestellt (z. B. verschiedene Schadstoffe oder Abfälle), um die Vielfältigkeit umweltrelevanter Daten, so wie sie in der Praxis erhoben bzw. berichtet werden, abzubilden.

In einigen Fällen wurden bestimmte Aspekte, wie z. B. eine Auswahl relevanter Kontextinformationen, in dem Umweltdatenset ergänzt. Die eingetragenen Kontextinformationen decken die jeweils zu erhebenden/ zu berichtenden Kontextinformationen keinesfalls vollumfänglich ab, sondern dienen als Beispiel und helfen dabei, bestimmte Sachverhalte, die im Industrie 4.0-Kontext relevant sind, zu verdeutlichen bzw. Angaben wiederzugeben, die zur Weiterberechnung bzw. richtigen Interpretation bzw. Vergleichbarkeit der jeweiligen Daten notwendig sind. Eine umfangreichere Übersicht über mögliche Kontextinformationen ist in den jeweiligen Factsheets enthalten (siehe Anlage B). Ziel eines weiterentwickelten Umweltdatensets sollte es sein, dass alle relevanten Kontextinformationen als „Muss-Daten“ zusammen mit den Umweltdatenpunkten berichtet werden und die Umweltdaten somit vergleichbar sind und mit ihnen weitergerechnet werden kann.

Durch diese beispielhafte Vorgehensweise wurde versucht, künftige Probleme bei der praktischen Umsetzung des Umweltdatensets zu identifizieren und wo nötig anzupassen.

⁶¹ <https://thru.de/daten/suche/details/thru-berichtsjahr/2020/thru-details-jahr/2020/thru-details-id/59493/> (10.07.2023)

In den nachfolgenden Kapiteln ist beschrieben, welche Umweltdaten in welcher Art und Weise in das Umweltdatenset eingearbeitet wurden. In Anhang A.2 dieses Berichts ist eine Kurzversion des beispielhaft für eine Anlage ausgefüllten Umweltdatensets zu finden. Hierbei handelt es sich nicht um ein Umweltdatenset für eine konkrete, wenn auch fiktive Anlage, sondern es wurden zu den anlagenbezogenen Umweltdatenpunkten Anwendungsbeispiele aus der Praxis herangezogen und möglichst realistische Eintragungen in den Eingabefeldern des Umweltdatensets vorgenommen. Mit Hilfe der Ausarbeitung dieses Praxisbeispiels und beispielhaften Anwendung des Umweltdatensets bzw. der Umweltdatenpunkte, welche nachfolgend detailliert beschrieben werden, soll eine bessere Nachvollziehbarkeit hinsichtlich Aufbau und Anwendung des Umweltdatensets gewährleistet werden. Die Bezeichnungen in Klammern, die hinter jedem nachfolgend aufgeführten Umweltdatenpunkt angegeben sind, stellen die Nummerierung bzw. eindeutige Kennzeichnung des jeweiligen Umweltdatenpunkts dar, welche sich auch in den Umweltdatensets und den Factsheets wiederfindet.

Ob eine Anlage unter die entsprechende Berichtspflicht fällt, ist in der jeweiligen rechtlichen Grundlage definiert und im Umweltdatenset in der Spalte „Wer muss berichten/erheben“ festgehalten. Perspektivisch können diese Informationen in der Zukunft digital aus dem Gesetz oder einer entsprechenden Datenbank gezogen werden. Ob die Umweltdatenpunkte regelmäßig zu berichten, zu erheben und bei Verlangen vorzulegen oder mitzuführen sind, und für wen die Informationen verfügbar gemacht werden müssen (zuständige Behörde, Öffentlichkeit, UBA etc.), ist in der jeweiligen rechtlichen Grundlage definiert und in den Factsheets näher beschrieben. Der Anlagenbetreiber sollte am Anfang vor dem Ausfüllen des Umweltdatensets prüfen, welche Berichtspflichten für ihn relevant sind und für diese dann die entsprechenden Zeilen ausfüllen. Die restlichen Zeilen können gelöscht oder auf freiwilliger Basis ausgefüllt werden.

Nach der fiktiven Testung wurde das Umweltdatenset mit dem Anlagenbetreiber einer IED-Anlage durchgesprochen, um es auf seine Praxistauglichkeit zu prüfen (siehe Kapitel 7.5). Daraus resultierende Anpassungsvorschläge wurden geprüft und bei der finalen Überarbeitung des Umweltdatensets berücksichtigt.

7.2.2.1 Beschreibung der Umweltdatenpunkte basierend auf rechtlichen Grundlagen: Praxisbeispiel 1 – Praktische Umsetzung anhand verschiedener, teils fiktiver Beispiele

Umweltdatenpunkte gemäß Anlagengenehmigung (hierfür wurde kein Factsheet erstellt)

Grundlage für diesen Umweltdatenpunkt ist die Anlagengenehmigung gemäß BImSchG für genehmigungsbedürftige Anlagen gemäß 4. BImSchV. Hierfür wurde beispielhaft der Genehmigungsbescheid einer Anlage zur sonstigen Behandlung und zeitweiligen Lagerung gefährlicher und nicht gefährlicher Abfälle untersucht⁶². Der Genehmigungsbescheid wurde hinsichtlich relevanter Umweltdaten analysiert. Dabei wurden Umweltdatenpunkte identifiziert und ausgewählte Umweltdatenpunkte in das Umweltdatenset Anlage eingetragen. Es ist hervorzuheben, dass es sich dabei lediglich um eine Auswahl relevanter Umweltdatenpunkte handelt und die eingepflegten Daten keinesfalls ein vollständiges Abbild aller umweltrelevanten Daten darstellen, die im Rahmen des Genehmigungsbescheids erhoben bzw. berichtet werden müssen. Des Weiteren wird festgehalten, dass es sich bei diesen Umweltdatenpunkten in den meisten Fällen um Grenzwerte aus der Genehmigung handelt, die nicht überschritten werden dürfen. Da die Bescheide in der Regel öffentlich zugänglich gemacht werden müssen, sind auch die Grenzwerte öffentlich einsehbar.

⁶² <https://www.redux-recycling.com/BIM-content/uploads/2017/09/Genehmigung-Standort-Offenbach24052016.pdf>https://www.redux-recycling.com/wp-content/uploads/2022/11/ZZBT003000516006_EFB-Zertifikat.pdf (10.07.2023)

Messdaten zu Luftemissionen müssen bei wiederkehrenden Messungen gemäß TA Luft in Form von Messberichten mindestens alle drei Jahre an die zuständige Genehmigungsbehörde übermittelt werden. Diese Messdaten werden auch zur Erstellung der Emissionserklärungen unter der 11. BImSchV herangezogen, weswegen sie hier nicht einzeln als Umweltdatenpunkte aufgenommen werden. Das könnte bei der weiteren Entwicklung des Umweltdatensets noch ergänzt werden.

Beispielhaft wurden die folgenden Umweltdatenpunkte in das Umweltdatenset eingetragen (hinter dem jeweiligen Umweltdatenpunkt steht die Nummerierung des Datenpunkts in Klammern, um diesen in dem Umweltdatenset leichter identifizieren zu können):

► Menge des angenommenen Abfalls (Genehmigung-1.1)

Auf Basis des Genehmigungsbescheids ist der Anlagenbetreiber als Betreiber einer Abfallverwertungsanlage gemäß § 49 Abs. 1 KrWG zur Führung eines Registers verpflichtet. Darin sind die in der Anlage angenommenen Abfälle nach Menge, Abfallart und Herkunft sowie deren Verbleib anzugeben. Das Europäische Abfallverzeichnis ist maßgebend für die Abfallbezeichnungen in der Europäischen Union. Es stuft die Abfälle überwiegend nach ihrer Herkunftsbranche ein. In Deutschland wurde es mit der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) in nationales Recht überführt. Beispielhaft wurde die Menge angenommener Bleibatterien in das Umweltdatenset eingearbeitet. Abfallart in Form der AVV-Nr., Herkunft sowie Verbleib könnten als Kontextinformationen für diesen Umweltdatenpunkt in das Umweltdatenset „Anlage“ mit aufgenommen werden. Das Register mit den darin enthaltenen Angaben ist auf Verlangen der zuständigen Behörde vorzulegen.

► Emissionen in die Luft (Genehmigung-1.2, Genehmigung-1.3)

Um Anforderungen aus dem Genehmigungsbescheid unter Berücksichtigung der TA Luft zum Immissionsschutz aufzunehmen, wurden beispielhaft die einzuhaltenden Grenzwerte für Quecksilber und seine Verbindungen sowie Cadmium und seine Verbindungen aus dem Genehmigungsbescheid in das Umweltdatenset eingearbeitet. Die Grenzwerte sind entweder in mg/m^3 oder in g/h angegeben und beziehen sich auf eine bestimmte Quelle (Auslass) und nicht auf die Anlage selbst. Weitere wichtige Parameter zur Messung der Emissionen sind die zur Beurteilung der Emissionsgrenzwerte erforderlichen Betriebsparameter, die deshalb in den Kontextinformationen angegeben werden sollten.

► Schallimmissionen (Genehmigung-1.4)

Um Anforderungen aus dem Genehmigungsbescheid und der TA Lärm aufzunehmen, wurde beispielhaft ein maximaler Schallleistungspegel, welcher nicht überschritten werden darf, in das Umweltdatenset eingearbeitet.

Weitere Beispiele für Umweltdatenpunkte, die im Zuge der Anlage relevant sein könnten, sind z. B. wasserwirtschaftliche Erfordernisse, störfallrechtliche Erfordernisse oder bodenschutzrechtliche Erfordernisse. Insgesamt zeigt die beispielhafte Auswahl verschiedener Umweltdatenpunkte, dass die Genehmigungsbescheide eine Vielzahl von Anforderungen zur Einhaltung, Erhebung bzw. Berichterstattung von Umweltdaten enthalten, welche theoretisch in das Umweltdatenset eingearbeitet werden könnten.

Umweltdatenpunkte gemäß 13. BImSchV

► Schadstoffemissionen in die Luft (13. BImSchV-1)

Beispielhaft wurden die Jahresgesamtemissionen von Schwefeldioxid (SO₂) eingefügt. Als wichtige Kontextinformationen, die mitberichtet werden müssen, wurden Angaben, wie der Volumenanteil an Sauerstoff im Abgas und weitere Betriebsgrößen (Abgastemperatur, Feuchtegehalt, Wasserstoffgehalt und Druck), aufgeführt. Diese werden benötigt, um den Messwert aussagekräftig und vergleichbar zu machen.

Umweltdatenpunkte gemäß 17. BImSchV

► Luftemissionen (17. BImSchV-1)

Für die 17. BImSchV wurde beispielhaft „Nickel und seine Verbindungen“ basierend auf Anlage 1 der 17. BImSchV (Emissionsgrenzwerte für Schwermetalle und krebserzeugende Stoffe) eingetragen. Als Kontextinformationen wurden die angewandten Normen (CEN-Norm, ISO-Norm, nationale Norm, sonstige internationale Norm (im Falle einer kontinuierlichen Messung)), Sauerstoffbezugsgehalt, Abgastemperatur, Abgasvolumen, Feuchtegehalt und Druck mit angegeben.

Umweltdatenpunkte gemäß 31. BImSchV

► Emissionen von VOC in die Luft (31. BImSchV-1)

Für die 31. BImSchV wurde der Umweltdatenpunkt „Emissionen von VOC in die Luft“ ergänzt. Da es sich bei den Anforderungen gemäß Anhang III der 31. BImSchV um tätigkeitsbezogene Anforderungen handelt, wurde die Tätigkeit des Gewerbetreibenden in den Kontextinformationen aufgeführt. Abhängig von der Art der Emissionen sind die Grenzwerte unterschiedlich definiert, weshalb in den Kontextinformationen angegeben werden sollte, ob es sich um gefasste, diffuse oder Gesamtemissionen handelt (hier können unterschiedliche Einheiten verwendet werden). Eine weitere wichtige Kontextinformation ist der Lösemitelein-satz (in t/a). Alternativ zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte kann in gewissen Fällen auch ein Reduzierungsplan erstellt werden. Eine Möglichkeit zur Verlinkung des Reduzierungsplans sowie zur jährlichen Lösemittelbilanz gemäß Anhang V der 31. BImSchV sollten ebenso möglich sein.

Umweltdatenpunkte gemäß 11. BImSchV

► Jahresfracht der Luftemissionen (11. BImSchV-1)

Für die Emissionserklärung gemäß 11. BImSchV wurden Quecksilberemissionen eingetragen. Die Emissionen sind sowohl als Massenstrom (kg/h) als auch als Jahresfracht (kg/a) anzugeben. Die eingefügten Kontextinformationen (Stoffnummer, Berechnungsmethode, Aggregatzustand) vermitteln weitere relevante Informationen zu den Quecksilberemissionen. Sie sind im Beispiel in Anlehnung an die Eingabemaske der BUBE-Software zur Emissionserklärung aufgeführt.

Da die Werte sowohl in kg/h als auch in kg/a anzugeben sind, können hier zwei Zeilen angegeben oder einer der Werte alternativ mit in die Kontextinformationen aufgenommen werden. Welche Weise praktikabler ist, sollte im Rahmen der IT-Umsetzung geprüft werden. Letztendlich sollte es so gestaltet werden, dass möglichst keine unnötigen bzw. doppelte Daten in das Umweltdatenset eingetragen werden.

Umweltdatenpunkte gemäß Treibhausgasemissionshandelsgesetz

► CO₂-Emissionen, PCF-Emissionen, N₂O-Emissionen (TEHG-1-1, TEHG-1-2)

Laut Anhang I Teil 2 des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) sind Anlagen zur Herstellung von Primäraluminium dazu verpflichtet, die Ermittlung von Emissionen (§ 5 des TEHGs) für CO₂ und PCF zu berichten. Das Umweltdatenset wurde daher beispielhaft für diese beiden Treibhausgase ausgefüllt. Die Daten werden in Form des Emissionsberichts an die zuständige Prüfstelle übermittelt. Der Emissionsbericht könnte bei den Kontextinformationen verlinkt werden.

Umweltdatenpunkte gemäß E-PRTR-VO

► Freisetzung in Luft (PRTR-1.1, PRTR-1.2, PRTR-1.3, PRTR-1.4)

Für die E-PRTR-Verordnung wurden für den Umweltdatenpunkt "Freisetzung in die Luft" beispielhaft die Emissionen von flüchtigen, organischen Verbindungen ohne Methan (Englisch: Non-methane volatile organic compounds, kurz NMVOC), Ammoniak (NH₃), Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) in das Umweltdatenset eingetragen. Als Beispiel für relevante Kontextinformationen wurden Bestimmungsmethode- und verfahren mit angegeben. Hierbei muss auch angegeben werden, ob es sich bei den Werten um eine Messung, eine Berechnung oder eine Schätzung handelt (diese Angabe sollte auf jeden Fall verpflichtend sein). Bei NH₃ wurde zusätzlich die CAS-Nr. als Kontextdatum mitaufgenommen.

Es ist hier nochmals hervorzuheben, dass sich die Umweltdatenpunkte gemäß E-PRTR-Verordnung auf Betriebseinrichtungen beziehen, die aus einer oder mehrerer Anlagen am gleichen Standort bestehen und somit nicht unmittelbar mit den Umweltdatenpunkten aus anderen rechtlichen Grundlagen wie z. B. unter der IED vergleichbar sind. Allerdings befindet sich die E-PRTR-Verordnung gerade in Überarbeitung, wobei diskutiert wird, die Umweltdatenpunkte ebenfalls auf Anlagenebene zu erheben.

► Freisetzung in Wasser (PRTR-2.1, PRTR-2.2)

Für den Umweltdatenpunkt "Freisetzung in Wasser" der E-PRTR-VO wurden beispielhaft die Emissionen von Zink und Verbindungen (als Zn) und von Di-(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) eingetragen. Als Beispiel für relevante Kontextinformationen wurden Bestimmungsmethode- und verfahren mit angegeben. Hierbei muss auch angegeben werden, ob es sich bei den Werten um eine Messung, eine Berechnung oder eine Schätzung handelt (diese Angabe sollte auf jeden Fall verpflichtend sein). Bei DEHP wurde ebenfalls die CAS-Nr. mitaufgenommen.

► Freisetzung in Boden (PRTR-3.1, PRTR-3.2)

Für den Umweltdatenpunkt "Freisetzung in Boden" der PRTR-VO, der für Abfälle bestimmter Verfahren berichtet werden muss (siehe Artikel 6, PRTR-Verordnung), wurden beispielhaft die Emissionen von Chloriden (als Gesamt-Cl) und von Kupfer und Verbindungen (als Cu) eingepflegt. Als Beispiel für relevante Kontextinformationen wurden Bestimmungsmethode- und verfahren mit angegeben.

► Verbringung von gefährlichen Abfällen (in Mengen über 2 t pro Jahr) außerhalb des Standorts (PRTR-4.1, PRTR-4.2, PRTR-4.3, PRTR-4.4)

Für den Umweltdatenpunkt "Verbringung von gefährlichen Abfällen (in Mengen über 2 t pro Jahr) außerhalb des Standorts", welcher gemäß PRTR berichtet werden muss, wurde wie nachfolgend dargestellt vorgegangen: Bei der Analyse der PRTR-Daten, welche über die öffentliche Internetseite Thru.de verfügbar sind, zeigt sich, dass Daten zu gefährlichen Abfällen aufgegliedert nach Verbringung ins In- bzw. Ausland sowie jeweils in Abfälle zur Verwertung und Abfälle zur Beseitigung berichtet werden. Diese Aufgliederung wurde im

Umweltdatenset berücksichtigt. Als wichtige Kontextinformationen wurden beispielhaft Bestimmungsmethode und -verfahren mitaufgenommen. Wenn gefährlicher Abfall zur Beseitigung bzw. Verwertung ins Ausland verbracht wird, können der Beseitiger und der Beseitigungsstandort bzw. der Verwerter und der Verwertungsstandort weitere wichtige Kontextinformationen darstellen.

- Verbringung von nicht-gefährlichen Abfällen (in Mengen über 2.000 t pro Jahr) außerhalb des Standorts (PRTR-5.1, PRTR-5.2)

Für den Umweltdatenpunkt "Verbringung von nicht-gefährlichen Abfällen (in Mengen über 2.000 t pro Jahr) außerhalb des Standorts" wurde wie nachfolgend dargestellt vorgegangen: Bei der Analyse der PRTR-Daten, welche über die öffentliche Internetseite Thru.de verfügbar sind, zeigt sich, dass Daten zu nicht-gefährlichem Abfall aufgegliedert nach Abfällen zur Verwertung und Abfällen zur Beseitigung berichtet werden. Diese Aufgliederung wurde im Umweltdatenset nun berücksichtigt. Als wichtige Kontextinformationen wurden beispielhaft Bestimmungsmethode und -verfahren mitaufgenommen.

- Verbringung von Schadstoffen in für die Abwasserbehandlung bestimmten Abwassers außerhalb des Standorts (PRTR-6.1, PRTR-6.2)

Für diesen Umweltdatenpunkt wurden auf Basis von auf Thru.de veröffentlichten Daten beispielhaft die Schadstoffe Chloride (als Gesamt-Cl) sowie Phenole (als Gesamt-C) in das Umweltdatenset eingepflegt. Als wichtige Kontextinformationen könnten bspw. die Bestimmungsmethode und das Bestimmungsverfahren sowie die CAS-Nr. des Schadstoffs eingefügt werden.

Umweltdatenpunkte gemäß Nachweisverordnung

- Menge des gefährlichen Abfalls (NachwV-1.1, NachwV-1.2)

Für die gefährlichen Abfälle, wurden beispielhaft zwei Abfälle mit der jeweiligen Bezeichnung des Abfalls gemäß AVV eingefügt: 1) „andere halogenierte Lösemittel und Lösemittelgemische“ und 2) „Metallabfälle, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind“. Die jeweilige Abfallschlüsselnummer gemäß AVV sowie andere relevante Informationen zur Abfallherkunft oder Abfallbeschreibung müssten in den Kontextinformationen eingepflegt werden. Alternativ könnte dort der Entsorgungsnachweis verlinkt werden, welcher die jeweiligen Informationen ebenso enthält. Weiterhin könnte die Deklarationsanalyse verlinkt werden, falls diese dem Entsorgungsnachweis beigelegt ist.

- Menge des nicht-gefährlichen Abfalls (NachwV-2)

Für die nicht-gefährlichen Abfälle, welche gemäß NachwV nur auf Anordnung der Behörde nachweispflichtig sind, wurde beispielhaft die Bezeichnung des Abfalls gemäß AVV eingefügt: „Verpackungen aus Kunststoff“. Die jeweilige Abfallschlüsselnummer gemäß AVV sowie andere relevante Informationen zur Abfallherkunft oder Abfallbeschreibung müssten in den Kontextinformationen eingepflegt werden. Alternativ könnte dort der Entsorgungsnachweis verlinkt werden, welcher die jeweiligen Informationen ebenso enthält. Weiterhin könnte die Deklarationsanalyse verlinkt werden, falls diese dem Entsorgungsnachweis beigelegt ist.

Umweltdatenpunkte gemäß Abfallverbringungsverordnung

- Menge der grenzüberschreitend verbrachten zur Verwertung bestimmten Abfälle (VVA-1) und Menge der grenzüberschreitend verbrachten Abfälle zur Beseitigung (VVA-2)

Auf Basis des Notifizierungsformulars (siehe Anhang IA der VVA) wurde hier Gießereisand als Abfall eingearbeitet. Die Bezeichnung des Abfalls basiert auf Anlage VIII der VVA ("Gelbe Liste"). Das Notifizierungsformular enthält weitere wichtige Angaben wie Informationen zum Exporteur/ Importeur sowie zum Abfallerzeuger, der Verwertungsanlage als auch der Bezeichnung und Zusammensetzung des Abfalls einschließlich der physikalischen Gefahren. Diese Informationen könnten als Kontextinformationen ergänzt werden. Auch die Abfallidentifizierung (z. B. Angabe der AVV-Nr.) ist im Notifizierungsformular enthalten. Daher wäre es sinnvoll, bei den Kontextinformationen eine Verlinkung zum Begleit- bzw. Notifizierungsformular zu ermöglichen.

Umweltdatenpunkte gemäß Wasserhaushaltsgesetz

► Menge des Abwassers bei Indirekteinleitung (WHG-1)

Um eine Indirekteinleitergenehmigung zu erhalten, müssen Angaben zur anfallenden Abwassermenge, gegliedert nach den Herkunftsbereichen, gemacht werden. Die Menge des Abwassers wurde in das Umweltdatenset eingearbeitet. Ggf. könnte zur Indirekteinleitergenehmigung verlinkt werden, um wichtige Kontextinformationen darzustellen.

► Abwasserinhaltsstoffe (Indirekteinleitung) (WHG-2)

Um eine Indirekteinleitung zu erhalten, müssen Angaben zu den Abwasserinhaltsstoffen gemacht werden, die im Abwasser zu erwarten sind. In der Genehmigung sind in der Regel Grenzwerte enthalten, die nicht überschritten werden dürfen. In dem Umweltdatenset wurde beispielhaft "Quecksilber" als Abwasserinhaltsstoff eingefügt. Da keine Informationen zur Einheit vorliegen, wurde die PRTR-VO als Vorlage verwendet und die Jahresfracht in kg/a angegeben. Ggf. könnte zur Indirekteinleitergenehmigung verlinkt werden, um wichtige Kontextinformationen darzustellen. Bei dem angegebenen Wert handelt es sich in diesem Fall um einen Grenzwert.

Umweltdatenpunkte gemäß Abwasserabgabengesetz

► Menge des Abwassers (Direkteinleitung) (AbwAG-1)

Die Abgabe, welche gemäß § 1 AbwAG durch die Länder erhoben wird, betrifft Direkteinleiter in Gewässer und richtet sich nach der Schädlichkeit und der Menge des Abwassers. Da keine konkreten Informationen zur Berichterstattung der Abwassermenge identifiziert werden konnten, wurde hier beispielhaft die Menge des Abwassers in m³ angegeben.

► Schädlichkeit des Abwassers bei Direkteinleitung gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis (AbwAG-2)

Die Höhe der Abgabe gemäß AbwAG hängt von der Schädlichkeit des Abwassers – ausgedrückt in Schadeinheiten (SE) – ab. Basis für die Ermittlung der SE ist gemäß § 4 AbwAG der die Abwassereinleitung zulassende Bescheid. Der Bescheid definiert die einzuhaltende Konzentration für bestimmte Schadstoffe und Schadstoffgruppen (siehe Anlage zu § 3 AbwAG), den einzuhaltenden Verdünnungsfaktor bei der Giftigkeit gegenüber Fischeiern sowie die Jahresschmutzwassermenge. In das Umweltdatenset wurden beispielhaft 44 SE eingetragen. Des Weiteren könnte der Zulassungsbescheid für die Abwassereinleitung in den Kontextinformationen verlinkt werden.

Umweltdatenpunkte gemäß Abwasserverordnung

- Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Direkteinleiter gemäß Teil C und ggf. D und E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV (AbwV-1)

Der Datenpunkt wurde beispielhaft für Anhang 41 der AbwV und Teil C ausgefüllt. Anhang 41 bezieht sich auf die Herstellung und Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern. Teil C Anhang 41 beinhaltet Anforderungen an das Abwasser für die Einleitungsstelle. Eine Anforderung ist z. B., dass in einer Stichprobe der Grenzwert von 30 mg/l abfiltrierbare Stoffe nicht überschritten werden darf. Basierend auf dieser Anforderung wurde dieser Umweltdatenpunkt beispielhaft ausgefüllt. Kontextinformationen stellen in diesem Falle Bestimmungsmethode und -verfahren dar.

- Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Indirekteinleiter gemäß Teil D und ggf. E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV (AbwV-2)

Der Datenpunkt wurde beispielhaft für Anhang 41 und Teil D der AbwV ausgefüllt. Anhang 41 bezieht sich auf die Herstellung und Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern. Teil D Anhang 41 beinhaltet Anforderungen an das Abwasser vor der Vermischung. An das Abwasser aus der mechanischen Bearbeitung im Bereich Bleiglas, Spezialglas, optisches Glas, Flachglas werden vor der Vermischung mit anderem Abwasser folgende Anforderungen gestellt. Wenn Abwasser eingeleitet wird, darf der Arsengehalt in einer qualifizierten Stichprobe oder 2-Stunden-Mischprobe 0,3 mg/l nicht überschreiten. Basierend auf dieser Anforderung wurde dieser Umweltdatenpunkt beispielhaft ausgefüllt. Bestimmungsmethode- und verfahren sollten als Kontextinformationen zur Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Daten mitgeführt werden.

Umweltdatenpunkt gemäß 12. BImSchV

- Menge der gefährlichen Stoffe (12. BImSchV-1.1, 12. BImSchV-1.2)

In Anhang I der Störfallverordnung sind die Mengenschwellen für Gefahrenkategorien gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, sowie für namentlich genannte Stoffe angegeben. In das Umweltdatenset wurde beispielhaft eine Gefahrenkategorie (P2 Entzündbare Gase, Kategorie 1 oder 2) mit der Mengenschwelle für Betriebsbereiche der oberen Klasse sowie ein in Anhang I namentlich genannter Stoff (Chlorwasserstoff) mit der Mengenschwelle für untere Betriebsbereiche eingefügt.

Umweltdatenpunkte gemäß F-Gas Verordnung

- Menge der enthaltenen, hinzugefügten und rückgewonnenen F-Gase (F-Gas-V-1, F-Gas-V-2, F-Gas-V-2)

Diese Datenpunkte wurden in dem Beispiel fiktiv für eine Kälteanlage, die mit dem Kältemittel R-134a (Tetrafluorethan) gefüllt ist, ausgefüllt. Dabei wurde angegeben, welche Mengen in der Einrichtung enthalten sind, hinzugefügt oder rückgewonnen wurden. Dies sollte für jede in der (Industrie-)Anlage enthaltene Einrichtung, welche F-Gase enthält, möglich sein. Die Nennung des jeweiligen F-Gases kann über ein drop-down Menü erfolgen, wobei alle in Anhang I der F-Gas-Verordnung aufgelisteten F-Gase mitsamt industrieller Bezeichnung, Stoffnamen und chemischer Formel sowie ggf. auch dem Treibhausgaspotential (Englisch: global warming potential, kurz GWP) dargestellt sein sollten. In den Kontextdaten wird angegeben, um welche Einrichtung es sich genau handelt (siehe Art. 4 der F-Gas-Verordnung) und ob es sich bei den F-Gasen um recycelte Gase handelt. Weitere relevante, und in der F-

Gas Verordnung verlangte Angaben wären z. B. der Zeitpunkt der Kontrolle und die Angabe zum Unternehmen, das die Einrichtung gewartet hat.

Umweltdatenpunkte gemäß CSR-RUG

- Bericht zur nichtfinanziellen Berichterstattung

Dieser Punkte wurde in dem Beispiel mit „ja“ ausgefüllt. Im konkreten Fall kann hier auf den Bericht zur finanziellen Berichterstattung des Unternehmens, dem die Anlage gehört, verlinkt werden.

7.2.2.2 Beschreibung der Umweltdatenpunkte basierend auf freiwilligen Verpflichtungen

Nachfolgend sind die Umweltdatenpunkte, die sich aus freiwilligen Verpflichtungen zu Umweltdatenberichterstattungen ergeben können, dargestellt. Da bei den Umweltdatenpunkten der Bezugspunkt in der Regel ein Unternehmen bzw. eine Organisation ist und auch keine klaren Vorgaben zur Erhebung und Angabe der Umweltdatenpunkte gemacht werden, wird in dem Umweltdatenset lediglich eine Verlinkung auf die jeweiligen Berichte vorgegeben. Bei Bedarf und Eignung können hier auch detaillierte Umweltpunkte angegeben werden.

Umweltdatenpunkte gemäß GRI-Standards oder DNK-Kriterien

- Name der angewandten Methode (z. B. Nachhaltigkeitsbericht gemäß DNK) (Nachhaltigkeitsbericht-1)

Im Umweltdatenset kann auf die jeweilige Nachhaltigkeitsberichtserstattung der betreffenden Unternehmen verlinkt werden, in dem alle zu berichtenden Umweltdaten aufgeführt werden. Je nachdem, wie ein Unternehmen bzw. eine Organisation die Daten erhebt bzw. berichtet, könnten hier auch detaillierte Umweltdatenpunkte mit entsprechenden Kontextinformationen aufgeführt werden.

Umweltdatenpunkte gemäß Zertifizierungen

- Name der Zertifizierung mit Umweltbezug (z. B. EMAS) (Zertifizierung-1)

An dieser Stelle können die Zertifizierungen für die Anlage bzw. das Unternehmen, dem die Anlage gehört, mit relevanten Zusatzinformationen aufgeführt und verlinkt werden. EMAS-Umwelterklärungen werden z. B. durch einen unabhängigen und für die jeweilige Branche zugelassenen Umweltgutachter auf ihre Angemessenheit und Richtigkeit überprüft. Die Geschäftsstelle des Umweltgutachterausschusses (Umweltgutachterausschuss) führt auf der Webseite www.emas.de eine Datenbank von Umwelterklärungen. Auch im öffentlich zugänglichen EMAS-Register sind Umwelterklärungen bzw. der Hinweis auf die Bezugsquelle hinterlegt. Auf diese Informationen zu den zertifizierten Unternehmen kann im Umweltdatenset ebenfalls verlinkt werden.

Umweltdatenpunkte auf Basis des Corporate Carbon Footprint (CCF)

- Treibhausgasemissionen (Scope 1, Scope 2, Scope 3) auf Basis des CCF (CCF-1)

Dieser Umweltdatenpunkt kann in Scope 1, 2 und 3 Emissionen eingeteilt werden. Diese Einteilung stammt aus dem Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, einem Standard zur Messung und Kommunikation der Treibhausgasemissionen, welcher die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigt. Die drei Geltungsbereiche dienen der Unterscheidung der Quellen der Treibhausgasemissionen, um Quellen von direkten und indirekten Emissionen zu unterscheiden sowie dem Zweck, Doppelzählungen zu vermeiden, die auftreten würden, wenn dieselben Emissionen von zwei verschiedenen Organisationen gemeldet würden,

z. B. Emissionen aus der Beheizung eines Gebäudes, die sowohl vom Vermieter als auch vom Mieter gemeldet werden. Die zu berichtende Einheit ist Tonnen CO₂-Äq. Kontextinformationen können z. B. die genauen organisatorischen Grenzen, der Erhebungszeitraum, sowie die Quellen der Emissionsfaktoren enthalten.

7.3 Umweltdatenset Produkt – Besonderheiten und praktische Umsetzung

7.3.1 Besonderheiten des Umweltdatensets Produkt

Angaben zum Asset im Header

Das Umweltdatenset zum Produkt beinhaltet einen Tabellenbereich mit spezifischen Daten bzw. Informationen zur eindeutigen Beschreibung bzw. Identifikation des jeweiligen Stoffs, Gemisches oder Erzeugnisses, d.h. des Assets. Dies umfasst u. a. Informationen zum genauen Bezugspunkt, einem Produktidentifikator, dem Herstellernamen, zum Produkttyp und der Chargennummer. Diese Informationen sollten, soweit vorhanden, in den Header der Excel-Tabelle bzw. des Umweltdatensets eingetragen werden (siehe Punkt 1 in Abbildung 12). Sind die Informationen nicht verfügbar oder können aus bestimmten Gründen nicht angegeben werden, kann dies entsprechend in das betreffende Eingabefeld eingetragen werden.

Besonderheiten der Berichterstattung zu den Umweltdatenpunkten

Auf Basis der durchgeführten Analyse der rechtlichen Grundlagen konnte geschlussfolgert werden, dass ein Großteil der relevanten Umweltdaten seitens der Hersteller berichtet oder erhoben werden müssen. Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass die Daten in der Regel bereits vor dem Inverkehrbringen oder der Zulassung des Produkts erhoben oder berichtet werden müssen. Entsprechend handelt es sich bei den Daten, die gemäß der ausgewählten/ identifizierten Umweltdatenpunkte berichtet werden müssen, um Daten in Herstellerverantwortung zum Zeitpunkt vor dem Inverkehrbringen bzw. der Zulassung des Produkts. Dies umfasst sowohl Daten, die aufgrund rechtlicher Grundlagen erhoben bzw. berichtet werden müssen als auch jene Daten, die für Zwecke der Zertifizierung erhoben bzw. berichtet werden. In dem entwickelten Umweltdatenset bilden diese Daten den zweiten Block.

Nachdem die Produkte oder Erzeugnisse in Verkehr gebracht wurden, durchlaufen sie eine Nutzungsphase, bevor sie schlussendlich das Ende ihres Lebenszyklus (Englisch: End-of-Life) erreichen oder z. B. durch Wiederverwendung, Reparaturen oder Umrüstungen (Englisch: Repair or Refurbishment) in eine zweite Nutzungsphase (Englisch: Second-Life) übergehen.

Somit kann das entwickelte Umweltdatenset und die damit verbundenen Umweltdatenpunkte in drei Blöcke eingeteilt werden (siehe auch Abbildung 10):

- ▶ Daten in Herstellerverantwortung - vor Inverkehrbringen bzw. Zulassung des Produkts (Punkte 2 und 3),
- ▶ Nutzungsphase (Punkt 4) und
- ▶ Second-Life/End-of-Life (Punkt 5).

Hierbei gilt zu beachten, dass wie bereits oben erwähnt für den vierten und fünften Block (Nutzungsphase bzw. Second-Life/End-of-Life) in den analysierten rechtlichen Grundlagen keine konkreten Umweltdatenpunkte identifiziert werden konnten. Folglich kann festgehalten werden, dass sich staatliche bzw. behördliche Vorgaben hinsichtlich der Datenerhebung (auf nationaler wie europäischer Ebene) v. a. auf Daten in Herstellerverantwortung zum Zeitpunkt vor dem Inverkehrbringen bzw. der Zulassung des Produkts beziehen.

Abbildung 12 zeigt des Weiteren die neuen Möglichkeiten einer digitalen Kommunikation zwischen den Blöcken 1 bis 5 (siehe vertikalen Pfeil) des Umweltdatensets Produkt auf, d.h. eines Daten- und Informationsaustauschs angefangen bei Daten in Herstellerverantwortung, über Daten der Nutzungsphase bis hin zu Daten der Recycling- bzw. End-of-Life-Phase.

7.3.2 Praktische Umsetzung des Umweltdatensets Produkt

In den nachfolgenden Kapiteln wird aufgezeigt, wie das Umweltdatenset Produkt in der Praxis angewendet werden kann (siehe auch Anhänge A.3 und A.4).

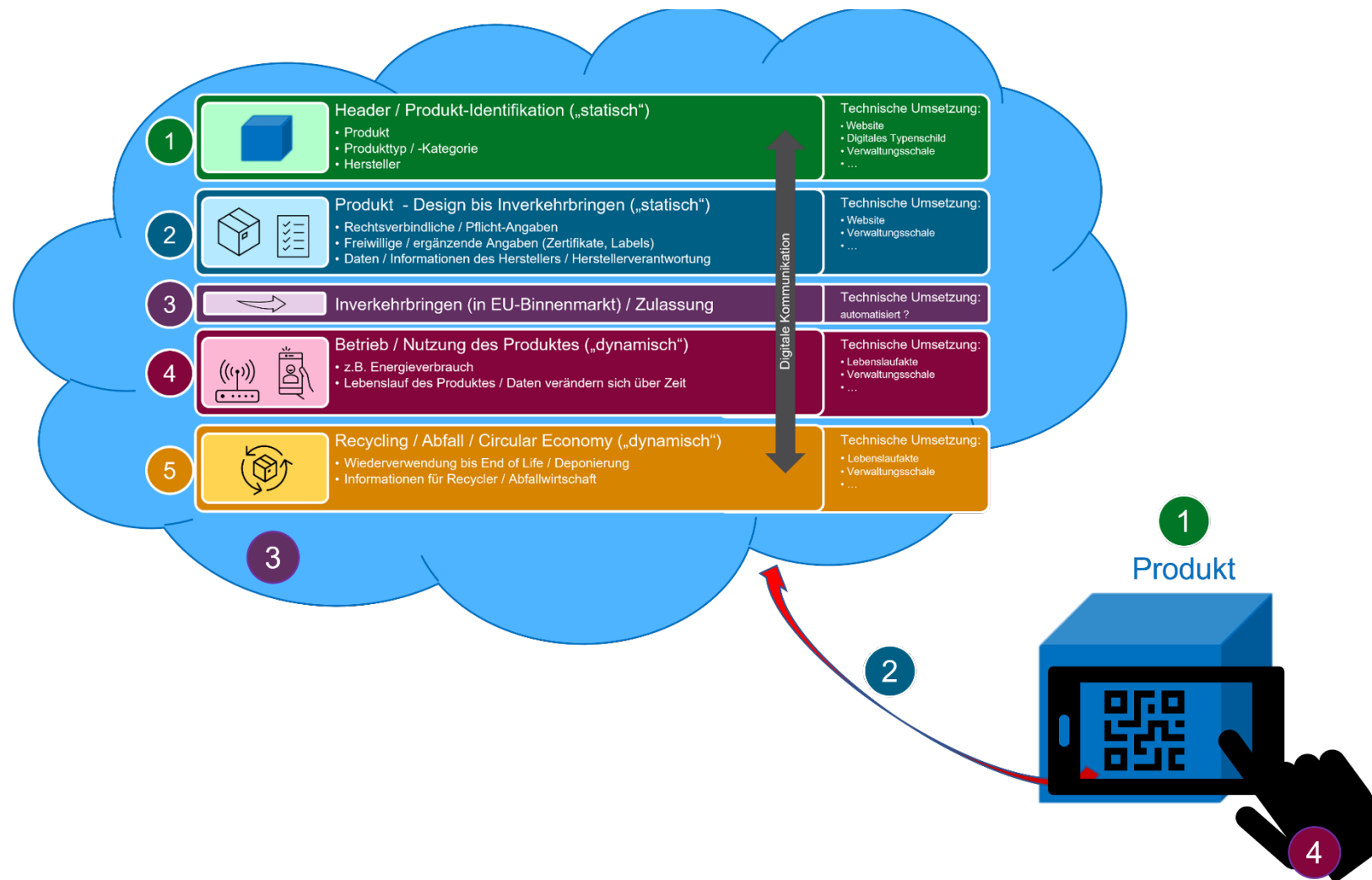
Dabei ist angedacht, dass jedes Produkt zukünftig eine VWS erhält, welche die entsprechenden produktbezogenen Umweltinformationen beinhaltet und diese entlang des Produktlebensweges mitgeführt. So könnte z. B. ein Entsorgungsunternehmen zukünftig genau in Erfahrung bringen, welche (gefährlichen) Stoffe (in welchen Teilen des Produkts) enthalten sind, um dieses Produkt am Ende einer Nutzungsphase somit optimal aufbereiten, recyceln oder entsorgen zu können, immer mit dem Ziel, möglichst viele Produkte bzw. deren Teile wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückzuführen. Die technische Umsetzung ist in Abbildung 12 und Abbildung 13 illustriert.

Abbildung 12: Struktur und technische Umsetzung des Umweltdatensets Produkt



Quelle: D. Meurer, Umweltbundesamt

Abbildung 13: Anforderungen an die technische Umsetzung des Umweltdatensets Produkt



Im Folgenden werden die Umweltdatenpunkte zu zwei beispielhaft ausgefüllten Umweltdaten-sets näher erläutert. Einige der identifizierten Umweltdatenpunkte im Umweltdaten-set Produkt beziehen sich nur auf Stoffe bzw. Gemische, wohingegen sich andere Umweltdatenpunkte auf das Erzeugnis oder ähnliche Bezugspunkte, wie u. a. energieverbrauchsrelevante Produkte, beziehen. Aus diesem Grund erfolgte die beispielhafte, praktische Umsetzung des im Rahmen dieses Vorhabens entwickelten Umweltdaten-sets anhand eines Stoffs sowie eines Erzeugnisses (siehe Anhänge A.3 und A.4). Bei dem Anwendungsbeispiel zum Stoff handelt es sich um ein fiktives Beispiel, während das Anwendungsbeispiel zum Erzeugnis ein reales Fallbeispiel darstellt und von einem Hersteller ausgefüllt wurde.

Das Umweltdatenset zum Produkt wurde von insgesamt vier Unternehmen in der Praxis getestet, wobei für die Testungen Stoffe, Erzeugnisse, Abfälle und Verpackungen herangezogen wurden. Abfälle und Stoffe wurden jedoch von den teilnehmenden Unternehmen aus verschiedenen Gründen nicht näher betrachtet, in den Interviews zu den Tests aber mitdiskutiert (siehe Kapitel 7.5).

Mit Hilfe der Ausarbeitung dieser beiden Praxisbeispiele und beispielhaften Anwendungen des Umweltdatensets bzw. der Umweltdatenpunkte, welche nachfolgend detailliert beschrieben werden, soll eine bessere Nachvollziehbarkeit hinsichtlich Aufbau und Anwendung des Umweltdatensets gewährleistet werden. Die Bezeichnungen in Klammern, die hinter jedem nachfolgend aufgeführten Umweltdatenpunkt angegeben werden, stellen die Nummerierung bzw. eindeutige Kennzeichnung des jeweiligen Umweltdatenpunkts dar, welche sich auch in den Umweltdatensets sowie den Factsheets wiederfindet.

Ziel der beispielhaften Anwendung des Umweltdatensets zum Produkt sowie der realen Testungen bei mehreren Herstellern war es, Probleme bei der praktischen Umsetzung des Umweltdatensets zu erkennen und möglichst zu beheben.

7.3.2.1 Beschreibung der Umweltdatenpunkte basierend auf rechtlichen Grundlagen

7.3.2.1.1 Praxisbeispiel 2 – Praktische Umsetzung am Beispiel eines Stoffs

Zur praktischen Erprobung der Umweltdatenpunkte mit dem Bezugspunkt Stoff bzw. Gemisch wurde das Umweltdatenset beispielhaft für den Stoff „Cadmium“ ausgefüllt (siehe Anhang A.3). Dabei wurden nur jene Umweltdatenpunkte betrachtet, die sich konkret auf den Bezugspunkt Stoff oder Gemisch beziehen.

Umweltdatenpunkte gemäß REACH-Verordnung

► Registrierung des Stoffs (REACH-1)

Cadmium wurde in das Umweltdatenset beispielhaft als ein Stoff aufgenommen, der gemäß der REACH-Verordnung registriert ist. Als Wert wurde die Registrierungsnummer 01-2119489023-40-xxxx aufgenommen. Als relevante Kontextinformationen könnten bspw. die EC/List-Nummer und die CAS-Nr. von Cadmium aufgenommen werden. Ebenso könnte es sinnvoll sein, einen Link zur "Substance Information Card" auf der Webseite der ECHA einzufügen, da hier weitere wichtige Informationen, z. B. zur Gefahrenkennzeichnung oder Nutzung des Stoffs zur Verfügung, stehen.

► Gefährlichkeit des Stoffs (gefährlicher Stoff - ja oder nein) (REACH-2)

Cadmium und seine Verbindungen besitzen gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung) u. a. karzinogene und reproduktionstoxische Eigenschaften (siehe Anhang VI Tabelle 3 der CLP-Verordnung). Ähnliche Kontextinformationen wie beim Umweltdatenpunkt zur Registrierung (REACH-1) könnten hier relevant sein.

► Verfügbarkeit eines Sicherheitsdatenblattes (Sicherheitsdatenblatt vorhanden - ja oder nein) (REACH-3)

Gemäß Artikel 31 der REACH-Verordnung muss der Lieferant eines Stoffs oder eines Gemischs dem Abnehmer des Stoffs oder des Gemischs ein Sicherheitsdatenblatt nach Anhang II zur Verfügung stellen. Das Sicherheitsdatenblatt muss z. B. dann erstellt werden, wenn der Stoff oder das Gemisch die Kriterien für die Einstufung als gefährlich gemäß der CLP-Verordnung erfüllt. Das Sicherheitsdatenblatt stellt für gefährliche Stoffe und Gemische das zentrale

Element zur Kommunikation entlang der Lieferkette dar. Folglich sollte das Umweltdatenset die Möglichkeit bereitstellen, das Sicherheitsdatenblatt für den jeweiligen Stoff oder das Gemisch zu verlinken. Für Cadmium wurde beispielhaft ein Link zu einem bestehenden Sicherheitsdatenblatt in den Kontextinformationen ergänzt.

- Handelt es sich bei dem Stoff um einen zulassungspflichtigen Stoff nach Anhang XIV der REACH-Verordnung? (REACH-4)

Gewisse Stoffe unterliegen gemäß REACH-Verordnung einer Zulassungspflicht. Die Kriterien dafür, wann ein Stoff zulassungspflichtig ist, sind in Artikel 57 der REACH-Verordnung aufgeführt. Die Liste der zulassungspflichtigen Stoffe ist in Anhang XIV der REACH-Verordnung zu finden. Cadmium ist (Stand 31.01.2023) nicht auf dieser Liste enthalten, weshalb in der Werte-Spalte ein "nein" eingetragen wurde.

- Unterliegt der Stoff/das Gemisch Beschränkungen - ja oder nein (REACH-5)

Anhang XVII der REACH-Verordnung beinhaltet Beschränkungen der Herstellung, des Inverkehrbringens und der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe, Gemische und Erzeugnisse. Eintrag 23 von Anhang XVII bezieht sich auf Cadmium und seine Verbindungen. Demnach dürfen bspw. aus Kunststoffen hergestellte Gemische und Erzeugnisse nicht in Verkehr gebracht werden, wenn ihr Cadmiumgehalt (Cd-Metall) 0,01 Gew.-% des Kunststoffs oder mehr beträgt. Diese Anforderungen stellen wichtige Informationen für weitere Akteure* Akteurinnen (z. B. nachgelagerte Verwender oder Verwerter (z. B. Recyclingunternehmen)) dar und sollten daher unbedingt im Umweltdatenset berücksichtigt werden. Da nicht die Gesamtheit aller Beschränkungen im Umweltdatenset abgebildet werden soll, ist es wichtig zu verdeutlichen, dass für den jeweiligen Stoff bzw. das Gemisch Beschränkungen gemäß Anhang XVII der REACH-Verordnung bestehen. In den Kontextinformationen könnte dann bspw. eine Verlinkung zu Anhang XVII eingefügt werden.

- Menge der zu registrierenden Stoffe, die in der EU hergestellt oder dorthin importiert werden (REACH-6)

Es wurde hier der fiktive Wert von 1,5 Tonnen angegeben. Dieser Wert ist wichtig, da die Datenanforderungen im Registrierungsossier von der Stoffmenge abhängen. Beispielhaft für die Menge 1,5 Tonnen wurde in einer extra Tabelle („Menge der zu registrierenden Stoffe, die in der EU hergestellt oder dorthin importiert werden“) in Anhang A.3 dargelegt, welche Informationen bei dieser Menge im Registrierungsossier über den Stoff vorliegen müssten. Die jeweiligen Informationen wurden basierend auf den Informationen zu Cadmium ergänzt, welche auf der ECHA-Website verfügbar sind.

Umweltdatenpunkte gemäß CLP-Verordnung

- Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs (CLP-1)

Die Gefahrenklassen wurden basierend auf den in Anhang VI der CLP-Verordnung angegebenen Gefahrenklassen für "Cadmium (pyrophoric)" ergänzt (Index-Nr.: 048-011-00-X). Die Aspekte Gefahrenkategorie und Gefahrenhinweis wurden innerhalb des Umweltdatensets zusammengefasst, da sie in Anhang VI der CLP-Verordnung ebenfalls zusammengefasst sind.

- Gefahrenhinweis (H-Sätze) (CLP-2)

Die H-Sätze wurden basierend auf den in Anhang VI der CLP-Verordnung angegebenen Gefahrenklassen für "Cadmium (pyrophoric)" ergänzt (Index-Nr.: 048-011-00-X).

► Ergänzende Gefahrenhinweise (EUH-Sätze) (CLP-3)

Da für Cadmium selbst keine ergänzenden Gefahrenhinweise identifiziert werden konnten, wurde beispielhaft ein ergänzendes Kennzeichnungselement für bestimmte Gemische eingefügt. Hierbei handelt es sich um die Kodierung "EU207". Diese Kodierung bedeutet: *"Achtung! Enthält Cadmium. Bei der Verwendung entstehen gefährliche Dämpfe. Hinweise des Herstellers beachten. Sicherheitsanweisungen einhalten."*

► Sicherheitshinweise Prävention, Reaktion, Lagerung und Entsorgung (P200-Sätze) (CLP-4, gilt in ähnlicher Weise so auch für CLP-5, CLP-6, CLP-7)

Welche P-Sätze für die Prävention, Reaktion, Lagerung und Entsorgung den jeweiligen Stoffen zugeordnet werden, hängt von der jeweiligen Einstufung der Stoffe hinsichtlich der Gefahrenkategorie- und -klasse ab. In Anhang IV der CLP-Verordnung ist die Liste der Sicherheitshinweise zu finden. Cadmium ("Cadmium (pyrophoric)") ist als karzinogen (Carc. 1B) eingestuft und somit gelten gemäß Tabelle 6.2 u. a. folgende P-Sätze als "Sicherheitshinweise - Prävention": i) P201 (Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen) sowie ii) P202 (Vor Gebrauch sämtliche Sicherheitsratschläge lesen und verstehen.). Zusätzlich ist Cadmium als entzündbarer Feststoff eingestuft (Pyr. Sol. 1) und somit ist der präventive Sicherheitshinweis P240 zu beachten: "Behälter und befüllende Anlage erden". Eine beispielhafte Auswahl der Sicherheitshinweise - Prävention wurde in diesem Umweltdatenset aufgeführt. Die Sicherheitshinweise zur Reaktion, Lagerung und Entsorgung könnten in dem Umweltdatenset analog zu dem hier beschriebenen Beispiel erfolgen.

7.3.2.1.2 Praxisbeispiel 3 – Praktische Umsetzung am Beispiel eines Erzeugnisses

Um die Praxistauglichkeit des Umweltdatensets und der Umweltdatenpunkte mit dem Bezugspunkt Erzeugnis (bzw. Produkt) zu überprüfen, wurde das Umweltdatenset mit Vertretenden eines Unternehmens beispielhaft für einen Servoumrichter⁶³ ausgefüllt (siehe Anhang A.4). Dadurch konnten nicht nur jene Umweltdatenpunkte integriert werden, die sich konkret auf das Produkt oder Erzeugnis beziehen, sondern auch jene die sich auf Elektro- und Elektronikgeräte oder energieverbrauchsrelevante Produkte beziehen. Die relevanten Umweltdatenpunkte werden nachfolgend beschrieben.

Umweltdatenpunkte gemäß REACH-Verordnung

► Vorkommen von SVHC im Erzeugnis (Konzentration von min. 0,1 % (w/w)) (REACH-7)

Gemäß Artikel 33 der REACH-Verordnung sind Lieferanten zur Weitergabe von Informationen über Stoffe in Erzeugnissen verpflichtet: „Jeder Lieferant eines Erzeugnisses, das einen die Kriterien des Artikels 57 erfüllenden und gemäß Artikel 59 Absatz 1 ermittelten Stoff in einer Konzentration von mehr als 0,1 Massenprozent (w/w) enthält, stellt dem Abnehmer des Erzeugnisses die ihm vorliegenden, für eine sichere Verwendung des Erzeugnisses ausreichenden Informationen zur Verfügung, gibt aber mindestens den Namen des betreffenden Stoffs an.“ Als SVHC-Stoffe wurden in das Umweltdatenset "Diboron trioxide", „Lead monoxide“, „Bisphenol A“, „Lead“, „Silicic acid, lead salt“ und „2-methylimidazole“ aufgenommen. Diese Stoffe sind in dem betrachteten Servoumrichter in einer Konzentration von mehr als 0,1 Massenprozent (w/w) vorhanden. Somit muss der Lieferant die Namen dieser Stoffe in das Umweltdatenset seines Erzeugnisses aufnehmen. Als relevante Kontextinformationen könnten zusätzlich der genaue Konzentrationsbereich bzw. Konzentrationsbereiche der Stoffe, die genaue Bezugsgröße (die Bestandteile des Servoumrichters, welche SVHC-Stoffe enthalten), Informationen zur sicheren Verwendung und eine Verlinkung zum jeweiligen

⁶³ elektronisches Gerät, das zur Regelung der Geschwindigkeit und des Drehmoments eines elektrischen Motors verwendet wird

Eintrag des Erzeugnisses in der SCIP-Datenbank aufgenommen werden. Bei diesen Informationen sollte es sich um freiwillige Angaben handeln. Bei dem betrachteten Erzeugnis besteht aktuell noch kein Eintrag in der SCIP-Datenbank.

Umweltdatenpunkte gemäß Chemikaliengesetz (ChemG)

- Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidatenliste in einer Konzentration über 0,1 % w/w) (SCIP-1)

Seit dem 05.01.2021 müssen die Informationen gemäß Artikel 33 der REACH-Verordnung (siehe Umweltdatenpunkte REACH-7 und REACH-8) der ECHA zur Verfügung gestellt werden. Bei der SCIP-Datenbank stehen für die Angabe der Konzentrationen von SVHC-Stoffen in Erzeugnissen vordefinierte Konzentrationsbereiche zur Verfügung. Analog zu REACH-7 wurde das Umweltdatenset für die Stoffe "Diboron trioxide", „Lead monoxide“, „Bisphenol A“, „Lead“, „Silicic acid, lead salt“ und „2-methylimidazole“ ausgefüllt. Es wurden keine Wertebereiche in den Kontextinformationen ausgewählt, da dies auch nicht verpflichtend anzugeben ist. Als relevante Kontextinformationen könnten zusätzlich der genaue Konzentrationsbereich der Stoffe, die genaue Bezugsgröße (die Bestandteile des Servoumrichters, welche SVHC-Stoffe enthalten), Informationen zur sicheren Verwendung und eine Verlinkung zum jeweiligen Eintrag des Erzeugnisses in der SCIP-Datenbank aufgenommen werden. Bei dem betrachteten Erzeugnis besteht aktuell noch kein Eintrag in der SCIP-Datenbank.

Umweltdatenpunkte gemäß Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)

- Kennzeichnungspflicht (durchgestrichene Abfalltonne) (ElektroG-1)

Dieser Umweltdatenpunkt verweist darauf, dass Elektro- und Elektronikgeräte mit einer „durchgestrichenen Abfalltonne“ gekennzeichnet sein müssen. Er geht somit mit keiner konkreten Datenerhebung oder Berichtspflicht einher. Der Datenpunkt könnte Herstellern bzw. Importeuren dabei helfen, einen Überblick über die jeweils zu berücksichtigenden Regularien für das Inverkehrbringen von Erzeugnissen zu erhalten. Er wurde von dem testenden Unternehmen mit „ja“ beantwortet.

Umweltdatenpunkte gemäß Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG)

- Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach EVPG (EVPG-1)

Die CE-Kennzeichnung wird als Nachweis der Erfüllung der Ökodesign-Anforderungen verwendet. Dieser Umweltdatenpunkt geht somit mit keiner konkreten Datenerhebung oder Berichtspflicht einher, sondern muss angebracht werden, um Waren auf dem europäischen Markt in Verkehr zu bringen. Durch die Aufnahme dieses Umweltdatenpunkts können Hersteller bzw. Importeure dabei einen Überblick über die jeweils zu berücksichtigenden Regularien für das Inverkehrbringen von Erzeugnissen erhalten. Als Kontextinformation könnte die Konformitätserklärung verlinkt werden, da für die Erstellung der Konformitätserklärung umweltrelevante Daten erhoben werden müssen. Dieser Umweltdatenpunkt wurde ebenfalls vom testenden Unternehmen mit einem „ja“ beantwortet. Eine Verlinkung zur Konformitätserklärung wäre möglich.

Umweltdatenpunkte gemäß Elektrostoff-Verordnung (ElektroStoffV)

- Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach ElektroStoffV (ElektroStoffV-1)

Die für die RoHS-Richtlinie bzw. die ElektroStoff-Verordnung ausgewählten Umweltdatenpunkte weisen einen unterschiedlichen Bezugspunkt auf. Die CE-Kennzeichnung bestätigt die Konformität mit den Anforderungen der Verordnung für das gesamte Erzeugnis,

wohingegen die zulässigen Höchstkonzentrationen der Stoffe je homogenen Werkstoff gelten. Für den Servoumrichter muss somit nur die CE-Kennzeichnung angebracht werden. Auch hier könnte auf die Konformitätserklärung in den Kontextinformationen verlinkt werden, um weitergehende Informationen zur Verfügung zu stellen.

7.3.2.2 Beschreibung der Umweltdatenpunkte basierend auf freiwilligen Verpflichtungen

Nachfolgend sind die Umweltdatenpunkte, die sich aus freiwilligen Verpflichtungen zu Umweltdatenberichterstattungen ergeben können, dargestellt. Diese können ergänzend zu den rechtsverbindlichen Angaben im Umweltdatenset zum Produkt eingetragen und dementsprechend mitgeführt werden. Die nachfolgend beschriebenen Umweltdatenpunkte wurden im Rahmen der Testungen von den Unternehmen nicht näher betrachtet und werden hier nur beispielhaft aufgeführt.

Umweltdatenpunkte gemäß Zertifizierungen (z. B. Blauer Engel)

► Zertifizierung mit Umweltbezug (z. B. Blauer Engel) (Zertifizierung-1)

Freiwillige Verpflichtungen in Form von Zertifizierungen bieten Herstellern die Möglichkeit, bestimmte Nachhaltigkeitsaspekte eines Produkts hervorzuheben. Daher wird die Angabe von umweltbezogenen Zertifizierungen des Produkts als Mehrwert für das Produkt und somit auch den Hersteller gesehen. Neben dem Namen der Zertifizierung sollten Angaben zum Zertifikat (Zertifikatsnummer, Zeitpunkt der Ausstellung und Gültigkeit des Zertifikats) sowie zum Zertifizierungsprozess (z. B. Name des Zertifizierers, externe Prüfstellen, ausstellende Stelle) gemacht werden. In den Kontextinformationen kann das aktuelle Zertifikat verlinkt werden.

Umweltdatenpunkte gemäß Umwelt-Deklarationen (EPDs)

► Umwelt-Deklaration mit Produktbezug (EPDs) (Produktdeklaration-1)

Umwelt-Deklarationen sollen glaubwürdige und vergleichbare Informationen über die Umweltleistung von Produkten bereitstellen und dabei den Lebenszyklus eines Produkts vollständig erfassen. Sofern für das Produkt, für welches das Umweltdatenset ausgefüllt wird, eine EPD erstellt wurde, kann die Bezeichnung der EPD in das Umweltdatenset übernommen werden. Des Weiteren kann der Name der gewählten Norm zur Erhebung der Daten, der Name der externen Prüfstelle sowie der Zeitraum der Ausstellung angegeben werden. In den Kontextinformationen kann die jeweilige EPD verlinkt werden und Informationen zu den Produktkategorieregeln, der gewählten funktionalen Einheit und der geografischen Abdeckung der EPD eingepflegt werden.

Umweltdatenpunkte auf Basis des Product Carbon Footprint (PCF)

► Treibhausgasemissionen auf Basis des PCF (PCF-1)

Sofern für ein Produkt ein PCF erstellt wurde, können die Treibhausgasemissionen gemäß PCF in dem Umweltdatenset angegeben werden. PCFs enthalten Informationen über die Menge der Treibhausgasemissionen in Tonnen CO₂-Äq entlang des Lebenszyklus eines Produkts. Die Interpretation des PCF als „einzelne Zahl“ ist aufgrund methodischer Freiheiten bei der Wahl der verwendeten Methode bzw. Standard zur Berechnung (z. B. PAS 2050, Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, ISO 14067) mit Unsicherheiten verbunden. Eine hohe Relevanz haben deshalb die Kontextinformationen, welche weitere Informationen zur verwendeten Methode bzw. dem Standard zur Berechnung des PCF bereitstellen können. Diese sollten ebenfalls im Umweltdatenset enthalten sein.

7.4 Workshops zur Diskussion der Umweltdatensets

Die Praktikabilität und Anwenderfreundlichkeit der im Rahmen dieses Vorhabens entwickelten Umweltdatensets sind im Hinblick auf eine zukünftige flächendeckende Implementierung bzw. Umsetzung als Industrie 4.0-Sub-Modell-Umwelt von hoher Relevanz, sei es für die Unternehmen, Behörden oder weitere Akteure*Akteurinnen. Um die bestmögliche Praxisnähe und möglichst große Akzeptanz der erarbeiteten Umweltdatensets zu gewährleisten, ist eine Prüfung der erarbeiteten Umweltdatensets mit Experten*Expertinnen aus der Industrie und dem Industrie 4.0-Umfeld essenziell.

Nach der Erarbeitung von zwei Umweltdatensets, eines mit Bezugspunkt Anlage, ein zweites mit Bezugspunkt Produkt, wurden diese jeweils in einem Workshop mit einer Gruppe von Experten*Expertinnen aus der Industrie bzw. mit Unternehmens- und Industrie 4.0-Bezug vorgestellt. Hierbei wurden die Umweltdatensets an sich, deren Eignung als Sub-Modell-Umwelt einer VWS zum Produkt bzw. zur Anlage, deren Praktikabilität sowie die Anwenderfreundlichkeit diskutiert.

Dabei wurden auch grundlegende Probleme bzw. Hindernisse im Umweltdaten- und Informationsmanagement bzgl. des Einsatzes von Umweltdatensets angesprochen und Lösungsansätze diskutiert.

7.4.1 Inhalte des Workshops Anlage

An dem Workshop „Nutzung von Umweltdaten in einem Industrie 4.0-Umfeld – Bezugspunkt: Anlage“ nahmen neben dem Projektteam 12 Experten*Expertinnen aus der Industrie (u. a. Anlagenbetreiber), der Forschung und dem Industrie 4.0-Umfeld teil. Dabei wurde das Umweltdatenset mitsamt Beispielen vorgestellt und anschließend der Nutzen und die Praktikabilität des Umweltdatensets diskutiert.

Es wurde festgehalten, dass das Umweltdatenset sinnvoll erscheint, sofern es der Vereinfachung der zahlreichen Berichtspflichten dienen kann. Es zum Vergleich verschiedener Anlagen, welche das gleiche Produkt produzieren, heranzuziehen oder damit eine bestimmte Anlage zu bewerten, wurde dagegen als eher schwierig eingestuft, da die Anlagen alle sehr stark individualisiert sind. Als weitere Vorteile des Umweltdatensets zur Anlage wurde die übersichtliche Darstellung der relevanten rechtlichen Grundlagen, das Sammeln der Umweltdaten verschiedener Themenbereiche an einem Ort (Luft, Abwasser, Abfall etc.) sowie die Nutzung des Umweltdatensets bzw. Inhalten daraus zu Marketingzwecken gesehen.

Aufbau und Funktionsweise des Umweltdatensets wurde ausführlich diskutiert, wobei konkrete Änderungsvorschläge zu einzelnen Datenpunkten und der Struktur des Umweltdatensets geäußert wurden, welche anschließend geprüft und in das Umweltdatenset eingearbeitet wurden.

Bezüglich der Praktikabilität wurden u. a. das Einrichten von Zugriffsrechten und die Vermeidung doppelter Dateneintragen für eine hohe Akzeptanz als wesentlich gesehen. In diesem Zusammenhang wurde das Online-Tool BUBE des Bundes und der Länder genannt, in das mehrere Berichtspflichten zur Emissionsberichterstattung fließen, wodurch bereits eine Arbeitserleichterung für die Berichtspflichtigen erfolgt. Des Weiteren wurde deutlich gemacht, dass durch das Umweltdatenset zur Anlage kein zusätzlicher Aufwand bzw. keine neue Berichtspflicht für die Berichtspflichtigen entstehen sollte.

Es wurde im Workshop klargestellt, dass das Umweltdatenset dem Anlagenbetreiber zukünftig als standardisierter Quelldatensatz dienen soll, wobei dieser im besten Fall damit seine verschiedenen Berichtspflichten digital und möglichst automatisiert erledigen kann. Dazu müssen die Umweltdatensets weiter ausgearbeitet und Datenformate harmonisiert werden. Ziel sollte

sein, die Datenerhebungs- und Übermittlungsprozesse weitestgehend zu automatisieren und keine Daten mehr händisch zu übertragen.

Es wurde diskutiert, ob eine Möglichkeit besteht, das Umweltdatenset zu standardisieren. Dies wäre von großem Nutzen für die Unternehmen, welche auf dieser Grundlage dann ihre betriebsinternen sowie wertschöpfenden Prozesse optimieren könnten. Des Weiteren könnten Datenaustauschformate standardisiert werden, z. B. zwischen den berichtspflichtigen Unternehmen und zuständigen Behörden. Gemeinsame Standards wurden als wesentlich angesehen, um weiter zusammen voranzukommen und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft zu erhalten.

7.4.2 Inhalte des Workshops Produkt

An dem Workshop „*Nutzung von Umweltdaten in einem Industrie 4.0-Umfeld – Bezugspunkt: Produkt*“ nahmen neben dem Projektteam 16 Experten*Expertinnen aus der Industrie, der Forschung und dem Industrie 4.0-Umfeld teil. Dabei wurde das Umweltdatenset mitsamt Beispielen vorgestellt und anschließend der Nutzen und die Praktikabilität des Umweltdatensets diskutiert.

Auch in diesem Workshop wurde das Umweltdatenset grundsätzlich als sinnvoll eingestuft, sofern es der Vereinfachung der zahlreichen Berichtspflichten dienen kann. Es wurde von Seiten des Projektteams betont, dass die Berichterstattung zukünftig über das digitale Umweltdatenset automatisiert erfolgen und das Umweltdatenset dabei als Quelldatenset dienen soll. Daten werden dann möglichst automatisiert so eingegeben, dass sie in andere Formate übertragen werden können. Die Wichtigkeit der Automatisierung wurde von Seiten der Industrie mehrfach hervorgehoben, da es gerade bei Unternehmen, die viele verschiedene Produkte herstellen, eine händische Eingabe mit einem nicht zu rechtfertigenden Aufwand einherginge. Die Erklärung, dass das Umweltdatenset als „single point of truth“ gelten soll, wurde aus der Praxis unterstützt. Betont wurde, dass eine Win-Win-Situation angestrebt und bei der IT-Umsetzung und der Weiterentwicklung des Umweltdatensets auch mitgedacht werden sollte, wie dieses einen Mehrwert für die Unternehmen bieten kann (z. B. bei der Produktentwicklung). Hierfür wäre es u. a. erforderlich, dass einige Felder noch weiter spezifiziert werden.

Aufbau und Funktionsweise des Umweltdatensets wurde ausführlich diskutiert, wobei konkrete Änderungsvorschläge zu einzelnen Datenpunkten und der Struktur des Umweltdatensets geäußert wurden, welche anschließend geprüft und in das Umweltdatenset eingearbeitet wurden. Des Weiteren wurden Inhalte zur praktischen Umsetzung diskutiert und auch in diesem Workshop wurde deutlich, dass das Einrichten von Zugriffsrechten und die Vermeidung doppelter Dateneintragen für eine hohe Akzeptanz auf Seiten der Industrie als wesentlich gelten.

Es wurde hervorgehoben, dass die regelmäßige Aktualisierung des Umweltdatensets gewährleistet werden muss und bei Inkrafttreten bspw. einer neuen EU-Verordnung das entsprechende Informationsmodell hierzu bereits zur Verfügung stehen sollte, damit eine automatisierte Aktualisierung der betriebsinternen Systeme erfolgen kann. In seiner derzeitigen Form bietet das Umweltdatenset Verlinkungen zu geltenden gesetzlichen und sonstigen Regelwerken, welche jedoch meist im PDF-Format vorliegen. Die digitale, standardisierte Aufbereitung von solchen Dokumenten muss im Hinblick auf deren praktische Anwendung noch weiterentwickelt werden. Hier gab es von Seiten der Industrie 4.0-Experte den Hinweis, dass Rechtstexte im Grunde als eine Spezifikation gesehen werden können, zu denen unmittelbar das entsprechende IT-Abbild (submodel template) erstellt werden kann.

Gegenstand der Diskussion war auch die Weitergabe von Informationen innerhalb der Lieferkette und bezüglich einer Circular Economy. Diese Herausforderungen sind im aktuellen Umweltdatenset noch nicht bzw. nur ansatzweise abgebildet, für die Hersteller von Produkten aber von hoher Relevanz. Es wurde zudem der Wunsch geäußert, dass es nicht nur in der EU und

Deutschland möglich sein sollte, das Umweltdatenset auszufüllen, d.h. Daten, Werte, etc. in die Eingabefelder einzutragen, sondern auch für Unternehmen weltweit, sodass auch Lieferanten, die Teil internationaler Lieferketten sind, umweltrelevante Produktinformationen entsprechend eintragen können.

Das Umweltdatenset zum Produkt wurde insgesamt als eine gute Orientierung für Unternehmen und die Politik gesehen. Wünschenswert wäre ein Informationsmodell bzw. eine Semantik in EC-LASS, in Common Data Dictionary (CDD) oder in beiden, da hiermit eine einfachere Pflege und Datenbereitstellung einhergehen würde. Zudem wäre es darüber möglich, bei entsprechend verfügbaren Standards, Umweltdaten automatisiert zu aggregieren.

7.5 Testung der Umweltdatensets Produkt und Anlage hinsichtlich der Anwendbarkeit in der Praxis

Nach eingehender Diskussion der beiden Umweltdatensets im Rahmen der durchgeführten, halbtägigen Workshops wurde das Umweltdatenset zur Anlage darüber hinaus von einem Anlagenbetreiber aus der Chemiebranche getestet und das Umweltdatenset zum Produkt von vier Produktherstellern aus verschiedenen Branchen beispielhaft geprüft.

Die Prüfung des Umweltdatensets Produkt diente auch der Erprobung der Anwendung auf verschiedene Produktkategorien, da dies Voraussetzung eines digitalen Produkt-Passes als zentraler „Enabler“ einer weltweiten zirkulären Wirtschaft ist. Derzeit laufen hierzu auf politischer Ebene diverse Initiativen – bspw. im Rahmen der Umsetzung des Europäischen Grünen Deals und der deutschen G7-Präsidentschaft – die mit konkreten und langfristigen Weichenstellungen auf europäischer und internationaler Ebene verbunden sind. Konkret wurde das Umweltdatenset Produkt allgemein für Stoffe, für einzelne Produkte sowie eine Verpackung auf seine Praktikabilität getestet. Die Anwendung auf Abfälle wurde in den begleitenden Interviews mit den Produktherstellern ebenfalls diskutiert. In Tabelle 16 sind die getesteten Produkte und Produktkategorien aufgeführt.

Tabelle 16: Für den Test des Umweltdatensets Produkt herangezogene Produkte

Produkt	Produktkategorie
Steckverbinder	Erzeugnis
Durchgangsklemme	Erzeugnis
Servoumrichter	Erzeugnis
Elektromotor	Erzeugnis
Karton	Verpackung

Die Ergebnisse der Tests und Interviews zu beiden Umweltdatensets sind in die finale Ausarbeitung der Umweltdatensets eingeflossen. Dabei konnte festgestellt werden, dass ein großer Teil der relevanten Informationen des Umweltdatensets bei den befragten Unternehmen bereits digital gepflegt wird und bei entsprechender datentechnischer Kompatibilität diese Informationen in das Umweltdatenset überführt werden können. Die Vertreter*innen aus der Praxis haben zudem mehrfach darauf hingewiesen, dass ein Fokus daraufgelegt werden muss, die Prozesse so weit wie möglich zu automatisieren und zu vereinfachen. Es ist hier von hoher Relevanz, dass die Datenerhebung einfach und mit geringem Aufwand erfolgen kann. Des Weiteren besteht in Bezug auf das Produkt von Seiten der Industrie weniger Interesse daran, alle an Behörden zu übermittelnden Daten in ein derartiges Umweltdatenset einzutragen, als vielmehr relevante

Informationen in der Lieferkette weiterzugeben, auch wenn diese im eigentlichen Sinne nicht immer berichtspflichtig sind.

Folgende grundlegende Herausforderungen und zu berücksichtigende übergeordnete Aspekte für ein zielführendes Umweltdatenset wurden dabei identifiziert (dies spiegelt sich auch in den Inhalten der Expertenworkshops wider):

► Harmonisierte Regelungen innerhalb der EU

Eine identifizierte Herausforderung bei dem Umweltdatenset Anlage sind die weder auf EU- noch auf nationaler Ebene einheitlich definierten Begriffe wie Betriebseinrichtung, Anlage, Standort und Arbeitsstätte. Hier besteht auf Seiten der Industrie der Wunsch, dass in der Gesetzgebung auf einheitliche und präzise Definitionen hingearbeitet wird.

Des Weiteren besteht eine Herausforderung bezüglich der unterschiedlichen nationalen Umsetzungen von EU-Richtlinien. EU-Verordnungen gelten direkt für alle MS, während EU-Richtlinien in nationales Recht umgesetzt werden müssen. Dies kann zu unterschiedlichen gesetzlichen Anforderungen oder Auslegungen führen, was besonders beim Produkt aufgrund der oft grenzüberschreitenden Lieferkette zu Unklarheiten führen kann. Ein Beispiel hierfür ist die WEEE-Richtlinie. Diese bietet einen EU-weiten rechtlichen Rahmen für den Umgang mit Elektro- bzw. Elektronikaltgeräten und enthält in Anhang I von der Richtlinie erfasste Gerätekategorien. Die nationalen Regelwerke zur Umsetzung dieser Richtlinie unterscheiden sich jedoch in ihren Inhalten und verwenden teils auch unterschiedliche Benennungen oder Einteilungen der Gerätekategorien. Deshalb sollten im Umweltdatenset möglichst keine nationalen Gerätekategorien abgebildet werden, da dies bei länderübergreifenden Lieferketten ansonsten zu Verwirrungen aufgrund unterschiedlicher Benennungen gleicher Produktkategorien führen kann.

Im Falle der WEEE-Richtlinie ist geplant, diese im Zuge der anstehenden Überarbeitung in eine Verordnung zu überführen. Wenn dies so umgesetzt wird, könnte die Gerätekategorie zukünftig in die Kontextinformationen mit aufgenommen werden.

► Anforderungen an die Implementierung der Umweltdatensets

Für die befragten Unternehmen ist es von hoher Relevanz, dass eine Hinterlegung der in den Umweltdatensets gefragten Daten in den unternehmenseigenen Systemen möglich ist und somit eine Verknüpfung stattfinden kann. Dabei steht weniger die Usability einer neuen Datenbank im Vordergrund, sondern vielmehr ein digitales Informationsmodell, welches mit den bestehenden betriebsinternen Systemen kompatibel ist.

Hierbei wurde auch hervorgehoben, dass bei der Bereitstellung von Informationen für das Umweltdatenset Doppelarbeiten unbedingt vermieden werden sollen. Ein wesentlicher Punkt ist, dass eine Infrastruktur für den automatischen Datenabruf zur Verfügung gestellt werden sollte, inklusive Schnittstellen zu bestehenden Datenbanken. Einige Umweltdaten werden bereits digitalisiert an (behördliche) Datenbanken berichtet oder aus solchen für die Berichtspflichten herangezogen (z. B. ECHA Candidate List Package oder BUBE). Ziel sollte es sein, Mehrfachberichterstattungen oder zusätzliche Datenlagerungen zu vermeiden und die Daten möglichst nur einmal an einer Stelle zu speichern und von dort aus in andere Systeme einzuspeisen. Ein dezentrales Umweltdatenset könnte im besten Fall zur Erleichterung der Berichtspflichten führen, in dem aus diesem die verschiedenen Systeme zur Berichterstattung gespeist werden können.

Als wesentlich wurde auch die Option gesehen, möglichst viele Drop-down-Menüs und Autofill-Angaben bei den Eingabefeldern zu ermöglichen. Ein Beispiel wäre hier der Datenpunkt REACH-5 (Unterliegt der Stoff/das Gemisch Beschränkungen). Diese Information könnte automatisch

befüllt werden, sobald ein Stoff angegeben wird, der in REACH Anhang XIV aufgeführt ist. Dabei müsste eine Verlinkung zur REACH-Verordnung und der ECHA-Datenbank hergestellt werden.

Eine weitere Vereinfachung bei der Handhabung des Umweltdatensets Produkt wird darin gesehen, eine Verlinkung zwischen dem Bezugspunkt im Asset und den in den weiteren Tabellenbereichen je Umweltdatenpunkt genannten, konkreten Bezugspunkten herzustellen. Wird im Asset bspw. angegeben, dass es sich bei dem Produkt um ein Erzeugnis handelt, sollten in den darunter folgenden Tabellenbereichen auch nur die Zeilen erscheinen, die sich auf ein Erzeugnis beziehen.

► Zu erfassendes Datenvolumen geringhalten

Ein relevanter Aspekt bei der Weiterentwicklung der Umweltdatensets ist die klare Definition, welche Daten zwingend enthalten sein müssen. Es sollte eine Unterscheidung zwischen den rechtlichen Anforderungen und zusätzlichen (optionalen) Informationen geben, um das Datenvolumen nicht unnötig aufzublähen. Hierbei ist darauf zu achten, dass es keine Dopplungen bei der Erfassung gibt (z. B. sollte der Name eines Stoffs nur ein einziges Mal angegeben werden und sich die nachfolgenden Felder automatisch darauf beziehen) und auch die optionalen Angaben auf das wesentliche beschränkt werden. Es sollte auch berücksichtigt werden, dass nicht notwendige Informationen neben unnötig großen Datenmengen auch zu einer Vielzahl an Nachfragen von Kunden beim Hersteller führen könnten. Aus diesem Grund sollten auch die Kontextinformationen auf das Notwendige beschränkt werden.

► Freiwillige Angaben

Es sollte auch die Möglichkeit geben, dass Unternehmen auf freiwilliger Basis Angaben zu rechtsverbindlichen Umweltdatenpunkten machen können, obwohl sie selbst hierzu rechtlich nicht verpflichtet sind. Diese zusätzlichen, freiwilligen Angaben müssen jedoch im Umweltdaten-set klar und eindeutig gekennzeichnet sein. Dies ist bspw. dann relevant, wenn Unternehmen Produkte herstellen, die an sich nicht unter bestimmte Richtlinien wie z. B. die RoHS-Richtlinie fallen, aber ein Zubehörteil für ein von dieser Richtlinie betroffenes Produkt darstellen. In solchen Fällen werden die Unternehmen oftmals von ihren Kunden bereits aufgefordert, relevante Informationen anzugeben, auch wenn sie dies basierend auf den rechtlichen Grundlagen nicht tun müssten.

► Aussagekraft der Daten

Im Rahmen der Diskussion wurde deutlich, dass die Berichtspflichten in den rechtlichen Grundlagen bzw. die Datenerhebungen dazu noch klarer gestaltet werden sollten, um die Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Daten noch zu erhöhen. Es bestehen zum Teil sehr unterschiedliche Anforderungen bzw. Vorgaben an die Berichterstattung und Datenerhebung. Dabei können sich z. B. die Erhebungszyklen der Daten, die Art der Datenerhebung (gemessen, ermittelt oder geschätzt; Einzelwerte oder Mittelwerte) sowie weitere Vorgaben hinsichtlich der Datenerhebung (z. B. vorgeschriebene technische Erhebungs- oder Berechnungsmethoden) unterscheiden.

► Zugriffsrechte

Es muss klar definiert sein, welche Daten von wem eingesehen werden können. Das Umweltdatenset wird von den Anlagenbetreibenden und den produzierenden Unternehmen befüllt. Einige dieser Daten müssen an die zuständigen Behörden berichtet und dann auch öffentlich zugänglich gemacht werden, wie z. B. die PRTR-Daten. Andere Daten, wie z. B. Mengen von gelagerten, gefährlichen Stoffen, müssen zwar an die zuständigen Behörden berichtet, aber nicht der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Andere Daten wiederum werden an die zuständigen Behörden berichtet und der Öffentlichkeit in aggregierter Form zugänglich gemacht. Des Weiteren gibt

es bei der Datenübermittlung an die Behörden auch noch eine Unterscheidung zwischen den zuständigen Länderbehörden und dem UBA. Es muss daher genau geregelt werden, welche Daten öffentlich zugänglich sein müssen und welche nur von bestimmten Stellen (z. B. der zuständigen Genehmigungsbehörde, dem UBA) eingesehen werden können. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit für die vielfältigen zu berichtenden Umweltdaten, jeweils spezifische Zugriffsrechte zu definieren.

► Aktualisierungen

Eine hohe Relevanz betrifft die Aktualisierung des Umweltdatensets auf Grundlage von Novellierungen bestehender Rechtsgrundlagen oder neuen rechtlichen Anforderungen. Aufgrund der IT-Verknüpfung mit dem Umweltdatenset auf Seiten der Unternehmen ist es hier von Relevanz, bereits frühzeitig über mögliche Anpassungen betroffener rechtlicher Grundlagen informiert zu werden. Dieser Punkt sollte bei der technischen Ausgestaltung des Umweltdatensets bzw. VWS-Sub-Modells-Umwelt bedacht werden. Zusätzlich muss festgelegt werden, wo die Verantwortung für die Aktualisierung des Datensystems liegt.

Weitere Empfehlungen einzelner Produkthersteller und Anlagenbetreiber sind in Tabelle 17 aufgelistet.

Tabelle 17: Weitere Empfehlungen zur Berücksichtigung bei der Ausarbeitung des Umweltdatensets Produkt

Thema	Empfehlung
Asset	Die Produkttypen könnten noch weiter spezifiziert werden, z. B. anhand der Angabe der Zolltarifnummer
Asset	Im Feld „Produktidentifikator“ sollte „bevorzugt nach IEC 61406-x“ ergänzt werden, um möglichst einheitliche Informationen zu erhalten.
Asset	Es gibt derzeit ein Projekt unter der Leitung von Herrn Thomas Hadlich für ein „Digital Nameplate as Submodell of the CDD“, bei dem kompatibel sowohl zu EClass als auch zum CDD der International Electrotechnical Commission (IEC CDD) die Daten für die VWS beschrieben werden. Dies könnte der kommende semantische internationale Standard für die Datenfelder im Asset zu Herstellern und Produkten werden und sollte dann möglichst 1:1 verwendet werden.
Asset	Anstelle des Produktherstellers würde es evtl. mehr Sinn machen, den Inverkehrbringer aufzuführen, da dieser die Verantwortung für die mit dem Produkt mitgeführten Informationen hat. In manchen Fällen kaufen Hersteller bestimmte Zusatzteile von Lieferanten und verkaufen diese dann unter ihrem Namen. In diesem Falle sollte nicht der Hersteller, sondern der Inverkehrbringer im Asset aufgeführt werden.
Allgemein	Das Umweltdatenset sollte so konzipiert werden, dass keine „nein“ Angaben manuell vom Hersteller eingetragen werden müssen.
Name eines Stoffs	Dieses Eingabefeld ist irrelevant, wenn es sich bei dem Produkt um einen Stoff handelt, da die Angabe im Asset erfolgt. Dies sollte bei der IT-Umsetzung berücksichtigt werden.
Umweltdatenpunkt REACH-2: Gefährlichkeit des Stoffs	Bei der Angabe von gefährlichen Stoffen könnte auf das von der ECHA zur Verfügung gestellte Candidate List Package zurückgegriffen werden. Dies müsste entsprechend verlinkt werden. Da eine Zuordnung eines Datensatzes in dieser Liste aber nicht immer 100%ig möglich ist, muss die Möglichkeit der freien Eingabe dennoch bestehen bleiben.

Thema	Empfehlung
Umweltdatenpunkt REACH-2: Gefährlichkeit des Stoffs	Dieser Umweltdatenpunkt könnte zum gegenwärtigen Stand der gesetzlichen Grundlagen mit dem Umweltdatenpunkt CLP-1 zusammengelegt werden oder entfallen, da er keine Zusatzinformation zu CLP-1 enthält.
Umweltdatenpunkte CLP-2, -3, -4, -5, -6, -7: Gefahren- und Sicherheitshinweise	Einzelne Umweltdatenpunkte zu Sicherheits- und Gefahrenhinweisen könnten zu einem Umweltdatenpunkt zusammengefasst werden, um den Eingabe-Aufwand zu reduzieren.
Umweltdatenpunkt SCIP	Es wird empfohlen zur größeren Aussagekraft Konzentrationsbereiche vorzugeben. Die Auswahl dieser sollte aber unbedingt freiwillig sein. Für die Zukunft könnte auch die Angabe der Absolutwerte der Konzentrationen der enthaltenen SVHC-Stoffe mitgedacht werden. Dies müsste bei der Anpassung des Gesetzes berücksichtigt werden bzw. in der Datenbank als freiwillige Angabe ergänzt werden.
CE-Kennzeichnung allgemein	Anstelle verschiedene Umweltdatenpunkte zu einzelnen CE-Kennzeichnungen im Umweltdatenset aufzulisten könnten diese zu einem Umweltdatenpunkt zusammengefasst werden, welcher lauten könnte: „enthält das Produkt eine CE-Kennzeichnung“. Falls dies der Fall ist, könnte des Weiteren abgefragt werden (z. B. per Drop Down), welche Richtlinien davon betroffen sind. Neben der Ökodesign-Richtlinie und der RoHS-Richtlinie fordern weitere Richtlinien CE-Kennzeichnungen wie z. B. die Maschinenrichtlinie, die Spielzeugrichtlinie und die Niederspannungs-Richtlinie.
CE-Kennzeichnung nach RoHS	Gemäß RoHS bzw. Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung wird mit der CE-Kennzeichnung bzw. EU-Konformitätserklärung gekennzeichnet, dass die in der Verordnung angegebenen Grenzwerte je homogenem Werkstoff in einem Elektro- oder Elektronikgerät einschließlich Kabel und Ersatzteil nicht überschritten werden. Vorlieferanten von homogenen Werkstoffen müssen diese Angaben allerdings nur auf Nachfrage des Herstellers tätigen. Dies sollte angepasst werden. Des Weiteren wäre es von Mehrwert zu wissen, welche Werkstoffe gefährliche Stoffe enthalten. Diese Angabe sollte aber auf jeden Fall freiwillig sein, da alle Informationen, die die genauen Inhalte der Produkte preisgeben, vertraulich sind.
CE-Kennzeichnung nach RoHS	Hier kann in den Kontextinformationen auch noch angegeben werden, ob bei dem Produkt, dass unter die RoHS-Richtlinie fällt, eine Ausnahme gemäß Anhang III oder IV der RoHS-Richtlinie verwendet wurde, um welche es sich dabei handelt und wie lange sie gilt. Diese Information ist bei manchen Unternehmen schon öffentlich zum jeweiligen Produkt auf der Webseite verfügbar, da die Kunden diese Informationen fordern.
Umweltdatenpunkt PCF-1	Der Umweltdatenpunkt zu dem freiwilligen Umweltdatenpunkt PCF könnte noch weiter ausgeführt werden, da er eine hohe Relevanz in der Lieferkette hat.

7.6 Ausblick

Die im Rahmen dieses Vorhabens entwickelten Umweltdatensets für Anlagen und Produkte stellen einen ersten Aufschlag für zukünftige Umweltdatensets dar, die als Teilmodelle einer VWS zu einer Anlage oder einem Produkt mitgeführt werden können, um daraus Potentiale für die Umwelt, z. B. in Form von weiteren Emissionsminderungen, zu entwickeln. Im Rahmen des Vorhabens wurde v. a. geprüft, ob eine Identifikation und Auflistung geeigneter umweltrelevanter

Daten in einem Umweltdatenset möglich und zielführend sind. Dies geschah anhand der prototypischen Erstellung der Umweltdatensets sowie der praktischen Testung der Umweltdatensets in Unternehmen. Basierend auf den Erkenntnissen aus den theoretischen und praktischen Tests wurden die Umweltdatensets nochmals angepasst.

Darüber hinaus wurden die Umweltdatensets dem Projekt „InterOpera“ zur Verfügung gestellt und werden im Rahmen dieses Projekts bis Mitte 2023 zu einem in der Industrie 4.0-Praxis anwendbaren VWS-Submodell-Umwelt weiterentwickelt.

Das im Jahr 2022 gestartete Projekt InterOpera – digitale Interoperabilität in kollaborativen Wertschöpfungsnetzwerken der Industrie 4.0⁶⁴ – strebt eine standardisierte Umsetzung der VWS in der Praxis an. Hierfür werden 50 konkrete, praktikable und interoperable Submodelle der VWS entlang des Referenzarchitekturmodells 4.0 (RAMI 4.0) für möglichst viele Geschäftsprozesse bzw. Anwendungsfälle entwickelt, dokumentiert und für eine zukünftige Anwendung in der Industrie 4.0-Praxis vorbereitet. Experten*Expertinnen aus Industrie und Forschung haben die Möglichkeit, an der Entwicklung der Submodelle mitzuwirken.

⁶⁴ <https://interopera.de/> (10.07.2023)

8 Umfrage zu umweltrelevanten Daten in Unternehmen

8.1 Hintergrund und Zielsetzung der Umfrage

Ergänzend zu der durchgeführten Recherche und Analyse zu umweltrelevanten Daten wurde eine Umfrage bei Unternehmen diverser Branchen durchgeführt. Die Umfrage hatte das übergeordnete Ziel, weitere Erkenntnisse zur Beantwortung der Forschungsfragen zu liefern und dabei tiefergehende Einblicke in die Unternehmenspraxis zu erhalten. Daher wurden innerhalb der Umfrage vornehmlich folgende Aspekte zu umweltrelevanten Daten adressiert:

- ▶ Lage und Größenordnung der umweltrelevanten Daten in den Unternehmen,
- ▶ Verfügbarkeit der umweltrelevanten Daten,
- ▶ Struktur bzw. Form der vorliegenden umweltrelevanten Daten,
- ▶ Zuordnung der umweltrelevanten Daten zu betrieblichen Teilsystemen bzw. Bereichen und
- ▶ Besondere (Entscheidungs-)Relevanz der umweltrelevanten Daten.

8.2 Struktur, Inhalte und Durchführung der Umfrage

Für die Durchführung der Umfrage wurde mittels der Software SurveyXact⁶⁵ ein Onlinefragebogen erstellt, der sich inhaltlich in folgende drei Teile gliedern lässt:

1. Allgemeine Angaben zum Unternehmen (siehe Kapitel 8.3.1),
2. Umweltinformationskategorien und deren Spezifizierung (siehe Kapitel 8.3.2) und
3. Generelles Management und allgemeiner Umgang mit umweltrelevanten Daten (siehe Kapitel 8.3.3).

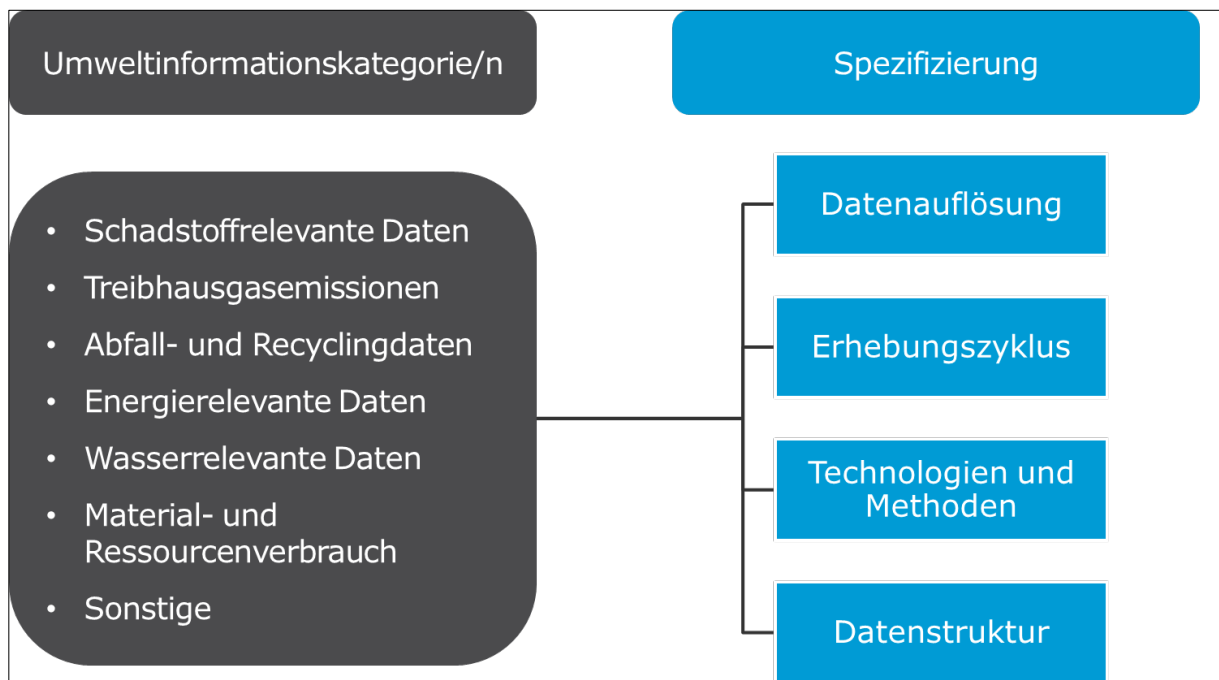
Der **erste** Teil umfasst allgemeine Informationen zum Unternehmen und der Rolle bzw. Position der beantwortenden Person im Unternehmen.

Der **zweite** Teil der Umfrage widmet sich der Erhebung umweltrelevanter Primärdaten in den Unternehmen und deren Spezifizierung. Hierzu wird abgefragt, zu welchen Umweltinformationskategorien im jeweiligen Unternehmen Daten erhoben werden. Die Umweltinformationskategorien stellen ein wesentliches Element der Umfrage dar und beinhalten die Kategorien Treibhausgasemissionen, Abfall- und Recyclingdaten, energierelevante Daten, wasserrelevante Daten und Material- und Ressourcenverbrauch. Sie wurden basierend auf den gängigsten Umweltdaten in Nachhaltigkeitsberichten sowie den Anforderungen der wichtigsten Berichterstattungsrahmenwerke (GRI, DNK, EMAS) festgelegt und in Absprache mit dem UBA um die Kategorie „schadstoffrelevante Daten“ ergänzt. Des Weiteren wurden die Kategorien mit den Anforderungen der relevantesten rechtlich-verpflichtenden Regularien bzw. Verordnungen abgeglichen.

Aufbauend auf den vorgegebenen Umweltinformationskategorien sollten die umweltrelevanten Primärdaten in den darauffolgenden Fragen genauer hinsichtlich der folgenden Aspekte spezifiziert werden: i) Datenauflösung, ii) Erhebungszyklus, iii) verwendete Technologien und Methoden sowie iv) vorliegende Datenstruktur (siehe Abbildung 14).

⁶⁵ <https://www.surveyxact.de/> (10.07.2023)

Abbildung 14: Umweltinformationskategorien und deren Spezifizierung in Teil 2 der Umfrage



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Management Consulting

Der **dritte** Teil der Umfrage bezieht sich nicht mehr auf die einzelnen Umweltinformationskategorien, sondern auf das generelle Management und den allgemeinen Umgang der Unternehmen mit umweltrelevanten Primärdaten. Basierend auf den im Rahmen dieses Forschungsvorhabens abgeleiteten spezifischen Anforderungen an umweltrelevante Primärdaten in Industrie 4.0-Systemen sowie den Forschungsfragen greifen die in der Umfrage gestellten Fragen die folgenden inhaltlichen Aspekte auf:

- ▶ Datenzugang und Datenkompetenz,
- ▶ Zuordnung der Primärdaten zu betrieblichen Teilsystemen bzw. Bereichen,
- ▶ Verwendung der Daten bzw. Primärdaten (intern und extern),
- ▶ Erhebung bzw. Verarbeitung von Primärdaten im Rahmen freiwilliger Rahmenwerke bzw. Standards,
- ▶ Erhebung bzw. Verarbeitung von Primärdaten im Rahmen rechtlich-verpflichtender Regularien bzw. Verordnungen,
- ▶ Nutzung externer Quellen und
- ▶ Relevanz der Umweltinformationskategorien für eine Nutzung in einem Industrie 4.0 Umfeld.

Der Fragebogen wurde anschließend über E-Mail, LinkedIn-Netzwerke und die DIN-Webseite an Unternehmen umweltrelevanter Branchen verteilt. Via E-Mail wurden knapp 80 Unternehmen direkt kontaktiert.

8.3 Ergebnisse der Umfrage

Im Rahmen dieser Umfrage zu umweltrelevanten Daten wurden seitens der befragten Unternehmen 10 Fragebögen vollständig und acht zu großen Teilen ausgefüllt, so dass insgesamt 18 Fragebögen ausgewertet werden konnten.

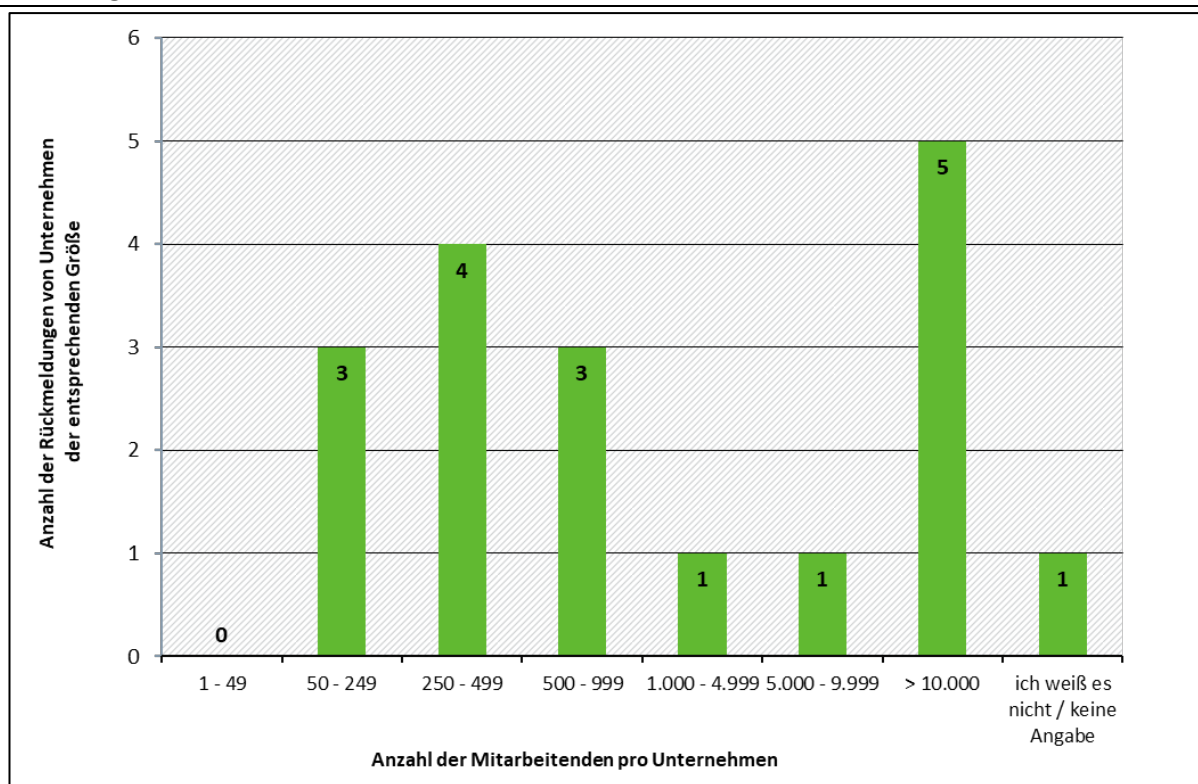
In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Umfrageergebnisse ausführlich erläutert und dargestellt. Wesentliche Ergebnisse der Umfrage wurden dabei in Form von Abbildungen visualisiert. Darüber hinaus basieren einzelne Aussagen bzw. dargestellte Ergebnisse auf einer vertieften, detaillierteren Auswertung der Rückmeldungen einzelner Unternehmen.

8.3.1 Ergebnisse zu den allgemeinen Angaben der teilnehmenden Unternehmen

Die Ergebnisse zu Teil 1 des Fragebogens „Allgemeine Angaben zum Unternehmen“ sollen einen Überblick über die Unternehmen, die an der Umfrage teilgenommen haben, vermitteln und somit eine bessere Interpretation der Ergebnisse ermöglichen.

Wie Abbildung 15 zeigt, wies ein Großteil der teilnehmenden Unternehmen eine Beschäftigtenzahl zwischen 50 und 999 Mitarbeitenden auf. Ebenfalls haben einige größere Unternehmen mit über 10.000 Arbeitskräften an der Umfrage teilgenommen. Hinsichtlich der Branchen zeigte sich ein gemischtes Bild (siehe Abbildung 16).

Abbildung 15: Größe teilnehmender Unternehmen nach Anzahl der Mitarbeitenden⁶⁶



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

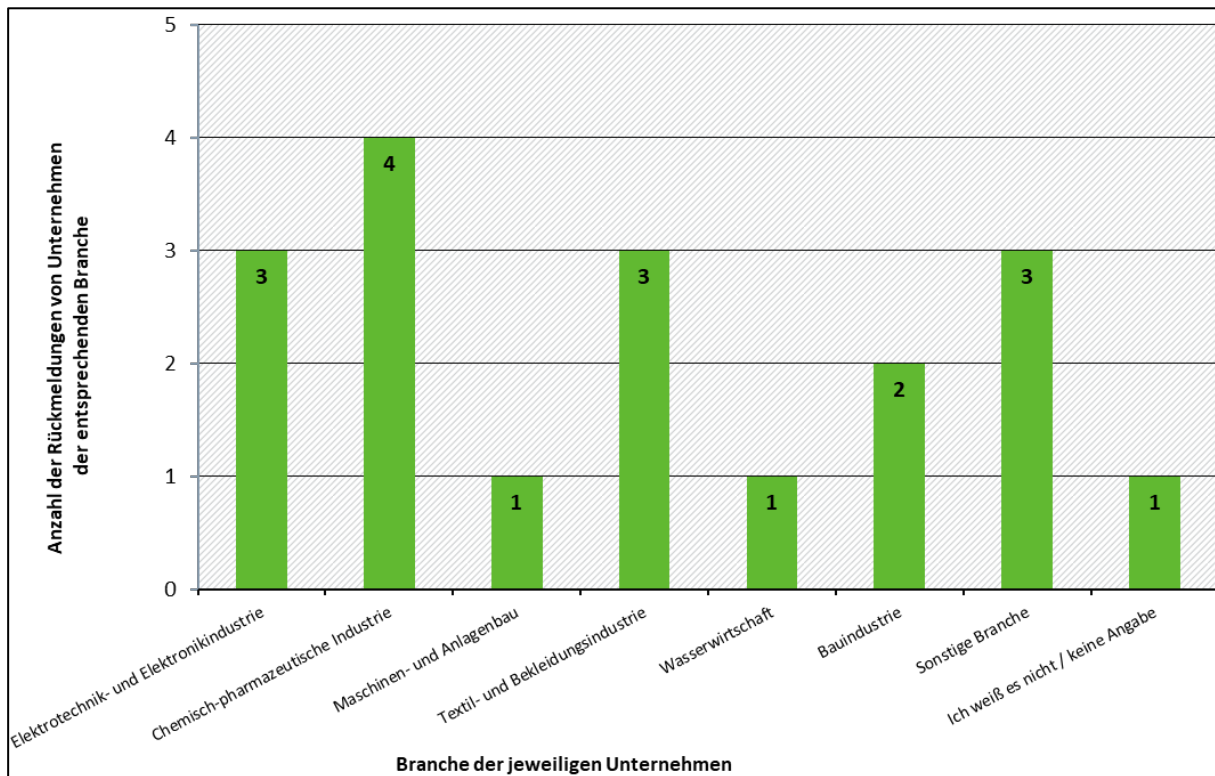
Die innerhalb der Umfrage am häufigsten vertretene Branche ist die chemisch-pharmazeutische Industrie. Des Weiteren haben mehrere Unternehmen aus der Elektrotechnik- und Elektroindustrie, der Textil- und Bekleidungsindustrie sowie aus der Bauindustrie⁶⁷ an der Umfrage

⁶⁶ Originalfrage: „Wie viele Mitarbeiter*innen beschäftigt Ihr Unternehmen?“

⁶⁷ Die Kategorie Bauindustrie wurde nachträglich aufgrund der Angaben in der Kategorie „Sonstige Branche“ hinzugefügt-

teilgenommen. Weitere vertretene Branchen sind der Maschinen- und Anlagenbau, die Wasserwirtschaft sowie sonstige Branchen⁶⁸ (siehe Abbildung 16).

Abbildung 16: Teilnehmende Unternehmen nach Branche⁶⁹



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

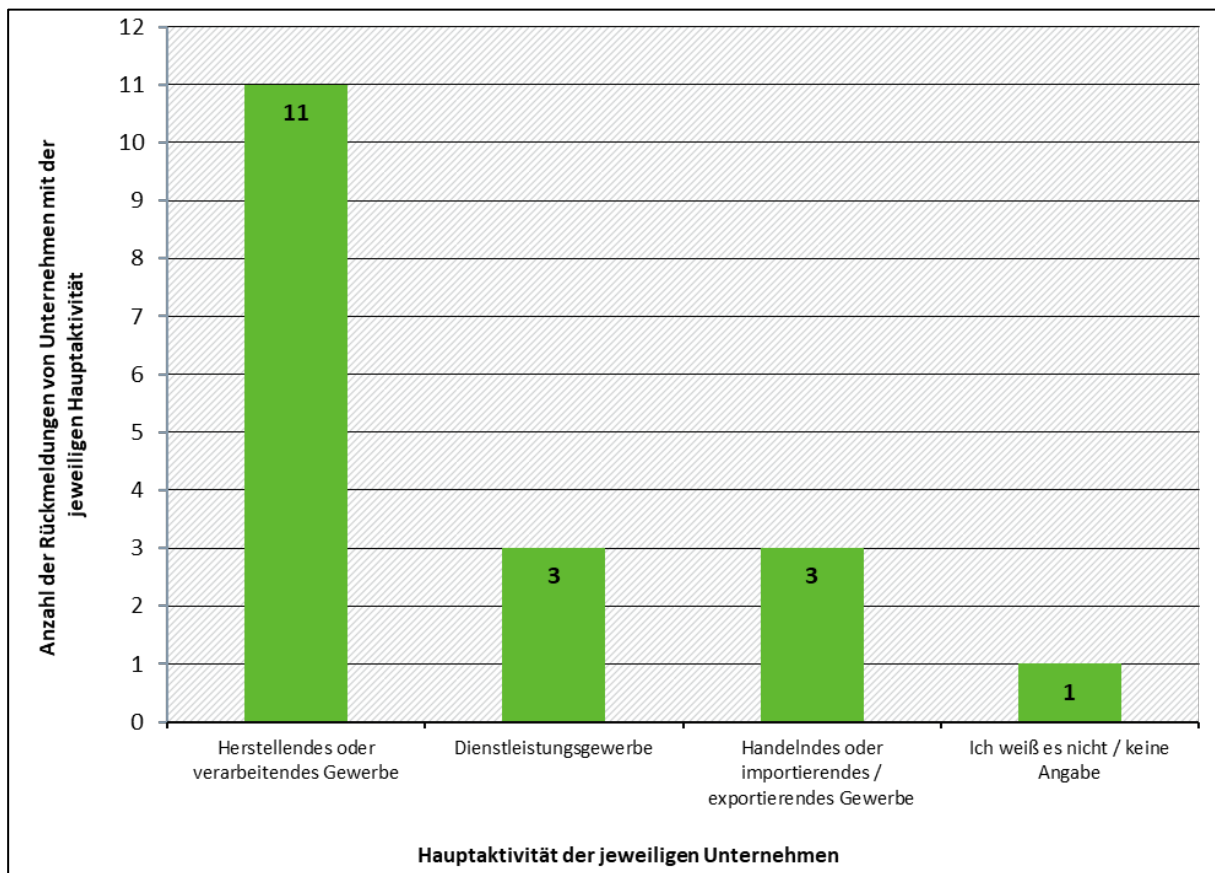
Der Großteil der teilnehmenden Unternehmen war im herstellenden bzw. verarbeitenden Gewerbe aktiv (siehe Abbildung 17). Weniger häufig vertreten waren Unternehmen aus dem Dienstleistungsgewerbe sowie aus dem handelnden und importierenden bzw. exportierenden Gewerbe.

Da die beantwortenden Personen ihre Rolle im jeweiligen Unternehmen in der Umfrage in Form einer freien Texteingabe angeben mussten, wurden diese Angaben für die Auswertung gruppiert. Dabei zeigte sich, dass die beantwortenden Personen überwiegend in den Bereichen Corporate Social Responsibility sowie Umweltschutz und Umwelttechnik oder als Nachhaltigkeitsbeauftragte*r oder Geschäftsführer*in in den jeweiligen Unternehmen beschäftigt sind (siehe Abbildung 18).

⁶⁸ Folgende Branchen konnten in der Umfrage ebenfalls ausgewählt werden und fallen somit nicht unter die Kategorie „Sonstige Branche“: Automobil- und Kraftfahrzeugindustrie, Lebensmittelindustrie, Stahl- und Metallindustrie, Baustoffindustrie, Papier- und Druckindustrie, Mineralölverarbeitende Industrie, Energieversorgung, Keramikindustrie, Holz- und Möbelindustrie, Kosmetikindustrie

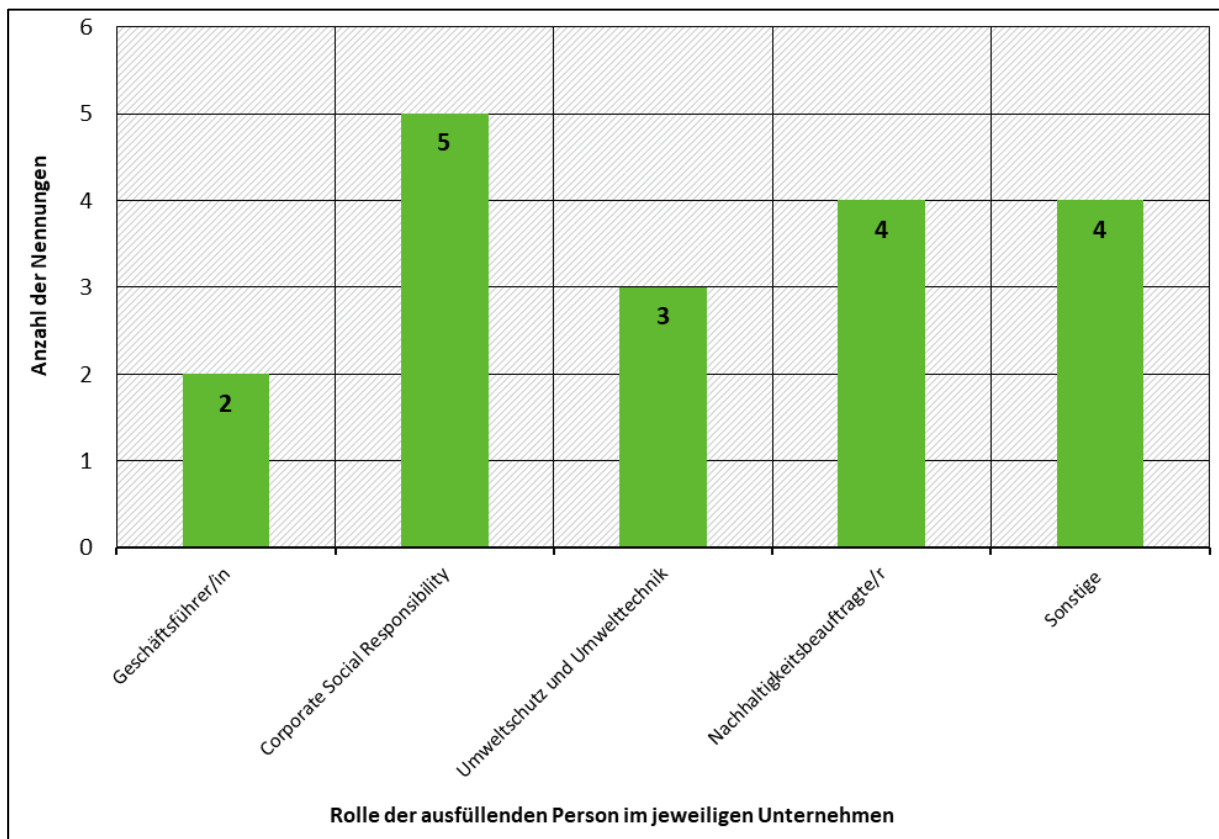
⁶⁹ Originalfrage: „In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?“

Abbildung 17: Teilnehmende Unternehmen nach Hauptaktivität



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Abbildung 18: Rolle der ausfüllenden Personen im jeweiligen Unternehmen⁷⁰



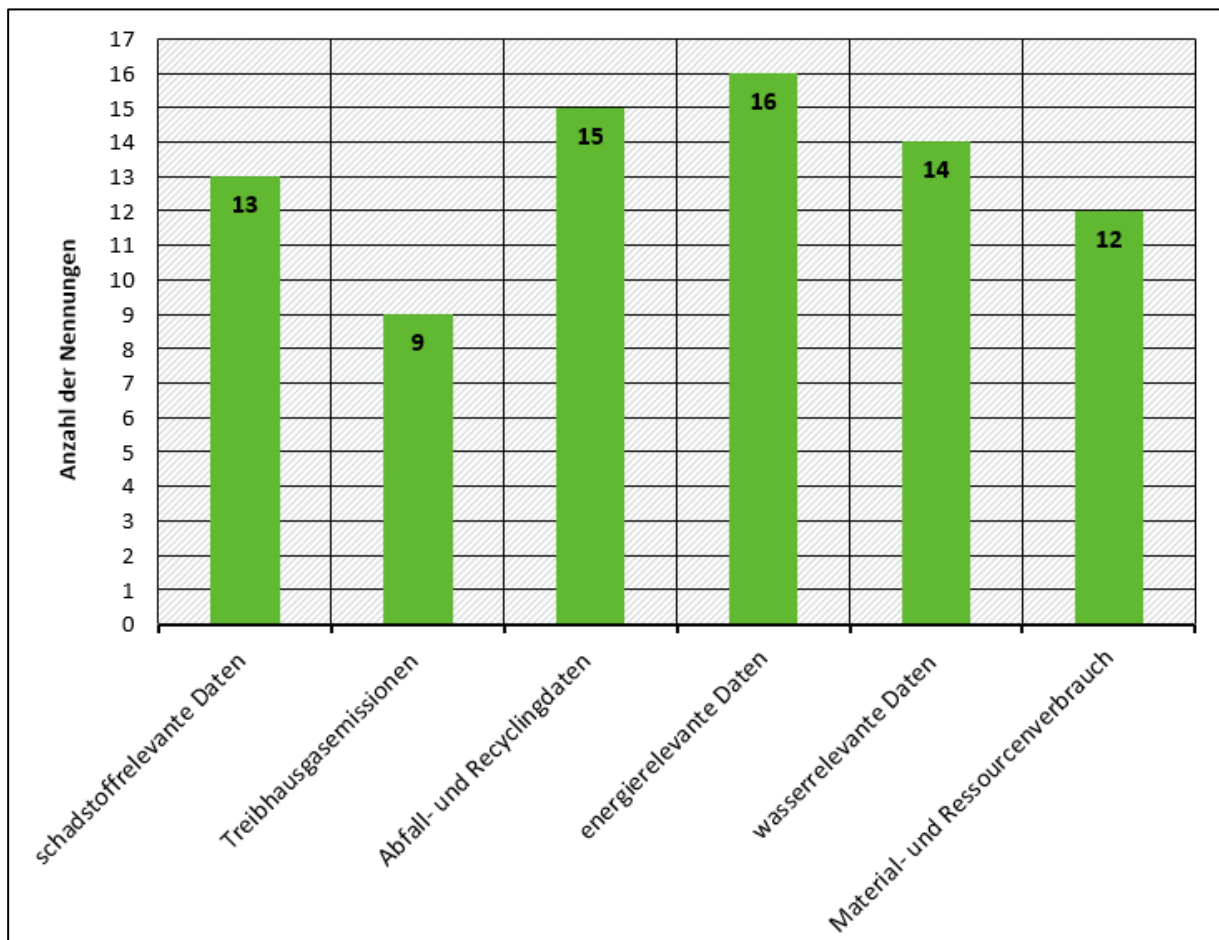
Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

8.3.2 Ergebnisse zu den spezifischen Fragen – Umweltrelevante Daten (in Umweltinformationskategorien) und deren Spezifizierung

Die Frage, zu welchen Umweltinformationskategorien in den Unternehmen umweltrelevante Primärdaten erhoben werden, haben 18 Unternehmen beantwortet. Die Ergebnisse zeigen, dass bei den befragten Unternehmen v. a. energierelevante Daten, sowie Abfall- und Recyclingdaten erhoben werden, wobei auch zu den anderen Kategorien wie „wasserrelevante Daten“, „schadstoffrelevante Daten“ und „Material- und Ressourcenverbrauch“ Primärdaten erhoben werden. Die Umweltinformationskategorie „Treibhausgasemissionen“ wurde am wenigsten oft angegeben (siehe Abbildung 19).

⁷⁰ Originalfrage: „Was ist Ihre Rolle bzw. Position innerhalb des Unternehmens? (z. B. Klimaschutzbeauftragte*r, CSR-Manager*in, Umwelttechniker*in etc.)“

Abbildung 19: Umweltinformationskategorien bei der Erhebung umweltrelevanter Primärdaten in den befragten Unternehmen⁷¹

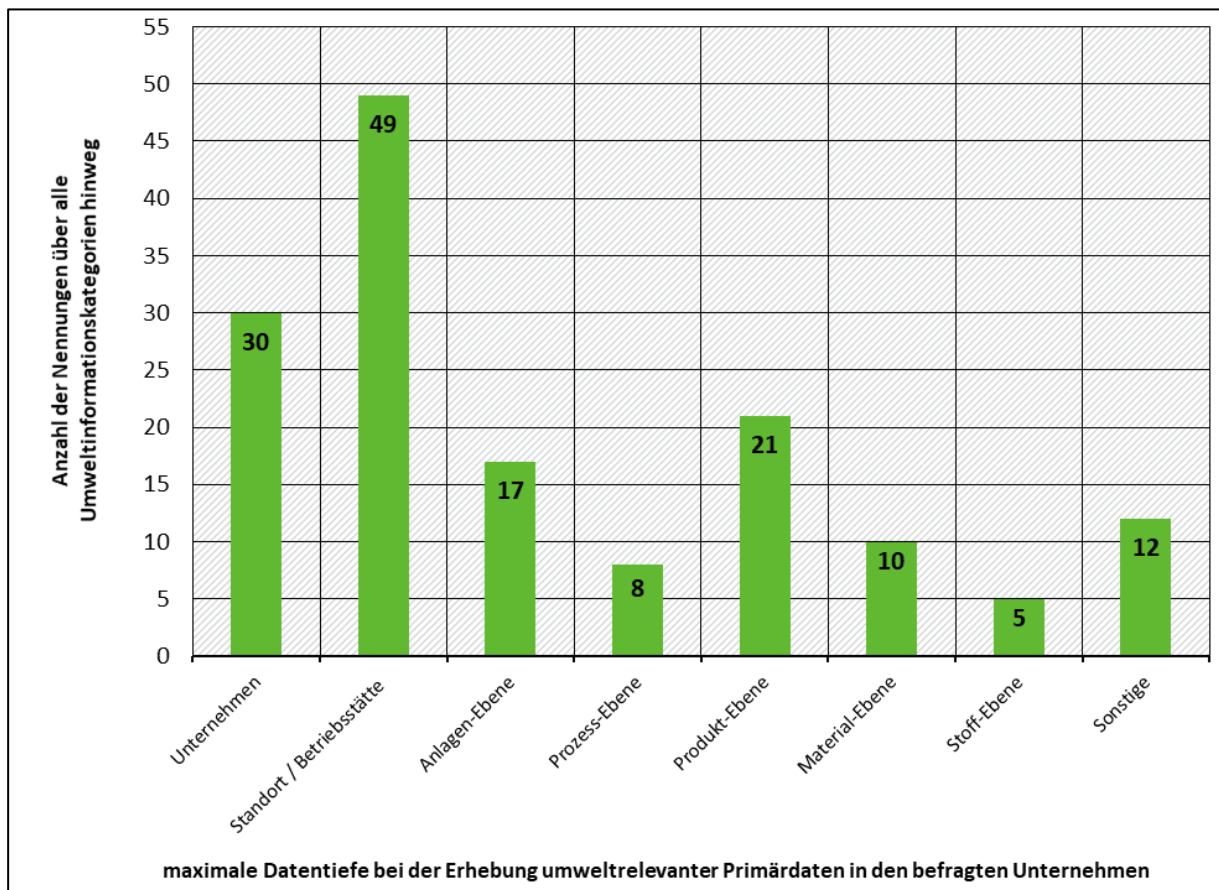


Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

14 Unternehmen haben Angaben zur Frage gemacht, mit welcher maximalen Datentiefe bzw. Datenauflösung die Daten für die jeweilige Umweltinformationskategorie in ihrem Unternehmen erhoben werden. Hierbei wurden für die im Unternehmen erhobenen umweltrelevanten Daten unterschiedliche Detailtiefen angegeben. Laut der Umfrageergebnisse erfolgt die Datenerhebung größtenteils auf Ebene des Unternehmens oder des Standorts bzw. der Betriebsstätte, wodurch die Daten nur begrenzt interoperabel sind (siehe Abbildung 20). Bei der Frage, in welcher maximalen Datentiefe bzw. Datenauflösung die Daten für die jeweilige Umweltinformationskategorie erhoben werden, zeigen die Umfrageergebnisse, dass in manchen Fällen umweltrelevante Primärdaten mindestens auf der Produktebene oder sogar mit einer höheren Auflösung (Material- oder Stoffebene) erhoben werden. Dies betrifft sieben von insgesamt 14 Unternehmen. Das kann als Anzeichen dafür gedeutet werden, dass die Erhebung von Daten in höherer Auflösung zumindest teilweise aus technischer Sicht möglich ist. Sofern Daten in höherer Auflösung, z. B. auf Produkt-, Material- oder Stoffebene erhoben werden, betrifft dies, den Umfrageergebnissen zu Folge, allen voran schadstoffrelevante Daten sowie Daten zum Material- und Ressourcenverbrauch.

⁷¹ Insgesamt haben in der Umfrage 18 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „Zu welchen der folgenden Umweltinformationskategorien werden in Ihrem Unternehmen umweltrelevante Primärdaten erhoben? (Mehrfachnennungen möglich).“

Abbildung 20: Maximale Datentiefe bzw. Datenauflösung bei der Erhebung umweltrelevanter Primärdaten in den befragten Unternehmen⁷²



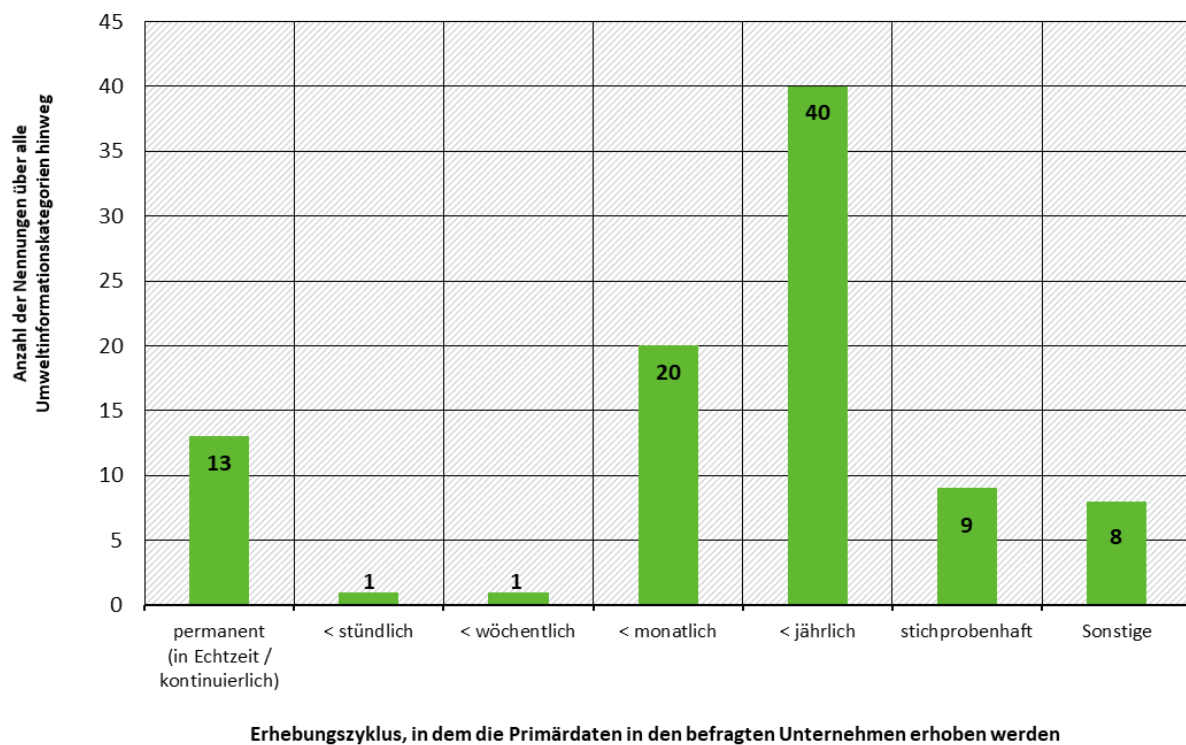
Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Die Umfrageergebnisse bezüglich der Frage nach Erhebungszyklus bzw. Zeitperspektive bei der Datenerhebung zeigen, dass umweltrelevante Primärdaten (gefragt wurde nach Primärdaten in den Umweltkategorien: Schadstoffe, Treibhausgase, Abfall- und Recycling, Energie, Wasser, Material- und Ressourcenverbrauch) überwiegend in jährlichen, bzw. zu geringeren Anteilen, in monatlichen Erhebungszyklen erfasst werden (siehe Abbildung 21). Zugleich zeigt die detaillierte Auswertung der einzelnen Rückmeldungen, dass vier der 15 Unternehmen, welche die Frage nach dem Erhebungszyklus bzw. der Zeitperspektive beantwortet haben, angegeben haben, umweltrelevante Primärdaten permanent und in Echtzeit zu erfassen⁷³. Diese Unternehmen erheben umweltrelevante Primärdaten jeweils für eine oder mehrere Umweltinformationskategorien, wodurch sich die hohen Werte in Abbildung 21 erklären lassen. Generell betrachtet bleibt der Erhebungszyklus jedoch grob. Laut der detaillierten Auswertung der Umfrageergebnisse ist die Verteilung der Antworten zu Erhebungszyklus und Zeitperspektive umweltrelevanter Primärdaten dabei über alle Umweltkategorien in etwa gleich.

⁷² Insgesamt haben in der Umfrage 16 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „Mit welcher maximalen Datentiefe bzw. Datenauflösung werden die Daten für die jeweilige Umweltinformationskategorie erhoben (Mehrfachnennungen möglich).“

⁷³ Die kontinuierliche Datenerfassung kann für bestimmte Unternehmen bzw. Industriebetriebe verpflichtend sein (siehe z. B. BVT-Schlussfolgerungen für die Herstellung von Zement-, Kalk- und Magnesiumoxid).

Abbildung 21: Erhebungszyklus bzw. Zeitperspektive bei der Primärdatenerhebung für alle Umweltinformationskategorien in den befragten Unternehmen⁷⁴



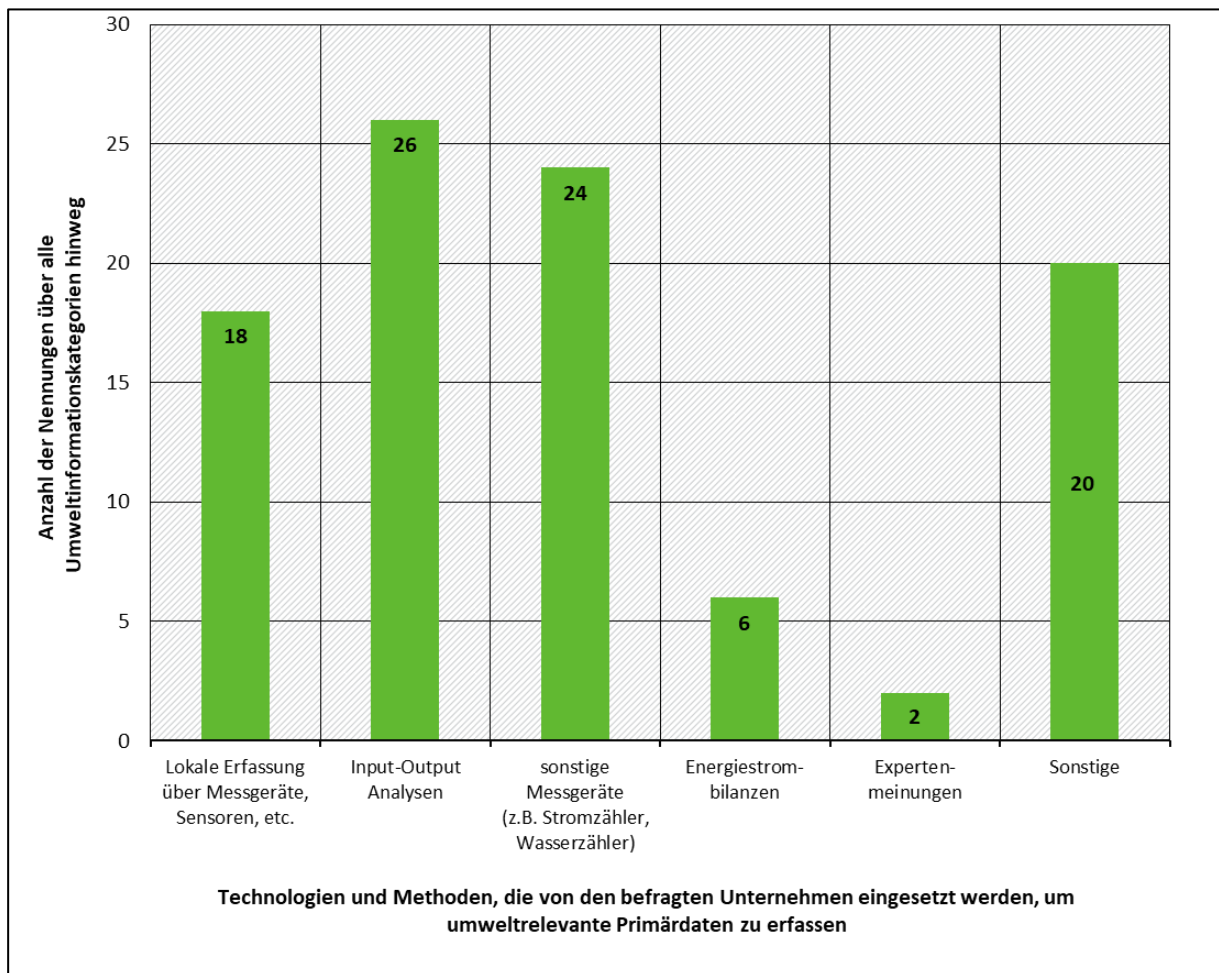
Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Aufgrund der u. a. Corona-bedingt begrenzten Anzahl an Rückläufen können die Ergebnisse der Umfrage nicht als repräsentativ angesehen werden. Statistische Auswertungen der Umfrageergebnisse sind angesichts der geringen Rücklaufzahlen somit nicht bzw. nur bedingt möglich. Dennoch lassen die Umfrageergebnisse gewisse Tendenzen und Verteilungsmuster bei den teilnehmenden Unternehmen erkennen.

Um Rückschlüsse auf die Reproduzierbarkeit bzw. den Ursprung der Daten zu ermöglichen, wurde mit Hilfe der Umfrage versucht zu ermitteln, welche Technologien und Methoden in der Praxis zur Erfassung umweltrelevanter Primärdaten eingesetzt werden. Die befragten Unternehmen haben für jede Umweltinformationskategorie angegeben, in welcher Datenstruktur die jeweils hierzu erhobenen Daten vorliegen bzw. wie sie gespeichert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass umweltrelevante Daten überwiegend durch Input-Output Analysen, sonstige Messgeräte wie Strom- und Wasserzähler oder lokal über Messgeräte oder Sensoren erfasst werden. Daneben wurde in 20 Fällen angegeben, dass sonstige Verfahren für die Datenerfassung verwendet werden (siehe Abbildung 22). Eine detaillierte Auswertung der Rückmeldungen der Unternehmen zeigte, dass in der Umfrage angegebene sonstige Verfahren zur Datenerhebung sowohl Berechnungen, mobile Messungen durch Dritte, externe Wiegedaten, Entsorger-Rechnungen, Labortests und Analysen als auch manuelle Abfragen umfassen. Die Vielzahl verwendeter Technologien und Methoden deutet darauf hin, dass die Erfassung umweltrelevanter Daten in der Praxis variiert.

⁷⁴ Insgesamt haben in der Umfrage 15 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „In welchem Erhebungszyklus bzw. mit welcher Zeitperspektive werden die Primärdaten für die jeweilige Umweltinformationskategorie erhoben? (Mehrfachnennungen möglich).“

Abbildung 22: In den befragten Unternehmen eingesetzte Methoden und Technologien zur Erfassung umweltrelevanter Primärdaten⁷⁵

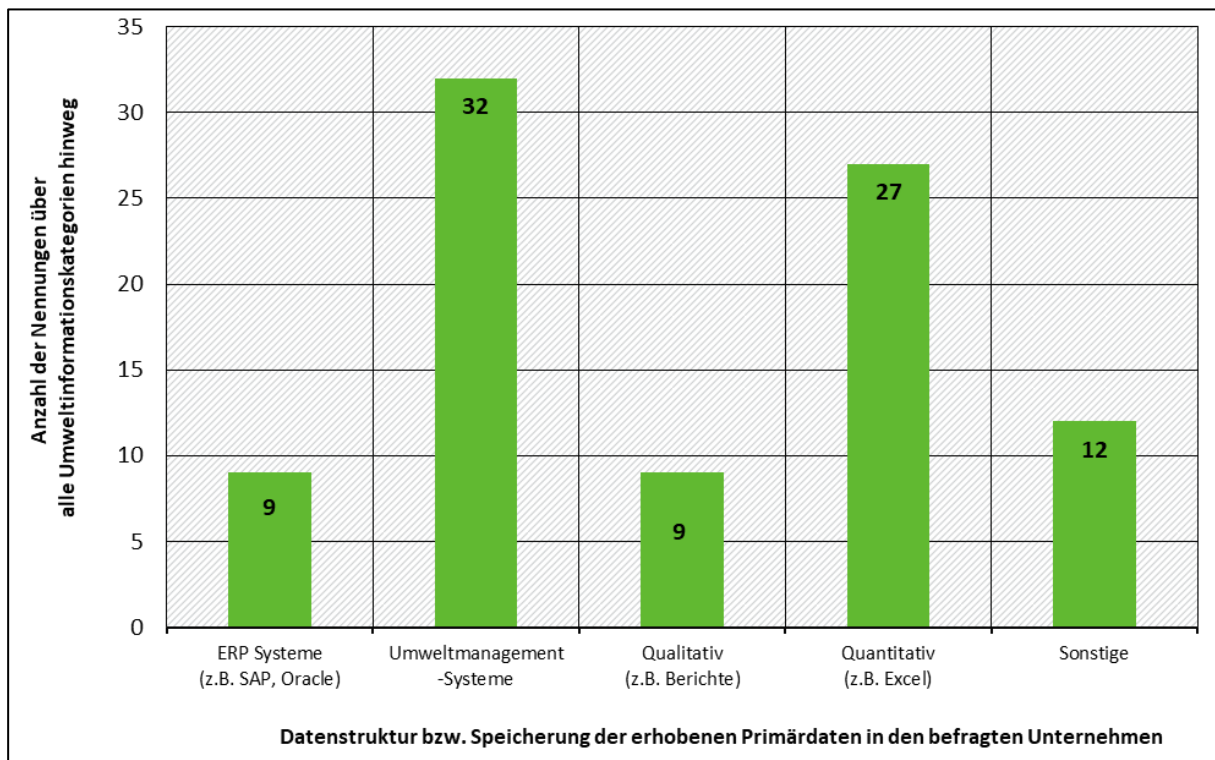


Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Des Weiteren wurde mit Hilfe der Umfrage versucht, Einblicke in das betriebliche Datenmanagement und die in der Praxis verwendeten Systemarchitekturen zu gewinnen. Die befragten Unternehmen haben für jede Umweltinformationskategorie angegeben, in welcher Datenstruktur die hierfür erhobenen Daten vorliegen bzw. wie sie gespeichert werden. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass umweltrelevante Primärdaten insbesondere in Umweltmanagementsystemen sowie in quantitativer Form, z. B. in Excel-Tabellen, vorliegen bzw. gespeichert werden. Ebenfalls werden ERP-Systeme sowie qualitative Formate für die Datenspeicherung verwendet (siehe Abbildung 23).

⁷⁵ Insgesamt haben 14 Unternehmen in der Umfrage Angaben zu dieser Frage gemacht: „Welche Technologien und Methoden setzen Sie ein, um umweltrelevante Primärdaten zu erfassen? (Mehrfachnennungen möglich).“

Abbildung 23: Datenstruktur bzw. Speicherung der erhobenen umweltrelevanten Primärdaten in den befragten Unternehmen⁷⁶



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

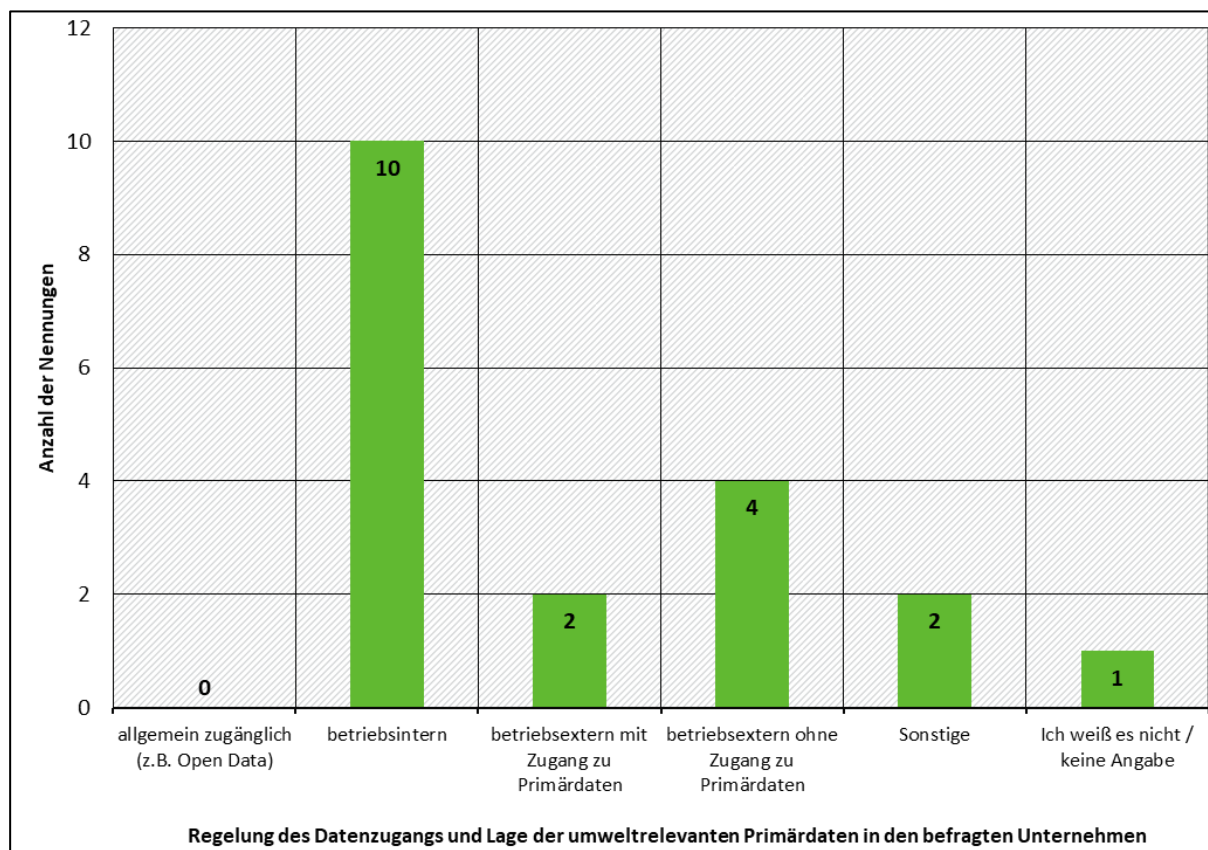
8.3.3 Ergebnisse zu den spezifischen Fragen – Generelles Management und allgemeiner Umgang mit umweltrelevanten Daten

Der dritte Teil der Umfrage und die hieraus resultierenden Ergebnisse fokussieren auf den Grund der Erhebung umweltrelevanter Daten, das Vorliegen umweltrelevanter Daten in Unternehmen, die Art der Erhebung und Datenverarbeitung sowie deren Auswerteziele.

In der Abbildung 24 wird die Regelung des Datenzugangs und die Lage der umweltrelevanten Primärdaten bei den befragten Unternehmen dargestellt. Bei der dazugehörigen Frage „Wo liegen die Primärdaten bzw. wie ist der Datenzugang geregelt?“, bei der Mehrfachnennungen möglich waren, gaben zehn Unternehmen an, dass dies betriebsintern erfolgt. Sechs Unternehmen kreuzten an, dass dies betriebsextern erfolgt, wovon vier keinen Zugang zu den Primärdaten hatten. Zwei Unternehmen wählten „Sonstige“ und eines machte keine Angabe bzw. wusste es nicht (siehe Abbildung 24).

⁷⁶ Insgesamt haben in der Umfrage 11 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „In welcher Datenstruktur liegen die erhobenen Daten für die jeweilige Umweltkategorie vor bzw. wie werden sie gespeichert? (Mehrfachnennungen möglich).“

Abbildung 24: Regelung des Datenzugangs und Lage der umweltrelevanten Primärdaten bei den befragten Unternehmen⁷⁷

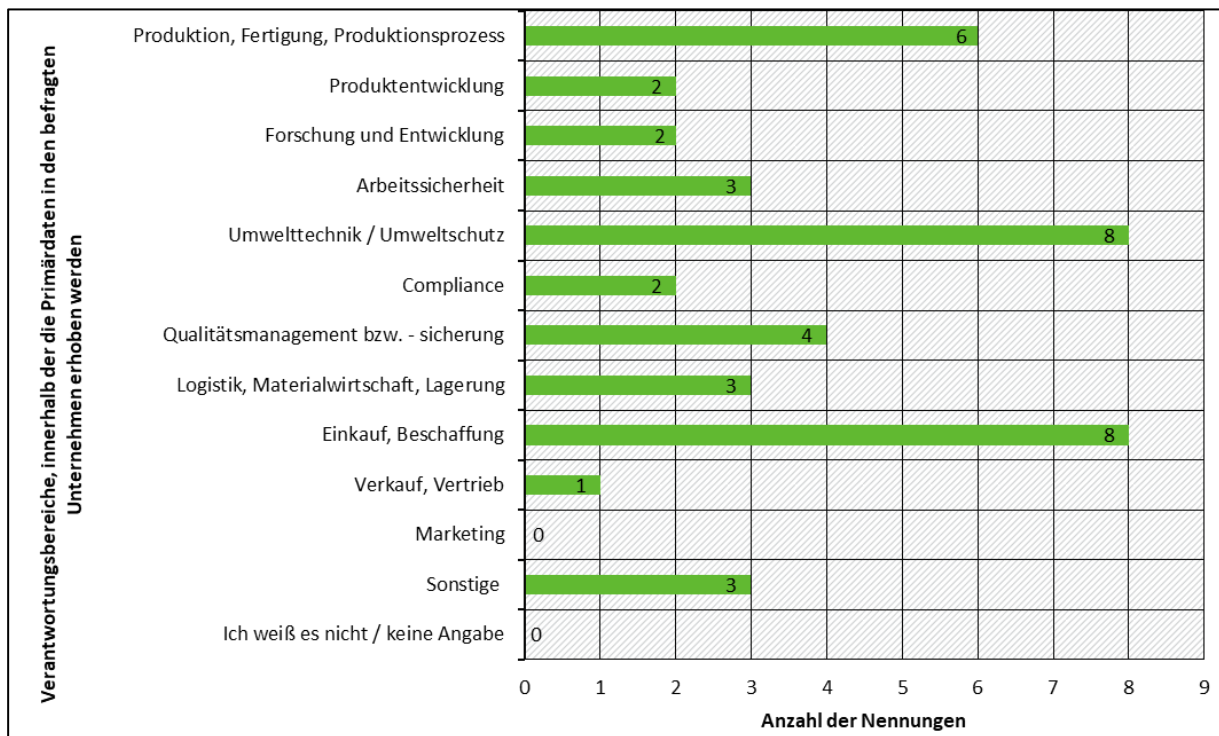


Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Im Zuge der Umfrage wurden die Unternehmen auch dahingehend befragt, innerhalb welcher Verantwortungsbereiche bzw. Teilsysteme umweltrelevante Primärdaten erhoben werden. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass umweltrelevante Primärdaten in einer Vielzahl von Abteilungen erhoben werden (siehe Abbildung 25). Zudem zeigt eine noch detailliertere Auswertung der Rückmeldungen, dass umweltrelevante Primärdaten innerhalb der befragten Unternehmen in durchschnittlich mehr als drei verschiedenen Verantwortungsbereichen erhoben werden. Darüber hinaus gaben einige Unternehmen an, dass bis zu fünf oder sechs Verantwortungsbereiche umweltrelevante Primärdaten erfassen. Ob es dadurch zur Entstehung von Parallelprozessen oder Datensilos kommt, wurde bei der Umfrage nicht abgefragt. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, werden umweltrelevante Primärdaten in den befragten Unternehmen v. a. in den Bereichen „Produktion, Fertigung, Produktionsprozess“, „Umwelttechnik / Umweltschutz“ sowie „Einkauf- und Beschaffung“ erhoben. Dies lässt vermuten, dass innerhalb dieser drei Bereiche eine Vielzahl umweltrelevanter Primärdaten vorliegen. Somit kann geschlussfolgert werden, dass Potentiale für mögliche Datenschnittstellen oder gemeinsame Datenpools innerhalb der befragten Unternehmen insbesondere zwischen diesen drei Verantwortungsbereichen existieren.

⁷⁷ Insgesamt haben in der Umfrage 13 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „Wo liegen die Primärdaten bzw. wie ist der Datenzugang geregelt? (Mehrfachnennungen möglich).“

Abbildung 25: Erhebung umweltrelevanter Primärdaten in unterschiedlichen Verantwortungsbereichen innerhalb der Unternehmen⁷⁸



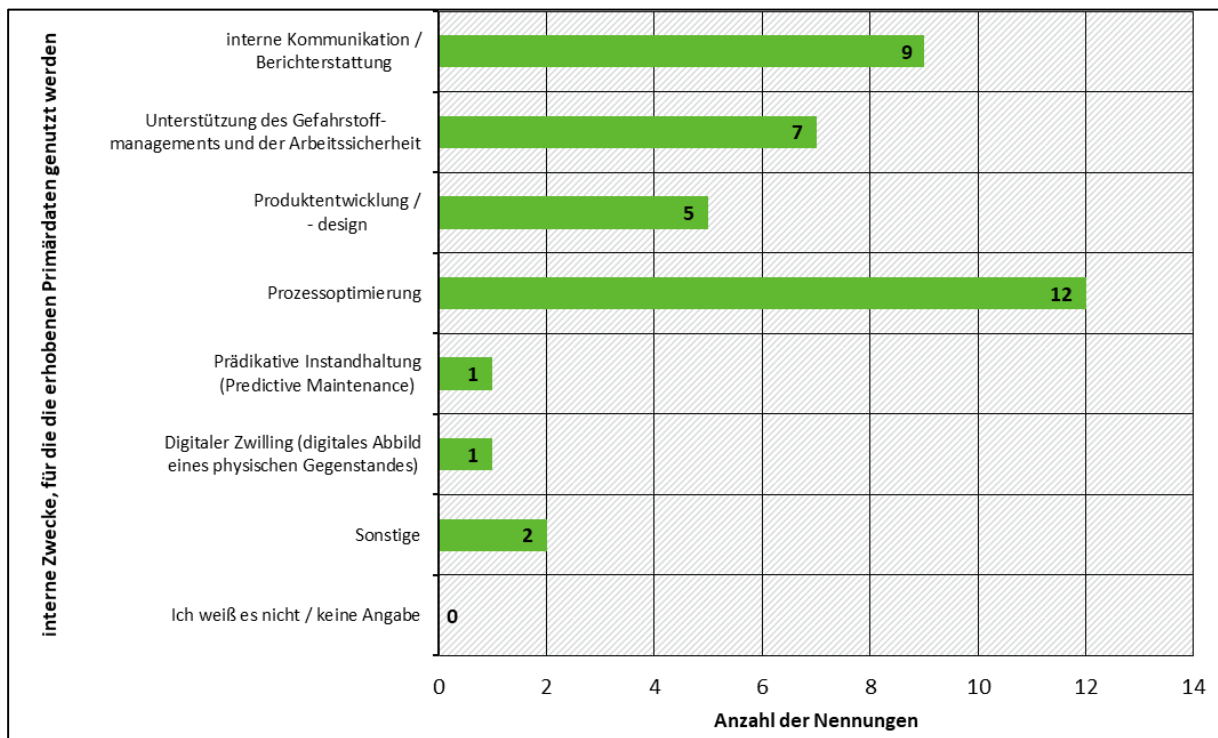
Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Bei der Frage, für welche internen Zwecke die umweltrelevante Primärdaten genutzt werden, haben die befragten Unternehmen insbesondere die Prozessoptimierung und interne Kommunikation sowie die Unterstützung des Gefahrstoffmanagements und der Arbeitssicherheit angegeben. Indessen spielen die prädikative Instandhaltung oder der digitale Zwilling als zentrale Komponenten einer Industrie 4.0 nur eine untergeordnete Rolle (siehe Abbildung 26).

Hinsichtlich der Verwendung umweltrelevanter Primärdaten für externe Zwecke zeigen die Umfrageergebnisse, dass umweltrelevante Primärdaten hauptsächlich zur Einhaltung rechtlicher Vorgaben sowie für die externe bzw. zwischen- und überbetriebliche Kommunikation genutzt werden (siehe Abbildung 27).

⁷⁸ Insgesamt haben in der Umfrage 13 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „Innerhalb welcher Verantwortungsbereiche des Unternehmens werden die Primärdaten erhoben? (Mehrfachnennungen möglich).“

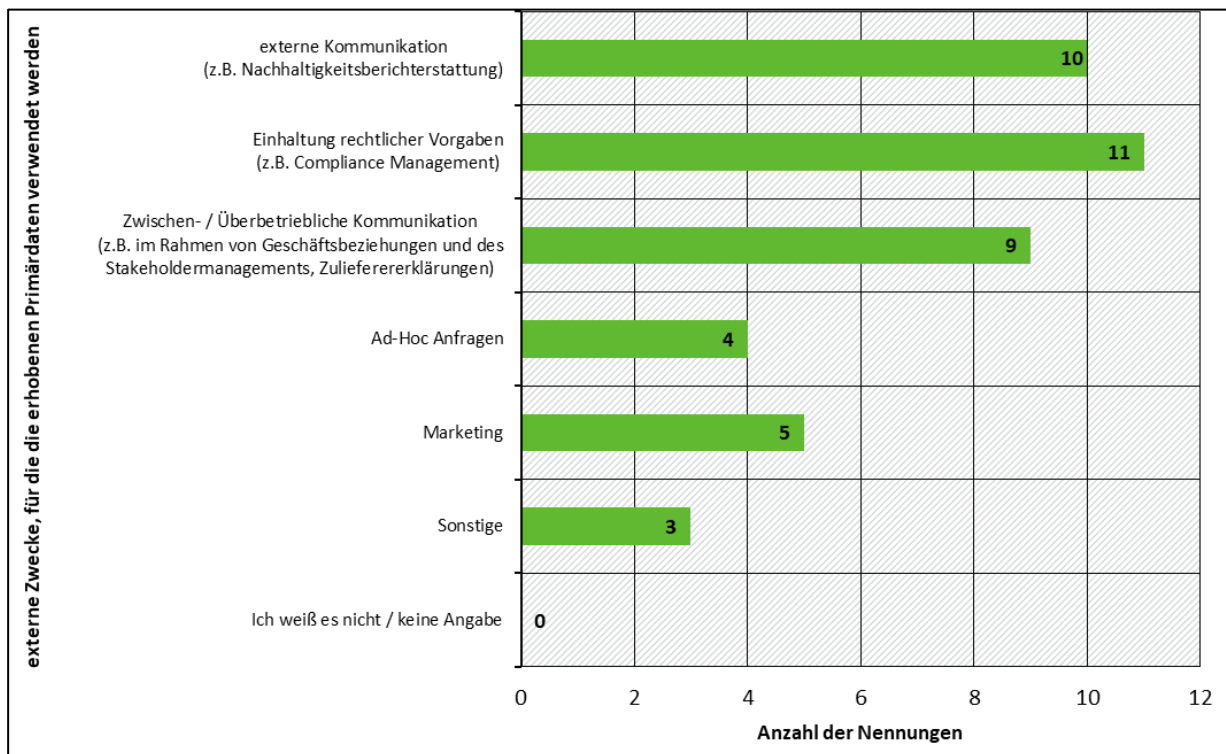
Abbildung 26: Verwendung der erhobenen umweltrelevanten Primärdaten für interne Zwecke⁷⁹



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

⁷⁹ Insgesamt haben in der Umfrage 12 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „Für welche internen Zwecke werden die erhobenen Primärdaten genutzt? (Mehrfachnennungen möglich).“

Abbildung 27: Verwendung der erhobenen umweltrelevanten Primärdaten für externe Zwecke⁸⁰

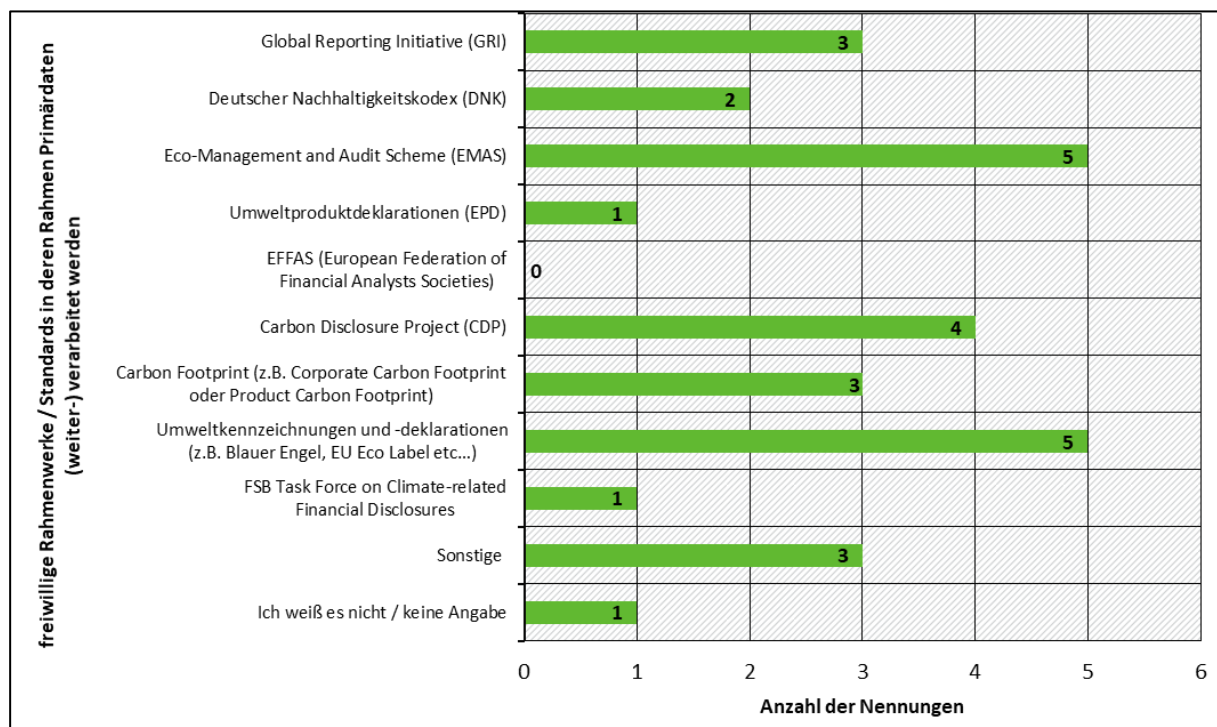


Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Mit Hilfe der Umfrage wurde weiterhin untersucht, zu welchen freiwilligen Rahmenwerken oder Standards bei den befragten Unternehmen umweltrelevante Primärdaten erhoben bzw. (weiter-)verarbeitet werden. Demnach sind in der Praxis eine Vielzahl unterschiedlicher freiwilliger Rahmenwerke und Standards relevant (siehe Abbildung 28).

⁸⁰ Insgesamt haben in der Umfrage 12 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „Für welche externen Zwecke werden die erhobenen Primärdaten genutzt? (Mehrfachnennungen möglich).“

Abbildung 28: Freiwillige Rahmenwerke/Standards, in deren Rahmen Primärdaten in den befragten Unternehmen (weiter-)verarbeitet werden⁸¹



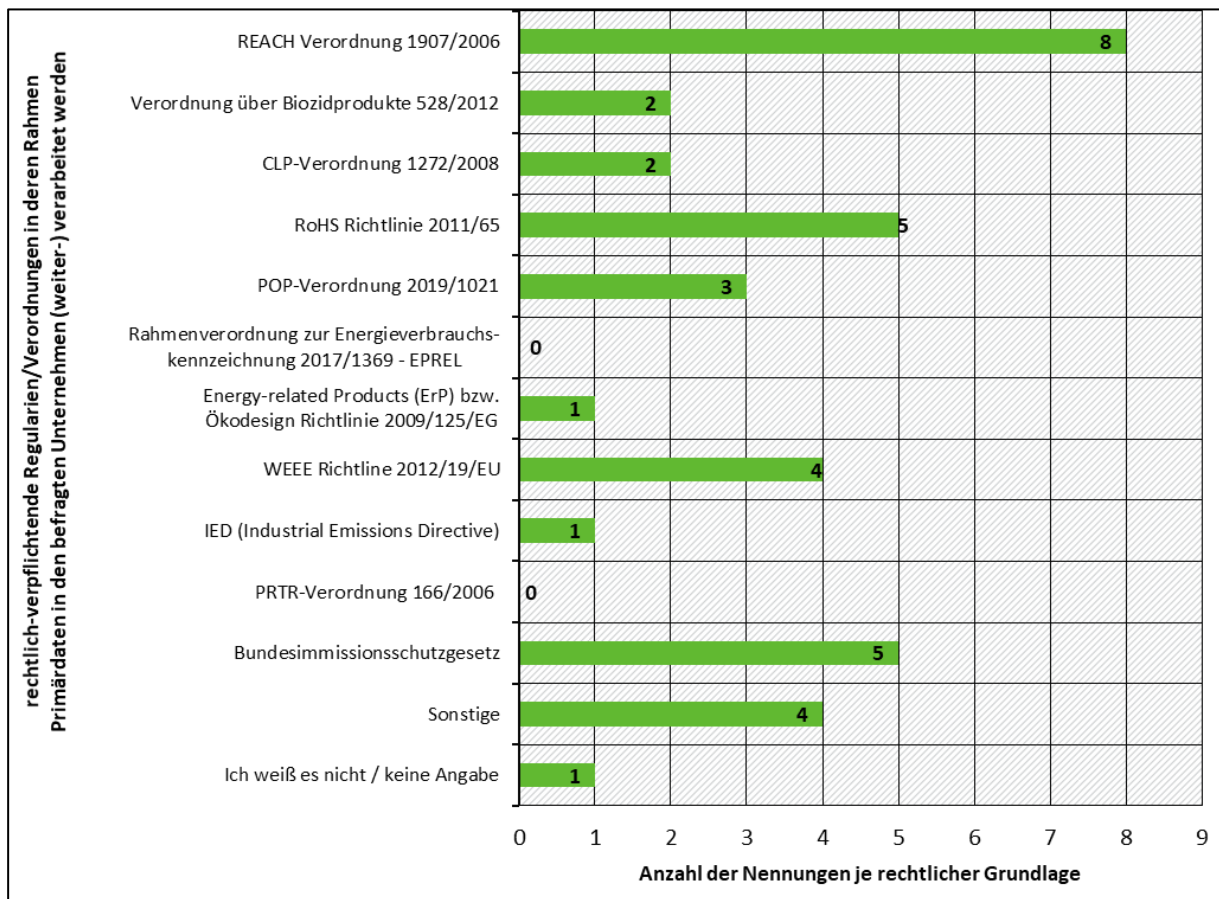
Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Des Weiteren wurden die Unternehmen gefragt, im Rahmen welcher rechtlich-verpflichtenden Regularien bzw. Verordnungen umweltrelevante Primärdaten erhoben bzw. (weiter-)verarbeitet werden. Abbildung 29 gibt einen Überblick über die Relevanz rechtlich-verpflichtender Regularien in den befragten Unternehmen. Im Zuge der Umfrage wurde offensichtlich, dass eine Vielzahl der Unternehmen von REACH betroffen sind und entsprechend Daten und Informationen erheben. Demnach gaben acht von zwölf Unternehmen an, Primärdaten im Rahmen der REACH Verordnung zu erheben bzw. (weiter-) zu verarbeiten. Des Weiteren wurden die RoHS-Richtlinie sowie das BImSchG bzw. die IED des Öfteren als relevante Rechtsgrundlagen benannt.

Ergänzend haben die Unternehmen die Frage beantwortet, welche zusätzlichen externen Quellen sie für die Beschaffung von Daten bzw. Primärdaten zur Erfüllung gewisser Berichtspflichten nutzen. Die Umfrageergebnisse zeigen, dass die befragten Unternehmen zur Erfüllung gewisser Berichtspflichten zusätzlich auf Daten externer Quellen zurückgreifen. Dabei werden neben öffentlich verfügbaren und gebührenpflichtigen Datenbanken v. a. institutionelle Datenbanken genutzt (siehe Abbildung 30).

⁸¹ Insgesamt haben zwölf Unternehmen in der Umfrage Angaben zu dieser Frage gemacht: „Im Rahmen welcher freiwilligen Rahmenwerke/Standards werden Primärdaten (weiter-) verarbeitet? (Mehrfachnennungen möglich).“

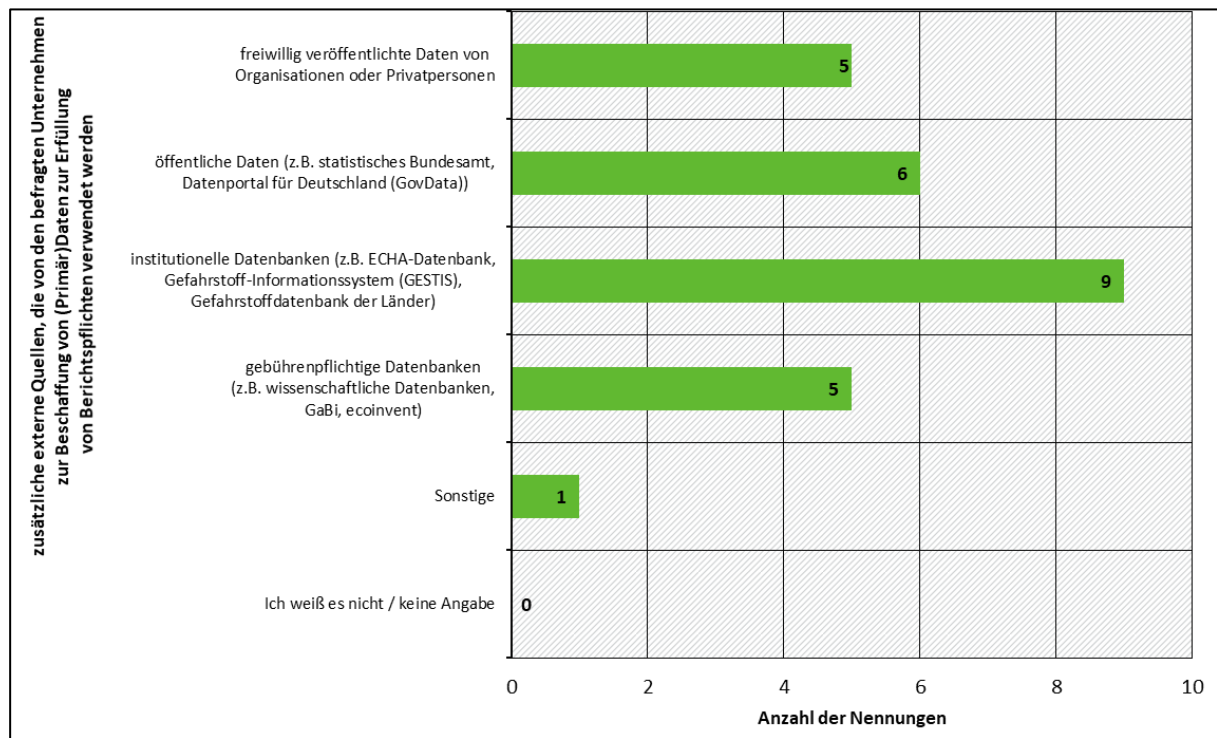
Abbildung 29: Rechtlich-verpflichtende Regularien/Verordnungen, in deren Rahmen Primärdaten in den befragten Unternehmen (weiter-)verarbeitet werden⁸²



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

⁸² Insgesamt haben 12 Unternehmen Angaben zu dieser Frage in der Umfrage gemacht: „Im Rahmen welcher rechtlich-verpflichtenden Regularien bzw. Verordnungen werden Primärdaten (weiter-)verarbeitet? (Mehrfachnennungen möglich).“

Abbildung 30: Nutzung zusätzlicher externer Quellen für die Beschaffung von Daten zur Erfüllung von Berichtspflichten⁸³

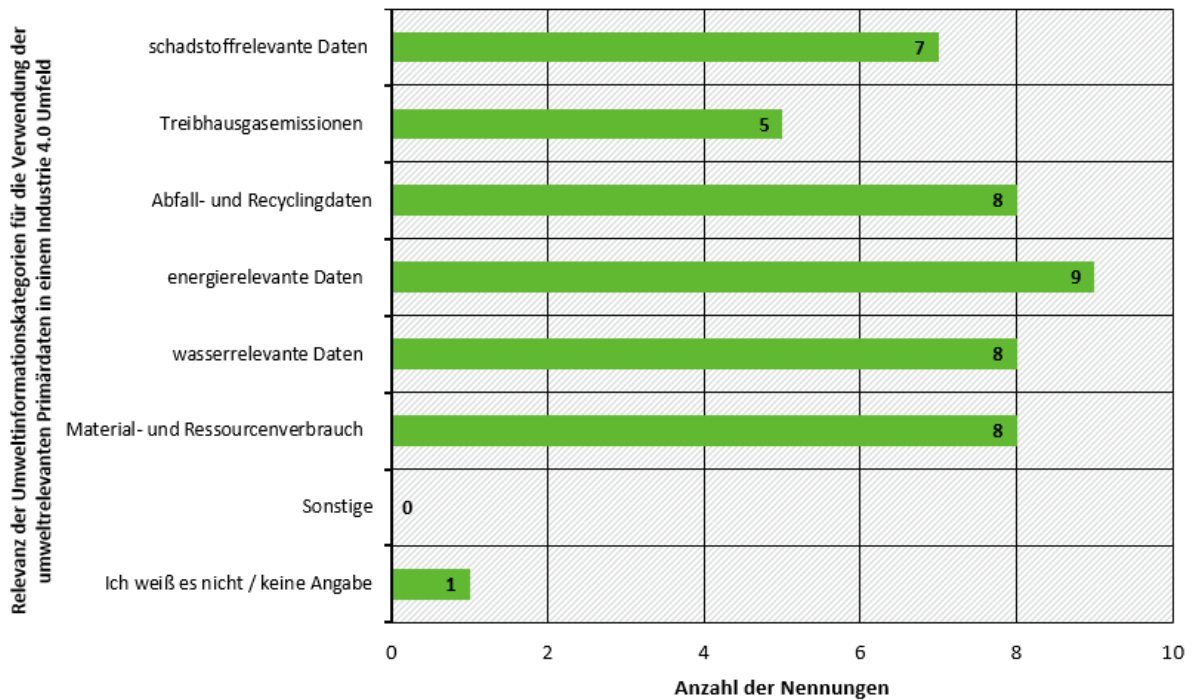


Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Abschließend wurden die Frage gestellt, welche der umweltrelevanten Primärdaten aus Sicht der Unternehmen besonders wichtig für die Verwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld sind. Die befragten Unternehmen haben dabei die Bedeutung energierelevanter Daten, wasserrelevanter Daten, Abfall- und Recyclingdaten sowie Daten zum Material- und Ressourcenverbrauch für die Verwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld am höchsten eingestuft. Die geringste Bedeutung für die Verwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld liegt nach Einschätzung der befragten Unternehmen bei den Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 31).

⁸³ Insgesamt haben in der Umfrage 11 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „Welche zusätzlichen externen Quellen nutzen Sie für die Beschaffung von Daten bzw. Primärdaten zur Erfüllung gewisser Berichtspflichten? (Mehrfachnennungen möglich).“

Abbildung 31: Relevanz umweltrelevanter Primärdaten der betrachteten Informationskategorien für die Verwendung in einem Industrie 4.0 Umfeld⁸⁴



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Deutschland GmbH

Die präsentierte Umfrage stellt eine quantitative Erhebung dar. In Kapitel 9 sollen die bisherigen Erkenntnisse anhand der Praxisbeispiele evaluiert werden.

⁸⁴ Insgesamt haben 11 Unternehmen Angaben zu dieser Frage gemacht: „Welche der umweltrelevanten Primärdaten, die in Ihrem Unternehmen zu den angegebenen Informationskategorien erhoben werden, sind Ihrer Meinung nach besonders wichtig für die Verwendung in einem Industrie 4.0 Umfeld? (Mehrfachnennungen möglich)“

9 Praxisbeispiele aus Unternehmen

9.1 Einleitung

In den vorherigen Kapiteln wurden u. a. Anforderungen an umweltrelevante Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld festgelegt und derzeit zu erhebende Daten auf ihre Eignung überprüft. Die Erkenntnisse sollen nun im Rahmen dieses Kapitels anhand von Praxisbeispielen validiert werden. Dazu werden erste Lösungsansätze zur Überwindung vorherrschender Hindernisse für die Integration umweltrelevanter Daten in ein Industrie 4.0-System vorgestellt.

9.1.1 Ausgangssituation

In der überwiegenden Kommunikation der Autoren*Autorinnen vornehmlich mit klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) – sowohl im Rahmen dieses Vorhabens als auch darüber hinaus – ist festzustellen, dass einer Vielzahl an KMU die Begriffe RAMI 4.0 sowie VWS bisher kaum bekannt sind (vgl. WIK-Consult GmbH (2018)). Dies bestätigt sich ebenso bei aktuell durchgeführten Industrieprojekten zu Werkstruktur- und Werksentwicklungsplanungen bei produzierenden Unternehmen. Das bedeutet, dass diese Themen voraussichtlich auch für zukünftige Entwicklungen (z. B. Planungskonzeptionen umfassen in der Regel einen Zeitraum von ca. 5 bis 10 Jahren) für die Unternehmen von nur nachgelagerter Bedeutung sind und – wenn überhaupt – eher in einer (Fach-) Abteilung behandelt werden. Folglich ist auch eine Erfassung umweltrelevanter Daten mithilfe von RAMI 4.0 bzw. der VWS ebenfalls noch nicht vorgesehen. Zur Wahrung einer Aussagefähigkeit „in der Breite“ der Industrie hinsichtlich Branche, Produkt- und Prozessstruktur, Mitarbeitendenzahl, Umsatz etc. konzentriert sich die im Rahmen dieses Vorhabens vorgenommene Auswahl von Unternehmen entsprechend auf die Zielgruppe, die RAMI 4.0 weder im Einsatz hat noch diese in einer konkreten Planung für die digitale Transformation vorsehen.

9.1.2 Zielsetzung

In diesem Kapitel werden bisherige Erkenntnisse exemplarisch in der Praxis überprüft. Hierfür sind fünf digitale Datenketten, d. h. relevante Daten einer Prozesskette, zu analysieren, wobei sicherzustellen ist, dass verschiedene Bereiche bzw. Prozesse abgebildet werden, um die Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen. Eine dieser digitalen Datenketten soll einen Fokus auf die sog. „Traceability“ (Deutsch: Nachverfolgbarkeit), d. h. die digitale Nachverfolgbarkeit von Stoffen (Rohstoffe, Wertstoffe, Schadstoffe) über ganze Prozessketten, setzen. Ferner sollen aus den Praxisbeispielen abgeleitete Lösungsansätze skizziert, Potenziale aufgezeigt und ebenso Hindernisse dokumentiert werden.

9.1.3 Vorgehensweise

Die identifizierten Handlungsbedarfe sind möglichst in allen Praxisbeispielen zu validieren. Dabei soll anhand verschiedener Praxisbeispiele ein möglichst breites und aussagekräftiges Bild der aktuellen Situation bzgl. der Ermittlung umweltrelevanter Daten in Unternehmen, speziell KMU, geschaffen werden. Hierbei soll der Fokus nur auf ausgewählte Ausschnitte von Datenketten innerhalb der Unternehmen gesetzt werden, um in der Summe möglichst vielfältige Praxisbeispiele zu betrachten. Es wird hierdurch erwartet, dass mehr relevante Aspekte augenfällig werden, die ansonsten möglicherweise durch eine starke Orientierung auf eine unter Umständen sehr spezielle Datenkette übersehen werden würden.

Die Untersuchung von Datenketten umweltrelevanter Daten bezieht sich auf Anlagen- und Produktivitätsdaten (z. B. Prozess- und Zykluszeiten), Energie- und Ressourcendaten (z. B. Energieverbräuche pro Prozess/Maschine/Stück), Produktdaten (z. B. Qualitätsindikatoren) und

Produktionsbedingungen (z. B. Temperatur, Feuchtigkeit, Beleuchtung). Diese Datenketten und die sie bildenden umweltrelevanten Daten lassen sich in der Regel allerdings nicht isoliert erfassen und werden vielfach innerhalb der Unternehmen in sog. Datensilos abgelegt. Diese und weitere Herausforderungen werden im Rahmen des Kapitels diskutiert und Lösungsansätze vorgestellt.

Eine Auswahl von den im Rahmen dieses Vorhabens in verschiedenen Unternehmen durchgeführten Praxisbeispielen werden weiter unten näher beschrieben und die jeweils detailliert untersuchten Datenketten ergänzend bildlich dargestellt (siehe Abbildung 32 bis Abbildung 36). Hierbei wurden die in dem jeweiligen Praxisbeispiel identifizierten, konkreten Datenflüsse zugrunde gelegt und diese mit Blick auf eine zukünftige, automatisierte Umsetzung in Industrie 4.0 bzw. durch das VWS-Modell entsprechend aufbereitet und dargestellt. In den Abbildungen können dabei die einzelnen, quadratischen Elemente entweder als Teil einer VWS oder als eine eigenständige VWS angesehen werden. Eine VWS als virtuelle digitale und aktive Repräsentanz beschreibt in RAMI 4.0 (siehe Kapitel 5.1.1) dabei ein physisches Asset, einen Gegenstand. Diesem Asset werden über dessen VWS dann bspw. Werte zu umweltrelevanten Daten – in den Praxisbeispielen bezogen auf einen konkreten Datenpunkt – zugeordnet.

Auf Basis der Praxisbeispiele werden Lösungsansätze auf dem Pfad zur Industrie 4.0 vorgestellt, die auf der Grundlage der analysierten Datenketten auch die Möglichkeiten einer softwaretechnischen Implementierung berücksichtigen. Eine weitergehende Umsetzungsplanung liegt hingegen nicht im Umfang des Forschungsvorhabens.

9.1.4 Annahmen

Für die Masse der Unternehmen und Kandidaten für die Praxisbeispiele ist der Begriff „digitaler Zwilling“ eher verständlich als der Begriff der VWS und wird in der Kommunikation vielfach verwendet. Das ist methodisch auch angemessen, denn jede VWS ist ein digitaler Zwilling eines Objektes oder Prozesses. Gemäß DIN SPEC 91345 ist eine VWS „eine hinreichend genaue (digitale) Beschreibung eines Assets oder einer Assetkombination“. Die mit der Referenzarchitektur RAMI 4.0 geschaffene rein logische Beschreibung kann in der realen Umsetzung in verschiedenen Systemen realisiert werden. In der Deutschen Normungsroadmap Industrie 4.0, Version 4, wird ausgeführt, dass „die ersten Umsetzungen zentraler HE bereits in diesem Jahr (2020) anlaufen“. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird davon ausgegangen, dass das RAMI 4.0 und die VWS grundlegende Elemente bei der Umsetzung von Industrie 4.0 in Deutschland sein werden. Annahmen sowie Lösungsvorschläge orientieren sich entsprechend daran.

9.2 Darstellung ausgewählter Praxisbeispiele

In diesem Kapitel werden ausgewählte Praxisbeispiele aus der Industrie vorgestellt. Dabei wird eine thematisch zusammenhängende Datenkette betrachtet, die über die Unternehmensgrenzen hinweg gehen kann. Die Praxisbeispiele dienen der Überprüfung der bislang im Rahmen des Forschungsvorhabens gewonnenen Erkenntnisse und zeigen zugleich das Potenzial durch die konsequente Umsetzung einer Industrie 4.0 bei einer entsprechenden Verwendung von VWS sowie der Integration umweltrelevanter Daten auf.

9.2.1 Datenkette bei der Lagerung eines Produkts

Das Unternehmen, das im Fokus der betrachteten Datenkette liegt, ist ein Logistikanbieter, u. a. für Transport, Lagerlogistik und Logistikservices. Die Lagerkapazität des Logistikanbieters bietet mehr als 90.000 Stellplätze im Hochregal, Blocklager oder in speziellen autonomen Gefahrgutlagerzellen. Als Branchen, in denen das Unternehmen tätig ist, werden Chemie, Pharma, Food, Feed und Consumer Goods bedient. Serviceleistungen wie Qualitätsprüfungen,

fortlaufende oder stichtagsbezogene Inventur, Kommissionieren, Veredeln, Probenziehen, Verpacken, Wiegen oder Etikettierung sind im Leistungsportfolio enthalten.

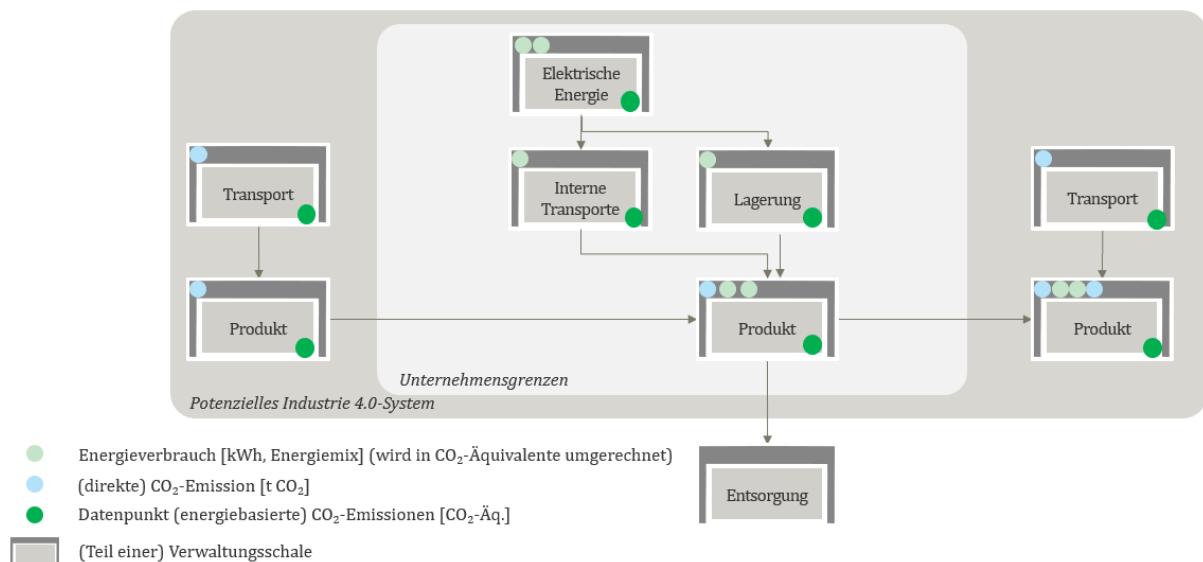
In diesem Praxisbeispiel wird anhand einer Datenkette bei einem Logistikunternehmen erörtert, wie die Allokation von Energieverbräuchen bzw. energiebasierten CO₂-Emissionen (dargestellt in CO₂-Äquivalenten) zu einem bestimmten Produkt erfolgen kann. Dafür werden die relevanten Daten aus der Logistik und der dort stattfindenden Prozesse erhoben und beispielhaft einer Produktgruppe zugeordnet. Die relevanten Logistikprozesse umfassen das Lagern, Kommissionieren und Verladung der Produktgruppe. Der Schwerpunkt des Praxisbeispiels liegt auf der Intralogistik, also den direkt vom Logistikunternehmen zu beeinflussenden Leistungen am Standort. Anhand des Praxisbeispiels soll die Logistik, als ein relevanter Faktor bei der Betrachtung umweltrelevanter Daten, in den Fokus gerückt werden.

In der betrachteten Logistik wird ein Produkt „unverändert“ transportiert, also weder bearbeitet noch verarbeitet. Gleichzeitig werden Logistikprozesse (z. B. Transporte) in der Regel mit Assets (z. B. Lastkraftwagen (LKW), Stapler) sowohl in der Intra- als auch in der Extralogistik – d. h. innerhalb wie außerhalb des Betriebsgeländes – durchgeführt.

Umweltdaten in der Logistik sind v. a. die umweltrelevanten Daten resultierend aus Transporten, Lagerungen und der (Gebäude-)Infrastruktur. Bisher liegen hierzu bei dem Logistikunternehmen Daten aus Energieverbräuchen (Strom, Gas) im hochaggregierten Zustand als Monatsabrechnungen der Energieversorger vor. Im Staplerbetrieb werden Betriebsstunden erfasst. Eine auf umweltrelevante Daten ausgerichtete Erhebung, Auswertung und Nutzung dieser Daten und der Bezug mit den umfassenden Daten des Auftragsmanagement- und Lagerhaltungssystems erfolgt nicht. Umweltrelevante Daten in Form von energiebezogenen Daten bzw. Daten zu CO₂-Emissionen der zu- und abführenden Transporte werden vom Logistikunternehmen nur bedingt erfasst und von Spediteuren oftmals nicht bereitgestellt. Die untersuchte Datenkette für das betrachtete Produkt bezieht sich ausschließlich auf energiebezogene Daten bzw. Daten zu CO₂-Emissionen. Die Logistikprozesse sind Anlieferung des Produkts zum Logistikunternehmen, Einlagerung und Kommissionierung beim Logistikunternehmen und die Auslieferung des Produkts zum Kunden. An- und Auslieferung erfolgen durch externe Unternehmen. Da in den logistischen Prozessen weder Herstell- noch Montagetätigkeiten enthalten sind, verbleibt das Produkt (das Asset) über diesen Zeitraum konstant.

Entlang der Datenkette, siehe Abbildung 32, wird dem betrachteten Produkt prozessbezogen der Datenpunkt (energiebasierte) CO₂-Emissionen [CO₂-Äq.] zugeordnet. Entsprechend werden dem Produkt – bzw. perspektivisch der VWS des Produkts – nachfolgend die CO₂-Emissionen bzw. CO₂-Äquivalente zugeordnet. Datenpunkte der Infrastruktur für Strom können aktuell nur als Primärdaten aus den Abrechnungsdaten der Energieprovider (bspw. in Kilowattstunde [kWh]) ex post ermittelt werden. Diese Energieverbräuche werden beispielhaft in dieser Datenkette den internen Transporten sowie der Lagerung zugeordnet und können bei entsprechenden Kontextinformationen stets auch in CO₂-Emissionen bzw. CO₂-Äquivalente umgewandelt werden. Lagen für (Elektro-)Stapler konkrete Verbrauchswerte und klar bemessene Strecken und Fahrten vor (Intralogistik), wurden für die LKW-Transporte klassifizierte Primärdaten als Durchschnittswerte (bspw. für [g/tkm]) für Fahrzeugtyp, Beladung und Fahrstrecke zur Beschreibung des Datenpunkts verwendet (Transport außerhalb der Unternehmensgrenzen). Für eine solche CO₂-Bilanzierung sind über die Datenkette nunmehr der Palette bzw. dem einzelnen Produkt prozessbezogen Energieverbräuche (siehe Abbildung 32) zuzuordnen, was über die Implementierung diverser VWS für alle Assets automatisiert innerhalb eines Industrie 4.0-Systems erfolgen könnte.

Abbildung 32: Datenkette Kohlendioxidemissionen bei der Lagerung eines Produkts



Quelle: eigene Darstellung, MR PlanFabrik GmbH

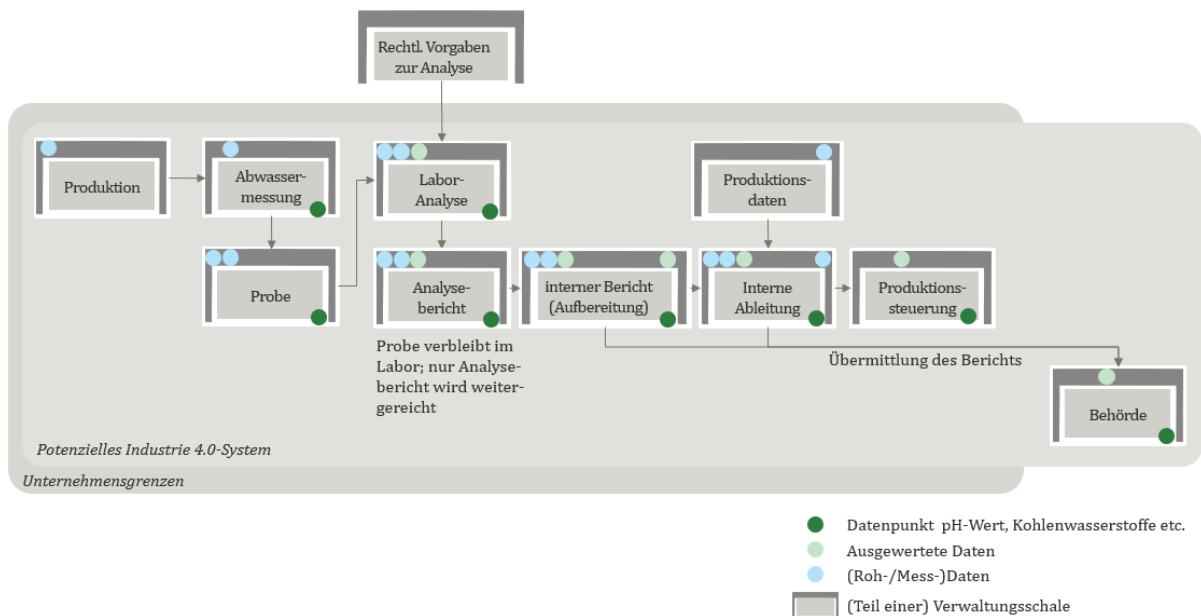
9.2.2 Datenkette bei einer Abwasseranalyse

Die Firma, dessen Datenkette betrachtet wird, ist ein Produktionsunternehmen für chemische Produkte mit über 1.500 Beschäftigten. Zur Produktpalette zählen Substanzen, die u. a. zur Herstellung von Wasch- und Reinigungsmitteln, Farben und Lacken sowie Kosmetika und pharmazeutische Produkte erforderlich sind. Am Standort werden v. a. mineralölbasierte und synthetische Paraffinwachse, Vaselinen sowie flüssige Paraffine hergestellt. Die Kunden kommen aus unterschiedlichen Branchen, wie der Asphaltindustrie, Kosmetik- und Pharmaindustrie, Kunststoffverarbeitung und Kerzenherstellung.

Für dieses Praxisbeispiel wurde aus dem Spektrum an Prozessen die Betrachtung der Abwasseranalytik ausgewählt. Die Firma hat von Seiten der Genehmigungsbehörden eine Vielzahl an Umweltauflagen (Brunnenwasseranalyse, Abwasser etc.) bekommen, die es einzuhalten gilt. Die Abwasseranalytik ist ein Prozess, der zum jetzigen Zeitpunkt viele Medienbrüche beinhaltet und einen großen Anteil händischer Prozessschritte aufweist.

Die Datenkette, dargestellt in Abbildung 33, beschreibt den Prozess zur Durchführung der Abwasseranalyse. So erfolgt zunächst der Produktionsprozess, aus dem die Daten zur Messung hervorgehen. Anschließend wird bei der Abwassermessung eine Probe entnommen, die die Grundlage für die Laboranalyse darstellt. Es werden an diesem Datenpunkt der pH-Wert sowie Kohlenwasserstoffe gemessen. Dies basiert auf der Grundlage der rechtlichen Vorgaben zur Analyse. Es wird im Labor ein Analysebericht erstellt, der dann weitergeleitet wird. Die Probe selbst bleibt dabei im Labor. Für das Unternehmen wird ein interner Bericht erstellt. Dieser kann gemeinsam mit den Produktionsdaten dafür genutzt werden, die Produktionssteuerung anzupassen. Auf Grundlage des Analyseberichts werden die geforderten Informationen an die zuständige Behörde übermittelt. Die Datenpunkte sind in diesem Praxisbeispiel mit dem pH-Wert und den Kohlenwasserstoffen exemplarisch ausgewählt und können auf geltende Berichtspflichten übertragen werden. Das dargestellte potenzielle Industrie 4.0-System beginnt bei den Daten zur Produktion, gefolgt von der Abwasseranalyse mit der Abwassermessung, Beprobung und Laboranalyse und reicht bis einschließlich zu der Behörde, an die berichtet wird.

Abbildung 33: Datenkette Abwasseranalyse



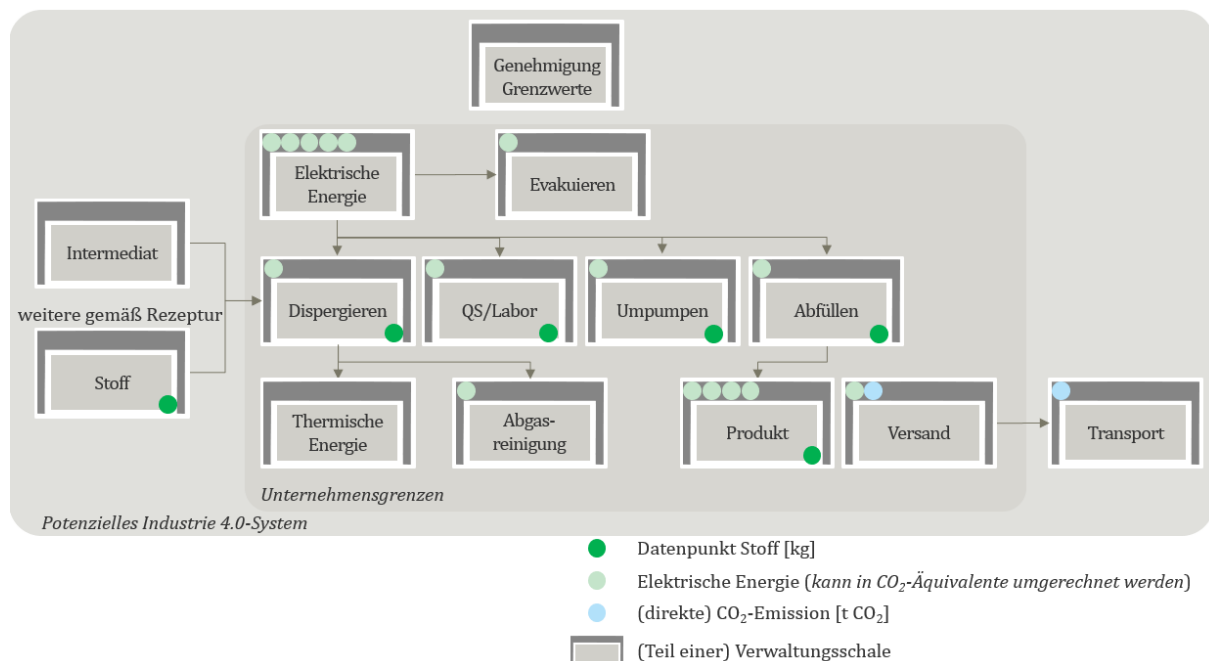
Quelle: eigene Darstellung, MR PlanFabrik GmbH

9.2.3 Datenkette für ein Produkt der Prozessindustrie

Die Herstellung des Produkts eines Systemanbieters und Herstellers von Verbundwerkstoffen aus der Prozessindustrie soll bezüglich relevanter Umweltparameter in Zusammenhang mit Industrie 4.0 untersucht werden. Als Primärdaten werden produktbezogen Energieeinträge, wie Strom und Erdgas, dem Produkt oder dem Fertigungsprozess eines Produkts zugeordnet. In der Ausgangssituation werden Energieverbräuche bisher entweder mit monatlichen Abrechnungen der Energieversorger ganzheitlich erfasst und Kostenstellen zugeordnet. Eine Zuordnung der Energieverbräuche – und mit der Umrechnung in CO₂-Äquivalente – auf Produkte oder deren Herstellungsprozess ist aktuell nicht möglich, aber wünschenswert.

In der Datenkette soll ein (Ausgangs-)Stoff nachverfolgt werden. Im Prozess werden dabei zunächst mehrere Stoffe, inklusive eines Intermediats, gemäß einer vorgegebenen Rezeptur dispergiert. Dabei wird eine relevante Menge an elektrischer Energie benötigt, die dem Produkt zugeordnet wird. Das Produkt, von dem der (Ausgangs-)Stoff nur ein Bestandteil ist, wird dann in einem Labor von der Qualitätssicherung (QS) geprüft, umgepumpt und abgefüllt. Anschließend wird es für den Versand fertig gemacht, wozu in diesem Praxisbeispiel sowohl elektrische Energie benötigt als auch durch unternehmensinterne Prozesse der Versorgungstechnik CO₂ emittiert wird. Das Produkt wird via LKW weitertransportiert, entsprechend resultieren CO₂-Emissionen.

Abbildung 34: Datenkette in der Prozessindustrie



Quelle: eigene Darstellung, MR PlanFabrik GmbH

9.2.4 Datenkette für Schüttgut

Der Seehafenlogistiker, dessen Datenkette für Schüttgüter betrachtet wird, transportiert diese, schlägt sie um und lagert sie. Er stammt aus dem Dienstleistungsgewerbe und betätigt sich als ein Entsorgungsfachbetrieb ebenso mit der Abfalllogistik und ist in dieser Funktion auch als Mittler zwischen Behörden und Kunden tätig. Dabei berät der Seehafenlogistiker seine Kunden mit der eigenen Expertise und Kommunikation gegenüber diversen Stakeholdern.

Das Ausmaß und die Auswirkungen von Emissionen im Umfeld des Seehafenlogistiklers fordern eine (zurzeit eingeschränkte) konsequente und nachvollziehbare Datengrundlage und führen zu wiederholten Diskussionen mit Beiräten der benachbarten Ortsteile. Bei dem Transport, Umschlag sowie bei der Lagerung entstehen in bedeutendem Umfang diffuse Staubemissionen. In diesem Praxisbeispiel wird aus dem Leistungsportfolio des Seehafenlogistiklers speziell der Umschlag von Kohle betrachtet, da dieses Produkt sehr staubintensiv ist.

Zur Ermittlung der Staubemissionen werden aktuell Berechnungsgrundlagen vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) herangezogen (VDI 3790 Blatt 3⁸⁵), die als Excel-Tool vorliegen und mit entsprechenden Daten ausgefüllt werden müssen (u. a. allgemeine Angaben zu den Emissionsquellen, Materialangaben, Windangaben).

Der Seehafenlogistiker erhebt zu schadstoffrelevanten Daten (z. B. Schadstoffemissionen, Schadstoffgehalt in Stoffen/Produkten), Abfall- und Recyclingdaten (z. B. gefährliches Abfallaufkommen, Recyclingquoten), energierelevanten Daten (z. B. Energieverbrauch, Energiebezug) sowie zu wasserrelevanten Daten (z. B. Wasserverbrauch, Abwasserqualität) entsprechende Primärdaten. Bei allen Datentypen ist die maximale Datentiefe bzw. -auflösung auf den Standort bzw. die Betriebsstätte beschränkt. Die Daten werden für schadstoffrelevante Daten sowie für Abfall- und Recyclingdaten jährlich mithilfe lokaler Erfassung über Messgeräte, Sensoren etc. sowie Input-Output-Analysen und für energie- und wasserrelevante Daten monatlich mithilfe lokaler Erfassung über Messgeräte, Sensoren etc. erhoben. Die Erhebung bzw. Speicherung der Daten erfolgt

⁸⁵ VDI 3790 Blatt 3 - Umweltmeteorologie; Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen; Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern

stets über Umweltmanagementsysteme, wobei je nach Datentyp qualitative (z. B. Bericht) bzw. quantitative Dokumentationsformen (z. B. Excel) gewählt werden. Der Speicherort der Primärdaten bzw. die Regelung des Datenzugangs erfolgt betriebsintern. Tabelle 18 stellt eine Übersicht zur Erfassung umweltrelevanter Daten dar.

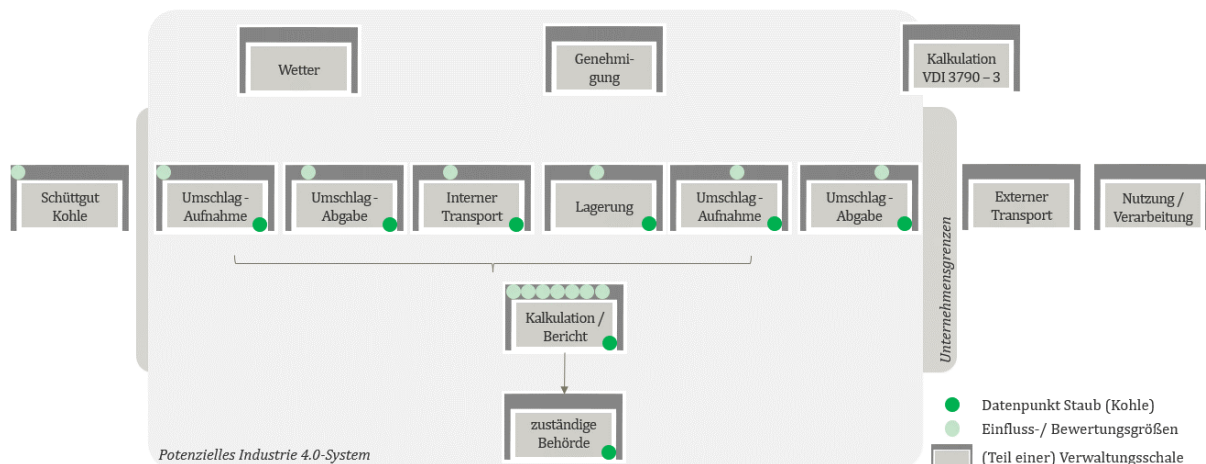
Tabelle 18: Übersicht zur Erhebung umweltrelevanter Daten beim Seehafenlogistiker [eigene Darstellung]

Kategorie	Schadstoff-relevante Daten	Treibhaus-gas-Emissionen	Abfall- und Recycling-daten	Energierel-vante Daten	Wasserrele-vante Daten	Material- und Res-sourcen-verbrauch
Maximale Da-tentiefe / Da-tenauflösung	Standort, Be-triebsstätte, Stoffebene	kA	Standort, Be-triebsstätte, Stoffebene	Standort, Be-triebsstätte	Standort, Be-triebsstätte	kA
Erhebungs-zyklus	<jährlich	kA	<jährlich	<monatlich	<monatlich	kA
Technologien / Methoden zur Erfassung	Lokale Erfas-sung über Messgeräte, Sensoren etc. / Input-Out-put-Analysen	kA	Lokale Erfas-sung über Messgeräte, Sensoren etc. / Input-Out-put-Analysen	Lokale Erfas-sung über Messgeräte, Sensoren etc.	Lokale Erfas-sung über Messgeräte, Sensoren etc.	kA
Daten-struk-tur (Erhebung / Speiche-rung)	Umwelt-ma-nagement-systeme / Qualitativ (z. B. Be-richte) / Quantitativ (z. B. Excel)	kA	Umwelt-ma-nagement-systeme / Quantitativ (z. B. Excel)	Umwelt-ma-nagement-systeme / Qualitativ (z. B. Be-richte) / Quantitativ (z. B. Excel)	Umwelt-ma-nagement-systeme / Quantitativ (z. B. Excel)	kA

kA: keine Angabe

Die Datenkette für den Staub von Kohle ist in Abbildung 35 dargestellt. Das potenzielle Industrie 4.0-System bei der Verwendung von VWS umfasst in dieser Betrachtung die Prozesse, die vom Seehafenlogistiker durchgeführt werden. Entlang der Datenkette für die Kohle werden dem Produkt prozessbezogenen Staubemissionen zugeordnet. Diese entstehen durch umschlagsbezogene Prozesse, die Lagerung sowie den Transport. Die Kohle wird im Prozess mithilfe eines Schiffs angeliefert und in der Regel mit einem anderen Schiff weitertransportiert. Die exakte Erfassung der Stäube sowie deren Zuordnung zu einem Produkt stellt noch eine Herausforderung für die künftige Verwendung von VWS dar.

Abbildung 35: Datenkette für Staub / Schüttgut



Quelle: eigene Darstellung, MR PlanFabrik GmbH

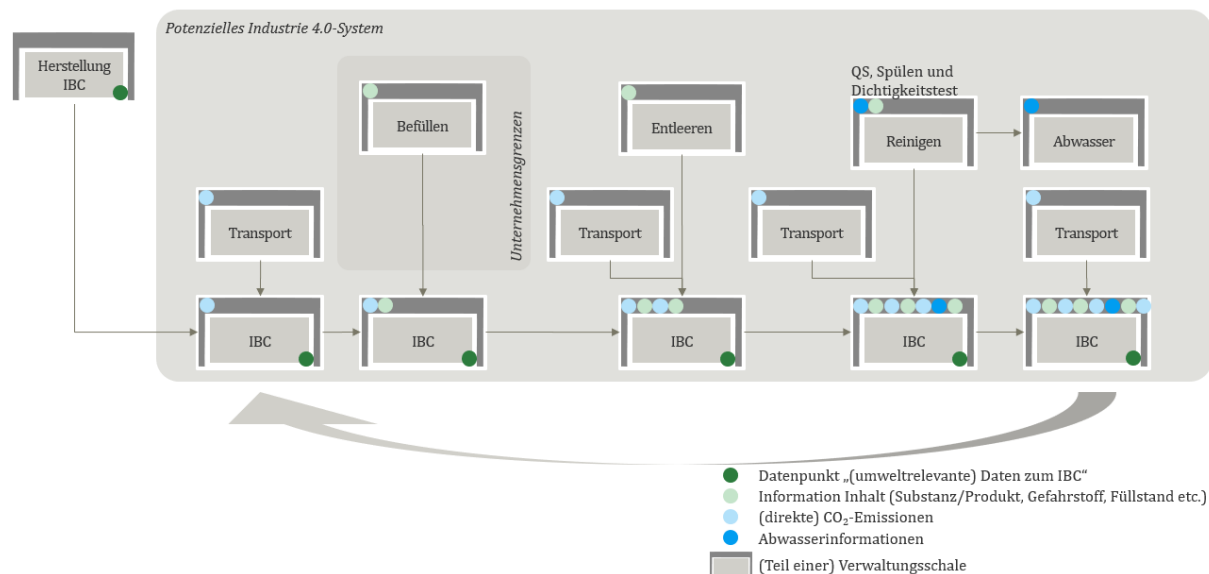
9.2.5 Datenkette für einen Ladungsträger

Die Firma, dessen Datenkette für einen Ladungsträger hier betrachtet wird, ist ein Anbieter von Desinfektions-, Reinigungs- und Pflegeprodukten sowie Textilpflege- und Waschmitteln. Zum Lieferprogramm gehören u. a. Spezialreiniger und Desinfektionsprodukte sowie Wäscherei-, Textil- und Lederpflegeprodukte. Dazu werden Systemlösungen für die Anwendungs-, Dosier- und Applikationstechnik angeboten. Anwendungsfelder sind u. a. die Lebensmittelverarbeitung, Wäscherei und Textilreinigung, Industrie- und Fahrzeugreinigung und die Gebäudereinigung.

Es kann eine Datenkette einerseits für das Produkt, das mit dem Logistikprozess unverändert/ unbearbeitet seinen Standort wechselt und andererseits für den Logistikprozess selbst betrachtet werden. In jedem Fall ist der entsprechende Betrachtungsraum (die Prozessgrenzen) vorab festzulegen. Diese Grenzen können je nach Fragestellung lokal etwa über den Standort und die Grundstücksgrenze des Unternehmens oder über den Beginn und das Ende einer Prozesskette festgelegt werden. Sie beschreiben gleichzeitig das potenzielle Industrie 4.0-System.

Abbildung 36 stellt eine Übersicht der Datenkette eines Intermediate Bulk Container (IBC) in einem Prozess dar. Hierbei handelt es sich um einen quaderförmigen Behälter aus meist Kunststoff in einem Gitterkäfig für flüssige und rieselfähige Stoffe mit in der Regel einer Grundfläche von rund einem Quadratmeter und rund 1.000 Liter Fassungsvermögen. (Umweltrelevante) Daten, wie bspw. CO₂-Emissionen, zum IBC werden beginnend nach dem Herstellungsprozess des IBC bis zu dessen Wiederverwendung in einem potenziellen Industrie 4.0-System betrachtet. Dabei konnten vornehmlich Abwasserinformationen (dunkelblau dargestellt), Informationen zum Inhalt des IBCs (hellgrün) sowie die (direkten) CO₂-Emissionen im Zuge der Prozesskette (hellblau) festgehalten werden. Der Datenpunkt „(umweltrelevante) Daten zum IBC“, welcher verschiedene umweltrelevante Aspekte, wie den transportierten Inhalt bzw. das Produkt und damit ggf. verbundene potenzielle Umweltgefahren oder die transportbedingten CO₂-Emissionen des Ladungsträgers, enthält, ist in der Abbildung dunkelgrün dargestellt.

Abbildung 36: Datenkette für Ladungsträger



IBC: Intermediate Bulk Container

Quelle: eigene Darstellung, MR PlanFabrik GmbH

9.3 Fazit

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Erkenntnisse aus den vorab beschriebenen Praxisbeispielen und detailliert analysierten Datenketten zusammenfassend dargestellt sowie die daraus resultierende Fragestellungen aufgeführt.

Bei der Betrachtung der Datenketten in den Praxisbeispielen wurden zahlreiche **Limitierungen** bei der Weitergabe von Daten festgestellt. Bei den untersuchten Unternehmen werden bspw. häufig keine dezidierten Messungen bzw. Datenerhebungen bspw. zu umweltrelevanten Verbräuchen durchgeführt, wenn diese nicht aus Sicht des Gesetzgebers erforderlich sind. Dies kann zu erheblichen Ungenauigkeiten führen, die über Unternehmensgrenzen hinweg weitergereicht werden und sich ggf. sogar potenzieren können. Dazu kommt es regelmäßig zu Medienbrüchen durch bspw. manuelles Erfassen von Daten, was die Weitergabe von Daten deutlich erschwert.

Bei Energiedaten ist in der Regel die Nutzung von Ex-Post-Informationen und Rückrechnung auf die Produktebene erforderlich. Ein kontinuierliches Monitoring findet nicht statt. Die Datenpunkte können produktbezogen bzw. vorgangsbezogen nur nachträglich in kWh gerechnet werden, wenn die einzelnen Energiequellen möglichst präzise erfasst werden. Eine Umrechnung in CO₂-Äquivalente im Falle der Betrachtung des Energieverbrauchs ist dann grundsätzlich möglich. Die Allokation der Energieverbräuche auf die einzelnen Produkte kann gestützt auf Annahmen und Durchschnittswerte nur rechnerisch erfolgen.

Die Schnittstellen zu den vor- und nachgelagerten Lieferketten, die Systemübergänge bspw. zu Spediteuren und Lieferanten, sind oftmals nicht kompatibel. Hier endet häufig der Informationsfluss für das einzelne Unternehmen. Bei der Betrachtung logistischer Prozesse können mit einer Kalkulation auf Basis der Liefer- und Verkaufsmengen und deren Stückelung grundsätzlich die Größenordnungen ermittelt werden. Eine Absprache zur Bereitstellung (elektronischer) Daten für eine Kollaboration in einem Unternehmensnetzwerk besteht bisher in der Regel nicht.

Als wesentliche **Gaps** haben sich aus den Praxisbeispielen ein Bedarf für eine konsequente Digitalisierung sowie Standardisierung zur unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit bestätigt. Aktuell fehlt noch eine durchgängige Digitalisierung der Daten, um diese anschließend auf ihre Interoperabilität prüfen zu können. Eine Rückverfolgbarkeit der Daten ist aktuell kaum

gegeben, da bspw. bei Energiedaten nachträglich ausschließlich Abrechnungen verwendet werden oder die Messung und Auswertung der umweltrelevanten Daten zeitlich deutlich auseinander liegen. Auch sind die Daten meist nur in geringer Auflösung verfügbar. Mit Blick auf unternehmensübergreifende Wertschöpfungsketten ist die fehlende zeitnahe Datenverfügbarkeit besonders problematisch, da in den laufenden Prozess nicht eingegriffen werden kann und bspw. umweltrelevante Daten nicht unmittelbar spezifischen Produkten zugeordnet werden können. Des Weiteren ist festzuhalten, dass die beteiligten Unternehmen sich weiterhin klar und primär auf die Steigerung der internen Effizienz fokussieren.

Eine Abstimmung zur Verwendung und Ausrichtung der VWS ist kurz bis mittelfristig erforderlich, wenngleich dies für eine umgehende Erhebung der Datenpunkte nicht unbedingt Voraussetzung ist. Die Verwendung von Umweltbasisdaten, genauer das Level der Basisdaten als einzelner Messwert oder aggregierter Wert (auch Mittelwert), ist grundsätzlich zu klären.

Eine allgemeine Methodik mit Vorgaben für die Weitergabe von Datenpunkten über Unternehmensgrenzen hinweg sowie der Zuordnung von Prozessdaten aus nicht wertschöpfenden Prozessen zu Produkten ist anzustreben.

Die Praxisbeispiele bestätigen **Potenziale** bspw. aus der Nutzung von VWS für die inter- und Intra-Logistik. Die Transparenz aus Produkt- und zusätzlich Prozesssicht ermöglicht zusätzliche Entscheidungsgrundlagen und kann ergänzend einen signifikanten Mehrwert zur Prozesssteuerung leisten. Offengelegte umweltrelevante Daten, wie Werte zu Energieverbräuchen in Prozessen und daraus ableitbare Emissionen führen zukünftig vermehrt zu Marktvorteilen auf Seiten der Anbieter und Entscheidungsmöglichkeiten für Kunden und Konsumenten (sowohl Business-to-Business (B2B) als auch Business-to-Consumer (B2C)).

Ein Ansatz, um die „Traceability“ zu erhöhen, wird im Folgenden beschrieben. Der Energieverbrauch für einen Standort (Flurförderzeuge, Klimatisierung, Gefahrstofflager etc.) oder eine Anlage ist zu erheben und zu monitoren, wenn diese Daten dem Produkt mitgegeben werden sollen (z. B. im Sinne einer „CO₂-neutralen Lagerung“). Ein Monitoring kann z. B. über ein CPS oder entsprechende digitale Messsysteme erfolgen. Dabei ist ein Herunterbrechen auf z. B. eine Palette bzw. eine Mengeneinheit, bspw. kg oder t, eines Produkts wünschenswert. So kann die VWS für dieses Produkt mit den entsprechenden Energieverbräuchen angereichert und unter Berücksichtigung des Strommixes die entsprechenden Emissionen dokumentiert werden. Die Verbrauchsdaten sind so aufzubereiten und zu hinterlegen, dass diese nach Möglichkeit den einzelnen Prozessen (Anlieferung, Einlagerung, Auslagerung etc.) zugeordnet werden können.

Für eine Vollständigkeit dieser Daten ist es notwendig, sich mit dem Lieferanten bzw. Hersteller abzustimmen, um zum einen ggf. Werte aus der Produktion/ Herstellung gleich mit dem Produkt mitgeliefert zu bekommen; zum anderen aber auch die Werte vom Transport bspw. zwischen Hersteller/ Lager und Lager/ Kunde mit zu berücksichtigen (Übertragung von Daten zwischen den Systemen Kunde/ Lieferant; definierte Schnittstellen/ Standards; IT-System).

Aus der Betrachtung der einzelnen Datenketten sowie der Gaps und Potenziale ergeben sich verschiedene Herausforderungen und Fragestellungen. Wenngleich die tatsächliche Umsetzung der VWS über geeignete standardisierte Softwarelösungen noch ausstehend ist, kann das industrielle Datenmanagement von der alleinigen Harmonisierung der Daten profitieren und diese entsprechend verfügbar machen. Weiterhin bietet das Konzept der VWS vielversprechende Ansätze und Anknüpfungspunkte für die technische Realisierung eines digitalen Produkt- sowie eines möglichen Anlagenpasses als zentrales (politisches) Instrument für die Harmonisierung und Verfügbarmachung umweltrelevanter Daten. Die VWS legt zudem die Grundlage für eine einheitliche Sprache und Semantik, sodass eine Interaktion zwischen Industrie 4.0-Komponenten gewährleistet werden kann. Dies ist nicht nur fundamental für das Gelingen der Industrie 4.0,

sondern gleichzeitig Voraussetzung für die Erhebung und Pflege umweltrelevanter Daten in diesem Kontext.

Eine VWS als virtuelle digitale und aktive Repräsentanz beschreibt in RAMI 4.0 ein physisches Asset, einen Gegenstand. Diesem Asset werden über dessen VWS umweltrelevanten Daten zugeordnet. Vor der Ausgestaltung einer VWS bspw. zu einem betrachteten Produkt ist demzufolge zunächst der Bezugspunkt der Daten zu klären bzw. das Asset festzulegen, d. h. ob das Produkt und damit dessen VWS generisch das Produkt selbst beschreibt oder ob ein spezieller Repräsentant des Produkts (im Falle eines Logistikunternehmens beispielsweise ein Sack oder eine Palette des Produkts) der Bezugspunkt für die VWS ist.

Aus den in den Praxisbeispielen gewonnenen Erkenntnissen und identifizierten Herausforderungen ergeben sich die folgenden relevanten Fragestellungen:

- ▶ Wie lassen sich umweltrelevante Daten – bspw. erfasst anhand eines Umweltdatensets Produkt – dem einzelnen Produkt zuordnen?
- ▶ Wie lassen sich umweltrelevante Daten aus (komplexen) Prozessen dem einzelnen Produkt zuordnen und in einer VWS verorten?
- ▶ Kann der Prozess (und nicht nur das Produkt) über eine Datenkette bewertet werden? (Die VWS ist bisher nur für physische Objekte (sog. Assets, bspw. ein Produkt) vorgesehen)
- ▶ Wie aussagefähig ist ein Wert zum Energieverbrauch in der Logistik für das Produkt? Auf welche Energieträger (Kohlestrom, grüner Strom, Wasserstoff etc.) bezieht sich dieser Wert?
- ▶ Welche (umweltrelevanten) Daten sollte bzw. muss ein Umweltdatenset Produkt oder Umweltdatenset Anlage zukünftig enthalten?

10 Handlungsempfehlungen

Die Einbeziehung umweltrelevanter Daten in dem sich derzeit weiterentwickelnden Industrie 4.0-Umfeld liefert ein erhebliches Potenzial für die Umwelt. Um dieses zu heben, bedarf es zielgerichteter Handlungen. Die HE, die im Rahmen der im Vorhaben durchgeführten Tätigkeiten entwickelt wurden, beziehen sich vorrangig auf die Politik bzw. können von ihr initiiert und/oder gefördert werden. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- 1. Förderung einer belastbaren, standardisierten, interoperablen Datengrundlage**
- 2. Kontinuierliche Harmonisierung und weitere Standardisierung umweltrelevanter Daten**
- 3. Weiterentwicklung von Umweltdatensets zu VWS-Teilmodellen**
- 4. Förderung von Unternehmen und Wissenschaft**

Die HE werden nachfolgend erläutert. In den einzelnen Kapiteln wird zunächst das Potenzial bzw. Hindernis beschrieben und dann das zu erreichende Ziel formuliert. Die HE ergeben sich dabei aus den Handlungsbedarfen, die im Laufe des Vorhabens identifiziert wurden.

(1) Förderung einer belastbaren, standardisierten, interoperablen Datengrundlage

Die Schaffung einer verwertbaren Datengrundlage ist eine zwingende Voraussetzung, um umweltrelevante Daten in einem Industrie 4.0-Umfeld aktiv und zielorientiert zu nutzen. Um dies zu erreichen und eine belastbare Datengrundlage zu fördern, sind diverse Aktivitäten erforderlich bzw. werden empfohlen, welche nachfolgend beschrieben werden.

► (HE 1.1) Ziel- und anwendungsorientierte Erfassung umweltrelevanter Daten:

Es ist weder wirtschaftlich noch praktikabel, alle (potenziell) umweltrelevanten Daten digital zu erfassen und zu bevorraten. Vielmehr ist eine ziel- und anwendungsorientierte Datenerfassung angezeigt, die sich an konkreten Auswertezielen orientiert und einen definierten Mehrwert generiert. Allein schon aus Gründen der Ressourcenschonung sollten Daten nicht ziellos gesammelt werden, sondern konkreten, vorab definierten Zielen dienen, wie beispielsweise der betrieblichen Umweltberichterstattung. Bei jeder digitalen Erfassung, Speicherung und Weitergabe von Daten sollte die Frage gestellt werden, ob sich hieraus relevante Mehrwerte für die Umwelt ergeben. Diese Mehrwerte können sich auf unterschiedlichste Perspektiven (Sichten, Rollen), Akteure (Hersteller, Unternehmen in Lieferkette, Behörde, Verbraucher, Recycler) und Aspekte beziehen. Ziel sollte es sein, für jeden Bereich die jeweils umweltrelevanten Daten zu identifizieren, welche relevante Mehrwerte für die Umwelt generieren bzw. zukünftig generieren können und diese Daten sodann regelmäßig zu erfassen sowie zielorientiert auszuwerten.

► (HE 1.2) Spezifikation des Begriffs umweltrelevanter Daten:

Anhand von Berichtspflichten werden ausgewählte Umweltdaten an zuständige Behörden berichtet bzw. müssen aufgrund bestehender Vorgaben erhoben werden. Es gibt darüber hinaus eine Vielzahl weiterer umweltrelevanter Daten, die mindestens aus Umweltsicht ein erhebliches Potenzial bergen (z. B. Daten zu Temperatur/Druck im Hinblick auf Anlagensicherheit), deren Umweltrelevanz sich jedoch erst bei näherer Betrachtung und im Kontext von Industrie 4.0 bzw. einer zunehmenden Digitalisierung erschließt. Für die Erfassung umweltrelevanter Daten als Grundlage für regulatorische und ökonomische Instrumente ist es erforderlich, zunächst den Begriff der umweltrelevanten Daten weiter zu schärfen und hierzu ein einheitliches Verständnis zu entwickeln. Umweltrelevante Daten können nach Branchen oder Produkten definiert und bspw. in verschiedene Klassen aufgeteilt werden: a) rechtsverbindliche, berichtspflichtige, umweltrelevante Daten, b) nicht rechtsverbindliche,

(freiwillige) umweltrelevante Daten und c) umweltrelevante Daten, deren Erfassung sich nicht nur durch den erwartbaren (Umwelt-)Nutzen begründet. Das Ziel ist es, dass für alle Akteure*Akteurinnen festgelegt ist, bei welchen Daten es sich um umweltrelevante Daten handelt. Hierbei wird dann berücksichtigt, dass je nach Produkt und Branche andere Daten als umweltrelevant gelten können, da die Umweltrelevanz neben den Emissionen in Luft, Wasser etc., die überwacht werden müssen, auch beispielsweise Fragen der Zirkularität von Produkten umfassen kann. Darüber hinaus sind nicht nur die umweltrelevanten Daten im engeren Sinne, beispielsweise die berichteten Emissionswerte zu einer Industrieanlage oder Schadstoffkonzentrationen in einem Produkt, zu betrachten, sondern auch die entsprechenden Kontext- und sonstigen Informationen, die zur Bewertung, Einordnung, Berechnung, geographischen Verortung etc. der jeweiligen umweltrelevanten Daten benötigt werden. Diese ergänzenden Informationen sind wesentlich für die Qualität und Verwertung der Daten und daher als umweltrelevante Daten im weiteren Sinne einzustufen, welche ebenfalls systematisch zu erfassen und dokumentieren sind. Es besteht somit ein Bedarf, genauer zu spezifizieren, welche Daten, umweltrelevante Daten im engeren und weiteren Sinne, in den jeweiligen Anwendungsbereichen regelmäßig zu erfassen und aufzubereiten sind, um sodann einer zielorientierten Verwertung zugeführt zu werden. Auf der Grundlage des gemeinsamen Verständnisses umweltrelevanter Daten können dann unternehmensintern sowie -übergreifend belastbare umweltrelevante Daten erhoben werden, welche für vielfältige Anwendungsbereiche und Auswerteziele genutzt werden können.

► **(1.3) Präzisierung der Vorgaben zur Erfassung, Aufbereitung und digitalen Weitergabe der Daten:**

Aus den bestehenden betrieblichen Berichts- und Informationspflichten, seien es die rechtsverbindlichen oder freiwilligen, geht nicht immer eindeutig hervor, wie umweltrelevante Daten (Methode, Intervall, Kontextdaten) zu erheben, aufzubereiten und an Dritte weiterzugeben sind. Klare Vorgaben zur Erfassung und z. B. statistischen Aufbereitung der umweltrelevanten Daten sind zudem wesentliche Voraussetzungen für die Vergleichbarkeit und Qualität von Daten. Die Berichts- und Informationspflichten beziehen sich häufig auf die etwas übergeordnete Informationsebene und weniger auf die spezifischen Daten. Fehlen konkrete Vorgaben für die präzise Datenerfassung, Aufbereitung und Weitergabe, so werden die Daten von den Unternehmen in unterschiedlicher Art und Weise erhoben, was zur Folge hat, dass die erfassten Daten und daraus resultierenden Ergebnisse nicht bzw. nur eingeschränkt miteinander vergleichbar sind. Insbesondere bei der Betrachtung ganzer Prozessketten über Unternehmensgrenzen hinweg führt dies zu größeren Ungenauigkeiten (siehe bspw. Scope 3 Emissionen WBSCD 2021). Die Interoperabilität spielt im Kontext von Industrie 4.0 eine entscheidende Rolle. Entsprechend müssen Daten in digitaler Form vorliegen, maschinenlesbar sein, sollten einem open standard, d. h. einem Standard, den jeder frei nutzen kann, folgen und über ein interoperables Format verfügen (Ramesohl et al., 2022). Ohne eine entsprechende Interoperabilität sind weder unternehmensintern noch unternehmensübergreifende digitale Lösungen auch für umweltrelevante Daten denkbar. Vorgaben, welche die Erfassung, Aufbereitung und Weitergabe von Daten genau beschreiben bzw. präzisieren, sind bei der Ausarbeitung von gesetzlichen oder sonstigen Regelwerken bzw. Standards von Beginn an mitzudenken und entsprechend umzusetzen. Dies stellt einen konkreten Auftrag an den Gesetzgeber bzw. die Politik dar sowie an die Akteure aus dem Bereich der Standardisierung und Normung.

► **(HE 1.4) Relevante Kontextinformationen zu Daten identifizieren, festlegen und dokumentieren:** Kontextinformationen verschiedenster Art tragen ganz wesentlich zu einer sachlich richtigen Interpretation bzw. Bewertung der umweltrelevanten Daten bei und sind grundlegend für die weitere Arbeit/ Kalkulation mit diesen Daten. Z. B. können

Luftemissionen aus Verbrennungsprozessen, die bei unterschiedlichem Sauerstoffgehalt gemessen wurden, nicht direkt miteinander verglichen werden. Neben dem Sauerstoffgehalt spielen beispielsweise auch Druck und Temperatur eine sehr wichtige Rolle bei der Messung von Luftemissionen. Um sicherzugehen, dass Daten tatsächlich vergleichbar und somit in digitalen Systemen auch interoperabel sind, sind diese in gleicher Art und Weise bzw. unter gleichen Rahmenbedingungen zu erheben und die jeweiligen Kontextinformationen entsprechend zu dokumentieren. Gleichzeitig trägt eine systematische Verknüpfung von Daten mit den dazugehörigen Kontextinformationen zu einer Verbesserung der Datenqualität bei. Daher sollten die für die jeweiligen Daten relevanten Kontextinformationen identifiziert, verbindlich festgelegt und sodann systematisch zusammen mit den umweltrelevanten Daten dokumentiert und mitgeführt werden.

- ▶ **(HE 1.5) Digitale Verfügbarmachung von umweltrelevanten Daten aus Dokumenten:** Umweltmanagementberichte von Unternehmen, Umweltzertifikate zu Produkten oder beispielsweise Sicherheitsdatenblätter (SDB) enthalten diverse umweltrelevante Daten, liegen jedoch zumeist als PDF-Dokumente vor und sind demzufolge nicht automatisiert auslesbar. Um bereits erhobene, in PDF oder sonstigen Dokumenten dargestellte umweltrelevante Daten digital verfügbar und für andere Anwendungen nutzbar zu machen, bedarf es daher einer standardisierten IT-technischen Hinterlegung der umweltrelevanten Daten für jeden Dokumententyp. Ziel sollte es sein, umweltrelevante Daten in Berichten, Zertifikaten und sonstigen Dokumenten standardmäßig dergestalt aufzubereiten und zur Verfügung zu stellen, dass diese digital und ohne qualitative Verluste in andere Formate, wie beispielsweise einen digitalen Produktpass, übertragen und somit nutzbar gemacht werden können.
- ▶ **(HE 1.6) Rollenspezifische Definition von Zugriffsrechten auf (umweltrelevante) Daten:**
In Industrie 4.0-typischen Systemen mit einem vernetzten, dezentralen Datenmanagement, sind nicht nur die Daten selbst und ihre Eigenschaften zu betrachten, sondern auch deren Schutz und die daraus resultierenden selektiven Zugriffsrechte. Die unterschiedlichen Akteure* Akteurinnen haben einen sachlich begründeten Anspruch darauf, genau die umweltrelevanten Daten einzusehen, die für ihren jeweiligen rollenspezifischen Handlungsbereich relevant sind. So sollte ein Recycler Zugang zu allen recyclingrelevanten Produktdaten erhalten und ein*eine Konsument* Konsumentin Zugang zu der Reparaturanleitung und verbraucherrelevanten Produktdaten. Die Akteure* Akteurinnen handeln in unterschiedlichen Rollen, welche jeweils mit rollenspezifischen Zugriffsrechten hinterlegt sind. Es muss daher verbindlich festgelegt werden, welche Akteure* Akteurinnen, welche Daten einsehen können bzw. es sind Rollen festzulegen (z. B. Konsument* Konsumentin, Recycler, Behörde) und die damit verbundenen rollenspezifischen Zugriffsrechte. Hierbei kann die Festlegung entweder über die Standardisierung oder durch eine Konkretisierung in Rechtstexten erfolgen. Ziel ist es, Daten in Industrie 4.0-Anwendungen zu schützen und gleichzeitig den diversen Akteursgruppen einen weitgehend automatisierten, rollenspezifischen Zugriff auf die Daten zu ermöglichen.
- ▶ **(HE 1.7) Überprüfung und Aktualisierung von ECLASS und ggf. weiterer Klassifikationsstandards hinsichtlich umweltrelevanter Daten:** ECLASS ist ein Datenstandard für die Klassifizierung von Produkten und Dienstleistungen, bei dem standardisierte ISO-konforme Merkmale verwendet werden. ECLASS wird häufig als ein sog. Enabler für die Industrie 4.0 gesehen, da er den internationalen digitalen Datenaustausch von Produktstammdaten ermöglicht und sich auch so in den ERP-Systemen wiederfindet. Entsprechend verfügt ECLASS über eine hohe Akzeptanz bei den Unternehmen und wird häufig verwendet.

Umweltmerkmale sind bereits in ECLASS enthalten⁸⁶, sollten jedoch auf Inhalte, Vollständigkeit, Aktualität sowie Erweiterungspotentiale überprüft werden. Dies würde den unternehmensübergreifenden Datenaustausch insbesondere bei internationalen Lieferketten deutlich vereinfachen. Das Ziel wäre es, dass Merkmale, die für die Berichtspflichten und darüber hinaus für umweltrelevante Daten relevant sind, auch in ECLASS hinterlegt sind und von der Industrie genutzt werden. Es wird daher empfohlen, durch die Mitarbeit in entsprechenden ECLASS Arbeitsgruppen auf eine möglichst umfängliche Integration von umweltrelevanten Daten in der ECLASS Standardisierung hinzuwirken und somit die digitale Integration von Umweltdaten in betrieblichen Wertschöpfungsnetzwerken zu fördern.

(2) Kontinuierliche Harmonisierung und weitere Standardisierung umweltrelevanter Daten

Eine Harmonisierung verschiedener Berichtspflichten, die sich auf die gleichen umweltrelevanten Daten beziehen, würde zu einer erheblichen Vereinfachung für die zu berichtenden Unternehmen sowie die digitale Berichterstattung und Weiterverarbeitung der umweltrelevanten Daten führen. Spezifische Standards würden für mehr Klarheit bei der Datenerhebung und ebenfalls einer besseren Weiterverarbeitung der umweltrelevanten Daten sorgen und könnten bei der Harmonisierung der Berichtspflichten mitberücksichtigt werden. Im Folgenden sind Aktivitäten beschrieben, die diesen Prozess unterstützen.

► (HE 2.1) Harmonisierung von berichtspflichtigen umweltrelevanten Daten:

Bei der vergleichenden Betrachtung von umweltrelevanten Berichtspflichten, welche im Rahmen dieses Forschungsprojektes erfolgte, wurde festgestellt, dass die zu berichtenden Umweltdatenpunkte, selbst wenn es sich beispielsweise um den gleichen Schadstoff handelt, nicht direkt vergleichbar bzw. nicht interoperabel sind. Dies erklärt sich aus den variierenden, voneinander abweichenden Definitionen beispielsweise des emittierten Schadstoffs (z. B. Summenparameter, NO_2/NO_x), der Anlage (z. B. Auslass, Betrieb, Standort) oder ungenauer bis fehlender Vorgaben für die Messtechnik, Messbedingungen (z. B. Druck, Temperatur, Sauerstoffgehalt) und Berechnung (z. B. mathematisches/statistisches Verfahren). So kommt es vor, dass Summenparameter (z. B. Polychlorierte Biphenyle (PCB)) in unterschiedlichen rechtlichen Regelwerken abweichend definiert sind und die berichteten Umweltdaten deswegen nicht direkt miteinander verglichen werden können. Bei der Erarbeitung neuer gesetzlicher Regelwerke, sei es auf nationaler oder europäischer Ebene, sollten daher bestehende Definitionen und Berichtspflichten berücksichtigt bzw. herangezogen werden und die Festlegung neuer, abweichender Vorgaben möglichst vermieden werden. Ziel ist es, die Definitionen und Berichtspflichten von umweltrelevanten Daten in gesetzlichen und sonstigen Regelwerken systematisch und kontinuierlich zu harmonisieren und somit aktiv zu deren Interoperabilität und Verwertung in Industrie 4.0-Systemen beizutragen. Gleichzeitig führt eine Harmonisierung der Umweltberichtspflichten auch zur Reduzierung des Aufwands und somit der Kosten für die Unternehmen. Erste Ansätze in Richtung einer Harmonisierung von Definitionen und Berichtspflichten sind auf EU-Ebene bzw. bei der Überarbeitung von EU-Verordnungen und -Richtlinien (z. B. IED) bereits zu erkennen, erfolgen jedoch bislang weder systematisch noch unter Aspekten der Digitalisierung bzw. Interoperabilität und Verwertbarkeit von umweltrelevanten Daten.

► (HE 2.2) Weiterentwicklung der Berichterstattung im betrieblichen Umweltmanagement:

Betriebliche Umweltmanagementsysteme (UMS) sind entweder in gesetzlichen Regelwerken (z. B. EMAS) oder über internationale Standards (z. B. ISO 14001) reguliert bzw. werden darin beschrieben. Die Vorgaben für die anzuwendende Methodik und Datenerhebung sowie

⁸⁶ <https://eclass.eu/eclass-standard/releases> (10.07.2023)

das Berichtsformat sind jedoch für jedes UMS unterschiedlich, sodass eine Vergleichbarkeit der Umweltmanagementberichte und darin enthaltenen umweltrelevanten Daten nicht gegeben ist. So ist bspw. in der ISO 14001 keine einheitliche Vorgehensweise zur Analyse und Bewertung der Umweltaspekte vorgegeben. Ausschlaggebend ist nur, ob die Vorgehensweisen plausibel und nachvollziehbar sind. Insbesondere für die steuerbaren Umweltaspekte, die am Betriebsstandort selbst verursacht werden, können einheitliche Methoden für ausgewählte umweltrelevante Daten, bspw. unter Rückgriff auf etablierte gesetzliche Regelwerke für die jeweilige Branche, definiert werden, damit mehr Transparenz und Vergleichbarkeit geschaffen wird und die Daten gegebenenfalls in einer Industrie 4.0 nutzbar sind. Ziel ist es, im Rahmen der Weiterentwicklung von UMS, die genaue methodische Vorgehensweise sowie detaillierte Vorgaben für die Erfassung und Aufbereitung umweltrelevanter Daten für das jeweilige UMS verbindlich zu hinterlegen. Somit werden für umweltrelevante Daten standardisierte Methoden zur Erfassung, Speicherung (und ggf. Weitergabe) definiert, die eine größere Transparenz und Vergleichbarkeit schaffen und eine Grundlage für die unternehmensübergreifende Nutzung umweltrelevanter Daten in einer Industrie 4.0 darstellen.

► **(HE 2.3) Standardisierung des unternehmensübergreifenden umweltrelevanten Datenaustauschs:**

Die Weitergabe von umweltrelevanten Daten in unternehmensübergreifenden Prozessen, Lieferketten, bei Logistikdienstleistern und sonstigen grenzüberschreitenden Wertschöpfungsketten birgt erhebliches Potential für die Umwelt und trifft gleichzeitig in der Realität auf vielfältige Herausforderungen. Allem voran sei hier der Datenschutz bzw. ein sicherer, vertrauensvoller Datenaustausch zwischen den diversen Akteuren* Akteurinnen bzw. Unternehmen genannt, wobei der grenzüberschreitende, internationale Austausch von Daten und Informationen eine besondere insbesondere juristische Herausforderung darstellt. Derweil liegen wesentliche Teile der umweltrelevanten Daten bereits in digitaler Form vor, jedoch zumeist in unterschiedlichen digitalen, nicht standardisierten Formaten. Entsprechend bedarf es pragmatischer Lösungsansätze, um den unternehmensübergreifenden Daten- und Informationsaustausch zu fördern und gleichzeitig datenschutzrechtliche Aspekte angemessen zu berücksichtigen. Ein standardisierter Prozess zum Austausch umweltrelevanter Daten sollte entwickelt und in der Praxis getestet werden, insb. um Unsicherheiten bzgl. des Datenschutzes abzubauen und einer damit verbundenen Vermeidung bis Verweigerung der Datenweitergabe entgegenzuwirken. Die Unternehmen sollten als Ergebnis ohne eine juristische Beratung in der Lage sein, zu wissen, welche umweltrelevanten Daten mit welchen Kontextdaten in welcher Weise geteilt werden können. Ziel ist es, einen internationalen Standard zu entwickeln und zu etablieren, welcher einen sicheren, standardisierten und qualitativ hochwertigen Datenaustausch zwischen Unternehmen gewährleistet und die Weitergabe von umweltrelevanten Daten in Prozessketten ermöglicht.

(3) Weiterentwicklung von Umweltdatensets zu VWS-Teilmodellen

Die im Rahmen des Vorhabens entwickelten Umweltdatensets können als Grundlage für ein VWS-Teilmodell Umwelt genutzt werden. Hierbei sind die nachfolgend beschriebenen Aktivitäten förderlich, um die Umweltdatensets weiterzuentwickeln und perspektivisch in die flächendeckende Umsetzung zu überführen.

- **(HE 3.1) Integration umweltrelevanter Daten in das RAMI 4.0 bzw. in die VWS:** Das Konzept der VWS bietet vielversprechende Ansätze und Anknüpfungspunkte für die technische Realisierung eines digitalen Produkt- sowie eines möglichen Anlagenpasses als zentrales (politisches) Instrument für die Harmonisierung und Verfügbarmachung umweltrelevanter Daten. Die VWS legt zudem die Grundlage für eine einheitliche Sprache und Semantik, sodass eine Interaktion zwischen Industrie 4.0-Komponenten gewährleistet werden kann. Dies

ist nicht nur fundamental für das Gelingen der Industrie 4.0, sondern gleichzeitig Voraussetzung für die Erhebung und Pflege umweltrelevanter Daten in diesem Kontext. Entsprechend muss sichergestellt werden, dass die Integration umweltrelevanter Daten in die Architekturen regelmäßig überprüft wird und, falls erforderlich, entsprechende Aktualisierungen vorgenommen werden. Erste konzeptionelle Ansätze zu einer standardisierten Integration umweltrelevanter Daten in Industrie 4.0-Systeme bzw. die VWS sind in der Deutschen Normungsroadmap Industrie 4.0, Version 5, hinterlegt und wurden im Rahmen des InterOpera-Projektes in Form von Teilmodellprojekten bereits umgesetzt. Diese Ansätze sollten weiterverfolgt und ausgebaut werden mit dem Ziel, eine durchgehende und vollständige Integration umweltrelevanter Daten in Industrie 4.0-Systemen bzw. den Modellen zu erreichen.

- **(HE 3.2) Definition, Standardisierung und Einführung eines digitalen Anlagenpasses:**
In Analogie zu dem von der EU anvisierten Einführung eines EU-weit einheitlichen, standardisierten, digitalen Produktpasses wird, basierend auf den Ergebnissen dieses Forschungsprojektes, die Einführung eines digitalen Anlagenpasses für Industrieanlagen empfohlen. Grundlage hierfür ist – sowohl konzeptionell als auch inhaltlich – das im Rahmen dieses Projektes erarbeitete Umweltdatenset zur Anlage, welches aktuell im Word- und Excel-Format vorliegt. Das vorgelegte Umweltdatenset ist flexibel um weitere Inhalte bzw. Umweltberichtspflichten erweiterbar und wird über einen Header für eine Anlage spezifiziert. Umweltrelevante Daten und zu berichtenden Umweltdaten (Emission in die Luft, Abwasser, Abfall, u. a.) liegen laut Expertisegesprächen unternehmensintern zumeist verteilt in unterschiedlichen Fachabteilungen vor und werden nicht zentral verwaltet. Eine vollständige Zusammenstellung aller relevanten Umweltdaten zu einer Anlage angefangen von Emissionen in die Luft, über Abwassermengen, Abfallaufkommen und sonstiger umweltrelevanter Informationen in einem Umweltdatenset stellt somit einen Mehrwert an sich dar. Werden Struktur und Inhalte des vorgelegten Umweltdatensets zur Anlage in ein standardisiertes digitales Format überführt und anschließend als europäischer Standard oder gegebenenfalls als internationale Norm festgeschrieben, so ergeben sich vielfältige weitere umweltrelevante Anwendungen. Industrieanlagen und ihre anlagenspezifischen Emissionen und sonstigen Umwelteinwirkungen werden vergleichbar und die umweltrelevanten Daten einer Anlage können mit anderen Daten kombiniert und z. B. mit dem digitalen Produktpass (DPP) verknüpft werden. Bei der Festlegung und Standardisierung eines solchen digitalen Anlagenpasses, sollte die regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung der Inhalte bzw. rechtlicher Vorgaben mitgedacht werden. Ziel ist es, aktiv darauf hinzuwirken, dass das im Rahmen dieses Projektes erarbeitete Umweltdatenset zur Anlage in eine standardisierte, digitale Form überführt und in Normen festgeschrieben wird. Der Anlagenpass sollte dabei die einheitliche Erfassung, Speicherung und Übermittlung umweltrelevanter Daten im Kontext einer Anlage ermöglichen. Ein solcher Anlagenpass könnte in Zukunft auch für eine weitgehend automatisierte Umweltberichterstattung verwendet werden, birgt aber auch ein erhebliches Potenzial für die Optimierung einzelner Anlagen – unabhängig von der Berichtspflicht – sowie von ganzen Supply Chains. Aussagekräftige umweltrelevante Daten wären dann je Anlage und Sicht der jeweiligen Akteure*Akteurinnen transparent dargestellt. Hierdurch wäre bspw. der Einfluss von neuen, technischen Maßnahmen auf umweltrelevante Emissionen einfach nachzuvollziehen. Auch eine Erweiterung des Umweltdatensets in einen ökologischen oder sozialen Nachhaltigkeitspass für Anlagen wäre möglich, wenn neben den Informationen zu umweltrelevanten Daten noch weitere Informationen bezüglich der Nachhaltigkeit der Anlagen aufgenommen werden. Somit könnten die Unternehmen zusätzlich motiviert werden, eine höhere Nachhaltigkeit auszuweisen, um sich bspw. auch Wettbewerbsvorteile zu sichern. Ein weiteres Ziel sollte es folglich sein, neben der Standardisierung und Normung des digitalen Anlagenpasses, dessen Implementierung und Etablierung in den verschiedensten

Anwendungsbereichen aktiv zu fördern und auszubauen. Im Hinblick auf die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten eines solchen digitalen Anlagenpasses, wurde bei projektinternen Workshops und Expertisegesprächen von Seiten der Unternehmen wiederholt der Wunsch geäußert, auch als nicht umweltberichtspflichtiger Anlagenbetreiber, den digitalen Anlagenpass nutzen zu dürfen, bspw. für die Unternehmenskommunikation. Gegebenenfalls könnte es auch als politisches Ziel formuliert werden, dass zu jeder Anlage unabhängig von ihrer Größe und etwaiger Umweltberichtspflichten ein digitaler Anlagenpass zu führen und regelmäßig zu aktualisieren ist. Dies würde eine vergleichende Betrachtung von Industrieanlagen unter Umweltgesichtspunkten ermöglichen sowie perspektivisch die anlagenbezogenen Umweltdaten auch den jeweils hergestellten Produkten zuweisen können.

► **(HE 3.3) Entwicklung, Standardisierung und Einführung eines digitalen Logistikpasses:**

In Analogie zu einem digitalen Produkt- und Anlagenpass, kann auch ein digitaler Logistikpass angedacht werden, welcher sich auf die Verkehrsträger (Auto, LKW, Schiff, Flugzeug, u. a.) bezieht und gleichzeitig die Möglichkeit einer Verkettung und Datenaggregation über die gesamte Logistikkette ermöglicht. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden Logistik- bzw. verkehrsbezogene Umweltdaten nicht systematisch erfasst. Gleichzeitig können die erarbeiteten Umweltdatensets für Anlagen und Produkte als Grundlage zur Erstellung eines Umweltdatenset für die Logistik und einen darauf aufbauenden digitalen Logistikpass herangezogen werden. Bisher gibt es Tools, die Unternehmen dabei unterstützen, umweltrelevante Daten, die durch die Logistik entstehen, anhand von Datenbanken zu berechnen (bspw. ecotransit.org). Prozesse der Intralogistik sind jedoch schwieriger durch solche Tools abzubilden. Eine flächendeckende, systematische Erfassung umweltrelevanter Daten findet im Bereich der Logistik dadurch nicht statt, was insbesondere bei den Praxisbeispielen deutlich wurde, die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens in verschiedenen Unternehmen durchgeführt wurden. Ebenfalls gilt, dass je nach Produkt und Kunde ein anderer Anreiz besteht, den Einfluss der Logistik auf die Umwelt zu reduzieren. Um hier Maßnahmen ableiten zu können, muss zunächst einmal Transparenz geschaffen werden. Hier kann der Logistikpass einen Beitrag leisten. Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass möglichst aussagekräftige Daten ausgewählt werden, die aus Umweltsicht einen Mehrwert bzw. ein ableitbares Handlungspotenzial erwarten lassen und somit den Aufwand der Erfassung, Speicherung, ggf. Weitergabe und Analyse rechtfertigen. Ein solcher Logistikpass sollte alle umweltrelevanten Daten bzgl. der Logistikprozesse – Intra- als auch für die Extralogistik – umfassen. Dies schafft Transparenz und ermöglicht es den Unternehmen, Verbesserungspotenziale zu identifizieren, mit Alternativen zu vergleichen und dann entsprechend zu realisieren. Umweltbezogene Daten in Logistikprozessen werden dann entsprechend erfasst und dienen als eine Entscheidungsgrundlage bei der Planung der Logistik, inklusive der Supply Chain. Ziel sollte es folglich sein, ein Umweltdatenset zur Logistik zu entwickeln, zu testen, dieses in eine standardisierte, digitale Form zu überführen und in einer Norm, möglichst einer internationalen, festzuschreiben. Neben der Standardisierung und Normung des digitalen Logistikpasses sollte auch auf dessen standardisierte Verknüpfung mit bspw. dem digitalen Produkt – und Anlagenpass hingewirkt werden, um umweltrelevante Mehrwerte in komplexen Wertschöpfungsketten zukünftig automatisiert erfassen und darstellen zu können.

► **(HE 3.4) Entwicklung und Einführung eines standardisierten, digitalen Prozesspasses:**

Heutige Initiativen, wie der DPP, haben einen starken Produktfokus. Dies stellt jedoch nur eine Sicht auf produzierende Unternehmen dar. Umweltrelevante Daten entstehen im Wesentlichen in den einzelnen Prozessen. Der Erkenntnisgewinn für umweltrelevante Daten steigt folglich, wenn man auch die einzelnen Prozesse stärker betrachtet und so mehr Transparenz schafft. Hierdurch können wesentliche Treiber bspw. umweltrelevanter Emissionen

in den Prozessen deutlich einfacher identifiziert und ihr Einfluss gezielt reduziert werden. Weiteres Potenzial entsteht zudem, wenn umweltrelevante Daten über Unternehmensgrenzen hinweg und die gesamte Prozesskette betrachtet werden (inkl. Logistik und weiterer vor- und nachgelagerter Prozesse), da diese Prozesse häufig deutlich aussagekräftigere Informationen liefern. Ein erster Schritt wäre es daher, nach einer festgelegten Methode (in Anlehnung an bereits bestehende Vorgehensweisen) umweltrelevante Daten, die durch die Prozesse entstehen, abzubilden und somit Transparenz innerhalb einer Anlage zu schaffen. Eine solche Methode könnte bspw. in Form eines standardisierten Prozesses erfolgen, bei dem neben der reinen Identifikation der Umwelteinflüsse auch die Art der Erfassung mithilfe geeigneter Messverfahren sowie die Speicherung der Daten im Fokus stehen. Durch die kontinuierliche Erfassung umweltrelevanter Prozessdaten kann auch überprüft werden, welche Maßnahmen, welche Umwelteffekte zur Folge haben. Ein ähnlicher Ansatz wird derzeit in dem Projekt OekoProOf verfolgt, welches einen digitalen Prozesspass mit Schwerpunkt auf Energie- und Ressourceneffizienz entwickelt und erprobt (aws-institut.de/research/oekoproof). Ein solcher Prozesspass bietet den Unternehmen die Möglichkeit, eigene umweltrelevante Daten transparent abzubilden und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, um die Umweltauswirkungen der Prozesse zu reduzieren sowie zielorientiert zu steuern. Bei der Festlegung der umweltrelevanten Daten, die in einem Prozesspass regelmäßig zu erfassen sind, gilt es zu berücksichtigen, dass der Fokus auf solche umweltrelevanten Daten gelegt wird, welche aus Umweltsicht einen Mehrwert bzw. ein ableitbares Handlungspotenzial erwarten lassen und somit den Aufwand der Erfassung, Speicherung, ggf. Weitergabe und Analyse rechtfertigen. Ziel sollte es sein, in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen und gegebenenfalls weiteren Akteuren* Akteurinnen einen standardisierten Prozesspass zu entwickeln, welcher umweltrelevante Daten entlang des jeweiligen Prozesses systematisch erfasst, aufbereitet und für weitere digitale Anwendungen zur Verfügung stellt. Dieser Prozesspass sollte anschließend in einer standardisierten, digitalen Form festgeschrieben und ergänzend möglichst als Norm hinterlegt werden.

(4) Förderung von Unternehmen und Wissenschaft

Die Integration umweltrelevanter Daten in ein Industrie 4.0- Umfeld stellt die Unternehmen vor große Herausforderungen. Die Förderung der Industrie und Wissenschaft stellt einen Ansatz dar, um Lösungen für die Herausforderungen zu entwickeln. Nachfolgend sind entsprechende Aktivitäten beschrieben.

- (HE 4.1) Etablierung eines Förderportfolios zur zielorientierten Nutzung umweltrelevanter Daten in digitalen Produktions- und Wertschöpfungsnetzwerken :
Die automatisierte Erfassung umweltrelevanter Daten kann insbesondere KMU vor große Herausforderungen stellen (Ramesohl, Sebestyén und Berg, 2022). In der aktuellen Unternehmenspraxis werden umweltrelevante Daten häufig noch auf der Grundlage von Jahresabrechnungen (z. B. Energieverbrauch) und Durchschnittswerten manuell erfasst bzw. ermittelt und liegen folglich nicht in digitalisierter Form vor. Der Reifegrad der Digitalisierung bei den Unternehmen, insb. KMUs, ist weiterhin als mäßig ausgeprägt einzustufen, was sich auch bei den projektintern durchgeführten Praxisbeispielen zeigte. Prozesse aller Art sind demzufolge zumeist nur partikulär und nicht durchgängig digitalisiert und vielfältige Medienbrüche vorhanden. Die Weitergabe umweltrelevanter Daten in Prozessen und über ganze Prozessketten ist folglich bislang kaum bzw. nur bruchstückhaft möglich. Bei relevanten Teilen der Unternehmen fehlen weiterhin die grundlegenden Voraussetzungen, um ökologische und ökonomische Mehrwerte über datengetriebene Geschäftsmodelle zu generieren. Als ein wesentliches Hemmnis bei der Umsetzung von Industrie 4.0, wird unter anderem ein fehlender Startimpuls für die Digitalisierung aus Verbands- und Unternehmensperspektive gesehen (Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/acatech 2022). Daher sollte ein

entsprechendes Förderportfolio mit verschiedenen, sich ergänzenden Fördermaßnahmen aufgesetzt bzw. ergänzt werden, welche die Unternehmen und insb. KMU bei ihrer digital-ökologischen Transformation unterstützen, beratend begleiten und gegebenenfalls individualisierte Fördermöglichkeiten eröffnen. Mögliche Fördermaßnahmen sind beispielsweise, das Aufsetzen eines Forschungsförderprogramms zu Umweltdaten in Industrie 4.0 in Zusammenarbeit mit dem BMBF, die Erweiterung des Umweltinnovationsprogramms (UIP) um einen Förderschwerpunkt Industrie 4.0, der Aufbau eines Netzwerkes zum Erfahrungsaustausch und Teilen von „best practice“-Beispielen zwischen Unternehmen, die Etablierung eines Industrie 4.0-Preises für KMUs sowie die Entwicklung von Weiterbildungsangeboten bspw. in Zusammenarbeit mit dem VDI. Ein vielfältiges Angebot an Fördermaßnahmen, welches kontinuierlich weiterentwickelt wird, fungiert als Anreizsystem für Unternehmen zur Nutzung von umweltrelevanten Daten in Industrie 4.0-typischen und sonstigen digitalen Systemen. Ziel ist es, verschiedene, sich ergänzende Fördermaßnahmen zu entwickeln, zügig umzusetzen, entsprechende Finanzierungs- und Umsetzungsmöglichkeiten zu etablieren und somit ein diversifiziertes Förderangebot zu umweltrelevanten Daten in digitalen Produktions- und Wertschöpfungsnetzwerken anzubieten. Wirkung und Erfolg des Förderportfolios sollten regelmäßig überprüft und bedarfsorientiert angepasst werden. Die verschiedenen Angebote des ressortspezifischen Förderportfolios sollten digital und einfach zugänglich sein, gegebenenfalls mit anderen Förderangeboten vernetzt werden und möglichst über eine zentrale Koordinierungsstelle den Unternehmen angeboten werden.

11 Glossar

Begriff	Definition
Anlage	Eine Anlage ist eine ortsfeste technische Einheit, auf der bestimmte industrielle Tätigkeiten sowie andere unmittelbar damit verbundene Tätigkeiten am selben Standort durchgeführt werden, die mit den in den genannten Anhängen aufgeführten Tätigkeiten in einem technischen Zusammenhang stehen und die Auswirkungen auf die Emissionen und die Umweltverschmutzung haben können.
Anlagenpass	Der Anlagenpass ist analog zum digitalen Produktpass ein Instrument für eine kontinuierlich aktualisierte, harmonisierte, ganzheitliche und zielgruppenspezifische Verfügbarmachung von (umweltrelevanten) Anlageninformationen über den gesamten Lebenszyklus zur Erleichterung von z. B. Berichtspflichten und der Umsetzung von Ansätzen zur Kreislaufwirtschaft auf Basis der jeweiligen Anlage (siehe Anlage im Glossar). Der Anlagenpass wird im Rahmen dieses Forschungsvorhabens konzeptionell entwickelt.
Asset	Ein Asset ist eine physische oder digitale Einheit, die für eine Person, eine Organisation oder eine Regierung einen Wert hat (siehe ISO/IEC 20924:2018, 3.1.4).
Berichtspflicht	Eine in einer rechtlichen Grundlage genannte Pflicht, bestimmte Daten oder Informationen an in der rechtlichen Grundlage festgelegte Stellen, meist Behörden, zu berichten. Im Rahmen des Vorhabens umfasst die Berichtspflicht auch die Pflicht, bestimmte Daten oder Informationen zu erheben, aufzubewahren und bei Nachfrage den zuständigen Behörden vorzulegen.
Carbon Footprint	Der Carbon Footprint (CO ₂ -Fußabdruck) steht für das Erfassen klimawirksamer Treibhausgase und das Zusammenstellen dieser in einer Treibhausgasbilanz, ausgedrückt in CO ₂ -Äquivalenten, unter Anwendung der LCA-Methodik (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2022)
Cyber-Physisches System (CPS)	„CPS umfassen eingebettete Systeme, Produktions-, Logistik-, Engineering-, Koordinations- und Managementprozesse sowie Internetdienste, die mittels Sensoren unmittelbar physikalische Daten erfassen und mittels Aktoren auf physikalische Vorgänge einwirken, mittels digitaler Netze untereinander verbunden sind, weltweit verfügbare Daten und Dienste nutzen und über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen verfügen.“ (Kagermann, Wahlster and Helbig, 2013, S. 84)
Digitaler Produktpass (DPP)	Ein digitaler Produktpass ist ein zukünftiges (vornehmlich politisches) Instrument für eine kontinuierlich aktualisierte, harmonisierte, ganzheitliche und zielgruppenspezifische Verfügbarmachung von (umweltrelevanten) Produktinformationen über den gesamten Lebenszyklus zur Erleichterung von z. B. Berichtspflichten, nachhaltigen Kauf- und Konsumententscheidungen und der Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsansätzen.
Digitaler Zwilling (Englisch: Digital Twin)	Ein digitaler Zwilling ist ein digitales Abbild eines materiellen oder immateriellen Objekts oder Prozesses aus der realen Welt in der digitalen Welt (siehe DIN SPEC 91452:2022-01)
Echtzeitdaten	Unter Echtzeitdaten werden in der Industrie die regelmäßige und zeitnahe Erfassung und Verarbeitung von Produktionsdaten verstanden. Diese werden im Allgemeinen von Geräten abgelesen, um aktuelles Wissen über den Zustand eines Phänomens zu erhalten. Durch die anschließende Analyse und Interpretation der Echtzeitdaten können so zum einen Verbesserungspotenziale sektorenübergreifend identifiziert und zum anderen potenzielle Fehlerquellen frühzeitig erkannt werden. Echtzeitdaten ermöglichen bspw. die Analyse von

Begriff	Definition
	Beziehungen zwischen Ereignissen wie Störungen in Produktionsabläufen (siehe DIN EN 14968:2006-11).
Elementarfluss	Ein Elementarfluss ist ein Stoff oder eine Energie, der bzw. die dem untersuchten System zugeführt wird und der Umwelt ohne vorherige Behandlung durch den Menschen entnommen wurde, oder ein Stoff oder eine Energie, der bzw. die das untersuchte System verlässt und ohne anschließende Behandlung durch den Menschen an die Umwelt abgegeben wird (siehe DIN EN ISO 14050:2021-04).
Endprodukt	Ein Endprodukt ist ein Produkt, das vor seiner Verwendung keine zusätzliche Umwandlung erfordert (siehe DIN EN ISO 14050:2021-04 (3.5.15)).
Erhebungspflicht	Im Rahmen des Vorhabens definiert als Pflicht, bestimmte Daten zu erheben, um Pflichten aus rechtlichen Grundlagen, wie z. B. der Pflicht zur Vorlage oder zur Verfügungstellung bestimmter Daten bei Bedarf, nachkommen zu können.
Industrie 4.0	Die Industrie 4.0 beschreibt umfassend digitalisierte industrielle Anwendungen und Prozesse (siehe DIN SPEC 3103:2019-06 (3.5)).
Industrie 4.0-Komponente	Gegenstand (Asset) (z. B. Maschinen und ihre Komponenten, Zulieferermaterial und Produkte, Unterlagen, Pläne, Verträge, Bestellungen) welcher anhand einer zugehörigen Verwaltungsschale in ein Industrie 4.0-Umfeld integriert wird.
Interoperabilität	Interoperabilität ist eine Eigenschaft, die es ermöglicht, dass unterschiedliche Systeme oder Komponenten für einen festgelegten Zweck zusammenarbeiten (siehe DIN EN 80001-1; VDE 0756-1:2011-11).
Kompartiment	Bereiche der Umwelt und Technosphäre, hier Luft, Wasser, Boden, Abwasser, Abfall, sonstige
Lebenslaufakte	Eine Lebenslaufakte ist eine Sammlung von dokumentierten Informationen zu einem Objekt über den gesamten Lebenszyklus in chronologischer Folge (siehe DIN 77005-1:2018-09).
Merkmal	Ein Merkmal ist eine Definierte Eigenschaft zur Beschreibung und Unterscheidung von Entitäten (siehe IEC 61360/ ISO 13584-42).
Objektivität	Objektivität ist der Grad, in dem die mit einem Messinstrument gewonnenen Ergebnisse unabhängig davon sind, welche Person die Messung durchführt, die Daten analysiert und interpretiert (siehe DIN EN ISO 10075-3:2004-12).
Primärdaten	Primärdaten sind quantifizierte Werte eines Prozessmoduls oder einer Tätigkeit, die durch direkte Messung oder durch eine Berechnung auf der Grundlage direkter Messungen am Entstehungsort ermittelt werden (siehe DIN EN ISO 14050:2021-04 (3.6.34) (ISO 14050:2020)).
Produkt	Produkte sind alle Waren, die auf dem europäischen Binnenmarkt zugelassen sind. Im weiteren Sinne umfasst dies auch Rohstoffe, Chemikalien, Materialien etc. bis hin zu komplexen Produkten.
Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)	RAMI 4.0 ist ein Referenzarchitekturmodell in Form eines kubischen Schichtenmodells, das technische Objekte (Assets) in Form von Schichten abbildet und es erlaubt, diese über ihre gesamte Lebensdauer (oder Vita) zu beschreiben, verfolgen und technischen und/oder organisatorischen Hierarchien zuzuordnen. Es beschreibt auch die Struktur und Funktion von Industrie 4.0-Komponenten als wesentliche Bestandteile der virtuellen Darstellung von Assets.

Begriff	Definition
	(siehe IEC PAS 63088: Smart manufacturing - Reference architecture model industry 4.0 (RAMI4.0))
Reliabilität	Reliabilität ist ein Ausmaß, mit dem die Wiederholbarkeit der Erhebung mit der gleichen Erhebungsmethode gewährleistet wird. Dabei soll der erhobene Wert möglichst genau mit dem realen Wert übereinstimmen.
Rohstoff	Ein Rohstoff ist ein primäres oder sekundäres Material, das zur Herstellung eines Produkts verwendet wird (siehe ISO 14040:2006, 3.15).
Sekundärdaten	Sekundärdaten sind Daten, die sich aus anderen Quellen als einer direkten Messung oder einer Berechnung auf der Grundlage direkter Messungen an der ursprünglichen Quelle ergeben (siehe ISO/TS 14067:2013, 3.1.7.3).
Semantik	Eine Semantik bezeichnet die Beziehung zwischen den symbolischen Elementen und ihrer Bedeutung, Interpretation und Nutzung (siehe DIN EN IEC 61804-2:2018-12 (3.1.2); IEC 61804-2:2018, 3.85, modifiziert).
Semantisches Objekt	Ein semantisches Objekt ist ein Objekt, welches eine eigene Bedeutung hat. Unterschiedliche Bezeichnungen können für das gleiche semantische Objekt stehen. Objekte sind Instanzen einer Klasse mit konkreten Eigenschaftswerten.
Systemarchitektur	Eine Systemarchitektur beschreibt die Elemente (Komponenten) des Systems, ihre Funktionen und ihre Beziehungen untereinander (siehe DIN EN ISO 23903:2020-05).
Umweltbewertungs-system	Ein Umweltbewertungssystem besteht aus den Modulen Informationsbeschaffung, Bewertung und Wirkungsabschätzung sowie Aufbereitung und wird in der Regel durch entsprechende Standards und Normen ergänzt.
Umweltdatenpunkt	Ein Umweltdatenpunkt ist ein quantitatives, mit einer Einheit hinterlegtes, umweltrelevantes Datum (das aufgrund von rechtlichen Verpflichtungen und auf freiwilliger Basis erhoben wird). Weiterhin können auch bestimmte Klassifizierungen oder Labels Umweltdatenpunkte darstellen, wenn diese auf Basis von bestimmten Eigenschaften (z. B. chemisch-physikalische Eigenschaften eines Stoffs) festgelegt bzw. bestimmt wurden.
Umweltdatenset	Einem Produkt, einer Anlage oder sonstigen Asset eindeutig zugeordnetes Set an relevanten Umweltdatenpunkten und dazugehörigen Informationen, das für ein Teilmodell der Verwaltungsschale herangezogen werden kann.
Umwelthinformationska- tegorie	Die Umwelthinformationskategorien wurden basierend auf den gängigsten Umweltdaten sowie den Anforderungen der wichtigsten Berichterstattungsrahmenwerke (GRI, DNK, EMAS) festgelegt. Sie beinhalten die Kategorien Treibhausgasemissionen, Abfall- und Recyclingdaten, energierelevante Daten, wasserrelevante Daten und Material- und Ressourcenverbrauch. In Absprache mit dem UBA wurden sie um die Kategorie „schadstoffrelevante Daten“ ergänzt.
Umwelthinformationssys- tem	Unter einem betrieblichen Umwelthinformationssystem werden jene Anwendungen verstanden, die für die Erfassung, Dokumentation und Bewertung betrieblicher Umweltwirkungen genutzt werden.
Umweltrelevante Daten bzw. Umweltdaten	Unter umweltrelevanten Daten sollen im Kontext dieses Vorhabens alle Daten verstanden werden, die direkten Umweltbezug haben (z. B. Grenzwerte und Messungen von Luftemissionen, Energieverbräuche, Abfallschlüssel), wie auch Daten, die nur indirekten Umweltbezug haben (z. B. Prozess- oder Umgebungstemperatur, Druck, Gefährlichkeit eines Stoffs) und erst durch die Vernetzung mit anderen Daten Umweltrelevanz erlangen.

Begriff	Definition
Validität	Validität ist der Grad, in dem ein Verfahren oder Instrument tatsächlich das misst, was es messen soll (siehe DIN 33430:2016-07).
Verwaltungsschale (Englisch: Asset Administration Shell, kurz AAS)	Die Verwaltungsschale ist ein Konzept zur systematischen Erfassung von Daten zu Produktionsgegenständen oder Komponenten (= digitales Abbild oder digitaler Zwilling) in einer digitalisierten und vernetzten Industrie (Industrie 4.0) auf Basis des Referenzarchitekturmodells RAMI 4.0. Es handelt sich bei der Verwaltungsschale um eine genormte digitale Repräsentation eines Assets. Dieses Konzept stellt eine mögliche technische Grundlage für die Umsetzung des digitalen Produktpasses dar bzw. ist eine Umsetzung des digitalen Zwillings für die Industrie 4.0 und zielt auf die Schaffung unternehmensübergreifender Interoperabilität (siehe E DIN EN IEC 63278-1 VDE 0810-781:2022-07).

12 Quellenverzeichnis

Adolphs, P., Auer, S., Bedenbender, H., Billmann, M., Hankel, M., Heidel, R., ... & Waser, B. (2016). Struktur der verwaltungsschale: Fortentwicklung des Referenzmodells für die Industrie 4.0-komponente. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW), Berlin, 345-361.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2022): Carbon Footprint. [https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/fachwissen/279/carbon-footprint#:~:text=Corporate Carbon Footprint \(CCF\) und,\(PCF\) als produktbezogenen Ansatz. \(09.05.2022\)](https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/fachwissen/279/carbon-footprint#:~:text=Corporate Carbon Footprint (CCF) und,(PCF) als produktbezogenen Ansatz. (09.05.2022)

Beier, Grischa & Reißig, Malte & Niehoff, Silke & Ullrich, André. (2020). Betriebliches Nachhaltigkeitsmanagement 4.0: Informationsdurchgängigkeit mittels Methoden der Wissensrepräsentation. 2020. 57-60.

Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M., & Habich, M. (2020): Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. Journal of Cleaner Production, 259. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120856>

Bhatia, P., Cummis, C., Draucker, L., Rich, D., Lahd, H., & Brown, A. (2011). Greenhouse gas protocol product life cycle accounting and reporting standard.

Bitkom (2017): Industrie 4.0 – Die Bedeutung von Interoperabilität im Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0). In Bitkom e.V. <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Industrie-40-Die-Bedeutung-von-Interoperabilitaet-im-Referenzarchitekturmodell-Industrie-40-RAMI-40.html> (20.07.2023)

Blickwedel, P. T. (Ed.). (2010). Produktbezogene Klimaschutzstrategien: Product Carbon Footprint verstehen und nutzen. BMU, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2019): ProMUT - Nachhaltigkeitsmanagement 4.0 – Potentiale digital-vernetzter Produktion für Mensch, Umwelt und Technik. <https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/nachwuchsfoerderung-sozial-oekologische-forschung/promut.php> (30.08.2023)

Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2020): Umweltpolitische Digitalagenda. <https://www.bmu.de/download/umweltpolitische-digitalagenda> (28.08.2023)

Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI), & Umweltbundesamt (UBA) (2019): Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen. Anforderungen - Instrumente - Beispiele. https://bdi.eu/media/presse/publikationen/Publikation_Umweltinformationen_fuer_Produkte_und_Dienstleistungen.pdf (bdi.eu) (28.08.2023)

ClimatePartner (2018): Corporate Carbon Footprint 2017. Alutronic Kühlkörper GmbH und Co. KG.

Der Deutsche Nachhaltigkeitskodex (2022): Den DNK zur Erfüllung der CSR-Berichtspflicht nutzen. <https://www.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de/de-DE/Home/DNK/CSR-RUG> (05.05.2022)

DIN 33430:2016-07: Anforderungen an berufsbezogene Eignungsdiagnostik (2016): Beuth Verlag, Berlin.

DIN 77005-1:2018-09: Lebenslaufakte für technische Anlagen - Teil 1: Strukturelle und inhaltliche Festlegungen (2018): Beuth Verlag.

DIN e. V. (2008): Umweltdeklarationen von Produkten. <https://www.din.de/de/umweltdeklarationen-von-produkten-90154> (06.05.2021)

DIN e. V., & DKE. (2020): Deutsche Normungsroadmap Industrie 4.0 (Version 4). <https://doi.org/10.1515/auto-2015-0068>

DIN e.V., DKE, & VDI. (2023). Deutsche Normungsroadmap Circular Economy (Vol. 167). <https://www.dke.de/de/arbeitsfelder/components-technologies/normungsroadmap-circular-economyy> (dke.de) (12.09.2023)

- DIN EN 14968:2006-11: Semantik für den Austausch von Grundwasserdaten. (2006). Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 80001-1; VDE 0756-1:2011-11, Anwendung des Risikomanagements für IT-Netzwerke, die Medizinprodukte beinhalten. (2011). VDE Verlag, Berlin.
- DIN EN IEC 61804-2:2018-12 (3.1.2): Funktionsbausteine für die Prozessautomation und elektronische Gerätebeschreibungssprache - Teil 2: Festlegung des Funktionsbausteinkonzepts (IEC 61804-2:2018) (2018): Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN ISO 10075-3:2004-12: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 3: Grundsätze und Anforderungen an Verfahren zur Messung und Erfassung psychischer Arbeitsbelastung (ISO 10075-3:2004) (2004): Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN ISO 14050:2021-04: Umweltmanagement - Begriffe (ISO 14050:2020) (2021): Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN EN ISO 23903:2020-05: Medizinische Informatik - Interoperabilitätsreferenzarchitektur - Modell und Rahmenbedingungen (ISO/DIS 23903:2020) (Englische) (2020): Beuth Verlag, Berlin.
- DIN SPEC 3103:2019-06: Blockchain und Distributed Ledger Technologien in Anwendungsszenarien für Industrie 4.0 (2019): Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN SPEC 91452:2022-01: Geschäftsmodellentwicklung für ein Datenökosystem in der Lebensmittelindustrie (2022): Beuth-Verlag.
- E DIN EN IEC 63278-1 VDE 0810-781:2022-07 Verwaltungsschale für industrielle Anwendungen (2022): VDE Verlag, Berlin.
- EMAS (2022): Umwelt nachhaltig nutzen, Effizienz steigern – EMAS, das Gütesiegel der Europäischen Union. <https://www.emas.de/was-ist-emas> (01.05.2022)
- European Commission (2017): Guidelines on non-financial reporting: Methodology for reporting non-financial information. Official Journal of the European Union, 215(1), 1–20.
- European Commission (2019): Guidelines on reporting climate-related information. Official Journal of the European Union, 209(1), 1–37. https://ec.europa.eu/finance/docs/policy/190618-climate-related-information-reporting-guidelines_en.pdf (20.07.2022)
- Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP (2022): EPD Umweltproduktdeklaration. <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/ganzheitliche-bilanzierung/methoden-ganzheitliche-bilanzierung/epd-umweltproduktdeklaration.html> (20.07.2022)
- Fraunhofer IOSB (2022): FA/.21 Begriffe - Allgemein. <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/913c3301-946f-4e89-86ec-f9b83adcd26c/details> (30.08.2023)
- Fuchs-Kittowski, K. (2002). Wissens-Ko-Produktion. Verarbeitung, Verteilung und Entstehung von Informationen in kreativ-lernenden Organisationen. *Christiane Floyd, Christian Fuchs und Wolfgang Hofkirchner (Hg.), Studien zur Informationsgesellschaft. Festschrift zum, 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski*, 59-125.
- Gabler Wirtschaftslexikon (2018): Produktklassifikation - Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/produktklassifikation-42105/version-265459> (12.11.2019)
- Global Reporting Initiative (2016): GRI-STANDARDS FÜR DIE Einführung. <https://www.cqc-consulting.de/pdfs/gri-standards-deutsch.pdf> (20.07.2022)
- Global Reporting Initiative (2021): A Short Introduction to the GRI Standards. <https://www.globalreporting.org/media/wtaf14tw/a-short-introduction-to-the-gri-standards.pdf> (20.07.2022)
- Global Reporting Initiative (2022): About GRI. <https://www.globalreporting.org/about-gri/> (03.05.2022)
- Hillege, L. (2023). Environmental Product Declaration (EPD) – Overview. <https://ecochain.com/knowledge/environmental-product-declaration-epd-overview/> (28.08.23)

Hottenroth, H., Joa, B., Schmidt, M., Lambrecht, H., Roller, G., Steffensen, B., & von Römer, B. (2013). Carbon Footprints für Produkte. INEC, Pforzheim.

IEC 61360/ ISO 13584-42, Standard data element types with associated classification scheme for electric components - Part 2: EXPRESS dictionary schema (2012): VDE Verlag, Berlin.

IEC PAS 63088: Smart manufacturing - Reference architecture model industry 4.0 (RAMI4.0) (2017): VDE Verlag, Berlin.

Institut Bauen und Umwelt e.V. (2020): Umweltzeichen. <https://ibu-epd.com/umweltzeichen/#:~:text=Umwelt-Produktdeklarationen des Institut Bauen,Informationen zum Umwelt- und Gesundheitsschutz.> (24.05.2023)

Institut Bauen und Umwelt e.V. (2021): ALLGEMEINE ANLEITUNG für das EPD-Programm des Institut Bauen und Umwelt e.V. <https://ibu-epd.com/wp-content/uploads/2021/02/Allgemeine-Programmanleitung-v.2.0.pdf> (20.07.2022)

RIFS Potsdam (2023). Nachwuchsgruppe ProMUT: Nachhaltigkeitsmanagement 4.0 - Transformative Potentiale digital-vernetzter Produktion für Mensch, Umwelt und Technik. <https://www.rifs-potsdam.de/de/forschung/nachwuchsgruppe-promut-nachhaltigkeitsmanagement-40-transformative-potentiale-digital> (30.08.2023)

ISO/IEC 20924:2018 Informationstechnologie - Internet der Dinge - Definition und Vokabular (S. 3.1.4) (2018): ISO/IEC, Geneva.

ISO/TS 14067:2013, 3.1.7.3: Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication. (2013). ISO/IEC, Geneva.

ISO 14040:2006, 3.15: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework (Deutsche F). (2006). ISO/IEC, Geneva.

ISO 14067:2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification. (2022). <https://www.iso.org/standard/71206.html#copyright> (02.05.2022)

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie, 4(5), 1-9

KPMG, I. (2020). The time has come: The KPMG survey of sustainability reporting 2020. KPMG Impact.

Plattform Industrie 4.0. (2020a): Fundamente der Industrie 4.0. Der Digitale Zwilling in Industrie 4.0 Eine Kurzeinführung zu Merkmalen, Teilmodellen & Verwaltungsschalen. https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/HarteSchale-WeicherKern_ppt.html?nn=1105090 (28.08.2023)

Plattform Industrie 4.0 (2020b): Verwaltungsschale in der Praxis - Wie definiere ich Teilmodelle , beispielhafte Teilmodelle und Interaktion zwischen Verwaltungsschalen. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/industrie-4-0-verwaltungsschale-in-der-praxis-diskussionspapier-1771552> (28.08.2023)

RAL gGmbH (2022a): Blauer Engel. Unser Zeichen für die Umwelt. Wissenschaftlich erarbeitet. <https://www.blauer-engel.de/de/blauer-engel/unser-zeichen-fuer-die-umwelt/wissenschaftlich-erarbeitet> (09.05.2022)

RAL gGmbH (2022b): Übersicht der kennzeichbaren Produkte und Dienstleistungen. <https://eu-ecolabel.de/fuer-unternehmen/produktgruppen> (09.05.2022)

Ramesohl, S., Sebestyén, J., & Berg, H. (2022). Datenökosysteme für die Nachhaltigkeitstransformation: Studie im Rahmen des Projekts „Shaping the Digital Transformation“. Wuppertal Institut

Rat für Nachhaltige Entwicklung (2020): Leitfaden zum Deutschen Nachhaltigkeitskodex. https://www.e-mas.de/fileadmin/user_upload/4-pub/Leitfaden-EMAS-Einstieg.pdf (20.07.2022)

- Schlund, S., Schnabel, F., Rist, M., & Neugebauer, R. (2014). Umsetzung der Ressourceneffizienz im Unternehmen. *Handbuch Ressourcenorientierte Produktion*, 91-124. <https://doi.org/10.3139/9783446436237.005>
- Schmitz, C., & Zucker, B. (2003). *Wissensmanagement: Schnelleres Lernen im Unternehmen*. Metropolitan-Verlag.
- Schneekloth, L., Eder, F., Lodigiani, M., & Kermann, F. (2020). EINSTIEG INS UMWELTMANAGEMENT MIT EMAS Ein Leitfaden für Management und Beauftragte. www.blauer-engel.de/uz19
- SmartFactory (2018): SmartFactory Systemarchitektur für Industrie 4.0-Produktionsanlagen. http://smartfactory.de/wp-content/uploads/2017/08/SF_WhitePaper_1-1_DE.pdf (14.11.2019)
- Stock, T., & Seliger, G. (2016): Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Umweltbundesamt (2019): Digitalisierung nachhaltig gestalten. Ein Impulspapier des Umweltbundesamtes. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/uba_fachbroschuere_digitalisierung_nachhaltig_gestalten_0.pdf (20.07.2022)
- Wahlster, W. (2015). Industrie 4.0: Das Internet der Dinge kommt in die Fabriken. *Zukunft Industrie., Deutscher Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI),, IHK Darmstadt, 22.*
- Wang, R. Y., & Strong, D. M. (1996): Beyond Accuracy: What Data Quality Means to Data Consumers. *Journal of Management Information Systems*, 12(4), 5–33.
- WBCSD (2021): Pathfinder Framework Guidance for the Accounting and Exchange of Product Life Cycle Emissions. <https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/13299/194600/1> (20.07.2022)
- WIK-Consult GmbH (2018): Digitale Wertschöpfungsnetzwerke und RAMI 4.0 im hessischen Mittelstand.
- Wohlgemuth, V. (2015). Ein Überblick über Einsatzbereiche von betrieblichen Umweltinformationssystemen (BUIs) in der Praxis. *INFORMATIK 2015*.

A Anhang

A.1 Checkliste zur Förderung der Qualität umweltrelevanter Daten

Aufbauend auf den in Kapitel 5 dargestellten und hinsichtlich der Anwendung in einem Industrie 4.0-Umfeld identifizierten, relevanten Anforderungen an Daten lassen sich Fragen ableiten, anhand derer zu erfassende, berichtspflichtige und sonstige umweltrelevante Daten auf ihre Qualität und Verwendbarkeit in Industrie 4.0-Systemen einfach und praxisorientiert überprüft werden können. Die sich daraus ergebende Checkliste, welche im Rahmen dieses Projekts entwickelt wurde, besteht aus einer Zusammenstellung von Fragen und ist als Handreichung für die Praxis konzipiert. Ziel der Checkliste ist es, die für Industrie 4.0-Anwendungen erforderliche Datenqualität zu verbessern bzw. sicherzustellen. Die Checkliste wurde basierend auf den weitreichenden Projektergebnissen und -erkenntnissen zu umweltrelevanten Daten im Kontext von Industrie 4.0 entwickelt und wird Anwendern zur Verfügung gestellt. Die sich aus den Fragen ergebende Checkliste hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da umweltrelevante Daten in sehr vielfältiger Form vorliegen können. Gleichwohl liefert die Checkliste eine Orientierung für die Gestaltung der Anforderungen an umweltrelevante Daten sowie für künftige Vorgaben in den Bereichen Gesetzgebung, Standardisierung und Normung und in Unternehmen.

Tabelle 19: Checkliste zur Förderung der Qualität umweltrelevanter Daten

Fragen	Ja	Nein	Trifft nicht zu
Grundlagen – „Must-haves“			
Ist das umweltrelevante Datum klar definiert (bspw. welcher Schadstoff)?			
Ist die Einheit oder sonstige (Mess-)Größe, in der das umweltrelevante Datum angegeben werden muss, festgelegt?			
Ist der Bezugspunkt bzw. das „Asset“ klar vorgegeben, auf das sich das umweltrelevante Datum bezieht (z. B. Anlage oder Produkt)?			
Ist der Zeitraum bzw. Zeitpunkt (Jahr, Tag, Einzelmessung, Moment des Inverkehrbringens eines Produkts), in bzw. zu dem das umweltrelevante Datum erfasst wird, bekannt?			
Werden die umweltrelevanten Daten standardisiert erhoben bzw. gibt es eine klare Beschreibung zur Messung/Erhebung?			
Sind die relevanten Kontextinformationen (bspw. Druck, Temperatur, Sauerstoffbezugsgehalt etc.) für das umweltrelevante Datum vorgegeben?			

Fragen	Ja	Nein	Trifft nicht zu
Vornehmlich für den Gesetzgeber			
Ist das umweltrelevante Datum aussagekräftig?			
Rechtfertigt der zusätzliche Nutzen durch das umweltrelevante Datum den Aufwand der Erfassung?			
Können die umweltrelevanten Daten digital erhoben bzw. unmittelbar digital erfasst werden?			
Entspricht das Messverfahren den Ansprüchen an die Genauigkeit?			
Werden die umweltrelevanten Daten gemessen (und nicht geschätzt)?			
Kann das umweltrelevante Datum durch Externe geprüft werden?			
Ist der Erhebungszyklus, in dem das umweltrelevante Datum erhoben wird, zweckdienlich?			
Gibt es ein ähnliches umweltrelevantes Datum, das bereits (verpflichtend) erhoben wird/ werden muss?			
Sind die Begriffe rund um das umweltrelevante Datum (bspw. die Schadstoffparameter oder die Definition einer Anlage) einheitlich in den Gesetzestexten formuliert bzw. definiert?			
Vornehmlich für den Unternehmer			
Sind die umweltrelevanten Daten leicht abrufbar?			
Sind die umweltrelevanten Daten aktuell (genug)?			
Kann das umweltrelevante Datum mit bereits installierten Sensoren bzw. Technologien erfasst werden?			

Fragen	Ja	Nein	Trifft nicht zu
Liegen die umweltrelevanten Daten als „single source of truth“ vor?			
Können die umweltrelevanten Daten tatsächlich digital weitergegeben werden (oder liegen sie in Datensilos)?			
Sind die umweltrelevanten Daten digital (weiter-)verarbeitbar?			

Sollten eine oder mehrere Fragen mit „Nein“ beantwortet worden sein, so heißt dies nicht, dass die Daten grundsätzlich nicht Industrie 4.0 tauglich oder unbrauchbar wären. Es sollte jedoch geprüft werden, ob sich das „Nein“ negativ auf die Qualität der umweltrelevanten Daten auswirkt (siehe hierzu die Datenqualitätsdimensionen in Kapitel 5.2.1).

A.2 Umweltdatenset Anlage - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt zu rechtlichen Grundlagen

Tabelle 20: Header Umweltdatenset Anlage - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt zu rechtlichen Grundlagen

Asset	Daten bzw. Informationen zur Anlage	Wert/Information (Eingabefeld)
	Bezeichnung der Anlage bzw. Bezeichnung der Betriebseinrichtung	
	Anlagennummer (z. B. Nummer/Spalte des Anhangs zur 4. BImSchV oder Inspire ID (PRTR))	
	Name der Muttergesellschaft	
	Erstinbetriebnahme (Datum)	
	Änderungen/Anpassungen (Datum, Betreff)	
	NACE Code	
	installierte Leistung der Anlage (in MW)	
	jährliche Betriebsstunden	
	Standort der Anlage	
	Ansprechpartner/rechtliche Vertretung inklusive Kontaktdaten	

Tabelle 21: Umweltdatenset Anlage - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt zu rechtlichen Grundlagen

Umweltdatenpunkte	Nummer des Datenpunkts	Rechtliche Grundlage des Umweltdatenpunkts	Geltungsbereich der rechtlichen Grundlage des Umweltdatenpunkts	Übergeordnete rechtliche Grundlage auf EU- oder internationaler Ebene zum betrachteten DE-Recht (Spalte E)	Name Schadstoff / Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld)	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)	Der angegebene Umweltdatenpunkt kann THG enthalten (ja/nein) (Eingabefeld)	Bezugspunkt	Kontextinformationen*
Menge des angenommenen Abfalls	Genehmigung-1-1	Genehmigungsbescheid (BImSchG)	DE	Industrieemissionsrichtlinie (IED)	Bleibatterien	15,00	t/a	nein	Anlage gemäß BImSchG	AVV-Nr.: 16 06 01* Herkunft des Abfalls Verbleib des Abfalls Verlinkung zu Genehmigungsbescheid
Emissionen in die Luft	Genehmigung-1.2	Genehmigungsbescheid (BImSchG)	DE	Industrieemissionsrichtlinie (IED)	Quecksilber und seine Verbindungen	0,03	mg/m³	nein	Anlage (Quelle E1)	Temperatur Abgastemperatur Volumenstrom des Abgases Feuchtegehalt des Abgases Sauerstoffgehalt Verlinkung zu Genehmigungsbescheid
Emissionen in die Luft	Genehmigung-1.3	Genehmigungsbescheid (BImSchG)	DE	Industrieemissionsrichtlinie (IED)	Cadmium und seine Verbindungen	5,00	g/h	nein	Anlage (Quelle E1)	Temperatur Abgastemperatur Volumenstrom des Abgases Feuchtegehalt des Abgases

										Sauerstoffgehalt Verlinkung zu Genehmigungsbescheid
Schallemissionen	Genehmigung-1.4	Genehmigungs-be-scheid (BlmSchG)	DE	Industrieemissions-richtlinie (IED)	Schallleistungs-pegel	107,60	dB	nein	Anlage ge-mäß BlmSchG	Verlinkung zu Genehmigungsbescheid
Lichtemissionen	Genehmigung-1.5	Genehmigungs-be-scheid (BlmSchG)	DE	Industrieemissions-richtlinie (IED)	Von der Licht-anlage hervor-gerufene Verti-kalbeleuch-tungsstärke im Mischgebiet nachts	0,50	lx	nein	Anlage ge-mäß BlmSchG	Verlinkung zu Genehmigungsbescheid
Weitere Beispiele für Umweltdaten-punkte, die im Zuge der Geneh-migung der An-lage relevant sein könnten, sind z. B. wasserwirt-schaftliche Erfordernisse, störfall-rechtliche Erfordernisse oder bo-denschutz-rechtliche Erfordernisse	Genehmigung-1.6	Genehmigungs-be-scheid (BlmSchG)	DE	Industrieemissions-richtlinie (IED)	je nach Anwen-dungsfall	je nach An-wendungsfall	je nach An-wendungs-fall	nein	Anlage ge-mäß BlmSchG	je nach Anwendungs-fall Verlinkung zu Genehmigungsbescheid
Emissionen in die Luft	11. BlmSchV-1-1	11. BlmSchV	DE	/	Quecksilber, elementar	0,0613	kg/h	nein	Anlage ge-mäß BlmSchG	Stoffnummer: 00008490 Berechnungsme-thode: C - Berechnung Aggregatzustand: gasförmig
Emissionen in die Luft	11. BlmSchV-1-2	11. BlmSchV	DE	/	Quecksilber, elementar	490	kg/a	nein	Anlage ge-mäß BlmSchG	Stoffnummer: 00008490

Emissionen in die Luft	13. BImSchV-1	13. BImSchV	DE	Industrieemissionsrichtlinie (IED)	Schwefeldioxid (SO ₂)	292	Mg/a	nein	Anlage gemäß BImSchG	Berechnungsmethode: C – Berechnung Aggregatzustand: gasförmig Volumengehalt an Sauerstoff im Abgas die zur Beurteilung des ordnungsgemäßen Betriebs erforderlichen Betriebsgrößen, insbesondere Leistung, Abgastemperatur, Abgasvolumenstrom, Feuchtegehalt, Wasserstoffgehalt und Druck
Emissionen in die Luft	17. BImSchV-1	17. BImSchV	DE	Industrieemissionsrichtlinie (IED)	Nickel und seine Verbindungen, angegeben als Nickel	0,50	mg/m ³	nein	Anlage gemäß BImSchG	angewandte Norm (CEN-Norm, ISO-Norm, nationale Norm, sonstige internationale Norm Sauerstoffbezugsgehalt Abgastemperatur, Abgasvolumen, Feuchtegehalt Druck
Emissionen von VOC in die Luft	31. BImSchV-1	31. BImSchV	DE	Industrieemissionsrichtlinie (IED)	Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC)	15	mg C/cbm	nein	Anlage gemäß BImSchG	Tätigkeit des Gewerbetreibenden Art der Emissionen (gefasste Abgase, diffuse Emissionen, Gesamtemissionen)

										Lösemittleinsatz (t/a) Verlinkung zu Reduzierungsplan Verlinkung zu jährlicher Lösemittelbilanz
Freisetzung in Luft	PRTR-1-1	E-PRTR-VO	EU	/	NMVOC	498.000	kg/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren
Freisetzung in Luft	PRTR-1-2	E-PRTR-VO	EU	/	Ammoniak (NH ₃)	22.500	kg/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren CAS Nr.
Freisetzung in Luft	PRTR-1-3	E-PRTR-VO	EU	/	Kohlendioxid (CO ₂)	972.000.000	kg/a	ja**	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren CAS Nr.
Freisetzung in Luft	PRTR-1-4	E-PRTR-VO	EU	/	Methan (CH ₄)	283.000	kg/a	ja**	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und – verfahren CAS Nr.
Kohlendioxid-emissionen (CO ₂)	TEHG-1-1	Treibhausgas-emissionshandels-gesetz	DE	Emissionshandelsrichtlinie	CO ₂	972.000	t CO ₂ -Äq.	ja	Anlage nach TEHG	Verlinkung zum Emissionsbericht
Emissionen perfluorierter Kohlenwasserstoffe (PFC)	TEHG-1-2	Treibhausgas-emissionshandels-gesetz	DE	Emissionshandelsrichtlinie	PCF	72.000	t CO ₂ -Äq.	ja	Anlage nach TEHG	Verlinkung zum Emissionsbericht
Menge der enthaltenen F-Gase	F-GAS V-1	F-Gas-Verordnung	EU	/	R-134a	298	kg	ja**	Einrichtung	Kälteanlage x Kontrolle vom 02.06.2022
Menge der hinzugefügten F-Gase	F-GAS V-2	F-Gas-Verordnung	EU	/	R-134a	2	kg	ja**	Einrichtung	Kälteanlage x

Menge der rückgewonnenen F-Gase	F-GAS V-3	F-Gas-Verordnung	EU	/	R-134a	0	kg	ja**	Einrichtung	Kontrolle vom 02.06.2022 Kälteanlage x Kontrolle vom 02.06.2022
Freisetzung in Wasser	PRTR-2-1	E-PRTR-VO	EU	/	Zink und Verbindungen (als Zn)	133	kg/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und - verfahren
Freisetzung in Wasser	PRTR-2-2	E-PRTR-VO	EU	/	Di-(2-ethyl-hexyl(phthalat)) (DEHP)	1,06	kg/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und - verfahren CAS Nr.: 117-81-7
Freisetzung in Boden	PRTR-3-1	E-PRTR-VO	EU	/	Chloride (als Gesamt-Cl)	19.600.000	kg/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und – verfahren
Freisetzung in Boden	PRTR-3-2	E-PRTR-VO	EU	/	Kupfer und Verbindungen (als Cu)	61	kg/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und – verfahren
Menge des gefährlichen Abfalls	NachwV-1-1	Nachweisverordnung (NachwV)	DE	Abfallrahmenrichtlinie	andere halogenierte Lösemittel und Lösemittel-gemische	3.000	t	nein	Anfallstelle des Abfalls	Abfallherkunft Abfallbeschreibung (z. B. i) Betriebsinterne Bezeichnung, AVV-Nr.: 14 06 02*, etc.) Link zum Entsorgungsnachweis Link zur Deklarationsanalyse

Menge des gefährlichen Abfalls	NachwV-1-2	Nachweisverordnung (NachwV)	DE	Abfallrahmenrichtlinie	Metallabfälle, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	5.000	t	nein	Anfallstelle des Abfalls	Abfallherkunft Abfallbeschreibung (z. B. i) Betriebsinterne Bezeichnung, AVV-Nr.: 17 04 09*, etc.) Link zum Entsorgungsnachweis Link zur Deklarationsanalyse
Menge des nicht-gefährlichen Abfalls	NachwV-2	Nachweisverordnung (NachwV)	DE	Abfallrahmenrichtlinie	Verpackungen aus Kunststoff	25.000	t	nein	Anfallstelle des Abfalls	Abfallherkunft Abfallbeschreibung (z. B. i) Betriebsinterne Bezeichnung, AVV-Nr.: 15 01 02, etc.) Link zum Entsorgungsnachweis Link zur Deklarationsanalyse
Verbringung gefährliche Abfälle im Inland – Abfall zur Verwertung	PRTR-4-1	E-PRTR-VO	EU	/	gefährlicher Abfall (zur Verwertung im Inland)	37.500	t/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren: Messung (Wiegen (M))
Verbringung gefährliche Abfälle im Inland – Abfall zur Beseitigung	PRTR-4-2	E-PRTR-VO	EU	/	gefährlicher Abfall (zur Beseitigung im Inland)	10.500	t/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren: Messung (Wiegen)
Verbringung gefährliche Abfälle im Ausland – Abfall zur Verwertung	PRTR-4-3	E-PRTR-VO	EU	/	gefährlicher Abfall (zur Verwertung im Ausland)	15.000	t/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren: Messung (Wiegen (M)) Verwerter Verwertungsstandort

Verbringung gefährliche Abfälle im Ausland – Abfall zur Beseitigung	PRTR-4-4	E-PRTR-VO	EU	/	gefährlicher Abfall (zur Beseitigung im Ausland)	5.600	t/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren: Messung (Wiegen (M)) Beseitiger Beseitigungsstandort
Verbringung nicht gefährlicher Abfälle – zur Verwertung	PRTR-5-1	E-PRTR-VO	EU	/	nicht-gefährlicher Abfall (zur Verwertung)	30.200	t/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren: Messung (Wiegen (M))
Verbringung nicht gefährlicher Abfälle – zur Beseitigung	PRTR-5-2	E-PRTR-VO	EU	/	nicht-gefährlicher Abfall (zur Beseitigung)	40.000	t/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren: Messung (Wiegen (M))
Menge der grenzüberschreitend verbrachten Abfälle zur Beseitigung	VVA-1	Abfallverbringungsverordnung (VVA)	EU	/	Gießereisand	20.000	kg	nein	Notifizierende (gemäß VVA) bzw. Der- oder Diejenige, der die Verbringung ins Ausland veranlasst	Exporteur/Notifizierender Importeur/Empfänger Transport-unternehmen Abfallerzeuger Verwertungsanlage etc. Bezeichnung und Zusammensetzung des Abfalls Abfallidentifizierung (gemäß Basler ÜK (Anhang VIII), OECD-Code, AVV, etc.) Link zum Begleitformular bzw. Notifizierungsformular

Menge der grenzüberschreitend verbrachten Abfälle zur Verwertung	VVA-2	Abfallverbringungs-verordnung (VVA)	EU	/	Gießereisand	20.000	kg	nein	Notifizierende (gemäß VVA) bzw. Der-oder Diejenige, der die Verbringung ins Ausland veranlasst	Exporteur/ Notifizierender Importeur/Empfänger Transport-unternehmen Abfallerzeuger Verwertungsanlage etc. Bezeichnung und Zusammensetzung des Abfalls Abfallidentifizierung (gemäß Basler ÜK (Anhang VIII), OECD-Code, AVV, etc.) Link zum Begleitformular bzw. Notifizierungsformular
Menge des Abwassers bei Indirekteinleitung	WHG-1	Wasserhaushalts-gesetz (WHG)	DE	Industrieemissions-richtlinie (IED)	Menge des Abwassers	7,5	m³/h	nein	Ort vor der Vermischung des Abwassers	Verlinkung zur Indirekteinleiter-genehmigung
Schädlichkeit des Abwassers (bzw. Grenzwerte) bei Indirekteinleitung gemäß Indirekteinleiter-genehmigung	WHG-2	Wasserhaushalts-gesetz (WHG)	DE	Industrieemissions-richtlinie (IED)	Quecksilber	1,2	kg/a	nein	Ort vor der Vermischung des Abwassers	Verlinkung zur Indirekteinleiter-genehmigung
Menge des Abwassers bei Direkteinleitung	AbwAG-1	Abwasserabgabe-gesetz (AbwAG)	DE	Industrieemissions-richtlinie (IED)	Menge des Abwassers	200.000	m³/a	nein	Einleitungs-stelle des Abwassers	Verlinkung zum Zulassungsbescheid für die Abwassereinleitung
Schädlichkeit des Abwassers bei Direkteinleitung	AbwAG-2	Abwasserabgabe-gesetz (AbwAG)	DE	Industrieemissions-richtlinie (IED)	Schädlichkeit des Abwassers	44	SE	nein	Einleitungs-stelle des Abwassers	Verlinkung zum Zulassungsbescheid für die Abwassereinleitung

gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis										
Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Direkteinleiter gemäß Teil C und ggf. D und E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV	AbwV-1	Abwasserverordnung (AbwV)	DE	Industrieemissionsrichtlinie (IED)	abfiltrierbare Stoffe	25	mg/l	nein	Stelle, an der das Abwasser in das Gewässer eingeleitet wird (Einleitungsstelle in das Gewässer)	Bestimmungsmethode und -verfahren
Schadstofffrachten im Abwasser (Anforderungen an das Abwasser für Indirekteinleiter gemäß Teil D und ggf. E (falls zutreffend) der Anhänge der AbwV	AbwV-2	Abwasserverordnung (AbwV)	DE	Industrieemissionsrichtlinie (IED)	Arsen	0,1	mg/l	nein	Ort vor der Vermischung des Abwassers	Bestimmungsmethode und -verfahren
Verbringung von Schadstoffen in für die Abwasserbehandlung bestimmten Abwassers außerhalb des Standorts	PRTR-6-1	E-PRTR-VO	EU	/	Chloride (als Gesamt-Cl)	27600000	kg/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren: Messung (INT (M) CEN/ISO)
Verbringung von Schadstoffen in für die Abwasserbehandlung bestimmten Abwassers außerhalb des Standorts	PRTR-6-2	E-PRTR-VO	EU	/	Phenole (als Gesamt-C)	233	kg/a	nein	Betriebs-einrichtung	Bestimmungsmethode und -verfahren: Messung (CRM) CAS NR.: 108-95-2
Menge der gefährlichen Stoffe	12. BImSchV-1-1	12. BImSchV	DE	Seveso-Richtlinie	P2 Entzündbare Gase,	50.000	kg	nein	Betriebsbereich der oberen Klasse	CAS. NR:

					Kategorie 1 oder 2					
Menge der gefährlichen Stoffe	12. BImSchV-1.2	12. BImSchV	DE	Seveso-Richtlinie	Chlorwasserstoff (verflüssigtes Gas)	25.000	kg	nein	Betriebsbereich der unteren Klasse	CAS. NR: 7647-01-0
Bericht der nicht-finanziellen Berichterstattung	CSR-RUG-1	CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz (CSR-RUG)	DE	Non-Financial Reporting Directive (NFRD)	diverse	ja	diverse	ja**	Unternehmen bzw. Kapitalgesellschaft	Verlinkung zum entsprechenden Bericht und Angabe weiterer relevanter Informationen/Daten mit Umweltbezug

** Detailprüfung je Umweltdatenpunkt steht noch aus

A.3 Umweltdatenset Produkt - Stoff - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt

Tabelle 22: Header Umweltdatenset Produkt - Stoff - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt

Asset	Daten bzw. Informationen zum Produkt	ggf. mehr als eine Zeile erforderlich	Wert/Information (Eingabefeld)
	Bezugspunkt (Stoff, Gemisch, Erzeugnis)		Stoff
	Produktidentifikator (z. B. QR-Code, Data-Matrix Code, RFID Tag)		1N30
	Herstellername		Value
	Herstelleradresse		Value
	Produktname		Cadmium
	Produkttyp		Value
	Serien- oder Chargennummer (wenn erforderlich)		Value
	Herstellungsland	X	Value
	Optional: Produktfoto	X	Foto
	Optional: Internetreferenz	X	z. B. Herstellerkatalog

Tabelle 23: Umweltdatenset Produkt - Stoff - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt

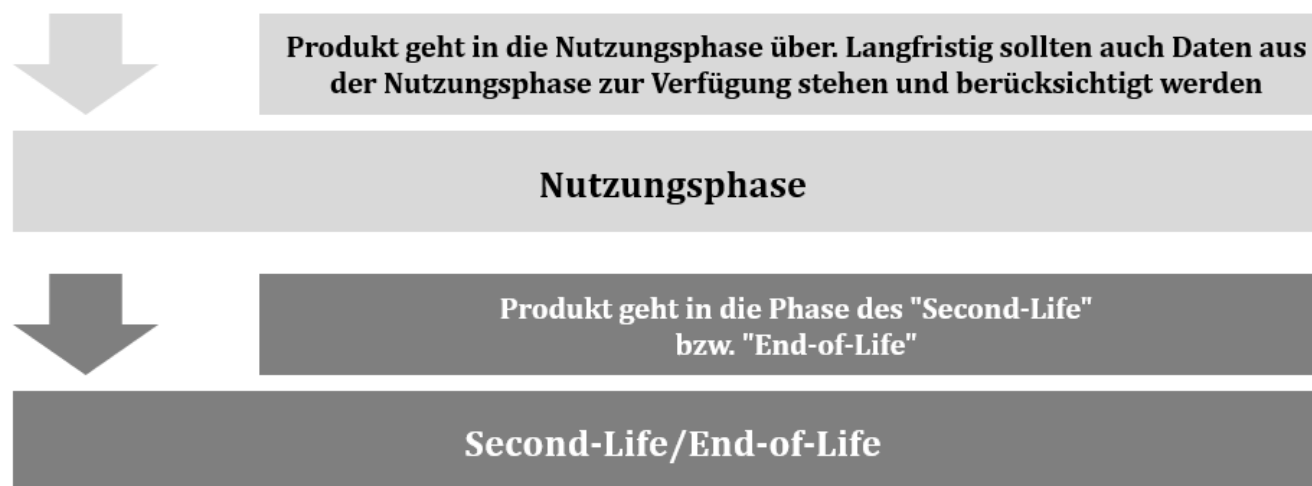
Umweltdatenpunkt	Bezugspunkt	Rechtliche Grundlage des Umweltdaten	Geltungsbereich der rechtlichen Grundlage des Umweltdatenpunkts	Übergeordnete Regularien auf EU- oder internationaler Ebene zum betrachteten Recht (Spalte F)	Name Schadstoff / Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld)	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)	Kontextinformationen* (Eingabefeld/Verlinkung)
Registrierung des Stoffs	Stoff	REACH-Verordnung	EU	/	Cadmium	01-2119489023-40-xxxx	/	EC / List no.: 231-152-8

Umweltdatenpunkt	Bezugspunkt	Rechtliche Grundlage des Umweltdaten	Geltungsbereich der rechtlichen Grundlage des Umweltdatenpunkts	Übergeordnete Regularien auf EU- oder internationaler Ebene zum betrachteten Recht (Spalte F)	Name Schadstoff / Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld)	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)	Kontextinformationen* (Eingabefeld/Verlinkung)
								CAS-Nr.: 7440-43-9 Mol. formula: Cd. Link zur Substance Information Card: https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.028.320
Gefährlichkeit des Stoffs (gefährlicher Stoff - ja oder nein)	Stoff	REACH-Verordnung	EU	/	Cadmium	ja	/	EC / List no.: 231-152-8 CAS-Nr.: 7440-43-9 Mol. formula: Cd. Link zur Substance Information Card: https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.028.320
Verfügbarkeit eines Sicherheitsdatenblattes (Sicherheitsdatenblatt vorhanden - ja oder nein)	Stoff	REACH-Verordnung	EU	/	Cadmium	ja	/	Link zum Sicherheitsdatenblatt: https://www.pentachemicals.de/soubory/bezpecnostni-listy/de/cadmium.pdf
Handelt es sich bei dem Stoff um einen zulassungspflichtigen Stoff nach Anhang XIV der REACH-Verordnung?	Stoff	REACH-Verordnung	EU	/	Cadmium	nein	/	EC / List no.: 231-152-8 CAS-Nr.: 7440-43-9 Mol. formula: Cd. Link zur Substance Information Card: https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.028.320
Unterliegt der Stoff/das Gemisch	Stoff	REACH-Verordnung	EU	/	Cadmium	ja	/	Verlinkung zu Anhang XVII

Umweltdatenpunkt	Bezugspunkt	Rechtliche Grundlage des Umweltdaten	Geltungsbereich der rechtlichen Grundlage des Umweltdatenpunkts	Übergeordnete Regularien auf EU- oder internationaler Ebene zum betrachteten Recht (Spalte F)	Name Schadstoff / Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld)	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)	Kontextinformationen* (Eingabefeld/Verlinkung)
Beschränkungen - ja oder nein								
Menge der zu registrierenden Stoffe, die in der EU hergestellt oder dorthin importiert werden	Stoff	REACH-Verordnung	EU	/	Cadmium	1,5	T	Verlinkung zu Blatt "PBsp - Detail REACH-6-Cadmium"
Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	Pyr. Sol. 1	/	
Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	Carc. 1B	/	
Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	Muta. 2	/	
Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	Repr. 2	/	
Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	Acute Tox. 2 *	/	
Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	STOT RE 1	/	
Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	Aquatic Acute 1	/	

Umweltdatenpunkt	Bezugspunkt	Rechtliche Grundlage des Umweltdaten	Geltungsbereich der rechtlichen Grundlage des Umweltdatenpunkts	Übergeordnete Regularien auf EU- oder internationaler Ebene zum betrachteten Recht (Spalte F)	Name Schadstoff / Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld)	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)	Kontextinformationen* (Eingabefeld/Verlinkung)
Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie des Stoffs	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	Aquatic Chronic 1	/	
Gefahrenhinweis (H-Sätze)	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	H250	/	
Gefahrenhinweis (H-Sätze)	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	H350	/	
Gefahrenhinweis (H-Sätze)	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	H341	/	
Gefahrenhinweis (H-Sätze)	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	H361fd	/	
Gefahrenhinweis (H-Sätze)	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	H330	/	
Gefahrenhinweis (H-Sätze)	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	H372	/	
Gefahrenhinweis (H-Sätze)	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	H400	/	
Gefahrenhinweis (H-Sätze)	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	H410	/	
Ergänzende Gefahrenhinweise (EUH-Sätze)	Stoff	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium enthaltendes Gemisch	EUH207	/	
Sicherheitshinweise - Prävention (P200-Sätze)	Stoff oder Gemisch	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	P201	/	

Umweltdatenpunkt	Bezugspunkt	Rechtliche Grundlage des Umweltdaten	Geltungsbereich der rechtlichen Grundlage des Umweltdatenpunkts	Übergeordnete Regularien auf EU- oder internationaler Ebene zum betrachteten Recht (Spalte F)	Name Schadstoff / Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld)	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)	Kontextinformationen* (Eingabefeld/Verlinkung)
Sicherheitshinweise - Prävention (P200-Sätze)	Stoff oder Gemisch	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	P202	/	
Sicherheitshinweise - Prävention (P200-Sätze)	Stoff oder Gemisch	CLP-Verordnung	EU	/	Cadmium	P240	/	



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll Management Consulting

Tabelle 24: Verlinkung zum Umweltdatenpunkt “Menge der zu registrierenden Stoffe, die in der EU hergestellt oder dorthin importiert werden“

Weitere Detailinformationen zum Umweltdatenpunkt	Kontextinformationen	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)
Physikalisch-chemische Eigenschaften des Stoffs	Aggregatzustand bei 20 °C und 101,3 kPa	Fest	/
	Schmelz-/ Gefrierpunkt	309	°C
	Siedepunkt	/	/
	Relative Dichte	8,6	g/cm ³
	Dampfdruck	negligible at 25°C	°C
	Oberflächenspannung	/	/
	Wasserlöslichkeit	2.3	mg/l
	Verteilungskoeffizient n-Oktanol/Wasser	/	/
	Flammpunkt	Based on the TG/DSC measurements and mineral composition the cadmium powder has no flammability, explosive or self-inflammability properties. However, in reaction with water, hydrogen gas is formed, and therefore in certain conditions cadmium has flammability and explosive properties (Outotec, 2010).	/
	Entzündlichkeit	Based on the TG/DSC measurements and mineral composition the cadmium powder has no flammability, explosive or self-inflammability properties. However, in reaction with water, hydrogen gas is formed, and therefore in certain conditions cadmium has flammability and explosive properties (Outotec, 2010).	/

Weitere Detailinformationen zum Umweltdatenpunkt	Kontextinformationen	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)
Toxikologische Angaben	Explosionsfähigkeit	Based on the TG/DSC measurements and mineral composition the cadmium powder has no flammability, explosive or self-inflammability properties. However, in reaction with water, hydrogen gas is formed, and therefore in certain conditions cadmium has flammability and explosive properties (Outotec, 2010).	/
	Selbstentzündungstemperatur	/	/
	Brandfördernde Eigenschaften	/	/
	Granulometrie	/	/
	Reizung oder Verätzung der Haut	/	/
	Reizung der Augen	/	/
	Sensibilisierung durch Hautkontakt	/	/
	Mutagenität	/	/
	Akute Toxizität	/	/
	Orale Verabreichung	2 330	mg/kg bw
Angaben zur Ökotoxizität	Aquatische Toxizität	/	/
	Abbaubarkeit	/	/

A.4 Umweltdatenset Produkt - Erzeugnis - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt

Tabelle 25: Header Umweltdatenset Produkt - Erzeugnis - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt

Asset	Daten bzw. Informationen zum Produkt	ggf. mehr als eine Zeile erforderlich	Wert/Information (Eingabefeld)
	Bezugspunkt (Stoff, Gemisch, Erzeugnis)		Erzeugnis
	Produktidentifikator (z. B. QR-Code, Data-Matrix Code, RFID Tag)		Value
	Herstellername		Value
	Herstelleradresse		Value
	Produktname		Value
	Produkttyp		Servoumrichter
	Serien- oder Chargennummer (wenn erforderlich)		Value
	Herstellungsland	X	Value
	Optional: Produktfoto	X	Foto
	Optional: Internetreferenz	X	z. B. Herstellerkatalog

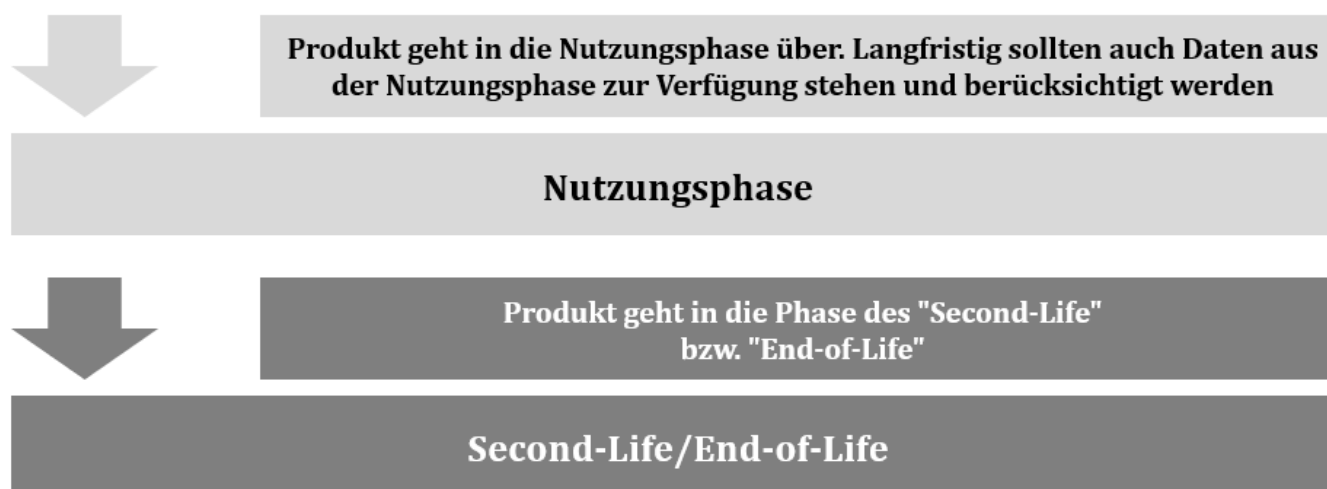
Tabelle 26: Umweltdatenset Produkt - Erzeugnis - beispielhaft ausgefüllt je zutreffendem Umweltdatenpunkt

Umweltdatenpunkt	Bezugspunkt	Rechtliche Grundlage des Umweltdatenpunkts	Geltungsbereich der rechtlichen Grundlage des Umweltdatenpunkts	Übergeordnete Regularien auf EU- oder internationaler Ebene zum betrachteten Recht (Spalte G)	Name Schadstoff/ Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabefeld)	Wert (Eingabefeld)	Einheit (Eingabefeld)	Kontextinformationen* (Eingabefeld/Verlinkung)
Vorkommen von SVHC im Erzeugnis (enthält das	Erzeugnis	REACH-Verordnung	EU	/	Diboron trioxide	ja	/	

Umwelt-datenpunkt	Bezugspunkt	Rechtliche Grundlage des Umwelt-datenpunkts	Geltungsbe-reich der rechtlichen Grundlage des Umweltdaten-punkts	Übergeord-nete Regula-rien auf EU- oder internati-onaler Ebene zum betrach-teten Recht (Spalte G)	Name Schad-stoff/ Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabe-feld)	Wert (Einga-befeld)	Einheit (Eingabe-feld)	Kontextinformationen* (Eingabefeld/Verlinkung)
Erzeugnis SVHC-Stoff - ja oder nein)								
Vorkommen von SVHC im Erzeugnis (enthält das Erzeugnis SVHC-Stoff - ja oder nein)	Erzeugnis	REACH-Verordnung	EU	/	Lead monoxide	ja	/	
Vorkommen von SVHC im Erzeugnis (enthält das Erzeugnis SVHC-Stoff - ja oder nein)	Erzeugnis	REACH-Verordnung	EU	/	Bisphenol A	ja	/	
Vorkommen von SVHC im Erzeugnis (enthält das Erzeugnis SVHC-Stoff - ja oder nein)	Erzeugnis	REACH-Verordnung	EU	/	Lead	ja	/	
Vorkommen von SVHC im Erzeugnis (enthält das Erzeugnis SVHC-Stoff - ja oder nein)	Erzeugnis	REACH-Verordnung	EU	/	Silicic acid, lead salt	ja	/	
Vorkommen von SVHC im Erzeugnis (enthält das Erzeugnis SVHC-Stoff - ja oder nein)	Erzeugnis	REACH-Verordnung	EU	/	2-methyl-imida-zole	ja	/	
Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidaten-liste in einer Konzentration über 0,1 % w/w)	Erzeugnis	Chemikaliengesetz	DE	Abfallrahmenricht-linie	Diboron trioxide	/	/	Eintrag des Stoffs in SCIP-Daten-bank noch nicht erfolgt. Danach Verlinkung möglich

Umwelt-datenpunkt	Bezugspunkt	Rechtliche Grundlage des Umwelt-datenpunkts	Geltungsbe-reich der rechtlichen Grundlage des Umweltdaten-punkts	Übergeord-nete Regula-rien auf EU- oder internati-onaler Ebene zum betrach-teten Recht (Spalte G)	Name Schad-stoff/ Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabe-feld)	Wert (Einga-befeld)	Einheit (Eingabe-feld)	Kontextinformationen* (Eingabefeld/Verlinkung)
Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidaten-liste in einer Konzentration über 0,1 % w/w)	Erzeugnis	Chemikaliengesetz	DE	Abfallrahmenricht-linie	Lead monoxide	/	/	Eintrag des Stoffs in SCIP-Daten-bank noch nicht erfolgt. Danach Verlinkung möglich
Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidaten-liste in einer Konzentration über 0,1 % w/w)	Erzeugnis	Chemikaliengesetz	DE	Abfallrahmenricht-linie	Bisphenol A	/	/	Eintrag des Stoffs in SCIP-Daten-bank noch nicht erfolgt. Danach Verlinkung möglich
Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidaten-liste in einer Konzentration über 0,1 % w/w)	Erzeugnis	Chemikaliengesetz	DE	Abfallrahmenricht-linie	Lead	/	/	Eintrag des Stoffs in SCIP-Daten-bank noch nicht erfolgt. Danach Verlinkung möglich
Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidaten-liste in einer Konzentration über 0,1 % w/w)	Erzeugnis	Chemikaliengesetz	DE	Abfallrahmenricht-linie	Silicic acid, lead salt	/	/	Eintrag des Stoffs in SCIP-Daten-bank noch nicht erfolgt. Danach Verlinkung möglich
Konzentrationsbereich des SVHC-Stoffs im Erzeugnis (Stoff der Kandidaten-liste in einer Konzentration über 0,1 % w/w)	Erzeugnis	Chemikaliengesetz	DE	Abfallrahmenricht-linie	2-methyl-imida-zole	/	/	Eintrag des Stoffs in SCIP-Daten-bank noch nicht erfolgt. Danach Verlinkung möglich
Kennzeichnungspflicht (durchgestrichene Abfall-tonne)	Elektro- und Elekt-ronikgeräte	Elektro- und Elektronik-gerätegesetz (ElektroG)	DE	WEEE-Richtlinie	/	ja	/	

Umwelt-datenpunkt	Bezugspunkt	Rechtliche Grundlage des Umwelt-datenpunkts	Geltungsbe-reich der rechtlichen Grundlage des Umweltdaten-punkts	Übergeord-nete Regula-rien auf EU- oder internati-onaler Ebene zum betrach-teten Recht (Spalte G)	Name Schad-stoff/ Abfall / Inhaltsstoff / etc. (Eingabe-feld)	Wert (Einga-befeld)	Einheit (Eingabe-feld)	Kontextinformationen* (Eingabefeld/Verlinkung)
Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach EVPG	Energiever-brauchsrelevante Produkte	Energieverbrauchsrele-vante-Produkte-Gesetz (EVPG)	DE	Ökodesign-Richtli-nie	/	ja	/	Verlinkung zu Konformitätserklä-rung
Kennzeichnungspflicht (CE-Kennzeichnung) nach Elekt-roStoffV	Elektro- oder Elektronikgerät	Elektrostoff-Verord-nung	DE	RoHS-Richtlinie	/	ja	/	Verlinkung zu Konformitätserklä-rung



B Anlage: Factsheets zu den Bezugspunkten „Anlage“ und „Produkt“

Siehe separates Dokument "Factsheets".

Die Factsheets waren ursprünglich mit den Umweltdatensets abgestimmt, bis auf die Einleitung am Anfang und die Diskussion zum Schluss enthielten sie die gleichen Überschriften und Inhalte. Da die Umweltdatensets noch weiterentwickelt wurden, die Factsheets aber nicht mehr alle angepasst wurden, können zwischen den Überschriften und Inhalten der Factsheets und den Umweltdatensets leichte Abweichungen bestehen.