

2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen



■ **Stichwörter:** Cybersicherheit, Datenschutz, Datensicherheit, Datenqualitätsmanagement, Usability, Nutzungsqualität, Datenerhebung, Datentechnik, Datenvernetzung, Datensteuerung, Prozessqualität

› Warum ist das Thema wichtig?

Die Qualität und die Zuverlässigkeit von Daten entscheiden wesentlich über die Qualität und Nutzbarkeit der Ergebnisse, die mit diesen Daten erzielt werden sollen. Daten mit schlechter Qualität können zu falschen Entscheidungen führen und mehr Schaden anrichten als Nutzen generieren. In 4.0-Prozessen¹ werden Daten in erster Linie von technischen Sys-

temen, wie Sensoren, Verwaltungsschalen, und intelligenter Software² mit ihren Modellen der künstlichen Intelligenz (KI) strukturiert oder unstrukturiert erfasst, genutzt und verarbeitet. Mit cyber-physischen Systemen (CPS)³ und intelligenter Software (inkl. KI) nimmt die Menge der Daten, die für betriebliche Prozesse erhoben und genutzt werden, exorbitant

zu (Big Data). Die Frage der Datenqualität gewinnt deswegen in den 4.0-Prozessen im Betrieb an Bedeutung. Um die Datenqualität und damit die Qualität der mit diesen Daten erzielten Ergebnisse beurteilen zu können, benötigt man Kriterien (Daten der einzelnen Komponenten sowie des Gesamtsystems).

› Worum geht es bei dem Thema?

Begriff: Datenqualität

Unter Datenqualität wird hier die Anforderung an Daten von CPS hinsichtlich ihrer Eignung, einen bestimmten Zweck zu erfüllen, verstanden. Die Eignung ist anhand von Kriterien zu beurteilen. Als Kriterien gelten dabei beispielsweise die Korrektheit, die Relevanz und die Verlässlichkeit der Daten sowie ihre Konsistenz und Verfügbarkeit auf verschiedenen Systemen (siehe unten „Bereiche, die Datenqualität beeinflus-

sen“). Die Datenqualität kann nach gesellschaftlich vereinbarten Kriterien, wissenschaftlichen Erkenntnissen sowie den subjektiven Anforderungen von Nutzern oder Kunden bewertet werden.

In 4.0-Prozessen beeinflusst die Datenqualität die Zuverlässigkeit der Verarbeitung und Nutzung der Daten sowie der Prozesse, die mit diesen Daten ganz oder teilweise gesteuert werden. Daten, die die Qualitätskriterien nicht erfüllen, können schlechte Ergebnisse erzeugen, zu

Hindernissen im Betriebsablauf führen und erhebliche Kosten verursachen.⁴ Die Datenqualität gewinnt zusätzlich an Bedeutung, wenn die intelligente Software (inkl. KI) die Prozesse ganz oder teilweise steuert und der Mensch als korrekatives Element eine geringere Rolle spielt.⁵ › *Siehe Umsetzungshilfe 1.3.3 Handlungsträgerschaft im Verhältnis Mensch und intelligente Software (inkl. KI).*

Bereiche, die Datenqualität beeinflussen

Die Daten, die von intelligenter Software mit ihren Modellen der künstlichen Intelligenz (KI) verarbeitet werden, besitzen in allen Anwendungsbereichen spezifische Eigenschaften, die eine Auswirkung auf die Datenqualität haben.⁶ Diese Eigenschaften werden durch folgende Aspekte gekennzeichnet („Die fünf V“)⁷:

■ **Masse – Volume:** Die Datenansamm-

lung ist unbegrenzt groß (unternehmensinterne/-externe Daten).

■ **Schärfe – Veracity:** Die Daten können unzuverlässig oder unsicher sein. Die Präzision, Genauigkeit oder Vertrauenswürdigkeit der Daten sind nicht immer gegeben.

■ **Geschwindigkeit – Velocity:** Die Datenströme ermöglichen die unmittelbare Verarbeitung und Analyse beinahe in Echtzeit.

■ **Vielfalt – Variety:** Die Daten treten in multiplen Formaten auf: strukturiert, unstrukturiert, semistrukturiert, Text.

■ **Wert – Value:** Die Daten können einen Wert für die CPS-Nutzung besitzen, der sich erst nach Erhebung der Daten zeigen kann (durch Analyse, Verdichtung oder sonstige Verarbeitung). Sie können in Kontexten auftreten, für die sie nicht erhoben sind (Rekontextualisierung/Reanonymisierung).

Diese Umsetzungshilfe gibt Experten und Interessierten Anregungen, wie Arbeit 4.0 zu gestalten ist. Die Empfehlungen sollten an die jeweilige konkrete betriebliche Situation angepasst werden.

¹ Unter 4.0-Prozessen werden hier alle Arbeitsprozesse verstanden, in denen cyber-physische Systeme (CPS) oder andere autonome technische Systeme (wie Plattformen, Messenger-Programme) beteiligt sind. 4.0-Prozesse sind in den Arbeitsprozessen bisher selten vollständig, aber in Ansätzen in allen Betrieben umgesetzt.

² Intelligente Software steuert cyber-physische Systeme (CPS) und andere autonome technische Systeme (wie Messenger-Programme). Intelligente Software nutzt Modelle künstlicher Intelligenz zusammen mit anderen Basistechnologien wie zum Beispiel Algorithmen, semantischen Technologien, Data-Mining. Intelligente Software ist autonom und selbstlernend.

³ Cyber-physische Systeme (CPS) verbinden und steuern als autonome technische Systeme Arbeitsmittel, Produkte, Räume, Prozesse und Menschen beinahe in Echtzeit. Die komplette oder teilweise Steuerung übernimmt intelligente Software auf Grundlage von Modellen der künstlichen Intelligenz. Genutzt werden dazu unter anderem auch Sensoren/Aktoren, Verwaltungsschalen, Plattformen/Clouds.

⁴ Heinrich et al. 2012

⁵ Klier & Heinrich 2016, S. 489

⁶ Anwendungsbereiche von CPS können sein: **Insellösungen**, Teilkomponenten und Teilprozesse (zum Beispiel einzelne Arbeitsplätze, Arbeitsmittel, Teile von Anlagen, Räume, Produkte, Assistenzsysteme) und **verkettete Prozesse** und Gesamtsystemlösungen (zum Beispiel verkettete Arbeitsmittel, Wertschöpfungskette). Außerdem **geschlossene Betriebsanwendungen** (autark – zum Beispiel Edge Computing, betriebliche Cloud), **offene Anwendungen** (zum Beispiel Public Clouds, Hersteller-Plattformen).

⁷ vgl. Bitkom 2013, S. 5f.; Laney 2001; Reussner 2017, S. 4; Vossen et al. 2015, S. 4f.

⁸ vgl. Schallaböck 2015, S. 23; Reussner 2017, S. 3f.

Die folgenden Elemente der 4.0-Prozesse beeinflussen die Datenqualität⁸ – siehe Abbildung 1:

- **Datenerhebung:** Welche Daten werden wie erhoben? Die Erhebung der Daten beeinflusst im Wesentlichen deren Qualität. Daten können von 4.0-Technologien im Betrieb (über Arbeitsmittel, -stoffe, -räume, Personen, Prozesse) erhoben werden. Die Daten können aber auch über Plattformen aus Big Data generiert werden.
- **Datentechnik:** Welche technische Qualität besitzen die Daten, damit sie ohne Fehler von der intelligenten Software (inkl. KI) verarbeitet werden können? Die technische Qualität entscheidet darüber, wie kompatibel die Daten mit anderen Systemen sind (zum Beispiel Verwendung standardisierter Sprachen und Datenstrukturen). Dies bestimmt, ob und in welcher Qualität sie dann genutzt werden können.
- **Datenvernetzung:** Welche Daten werden wie und zu welchem Zweck zusammengeführt? Die Qualität der Aus-

gangsdaten wird durch die Verbindung mit Daten aus unterschiedlichen Bereichen beeinflusst. Hier schließen sich Fragen an, wie: Ist die Quelle der verwendeten Daten bekannt und zuverlässig? Erlaubt die Zusammenführung dieser Daten verlässliche Ergebnisse oder sind bereits die Ausgangsdaten ungeeignet für die Fragestellung?

- **Datensteuerung:** Nach welchen Verfahren werden die Daten verarbeitet? Die Qualität der Daten wird in CPS auch von der Qualität des Steuerungsprogramms beeinflusst. Daher muss geklärt werden, nach welchen Kriterien die intelligente Software (inkl. KI) die Daten verarbeitet (zum Beispiel nach welchen Algorithmen und/oder Modellen der künstlichen Intelligenz), um verlässliche und zulässige (zum Beispiel personenbezogene) Erkenntnisse zu produzieren.
- **Betriebliche Konzepte und Umsetzung:** Sind in den betrieblichen Anforderungen und Erwartungen an die Datenerhebung, -technik, -vernetzung

und -steuerung Aspekte der Datenqualität berücksichtigt? Schließlich wird die Qualität der Daten auch durch Konzept und Umsetzung der betrieblichen Anforderungen an die CPS und die intelligente Software (inkl. KI) beeinflusst (in größeren Betrieben: Datenqualitätsmanagement). Berücksichtigt das betriebliche Konzept beispielsweise für die Prozesssteuerung durch intelligente Software (inkl. KI) auch die erforderlichen Anforderungen des Arbeitsschutzes?

Diese fünf Elemente gelten für einzelne CPS-Komponenten oder für Gesamtsysteme

- bei Anwendungen, die ein Betrieb selbst entwickeln und programmieren lässt,
- bei Dienstleistungen, die ein Betrieb einkauft beziehungsweise auf die er zurückgreift (wie zum Beispiel von Plattformen, Cloud-Dienstleistern, Services von Herstellern).⁹

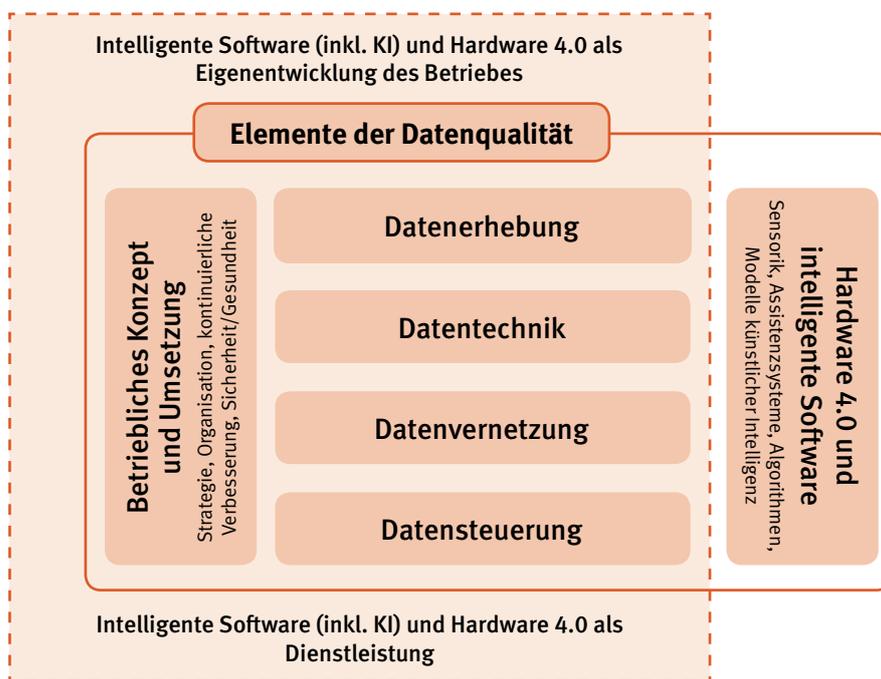


Abbildung 1: Elemente der Datenqualität (eigene Darstellung)

Kriterien für die Qualität der Daten

In allen Phasen des betrieblichen Umgangs mit Daten müssen folgende Qualitätskriterien geprüft werden:¹⁰

- **Korrektheit:** Die Daten müssen mit der Wirklichkeit (Realität), mit Erfah-

rungen (Plausibilität) sowie mit den Anforderungen (der Datendefinition) möglichst weitgehend übereinstimmen. Zum Beispiel muss ein Sensor die Konzentration eines Gefahrstoffes genau ermitteln und eine Übertretung

des Grenzwertes korrekt angeben, um einen gesundheitsgerechten Umgang mit dem Stoff zu ermöglichen.

- **Vollständigkeit:** Die zu erhebenden Daten müssen den Erkenntnisgegenstand möglichst vollständig be-

⁹ Otto 2014, S. 21

¹⁰ vgl. Badicke 2013; Bayer 2011; Bertelmann et al. 2014; Klier & Heinrich 2016; Helfert 2002, S. 83f.; Lehnhoff 2005, S. 27ff.; Reussner 2017, S. 4; Schallaböck 2015, S. 23f.; Turner 2002, S. 5

schreiben. Zum Beispiel muss eine intelligente Software (inkl. KI) für den Personaleinsatz die relevanten Kriterien vollständig berücksichtigen, um eine für alle Beteiligten akzeptable Schichtplanung zu gewährleisten.

- **Widerspruchsfreiheit/Konsistenz:** Die Daten dürfen keine Widersprüche zu den beschriebenen und vereinbarten Anforderungen und Werten des Betriebes aufweisen (Integritätsbedingungen wie Geschäftsregeln, Erfahrungswerte). Jeder Datensatz muss eindeutig interpretierbar sein. Außerdem darf es keine Widersprüche innerhalb der verwendeten Daten und zu Daten aus anderen Quellen geben. Zum Beispiel muss ein Gabelstapler stoppen, wenn eine Person seinen Fahrweg kreuzt, da der erfasste Datensatz „Achtung, Person!“ widerspruchsfrei war.
- **Aktualität:** Alle Datensätze müssen jeweils dem aktuellen Zustand der abgebildeten Realität entsprechen. Die Daten müssen zeitnah beziehungsweise rechtzeitig für die betrachtete Anwendung vorliegen. Zum Beispiel werden bei der softwaregesteuerten Sicherheitstechnischen Überprüfung einer Anlage nur die aktuellen Daten des Unternehmens zum Betrieb der Anlage sowie die aktuellen Arbeitsschutzvorschriften als Kriterien zur Bewertung durch die intelligente Software (inkl. KI) zugrunde gelegt.
- **Zuverlässigkeit:** Die Entstehung der Daten muss nachvollziehbar sein. Die Daten müssen zeitlich und räumlich konstant erhoben sein und zur Anforderung passen. Zum Beispiel sollte die Personalabteilung Daten aus sozialen Netzwerken über Stellenbewerber kritisch hinterfragen.
- **Relevanz:** Der Informationsgehalt von Daten muss den jeweiligen Informationsbedarf erfüllen. Die Daten können auf einen relevanten Datenausschnitt beschränkt werden. Zum Beispiel sollten nicht alle erfassten Daten eines Arbeitsmittels verwendet werden, wenn neun von zehn Datensätze über den normalen Betrieb des Arbeitsmittels irrelevant sind.
- **Verständlichkeit:** Die Daten müssen in ihrer Begrifflichkeit, Darstellung und Struktur vom Informationsempfänger verstanden werden. Die grundlegenden Kriterien, nach denen die intel-

ligente Software (inkl. KI) lernt und handelt, sollten bekannt sein. Zum Beispiel sollten Anweisungen auf einer Datenbrille so dargestellt werden, dass Nutzer sie erkennen, inhaltlich verstehen und nachvollziehen können. ▶ *Siehe Umsetzungshilfen 1.1.7 Informationsblatt smartes Produkt; 3.2.2 Smartphone, -watch, -glasses.*

- **Integrität:** Die Daten müssen so aufbereitet sein, dass die Anforderungen der Datensicherheit und des Datenschutzes berücksichtigen sind. Zum Beispiel ist sicherzustellen, dass nur diejenigen personenbezogenen Daten beim Umgang mit einem Arbeitsmittel an Dritte weitergegeben werden, die im Betrieb vereinbart wurden, und dass diese vereinbarungsgemäß verwendet werden.
- **Kontextgebundenheit:** Die Daten müssen für den Kontext geeignet sein, für den sie verwendet werden. Das Kriterium Kontextgebundenheit ist vor allem dann relevant, wenn bereits erhobene Daten in einem neuen Kontext verwendet werden sollen.

▶ Welche Chancen und Gefahren gibt es?

Die sorgfältige Berücksichtigung der Datenqualität in 4.0-Prozessen bietet unter anderem folgende **Chancen**:

- Eine gute Datenqualität ermöglicht verlässliche, sichere und gesundheitsgerechte Prozesse.
- Die verwendeten Daten ermöglichen einen weitgehend fehler- und störungsfreien Betrieb (Effektivität und Effizienz).
- Fehler im 4.0-Prozess und der intelligenten Software (inkl. KI) können reduziert werden.
- Führungskräfte und Beschäftigte kön-

nen durch das Wissen um eine Absicherung der Datenqualität in ihren Arbeitsprozessen entlastet werden.

- Führungskräfte und Beschäftigte, die wissen, wofür die Daten genutzt werden und wofür sie verwendet werden, akzeptieren die Erfassung und Nutzung auch personenbezogener Daten für betriebliche Abläufe eher.

Wenn die Datenqualität nicht beachtet wird, können unter anderem folgende **Gefahren** auftreten:

- Ressourcen werden verschwendet,

weil fehlerhafte Daten die Abläufe beeinträchtigen und zu Unterbrechungen und Zeitverlusten führen.

- Ungenügende oder nicht verlässliche Daten führen zu Fehlentscheidungen.
- Fehlerhafte Daten können zu Unfällen führen und die Gesundheit der Führungskräfte und Beschäftigten beeinträchtigen.
- Fehler und Störungen sowie das Wissen über ungenügende Datenqualität belasten Führungskräfte wie Beschäftigte und senken ihre Akzeptanz für 4.0-Prozesse.

▶ Welche Maßnahmen sind zu empfehlen?

Um die Datenqualität im Betrieb abzusichern, sind unter anderem folgende Maßnahmen zu empfehlen:

Maßnahmen zur Datenqualität vor der Anschaffung

- Bereits bei der Anschaffung von smarten Arbeitsmitteln und smarten Einrichtungen (mit Sensorik, intelligenter

Software – inkl. KI) oder bei 4.0-Servicedienstleistungen (wie Plattformökonomie, Apps, Cloud-Services) ist die Datenqualität mitzubedenken. Ein betriebliches Konzept sollte erstellt werden, in dem die Anforderungen und Erwartungen zur Datenqualität in den Bereichen Datenerhebung, -tech-

nik, -vernetzung und -steuerung reflektiert und möglichst beschrieben sind (in größeren Betrieben: Datenqualitäts- oder Stammdatenmanagement). Überlegt werden sollte, welche Daten in welcher Qualität benötigt werden, um die Aufgaben angemessen zu erledigen. Dies gilt für die Anschaffung

einzelner Komponenten, für das Gesamtsystem wie auch für die Auswirkung von neuen Komponenten auf ein bestehendes Gesamtsystem.

- Um verlässliche Daten und Ergebnisse zu erhalten, sollte im Konzept speziell darauf geachtet werden, dass und wie die Kriterien für die Datenqualität Berücksichtigung finden (Korrektheit, Vollständigkeit, Widerspruchsfreiheit/Konsistenz, Aktualität, Zuverlässigkeit, Relevanz, Verständlichkeit, Integrität). Gegebenenfalls noch einmal beim Anbieter nachfragen!
- Um einen technisch reibungslosen Ablauf zu ermöglichen, ist im Konzept die technische Qualität der Daten so zu definieren, dass sie ohne Fehler von der intelligenten Software (inkl. KI) verarbeitet werden kann (zum Beispiel die Möglichkeit der Eigenschaftsdaten von Dateien, mit anderen Eigenschaftsdaten zu kommunizieren (Interoperabilität der Metadaten), Verwendung standardisierter Sprachen und Datenstrukturen (syntaktische Korrektheit), etablierte Ontologien und Domänenmodelle, semantische Beschreibung von Daten). Hierzu können gegebenenfalls IT-Experten beraten.
- Im Rahmen des Konzeptes sollte die

Datenqualität für den Betrieb genau definiert werden (Papier „Anforderungen an die Datenqualität in unserem Betrieb“). Das hilft den Entscheidern bei der Anschaffung der intelligenten Software (inkl. KI) wie auch in ihrem späteren Einsatz. Führungskräfte und Beschäftigte erkennen so, dass der Betrieb auf Datenqualität achtet. Gleichzeitig liefert diese Beschreibung der Datenqualität allen Beteiligten die Grundlage für spätere Verbesserungsprozesse.

- Werden Daten aus Big Data verwendet, sind diese nicht ungeprüft zu verwenden. Vielmehr müssen auch sie den dokumentierten Kriterien der Datenqualität entsprechen.
- Es sollte recherchiert werden, ob es Software-Tools gibt, die die Datenqualität selbstgesteuert überprüfen. Daten müssen vor der Erfassung auf ihre Qualität geprüft und erst nach Qualitätssicherung im System gespeichert werden. Gegebenenfalls von IT-Experten beraten lassen.
- Bei allen Daten ist sowohl sicherzustellen, dass die Aspekte von Gesundheit und Sicherheit bei der Arbeit der Führungskräfte und Beschäftigten berücksichtigt werden, als auch, dass

der Umgang mit personenbezogenen Daten den Vereinbarungen im Betrieb entspricht.

Maßnahmen zur Datenqualität im laufenden Betrieb

- Im laufenden Betrieb überprüfen, inwiefern die „Anforderungen an die Datenqualität in unserem Betrieb“ erfüllt werden und gegebenenfalls Inkonsistenzen, Fehler sowie Widersprüche analysieren (Data-Profiling). Dabei sollten die Erfahrungen der Führungskräfte und Beschäftigten einbezogen werden. Aus den gewonnenen Informationen können Maßnahmen zur Verbesserung der Datenqualität abgeleitet werden.
- Überprüfen, ob die festgestellten Mängel in der Datenqualität durch 4.0-Tools übernommen werden können (wie zum Beispiel durch Datentypkonvertierungen, Vervollständigung lückenhafter Daten, eigenständige Plausibilitätsüberprüfungen, regelmäßige Überprüfung des gesamten Datenbestandes), um die selbst definierte Datenqualität zu erreichen und zu sichern. Es sollten immer computergestützte Schlussfolgerungen mit menschlicher Intelligenz kombiniert werden.

Quellen und weitere Informationsmöglichkeiten:

Badicke, M. H. (2013). *Klassifikation der Datenqualität*. www.inwt-statistics.de/blog-artikel-lesen/Klassifikation_der_Datenqualitaet.html. Zugegriffen: 06.09.2018.

Bayer, M. (2011). *Gute Daten – schlechte Daten*. www.computerwoche.de/a/gute-daten-schlechte-daten,1931857. Zugegriffen: 06.09.2018.

Bertelmann, R., Gebauer, P., Hasler, T., Kirchner, I., Peters-Kottig, W., Razum, M., ... van Gassel, S. (2014). *Einstieg ins Forschungsdatenmanagement in den Geowissenschaften*. Potsdam, Berlin: doi: 10.2312/lis.14.01.

Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Hrsg.) (2013). *Management von Big-Data-Projekten – Leitfaden*. Berlin: Bitkom.

Heinrich, B., Klier, M., & Görz, Q. (2012). *Ein metrikbasierter Ansatz zur Messung der Aktualität von Daten in Informationssys-*

temen. In Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 82. Jg. 2012, 11, S. 1193–1228.

Helfert, M. (2002). *Planung und Messung der Datenqualität in Data-Warehouse-Systemen*. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

Klier, M. & Heinrich, B. (2016). Datenqualität als Erfolgsfaktor im Business Analytics. *Controlling – Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmenssteuerung*, 28, (8-9), S. 488–494.

Laney, D. (2001). *3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety*. Application Delivery Strategies. Meta Group. 2001; 2:1-4. File 949. <http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>. Zugegriffen: 06.09.2018.

Lehnhoff, N. (2005). *Überprüfung und Verbesserung der Qualität von automatisch erhobenen Daten aus Lichtsignalanlagen* (Dissertation). Universität Hannover, Deutschland.

Otto, B. (2014). Stammdatenqualität. In Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML (Hrsg.), *Logistik entdecken*, Heft 15, S. 20–21.

Reussner, R. (Ansprechpartner) (2017). *Smart Data – A Big Data Memorandum*, Berlin. www.smart-data.fzi.de. Zugegriffen: 06.09.2018.

Schallaböck, J. (2015). *Big Data*, Hamburg: Deutsches Institut für Vertrauen und Sicherheit im Internet – DIVSI.

Turner, S. (2002). *Defining and Measuring Traffic Data Quality – White paper*, Work Order Number BAT-02-006 Washington D.C.: Batelle.

Vossen, G., Lechtenböcker, J., & Fekete, D. (2015). *Big Data in kleinen und mittleren Unternehmen – eine empirische Bestandsaufnahme*. Münster: Förderverein des Instituts für Angewandte Informatik (IAI).

Zu diesem Thema könnten Sie auch folgende weitere Umsetzungshilfen interessieren:

- 1.1.1 Externe und interne Strategie und digitale Transformation
- 1.1.7 Informationsblatt smartes Produkt
- 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen
- 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen
- 2.4.1 Prozessplanung mit CPS
- 2.5.1 Anforderungen an eine Cloud
- 2.5.2 Cloud-Modelle der Bereitstellung und Dienstleistungen
- 3.3.2 Gebrauchstauglichkeit der intelligenten Software (inkl. KI)



**OFFENSIVE
MITTELSTAND**
GUT FÜR DEUTSCHLAND

Herausgeber: „Offensive Mittelstand – Gut für Deutschland“ – Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“
Kurfürsten-Anlage 62, 69115 Heidelberg, E-Mail: info@offensive-mittelstand.de; Heidelberg 2019

© Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“, 2019 Heidelberg. Gemeinsam erstellt von Verbundprojekt Prävention 4.0 durch BC GmbH Forschung, Institut für Betriebliche Gesundheitsförderung BGF GmbH, Forum Soziale Technikgestaltung, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. – ifaa, Institut für Mittelstandsforschung Bonn – IfM Bonn, itb – Institut für Technik der Betriebsführung im Deutschen Handwerksinstitut e. V., Sozialforschungsstelle Dortmund – sfs Technische Universität Dortmund, VDSI – Verband für Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei der Arbeit e. V. – gefördert vom BMBF – Projektträger Karlsruhe