

# 1

## Welche Inhalte vermittelt dieses Buch?

Anfang der 1960er-Jahre wurden wir erstmals mit digitalen Systemen konfrontiert. Die ersten Computer waren damals etwa so groß wie überdimensionale Kühlschränke, hatten jedoch vergleichsweise verschwindend kleine Speichervolumina und befanden sich vornehmlich nur in militärischen Einrichtungen, Universitäten und Großkonzernen. Mit diesen Computern kamen damals auch nur Personen in dafür spezialisierten Berufen in Berührung, die meisten Menschen kannten sie lediglich aus Erzählungen. Seit damals gilt aber bereits das **Moore'sche Gesetz**, das von einer Verdoppelung der Geschwindigkeit und Rechnerleistung alle zwei Jahre ausgeht. Der bahnbrechende Durchbruch gelang dann etwa Anfang/Mitte der 80er-Jahre, als der Personal Computer seine Marktreife erlangte und dadurch den Zugang zur Computertechnologie für die gesamte Menschheit ermöglichte. Mitte der 90er-Jahre hielt auch das **Internet** Einzug in Unternehmen und Haushalte. Dadurch digitalisierte sich zunächst unser Briefverkehr. Während 1995 noch mehr physische Post versendet wurde, drehte sich dieser Trend sehr schnell und die Kommunikation via E-Mail gewann schlagartig an Bedeutung. Das Web wuchs danach rasant und wurde dadurch auch immer unübersichtlicher für den Anwender. Der erste digitale Katalog, der Ordnung ins Chaos bringen sollte, war Yahoo!, welcher seit dem Beginn des Millenniums eine Art persönliche Zeitung im Internet zur Verfügung stellte. Nachfolgend ermöglichten YouTube und iTunes die Digitalisierung des Fernsehens und der eigenen Plattensammlung (Seemann, 2020).

Es folgte der Aufstieg der Suchmaschinen und erste soziale Bookmarking-Dienste boten von nun an eine völlig neue Form der Verarbeitung digitaler Objekte an. Es entstand daraus die Social-Media-Welt des Teilens, Likens und Kommentierens. Auf einmal fingen wir Menschen an, alle möglichen Daten in das Internet zu laden, und damit für die Öffentlichkeit bereitzustellen, selbst wenn es sich dabei um höchst private Details handelte. Und als uns schließlich ab etwa 2007 das **Smartphone** mit all seiner Sensorik und der Möglichkeit ständiger Online-Verbindung an das weltweite Datennetz band, wurde das **Internet of Things** (IoT) ins Leben gerufen. Die Zeit von **Big Data**, also der Verarbeitung und Auswertung enorm großer Datenmengen, begann und schnell wurde klar, dass von der zunehmenden Digitalisierung praktisch niemand verschont bleiben würde (Seemann, 2020).

Aber warum ist die Geschichte der Digitalisierung wichtig für uns und für das vorliegende Buch? Viele Digitaltechnologien, die heute State of the Art sind, haben eine weit zurückreichende Historie. So hat die **künstliche Intelligenz bereits in den frühen 60er-Jahren** des letzten Jahrhunderts ihren Ursprung, auch wenn sie damals aufgrund der Tatsache, dass Rechner nicht leistungsstark genug waren, einigermaßen stiefmütterlich vonseiten der Wissenschaft und Wirtschaft behandelt wurde.

Nun, da das Problem der Leistungsfähigkeit gelöst wurde, können die digitalen Technologien ihr wahres Potenzial entfalten. Die Verarbeitung von Big Data per Cloud, das Internet of Things (IoT), Smart Production, intelligente Roboter und künstliche Intelligenz (KI) nehmen dadurch Einzug in unser tägliches privates und berufliches Leben. Und trotz der alltäglichen Nutzung digitaler Systeme im privaten Umfeld schürt die Fortschreitung der Digitalisierung gewisse Ängste beim Menschen, die Zeichen des bevorstehenden oder bereits realen Wandels sind. Die Entwicklung ist teilweise schleichend, manchmal jedoch fällt sie lawinenartig über uns herein. Sicher ist in jedem Fall, dass sie anhält und immer mehr in unserem Alltag zu spüren sein wird. Die zunehmende Digitalisierung wird somit jedenfalls noch eine lange Zeit richtungsweisend für unser Denken und Tun bleiben.

Was bedeutet dies für das Qualitätsmanagement? Im QM standen seit jeher die systematische Absicherung und Verbesserung der Produkt- und Prozessqualität im Fokus. Viele Firmen haben bereits in der Vergangenheit Methoden verwendet, die zu umfangreicher Steigerung der Produktqualität und Prozesseffizienz geführt haben. Dabei wurden bisher in aller Regel Methoden genutzt, die rein manuell oder mit relativ geringer Rechnerunterstützung implementiert werden konnten. Der gegenwärtige Digitalisierungsgrad in der Produktion ist teilweise bereits weit fortgeschritten, allerdings liegen diese Daten bei vielen Unternehmen weitgehend ungenutzt auf Datenservern brach. Den Entwicklungs- und Fertigungsingenieuren fehlen nämlich oftmals entsprechende **Kenntnisse im Umgang mit großen Datenmengen**. Um die erreichbare Grenze der Produktqualität und Fertigungseffizienz zu verschieben, ist eine umfassende Kombination von Produktverständnis, Fertigungserfahrung und Kompetenz in digitalen Technologien wie beispielsweise Machine Learning und künstlicher Intelligenz erforderlich.

**Dieses Buch zeigt Einsteigern und Entscheidungsträgern auf, wie sich das Qualitätsmanagement (QM) durch die Digitalisierung wandeln kann.** Es beschreibt, wie mit neuen Strategien, Methoden, Vorgehensweisen und neuen Formen der Kollaboration ein vertieftes Produkt- und Prozessverständnis generiert werden kann und welche Potenziale sich daraus für Unternehmen ergeben. Es liefert damit die Voraussetzung, sich auch bei komplexeren Produkten und dynamischen Anforderungen langfristig am Markt behaupten zu können.

Dazu liefert dieses Buch umfassende Einblicke in die folgenden Themengebiete:

- Beschreibung der **aktuellen Herausforderungen** und **Chancen** durch **Digitalisierung** im Umfeld des Qualitätsmanagements. Erfahrene Mitarbeitende im Qualitätsmanagement stehen plötzlich vor völlig neuen Anforderungen und werden mit einem neuen Fachvokabular konfrontiert: Was bedeuten diese Begriffe und wie können diese möglichst einfach erklärt werden?
- Praktische Anleitung und Tipps, wie **digital unterstützte QM-Systeme** aufzubauen sind.
- Praktikable Lösungsansätze, mit denen wir in der Lage sind, **qualitätsgesichert Innovationen** umzusetzen und einen messbaren Mehrwert für unsere Kunden zu generieren. Wir zeigen auf, wie beispielsweise **UX**, **Design Thinking** und **agile Methoden** hier hilfreich sein können und wie Qualität in softwareintensiven Systemen und **Industrie 4.0-Lösungen** erreicht werden kann.
- Inwieweit können die Methoden der **Statistik**, des **Machine Learning** und der **künstlichen Intelligenz** dazu dienen, aus Daten zu lernen, risikobasierte Entscheidungen zu treffen und in weiterer Folge Entscheidungen zu automatisieren? Dies immer vor dem Hintergrund, die Qualität zu steigern.
- Systematiken zur zielgerichteten **Weiterentwicklung unserer Prozesse** in Richtung digitaler Reifegrad, um deren Effektivität und Effizienz zu verbessern. Wir liefern eine Antwort auf die Frage, wie wir die Chancen von Six Sigma, künstlicher Intelligenz, Robotic Process Automation (RPA), Process Mining etc. optimal nutzen können, um Prozessverbesserungen umzusetzen und aus Fehlern zu lernen.
- Auslegung der **Data-Science-Infrastruktur** – wie richten wir unsere IT so aus, dass sie auf die neuen Herausforderungen im Qualitätsmanagement eingestellt ist und insbesondere durch vertikale und horizontale Vernetzung die Umsetzung digitaler und datengetriebener Use Cases unterstützen kann?
- Analyse der für die digitale Transformation notwendigen **Kompetenzen im Qualitätsmanagement**. Wie können wir diese bestmöglich systematisch planen und realisieren?
- Welche **Strategien** können bei der Einführung und Umsetzung im Unternehmen Anwendung finden? Welche sind die Erfolgsfaktoren und wie kann letzten Endes der digitale Wandel im Qualitätsmanagement gelingen?

Die Autoren haben sich lange darüber Gedanken gemacht, wie fundiertes fachliches Wissen zum Thema Digitalisierung in einer Art und Weise vermittelt werden kann, dass sich der Leser beim Studium des Buches wohl fühlt und mit Freude und Aufmerksamkeit bei dieser spannenden, aber nicht immer trivialen Thematik dabei bleiben möchte. Eines der erklärten Hauptziele ist daher, dass der Leser in der Lage ist, eine gemeinsame Sprache mit den involvierten internen Fachbereichen

sowie externen Partnern in Sachen Digitalisierungsmethoden zu sprechen. Realisiert wurde daher eine strukturierte und übersichtliche Abfolge von Kapiteln, welche mit entsprechenden Beispielen begleitet werden. Ebenfalls machen wir von Zeit zu Zeit einen Abstecher in eine frei erfundene Geschichte, die sich zwischen Vater und Tochter abspielt und ebenfalls immer in direktem Kontext mit den entsprechenden Fachinhalten steht.

So möchten wir dieses einführende Kapitel mit dem ersten Gespräch unserer beiden fiktiven Protagonisten Johannes und Andrea Rasch abschließen, in dem initial ein Problem besprochen wird, mit dem wir oder unsere Kollegen eventuell bereits konfrontiert wurden, nämlich dem Unverständnis für Fachbegriffe aus dem Bereich der digitalen Welt.

„Vielen lieben Dank für die Einladung und das großartige Essen! Mama, Papa, es hat mir wie immer herrlich geschmeckt, besonders die Salzburger Nockerl als krönender Abschluss des Menüs waren ein absolutes Gedicht. Wie ihr wisst, habe ich mich an denen auch schon öfters versucht, aber sie gelingen mir einfach niemals auch nur annähernd so gut wie euch. Papa, ich weiß, dass du bei der Zubereitung auf besondere Feinheiten achtest, die du mir zwar schon erklärt hast. Aber selbst, wenn ich versuche, dich eins zu eins bei deinen Abläufen zu kopieren, werden sie noch immer nicht vollkommen perfekt.“ „Meine liebe Andrea, wahrscheinlich liegt es zum größten Teil an der jahrelangen Erfahrung als Hobbykoch, aber möglicherweise auch daran, dass ich diese Nachspeise ausschließlich für die allerliebsten Menschen in meinem Leben mit viel Liebe zubereite“, er blickt seiner Tochter in die Augen und lächelt sie dabei liebevoll an. „Ja, das ist vermutlich das wahre Geheimnis“, erwidert seine Tochter und küsst ihn danach dankend sanft auf die rechte Wange.

„Und Papa, bevor wir es vergessen, du wolltest doch auch noch etwas Berufliches mit mir besprechen. Wie kann ich dir helfen?“ „Ach ja, das hätte ich jetzt beinahe verschwitzt, vielleicht gehen wir dazu gemeinsam ins Arbeitszimmer, dort können wir in Ruhe miteinander sprechen.“ „Maria“, ruft er seiner Frau danach noch kurz zu, „wir gehen kurz ins Büro, sind aber gleich wieder zurück.“

Johannes Rasch ist aktuell Mitte fünfzig und arbeitet bereits seit mehr als 30 Jahren in derselben Firma. Dort leitet er die Qualitätssicherungsabteilung, ist verantwortlich für den gesamten Messraum und die drei in diesem Bereich angestellten Mitarbeitenden. Er ist mit großem Abstand der älteste Mitarbeiter seiner Abteilung, vielleicht sogar des gesamten Unternehmens, wenn er genauer darüber nachdenken würde. Er hat die Lehre zum Prüf- und Messtechniker Anfang der Achtzigerjahre des letzten Jahrhunderts absolviert, als in seinem Betrieb noch fast ausschließlich analoge Messmittel verwendet wurden. Es gab damals im Betrieb nur ein einziges, fast wie ein Heiligtum behandeltes, digitales 3D-Messsystem der Firma Zeiss. Auf diese besondere Neuinvestition war sein Lehrherr damals unglaublich stolz, es war daher auch sein Privileg, diese Maschine als einziger programmieren und bedienen zu dürfen. In den Folgejahren etablierte sich die digitale Welt immer mehr in der produzierenden Industrie und Johannes durchlief viele Aus- und Weiterbildungszyklen, um mit dem technologischen Fortschritt

weiterhin Schritt halten zu können. Er lernte dabei neben dem professionellen Umgang mit modernen und teilweise hochkomplexen digitalen Messsystemen auch die Grundlagen und Methoden der statistischen Prozesslenkung. Genauso studierte er die Ermittlung von und den Umgang mit Fähigkeiten der eingesetzten Messmittel. Ergänzend unterstützte er auch die Einführung eines modernen Messmittelmanagements. Praktisch sein ganzes Arbeitsleben wird er auch schon von der ISO 9001 begleitet, nach der das Unternehmen bereits seit 1988 zertifiziert ist. Seit diesem Zeitpunkt sind die Begriffe der Planung, Lenkung, Sicherung und Verbesserung der Qualität fest mit seiner täglichen Arbeit verbunden.

„Weißt du, Andrea“, sagt er nach dem Schließen der Bürotür zu seiner Tochter. „Ich komme mir manchmal schon ein wenig überflüssig in meinem Job vor, weil ich mit meinen Kollegen der jüngeren Generation technologisch nicht mehr mithalten kann“, meint er sehr leise, fast so, als ob er sich für sein Alter schämen müsste. „Die können mit den modernen digitalen Systemen viel besser umgehen als ich und entwickeln sogar selbstständig neue Methoden, entdecken Anwendungsfälle und so weiter. Und ich alter Trottel sitze daneben und verstehe nur mehr Bahnhof. Unlängst war ein junger Kollege aus der IT bei mir und wollte sich abstimmen, ob und welche Anwendungsfälle für künstliche Intelligenz und Machine Learning aus meiner Sicht zukünftig in meinem Verantwortungsbereich gegeben sein werden. Ich habe mir ein paar Schlagworte aus seinen Ausführungen aufgeschrieben, musste den armen Kerl aber gleich mit einer billigen Ausrede wegschicken, da ich absolut keine Ahnung hatte, was mit diesen Fachausdrücken gemeint war. Und da mir die gesamte Situation jetzt so peinlich ist, wollte ich dich bitten, ob du mir mit deinem Fachwissen aus dem Studium der Industriewissenschaften nicht auf die Sprünge helfen kannst. Aber in ganz einfachen und auch für deinen alten Herren leicht verständlichen Worten, bitte.“

„Okay, Papa, ich will sehen, was ich machen kann. Kannst du mir vielleicht ein paar Begriffe nennen, die du in simplen Worten erklärt haben möchtest, und ich überlege mir eine einfache Beschreibung, vielleicht auch eine grafische Darstellung, sodass ich dir alles möglichst gut veranschaulichen kann. Und bei meinem nächsten Besuch bei euch nehmen wir uns ausreichend Zeit für unsere kleine gemeinsame Lerneinheit.“ Johannes gibt ihr Papier und Stift und sie notiert sich darauf die folgenden Fachbegriffe:

- Digitalisierung
- Industrie 4.0 und Qualität 4.0
- Smart products
- Smart production
- Künstliche Intelligenz
- Machine Learning

„Fein, dann komme ich nächsten Samstag wieder zu euch. Dazu hätte ich eine Bitte, wenn ich es mir aussuchen darf: Minestrone, Saltimbocca mit getrüffeltem Risotto und Sorbetto di Limone als Abschluss des Menüs, wenn es euch recht ist.“ Tochter und Vater lachen noch immer herzlich, als sie das Büro wieder verlassen und in den Wohnraum zurückkehren, in dem Mutter Maria gerade ein kleines Schälchen gemacht hat. Sie erwacht vom lauten Gelächter, sieht die beiden mit einem verschmitzten Lächeln an und meint: „Und ich dachte, ihr habt ein ernstes

Thema miteinander zu besprechen.“ Danach umarmen sich die drei und drücken einander fest zum Abschied. Andrea verlässt anschließend die Wohnung ihrer Eltern und fährt zurück in ihre Studentenwohnung.

In der folgenden Woche ist Andrea intensiv mit der Beantwortung der Fragen ihres Vaters beschäftigt. Die meisten der Begriffe sind ihr aus dem Studium bereits wohlbekannt, bei einigen muss sie ergänzend die Hilfe ihrer Vorlesungsunterlagen, einiger Fachbücher und online durch Wikipedia in Anspruch nehmen. Die größte Herausforderung für sie ist aber, möglichst einfache Erklärungen zu finden, die ihrem Vater praxisgerecht in seiner aktuellen Lage helfen können. Daher beschließt sie, jeden Fachbegriff mittels eines plakativen Beispiels zu beschreiben. Um einen Leitfaden für sich selbst und den Inhalt der Lehrunterlagen zu erstellen, fasst sie zu Beginn ihrer Vorbereitung in wenigen prägnanten Sätzen die Bedeutung der Begriffe zusammen:

Unter **Digitalisierung** versteht man das Umwandeln von analogen Werten in digitale Formate und ihre Verarbeitung oder Speicherung in einem digitaltechnischen System. Die Information liegt dabei zunächst in beliebiger analoger Form vor und wird dann über mehrere Stufen in ein digitales Signal umgewandelt, das nur aus diskreten Werten besteht (Wikipedia, Digitalisierung, 2021).

**Industrie 4.0** ist die Bezeichnung der vierten industriellen Revolution wobei das 4.0, vergleichbar mit der Version einer Software, auf die industriellen Fortschritte im digitalen Zeitalter hinweist. Die erzielbaren Verbesserungen innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette basieren dabei auf der Vernetzung von Maschine, Mensch und Services, welche von moderner Informations- und Kommunikationstechnik unterstützt wird.

Ein Erzeugnis wird als **Smart Product** bezeichnet, wenn es in der Lage ist, Daten über den eigenen Herstellungsprozess sowie Informationen, welche während der Fertigungs- und Nutzungsphase generiert wurden, zu sammeln, aufzuzeichnen und gegebenenfalls aktiv zu kommunizieren.

**Smart Production** bezeichnet die Vernetzung der gesamten Wertschöpfungskette in der Industrie 4.0, wodurch innovative Lösungen generiert werden, die die Produktion effizienter und flexibler gestalten können. Es entsteht dadurch eine „intelligente Fabrik“, bestehend aus Fertigungsanlagen und Logistiksystemen, die sich möglichst weitgehend selbst organisiert.

**Künstliche Intelligenz (KI)** ist ein Teilgebiet der Informatik, das sich mit der Automatisierung intelligenten Verhaltens befasst. Sie simuliert dazu menschliche Intelligenz unter Zuhilfenahme von Computersystemen. Dies umfasst das Lernen, also die Erfassung von Informationen und die Erstellung von Regeln für die Nutzung dieser Daten, die Verwendung dieser Regeln, um entsprechende Schlussfolgerungen ziehen zu können, sowie die Selbstkorrektur.

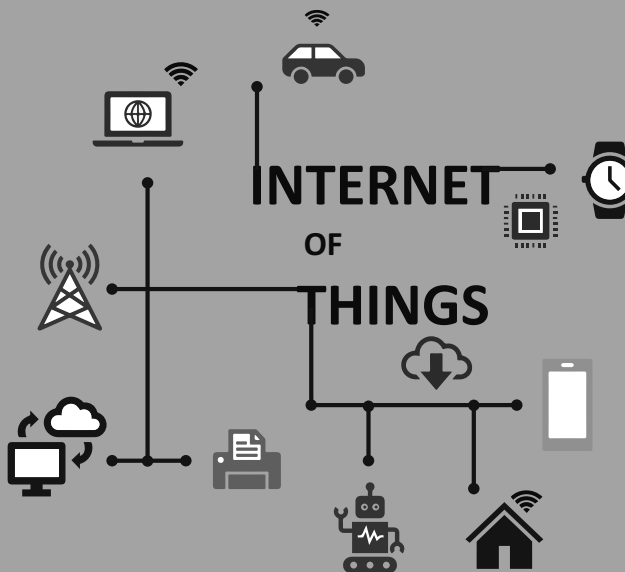
**Machine learning** oder maschinelles Lernen beschreibt die „künstliche“ Generierung von Wissen aus Daten. Mithilfe von Algorithmen (eine Folge von Anwendungen, mit denen ein bestimmtes Problem gelöst werden kann) werden in einer Trainingsphase automatisch Muster und Gesetzmäßigkeiten erkannt und modelliert. Diese Modelle werden anschließend auf neue Daten angewandt, um Prognosen zu erstellen.

Nun gilt es für Andrea, ihren Text in leicht verständliche Bilder mit entsprechenden Veranschaulichungen aus dem realen Leben zu übersetzen, die sie im bevorstehenden Schulungstermin mit ihrem Vater besprechen möchte. Ihr Ziel dabei ist, dass er sich mit dem jeweiligen Beispiel gut identifiziert und anhand der Folien den Schritt in den realen Berufsfall meistern kann. Für diese Tätigkeit benötigt Andrea einige Nachmittage, und sie wird daher erst knapp vor dem vereinbarten Termin mit der letzten Präsentationsseite fertig. Gespannt und mit viel Vorfreude auf die bevorstehende Lerneinheit fährt sie zum Haus ihrer Eltern. Nach der Begrüßung beschließen Tochter und Vater unverzüglich in medias res zu gehen und anschließend nach dem Motto „zuerst die Arbeit und dann das Vergnügen“ zusammen das Abendessen als Belohnung für die geleistete Aufgabe zu genießen.

„Na Papa, wie geht es dir denn aktuell? Konntest du deinen Kollegen noch für ein Weilchen vertrösten oder wurde er bereits wieder bei dir vorstellig, um sich mit dir über die Themen der Digitalisierung abzustimmen? Ich habe mir in der Zwischenzeit einige Gedanken zu unserer heutigen Abstimmung gemacht und würde dir gerne ein paar Folien zeigen, die ich für dich als Unterstützung erstellt habe. Wenn du möchtest, lege ich gleich damit los, ich muss nur noch meinen Laptop hochfahren und dann kann es schon losgehen.“ „Liebe Andrea, du weißt ja gar nicht, wie sehr du mir mit deinem Wissen weiterhelfen kannst. Ich habe in der nächsten Woche einem Abstimmungstermin in einer größeren Runde zugestimmt, bei der wir gemeinsam über Digitalisierungsthemen sprechen werden, und ich hoffe, dass ich bei den Kollegen einen fachlich fundierten Eindruck hinterlassen kann, ohne das Gefühl einer großen Verunsicherung zu haben. Also lass uns gleich starten, ich bin wirklich schon sehr gespannt auf deine Erklärungen.“

„Dein erster Begriff war die Digitalisierung. Ich denke, der ist dir schon ganz gut bekannt und ich will ihn daher auch nicht für dich neu erfinden. Ein Beispiel für die Anwendung von digitalen Systemen will ich dir aber trotzdem wieder in Erinnerung rufen: Nimm die Aufzeichnung bewegter Bilder im Wandel der Zeit. Du hast uns analoge Filme aus deiner Kindheit gezeigt, die mein Opa mit seiner Super-8-Kamera aufgenommen hatte. Laut deiner Aussage musste er die aufgezeichneten Filme zuerst entwickeln lassen, um sie dann in mühsamer Kleinarbeit manuell mit einer speziellen Maschine zusammenzuschneiden. Eine Nachbearbeitung der bereits aufgenommenen Szenen war damals nicht möglich und man musste sich aus Kostengründen sehr gut überlegen, was man filmt und wie lange eine Einstellung dauern darf. Dass es damals überhaupt nur eine Bild-Spur und keine Möglichkeit der getriggerten Tonaufzeichnung gab, sei einmal dahingestellt. Später, als ich Kind war, also vor etwa 25 Jahren, hattest du bereits eine digitale Videokamera zur Verfügung, die wahrscheinlich nicht nur wesentlich billiger in der Anschaffung war als das analoge System, sondern auch viel mehr Freiheiten in der Bedienung und Nachbearbeitung bot. Und heutzutage braucht man überhaupt kein spezielles Aufnahmegerät mehr, da jedes Smartphone über eine eingebaute digitale Videokamera verfügt. Der Digitalisierung von analogen Ereignissen sind dadurch gar keine Grenzen mehr gesetzt. Und, Papa, wie geht es dir mit meiner Erläuterung? Ist damit alles klar für dich oder brauchst du noch weitere Informationen?“ „Nein, ich denke du hast das schon sehr gut erklärt und ich kenne mich ausreichend gut aus. Jetzt erinnere ich mich auch wieder an die alten Tage mit meiner geliebten Handycam DCR-VX1000E, Baujahr 1995.“

„Sehr gut, dann lass uns gleich weitermachen mit dem Begriff Industrie 4.0 beziehungsweise Qualität 4.0. Vereinfacht gesagt ist die vierte industrielle Revolution das Ergebnis der konsequenten Weiterentwicklung der vergangenen Fortschritte und somit ein Überbegriff für intelligente Fabriken und computerintegrierte Produktionssysteme. Dass wir an unseren Arbeitsplätzen standardmäßig mit Laptops ausgerüstet sind, die in einem Netzwerk miteinander verbunden sind, und mit computergesteuerten Systemen arbeiten, ist ja nichts Neues mehr für uns. Genauso die Tatsache, dass wir ohne funktionierende IT-Abteilung als Technologieanwender oft völlig hilflos sind. Im Zeitalter der Industrie 4.0 ist nun aber nicht mehr der Computer die zentrale Technologie, sondern das Internet. Unterstützt durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien ist es heutzutage möglich, Menschen, Maschinen und Produkte auf intelligente Weise weltweit direkt miteinander zu vernetzen, wodurch sich für uns völlig neue Möglichkeiten und Chancen ergeben. Experten sprechen in diesem Zusammenhang gerne vom ‚Internet of Things‘ oder IoT. Schau, Papa, ich habe dir zum besseren Verständnis eine grafische Darstellung dazu erstellt (Bild 1.1).“



**Bild 1.1** Internet of Things (IoT)

„Das ist ja alles ganz nett, und dank deiner Erklärung recht verständlich für mich, aber ich stelle mir die Frage, wie der Kunde von dieser Technologie profitieren kann. Oder ist die ganze Sache nur erfunden worden, um die Profitabilität der Unternehmen zu erhöhen und dadurch die reichen Menschen noch reicher zu machen?“ „Natürlich profitieren die Unternehmen, keine Frage, sonst würden sie nicht sehr viel Geld und Ressourcen in die Entwicklung solcher Systeme stecken. Aber ohne zusätzlichen Wert für den Kunden ist auch die beste Technologie wertlos. Ein kundenorientierter Ansatz kann beispielsweise die folgende Lösung eines



spezifischen Problems sein: Du trägst doch Einlagen in deinen Laufschuhen, mit denen du jährlich den Wiener Marathon bestreitest, richtig?“ „Ja, schon ewig. Und es ist immer wieder eine große Herausforderung für mich, die ideale Passform von Schuheinlage in Kombination mit der richtigen Schuhgeometrie zu finden. Zudem soll mich der Schuh auch noch optisch ansprechen, kannst dir eh vorstellen, dass das gar nicht so einfach ist.“ „Bitte verzeihe mir, wenn ich jetzt ein wenig weiter aushole, aber eine mögliche Lösung dazu könnte in der Welt von IoT folgendermaßen aussehen:

Du übermittelst dein Läuferprofil sowie Informationen zu deinem aktuell getragenen Schuhmodell im Vorfeld an deinen Orthopäden. Er erhält dadurch bereits vor der Untersuchung Informationen zu deinen Körpermaßen sowie deiner persönlichen Laufstatistik. Diese kann er verarbeiten und mit Daten des Schuhproduzenten abgleichen, wodurch er in der Lage ist, den Termin in seiner Ordination wesentlich besser vorzubereiten.

In seiner Praxis nimmt er anschließend mittels eines 3D-Scans das Profil deines nackten Fußes ab und zeichnet danach deine Körperbewegung während eines kurzen Tests auf dem Laufband auf. Diese Informationen führt er zusammen und verarbeitet sie in einer Software, die eine optimierte Einlagenform für dich errechnet.

Nun kommt sein 3D-Drucker zum Einsatz, der die übermittelten Daten in ein reales Objekt transferiert und innerhalb von wenigen Tagen kannst du diese einzigartigen Prototyp-Einlagen bereits für einen ersten Test mit auf deine bevorzugte Laufstrecke nehmen.

Wenn du mit dem Ergebnis zufrieden bist, besteht nun die Möglichkeit, zukünftig nicht mehr an Einlagen gebunden zu sein, sondern einen Schuh in „Losgröße Eins“ (das heißt, es wird wirklich nur dieses eine einzige Paar in genau dieser Konfiguration produziert) genauso herzustellen, wie es dein Fuß erfordert. Dafür wird ein einzigartiges Modell erstellt, wenn du möchtest, kannst du zusätzlich auch noch aktiven Einfluss auf das Design nehmen. Daraus entsteht nun in einer modernen Schuhfabrik dein perfekter, personalisierter Laufschuh. Wenn du möchtest, kann man auch noch einen Mikrochip in die Sohle integrieren, der zukünftig Aufzeichnungen während deiner sportlichen Aktivitäten macht, welche für die nächste Generation deiner Schuhe weitere Optimierungen ermöglichen und dein Produkt quasi automatisch weiter verbessern.“

„Wow, und das gibt's wirklich schon? Für mich klingt das eher wie in einem guten Science-Fiction-Roman. Aber sehr spannend auf alle Fälle. Doch selbst, wenn diese Systematik bereits existiert, ist ein einzigartiger Laufschuh vermutlich so teuer, dass sich diesen Service nur sehr reiche Menschen leisten können, richtig?“ „Nein, denn genau das soll nicht das Ziel der Übung sein. Solche Schuhe gibt es schon zu kaufen. Der Hersteller ist die bekannte Marke mit den drei Streifen. Und der Preis ist höher als für ein Produkt aus der Massenfabrikation, aber auch nicht absolut unerschwinglich.“

„Gut, Papa, jetzt sind wir bereits voll in Fahrt und schon einigermaßen tief in die Materie eingetaucht. Ergänzend zum spannenden Thema der Industrie 4.0 nun auch noch ein paar Worte zur Qualität 4.0. Eigentlich ergibt sich diese als logische

Konsequenz direkt aus Industrie 4.0. Qualität 4.0 steht somit für die Zukunft von Qualität unter Zuhilfenahme der Möglichkeiten der Industrie 4.0. Beispielsweise könnte eine Maschine zukünftig erlernen und steuern, wie sie die geforderte Qualität selbstständig produziert. Wenn auch dieser Begriff für dich einigermaßen verständlich ist, würde ich gerne zum nächsten Schlagwort übergehen.“ „Ja, diese Formulierung ist einigermaßen klar für mich, lass uns bitte weitermachen.“

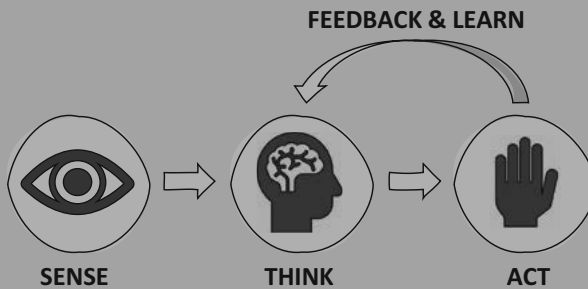
„Papa, ich kann dir versprechen, dass die nächsten beiden modernen Ausdrücke mit dem jetzt schon erlangten Wissen viel einfacher sein werden. Nun geht es nämlich um „Smart Products“ und „Smart Production“. Eigentlich hast du ein solch piffiges Produkt bereits bei der Erklärung der Industrie 4.0 kennengelernt, es handelt sich beispielsweise um deinen modernen Laufschuh. Es kann aber auch eine intelligente Waschmaschine sein, die dir per SMS meldet, bevor der Weichspüler im integrierten Vorratsbehälter leer sein wird. Auf ausdrücklichen Wunsch wird in diesem Fall auch gleich eine automatische Online-Nachbestellung des mangelnden Produkts beim Versandhändler ausgelöst, wodurch du dir den Weg in den Supermarkt ersparen kannst. Und unter Smart Production ist die Art und Weise zu verstehen, wie Produkte unter Zuhilfenahme von vernetzten Systemen effizienter und effektiver vom produzierenden Unternehmen hergestellt werden können.“

„Ja, das klingt recht logisch für mich. Ein intelligentes Produkt sollte auch auf möglichst intelligente Weise produziert werden, um für beide Seiten einen verwertbaren Vorteil zu generieren. Die eine Seite profitiert vom neuartigen, innovativen Erzeugnis oder der modernen Dienstleistung in verbesserter Qualität und die andere Seite ist in der Lage, diese Waren effizienter zu produzieren, als es in der Vergangenheit möglich war.“

„Super, Papa, bisher hast du alles genauso verstanden, wie ich es dir erklären wollte. Dann lass uns gleich weitermachen, und jetzt über künstliche Intelligenz sprechen. Der Begriff der künstlichen Intelligenz steht für die Bemühungen, menschenähnliche Entscheidungsstrukturen nachzubilden. Wenn wir Menschen Entscheidungen treffen, geht man grundsätzlich davon aus, dass der Prozess darin besteht, zuerst Alternativen zu benennen und Informationen zu sammeln, um danach die vorhandenen Wahlmöglichkeiten zu bewerten. Bei der Beurteilung spielt der für uns zu erwartende Nutzen eine entscheidende Rolle. Der Mensch ist gemäß dem Sozialwissenschaftler Herbert Simon allerdings nicht fähig, den maximalen Nutzen zu erreichen, da er bei seinen Entscheidungen niemals alle Alternativen und Konsequenzen kennen kann (Simon, 1959). Daher werden unsere Entscheidungen zusätzlich maßgeblich durch Erfahrung, Intuition und unser Bauchgefühl mitbestimmt.

Da künstliche Intelligenz keine Art von Gefühl hat, muss sie von einem Signal (SENSE) getriggert werden, welches sich möglichst ähnlich verhält wie unsere menschlichen Sinne. Die auf diesem Weg gewonnene Information muss danach weiterverarbeitet werden (THINK). Diese Aufgabe übernehmen Computer für uns mithilfe von Software und intelligenten Algorithmen. Danach findet eine entsprechende Aktion statt (ACT), die vom Computer ausgelöst wird. Wir sprechen von einer sogenannten SENSE – THINK – ACT oder WAHRNEHMEN – VERSTEHEN – HANDELN – Kette.

Der Begriff **künstliche Intelligenz** wird dann verwendet, wenn durch die Sense-Think-Act-Kette Funktionen realisiert werden, die normalerweise nur dem Menschen vorbehalten sind. Um von künstlicher Intelligenz zu sprechen, zeichnet sich diese Sense-Think-Act-Kette üblicherweise durch hohe Autonomie und kontinuierliches Lernen (FEEDBACK AND LEARN) aus (Bild 1.2).



**Bild 1.2** Künstliche Intelligenz

Bevor ich jetzt zu theoretisch werde, möchte ich dir den Ablauf anhand eines einfachen Beispiels aus dem täglichen Leben erklären. „Ja, das wäre sehr nett, denn aktuell raucht mir schon ein wenig der Kopf.“ „Nehmen wir einfach dein Auto. Wenn du auf der Autobahn fährst, aktivierst du doch normalerweise den eingebauten Tempomat und verlässt dich zusätzlich auf die praktisch unsichtbaren Abstandssensoren. Die Geschwindigkeitsregelung wird durch einen simplen Druck auf eine Taste aktiviert, danach geht alles automatisch, solange du nicht aktiv korrigierend in den Prozess eingreifst. Ab nun nehmen die eingebauten Sensoren kontinuierlich Daten auf und verarbeiten diese in entsprechende Aktivitäten. Hast du das Soll-Tempo noch nicht erreicht, wird das elektronische Gaspedal betätigt und das Auto beschleunigt. Ist der Sollwert erreicht, wird die Gasstellung reduziert. Ist der Abstand zum Vordermann unterschritten, erfolgt automatisch ein Bremsvorgang und so weiter. Laufend werden Sense-Think-Act-Ketten ausgeführt und du kannst sogar kurzzeitig die Hände vom Lenkrad nehmen, da die Abstandssensoren auch seitlich angebracht sind und damit einen ungewollten Spurwechsel verhindern.“ „Jetzt, wo du mir das so plakativ und einfach erklärt hast, verstehe ich bereits sehr gut, was künstliche Intelligenz bedeutet. Sie begleitet uns schon in vielen Formen in unserem täglichen Leben, nur nennen wir diese Technologien nie bei ihrem Namen.“

„Es freut mich wirklich sehr, wie gut wir mit den Themen vorankommen und dass du so viel Interesse für die Inhalte und Erklärungen zeigst. Ich denke, du wirst noch ein echter Profi auf dem Gebiet, wenn wir so weitermachen. Lass uns jetzt noch zum letzten Begriff kommen, den du mir letztens genannt hast, nämlich dem Machine Learning. Wenn der Think-Teil mithilfe von Vergangenheitsdaten realisiert wurde, dann erfolgt dies mithilfe des maschinellen Lernens. Der Computer lernt basiert auf rein statistischen Techniken, ohne explizit programmiert zu werden. Die große Kunst besteht darin, Daten nicht einfach nur auswendig zu lernen, sondern dahinterliegende Muster zu erkennen.“

„Gut, das kann ich mir einigermaßen vorstellen, aber wie ist ein solches System für mich in der Praxis der Qualitätssicherung einsetzbar? Hast du dazu vielleicht auch noch ein gutes Beispiel für mich?“ „Ich glaube schon. Du hast mir vergangene Woche erzählt, dass ihr auch eine visuelle Kontrolle von Bauteilen macht, die bei euch gefertigt werden. Stell dir vor, diese Beurteilung könnte von einer intelligenten Maschine durchgeführt werden.“ „Ja, das hat mein Chef auch schon einmal in einer Abstimmung mit mir erwähnt, weil es doch für einen Menschen schwierig ist, optische Merkmale gemäß einer Foto-Vorlage – bei uns heißt das Dokument „Grenzmusterkatalog“ – nach ‚gut‘ und ‚schlecht‘ zu filtern. Wir haben uns aber dann darauf geeinigt, dass wir dieses Thema für das laufende Jahr nicht in meine Ziele aufnehmen, sondern noch ein wenig abwarten möchten. Und du bist der Meinung, dass das wirklich schon vollautomatisch funktionieren kann?“

„Ob es für euch anwendbar ist, kann ich schwer entscheiden, aber wie der Ablauf sein kann, das kann ich dir schon sehr vereinfacht erklären:

Du bereitest eine gewisse Menge an Teilen vor, von denen du weißt, dass jedes einzelne entweder ‚gut‘ oder ‚schlecht‘ ist.

Das erste Teil wird nun einem speziellen Kamerasystem zugeführt, die Kamera macht ein oder mehrere Bilder und du sagst dem System, dass dieses Teil ‚gut‘ oder ‚schlecht‘ ist.

Diesen Vorgang wiederholst du, bis alle Teile an der Reihe waren.

Danach ist ein selbstlernendes System idealerweise bereits in der Lage, diese Daten entsprechend zu verarbeiten und selbst zu erkennen, welche Merkmale für gut oder schlecht ausschlaggebend sind, und zwar, ohne dass du dies dem System explizit mitgeteilt hast. In der weiteren Folge kannst du andere Teile heranziehen, die bisher noch nicht untersucht wurden. Die „virtuell-visuelle“ Qualitätssicherung sollte nun bereits in der Lage sein, die Schlechteile ohne unser Zutun selbstständig zu erkennen.“

„Das wäre großartig, denn damit könnte ich meine Mitarbeitenden besser für Messaufgaben einsetzen und die von ihnen ungeliebte visuelle Beurteilung überlassen wir fortan dem Computer. Klasse!“

„Ja, und das war es auch schon wieder“, sagt Andrea und blickt zum ersten Mal nach dem Start des Trainings auf ihre Uhr. „Wahnsinn, jetzt sind knapp zwei Stunden wie im Flug vergangen. Mir ist gar nicht aufgefallen, dass wir so lange miteinander gesprochen und gefachsimpelt haben. Und weißt du was? Jetzt habe ich einen Riesenhunger und freue mich schon auf unser gemeinsames Abendessen! Was meinst du, Papa?“ „Liebe Andrea, das haben wir uns jetzt wahrlich verdient! Ich war so konzentriert bei der Sache, dass mir nicht einmal aufgefallen ist, welcher guter Geruch schon aus der Küche bis ins Arbeitszimmer vorgedrungen ist. Los lass uns Mama noch schnell helfen, den Tisch zu decken und die köstlichen Speisen anzurichten.“

Mit dieser ersten einleitenden Kurzgeschichte in diese äußerst spannende Thematik beschließen wir das einführende Kapitel und leiten direkt über in das nächste Kapitel, das sich mit den aktuellen Herausforderungen im Qualitätsmanagement beschäftigt.

# 2

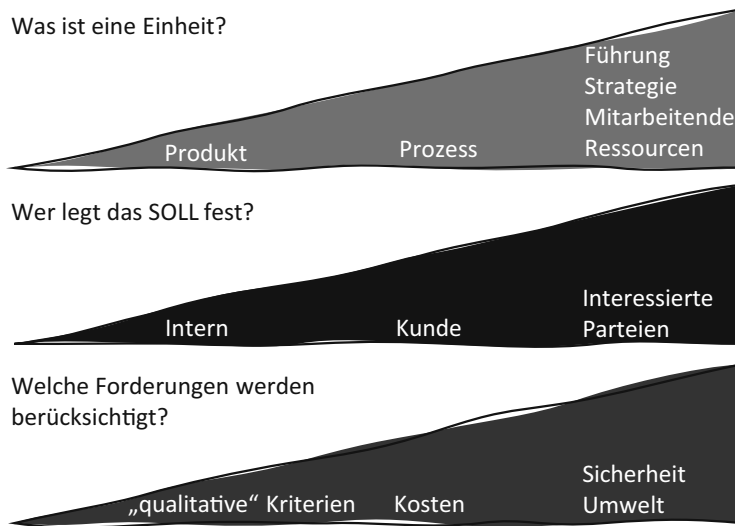
## Herausforderungen im Qualitätsmanagement

Ziel dieses Kapitels ist es, die aktuellen Herausforderungen im Qualitätsmanagement und die Chancen durch die Digitalisierung zu beschreiben. Es beschäftigt sich daher zu Beginn mit dem Begriff der Qualität und dem Management von Qualität und leitet danach über zur Bedeutung von Prozessen und der Messbarkeit ihrer Leistungen. Anschließend wird der Begriff digitaler Wandel erklärt und die Chancen, die sich dadurch im Qualitätsmanagement ergeben. Wir erläutern unser Verständnis der Entwicklungsstufen im Qualitätsmanagement und den Begriff Qualität 4.0. Das Kapitel endet mit einer Beschreibung von möglichen digitalen Use Cases und den neun Handlungsfeldern im digitalen Qualitätsmanagement, die in den Folgekapiteln des Buches vertieft werden.

### ■ 2.1 Was bedeutet Qualität?

Es gibt eine Vielzahl von Ansätzen, den Begriff Qualität zu definieren. Die Begriffsdefinition gestaltet sich nicht zuletzt deshalb als äußerst schwierig, weil Qualität im täglichen Sprachgebrauch oftmals anders verwendet und verstanden wird als in der Fachwelt des Qualitätsmanagements. Qualität leitet sich ab vom lateinischen Wort *qualitas* – also Beschaffenheit, Merkmal, Eigenschaft, Zustand. Der meist positiv besetzte Begriff ist somit ursprünglich wertneutral.

In der ISO 9000 wird Qualität folgendermaßen definiert: **„Qualität ist der Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“** (ISO 9000:2015 (Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe), 2015). Verständlicher ausgedrückt könnte man sagen: Qualität ist der Grad der Erfüllung von Anforderungen und berechtigten Erwartungen. Qualität entsteht somit immer aus einem Soll-Ist-Vergleich der Erfüllung von Anforderungen in Bezug auf die Erwartungen einer Einheit. Daraus leiten sich drei Freiheitsgrade bei der Definition von Qualität ab (Bild 2.1).



**Bild 2.1** Freiheitsgrade des Begriffs „Qualität“

### 1. Was ist die betrachtete Einheit?

Die engste Auslegung einer Einheit ist ein Produkt oder eine Dienstleistung. Die weiteste Auslegung ist die gesamte betroffene Organisation. Diese Interpretation hat die TQM-(Total Quality Management)-Philosophie aufgegriffen, man spricht vom globalen Qualitätsbegriff. In seiner vollen Konsequenz bedeutet dieser Ansatz, dass auch die Qualität der Führung, Qualität der Strategie, Qualität der Mitarbeitenden, Qualität der Prozesse usw. Themen des Qualitätsmanagements sind. Das bekannteste TQM-Konzept in Europa ist das EFQM-Modell für Excellence der European Foundation for Quality Management.

### 2. Wer legt das Soll fest?

Diese Frage ist relativ leicht zu beantworten, wenn man als Einheit ein Produkt festlegt. Sinnvoll ist, das Soll vom Kunden festlegen zu lassen, man spricht in diesem Zusammenhang vom kundenorientierten Qualitätsbegriff. Schwieriger zu behandeln ist dieser Sachverhalt dann, wenn man Prozessqualität definieren möchte: Hat der Prozess die erforderliche Qualität dann, wenn die Anforderungen des Kunden des Prozesses erfüllt werden oder müssen dafür die Anforderungen aller interessierten Parteien (Stakeholder) ebenfalls erfüllt sein?

### 3. Welche Forderungen und Erwartungen werden erfüllt?

Als dritter Freiheitsgrad bleibt die Fragestellung, welche Forderungen mit zu berücksichtigen sind, um die qualitativen Kriterien ausreichend gut zu beschreiben. Im weiteren Sinne könnten dabei auch Preis- und Kostenkriterien

in Betracht gezogen werden. Dies hätte zur Folge, dass Wirtschaftlichkeitsüberlegungen im Qualitätsmanagement Platz greifen. Noch tiefergehend könnten auch Sicherheits- und Umwelanforderungen mit zu berücksichtigen sein.

Unabhängig von der gewählten Qualitätsdefinition kann man sagen, dass man einer Einheit nicht das Vorhandensein oder Fehlen von Qualität zuschreiben kann. Es sind vielmehr alle Ausprägungen zwischen „sehr gut“ und „sehr schlecht“ möglich. Deshalb gibt es keine absolute Qualität, sondern diese stellt den Grad und das Ausmaß der Anpassung des Ergebnisses einer Tätigkeit an die gegebenen Anforderungen dar.

In den letzten Absätzen wurde bereits der Begriff des Qualitätsmanagements verwendet, daher folgt an dieser Stelle auch eine einleitende Erklärung dieser Bezeichnung, um sicherzustellen, dass Leser und Verfasser sich an derselben Definition orientieren können.

## ■ 2.2 Was ist Qualitätsmanagement?

In der ISO 9001 ist Qualitätsmanagement definiert als die Gesamtheit an Verbesserungsmaßnahmen eines Produkts oder Prozesses mit dem Fokus auf die Erfüllung von Kundenforderungen (ISO 9001:2015: Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen, 2015). Qualitätsmanagement ist daher immer auf die Zufriedenheit der Kunden ausgerichtet und legt den Fokus auf Produkte und Prozesse.

Die beiden zentralen Fragestellungen im Qualitätsmanagement, die es in diesem Zusammenhang zu beantworten gilt, lauten:

- Wie stellen wir einerseits sicher, dass **Produkte kundenorientiert entwickelt und produziert** werden?
- Wie gestalten wir andererseits die **Qualität der Prozesse im Sinne Ergebnisqualität** für den internen/externen Kunden (Prozesseffektivität) **und** im Sinne der **Effizienz**?

## ■ 2.3 Effektivität und Effizienz von Prozessen

Im letzten Abschnitt wurde neben dem Begriff des Produkts auch der des Prozesses verwendet. Während wir mit der Nomenklatur eines Produkts bestens vertraut sind, sollten wir der Begrifflichkeit des Prozesses an dieser Stelle kurz unsere Aufmerksamkeit schenken.

# Index

## Symbole

5-Warum-Methode 89  
6-3-5-Methode 90  
6-W-Methode 89  
8D-Methodik 329

## A

Activity Diagram 355  
Aktivitäten 53  
ANOVA-Tabelle 186  
App-Umfragen 86  
Arbeitsanweisung 62, 65  
Architekturentwicklung 340  
Architekturmuster 343  
Architekturprinzipien 342  
Architekturpyramide 341  
Asset Layer 122, 133  
Audit-Management 50  
Augmentation 59, 60, 61  
Augmented Workers 58  
Ausreißererkennung 161, 235  
Automatisierung 57, 318  
Availability 119

## B

Back-of-the-Envelope-Berechnung 348  
Bestimmtheitsmaß 201  
Betriebssicherheit 119  
Bikee Case Study 124  
Black-box 41  
Blackbox 99

Bodystorming 90  
Bottlenecks 111  
Boxplot 149  
BPMN 2.0 52  
BPMN-Zwischenereignis 57  
Brainwriting 90  
Business Actors and Goals 127  
Business Case 126  
Business Layer 122  
Business Model Canvas 95  
Business Process Model and Notation  
(BPMN) 52

## C

Capture-Rate 225  
Change-Management 416  
Cloud Computing 334  
Cluster-Verfahren 226  
Co-Creation 92  
Collaboration-Tools 395  
Communication Layer 122, 131  
Compliance 72  
Component Diagram 354  
Computer-Vision-System 65  
Computer-Vision-Systeme 62  
Confidentiality 119  
Context Analysis 124  
Conversion 86  
Convolutional Neural Network 246  
CRISP-DM 289  
Crosser 368  
Customer Experience 31



Customer Journey 89  
Customer Needs Mapping 281

## D

Daily Scrum 107  
Data Analytics Use Cases 277  
data cleaning 157  
Data Custodian 75  
Data Governance 388  
Data Lake 375  
Data Owner 75  
Data Steward 75  
Datenanalyse 140  
Datenbereinigung 157  
Datendrift 308  
Datenqualität 73, 75  
Datenqualitätsmanagement 74  
Datenqualitätsmanagementsystem 74  
Datenqualitätsniveau 76  
Datenqualitätsplanung 75  
Datenqualitätssicherung 76  
Datenqualitätsverbesserung 76  
Datentest 76  
DBSCAN-Algorithmus 227  
Design Thinking 87  
DGIQ (Deutsche Gesellschaft für  
Datenqualität e. V.) 73  
DigiScan 402  
Digitale Transformation 19  
Digitale Unterschrift 48  
Digitalisierung 6, 7  
Digital Maturity Model 31  
Digital Natives 400  
Distanz 160  
DMAIC-Zyklus 320  
Dotmocracy 90  
Downsampling 259

## E

Echtzeitanalyse 62  
Emotional Journey Map 89  
Ermüdung 60  
Evaluierung 386

## F

Falschmeldungen in sozialen Medien 86  
Features 164  
Feedback 110  
Fehlerkosten 26  
Freigabeprozess von Änderungen 46  
Führungskompass 412  
Functional Layer 122  
Function Layer 129

## G

Gateways 55  
Geschäftsmodell 80  
Getriebemontage 64  
Gütefunktion 182

## H

Handlungsfelder 30, 32  
Häufigkeit 143  
Hauptkomponentenanalyse 169  
Hidden Revenue 94  
How-Wow-Now-Matrix 90  
Hypothesentest 178, 180

## I

IBM Watson Studio 361  
Imputing-Verfahren 257  
Industrie 4.0 6, 8, 23, 120  
Information Layer 122, 130  
Infrastructure as a Service (IaaS) 337  
Innovation 79  
Integration Layer 122, 132  
Integrität 119  
Integrity 119  
ISO 9000 13, 38  
ISO 9001 35, 39

## J

Just-in-Time-Prinzip (JIT) 100

**K**

Kanban 109  
Kanban-Board 109  
Kanban-Kartenwand 110  
Kanban-Kernpraktiken 109  
Kano-Modell 83  
Kennzahlenmanagement 51  
Kirkpatrick-Modell 384  
Klassifikationsverfahren 214  
K-Nearest-Neighbors 216  
KNIME 359  
Kommunikation 72  
Kommunikationsplattform 71  
Kompetenz 381  
Kompetenzaufbau 382  
Kompetenzmatrix 51  
Komplexität 41  
Kontingenztafel 151  
Konzentration 60  
Korrelation 156  
Korrelationskoeffizient 154  
Korrelationsmatrix 156  
Kreuzvalidierung 298  
Kundenbegeisterung 83  
Kundenbindung 83  
Kundenerlebnis 87  
Kundenfeedback 85  
Kundenloyalität 84  
Kundenorientierung 81, 97  
Kundenzufriedenheit 24, 85, 95  
Künstliche Intelligenz 192  
Künstliche Intelligenz (KI) 6

**L**

Lagekennwerte 147  
Lane 53  
Lasso-Regression 204  
Layered Process Audit (LPA) 50  
Learning Leaders 394  
Lernende Organisation 394  
Lernpyramide 385  
LIPOK 280  
LIPOK-Methode 16

Load Balancer 376  
Local Layer 249  
Loop-Analyse 68  
Loyalität 83

**M**

Machine learning 6  
Machine Learning 193  
Maintainability 119  
Makigami-Analyse 282  
Manifest für agile Softwareentwicklung 101  
Markov-Entscheidungsprozess 270  
Maschinelles Lernen 191  
Median 147  
Merkmale 138  
Merkmalstypen 138  
Message Queue 365  
Mindmapping 89  
Mittelwert 147  
MLOps 378  
Modell 41  
Modellbewertung 300  
Modelldrift 308  
Mooresches Gesetz 1  
MQTT 366  
Multi-Layer-Perzeptron 241

**N**

Net Promotor Score (NPS) 84  
Neuron 240  
Neuronale Netze 239  
Normalisierung 161  
Normkapitel 39  
Nutzertests 92

**O**

One Hot Encoding 162  
Online-Marktplätze 93  
OPC Unified Architecture 367  
Orange 361  
Ordinal Encoding 163

## P

Parameter-Diagramm 292  
 PDCA (Plan-Do-Check-Act) 74  
 Peer-to-Peer 94  
 Peer-to-Peer-Pionier 94  
 Personas 89  
 Pipeline-Modell 416, 417  
 Planungsmeeting 107  
 Platform as a Service (PaaS) 337  
 Poka Yoke 65  
 Pool 53  
 Pooling Layer 248  
 Predictive Analytics 191  
 Principal Component Analysis (PCA) 169  
 Privacy 119  
 Private Cloud 339  
 Privatsphäre 119  
 Problemlösung in 8 Disziplinen (8D) 277  
 Process Mining 67  
 Product Ownere 108  
 Produktinnovation 31  
 Produktqualität 24  
 Project Jupyter 345, 346  
 Protokollmanagement 50  
 Prototyp 90  
 Prozess 16  
 Prozessautomatisierung 312  
 Prozessdigitalisierung 32  
 Prozesseffektivität 16  
 Prozesseffizienz 16  
 Prozessinhaber 387  
 Prozesslandkarte 43  
 Prozessmanagementsystem 42, 46  
 Prozessqualität verbessern 26  
 Prozessesstandard 71  
 Psychologische Sicherheit 393  
 Pull-System 109

## Q

Q-Learning 272  
 QMS 35  
 QM-System 35, 36, 45  
 QR-Code 85

Qualität 13, 111  
 Qualität 4.0 8, 9, 22  
 Qualitätsfehler 62  
 Qualitätskontrolle 22  
 Qualitätskultur 71  
 Qualitätsmanagement 22, 33  
 Qualitätsmodell 117  
 Qualitätssicherung 22  
 Qualität von Daten 73  
 Quality Backward Chain 24  
 Quality Forward Chain 24

## R

RAMI 4.0 120, 121  
 RapidMiner 361  
 Receiver Operating Characteristic (ROC) 300  
 Referenzarchitekturmodell 120  
 Regressionsanalyse 254  
 Regressionsfunktion 197  
 Regressionsmodell 201  
 Regressionsverfahren 196  
 Regularisierungsparameter 204  
 Reinforcement Learning 267  
 Reklamationen 52  
 Reliability 119  
 Requirements Analysis 128  
 Resampling 258  
 REST 362  
 Reststreuungsanalyse 202  
 Retraining 308  
 Retrospektive 108  
 Reverse Coaching 399  
 Review Meeting 108  
 Ridge-Regression 204  
 Risikomanagement 50  
 Robotic Process Automation 313  
 ROC-Kurve 300

## S

Safety 119  
 Säulendiagramm 151  
 Schlüsselprozesse 44

Schulung 63  
Scikit-learn 357  
Scrum 105  
Scrum Framework 106  
Sequence Diagram 355  
Servicemodell 337  
SHAP (Shapley Additive Explanations) 304  
Shared Economy 94  
Signifikanzniveau 178  
Six Sigma 319  
Six Sigma+ 325  
Smart Product 6  
Smart Production 6, 10  
Smart Products 10, 20, 80  
Social Bots 86  
Social Media 85  
Social Wall 71  
Software 111  
Software as a Service (SaaS) 337  
Softwareentwicklung 103  
Spannweite 148  
Spark 358  
Sprint 107  
Stakeholder 14  
Standardisierung 161  
Startereignis 54  
Statistik 136  
Statsmodels 357  
St. Galler Digital-Maturity-Modell 31  
Stichprobe 142  
Strategie 44  
Stresszonenmodell 383  
Streudiagramm 143, 154  
Streuung 148  
Sunburst 152  
Sunburst-Diagramm 152  
Swim Lanes 53  
Systemhierarchieebenen 42

## T

TensorFlow 358  
Test Capture Grid 91  
The Innovator's Dilemma 20

Think-Sense-Act-Kette 11  
time-box 107  
Torch 358  
Total Quality Management 14  
Total Quality Managements (TQM) 22  
Toyota Production System (TPS) 100  
Trainingsplanung 385  
Transformationsmanagement 32  
Transparenz von Informationen 83  
Trendanalyse 255

## U

Überprüfung der Datenqualität 76  
UI-Scraping 314  
UML 352  
Umsetzungsplan 75  
Umsetzungsprozesse 75  
Umwelt 41  
Unified Modeling Language (UML) 352  
Upsampling 259  
Urliste 143  
Use Case Decomposition Diagram 126  
User Experience 87  
User Experience (UX) 87  
UX-Phasen 88

## V

Varianz 148  
Varianzanalyse 184  
Verfügbarkeit 119  
Vernetzung 80  
Vertraulichkeit 119  
Verwerfungsbereich 178  
V-Modell 104  
Volatilität 17  
Volatility 17  
VUCA-Modell 17

## W

Wartbarkeit 119  
Wasserfallmethode 103  
Wasserfallmodell 104

Web-Analytics 86  
Wechselbereitschaft 83  
Weiterbildungsmaßnahmen 384  
Wertschöpfungskette 109  
Wertstromanalyse 67  
Worker Augmentation 58  
Workflow-Automatisierung 312  
Workflowmanagement 49  
Working Out Loud (WOL) 397  
Work in Progress (WiP) 109

## Y

Yerkes-Dodson-Gesetz 382

## Z

Zahlenformat 157  
Zeitreihe 254  
Zeitreihenanalyse 252  
Zuverlässigkeit 119  
Zwischenereignis 56