

HANSER



Leseprobe

zu

Die digitale Transformation des Qualitätsmanagements

von Gernot Freisinger, Oliver Jöbstl, Bernd Kögler, Jürgen Lipp
und Manfred Strohrmann

Print-ISBN 978-3-446-46884-9

E-Book-ISBN 978-3-446-46885-6

ePub-ISBN 978-3-446-46886-3

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446468849>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

1	Welche Inhalte vermittelt dieses Buch?	1
2	Herausforderungen im Qualitätsmanagement	13
2.1	Was bedeutet Qualität?	13
2.2	Was ist Qualitätsmanagement?	15
2.3	Effektivität und Effizienz von Prozessen	15
2.4	Aktuelle Herausforderungen im QM	17
2.5	Der digitale Wandel als Chance im QM	19
2.6	Entwicklungsstufen im Qualitätsmanagement	21
2.7	Ziele im Qualitätsmanagement	23
	2.7.1 Produktqualität und Kundenzufriedenheit verbessern	24
	2.7.2 Prozessqualität verbessern	26
2.8	Digitale Use Cases	27
2.9	Die neun Handlungsfelder im digitalen Qualitätsmanagement	30
	2.9.1 Das St. Galler Digital-Maturity-Modell	31
	2.9.2 Neun Handlungsfelder im digitalen Qualitätsmanagement	32
3	Digitale QM-Systeme	35
3.1	Die Kunst, ausgewogene QM-Systeme zu gestalten	36
3.2	Moderne QM-Systeme sind prozessorientiert	38
	3.2.1 Das Gestaltungsprinzip vom Groben ins Detail	41
	3.2.2 Die Prozesslandkarte als Basis	43
	3.2.3 Die Strategieberandung sicherstellen	44
	3.2.4 Eine gelebte Prozessinhaberschaft als Schlüssel zum Erfolg	45

3.3	Moderne QM-Systeme sind digital	45
3.3.1	Interaktiver digitaler Aufbau des Prozessmanagementsystems ..	46
3.3.2	QMS-Softwarelösungen	49
3.4	BPMN 2.0 als Basis für Automatisierung	52
3.5	Digitale QM-Systeme ermöglichen „Augmented Workers“	58
3.5.1	Warum gerade jetzt?	59
3.5.2	Warum ist Augmentation sinnvoll?	59
3.5.3	Technologien der Augmentation	60
3.5.4	Gelebte Praxis: Der Augmented Worker in der Getriebemontage	64
3.6	Digitale QM-Systeme nutzen Process Mining	67
3.7	Digitale QM-Systeme nutzen mobile Kollaborationsplattformen	69
3.8	Moderne QM-Systeme integrieren Datenqualität	73
4	Qualitätsgesicherte Innovation	79
4.1	Kundenorientierung als Basis erfolgreicher Innovation	81
4.2	User Experience- und Design-Thinking-Ansätze	87
4.3	Innovative Geschäftsmodelle entwickeln	92
4.4	Design for Six Sigma	98
4.5	Agile Methoden in der Entwicklung	100
4.5.1	Das agile Manifest	101
4.5.2	Methoden der Softwareentwicklung	103
4.6	Qualität in softwareintensiven Systemen	111
4.6.1	Alterung von Software	113
4.6.2	Qualitätsmodelle	116
4.7	Systematische Entwicklung von Industrie-4.0-Lösungen	120
4.7.1	Hierarchieebenen	121
4.7.2	Interoperabilitätsschichten	122
4.7.3	Lebenszyklus und Wertschöpfungskette	123
4.8	Case Study: E-Bikes	124
4.8.1	Business Layer	124
4.8.2	Function Layer	129
4.8.3	Information Layer	130
4.8.4	Communication Layer	131
4.8.5	Integration Layer	132

4.8.6	Asset Layer	133
4.8.7	Zusammenfassung	134
5	Die Kunst, die richtigen Daten zu verwenden	135
5.1	Rolle der Statistik im digitalen QM	136
5.2	Statistische Grundlagen: Merkmalstypen	138
5.3	Die richtigen Daten erheben	140
5.3.1	Konfirmatorische und explorative Datenanalyse	140
5.3.2	Grundgesamtheit und Stichprobe	141
5.4	Daten verstehen	142
5.4.1	Grafische Beschreibung eindimensionaler Datensätze	143
5.4.2	Absolute und relative Häufigkeit diskreter Merkmale	143
5.4.3	Beschreibung stetiger Merkmale	145
5.4.4	Beschreibung qualitativer Merkmale	146
5.4.5	Kennwerte von quantitativen Merkmalen	147
5.4.6	Boxplot	149
5.4.7	Grafische Beschreibung mehrdimensionaler Datensätze mit qualitativen Merkmalen	150
5.4.8	Grafische Darstellung mehrdimensionaler Datensätze mit quantitativen Merkmalen	153
5.4.9	Korrelation eines zweidimensionalen Datensatzes	154
5.4.10	Korrelation mehrdimensionaler Datensätze	156
5.5	Daten bereinigen („data cleaning“)	157
5.5.1	Konsistenz der Einträge	157
5.5.2	Fehlende Einträge	158
5.6	Kodierung von Merkmalen	159
5.6.1	Kodierung quantitativer Merkmale	159
5.6.2	Kodierung qualitativer Merkmale	162
5.7	Daten konstruieren (Feature Engineering)	164
5.7.1	Entfernen irrelevanter Merkmale	165
5.7.2	Zusätzliche Features generieren	166
5.7.3	Zusammenführen von spärlich besetzten Daten	168
5.8	Dimensionsreduktion	169
5.8.1	Hauptkomponentenanalyse	169

6	Mit Daten risikobasierte Entscheidungen treffen	173
6.1	Einführendes Beispiel und theoretische Grundlagen	174
6.2	Durchführung von Hypothesentests	178
6.3	Sicherheit und Risiko bei Hypothesentests	180
6.3.1	Fehler erster und zweiter Art	180
6.3.2	Gütefunktion und notwendiger Stichprobenumfang	182
6.4	Varianzanalyse	184
6.5	Case Study: Homogenitätsprüfung eines Luftflusses	186
7	Die Kunst, aus Daten zu lernen	191
7.1	Regressionsverfahren im Qualitätsmanagement	196
7.1.1	Konstruktion einer Regressionsfunktion	197
7.1.2	Bewertung von Regressionsmodellen	201
7.1.3	Regularisierung	203
7.1.4	Beispiel: Einsatz von Machine-Learning-Algorithmen zur Prozessregelung	205
7.2	Klassifikationsverfahren	214
7.2.1	K-Nearest-Neighbors-Klassifikation	216
7.2.2	Bewertung von Klassifikationsmodellen	218
7.2.3	Beispiel: Klassifikationsverfahren zur Prognose einer Ausbeute	221
7.3	Cluster-Verfahren	226
7.3.1	DBSCAN-Algorithmus	227
7.3.2	Optimierung (Tuning) der Hyperparameter	229
7.3.3	Bewertung von Cluster-Ergebnissen	232
7.3.4	Ausreißerererkennung mit dem DBSCAN-Algorithmus	234
7.4	Automatische Sichtprüfung über Faltungsnetzwerke	238
7.4.1	Grundlagen Neuroner Netze	239
7.4.2	Automatische Sichtprüfung - Datenvorbereitung	242
7.4.3	Automatische Sichtprüfung - Convolutional Neural Networks	246
7.5	Zeitreihenanalyse	252
7.5.1	Grafische Darstellung und mathematische Beschreibung	252
7.5.2	Elementare Operationen mit Zeitreihen	254
7.5.3	Imputing-Verfahren zur Rekonstruktion fehlender Stichprobenwerte	257

7.5.4	Resampling: Down- und Upsampling	258
7.5.5	Filterung von Zeitreihen	260
7.5.6	Zerlegung der Zeitreihe in Trend, periodische Anteile und Residuen	262
7.5.7	Optimierung der Werkzeugnutzung durch Zeitreihenanalysen ..	265
7.6	Reinforcement Learning	267
7.6.1	Grundidee des Reinforcement Learning	268
7.6.2	Markov-Entscheidungsprozess	270
7.6.3	Q-Learning als einfaches Beispiel für einen RL-Algorithmus	272
7.6.4	Fallbeispiel Reinforcement Learning	274
8	Prozessverbesserung durch Digitalisierung	277
8.1	Arten von digitalen Use Cases	277
8.2	Erfolgsversprechende Use Cases für ML und Automatisierung finden ..	279
8.2.1	Identifikation und Abgrenzung des Prozesses	279
8.2.2	Stakeholder-Analyse – Sammeln und Strukturieren von Anforderungen	281
8.2.3	Vertiefende Prozessanalysen	282
8.2.4	Finden von Use Cases – kreative Phase	284
8.2.5	Beschreibung der Use Cases – Question Zero	284
8.2.6	Vorauswahl von Ideen	286
8.2.7	Beschreibung und Berechnung des Business Case	286
8.2.8	Use Cases bewerten und auswählen	287
8.3	KI und Machine Learning Use Cases systematisch umsetzen	288
	<i>Unter Mithilfe von Michael Eder</i>	
8.3.1	Business Understanding	290
8.3.2	Datenverständnis und Datenpräparation	294
8.3.3	Modelltraining	296
8.3.4	Modelleinführung (Deployment)	305
8.3.5	Maintenance/Governance	307
8.4	Automatisierung von Prozessen	312
8.4.1	Arten von Robotic Process Automation	313
8.4.2	Vorgehensmodell zur Umsetzung von Automatisierungslösungen	316

8.5	Systematische Prozessverbesserung durch Six Sigma ⁺	319
8.5.1	Kurzeinführung in Six Sigma	319
8.5.2	Das Vorgehensmodell in Six Sigma – der DMAIC-Zyklus	320
8.5.3	Six Sigma ⁺ : Integration von Machine-Learning-Methoden in den DMAIC-Zyklus	324
8.5.4	Fallbeispiel Six Sigma ⁺	325
8.6	Neue Möglichkeiten der Fehlerbehandlung durch Digitalisierung	329
9	Systematische Architekturentwicklung und IT-Infrastruktur . .	333
9.1	Cloud Computing	334
9.1.1	Servicemodelle	337
9.1.2	Verteilungsmodelle und die „Private Cloud“	339
9.2	Methodische Architekturentwicklung	340
9.2.1	Architekturtreiber	344
9.2.2	Erste Datenanalysen mit Project Jupyter	345
9.2.3	Back-of-the-Envelope-Berechnung	348
9.2.4	Systemdesign	351
9.3	Industrialisierung der Lösung	357
9.3.1	Machine-Learning-Bibliotheken	357
9.3.2	No-Code Tools für Machine Learning	359
9.3.3	Technische Umsetzung von Schnittstellen	362
9.3.4	Big Data und NoSQL	370
9.3.5	Weitere Aspekte der Skalierung	375
9.4	Iterative Weiterentwicklung und Betrieb	378
10	Digitale Kompetenzen erlernen	381
10.1	Die Relevanz des Kompetenzaufbaus	382
10.2	Trainingsplanung und Evaluierung	384
10.2.1	Die Planung von Trainings	385
10.2.2	Die Trainingsevaluierung	386
10.3	Der Prozessinhaber im digitalen Zeitalter	387
10.4	Führungskräfte zu digitalen Botschaftern ausbilden	390
	<i>Unter Mithilfe von Johannes Eichler</i>	

10.5	Nachhaltiges Lernen in Organisationen	392
	<i>Unter Mithilfe von Friederike König</i>	
10.5.1	Psychologische Sicherheit	393
10.5.2	Lernende Führungskräfte	394
10.5.3	Individuelles Lernen und Lernen in Gruppen	394
10.5.4	Digitale Technologien nutzen	395
10.6	Working Out Loud	397
	<i>Unter Mithilfe von Friederike König</i>	
10.7	Reverse Coaching	399
	<i>Unter Mithilfe von Friederike König</i>	
11	Den digitalen Wandel meistern	401
11.1	Den DigiScan nutzen	402
11.2	Ansatzpunkte im digitalen Qualitätsmanagement	407
11.3	Führen in unsicheren Zeiten – der Führungskompass	412
	<i>Unter Mithilfe von Björn Ludwig</i>	
11.4	Unterstützendes Change-Management mit dem Pipeline-Modell	416
11.5	Einführungsroadmap für den digitalen Wandel	420
	Glossar	425
12.1	Die Sprache des Qualitätsmanagers	426
12.2	Die Sprache des Data Analyst (Data Scientist)	427
12.3	Die Sprache des Data Engineers	430
	Literatur	437
	Index	443
	Die Autoren	449

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 Industrewissenschaften 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.“

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).

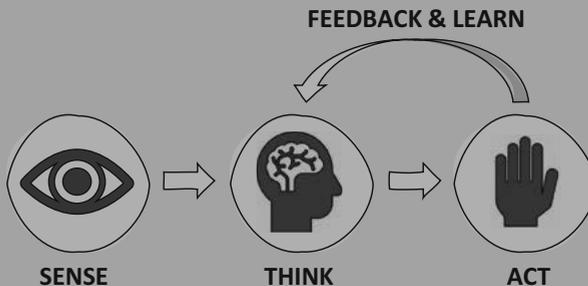


Bild 1.2 Künstliche Intelligenz

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).

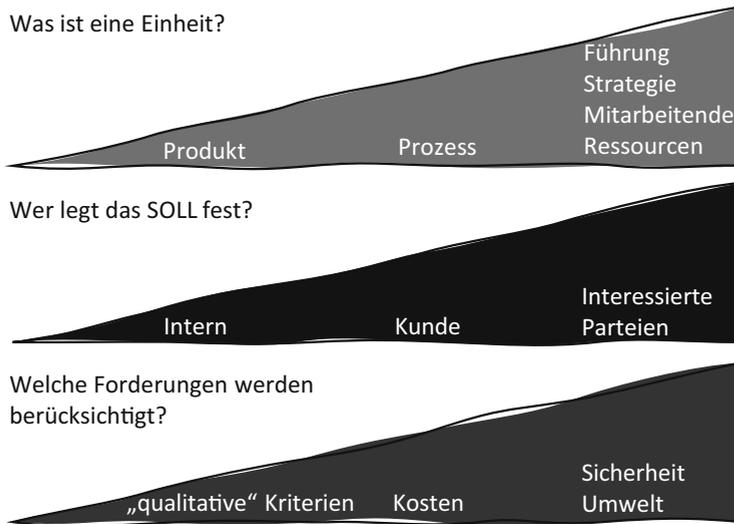


Bild 2.1 Freiheitsgrade des Begriffs „Qualität“

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

Die Autoren

Ing. Gernot Freisinger, BSc., MA

Consultant und Trainer bei successfactory management coaching

Geb. 1983 in Voitsberg, absolvierte eine höhere technische Lehranstalt für Elektrotechnik in Graz, danach Entwicklungsingenieur bei ThyssenKrupp Aufzüge in Gratkorn. Von 2008 bis 2021 Projekt- und Produktmanagement bei ELSTA Mosdorfer.

Als Absolvent des Master-Studiums Innovationsmanagement der Fachhochschule campus02 in Graz ist er seit 2013 als Consultant und Trainer in den Bereichen Produktentwicklung, Qualitätsmanagement und Data Analytics tätig. Sein Aufgabenspektrum beinhaltet die Erfassung von Kundenbedürfnissen, die Entwicklung qualitativ hochwertiger Systeme und die Einführung von Entwicklungsmethoden. Dabei liegt sein Fokus auf der Erkennung und Implementierung von datengetriebenen Use Cases und Optimierungsaufgaben.

Dr. Dipl.-Ing. Oliver Jöbstl

Geschäftsführer der successfactory management coaching

Geb. 1969 in Leoben, absolvierte das Studium der Werkstoffwissenschaften der Montanuniversität Leoben und dissertierte am Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften in den Themengebieten Qualitätsmanagement und Anlagenwirtschaft. Er ist Mitgründer der successfactory management coaching gmbH in Leoben und berät seit 2000 Industrieunternehmen u. a. in den Bereichen Qualitätsmanagement, Leadership, statistische Modellierung, Machine Learning und künstliche Intelligenz in industriellen Anwendungen.

Dipl. -Ing. Bernd Kögler, MBA

Werksleiter Pankl High Performance Systems

Geb. 1972 in Wien, studierte Maschinenbau an der TU-Wien, danach Entwicklungsingenieur bei der Robert Bosch A. G. in Hallein. Seit 2005 angestellt bei Pankl Racing Systems A. G. Aktuelle Funktion als Werksleiter der Getriebefertigung und technischer Leiter der Pleuel Serienfertigung. Von 2015 bis 2017 berufsbegleitend MBA Automotive Industry an der TU Wien und STU Bratislava.

Buchautor: „Lessons Learned...?! – Leadership in Familie und Beruf“, 2021

Jürgen Lipp

Consultant und Trainer bei successfactory management coaching

Geb. 1979 in Graz, startete nach der höheren technischen Lehranstalt für Informatik in Kaindorf als Softwareentwickler. Nach verschiedenen Positionen übernahm er 2010 bis 2015 die Systemsoftwareentwicklung bei der Atronic (heute IGT). Von 2013 bis 2015 berufsbegleitendes Masterstudium Software Engineering Leadership am Campus02 in Graz und der oose Innovative Informatik in Hamburg. Nach weiteren Stationen als Engineering Manager bei NXP Semiconductors, pmOne und ADB Safegate, startete er 2020 als Consultant und Trainer bei der successfactory management coaching GmbH, um bei Software- und KI-Projekten in mittelständischen und großen Unternehmen seine Erfahrungen weitergeben zu können.

Prof. Dr. Manfred Strohrmann

Professor für Grundlagen der Elektrotechnik und Systemtheorie an der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik der Hochschule Karlsruhe.

In Kooperation mit lokalen Industriepartnern setzt er statistische Verfahren des Design For Six Sigma und Machine Learning praxisnah in Industrieprodukte um. An der Hochschule widmet er sich außerdem der Didaktik der Ingenieurwissenschaften. Dafür ist er im Jahr 2016 durch den Lehrpreis der Hochschule Karlsruhe ausgezeichnet worden. Als Studiengangsleiter und Prodekan ist er bestrebt, die dabei erarbeiteten Konzepte in den Lehrbetrieb und in die Studien- und Prüfungsordnungen zu integrieren.

Co-Autoren**Ing. Mag. Dr. Michael Eder**

Global Chief Digital Officer voestalpine High Performance Metals Division/ Managing Director voestalpine High Performance Metals DIGITAL SOLUTIONS GmbH

Geboren 1977 in Linz, Studium der Wirtschaftswissenschaften in Linz und Promotion in Innsbruck. Berufliche Stationen als technischer Gruppenleiter bei Voest-Alpine Industrieanlagenbau von 1998 – 2004 und als Unternehmensberater bei McKinsey&Company, Inc. von 2007 – 2016. Seit 2016 als Global Chief Digital Officer verantwortlich für die Digitale Transformation der High Performance Metals Division der voestalpine. Ab 2021 Managing Director der voestalpine High Performance Metals DIGITAL SOLUTIONS GmbH, einer Ausgründung welche sich auf skalierbare digitale Lösungen in den Bereichen KI, IIoT, Robotics, Sensorik spezialisiert. Passionierter Change-Manager, certified Agile Coach und Scrum Master.

DI Dr. Johannes Andreas Eichler, MBA

Head of Product and Services Management bei voestalpine High Performance Metals DIGITAL SOLUTIONS GmbH

Nach Abschluss des Telematik Masterstudiums 2012 an der TU-Graz und des Doktorats für medizinische Wissenschaft 2016 an der Meduni Graz arbeitete er an der Entwicklung von resorbierbaren Metallimplantaten. 2018 begann seine Tätigkeit als Digitalisierungsmanager bei der voestalpine High Performance Metals GmbH in Wien, zeitgleich mit dem Abschluss des Executive MBA Studiums an der California Lutheran University, CA, USA. Seit 2021 ist er bei der voestalpine High Performance Metals DIGITAL SOLUTIONS GmbH für den Bereich Produkt und Services Management verantwortlich.

Dipl. Ing. Dr. Friederike König

UnternehmensberaterIn/TrainerIn/Coach

Geboren 1968 in Amstetten, studierte Technische Chemie und Maschinenbau an der TU Graz. Ab 2002 QualitätsingenieurIn und später Senior ProzessmanagerIn bei Magna. Von 2011 - 2016 Senior Manager Changemanagement und Organisationsentwicklung bei Magna. Laufende Zusatzqualifikation für Führung & Teamentwicklung im klassischen & agilen Umfeld. Seit 2016 selbständige BeraterIn/TrainerIn/Coach für Projekt-/Prozess-/Changemanagement.

Prof. Dr.-Ing. Bjørn Ludwig

Geschäftsführer der successfactory leadership

Bjørn Ludwig ist Ingenieur der Verfahrenstechnik, promovierte am Institut für Technische Mechanik der TU Clausthal zum Thema Technikfolgenabschätzung und habilitierte sich dort im Fachgebiet Systemtechnik. Berufliche Stationen waren Forschungsinstitutionen wie die DLR, TU Clausthal und die Universität Bremen, die IT-Branche sowie das Zukunftszentrum Tirol. Der Prozess- und Systemdenker lebt, denkt, lehrt und arbeitet auf den Schnittstellen zwischen Technik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Seine Schwerpunkte sind systemisches Leadership und ganzheitliche Zukunftsorientierung. Seit 2013 berät, trainiert und coacht er weltweit Führungskräfte zum Thema Leadership und ist seit 2020 Geschäftsführer der successfactory leadership.