

<b>0</b>	<b>Datenbasiertes Qualitätsmanagement</b>	<b>XIII</b>
0.1	Einleitung	XIII
0.2	Digitalisierung und Industrie 4.0	XIV
0.3	Daten als Treiber von Optimierung und Innovationen	XV
0.4	Datenanalyse und Einsatz von KI-Methoden im QM	XVI
0.5	Handlungsfelder und Entwicklungspfade für das Qualitätsmanagement von morgen	XVI
0.6	Anforderungen an Personal und Qualifikation	XXII
0.7	Struktur dieses Buchs	XXIII
<b>Teil A</b>	<b>– Grundlagen für die Erzeugung von Qualitätswissen</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Mathematische und statistische Grundlagen</b>	<b>3</b>
1.1	Mathematische Grundlagen	4
1.1.1	Lineare Gleichungen	4
1.1.2	Vektoroperationen	9
1.1.3	Matrizen und lineare Transformation	14
1.1.4	Wahrscheinlichkeit	17
1.2	Statistische Grundlagen	19
1.2.1	Daten und Stichproben	21
1.2.1.1	Grundgesamtheit und Stichprobe	21
1.2.1.2	Merkmalstypen und Skalen	22

1.2.2	Maßzahlen .....	25
1.2.2.1	Lagemaße .....	25
1.2.2.2	Streuungsmaß .....	27
1.2.3	Grafische Darstellung von Daten .....	28
1.2.3.1	Häufigkeitsverteilungen .....	29
1.2.3.2	Diagrammtypen .....	29
1.2.4	Wahrscheinlichkeit und Zufallsvariablen .....	32
1.2.4.1	Wahrscheinlichkeitstheorie .....	32
1.2.4.2	Kombinatorik .....	33
1.2.4.3	Zufallsgrößen und Zufallsvariablen .....	33
1.2.4.4	Erwartungswert und Varianz .....	35
1.2.5	Wahrscheinlichkeitsverteilungen .....	36
1.2.5.1	Diskrete Verteilungen .....	37
1.2.5.2	Stetige Verteilungen .....	38
<b>2</b>	<b>Data Analytics .....</b>	<b>43</b>
2.1	Datenanalyseprozess .....	45
2.1.1	Datenimport .....	46
2.1.2	Datenbereinigung .....	47
2.1.3	Datenverständnis .....	47
2.1.4	Kommunikation .....	48
2.2	Methoden der Data Analytics .....	49
2.2.1	Descriptive Analytics .....	50
2.2.2	Diagnostic Analytics .....	51
2.2.3	Predictive Analytics .....	51
2.2.4	Prescriptive Analytics .....	51
2.3	Data-Mining .....	52
2.3.1	Data-Mining-Prozess .....	52
2.3.2	Data-Mining-Techniken .....	53
2.3.3	Data-Mining-Spezialisierungen .....	54
2.3.3.1	Text-Mining .....	54
2.3.3.2	Web-Mining .....	55
2.3.3.3	Process-/Task-Mining .....	56
2.3.3.4	Zeitreihenanalyse .....	56

2.4	Statistische Verfahren .....	57
2.4.1	Deskriptive Analyse .....	57
2.4.1.1	Korrelationsanalyse .....	58
2.4.2	Explorative Analyse .....	60
2.4.3	Inferenzielle Analyse .....	61
2.4.3.1	Schätzverfahren .....	62
2.4.3.2	Hypothesentest .....	65
2.4.3.3	Regressionsanalyse .....	73
2.4.3.4	Kausalanalyse .....	78
2.4.4	Multivariate Analyse .....	78
<b>3</b>	<b>KI und Maschinelles Lernen .....</b>	<b>81</b>
3.1	Einführung von KI .....	84
3.2	Maschinelles Lernen .....	86
3.2.1	Überwachtes Lernen .....	87
3.2.2	Unüberwachtes Lernen .....	89
3.2.3	Semi-überwachtes Lernen .....	90
3.2.4	Bestärkendes Lernen .....	91
3.3	Aufgaben des Maschinellen Lernens .....	92
3.3.1	Regressionsaufgabe .....	93
3.3.2	Klassifikationsaufgabe .....	94
3.3.3	Clusteraufgabe .....	95
3.3.4	Hybridaufgaben .....	96
3.3.5	KI-Agententraining .....	96
3.4	Maschinelle Lernalgorithmen .....	97
3.4.1	Regressionsmethoden .....	97
3.4.1.1	Lineare und polynomiale Regression .....	97
3.4.1.2	Logistische Regression .....	102
3.4.2	Entscheidungsbaum-basierte Methoden .....	103
3.4.3	Clustering-Methoden .....	105
3.4.4	Bayesianische Methode .....	107
3.4.5	Deep Learning .....	110
3.5	KI und qualitätswissenschaftliche Methodik .....	113
3.6	Neue Chancen der Praxisintegration .....	115

<b>4</b>	<b>Datenräume – Basis der digitalisierten Qualitätsarbeit im Wertschöpfungsprozess</b>	<b>121</b>
4.1	Datenraum Industrie 4.0: Grundlage für die Qualitätsabsicherung in der multilateralen Zusammenarbeit von Wertschöpfungspartnern	121
4.2	Gaia-X	126
4.3	Catena-X Automotive Network	126
4.4	Manufacturing-X: Eine Zukunftsinitiative für die Industrie	127
<b>Teil B – Intelligente Methoden und Lösungen für das digitale Qualitätsmanagement</b>		
<b>5</b>	<b>Kausale KI: Neue Paradigmen in der Qualitätswissenschaft</b>	<b>133</b>
5.1	Einleitung	133
5.2	Grundlagen der Kausalität	134
5.2.1	Statistische Kausalität	135
5.2.2	Kausale KI-Methoden	139
5.3	Anwendung von Kausalen KI-Methoden in den Qualitätswissenschaften	141
5.4	3D-Druck als konkretes Beispiel aus der Praxis	143
5.5	Herausforderungen, Ausblick und Zusammenfassung	147
<b>6</b>	<b>Einbindung von Data Analytics in den Produktentstehungsprozess (PEP)</b>	<b>151</b>
6.1	Produktentstehungsprozess	152
6.1.1	Produktplanung	154
6.1.2	Produktentwicklung	154
6.1.3	Realisierung	155
6.2	Data Analytics	155
6.2.1	Klassifikation	157
6.2.2	Clusteranalyse	157
6.2.3	Regression	158
6.2.4	Assoziation	158
6.2.5	Anomalieerkennung	159
6.3	Data Analytics in der Produktentstehung	159
6.3.1	Entwicklung	160
6.3.2	Marketing, Produktmanagement und Vertrieb	161
6.3.3	Produktion und Qualitätsmanagement	161

6.3.4	Logistik .....	162
6.3.5	Projektmanagement .....	162
6.3.6	Controlling .....	163
6.3.7	Spezifische Anwendungspotenziale im Kontext der Herausforderung der Erfüllung von Kundenanforderungen .....	163
<b>7</b>	<b>Felddatenanalyse .....</b>	<b>173</b>
7.1	Bedeutung der Felddatenanalyse .....	174
7.2	Beschreibung von Feldproblemen mit Daten .....	175
7.3	Datenverarbeitung und -eigenschaften von Felddaten .....	178
7.4	Weibullanalyse mit Felddaten .....	181
7.5	Felddatenanalyse mit Fehlerfingerprints .....	188
7.5.1	Datenimport- und aufbereitung .....	189
7.5.2	Analyse der Fehlercharakteristik .....	190
7.5.3	Bestimmung der Belastbarkeits- und Belastungsmerkmale .....	192
7.5.4	Reporting anhand Fehlerfingerprints .....	195
7.5.5	Klassifizierung neuer Felddaten durch Fehlerfingerprints .....	195
7.6	Zukünftige Herausforderungen in der Felddatenanalyse .....	196
<b>8</b>	<b>Intelligente Algorithmen zur prädiktiven Prozessfähigkeits- messung .....</b>	<b>201</b>
8.1	Prädiktive statt deskriptiver Kontrolle .....	201
8.2	SPK-Erweiterung zur prädiktiven Prozesskontrolle .....	203
8.2.1	Bisherige Anwendungsgebiete .....	206
8.2.2	Auswirkungen der prädiktiven Prozesskontrolle auf implizites Prozesswissen .....	207
8.3	Anforderungen an die Prädiktive Prozesskontrolle .....	208
8.3.1	User Stories und Anwendungsziele .....	208
8.3.2	Visuelle Erweiterungen .....	210
8.4	Prädiktive Prozesskontrolle in der Anwendung .....	212
8.4.1	Verarbeitungsprozess von Qualitätsdaten .....	213
8.4.2	Durchführung und Modelltraining .....	214
8.5	Fazit .....	217

<b>9</b>	<b>Smartes Fehlermanagementsystem in KMU</b>	<b>221</b>
9.1	Einleitung	221
9.2	Anforderungen aus Sicht der KMU	223
9.3	Systematische Entwicklung des smarten Assistenzsystems	226
9.3.1	Aufbau der E-Learning-Plattform	227
9.3.2	Aufbau des systematischen Problemlösungsprozesses	228
9.3.3	Aufbau des smarten Fehlermanagementsystems	230
9.4	Umsetzung des Fehlermanagementsystems	231
9.4.1	Problemlösungstool für bekannte Probleme	233
9.4.2	Problemlösungstools für unbekannte Probleme	234
9.5	Fazit	235
<b>10</b>	<b>Fingerprints of Quality</b>	<b>239</b>
10.1	Zielsetzung	239
10.2	Stand der Forschung und Entwicklung	240
10.3	Konzeptansatz	244
10.4	Vorgehensweise	247
10.5	Entwicklung eines Assistenzsystems für Fingerprints of Quality	253
10.5.1	Funktion Anomaliedetektion	253
10.5.2	Funktion Kausale Inferenz	255
10.6	Zusammenfassung	255
<b>11</b>	<b>Hohe Qualität trotz hoher Komplexität</b>	<b>263</b>
11.1	Vergleich von Qualität und Komplexität	263
11.1.1	Begriffsdefinition	263
11.1.2	Das optimale Qualitäts- und Komplexitätslevel	265
11.1.3	Wechselwirkung zwischen Qualität und Komplexität	267
11.1.4	Zusammenspiel von Qualität und Komplexität im Unternehmenskontext	268
11.2	Vorgehensmodell für ein qualitätsorientiertes Komplexitätsmanagement	270
11.2.1	Aktuelle Ansätze des Komplexitäts- und Qualitätsmanagements	270
11.2.2	Das neue Vorgehensmodell für ein qualitätsorientiertes Komplexitätsmanagement	272
11.3	Anwendung und Evaluierung in der Praxis	274
11.3.1	Define-Phase	274
11.3.2	Measure-Phase	275

11.3.3	Analyze-Phase .....	277
11.3.4	Improve-Phase .....	279
11.3.5	Control-Phase .....	282
11.4	Schlussfolgerungen für Qualität und Komplexität .....	282
<b>12</b>	<b>Kundenspezifische Dienstleistungen im Blick .....</b>	<b>287</b>
12.1	Herausforderungen in der Welt der Dienstleistungen .....	287
12.2	Qualitätsmerkmale von Dienstleistungen managen .....	289
12.2.1	Abschnitte einer Dienstleistung festlegen .....	289
12.2.2	Qualitätsmerkmale für Teilleistungen identifizieren .....	290
12.2.3	Qualitätsmerkmale operationalisieren .....	292
12.2.4	Navigieren durch den Qualitätsmanagementprozess .....	293
12.3	Schlussfolgerungen zum Verfahren .....	298
<b>13</b>	<b>Kognitives Assistenzsystem für Erfahrungswissen im Qualitätsmanagement .....</b>	<b>301</b>
13.1	Erfolgsfaktor Erfahrungswissen .....	301
13.2	Erfahrungswissen im Qualitätsmanagement .....	305
13.3	Kontextbezogene Nutzung von Erfahrungswissen .....	307
13.4	Kognitive Assistenzsysteme .....	309
<b>Teil C</b>	<b>- Zukünftige Entwicklung des Qualitätsmanagements .....</b>	<b>317</b>
<b>14</b>	<b>Datenbasierte Planung der Qualitätsorganisation .....</b>	<b>319</b>
14.1	Herausforderungen bei der Planung der Qualitätsorganisation .....	319
14.2	Methode zur datengetriebenen Planung der Qualitätsorganisation .....	321
14.3	Daten als Eingangsgröße der Planung .....	324
<b>15</b>	<b>Synergien im Produktentstehungsprozess .....</b>	<b>331</b>
15.1	Die Notwendigkeit zu mehr Zusammenarbeit im Produktentstehungs- prozess .....	332
15.1.1	Potenziale in einer gemeinsamen Zusammenarbeit im PEP .....	332
15.1.2	Untrennbar: Innovations- und Qualitätsfunktion im Produkt- entstehungsprozess .....	332
15.1.3	Unternehmen im Spannungsfeld .....	334
15.2	Wesentliche Erkenntnisse und Ergebnisse für die Unternehmenspraxis ..	336
15.2.1	Gewinnbringende Zusammenarbeit zwischen Innovations- und der Qualitätsfunktion .....	336

15.2.2	Keine Überschätzung agiler Managementmethoden .....	337
15.2.3	Wirksames Qualitätsverständnis .....	339
15.2.4	Gründe für mangelnde Zusammenarbeit .....	340
15.2.5	Wunsch nach mehr Kooperation .....	342
15.2.6	Neuprodukte entsprechend der Qualitätsanforderungen .....	343
15.3	Synergien systematisch erkennen und ausbauen .....	343
15.3.1	Ansatzpunkte zum Ausbau der Synergien .....	343
15.3.2	Handlungsempfehlungen für die Unternehmenspraxis .....	346
15.3.3	Schlussfolgerungen der IQS-Studie .....	348
<b>16</b>	<b>Die Qualität von Morgen – oder gegen den Verlust an sozialer Vielfalt .....</b>	<b>353</b>
16.1	Qualität – was ist Qualität? .....	354
16.2	Organisation als rekursive Form .....	357
16.3	Qualität als Norm .....	359
16.4	Qualität 4.0 – die Suche nach Eindeutigkeit .....	361
16.5	Qualitäten – ein humanistisches Projekt .....	363
16.6	Qualität braucht Leadership .....	366
16.7	Warum Hidden Champions besser sind .....	368
16.8	Qualität und ihre Transzendenz .....	371
16.9	Qualität – digital und intelligent? .....	374
16.10	Ausblick .....	376
	<b>Der Herausgeber .....</b>	<b>381</b>
	<b>Die Autorinnen und Autoren .....</b>	<b>383</b>
	<b>Index .....</b>	<b>389</b>