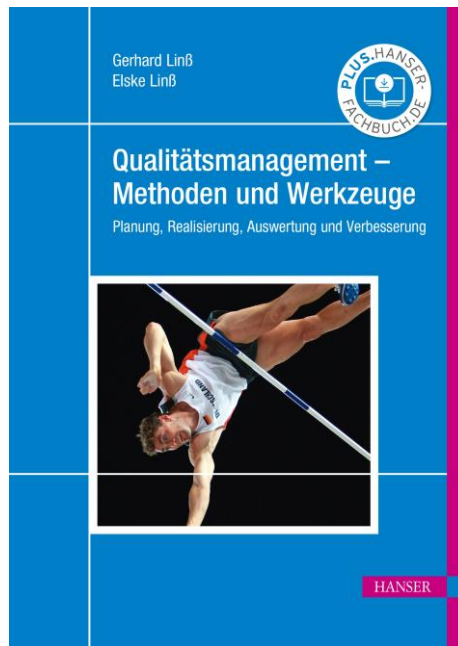


HANSER



Leseprobe

zu

Qualitätsmanagement – Methoden und Werkzeuge

von Gerhard Linß und Elske Linß

Print-ISBN: 978-3-446-47995-1

E-Book-ISBN: 978-3-446-48034-6

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446479951>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

Vorwort	XIII
1 Übersicht Methoden und Werkzeuge für das Qualitätsmanagement	1
1.1 Elementare Methoden und Werkzeuge	4
1.2 Qualitätsplanung	5
1.3 Produktrealisierung	7
1.4 Qualitätsauswertung	11
1.5 Qualitätsverbesserung	14
2 Elementare Methoden und Werkzeuge für das Qualitätsmanagement	21
2.1 Begriffsbestimmungen und Abgrenzungen	21
2.2 Die sieben elementaren Qualitätsmanagementmethoden	22
2.2.1 Fehlersammelliste/Strichliste	22
2.2.2 Histogramm – HIS	23
2.2.3 Pareto-Diagramm – ABC-Analyse	33
2.2.4 Ursache-Wirkungs-Diagramm/Ishikawa-Diagramm	36
2.2.5 Flussdiagramm	37
2.2.6 Korrelationsdiagramm	38
2.2.7 Qualitätsregelkarte	41
2.3 Weitere gebräuchliche Methoden der Problemlösung im QM	42
2.3.1 Affinitätsdiagramm	42
2.3.2 Brainstorming	43

2.3.3	Brainwriting	43
2.3.4	Mindmapping	43
2.3.5	Netzplantechnik	44
2.3.6	Baumdiagramm	46
2.3.7	Radardiagramm	47
2.3.8	5-mal-Warum-Methode	48
2.3.9	Ist/Ist-Nicht-Analyse	48
2.3.10	Kepner-Tregoe-Methode – KT	48
2.3.11	Theorie des erfinderischen Problemlösens – TRIZ	49
2.4	Problemlösungsblatt/Problemlösungsleitfaden	50
3	Methoden und Werkzeuge zur Qualitätsplanung	57
3.1	Quality Function Deployment – QFD	57
3.1.1	Zielstellungen und Anwendungsgebiete von QFD	57
3.1.2	House of Quality	59
3.1.3	Die vier Phasen umfassenden Quality Function Deployments	60
3.1.4	Phase I: Produktplanung	61
3.1.5	Phase II: Komponentenplanung	72
3.1.6	Phase III: Prozessplanung	73
3.1.7	Phase IV: Produktionsplanung	75
3.1.8	Hinweise zur Anwendung von QFD	76
3.2	Anforderungsanalyse, Lastenheft und Pflichtenheft	77
3.3	Produkt-Qualitätsvorausplanung und Control Plan – APQP	79
3.4	Prüfplanung	92
3.5	Methodik zur Auswahl von Prüfmitteln	103
3.5.1	Technische/technologische Prüfmittelauswahl	103
3.5.2	Organisatorische Prüfmittelauswahl	107
3.5.3	Wirtschaftliche Prüfmittelauswahl	107
3.6	Industrielles Beispiel für die Erarbeitung eines Prüfplanes	112
3.6.1	Prüfobjekt und Prüfmerkmale für die Endprüfung „Lagerstift“ – was zu prüfen ist	112
3.6.2	Prüfzeitpunkt und Prüfmittel	114
3.6.3	Prüfhäufigkeit und Prüfumfang für die Prüfung der Hauptmerkmale „Lagerstift“	115
3.6.4	Prüfmethode und Prüfmittel für die Prüfaufgabe „Lagerstift“	119
3.6.5	Prüfplan für den Prüfling „Lagerstift“	121

3.7	Methoden der Toleranzrechnung und Toleranzoptimierung	123
3.7.1	Montage – Austauschbau – Toleranzen	123
3.7.1.1	Einführung, Begriffe und Definitionen	123
3.7.1.2	Fertigungsgerechte Dimensionierung und Tolerierung	126
3.7.1.3	Klassische Toleranzrechnungsmethoden	129
3.7.1.4	Toleranzrechnung mittels Java-Applikation „ConvolutionBuilder“	133
3.7.1.5	Vergleich der Toleranzrechnungsmethoden am Beispiel Kugelgelenkpassung unter dem Aspekt der Austauschbarkeit	135
3.7.2	Rechnerunterstützte flexible Montage – Adaptive und Selektive Montage	136
3.7.2.1	Prinzip der Adaptiven und Selektiven Montage	136
3.7.2.2	Toleranzgruppenbestimmung für die Selektive Montage ..	138
3.7.2.3	„Fertigungstoleranzaufweitung“ durch Toleranzgruppen- optimierung	142
4	Methoden und Werkzeuge des QM zur Produktrealisierung	147
4.1	Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz nach VDA 4	147
4.2	Bemusterung	153
4.2.1	Produktionsteil-Freigabe – PPAP	154
4.2.2	Produktionsprozess- und Produktfreigabe – PPF	159
4.2.3	Vergleich PPAP und PPF	169
4.3	Klassifizierung von Prüfungen	171
4.4	Prüfmittelverwaltung und -überwachung	182
4.5	Statistische Prozessregelung – SPC	195
4.5.1	Abgrenzung von statistischer Prozessregelung und Annahmestichprobenprüfung	195
4.5.2	Aufgaben und Begriffe der statistischen Prozessregelung mithilfe von Qualitätsregelkarten	197
4.5.3	Arten von Qualitätsregelkarten	202
4.5.4	Grundlagen für die Anwendung von Qualitätsregelkarten in der statistischen Prozessregelung	204
4.5.4.1	Qualitätsregelkarten für qualitative Merkmale	204
4.5.4.2	Qualitätsregelkarten für quantitative Merkmale	207

4.5.5	Design von Qualitätsregelkarten	213
4.5.5.1	Design von Qualitätsregelkarten für qualitative Merkmale	221
4.5.5.2	Design von Qualitätsregelkarten für quantitative Merkmale	225
4.5.6	Eigenschaften von Qualitätsregelkarten – Eingriffskennlinien	234
4.5.6.1	Eingriffskennlinien von Qualitätsregelkarten für qualitative Merkmale	236
4.5.6.2	Eingriffskennlinien von Qualitätsregelkarten für quantitative Merkmale	237
4.5.6.3	Vergleich der Eingriffskennlinien unterschiedlicher Qualitätsregelkarten	241
4.5.6.4	Einfluss der Messunsicherheit auf Qualitätsregelkarten für quantitative Merkmale	243
4.5.7	Design und Eigenschaften von Annahme-Qualitätsregelkarten	245
4.5.8	Design und Eigenschaften von Qualitätsregelkarten mit Gedächtnis	250
4.5.9	Vergleich und Auswahl von Qualitätsregelkarten	260
4.5.10	Trendanalyse mit Qualitätsregelkarten	265
4.6	Annahmestichprobenprüfung	266
4.6.1	Aufgaben und Begriffe der Annahmestichprobenprüfung	266
4.6.2	Arten von Stichprobensystemen und Stichprobenplänen	268
4.6.3	Grundlagen für die Anwendung von Stichprobensystemen für die Annahmestichprobenprüfung	271
4.6.4	Ablauf einer Stichprobenprüfung anhand qualitativer Merkmale .	272
4.6.4.1	Einfachstichprobenprüfung	273
4.6.4.2	Doppelstichprobenprüfung	274
4.6.4.3	Mehrfachstichprobenprüfung	276
4.6.4.4	Sequenzialstichprobenprüfung	276
4.6.4.5	Skip-Lot-Verfahren	278
4.6.5	Ablauf einer Stichprobenprüfung anhand quantitativer Merkmale	279
4.6.5.1	Ablauf einer Einfachstichprobenprüfung anhand quantitativer Merkmale	279
4.6.5.2	Ablauf einer Einfachstichprobenprüfung anhand quantitativer Merkmale bei doppelten Grenzwerten	281
4.6.6	Operationscharakteristik (OC) und deren Eigenschaften	285
4.6.6.1	Operationscharakteristik für Stichprobenanweisungen anhand qualitativer Merkmale	286

4.6.6.2	Operationscharakteristik für Stichprobenanweisungen anhand quantitativer Merkmale	289
4.6.7	Durchschlupfkennlinien	292
4.6.8	Auswahl wirtschaftlicher <i>AQL</i> -Werte und Stichprobenanweisungen	293
4.6.8.1	Nomografische Bestimmung einer Stichprobenanweisung für qualitative Merkmale aus der Operationscharakteristik	297
4.6.8.2	Nomografische Bestimmung einer Stichprobenanweisung für quantitative Merkmale aus der Operationscharakteristik	299
4.6.9	Auswahl genormter Stichprobenanweisungen	300
4.6.9.1	Auswahl von Stichprobenanweisungen für qualitative Merkmale mit dem <i>AQL</i> -Wert	301
4.6.9.2	Auswahl von Stichprobenanweisungen für qualitative Merkmale mit dem <i>LQ</i> -Wert	310
4.6.9.3	Auswahl von Stichprobenanweisungen für quantitative Merkmale mit dem <i>AQL</i> -Wert	312
4.6.10	Übergang von Stichprobenanweisungen für qualitative Merkmale zu Stichprobenanweisungen für quantitative Merkmale	316
4.7	Fehlermanagement	316
4.8	Reifegradabsicherung nach VDA	323
4.9	Vermeidung unbeabsichtigter Fehler – Poka Yoke	325
4.10	Fehlererkennungssystem – Jidoka	326
4.11	Anzeigetafel für den Fehlerort – Andon	326
4.12	Die drei Mu – Muda, Mura, Muri	327
4.13	Die fünf S – Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke	328
4.14	5A-Methode	329
4.15	Pick-by-light-Methode für die Qualitätssicherung	330
4.16	Qualitätsregelkreis	330
5	Methoden und Werkzeuge zur Qualitätsauswertung	335
5.1	Prüfprozesseignung	335
5.1.1	Ziele der Prüfprozesseignung	335
5.1.2	Auflösung	337
5.1.3	Wiederholpräzision	338
5.1.4	Vergleichspräzision	338

5.1.5	Stabilität	339
5.1.6	Linearität	339
5.1.7	Messabweichungen	343
5.1.7.1	Grobe Messabweichungen	343
5.1.7.2	Systematische Messabweichungen	344
5.1.7.3	Zufällige Messabweichungen	346
5.1.7.4	Bestimmung der Messunsicherheit	347
5.1.8	Verfahren der Prüfmittelfähigkeitsuntersuchung	353
5.1.8.1	C_g/C_{gk} -Verfahren	353
5.1.8.2	GRR-Verfahren	355
5.1.8.3	Messautomatentest	360
5.1.9	Prüfprozesseignung nach VDA Band 5	363
5.2	Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung	365
5.2.1	Grundlegende Definitionen und Zielsetzung	365
5.2.2	Fähigkeit bei einer Einflussgröße	367
5.2.2.1	Fähigkeit quantitativer Merkmale normalverteilter Grundgesamtheiten	367
5.2.2.2	Fähigkeit quantitativer Merkmale nicht normalverteilter Grundgesamtheiten	371
5.2.2.3	Fähigkeit qualitativer Merkmale	378
5.2.2.4	Sonstige Kennzahlen für Fähigkeit	379
5.2.3	Fähigkeitskennzahlen bei mehreren Einflussgrößen	382
5.2.4	Vertrauensbereich der Fähigkeitskennzahlen	386
5.2.5	Industrielle Beispiele für die Durchführung und Auswertung von Fähigkeitsuntersuchungen	389
5.2.6	Trainingsaufgaben zur Vorbereitung	396
5.3	Lieferantenbewertung und Lieferantenentwicklung	416
5.4	Reklamationsmanagement	426
5.5	Checkliste	429
5.6	Balanced Scorecard – BSC	430
5.6.1	Grundgedanken der Balanced Scorecard	430
5.6.2	Strategieumsetzung mit der BSC	432
5.6.3	Auswahl der Messgrößen, Zielwerte und Aktionen für die Balanced Scorecard	434
5.6.4	Einführung einer Balanced Scorecard	439

6	Methoden und Werkzeuge zur Qualitätsverbesserung	443
6.1	Audit	443
6.1.1	Ziele und Arten von Audits	443
6.1.2	Aufgaben der Auditoren	447
6.1.3	Durchführung von Audits	447
6.2	Benchmarking	458
6.3	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse – FMEA	460
6.3.1	Ziele und Arten von FMEAs	460
6.3.2	Durchführung von FMEAs	463
6.3.3	Risikobewertung mithilfe der Risikoprioritätszahl – RPZ	468
6.3.4	Ausschnitt aus der FMEA einer Kühlmittelpumpe	472
6.4	Design Review	476
6.5	Statistische Versuchsplanung/Design of Experiments – DoE	478
6.5.1	Ziele und Arten der Versuchsplanung	478
6.5.2	Faktorielle Versuchsplanung	482
6.5.3	Training zur statistischen Versuchsplanung/Design of Experiments – DoE	493
6.5.3.1	Aufgabe	493
6.5.3.2	Theoretische Grundlagen	495
6.5.3.3	Geräte und Hilfsmittel	503
6.5.3.4	Trainingsaufgaben zur Vorbereitung	504
6.5.3.5	Durchführung des Trainings	507
6.5.3.6	Auswertung und Erkenntnisgewinn	514
6.5.4	Versuchsplanung nach Taguchi	516
6.6	Six-Sigma-Methode	519
6.6.1	Ursprung und Zielsetzung der Six Sigma	519
6.6.2	Kernprozess von Six Sigma	520
6.6.3	Statistische Kenngrößen der Six-Sigma-Methode	523
6.6.4	Rollen und Aufgaben im Six-Sigma-Prozess	524
6.7	Ständige Verbesserung/Kaizen – KVP	526
6.8	Qualitätszirkel	527
6.9	Vorschlagswesen	528
6.10	Ermittlung der Mitarbeiterzufriedenheit	529
6.11	8D-Methode	531

6.12	Fehlerbaumanalyse (FTA – Fault Tree Analysis)	536
6.13	Ereignisablaufanalyse (ETA – Event Tree Analysis)	542
6.14	Data Mining und maschinelles Lernen für das Qualitätsmanagement ...	545
6.14.1	Data Mining	545
6.14.1.1	Der Standard-Data-Mining-Prozess CRISP-DM	546
6.14.1.2	Arten von Data-Mining-Verfahren	549
6.14.1.3	Software für die Nutzung von Data-Mining-Verfahren	552
6.14.1.4	Industrielle Anwendungsgebiete	553
6.14.2	Grundlagen der technischen Erkennung – maschinelles Lernen ...	555
6.14.2.1	Überwachtes und unüberwachtes maschinelles Lernen ...	556
6.14.2.2	Datensatzerstellung für das überwachte maschinelle Lernen	559
6.14.2.3	Segmentierung	561
6.14.2.4	Merkmalsextraktion/Merkmalss Selektion	562
6.14.2.5	Klassifikatorarten des überwachten maschinellen Lernens	564
6.14.2.6	Konventionelle Klassifikatoren versus Deep Learning	565
6.14.2.7	Erkennungsgüte eines Klassifikators des überwachten maschinellen Lernens	567
6.14.2.8	Klassifikatorarten des unüberwachten maschinellen Lernens	569
6.14.2.9	Praxisbeispiel: KI-Methoden für Qualitätsmanagement und Messtechnik	570
6.15	Lessons Learned	573
7	Literatur	575
8	Anhang	589
9	Die Autoren	613
	Index	615

Vorwort

*„Zählen und Messen
sind die Grundlagen der fruchtbarsten,
sichersten und genauesten
wissenschaftlichen Methoden,
die wir überhaupt kennen.“*

Hermann von Helmholtz, 1821 – 1894

Qualitätsmanagement ist eine Querschnittsdisziplin und dient der Analyse, Prüfung, Beurteilung und Qualitätsregelung materieller und immaterieller Produktions- und Dienstleistungsprozesse.

Um in der modernen arbeitsteiligen und spezialisierten Produktion und bei Dienstleistungen nachhaltig **Qualitätsprodukte** zu produzieren, ist die Anwendung einer sehr umfangreichen Palette von quasi weltweit standardisierten **Methoden und Werkzeugen des Qualitätsmanagements (QM)** erforderlich.

Die Branchen Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Energietechnik, Nahrungsgüterwirtschaft, Kommunikationstechnik und Militärtechnik sowie deren globale Zulieferindustrie treiben die **Entwicklung moderner Methoden und Verfahren des Qualitätsmanagements** immer weiter voran.

Mit der Einführung der weltweit geltenden **Normenfamilie ISO 9000 ff.** im Jahr 1987 wurden Methoden und Werkzeuge für das QM sehr stark weiterentwickelt und vereinheitlicht. Darüber hinaus hat es in Kommunen, Verwaltungen, Krankenhäusern, Pflegeheimen und Hochschulen zunehmende Bedeutung erlangt. Auch auf den Gebieten Dienstleistungen, Software und Kommunikationstechnologien entwickelte sich das QM zu einem wichtigen Wettbewerbsfaktor.

Neue Managementnormen, wie beispielsweise zum Umwelt- und Energiemanagement, zur Informations- und Arbeitssicherheit, zur Medizintechnik sowie zur Akkre-

ditierung von Prüflaboratorien sind ebenfalls Treiber für die Entwicklung und die Anwendung quasi standardisierter Methoden und Werkzeugen des QM.

Ziel dieses Lehr- und Arbeitsbuches ist es, die Methoden und Werkzeuge für das QM in Übersichten systematisch darzustellen, so dass der Leser die Methoden und Werkzeuge des Qualitätsmanagements praktisch anwenden kann.

Die **Systematisierung der Werkzeuge und Methoden** (Qualitätstechniken, Quality Tools) des QMs nach inhaltlichen Kriterien, unabhängig von Organisationsstrukturen der Organisationen/des Unternehmens, in

- Elementare Methoden,
- Werkzeuge zur Qualitätsplanung,
- Methoden und Werkzeuge des Qualitätsmanagements zur Produktrealisierung,
- Methoden und Werkzeuge zur Qualitätsauswertung und
- Methoden und Werkzeuge zur Qualitätsverbesserung

hat sich sehr bewährt und trägt wesentlich zum Verständnis und zur praktischen Anwendung bei.

Zum Training und zur Ergänzung der Methoden und Werkzeuge des QMs sind beim Hanser Verlag sechs weitere Bücher der Autoren erschienen, die die Wissensgebiete des Qualitätsmanagements, der statistischen Verfahren für das QM und des Aufbaus von integrierten Managementsystemen beinhalten:

- „Qualitätsmanagement für Ingenieure“
- „Qualitätsmanagement – Grundlagen. Aufbau und Zertifizierung von Managementsystemen, Metrologie, Messtechnik“
- „Qualitätsmanagement – Integrierte Managementsysteme. Umwelt, Energie, Arbeits- und Informationssicherheit“
- „Training Qualitätsmanagement: Trainingsfragen – Praxisbeispiele – Multimediale Visualisierung“
- „Statistiktraining im Qualitätsmanagement“
- „Qualitätssicherung – Technische Zuverlässigkeit“

Eine umfangreiche **Sammlung** von Arbeitshilfen ist im Downloadbereich für dieses Lehr- und Praxisbuch auf *plus.hanser-fachbuch.de* zu finden. **Praktische Beispiele** und die Anwendung rechnergestützter Mittel stellen einen besonderen Praxisbezug her. Damit werden für Studium und Praxis **Trainings- und Hilfsmittel** für die tägliche Arbeit bereitgestellt.

Dieses Buch wäre undenkbar ohne die langjährigen und umfangreichen Arbeiten unserer Fachkollegen, Mitarbeiter und Studenten, deren Leistungen durch die Quellenangaben gewürdigt werden.

Besonderer Dank gebührt Doz. Dr.-Ing. *Peter Zocherf*, Dr.-Ing. *Axel Sichardt*, Dipl.-Ing. *Steffen Lübbecke*, M. Sc. *Katja Kuhn*, Dr.-Ing. *Hans Dörmann Osuna*, Dipl.-Des. *Carmen Linß* und Dipl.-Des. *Hendrik Lührs* für ihre Mitarbeit.

An dieser Stelle möchten wir unseren herzlichen Dank für die ausgezeichnete Zusammenarbeit mit Frau *Lisa Hoffmann-Bäuml* und Frau *Sophia Zschache* vom Carl Hanser Verlag München aussprechen.

Gedankt sei auch den Studenten und Kollegen der Technischen Universität Ilmenau sowie Mitarbeitern der SQB GmbH Ilmenau, die im Rahmen von Lehrveranstaltungen, Praktika, Bachelor-/ Masterarbeiten und durch zahlreiche Hinweise dazu beigetragen haben, dieses Buchprojekt zu ermöglichen.

Bei Frau Dipl.-Ing. *Margita Linß* möchten wir uns für ihre Beratung und die langjährige Unterstützung bei den Buchprojekten sehr herzlich bedanken.

Hinweise zur Verbesserung, Korrektur und Weiterentwicklung des Inhaltes dieses Buches sind erwünscht und willkommen.

Weimar, Ilmenau, Frühjahr 2024

Gerhard Linß, Elske Linß

1

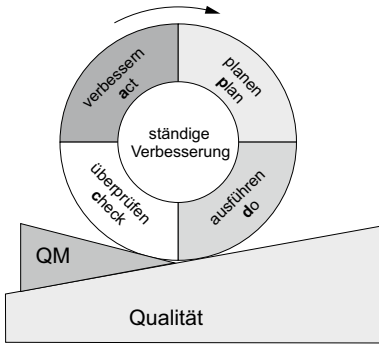
Übersicht Methoden und Werkzeuge für das Qualitätsmanagement

Zur Sicherung der Qualität materieller und immaterieller Produkte haben sich eine Reihe von Methoden und Werkzeugen für das Qualitätsmanagement bewährt. Diese Qualitätstechniken (Quality Tools) dienen der Realisierung von Qualitätszielen und der Erfüllung von Anforderungen des Qualitätsmanagements. Die Systematisierung und Ordnung der Werkzeuge und Methoden für das Qualitätsmanagement nach übergeordneten Kriterien ist schwierig, da in den unterschiedlichen Unternehmensstrukturen prinzipiell alle Werkzeuge und Methoden des Qualitätsmanagements zur Anwendung kommen können.

Im Folgenden wird eine Zuordnung der Methoden und Werkzeuge zu den Elementen des Deming'schen PDCA-Zyklus vorgenommen. Im PDCA-Zyklus werden die Prozesse als wiederkehrende Abfolge der Phasen

- planen (plan),
- ausführen (do),
- prüfen (check) und
- verbessern/agieren (act)

gestaltet. Dieser Ablauf wird nach Deming mit dem Begriff **PDCA-Zyklus** bezeichnet (Bild 1.1) [Dem 94]. Die Anwendung des ursprünglich auf Shewhart zurückgehenden Deming-Zyklus ermöglicht die ständige Verbesserung der Prozesse. Durch Integration objektiver Messungen und die Rückführung der Ergebnisse in den Planungsprozess wird eine **Regelkreisstruktur** aufgebaut. Der PDCA-Zyklus kann auf alle Detaillierungsstufen von Prozessen angewandt werden.

**Bild 1.1**

Deming'scher PDCA-Zyklus

Die Werkzeuge für das Qualitätsmanagement – Qualitätstechniken werden nach ihrer inhaltlichen Zielstellung eingeteilt in elementare Methoden und Werkzeuge und Methoden und Werkzeuge für die Qualitätsplanung, Produktrealisierung, Qualitätsauswertung und Qualitätsverbesserung (Bild 1.2).

	Plan – Qualitätsplanung:	Methoden und Werkzeuge, die der Planung der Qualität von Produkten und Prozessen dienen
	Do – Produktrealisierung:	Methoden und Werkzeuge, die der Realisierung materieller oder immaterieller Produkte dienen oder den Realisierungsprozess unterstützen
	Check – Qualitätsauswertung:	Methoden und Werkzeuge, die der Prüfung und Auswertung der Realisierungsprozesse und deren Ergebnisse dienen
	Act – Qualitätsverbesserung:	Methoden und Werkzeuge, die der Ermittlung von Verbesserungspotenzialen und deren Umsetzung dienen

In diesem Kapitel werden die relevanten Methoden und Werkzeuge des Qualitätsmanagements systematisch geordnet und im Überblick beschrieben (Bild 1.2). Viele Managementwerkzeuge anderer Wissensgebiete, beispielsweise aus der Kostenrechnung, dem Produktionsmanagement, der Mathematik/Statistik, der Psychologie und aus Führungstechniken sind nicht mit in das Konzept aufgenommen worden, obgleich sie auch für das Qualitätsmanagement relevant sein können.

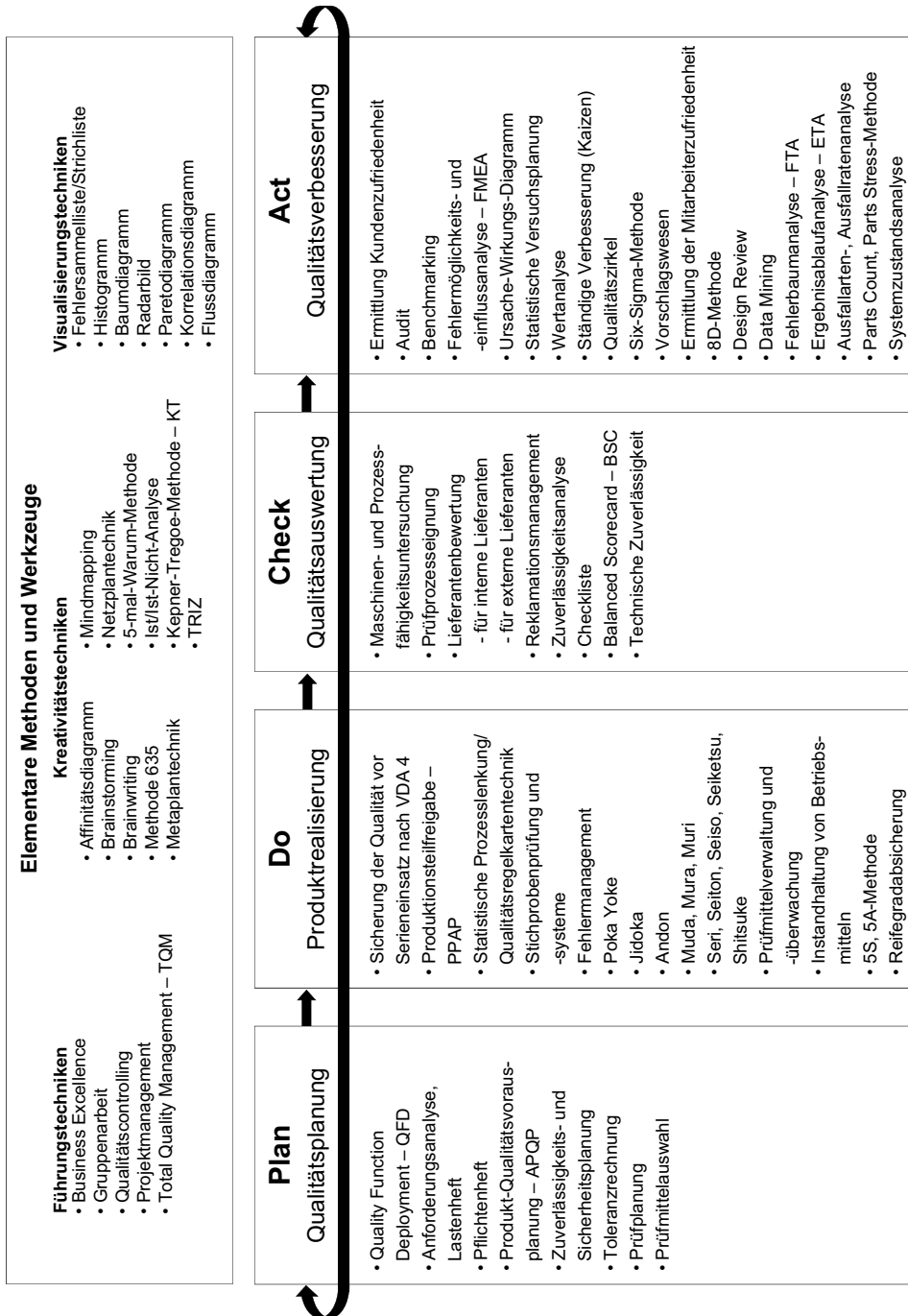


Bild 1.2 Übersicht zu Methoden und Werkzeugen des Qualitätsmanagements

1.1 Elementare Methoden und Werkzeuge

Um Probleme zu lösen und gesetzte Ziele zu erreichen, muss das Qualitätsmanagement verschiedene Methoden der Ursachenanalyse, Datenverdichtung, Statistik, Mathematik und Visualisierung im gesamten Produktlebenszyklus anwenden. Dabei bieten Problemlösungs- und Entscheidungstechniken für das Qualitätsmanagement eine reichhaltige Fundgrube an Tools. Unterstützt mit den Verfahren der statistischen Datenanalyse, lässt sich fast jeder Sachverhalt so transparent darstellen, dass sich eine plausible Lösung erkennen lässt.

Die am Häufigsten angewendeten Methoden dazu werden nachfolgend kurz dargestellt.

Die sieben elementaren Qualitätswerkzeuge – Q7

Mit den sieben elementaren Werkzeugen (Q7) können Schwachstellen mithilfe der Problemlösungs- und Verbesserungsprozesse identifiziert, systematisch durchgeführt werden und die Entstehung von Fehlern und deren Ursachen exakt zu analysiert werden. Damit können durch Fehler verursachte hohe Kosten wie beispielsweise Reklamationskosten und Fehlerquoten minimiert werden (siehe Abschnitt 2.2).

Die Q7 basieren in erster Linie auf Zahlen und auf Gruppenarbeit:

- **Fehlersammelkarte/Strichliste oder Datensammelblatt**
- **Histogramm**
- **Pareto-Diagramm**
- **Ishikawa-Diagramm**, auch als Ursache-Wirkungs- oder Fischgräten-Diagramm bezeichnet
- **Flussdiagramm**
- **Korrelationsdiagramm**
- **Qualitätsregelkarte**

Jede dieser Qualitätstechniken kann für sich alleine eingesetzt werden. Aber erst durch für die Aufgabe zweckmäßige Kombinationen erreichen die Q7 ihren vollen Nutzen.

Manchmal wird **Brainstorming(-writing)** als elementare Methode des Qualitätsmanagements mit aufgeführt. Diese ist jedoch als universale Herangehensweise für Ideengewinnung in den moderierten Gruppen zu sehen und nicht auf die gleiche Stufe mit den erwähnten Werkzeugen zu stellen.

Weitere elementare Methoden

Neben den Q7 werden noch weitere Methoden der Problemlösung im QM eingesetzt (siehe Abschnitt 2.3):

- **Affinitätsdiagramm**
- **Brainstorming**
- **Brainwriting**
- **Mindmapping**
- **Netzplantechnik**
- **Baumdiagramm**
- **Radardiagramm**
- **5-mal-Warum-Methode**
- **Ist/Ist-Nicht-Analyse**
- **Kepner-Tregoe-Methode (KT)**
- **Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ)**

Problemlösungsblatt/Problemlösungsleitfaden

Der PDCA-Zyklus hilft dabei, wirkungsstarke Maßnahmen zu definieren. Als noch elementares, da leicht erlernbares, Instrument hat sich hier das sogenannte Problemlösungsblatt (auch Problemlösungsleitfaden genannt) herauskristallisiert. Dieses verknüpft mehrere Qualitätstools miteinander, schreibt deren Durchlaufen in der vorgegebenen Reihenfolge vor und zwingt den Anwender somit, alle Tools abzuschließen, bevor er eine Lösungsidee als Maßnahme vorschlägt (siehe Abschnitt 2.4). Die Maßnahmen bleiben auch danach so lange im Fokus, bis ihre Wirksamkeit nachgewiesen ist.

1.2 Qualitätsplanung

Quality Function Deployment – QFD

Quality Function Deployment – QFD – ist eine Methode zur systematischen und umfassenden Qualitätsplanung auf Basis der Kundenanforderungen, ihrer Bedeutung und ihres Zusammenhangs mit den Merkmalen des Produktes. QFD bietet eine strukturierte Vorgehensweise, um Kundenanforderungen in qualitätsbeeinflussende Eigenschaften von Produkten und Prozessen umzuwandeln (siehe auch Abschnitt 3.1).

Anforderungsanalyse, Lastenheft und Pflichtenheft

Die **Anforderungsanalyse** umfasst die Ermittlung der Forderungen an Produkte und deren Herstellbarkeit im Unternehmen (siehe Abschnitt 3.2).

Das **Lastenheft** ist die Summe der Forderungen, Bedürfnisse und Erwartungen an das zu entwickelnde Erzeugnis hinsichtlich Liefer- und Leistungsumfang (siehe Abschnitt 3.2).

Das **Pflichtenheft** ist die Umsetzung der Kundenforderungen in Entwicklungs- und Produktionsparameter unter Beachtung aller Randbedingungen und äußeren Einflüsse für die Entwicklung des Produktes (siehe Abschnitt 3.2).

Produkt-Qualitätsvorausplanung und Control Plan – APQP

Produkt-Qualitätsvorausplanung und Control Plan – APQP – (Advanced product quality planning and control plan) ist eine strukturierte Methode zur Definition und Einleitung von notwendigen Ablaufschritten, um sicherzustellen, dass ein Produkt den Kunden zufriedenstellt. Ziel ist es, die Kommunikation mit allen beteiligten Personen zu erleichtern und so zu gewährleisten, dass alle erforderlichen Schritte innerhalb der Zeitvorgaben vollständig ausgeführt werden (siehe auch Abschnitt 3.3).

Prüfplanung

Bei der **Prüfplanung** handelt es sich um einen Prozess der Festlegung des zu prüfenden Qualitätsmerkmals, des Prüfverfahrens, des Prüfmittels, der Prüfhilfsmittel, des Prüfumfangs, der Prüfperson, der Prüfzeit, des Prüforts, des Ablaufs einer Prüfung und der notwendigen Parameter und Entscheidungsregeln zur Konformitätsermittlung sowie zur Dokumentation (siehe Abschnitt 3.4).

Voraussetzung für die qualifizierte Durchführung der Prüfplanung ist die Qualitätsplanung.



Bei der Qualitätsplanung geht es um das Auswählen, Klassifizieren und Gewichten der Qualitätsmerkmale sowie um das schrittweise Konkretisieren aller Einzelforderungen an die Beschaffenheit zu Realisierungsspezifikationen, und zwar im Hinblick auf

- die durch den Zweck der Einheit gegebenen Erfordernisse,
 - die Anspruchsklasse
- und unter Berücksichtigung der Realisierungsmöglichkeiten [Nor 87].

Methodik zur Auswahl von Prüfmitteln

Die Qualität der Prüfung wird entscheidend durch das Prüfmittel bestimmt. Geeignete Prüfmittel sind für die Gewinnung von Messinformationen in Qualitätsregelkreisen (als Messglied) eine wesentliche Voraussetzung. Welche Kriterien bei der **Prüfmittelauswahl** entscheidend sind, zeigt Abschnitt 3.5.

Rechnerunterstützte flexible Montage – Adaptive und Selektive Montage

Die **Adaptive und Selektive Montage (ASM)** ermöglicht höchste Präzision in der serienmäßigen Baugruppenmontage bei gleichzeitiger Senkung der qualitätsbezogenen Kosten. Das Prinzip der ASM von Baugruppen (BG), bestehend aus Bauelementen (BE) und Einzelteilen (ET), wurde vor mehr als zwanzig Jahren als rechnerunterstützte Montagetechnologie vorgestellt [Zoc 89]. Das Messen (eigen)gefertigter und (zu)gelieferter Bauelemente und Einzelteile nach Toleranzgruppen und Ordnen unter Echtzeitbedingungen in der informell verketteten flexiblen Teilefertigung und Montage sind Wesensmerkmale der ASM (siehe Abschnitt 3.7.2).

1.3 Produktrealisierung

Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz nach VDA 4

Für die Realisierung neuer Produkte in immer kürzer werdenden Entwicklungszyklen, die hohen Qualitätsanforderungen bei gleichzeitig geringen Kosten entsprechen, ist eine Absicherung der Produktqualität sowie der Produzierbarkeit bereits in sehr frühen Phasen des Entwicklungsprozesses notwendig. Dazu **liefert die VDA Methoden und Werkzeuge des Qualitätsmanagements** (siehe Abschnitt 4.1).

Die Schwerpunkte sind dabei ein durchgängiges Projektmanagement, gleichzeitige Bearbeitung der verschiedenen Aufgabenfelder, Verbinden der Schnittstellen zwischen Markt, Produkt- und Prozessgestaltung sowie Herstellungstechnologien und häufige Haltepunkte (Meilensteine).

Bemusterung

Unter **Bemusterung** versteht man die Prüfung von Produktionsteilen/Produkten sowie deren Produktionsprozesse auf die Erfüllung vorgegebener Eigenschaften. Die Bemusterung kann in Erstbemusterung und Folgebemusterung eingeteilt werden [VDA 20a] (siehe Abschnitt 4.2).

Erstmuster sind Produkte/Erzeugnisse, welche erstmals unter serienmäßigen Produktionsbedingungen gefertigt werden [VDA 20a].

Klassifizierung von Prüfungen

Prüfungen sind in allen Phasen der Produktrealisierung notwendig. Der Begriff der **Prüfung** ist in [Nor 15b] definiert als „Konformitätsbewertung durch Beobachten und Beurteilen, begleitet – soweit zutreffend – durch Messen, Testen oder Vergleichen“.

Der Begriff „**Qualität**“ ist definiert mit dem Verhältnis von realisierter Beschaffenheit und Qualitätsforderung. Die Qualitätsprüfung dient der Ausführung dieses Vergleichs. Folglich: Das Ziel von Prüfungen ist die **Ermittlung der Qualität** (siehe Abschnitt 4.3).

Prüfmittelverwaltung und -überwachung

Der Aufbau eines Prüfmittelmanagementsystems als Teil eines funktionierenden Qualitätsmanagements wird durch verschiedene Regelwerke gefordert. Eine wichtige Grundlage bilden die Normen der DIN ISO 9000-Familie.

Das **Prüfmittelmanagement (PMM)** schließt alle Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Prüfmittelüberwachung ein. Hierzu gehören Auswahl, Überwachung, Verwaltung, Einsatz, Nachweis der Eignung und die Beschaffung der Prüfmittel sowie die zugehörige Dokumentation.

Ziel des Prüfmittelmanagements ist es, sicherzustellen, dass im Unternehmen nur Prüfmittel eingesetzt werden, die eindeutig gekennzeichnet, geprüft und freigegeben sind und für die der Maßanschluss an zugelassene Normale besteht und aufrechterhalten wird. Es muss sichergestellt werden, dass eine Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse gegeben ist, die Messunsicherheiten bekannt und mit der entsprechenden Qualitätsforderung vereinbar sind (siehe auch Abschnitt 4.4).

Stichprobenprüfung

Bei einer **Stichprobenprüfung** erfolgt keine 100 %-Prüfung, sondern es werden Stichproben geprüft. Um jedoch die Ergebnisse der Stichprobenprüfung sicher interpretieren zu können, ist es notwendig, für die Stichprobenprüfung mathematisch-statistische Methoden anzuwenden (siehe Abschnitte 4.5 und 4.6).

Fehlermanagement

Unter **Fehlermanagement**, auch Verbesserungsmanagement, versteht man die Steuerung der bereichsübergreifenden Maßnahmen zur Beseitigung auftretender Fehler und zur Fehlervorbeugung (siehe Abschnitt 4.7).



Die Nichterfüllung einer Qualitätsforderung wird im Qualitätsmanagement als Fehler bezeichnet.

Qualitätsmanagementabläufe müssen Ursachenanalysen und Korrekturmaßnahmen veranlassen, durchführen und dauerhaft das Wiederauftreten bekannt gewordener Fehler verhindern.

Je weiter die Realisierung eines Produktes fortgeschritten ist und je später ein Fehler am Produkt entdeckt wird, umso weitreichender sind die Folgen. Daraus leitet sich die Forderung ab, die Fehler möglichst frühzeitig und sicher in allen Phasen der Produktentstehung zu erfassen und das Erkennen von Fehlerursachen bereits in den Entstehungsphasen zu gewährleisten (präventives Qualitätsmanagement) [Pfe 15].

Reifegradabsicherung nach VDA

Gute Produktqualität folgt aus beherrschten Entstehungsprozessen, die auf einem integrierten Qualitätsmanagement-Ansatz beruhen. Der VDA-Band „**Reifegradabsicherung für Neuteile**“ ist ein Leitfaden für die Unternehmen der Automobilindustrie zur Umsetzung der Reifegrad-Methodik bei Lieferumfängen [VDA 09]. Das Ziel ist eine durchgängige Darstellung des Reifegrades im Rahmen des Projektablaufs für neue Produkte und Prozesse, verbunden mit der objektiven Beurteilung der Produkt- und Fertigungsprozessreife zu vereinbarten Zeitpunkten innerhalb des Produktrealisierungsprozesses (siehe Abschnitt 4.8).

Vermeidung unbeabsichtigter Fehler – Poka Yoke

Überall, wo der Mensch in einen Prozess eingreifen muss, treten unbeabsichtigte Fehler und Irrtümer auf. Der japanische Ausdruck **Poka Yoke** (Poka = unbeabsichtigte Fehler, Yoke = Vermeidung oder Verminderung) bezeichnet das Vorgehen gegen unbeabsichtigte Fehler, die den Menschen bei ihrer Mitwirkung innerhalb von Fertigungsprozessen unterlaufen können.

Beim Poka Yoke sollen einfache Vorrichtungen und Vorgehensweisen gefunden werden, um das Auftreten dieser Fehler zu verhindern oder aber dafür zu sorgen, dass ein Fehler sofort entdeckt wird, bevor Folgefehler auftreten (siehe auch Abschnitt 4.9).

Fehlererkennungssystem – Jidoka

Jidoka ist ein Hilfsmittel, um Probleme im Herstellungsprozess zu melden und eine Weitergabe von fehlerhaften Produkten zu verhindern. Es wird auch als selbststeuerndes Fehlererkennungssystem oder als selbststeuernde Automatisierung (Autonomation) bezeichnet.

Die Maschinen sind mit Sensoren ausgestattet, die automatisch Fehlfunktionen erkennen und die Maschinen anhalten. Auf diese Weise wird verhindert, dass fehlerhafte Teile im weiteren Produktionsprozess verarbeitet werden. Eine Ursachenanalyse zur grundlegenden Problembeseitigung schließt sich an [Kam 11] (siehe auch Abschnitt 4.10).

Anzeigetafel für den Fehlerort – Andon

Andon ist ein Hilfsmittel aus dem Toyota Production System zur Informationsweiterleitung bei auftretenden Problemen. Andon ist ein optisches und akustisches Fertigungsinformationssystem in der Werkhalle, das über eine gut sichtbare Anzeigetafel das Auftreten eines (Maschinen-)Fehlers/Problems meldet (siehe Abschnitt 4.11).

Es ist eine zentrale Anzeige des Problemortes und sollte für die Task Force gut sichtbar sein [Kam 11].

Die drei Mu – Muda, Mura, Muri

Die **drei Mu** beschreiben die Verlustphilosophie im Toyota Production System. Die drei Mu werden als Schwerpunkte des Verlustpotenzials bzw. der Verschwendung definiert. Sie charakterisieren Tätigkeiten, die Ressourcen verbrauchen, ohne direkt zum Mehrwert des Produktes beizutragen (siehe Abschnitt 4.12).

5S – Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke

5S ist eine Methode, um mit fünf Aktivitäten die Instandhaltung von Produktionsmitteln zu unterstützen bzw. zu stabilisieren (siehe Abschnitt 4.13). Sie sind häufig im Zusammenhang mit der Kaizen-Strategie ein Teil von Verbesserungsstrategien [Kam 11]:

- Seiri – straighten up – Ordnung schaffen
- Seiton – put things in order – Ordnungsliebe
- Seiso – clean up – Sauberkeit
- Seiketsu – personal cleanliness – persönlicher Ordnungssinn
- Shitsuke – discipline – Disziplin

5A-Methode

Die **5A-Methode** (siehe Abschnitt 4.14) ist mit den 5S verwandt [Sys 06]. Sie geht ebenfalls davon aus, dass Ordnung und Sauberkeit eine Voraussetzung für die Vermeidung von Verschwendung und für produktives Arbeiten sowie für Qualität sind. Die Methode zielt darauf ab, den einzelnen Mitarbeitenden in der Produktion die Verantwortung für einen einwandfreien Zustand ihres Arbeitsplatzes zu übertragen [Ins 08].

Pick-by-light-Methode für die Qualitätssicherung

Bei der **Pick-by-light-Methode** zur Sicherung der Qualität in der Montage zeigt ein oder zeigen mehrere (auch mehrfarbige) Lichtsignale das Lagerfach und die Anzahl der zu entnehmenden Artikel an. Der Werker muss die Entnahme der entnommenen Menge quittieren (siehe Abschnitt 4.15).

Eine Pick-by-light-Montagefachanzeige besteht mindestens aus einem Leuchtsystem und einem Quittierknopf, über den der Werker die Entnahme des richtigen Montageteils bestätigen muss. Zur Korrektur der Entnahmemenge (beispielsweise bei Fehlbeständen) oder für Inventurfunktionen können weitere Taster vorhanden sein, beispielsweise zum Aufruf von Sonderfunktionen und auch für die Eingabe weiterer Informationen für die Steuerung der Produktion.

Qualitätsregelkreis

Die Umsetzung von Qualitätsmanagement bedeutet, materielle und immaterielle Produkte und Prozesse in Sollqualität herzustellen, Prozesse in einer Sollqualität zu regeln und ständig zu verbessern. In Analogie zu technischen Regelkreisen müssen deshalb für das Qualitätsmanagement **Qualitätsregelkreise** mit Qualitätsregelstrecke, Qualitätsregler, Qualitätsführungsgröße w , Qualitätsregelabweichung e , Qualitätssteuergröße u und Qualitätsregelgröße x aufgebaut werden (siehe Abschnitt 4.16).

1.4 Qualitätsauswertung

Prüfprozesseignung

Alle Prüf- und Messsysteme weisen ein gewisses Maß an Unsicherheiten und Messabweichungen auf, die meist nicht exakt quantifiziert werden können. Bei der Ermittlung von Messergebnissen treten somit zufallsbedingte Streuungen und systematische Messabweichungen auf. Diese sind z.B. bedingt durch die Unvollkommenheit der Prüf- und Messsysteme, der Prüf- und Messmethode sowie die Einflüsse von Umwelt und Bediener. Diese Messabweichungen bzw. Messunsicherheiten werden in den Verfahren zur Beschreibung der **Prüfprozesseignung** untersucht (siehe Abschnitt 5.1).

Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung

Ziel einer jeden Fähigkeitsuntersuchung ist es, den Eignungsnachweis dafür zu erbringen, dass die gegebenen Maschinen und Prozesse die Qualitätsmerkmale innerhalb des geforderten Toleranzbereiches fertigen können. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse können gleichzeitig als Vorgabe für eine spätere Prozessüberwachung im Rahmen der SPC dienen und ggf. Hinweise zur Prozessverbesserung liefern (siehe Abschnitt 5.2). In Bezug auf den Serienanlauf werden folgende Phasen der Fähigkeitsuntersuchung unterschieden:

- Die **Maschinenfähigkeitsuntersuchung** ist ein Kurzzeitznachweis über die ausschließlich durch die Maschine verursachte Merkmalsstreuung. Randbedingungen und äußere Einflüsse müssen konstant gehalten werden.
- Die **vorläufige Prozessfähigkeitsuntersuchung** dient der Beurteilung der Prozessfähigkeit vor dem Serienanlauf, wobei die endgültigen Serienbedingungen bereits realisiert und alle Einflussgrößen (z.B. Mensch, Maschinen, Methoden, Material, Mitwelt – 5 Ms) berücksichtigt sein sollen [Wes 91].
- Die **Langzeit-Prozessfähigkeitsuntersuchung**, auch oft nur Prozessfähigkeit genannt, gibt Auskunft, ob ein Fertigungsprozess in der Lage ist, die einzelnen Produktmerkmale in den geforderten Toleranzgrenzen zu fertigen. Dabei werden alle

Einflüsse auf die Streuung der Produktmerkmale berücksichtigt, die durch die 5 Ms verursacht werden können. Hiermit soll der Nachweis erbracht werden, dass der betrachtete Fertigungsprozess auch auf längere Sicht in der Lage ist, die gestellten Qualitätsforderungen zu erfüllen [Kam 11].

Da die Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchungen auf Merkmalswerten beruhen, die mit Messsystemen erfasst werden, ist vor diesen Untersuchungen stets der Nachweis der Prüfmittelfähigkeit zu erbringen.

Lieferantenbewertung und Lieferantenentwicklung

Zum Qualitätsmanagement gehört, dass die Lieferanten, die Produkte oder Dienstleistungen erbringen, die die eigenen Produkte oder Dienstleistungen beeinflussen, systematisch ausgewählt und bewertet werden. Mit der **Lieferantenbewertung** soll sichergestellt werden, dass alle gelieferten Produkte/Dienstleistungen stets in der geforderten Qualität, der erforderlichen Menge, termingerecht und kostengünstig geliefert werden. Das Ziel ist eine partnerschaftliche Zusammenarbeit und eine dauerhafte Lieferantenbindung. Gleichzeitig wird durch die systematisch dokumentierte Bewertungshistorie die Pflicht zur Nachweisführung erfüllt und die Basis für eine zuverlässige Lieferantenauswahl geschaffen (siehe Abschnitt 5.3).

Die Lieferantenbeurteilung erfolgt vor der ersten Auftragsvergabe an neue Lieferanten, bei neuen Produkten, bei veränderten Bedingungen im Qualitätsmanagement und kontinuierlich für vorhandene Lieferanten. Für die systematische Beurteilung der Qualitätsfähigkeit und der Rangfolge werden Lieferanten gleicher Produkte produkt- bzw. branchenspezifisch zusammengefasst und bewertet. Dies schafft eine unternehmensweite, fachabteilungsübergreifende Transparenz der erhaltenen Leistungen.

Die kontinuierliche Lieferantenbewertung und deren Dokumentation dienen somit als Entscheidungshilfe, stets den besten Anbieter einer Leistung zu bestimmen. Darüber hinaus soll die Fähigkeit bestehender Lieferanten, qualitätsgerechte Produkte und Dienstleistungen zu liefern, sukzessiv erhöht werden (kontinuierlicher Verbesserungsprozess).

Reklamationsmanagement

Jede **Reklamation** ist ein Zeichen von schlechter Qualität. Die Ursachen für Reklamationen reichen von falscher oder fehlender Information bis zu mangelhaften Produkten. Das Reklamationsmanagement regelt die Kundenbetreuung bei Reklamationen und Beschwerden sowie die Fehleranalyse im Unternehmen. Es müssen unmittelbare Maßnahmen zur Verbesserung der Kundenzufriedenheit getroffen werden. Die Erfassung interner und externer Reklamationen, eine umfassende Fehlerauswertung, die Überwachung der Korrekturmaßnahmen und die Erfassung der entstandenen Fehlerkosten für die reklamierten Produkte sind präventive Maßnahmen zur Verbesserung der Kundenzufriedenheit (siehe Abschnitt 5.4).

Ein umfassendes Konzept zur Reklamationsbearbeitung ist eine wichtige Grundlage nachhaltiger Kundenbindung. Der exzellente Umgang mit den reklamierenden Kunden und die zielgerichtete Nachbetreuung haben einen positiven Einfluss auf die Kundenbeziehung durch die Wiederherstellung der Kundenzufriedenheit.

Checkliste

Die Checkliste beinhaltet systematisch geordnete Anweisungen oder Auflistungen von Maßnahmen. Sie dient als Merkliste zur Entscheidungsunterstützung, als Vorgabe für konkrete Handlungsabläufe und zur Nachweisführung und Vollständigkeitsprüfung von Abläufen und Aktivitäten.

Checklisten weisen den zeitlichen Ablauf von Vorgängen an und sind durch ihre Merkfunktion zeitsparend. Mithilfe der Nachweisführung des Bearbeitungsstandes, beispielsweise durch Abhaken, erfüllen Checklisten eine Protokollfunktion (siehe Abschnitt 5.5).

Balanced Scorecard – BSC

Das Balanced-Scorecard-Verfahren ist ein Managementkonzept auf der Basis von praxisorientierten Kennzahlen verknüpft mit den strategischen Unternehmenszielen. Es unterstützt die Anforderungen der QM-Norm ISO 9001:2015 bei der Messung und dem Nachweis der Wirksamkeit des QM-Systems an messbaren Qualitätszielen für Produkte und Prozesse (siehe Abschnitt 5.6).



Die Methodik der **Balanced Scorecard – BSC** – entwickelt den Rahmen für den Aufbau eines Managementsystems, das den Verlauf des Unternehmenserfolges anhand der wichtigsten Strategien innerhalb wesentlicher erfolgskritischer Perspektiven in einem ausbalancierten Verhältnis koordiniert [Hor 10].

Kaplan und Norton, die Wegbereiter des Scorecard-Prinzips, gehen von vier erfolgskritischen Perspektiven zur Messung der Unternehmensleistung aus:

- Finanzperspektive – Finanzen beherrschen
- Kundenperspektive – Wertangebot an den Kunden optimal abstimmen
- Prozessperspektive – Leistungen verbessern
- Potenzialperspektive – Zukunft gestalten

Ausgehend von der Unternehmensmission bzw. -vision werden Strategien definiert und grundsätzlich in diesen vier Perspektiven operationalisiert.

1.5 Qualitätsverbesserung

Audit

Audits im Qualitätsmanagement sind durch die Unternehmensleitung initiierte, systematische und unabhängige Qualitätsprüfungen, um festzustellen, ob die qualitätsbezogenen Tätigkeiten den geplanten Anordnungen entsprechen, ob diese Anordnungen tatsächlich verwirklicht sind und ob sie geeignet sind, die Ziele zu erreichen [DGQ 09]. Die im Audit durchgeführten objektiven und unabhängigen Überprüfungen von Systemen, Prozessen und Produkten führen zu klaren und transparenten Strukturen und tragen dazu bei, frühzeitig Schwachstellen zu erkennen und konkrete Maßnahmen für Verbesserungen zu ergreifen (siehe Abschnitt 6.1).

Benchmarking



Benchmarking: Durchführung eines Vergleichs, um die Leistungen des eigenen Unternehmens mit denen von „Klassenbesten“ oder branchenfremden Unternehmen ins Verhältnis zu setzen [Kai 17].

Ziel des Benchmarkings ist es, durch Gegenüberstellung von Produkten, Prozessen, Strategien und Methoden mit denen führender Unternehmen Qualitäts- und Leistungssteigerungspotenziale aufzudecken. Benchmarking-Projekte ermöglichen durch systematische Vergleiche mit den Besten die Identifizierung und Implementierung deren Erfahrungen und Methoden (best practice). Es ist ein Analyse- und Planungsinstrument für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess und dauerhaften Geschäftserfolg (siehe Abschnitt 6.2).

Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse – FMEA

Die **FMEA – Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse** (engl. failure mode and effects analysis, gelegentlich auch: failure mode, effects and critical analysis – fmeca) ist eine Methode zur Risikoanalyse für die Untersuchung möglicher Fehlerarten sowie deren Fehlerursachen und Fehlerfolgen bezüglich einer betrachteten Einheit [Gei 08] (siehe Abschnitt 6.3).



Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse – FMEA: Risikoanalyse durch Ermittlung möglicher Fehler in den Elementen einer betrachteten Einheit sowie die Feststellung der erwarteten Fehlerfolge für die anderen Elemente und für die Funktion der betrachteten Einheit. Die FMEA hat das Ziel, durch geeignete Vorbeugemaßnahmen potenzielle Quellen für Fehler zu minimieren [DGQ 09].

Ziel der FMEA ist das konsequente, dauerhafte Beseitigen von Fehlern durch Erkennen der Fehlerursachen und Einführung nachweislich wirksamer Maßnahmen sowie das Vermeiden von Wiederholfehlern bei neuen Produkten und Prozessen durch Nutzung der gewonnenen Erfahrung mit einem prozessorientierten Ansatz der Methode.

Design Review

Das Design Review ist eine Qualitätsmethode, die den Entwicklungsprozess eines Prozesses/Produktes im Produktentstehungsprozess begleitet und verbessert (siehe Abschnitt 6.4).



Design Review – Entwicklungsbewertung: geplante, dokumentierte unabhängige Bewertung einer existierenden Konstruktion oder eines vorgeschlagenen Konstruktionsentwurfs.

Zu den Zielen gehört das Beurteilen, inwieweit die Konstruktion fähig ist, festgelegte Anforderungen zu erfüllen, und das Ermitteln tatsächlicher oder potenzieller Mängel sowie das Vorschlagen von Verbesserungen [Nor 06a; Ich 19]. Das Design Review soll dabei keine Abschwächung oder Infragestellung der Kompetenz der Verantwortlichen sein, sondern eine Hilfestellung eines kompetenten Teams zur Erreichung des vorgegebenen Entwicklungsziels.

Statistische Versuchsplanung/Design of Experiments – DoE

Die statistische Versuchsplanung ist für komplizierte Prozesse ein mächtiges und effizientes Werkzeug zur Qualitätsverbesserung [Kle 20] (siehe Abschnitt 6.5).



Statistische Versuchsplanung – DoE (engl.: Design of Experiments): umfasst die Planung und Auswertung von Versuchen nach statistischen Methoden. Ziel ist es, die gesuchten Informationen mit minimalem Versuchsaufwand zu ermitteln [Kle 20].

In der statistischen Versuchsplanung gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Verfahren, die es dem Anwender ermöglichen, Produkte und Prozesse zu planen und zu optimieren.

Grundgedanke der statistischen Versuchsplanung ist, dass beim Wirken von mehreren Einflussgrößen auf eine Zielgröße die Wirkung unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen dieser Faktoren in einem Versuch ermittelt werden soll. Die statistische Versuchsplanung gestattet es, alle bestehenden Wechselwirkungen zwischen den wirkenden Faktoren festzustellen.

Die ermittelten Einflussgrößen müssen im Versuchsbereich unabhängig voneinander einstellbar sein. Voneinander abhängige Einflussgrößen müssen zu einer gemeinsamen Einflussgröße zusammengefasst werden. Die statistische Aufgabe besteht darin,

festzustellen, ob die Zielgröße tatsächlich von allen Einflussgrößen oder nur von einer Teilmenge abhängt – Signifikanztest, Varianzanalysemodell. Andererseits soll der funktionale Zusammenhang zwischen Ziel- und Einflussgrößen näherungsweise bestimmt werden – Regressionsmodell. Der wesentlichste Unterschied zwischen Varianzanalyse- und Regressionsmodell liegt in der Charakteristik der Faktoren. Im Varianzanalysemodell wird angenommen, dass die Faktoren qualitativ-ordinal sind. Die entsprechenden Stufenwerte spielen keine Rolle. Im Regressionsmodell sind alle Faktoren quantitativ. Allerdings ist es auch möglich, qualitative Faktoren mit der Regression zu untersuchen, wenn nur deren Vorhanden- oder Nichtvorhandensein von Bedeutung ist (als Quantifizierung wird dann 0 und 1 angenommen) [Mas 14; Ban 94].

Six-Sigma-Methode

Six Sigma ist eine auf Daten gestützte Vorgehensweise zur Problemlösung. Sie hat den Anspruch, operative und/oder innerbetriebliche Prozesse so weit zu optimieren, dass eine Variation von sechs Streubreiten (6σ) zu Spezifikationsgrenzen erreicht wird (siehe Abschnitt 6.6).

Dies bedeutet beispielsweise bei einem normalverteilten Prozess, dass bei einer Million Möglichkeiten nur maximal 3,4 Fehler auftreten dürfen. Mit diesem hohen Qualitätsanspruch ist Six Sigma zum Synonym der Null-Fehler-Initiative geworden. Diese bezweckt beständige Kostensenkung, höhere Gewinnmargen, erhöhte Kundenzufriedenheit, reduzierte Komplexität, verkürzte Arbeitszyklen sowie Minimieren von Defekten und Fehlern [Gam 09]. Ursprünglich entwickelt für die Methoden der Qualitätssteigerung, lässt sich Six Sigma mittlerweile überall dort einsetzen, wo sich Fehler minimieren und Kosten senken lassen.

Der Schwerpunkt von Six-Sigma-Projekten ist die Lösung komplexer Probleme, mit denen hohe finanzielle Einsparungen verbunden sind. Diese erfordern eine differenzierte Ursachenanalyse und eine projektgesteuerte Ursachenbehebung. Im Gegensatz zu den anderen Methoden, wie z. B. KAIZEN oder TCT (Total Cycle Time), setzt Six Sigma ein bedingungsloses Einhalten des vorgegebenen Leitfadens und hohes Expertenwissen voraus.

Six Sigma ist eine Methode, die überwiegend im Rahmen von Projekten durchgeführt wird. Die Laufzeit der Projekte sollte relativ kurz gewählt werden und sich in der Größenordnung von ca. 90 Tagen bewegen. Als Voraussetzung für den Erfolg gelten eindeutig definierte messbare Projektziele, klare Aufgabenabgrenzung, systematische Vorgehensweise, abgestimmte Ressourcen sowie zügiger Projektfortschritt.

Das Kernstück von Six Sigma ist der sogenannte DMAIC-Verbesserungszyklus, der sich im Einzelnen stark an den PDCA-Kreislauf anlehnt: Definieren (Define), Messen (Measure), Analysieren (Analyse), Verbessern (Improve) sowie Überprüfen (Control).

Index

Symbole

0 %-Prüfung 180
5A-Methode 10, 329
5-mal-Warum-Methode 48
5S 10, 328
– Seiketsu 10, 329
– Seiri 10, 328
– Seiso 10, 328
– Seiton 10, 328
– Shitsuke 10, 329
8D-Methode 18, 531
8D-Report 533
100 %-Prüfung 180
 σ -Methode 272, 281
 χ^2 -Anpassungstest 363

A

Abhängigkeitsanalyse 549
Ablauf der PPF 161
Abnehmerrisiko 271, 285
Affinitätsdiagramm 42
Aliasstruktur 505
Alternativhypothese 200, 362, 510
Analysis of Variance – ANOVA 362
Änderungsrichtung 68
Andon 9, 326
Anforderungsanalyse 6, 77
Anlagenübersicht für PPF 166
Annahmebedingung 289
Annahmefaktor 272, 281
Annahmegerade 277
Annahmegrenze 289
Annahmekennlinie 285
Annahmeprüfung 174
Annahme-Qualitätsregelkarte 202, 245
Annahmestichprobenprüfung 196, 266, 271
Annahmewahrscheinlichkeit 288
Annahmezahl 271
annehbare Qualitätsgrenzlage 271, 285
Anwendung von QFD 76
Approximation 211
APQP 6, 79
APQP-Techniken 85
AQL-Wert 286, 291
– auswählen 293
arithmetische Toleranzrechnung 130
Art des geprüften Merkmals 268
Assoziationsregeln 549
Attribute 556
Audit 14, 443
Auditbericht 455
Auditdurchführung 454
Auditoren 447

Auditplan 448
 Auditprogramm 447
 Aufbau von Prüfplänen 100
 Ausbeute 380
 Ausgleichsgerade 340
 Auswertung 92
 average run length 235

B

Balanced Scorecard 13, 430
 Baumdiagramm 46
 Beauftragung 92
 Bediener-Nachvollziehbarkeit 355
 beherrschter Prozess 199
 Bemusterung 7, 153, 160
 Bemusterungsplanungsgespräch
 161
 Benchmarking 14, 458
 Besetzungszahlen 27
 Bildsegmentierung 561
 Binomialverteilung 205, 275
 Brainstorming 37, 42
 Brainwriting 43
 Break-Even-Punkt 295

C

CAQ-Systeme 429
 C_g/C_{gk} -Verfahren 353
 Checkliste 13, 429
 Clusteranalyse 549
 Control Plan 6, 79
 ConvolutionBuilder 133
 Critical To Quality 521

D

Data Mining 18, 545
 Defects Per Million Opportunities 521
 Design Review 15, 476
 Dimensionalität 562
 diskrete Verteilung 206
 Doppelstichprobenplan 269

Doppelstichprobenprüfung 274, 288
 doppelte Grenzwerte 281
 doppelte Qualitätsregelkarte 204, 226
 DPMO (Defects per Million Opportunities)
 380
 drei Mu 10, 327
 Durchführung 92
 Durchschlupf 271, 292
 Durchschlupfkennlinie 292
 durchschnittlicher Stichprobenumfang
 269 f., 277
 Dynamisierung 180

E

Effekt (A) 483
 Effekt (AB) 483
 Effekt (B) 483
 Effekte
 – berechnen 488, 498
 Eigenschaften der Operationscharakteristik 287, 291
 Einfachstichprobenverfahren 269
 Einflussgrößen 382
 Eingangsprüfung 175
 Eingriffsgrenzen 199, 202
 Eingriffskennlinie 234
 Eingriffswahrscheinlichkeit 234
 Einheit 172
 einzuhaltende Toleranzgrenze 296
 Embedded-Verfahren 564
 empirische Ausgleichsgerade 340
 empirisches Moment 372
 Endprüfung 175
 erforderlicher Gesamtumfang 489
 Erkennungsleistung 567
 Erstlieferant 417
 Erstmuster 7, 153
 Erwartungswert 24, 209, 230
 erweiterte Messunsicherheit 350
 – berechnen 364
 erweiterte Standardmessunsicherheit
 364

Erweiterungsfaktoren bei Normalverteilung 351
 Erzeugnisentwicklung 123
 EWMA-Qualitätsregelkarte 182, 256
 externe Qualitätsaudits 445
 externe Reklamationen 428
 externes Fehlermanagement 318

F

fähiger Prozess 199
 Fähigkeitskennzahlen bei mehreren Einflussgrößen 382
 Faktor d_n 371
 faktorielle Versuchsplanung 482
 Faktor k_{gk} 354
 Faktor-Stufen-Kombination 504
 Faltungsmodell 145
 Fehleranalyse 467
 Fehlererfassung 319
 fehlerhafte Prüfmittel 195
 Fehlerklasse 319
 Fehlermanagement 8, 316
 Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse 14, 460
 Fehlersammelliste 22
 Fehlerursache 8, 317
 Fehlervermeidung 317
 Fertigungsplanung 123
 Fertigungstoleranzaufweitung 142
 Filterverfahren 564
 Finanzperspektive 13, 431
 First Pass Yield (FPY) 380
 Flussdiagramm 37
 FMEA 14, 460
 FMEA-Formblatt 463
 Folgestichprobenprüfung 276
 fraktioneller faktorieller Versuchsplan 484
 Fremdprüfung 174
 Frühwarnsystem 181
 Funktionsanalyse 467

G

Gedächtniseigenschaft 181
 Genauigkeit 568
 Generalisierung 564
 Geometrie des Prüflings 104
 Gesamt-Fehlerrate 568
 Gesamtheit 195
 Goldene Regel der Messtechnik 105
 grafische Auswertung 217
 grobe Messabweichung 343
 großer Qualitätsregelkreis 175, 267
 GRR-Verfahren 355
 Grundprinzipien der Versuchsplanung 481
 Güte der linearen Anpassung 341
 Güte der Regelung 200

H

Handlungsablauf 279
 Herstellerrisiko 286, 290
 Histogramm 24
 Höchstwerte für die Stichprobenstandardabweichung 283
 House of Quality 59
 hypergeometrische Verteilung 204
 Hypothesentest 200

I

idealer Prozess 367
 Identität 506
 indirekter Einfluss 267
 Instanz 556
 interne Qualitätsaudits 445
 interne Reklamation 427
 Ishikawa-Diagramm 36
 Ist/Ist-Nicht-Analyse 48

J

Jidoka 9, 326
 Johnson-Transformation 377

K

Kaizen 16f., 520, 526
 Kalibrierintervalle 193
 Kennbuchstabe 300f., 312
 Kenngrößen der Prüfmittelfähigkeits-
 untersuchung 341
 Kennzahlen
 – für die Finanzperspektive 435f.
 – für die Kundenperspektive 436
 – für die Perspektive interner Prozesse
 437
 – für die Potenzialperspektive 438
 Kepner-Tregoe-Methode 48
 K-Faktoren 358
 Klassenanzahl 25
 Klassenbreite 26
 Klassengrenzen 26
 – festlegen 27
 Klassifikation 550
 Klassifikationsgütebestimmung 567
 Klassifikator 559
 Klassifikatormodell 567
 Klassifikatorperformance 559
 Klassifizierung
 – nach Prüfobjekt 173
 – nach Prüfort 172
 – nach Zuständigkeit 173
 klassische Toleranzrechnungsmethoden
 129
 kleiner Qualitätsregelkreis 175, 332
 Komponentenplanung 72
 Konformität 171
 Konstruktions-FMEA 462
 Konzept zur Reklamationsbearbeitung
 13, 428
 Korrektur 317
 Korrekturmaßnahme 317
 Korrelation 40, 66ff.
 Korrelationsdiagramm 38
 Korrelationskoeffizient 341
 kostenoptimale Stichprobenanweisung
 293
 Kovarianz 233

Kovarianzmatrix 233
 Kreuzvalidierung 559
 kritische Fähigkeit 369
 kritische Maschinenfähigkeit 369
 kritische vorläufige Prozessfähigkeit
 369
 Kundenanforderungen 62
 Kundenperspektive 13, 431
 Künstliche Intelligenz 18
 Kurtosis 372
 KUSUM-Qualitätsregelkarte 182, 252

L

Langzeit-Prozessfähigkeitsuntersuchung
 11, 366
 Larson-Nomogramm 297
 Lastenheft 78
 Laufprüfung 174
 Lenkungsprüfung 175
 Lieferanten
 – beurteilen 421
 Lieferantenbewertung 12, 416, 422
 Lieferantenbeziehung 416
 Lieferantenentwicklung 12, 416
 Lieferantenqualifikationsprozess 417
 Lieferantenrisiko 271
 Lieferantenselbstbewertung 417
 Linearität 339f.
 Liniendiagramm 28
 Los 267

M

maschinelles Lernen 555
 Maschinelles Lernen 18
 Maschinenfähigkeitsuntersuchung 11,
 365
 Masse und Handhabbarkeit des Prüflings
 104
 Maßketten 133
 Maßnahmenverfolgung 456
 maximaler Durchschlupf 271, 292
 Maximum-Minimum-Methode 124

Measurement System Analysis 336
 mechanische Festigkeit des Prüflings 104
 Mehrfachstichprobenplan 269
 Mehrfachstichprobenprüfung 276
 merkmalsbezogene Prüfstrategie 179
 Merkmalsextraktion 562
 Merkmalsselektion 562
 Merkmalsselektionsverfahren 564
 Messabweichung 11, 335, 339
 Messauflösung 105
 Messautomatentest 360
 Messmethode 11, 335
 Messmittel 182
 Messsystem-Wiederholbarkeit 355
 Messunsicherheit 105, 243, 336, 347
 Messwertverteilung 349
 Methode der kleinsten Abweichungsquadrate 340
 Methode der kleinsten Quadrate 492
 Methoden 1
 – elementare 2
 Methoden der Prüfplanung 95
 Mindestprozessfähigkeitsindex 231
 Mindeststichprobenumfang 264
 Mindmapping 43
 Mitarbeiterorientierung 17, 529
 Mitarbeiterzufriedenheit 17, 529
 Mittelwert-Verfahren 355ff.
 mittlere Lauflänge ARL 235
 momentane Prozessstreuung 219
 momentane Verteilungsdichte 145
 Moment der Ordnung 372
 Montage
 – adaptive 7, 136
 – selektive 7, 136
 MOSUM-Qualitätsregelkarte 182, 259
 Muda 10, 327
 multivariate Prüfung 176
 multivariate Qualitätsregelkarte 204, 233
 Mura 328
 Muri 328
 Musterlieferung 417

N

Nachstellintervall 382
 Nachvollziehbarkeit 355
 Näherung 210
 Näherungen für die Quantile 211
 Nennmaß 28
 Netzplantechnik 44
 neuronale Netze 551
 Nichterfüllung 8, 317
 Nichtkonformität 171
 Nichtübereinstimmungsbereich 353
 nomografische Bestimmung 297ff.
 normale Prüfung 309
 Normalverteilung 207f.
 normierte Normalverteilung 209
 null-begrenzte Merkmale 373
 Nullhypothese 200, 362, 510

O

ohne Bediener Einfluss 360
 Operationscharakteristik 285, 289
 – berechnen 287
 Opportunity For Defects 521
 Optimierung 496
 organisatorische Prüfmittelauswahl 107

P

Parallelität 174
 Parameterdesign 517
 Parameteroptimierung 567
 Pareto-Analyse 33
 Pareto-Diagramm 33
 Parts Per Million 521
 PDCA-Zyklus 1
 Peaking-Phänomen 563
 Pearson 373
 Perspektiven der BSC 13, 431
 Pflichtenheft 78
 physikalische Größe des Prüfmerkmals 103
 Pick-by-light-Methode 10, 330

- Poissonverteilung 205
- Poka Yoke 9, 325
 - hartes 325
 - weiches 325
- Polygondiagramm 28
- Polynomapproximation 211
- Potenzialperspektive 13, 432
- PPF-Formblatt 163
- PPF-Freigabe 159
- PPF-Verfahren 159
- präventives Qualitätsmanagement 8, 317
- Präzision 568
- Problemlösungsblatt 5, 50
- Problemlösungsleitfaden 5, 50
- Produktbeurteilung 419
- produktbezogene Prüfergebnisse 167
- Produktionsmuster-Freigabe 154
- Produktionsplanung 75
- Produktionsteil 154
- Produktionsteil-Freigabeverfahren 154
- Produktmerkmal 65
- Produktplanung 60
- Produkt-Prozessqualitätsregelung 332
- Produkt-Qualitätsvorausplanung 79
- Produktrealisierung 2
- Produktregelkreis 332
- Prozentanteilmethode 378
- prozentualer Prüfumfang 180
- prozentuale Toleranz 124
- Prozessaudit 444
- prozessbegleitende Prüfung 175
- Prozessfähigkeiten 524
- Prozessfähigkeitsanalyse anhand qualitativer Merkmale 378
- Prozessfähigkeitsindex 111
- Prozessfähigkeitskennzahl 379
- Prozessfähigkeitskennzahlen bei Mischprozessen 382
- Prozess-FMEA 462
- Prozessmittelwert 220, 370
- Prozessperspektive 13, 432
- Prozessplanung 73
- Prozesspotenzial 368, 391
- Prozessqualitätsregelkreis 332
- Prozessstreuung
 - schätzen 218
- Prozessvalidierung 161
- Prüfart 103
- Prüfdaten
 - verwalten 99
- Prüfhäufigkeit 97
- Prüfmerkmal 95, 100
 - erfassen 177
- Prüfmethode 11, 97, 335
- Prüfmittel 182
 - auswählen 6, 103
- Prüfmittelauswahl 97
- Prüfmittelbeschaffung 184
- Prüfmittelfähigkeit
 - nachweisen 12, 366
- Prüfmittelfähigkeitsindex C_g 353
- Prüfmittelfähigkeitsindex K_{gk} 355
- Prüfmittelfähigkeitsuntersuchung 335, 341
- Prüfmittelinstandhaltung 184
- Prüfmittelmanagement 8, 182
- Prüfmittelmanagementsystem 8, 182
- Prüfmittelplanung 183
- Prüfmittelverwaltung 184
- Prüfmittelverwaltungssystem 186
- Prüfmittelwartung 184
- Prüfniveau I 300
- Prüfniveau II 300, 312
- Prüfnotwendigkeit 94
- Prüfobjekt 96
- Prüfplan 112, 121
- Prüfplankopf 100
- Prüfplanrumpf 100
- Prüfplanung 6, 92
- Prüfprozesseignung 11, 335
- Prüfprozesseignung nach VDA Band 5 363
- Prüfschärfe 286, 290, 293
- Prüfspezifikation 187
- Prüfstrategie 98, 179
- Prüfumfang 97, 179

Prüfung 7, 171
– planen 93
Prüfzeitpunkt 97

Q

Q7 4
QFD 5, 57
quadratische Toleranzrechnung 130
qualitatives Merkmal 178
Qualitätsauswertung 2
Qualitätsführungsgröße 11, 330
Qualitätsplanung 2, 6, 92
Qualitätsprüfung 171
Qualitätsregelabweichung 11, 330
Qualitätsregelgröße 11, 330
Qualitätsregelkarte 41, 197
– auswählen 260
– für den Prozessfähigkeitsindex 230
– für qualitative Merkmale 221
– mit Gedächtnis 250
– Shewhart- 202
– univariate 204
Qualitätsregelkreis 331
Qualitätsregelstrecke 11, 330
Qualitätsregler 11, 197, 330
Qualitätssteuergröße 11, 330
Qualitätsverbesserung 2
Qualitätszahl 280
Qualitätszirkel 527
Quality Function Deployment 5, 57
quantitatives Merkmal 178

R

Radardiagramm 47
Rauschfaktoren 518
real auftretender Durchschlupf 293
realer Prozess 367
reduzierte Prüfung 309
Regression 492
Regressionsgerade 492
Reifegrad 323
Reifegradabsicherung für Neuteile 323

Reihenentwicklung 210
Reklamation 12, 426
Reklamationsmanagement 12, 426 ff.
relative Auflösung 338
relative Häufigkeiten 27
Risikobewertung 468
Risikoprioritätszahl 468
R-Methode 281
robuster Prozess 517
Rolled Throughput Yield (RTY) 380
rückwärtsverkettete Regelkreise 332
Rückweisegerade 277
Rückweisezahl 271
rückzuweisende Qualitätsgrenzlage 271,
285, 310

S

Säulendiagramm 28
Schätzwert 214
Schiefe 372
Schließmaßtoleranz 135
Schwellwertverfahren 561
Schwierigkeitsgrad 69
Segmentierung 561
Selbstprüfung 174
Sensitivität 568
Sequenzialstichprobenplan 269
Sequenzialstichprobenprüfung 276
serielle Prüfung 175
Serienanlauf 149
Servicegewichtung 64
Sicherung der Qualität in der
Vorserienphase 152
sieben elementare Qualitäts-
managementmethoden 22
Sieben elementare Werkzeuge (Q7) 4
Sigma-Level 380
Signal-Rausch-Verhältnis 518
Signifikanztest 512
Six Sigma 16, 519
Six-Sigma-Level 524
Six-Sigma-Methode 131
Skip-Lot-Prüfung 180

- Skip-Lot-Verfahren 278
 - s-Methode 272, 281, 355
 - Sonderprüfniveau 300
 - Sortierwirkungsgrad 180
 - Spannweite 25
 - Spannweiten-Verfahren 355 ff.
 - Spezifität 568
 - Spielraum 246
 - stabiler Prozess 18, 545
 - Stabilität 339
 - Stammdaten 185
 - Stammfunktion 210
 - Standardabweichung 24, 208, 370
 - standardisiertes Stichprobensystem 273
 - standardisierte Stichprobenanweisung 301
 - auswählen 312
 - standardisierte Stichprobenprüfung 292
 - Standardisierungsvariable 209
 - Standardmessunsicherheit 350, 364
 - Standardnormalverteilung 209
 - statistical process 196
 - statistische Prozesslenkung 198
 - statistische Prozessregelung 196
 - statistische Toleranzrechnung 132
 - statistische Versuchsplanung 15, 478
 - Steilheit der Operationscharakteristik 286
 - Steuerfaktoren 518
 - Stichprobe 195
 - Stichprobenanweisung 268, 272
 - auswählen 310
 - Stichprobenplan 268, 271
 - Stichprobenprüfung 180, 196, 271
 - Stichprobensystem 196, 266 ff., 271
 - Stichprobenumfang 271
 - Stichprobenvorschrift 268
 - auswählen 300
 - Streuung 230
 - Strichdiagramm 28
 - Strichliste 22, 28
 - Strukturanalyse 466
 - Submission Level 155
 - summarische Verteilungsdichte 145
 - Summenhäufigkeit 27, 30
 - Summenhäufigkeitsverteilung 28
 - Summen-Stichprobenanweisung 272
 - Supervised Learning 556
 - systematische Fehlervermeidung 325
 - systematische Messabweichung 344
 - systematische Stichprobenprüfung 196
 - Systemaudit 443
 - Systemdesign 517
 - System-FMEA 462
 - System-FMEA Produkt 462
 - System-FMEA Prozess 463
- T**
- Taguchi 366, 516
 - Taguchi-Methode 516
 - Taktzeit 105
 - technische Bedeutung 66
 - technische Erkennung 19, 555
 - Technischer Zielwert 65
 - teilbezogene Prüfstrategie 179
 - Teilefreigabe 155
 - Teilevorlagebestätigung 155
 - Theorie des erfinderischen Problemlösens – TRIZ 49
 - Toleranzbereich 105, 246
 - Toleranzdesign 518
 - Toleranzgrenze 28
 - Toleranzgruppenbestimmung 139
 - Toleranzgruppenoptimierung 142
 - Toleranzmittenmaß 144
 - Toleranzmodell 125
 - Toleranzoptimierungsprogramm 139
 - toleranzorientierte Philosophie 204
 - Toleranzverbesserung 128
 - Tolerierung 123
 - totale Fähigkeit 370
 - Toyota Production System 9, 326
 - Trendanalyse mit Qualitätsregelkarten 265
 - Trendbetrachtung 381
 - Treppendiagramm 28
 - t-Verteilung 502

Typ A 348
Typ B 348
Typ-B-Messunsicherheitsermittlung
349

U

Überanpassung 562
Übereinstimmungsbereich 353
Übergangsregel 273
Übergang von einer Stichproben-
anweisung 316
Überlastung 328
Überschreitungsanteilmethode 378
überwachtes Lernverfahren 559
Umgebungsbedingung 104
Unausgeglichenheit 328
univariate Prüfung 176
Unsicherheit 11, 335
Unsupervised Learning 558
unüberwachte Lernverfahren 569
Ursachenschwerpunkte 36
Ursache-Wirkungs-Diagramm 36

V

Varianzanalyse 355, 362, 499
Varianzanalysemodell 510
Varietät 176
Verbesserungsmanagement 8, 316
Verfahren A 310
Verfahren B 311
Verfahren der Probenentnahme 268
Vergleichspräzision 338
Vergleich zum Wettbewerb 64
Verlustfunktion 366
Verlustfunktion von Taguchi 370
verschärfte Prüfung 309
Verschwendung 10, 327
Versuchspläne
– erster Ordnung 480
– für einen Einflussfaktor 480
– zweiter Ordnung 480
Verteilungsfunktion 201, 205, 208, 349

Vertrauensbereich
– der Fähigkeitskennzahlen 386
– der Fähigkeitskennzahlen bei Zähl-
merkmalen 387
– der Prozessfähigkeitskennzahlen 371
Voice of Customer 521
vollständiger faktorieller Versuchsplan
483, 504
Vorlagestufe 155
vorläufige Prozessfähigkeits-
untersuchung 11, 365
Vorlaufuntersuchung 213
Vor-Ort-Audits 417
Vorschlagswesen 17, 528
vorwärtsverketteter Regelkreis 332

W

Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion 208,
349
Wahrscheinlichkeitsfunktion 204
Wahrscheinlichkeitsnetz 28, 211
Wahrscheinlichkeitsverteilung 143
Warngrenzen 199, 202
Wechselbilanz 309
Wechselwirkungen 511
Werkzeuge 1
Werte
– klassieren 212
Werte der Produktmerkmale 68
Wiederholbarkeit 355
Wiederholbedingung 346
Wiederholmessung (Typ A) 349
Wiederholpräzision 338
Wilrich-Nomogramm 299f.
wirtschaftliche Prüfmittelauswahl 107
Wirtschaftlichkeit 293
Wrapper-Verfahren 564

Y

Yield 380, 524

Z

- Zerstörungscharakter 172, 176
- zufällige Messabweichung 346
- zufällige Stichprobenprüfungen 196
- zufällige Streuung des Prozessmittelwertes 371
- Zufallsstichprobe 267
- Zufallsstrebereich 200
- Zwischenprüfung 175
- Zyklizität 174