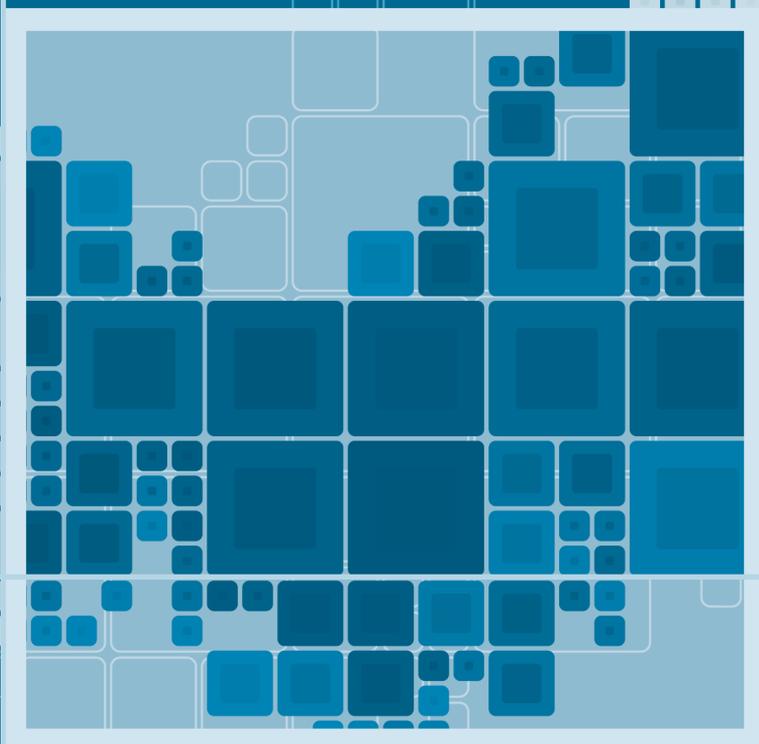


Konrad Wälder
Olga Wälder

Statistische Methoden der Qualitätssicherung

Praktische Anwendung
mit MINITAB und JMP



HANSER

Konrad Wälder/Olga Wälder
Statistische Methoden der Qualitätssicherung



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig
über neue Bücher und Termine aus den ver-
schiedenen Bereichen der Technik. Profitieren
Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven
Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

In der Praxisreihe Qualitätswissen, herausgegeben von Franz J. Brunner, sind bereits erschienen:

Franz J. Brunner

Qualität im Service

Wege zur besseren Dienstleistung

ISBN 978-3-446-42241-4

Franz J. Brunner, Karl W. Wagner,
unter Mitarbeit von Peter H. Osanna, Kurt Matyas, Peter Kuhlang

Qualitätsmanagement

Leitfaden für Studium und Praxis

5., überarbeitete Auflage

ISBN 978-3-446-42516-3

Franz J. Brunner

Japanische Erfolgskonzepte

Kaizen, KVP, Lean Production Management, Total Productive Maintenance, Shopfloor Management,
Toyota Production Management, GD³ – Lean Development

2., überarbeitete Auflage

ISBN 978-3-446-41883-7

Kurt Matyas

Instandhaltungslogistik

Qualität und Produktivität steigern

5., aktualisierte Auflage

ISBN 978-3-446-43560-5

Johann Wappis, Berndt Jung

Null-Fehler-Management

Umsetzung von Six Sigma

4., überarbeitete und erweiterte Auflage

ISBN 978-3-446-43549-0

Wilhelm Kleppmann

Versuchsplanung

Produkte und Prozesse optimieren

8., überarbeitete Auflage

ISBN 978-3-446-43752-4

Arno Meyna, Bernhard Pauli

Zuverlässigkeitstechnik

Quantitative Bewertungsverfahren

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

ISBN 978-3-446-41966-7

Bernd Klein

Kostenoptimiertes Produkt- und Prozessdesign

ISBN 978-3-446-42131-8

Stephan Sommer

Taschenbuch automatisierte Montage- und Prüfsysteme

Qualitätstechniken zur fehlerfreien Produktion

ISBN 978-3-446-41466-2

Karl Koltze, Valeri Souchkov

Systematische Innovation

TRIZ-Anwendung in der Produkt- und Prozessentwicklung

ISBN 978-3-446-42132-5

Veit Kohnhauser, Markus Pollhamer

Entwicklungsqualität

ISBN 978-3-446-42796-9

Konrad Wälder
Olga Wälder

Statistische Methoden der Qualitätssicherung

Praktische Anwendung mit MINITAB und JMP

Praxisreihe Qualitätswissen
Herausgegeben von Franz J. Brunner

HANSER

Die Autoren:

Prof. Dr. Konrad Wälder vertritt in Forschung und Lehre die Fachgebiete Qualitätssicherung, Qualitätsmanagement und Statistik an der Hochschule Lausitz (FH), die in der neuen Brandenburgischen Technischen Universität aufgehen wird.

Prof. Dr. habil. Olga Wälder unterrichtet Mathematik und Statistik an der gleichen Hochschule. Zu ihren Forschungsgebieten gehören die Didaktik der Mathematik und die konzeptionelle Weiterentwicklung von Qualitätssicherungsmethoden in der Lehre.



Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN 978-3-446-43217-8

E-Book-ISBN 978-3-446-43668-8

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen dargestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen.

Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Darstellungen und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autoren und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Darstellungen oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2013 Carl Hanser Verlag München Wien

www.hanser.de

Lektorat: Dipl.-Ing. Volker Herzberg

Herstellung: Der Buchmacher, Arthur Lenner, München

Coverconcept: Marc Müller-Bremer, Rebranding, München, Germany

Coverrealisierung: Stephan Roenigk

Gesamtherstellung: Kösel, Krugzell

Printed in Germany

*Für Julian Michail, Maximilian Albert und Jakob Benedikt,
unsere besten „Versuchsergebnisse“*

Vorwort

Das vorliegende Buch verfolgt das Ziel, dem Leser moderne Verfahren der Qualitätssicherung auf Basis einer soliden Darstellung statistischer Grundlagen nahezubringen.

Das Buch ist gleichermaßen für Studierende an Hochschulen oder Universitäten und Praktiker geeignet, die sich tagtäglich in ihrer betrieblichen Praxis mit Qualitätsfragen befassen.

Die Inhalte des Buches beruhen auf unseren langjährigen Lehr- und Consultingtätigkeiten auf den Gebieten Statistik, Qualitätssicherung, Zuverlässigkeitsanalyse, statistische Versuchsplanung und Six Sigma an Hochschulen und in der Wirtschaft.

Aufbauend auf einer fundierten Darstellung grundlegender statistischer Verfahren werden Verfahren der Qualitätssicherung anwendungsorientiert präsentiert.

Besonderer Wert wird auf die Vermittlung moderner Verfahren gelegt, die einerseits eine hohe Praxisrelevanz aufweisen, andererseits aber oftmals nur unter Verwendung entsprechender Software-Tools umsetzbar sind.

Minitab und JMP sind führende und weit verbreitete Software-Pakete für statistische Anwendungen, insbesondere im Zusammenhang mit Qualitätsthemen. Für die Berechnung der Beispiele wurden Minitab 16 und JMP 9 verwendet. DemoverSIONen dieser Software-Tools sind unter www.jmp.com bzw. www.miniTab.com zu finden.*

Neben den theoretischen Grundlagen wird daher bei allen dargestellten Inhalten stets die konkrete Umsetzung mit diesen Tools ausführlich diskutiert.

Angesichts des Stoffumfangs konnte bei einigen Verfahren nur eine Einleitung gegeben werden. Zu Gunsten der anwendungsorientierten Umsetzung mit den beiden Software-Tools haben wir einige klassische Verfahren nur kurz angerissen. Genannt sei beispielsweise die Bestimmung der Weibull-Parameter mit dem Lebensdauernetz. Hier haben wir uns entschieden, dem Leser aufzuzeigen, wie eine Anpassung mit den Software-Tools erfolgen kann, und auf eine weitergehende Diskussion des klassischen Lebensdauernetzes verzichtet.

Es werden nicht nur Verfahren präsentiert, sondern der Leser erfährt anschaulich, unter welchen Voraussetzungen Verfahren angewendet werden dürfen und welche

* „Die Beispieldateien im JMP- und Minitab-Format finden Sie auf der Website des Hanser Verlags unter <http://www.hanser-fachbuch.de>.

Im Suchfeld geben Sie bitte „Wälder“ ein. Dann > Mehr > Extras > Internet Anhang. Hier stehen die Dateien zum Download bereit.“

Alternativen gegebenenfalls verwendet werden können. Die Betonung dieser Thematik resultiert aus unserer Tätigkeit in der statistischen Beratung: Anwender werden in der verfügbaren Literatur oft alleine gelassen, wenn Voraussetzungen klassischer Verfahren nicht erfüllt werden können und beispielsweise die Prozessfähigkeit bei nicht-normalverteilten Daten bestimmt werden soll. Im vorliegenden Buch werden diese Fälle konkret angesprochen, und es werden Handlungsempfehlungen präsentiert.

Letztendlich soll mit diesem Buch auch ein Beitrag zur weiteren Verbreitung des Qualitätsgedankens geleistet werden. Die vorgestellten Software-Tools sind bewusst für Nicht-Statistiker konzipiert. Wir hoffen, mit diesem Buch dem Leser zeigen zu können, wie komfortabel damit die praktische Umsetzung komplexer Verfahren der Qualitätssicherung geworden ist.

Unser Dank gilt dem Herausgeber der „Praxisreihe Qualitätswissen“ Herrn Dr. Franz J. Brunner für die nützlichen Hinweise und Verbesserungsvorschläge.

Weiterhin sei dem Carl Hanser Verlag, vertreten durch Herrn Volker Herzberg, für die stets angenehme Zusammenarbeit gedankt.

Senftenberg, Januar 2013

Olga Wälder
Konrad Wälder

Inhalt

Vorwort	VII
Inhalt	IX
1 Einleitung	1
1.1 Der Qualitätsbegriff	1
1.2 Einführung in das Qualitätsmanagement	3
2 Statistische Grundlagen	9
2.1 Deskriptive Statistik und explorative Datenanalyse	9
2.1.1 Grundlegende Begriffe und statistische Kenngrößen	11
2.1.2 Visualisierung von Daten	15
2.2 Wichtige Verteilungen	19
2.2.1 Der Wahrscheinlichkeitsbegriff	19
2.2.2 Die Verteilungsfunktion	21
2.2.3 Normalverteilung	24
2.2.4 Exponentialverteilung	28
2.2.5 Weibull-Verteilung	30
2.2.6 Binomialverteilung	35
2.2.7 Poissonverteilung	36
2.3 Schließende Statistik	36
2.3.1 Punktschätzung	37
2.3.2 Konfidenzschätzung	39
2.3.3 Statistische Tests	43
2.4 ANOVA und Regression	57
2.4.1 Regression	57
2.4.2 Varianzanalyse (ANOVA)	65
3 Methoden und Qualitätswerkzeuge	73
3.1 Die sieben Qualitätswerkzeuge	73
3.2 Quality Function Deployment (QFD)	78
4 Messsystemanalyse und Prozessfähigkeit	83
4.1 Anforderungen an Messmittel	83
4.2 Messsystemanalyse	88
4.2.1 C_g/C_{gk} -Studie (Verfahren 1)	88
4.2.2 R&R-Studie (Verfahren 2)	91

4.2.3	Überprüfung der Linearität (Verfahren 4)	97
4.2.4	Überprüfen der Stabilität (Verfahren 5)	102
4.3	Prozessfähigkeit und Prozessfähigkeitsindizes	102
5	Stichprobenpläne zur Annahmestichprobenprüfung	111
5.1	(n,c)-Stichprobenpläne	111
5.2	Sequentielle Stichprobenpläne	116
5.3	(n,k)-Stichprobenpläne bei messender Prüfung	118
6	Zuverlässigkeitsanalyse	121
6.1	Einführung	121
6.2	Berücksichtigung des Risikos	127
6.3	Exponentiell verteilte Lebensdauern	130
6.4	Zuverlässigkeit von Systemen aus N Komponenten	133
6.5	Weibull-verteilte Lebensdauern	135
6.6	Zensierte und klassierte Daten	137
6.7	Zuverlässigkeitsanalyse mit Minitab und JMP	139
6.8	Nichtparametrische Verfahren	145
7	Statistische Prozesslenkung (SPC)	151
7.1	Einführung	151
7.2	Regelkarten zur Überwachung von Mittelwert und Streuung	152
7.2.1	Die Mittelwert-Regelkarte (\bar{x} -Karte)	153
7.3	Regelkarten für die Streuung	157
7.3.1	Regelkarten für attributive Daten	160
7.3.2	Multivariate Regelkarten	162
8	Einführung in die statistische Versuchsplanung	165
8.1	Motivation	165
8.2	Vollfaktorielle Versuchspläne	166
8.3	Teilfaktorielle Versuchspläne	172
	Anhang	179
	Literatur	187
	Stichwortverzeichnis	189

Die Dateien zum Buch finden Sie auf <http://www.hanser-fachbuch.de/>. Geben Sie im Suchfeld „Wälder“ ein. Auf der Buchseite klicken Sie auf > Mehr und dann auf den Reiter „Extras“.

1

Einleitung

■ 1.1 Der Qualitätsbegriff

Qualität ist ein allgegenwärtiger Begriff, wobei Qualität ganz offensichtlich mit positiven Eigenschaften eines Produkts oder einer Dienstleistung verbunden wird. Betrachtet man den Ursprung des Wortes, das lateinische Substantiv *qualitas*, so ist das etwas überraschend, da *qualitas* lediglich Beschaffenheit oder Zustand bedeutet und somit nicht mit einer Wertung verbunden ist. Zum eigentlichen Qualitätsbegriff gelangt man, in dem diese Beschaffenheit mit Anforderungen an das entsprechende Produkt verknüpft wird. Die zurückgezogene Norm DIN ISO 8402 definiert Qualität als die Beschaffenheit einer *Einheit* bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen. Unter Beschaffenheit versteht man die Gesamtheit der *inhärenten Merkmale* und *Merkmalswerte* einer Einheit.

David A. Garvin bezieht diese Erfordernisse auf konkrete Kundenanforderungen, die zu erfüllen sind: *One thing is certain: high quality means pleasing consumers, not just protecting them from annoyances.*

Ganz entscheidend bei der Herleitung des Qualitätsbegriffes ist, dass sich Qualität immer auf *inhärente Merkmale* bezieht. Zunächst versteht man unter einem Merkmal eine kennzeichnende Eigenschaft (DIN EN ISO 9000:2005) bzw. gemäß der Definition der deutschen Gesellschaft für Qualität e.V. (DGQ) eine Eigenschaft zum Erkennen oder Unterscheiden von Einheiten. Ein Merkmalswert ist ein dem Zustand des Merkmals zugeordneter quantitativer oder qualitativer Wert. Ein inhärentes Merkmal ist ein der Einheit innewohnendes Merkmal, gewissermaßen ein natürliches Merkmal, das im Unterschied zum zugeordneten Merkmal der Einheit nicht mehr oder weniger willkürlich zugewiesen wird. Beispielsweise stellt das Merkmal Motorleistung in kW ein inhärentes Merkmal der Einheit PKW dar. Demgegenüber ist das qualitative Merkmal Modellbezeichnung zugeordnet. Ganz offensichtlich ist die Motorleistung nicht das einzige inhärente Merkmal eines PKW. Die Norm DIN EN ISO 9000:2005 führt den Qualitätsbegriff daher folgendermaßen ein:

Qualität nach DIN EN ISO 9000:2005:

Qualität entspricht dem Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale einer Einheit Anforderungen erfüllt. Ein inhärentes Merkmal ist dabei eine kennzeichnende Eigenschaft einer Einheit (Produkt, Dienstleistung, Prozess, System, Person, Organisation, etc.), welche diese aus sich selbst heraus hat und die ihr nicht explizit zugeordnet ist.

An dieser Stelle muss noch darauf verwiesen werden, dass die Inhärenzeigenschaft eines Merkmals immer vom „Kunden“ abhängt, der die Anforderungen stellt. Der Händlervverkaufspreis eines PKW ist aus Sicht eines Kaufinteressenten ein ganz natürliches Merkmal und somit inhärent. Für den Hersteller handelt es sich aber um ein durch den Händler zugeordnetes Merkmal.

Im Rahmen von Qualitätsbetrachtungen sind nur inhärente Merkmale relevant. Die im jeweiligen Zusammenhang interessierenden inhärenten Merkmale werden dann als *Qualitätsmerkmale* bezeichnet.

Zusammengefasst versteht man unter Qualität also den Grad der Übereinstimmung mit Anforderungen an Qualitätsmerkmale. Diese Anforderungen werden oftmals von Kunden gestellt.

Die Anforderungen an ein Produkt oder eine Dienstleistung können in Kategorien unterschiedlicher Anforderungen eingeteilt werden. Entsprechende Klassifizierungen („Sterne“) aus der Hotel- und Gastronomiebranche dürften jedem Leser bekannt sein. Im Qualitätsmanagement bzw. der Qualitätssicherung spricht man von so genannten Anspruchsklassen, für die jeweils spezifische Anforderungen definiert werden:

Eine *Anspruchsklasse* ist eine Kategorie oder ein Rang, die oder der den verschiedenen Qualitätsanforderungen an Produkte, Prozesse oder Systeme mit demselben funktionellen Gebrauch zugeordnet ist.

Als weiteres Beispiel können Flugklassen im Linienflugverkehr angeführt werden.

Hinsichtlich der Qualitätsmerkmale Beinfreiheit, Sitzbeschaffenheit, Check-In-Service und weiterer Kriterien werden von den Airlines unterschiedliche Anforderungen für die Economy, Business und First Class definiert.

Wird eine Anforderung nicht erfüllt, so weist die betrachtete Einheit einen Fehler auf bzw. ist fehlerhaft. Bei Erfüllen einer Anforderung spricht man von *Konformität* bzw. einer *konformen* Einheit.

In der Qualitätssicherung kommt eine Vielzahl statistischer Methoden zur Anwendung. Die Verbindung des Qualitätsbegriffs mit statistischen Methoden erfolgt über Qualitätsmerkmale und die sich darauf beziehenden Anforderungen. Qualitätsmerkmale können als so genannte Zufallsgrößen mit einem Messwert als Realisierung interpretiert werden. Beispielsweise weist eine Welle das Qualitätsmerkmal Durchmesser in mm auf. Anforderungen lassen sich bei einem solchen metrischen Qualitätsmerkmal mittels Toleranz- oder Spezifikationsgrenzen, die einzuhalten sind, formulieren. Oftmals liegt der Sollwert in der Mitte zwischen der oberen und unteren Spezifikationsgrenze. Qualität lässt sich jetzt als Übereinstimmung des Istwerts (Merkmalswert) mit dem Sollwert interpretieren.

Aus den obigen Ausführungen wird deutlich, dass Qualität vom Typ der betrachteten Qualitätsmerkmale bzw. von deren Skalierung abhängt. Ein qualitatives Qualitätsmerkmal wie das Material eines Bauteils mit den Ausprägungen Holz, Kunststoff oder Edelstahl erfordert durchaus andere Methoden der Qualitätssicherung als das oben

erwähnte Merkmal Durchmesser einer Welle in mm. Die entsprechenden Methoden werden insbesondere in den Kapiteln 4 und 7 ausführlich diskutiert.

Schon an dieser Stelle soll nicht unerwähnt bleiben, dass es Qualitätsmerkmale gibt, die nicht direkt beobachtbar bzw. messbar sind. Qualitätssicherung ist mittlerweile in vielen nicht-technischen Bereichen fest etabliert, genannt seien das Gesundheitswesen und der Bildungsbereich. Merkmale wie „ärztliche Versorgung“ eines regionalen Gesundheitssystems oder „Betreuungsqualität“ einer Kindertagesstätte sind ganz offensichtlich schwieriger zu erfassen als der zitierte Wellendurchmesser. Die Erfassung solcher Merkmale erfordert messbare Indikatoren, die in einem funktionalen Zusammenhang zum Merkmal stehen. Dieser funktionale Zusammenhang wird mittels statistischer Methoden modelliert. Ein Indikator für das Merkmal „ärztliche Versorgung“ könnte beispielsweise das Merkmal „Anzahl der Ärzte pro 1000 Einwohner“ sein.

■ 1.2 Einführung in das Qualitätsmanagement

Die bereits zitierte Norm ISO 8402 ist nicht mehr aktuell. Die dort formulierte Definition des Qualitätsmanagements ist allerdings nach wie vor zutreffend. Demnach fasst das Qualitätsmanagement (QM) alle qualitätsbezogenen Aktivitäten eines Unternehmens zusammen. Im Qualitätsmanagementsystem (QM-System oder QMS) werden alle Prozesse, Zuständigkeiten und Mittel bzw. Methoden beschrieben, die zur Sicherstellung von Qualität erforderlich sind.

Im Folgenden soll kurz die historische Entwicklung des Qualitätsmanagements beleuchtet werden. Die Anfänge der *Qualitätskontrolle* mit dem Aussortieren fehlerhafter Produkte am Ende des Produktionsprozesses bzw. vor dem Verkauf oder Tauschen reichen bis zum Beginn menschlicher Handelsaktivitäten. Sicherlich sollte sich ein ehrenwerter hethitischer oder babylonischer Händler vor der Weitergabe von Lebensmitteln von deren genießbarkeit überzeugt haben. Eine derartige Qualitätskontrolle im Sinne einer Negativauslese ist eine rein statische Vorgehensweise, da kein Eingriff in den Produktionsprozess möglich ist. Demgegenüber zielt die *Qualitätssicherung* auf eine laufende Überwachung der Produktion mit der Möglichkeit zur Regulation und Fehlerbeseitigung ab. Qualitätssicherung setzt meist die Anwendung statistischer Methoden voraus. Einen zentralen Ansatz stellt die *statistische Prozesslenkung* (statistical process control, abgekürzt SPC) auf der Grundlage von *Qualitätsregelkarten* (*control charts*) dar.

Qualitätsregelkarten – im Deutschen ist die irreführende Bezeichnung Kontrollkarten noch recht gebräuchlich – gehen auf Walter A. Shewhart (1891–1967) zurück. Erste Arbeiten zu Regelkarten wurden ab 1924 publiziert. In der Industrie werden Regelkarten seit etwa 1940 eingesetzt.

Total Quality Management (TQM) setzt noch früher an. Durch Qualitätsplanung soll eine kontinuierliche Verbesserung von Prozessen und Produkten erreicht werden.

Total Quality Management (TQM) wird auch als ganzheitliches („*totales*“) QM, bei dem alle Mitarbeiter einbezogen werden, bezeichnet. Das Grundprinzip ist die Qualitätsplanung statt eine reine Fehlerbehebung. Qualitätsplanung fokussiert somit auf Fehlervermeidung und eine kontinuierliche Verbesserung.

TQM geht auf William E. Deming (1900–1993), einen der so genannten Qualitätsgurus, zurück. Deming war Schüler von Shewhart, entwickelte seine Ideen ohne große Resonanz zunächst in den 40er-Jahren des 20. Jahrhunderts in den USA. Zum Durchbruch kam TQM im Sinne Demings dann ab den 50er-Jahren in Japan, wo Deming als Berater der amerikanischen Militärregierung und japanischer Behörden tätig war. Seine Ideen und Methoden fielen dort beim Wiederaufbau der im Krieg zerstörten japanischen Industrie auf fruchtbaren Boden.

Auf Empfehlung von Deming kam Joseph M. Juran (1904–2008), ein weiterer Qualitätsguru, nach Japan. Dieser wurde dort Berater bei Toyota und gilt als Mitbegründer des Toyota-Produktionssystems.

QM blieb in den USA und Europa lange unbeachtet. Als in den USA um 1980 angesichts des offensichtlichen Qualitätsvorsprungs der japanischen Konsumgüter- und Automobilindustrie begonnen wurde, intensiv über die „Geheimnisse“ des japanischen Erfolgs nachzudenken, kamen die amerikanischen Aufbauhelfer in Japan wieder in den Fokus der Öffentlichkeit und der Wissenschaft. Über den Umweg USA gelangte QM bzw. TQM dann nach Europa. Dort wurde TQM dann einige Jahre später umgesetzt. Unter der Federführung der europäischen Kommission wurde 1988 unter Mitwirkung von 14 renommierten Unternehmen (Bosch, Volkswagen, Renault, Fiat, Philips, u. a.) die EFQM (European Foundation for Quality Management) gegründet.

Die TQM-Prinzipien umfassen die Beteiligung aller Unternehmensbereiche, betonen die Kundenorientierung und gehen von einem prozessorientierten Qualitätsbegriff aus:

- Qualität orientiert sich am Kunden,
- Qualität wird mit Mitarbeitern aller Bereiche und Ebenen erzielt,
- Qualität umfasst mehrere Dimensionen, die durch Kriterien operationalisiert werden müssen,
- Qualität ist kein Ziel, sondern ein Prozess, der nie zu Ende geht,
- Qualität bezieht sich nicht nur auf Produkte, sondern auch auf Dienstleistungen,
- Qualität setzt aktives Handeln voraus und muss erarbeitet werden.

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über wichtige Normen zum Qualitätsmanagement gegeben werden. Seit der grundlegenden Revision im Jahr 2000 spricht man von der ISO 9000 ff., die nur noch aus 4 Normen besteht. Zunächst ist die *DIN EN ISO 9000:2005* zu erwähnen mit der letzten Überarbeitung im Jahr 2005. In dieser Norm werden Grundlagen und Begriffe des QM erläutert.

Von zentraler Bedeutung ist die *DIN EN ISO 9001:2008* (letzte Überarbeitung im Jahr 2008). In dieser Norm werden die Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem (QM-System) für den Fall formuliert, dass eine Organisation ihre Fähigkeit

darlegen muss, Produkte bereitzustellen, welche die Anforderungen der Kunden erfüllen, und anstrebt, die Kundenzufriedenheit zu erhöhen. Als Kunden werden hier auch gesellschaftliche Einrichtungen und Behörden berücksichtigt. Diese Norm beschreibt modellhaft das gesamte Qualitätsmanagementsystem und ist Grundlage für ein umfassendes Qualitätsmanagementsystem. Sie enthält die acht Grundsätze des Qualitätsmanagements: Kundenorientierung, Verantwortlichkeit der Führung, Einbeziehung der beteiligten Personen, Prozessorientierter Ansatz, Systemorientierter Managementansatz, Kontinuierliche Verbesserung, Sachbezogener Entscheidungsfindungsansatz, Lieferantenbeziehungen zum gegenseitigen Nutzen.

Als ergänzende Norm kann die *DIN EN ISO 9004:2009* (letzte Überarbeitung im Jahr 2009) eingeführt werden. Sie enthält einen Leitfaden zur Qualitätsverbesserung und wirkt unterstützend beim Aufbau eines umfassenden QM-Systems (TQM).

Mit der *DIN EN ISO 19011:2011* wird ein Leitfaden für das Auditieren von QM- und auch Umweltmanagementsystemen zur Verfügung gestellt. Audits sind interne und externe Prüfverfahren, die zur Zertifizierung nach einer bestimmten Norm führen.

Die genannten Normen gelten für alle Wirtschaftsbereiche. Wie oben angeführt, spielte die Automobil- und Automobilzulieferindustrie eine besondere Rolle bei der Entwicklung des QM. Entsprechende QM-Richtlinien sind daher teilweise älter als die ISO 9000 ff. In Deutschland gibt das Qualitäts Management Center (QMC) des Verbands der Automobilindustrie (VDA) die so genannten VDA 6.x-Richtlinien heraus, die als branchenspezifische Erweiterungen der DIN EN ISO 9001 zu betrachten sind.

Die VDA 6.1-Richtlinie wendet sich an Hersteller von Teilen, die in Fahrzeuge eingebaut werden und Lieferanten für Rohmaterial und Zubehör.

In der VDA 6.2-Richtlinie sind die Anforderungen an Dienstleistungsunternehmen in der Automobil-Branche formuliert. Autohäuser, Werkstätten, Ingenieurbüros oder auch Prototypenhersteller können Sie sich nach VDA 6.2. zertifizieren lassen.

Eine Zertifizierung nach VDA 6.4 ist geeignet für Maschinen- und Werkzeugbau-Unternehmen, die Fertigungsanlagen in der Automobilindustrie zuliefern.

In den USA war QS 9000 ein wichtiger Qualitätsstandard, gewissermaßen das amerikanische Analogon zu VDA 6.x.

Mittlerweile wurde die QS 9000 durch die ISO 16949 bzw. die ISO 9001 ersetzt.

Neben Normen und Richtlinien für die Automobilindustrie gibt es noch eine ganze Reihe branchenspezifischer Ansätze.

Grundlegender Bestandteil der QM-Normen und insbesondere der DIN EN ISO 9001 ist der sogenannte PDCA-Zyklus, auch Deming-Kreis genannt, der aus den Phasen Plan (P) - Do (D) - Check (C) - Act (A) besteht, siehe Abbildung 1-1.

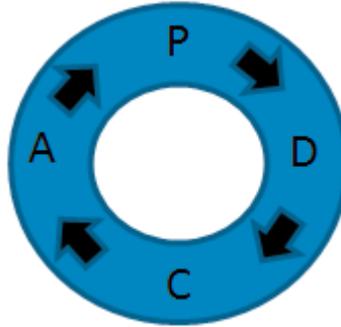


ABBILDUNG 1-1 Deming-Kreis

In der Plan-Phase geht es um die Qualitätsplanung: Auf der Grundlage einer Problem-beschreibung und -bewertung werden Ist- und Soll-Zustand analysiert. Als Ergebnis dieser Phase kann ein Konzept zur Verbesserung des Ist-Zustands vorliegen.

Zentrales Instrument der Do-Phase (Tun, Durchführen) ist ein so genannter Maßnahmenplan, der festlegt, wer bis wann was wie zu erledigen hat. Wichtig ist, dass diese Maßnahmen oftmals einen provisorischen Charakter aufweisen und nur in Teilbereichen oder Pilotprojekten umgesetzt werden, da der Erfolg ja erst noch nachzuweisen ist.

Die Check-Phase umfasst Verfahren zum Überprüfen der erarbeiteten Maßnahmen. Im Einzelnen werden Produkte und Prozesse hinsichtlich der Anforderungen gemessen und geprüft. Neben den Prüfmaßnahmen ist auch die Dokumentation der Resultate Gegenstand dieser Phase.

In der Act-Phase – im Deutschen wird „Act“ am besten mit Umsetzen oder Handeln übersetzt – geht es um das Setzen höherer Qualitätsstandards. Hierbei ist die Anwendung von Maßnahmen zur ständigen Verbesserung wichtig. Ein höherer Standard wird nur erreicht, wenn früher gemachte (und bereinigte) Fehler zukünftig ausgeschlossen werden können. Eine sogenannte Lessons learned-Liste, die alle bisher aufgetretenen Fehler und die Abstellmaßnahmen dokumentiert ist ein wichtiges Instrument der Act-Phase.

Zusammengefasst kann man auch von den Phasen

Qualitätsplanung – Produktrealisierung – Qualitätsauswertung – Qualitätsverbesserung

sprechen, siehe LINB (2011).

Mit dem PDCA-Zyklus werden die Phasen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) beschrieben. Anders als ein Projekt ist ein KVP nicht terminiert und sollte laufend umgesetzt werden. Qualität ist somit kein Ziel, sondern ein Prozess.

Kontinuierliche Verbesserung wird im Japanischen auch KAIZEN genannt:

KAI (Veränderung) + ZEN (zum Besseren) = KAIZEN.

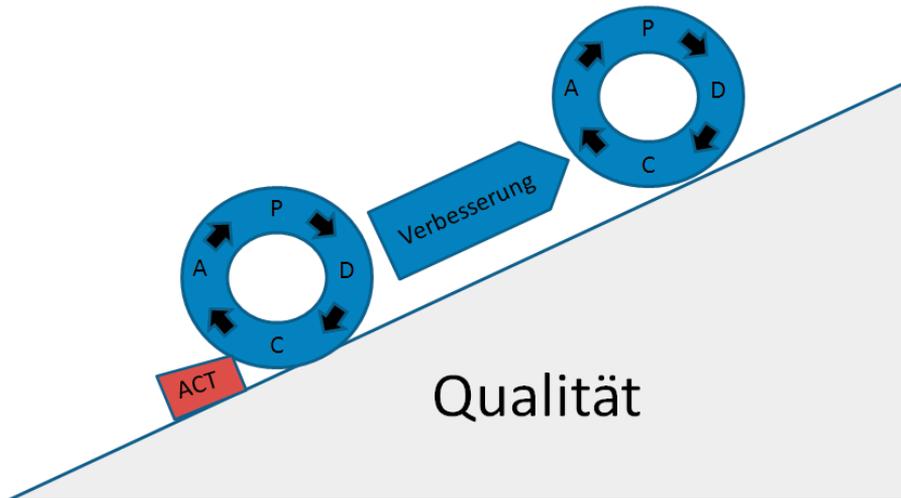


ABBILDUNG 1-2 KVP

Ziel des KVP ist eine Verbesserung in kleinen Schritten, die nie aufhört. An dieser Stelle lohnt es sich vielleicht den Fußballtrainer Jürgen Klinsmann zu zitieren, der bei seinem Arbeitsantritt bei den Münchner Bayern davon sprach, jeden Spieler jeden Tag ein bisschen besser machen zu wollen, und der damit den KVP-Grundgedanken treffend beschrieben hat.

Abbildung 1-2 zeigt, dass auch zum Halten eines erreichten Qualitätsstandards Aufwand, d. h. Qualitätsmaßnahmen im Rahmen eines Deming-Kreises, notwendig sind.

TQM basiert auf einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess, der in Form sich stetig wiederholender PDCA-Zyklen abläuft. Ziel ist es, kontinuierlich kleine Verbesserungen zu realisieren.

2

Statistische Grundlagen

Die Statistik lässt sich in zwei Teilgebiete aufgliedern. In der deskriptiven oder beschreibenden Statistik werden Kennzahlen ermittelt und Daten werden grafisch dargestellt. In den 1970er Jahren wurde die deskriptive Statistik von John W. Tukey zur Explorative Datenanalyse (EDA) weiterentwickelt, insbesondere zur Identifikation von Strukturen und zur Vorauswahl weiterführender statistischer Methoden.

Das zweite Teilgebiet bildet die schließende oder analytische Statistik. Hier geht es um die Herleitung, Analyse und Modellierung von Strukturen und Zusammenhängen zwischen Variablen.

■ 2.1 Deskriptive Statistik und explorative Datenanalyse

Grundlage statistischer Methoden sind so genannte zufällige Merkmale, die auch Zufallsvariablen oder Zufallsgrößen genannt werden. Zunächst ist ein Merkmal eine kennzeichnende Eigenschaft einer statistischen Einheit, des sogenannten Merkmals-trägers. In Abschnitt 1.1 wurden mit Qualitätsmerkmalen spezielle Merkmale eingeführt. Ist dieses Merkmal zufällig, so spricht man von einer Zufallsvariablen, einer Zufallsgröße oder einem zufälligen Merkmal. Ein konkreter Mess- oder Beobachtungswert einer Zufallsvariable heißt Realisierung. Mögliche Realisierungen, die auftreten können, nennt man Merkmalsausprägungen.

Qualitätsmerkmale können in der Qualitätssicherung als zufällig angesehen werden, da beispielsweise aufgrund des Einflusses von Umweltbedingungen, Störgrößen und Messungenauigkeiten nicht alle betrachteten Einheiten identische Werte aufweisen.

Ganz entscheidend für die Anwendung von statistischen Methoden sind der Typ und die Skalierung eines zufälligen Merkmals.

Man unterscheidet zunächst zwei Typen von zufälligen Merkmalen:

Qualitative Merkmale und ihre Ausprägungen können nicht direkt durch Zahlen ausgedrückt werden. Beispiele hierfür sind das Merkmal Geschlecht mit den Ausprägungen männlich und weiblich sowie das Qualitätsmerkmal Fehlerart bei der Qualitätskontrolle vor Auslieferung eines PKW. Mögliche Ausprägungen sind hier Lackfehler, zu große Spaltmaße und Klappergeräusche.

Quantitative Merkmale sind Merkmale, deren Ausprägungen in bestimmten Zahlen oder Maßeinheiten gemessen werden können. Ganz offensichtlich gehören alle Qualitätsmerkmale, die messtechnisch erfasst werden, zu diesem Typ.

Qualitative Merkmale können *quantifiziert* werden. Jeder qualitativen Ausprägung wird dabei ein Zahlenwert zugewiesen, bei obigem Beispiel etwa dem Lackfehler die 0, den Spaltmaßen die 1, den Klappergeräuschen die 2, usw. Allerdings kann eine solche Quantifizierung zu Problemen führen; etwa wenn eine statistische Methode dann von einem quantitativen Merkmal ausgeht und Operationen durchführt, die sich nicht mehr interpretieren lassen. Im einfachsten Fall ist nach einer Quantifizierung eine Mittelwertbildung möglich, die aber ganz offensichtlich keinen Sinn macht, da es keine Fehlerart mit Kommawert wie z. B. 1,5 gibt.

Um die verschiedenen Ausprägungen eines Merkmals nach einheitlichen Kriterien angeben, messen und skalieren zu können, muss eine *Skalierung* vorgenommen werden. Folgende Skalen sind möglich:

Nominalskala: Nominal skalierte Merkmalsausprägungen werden verbal beschrieben. Im Allgemeinen gibt es keine Rangordnung unterschiedlicher Ausprägungen.

Beispiele sind das Geschlecht, die Staatsangehörigkeit von Mitarbeitern oder die Schicht bei einem Mehrschichtbetrieb.

Ordinalskala: Ordinal skalierte Merkmalsausprägungen werden verbal beschrieben. Allerdings gibt es eine Rangordnung unterschiedlicher Ausprägungen. Ein typisches Beispiel hier sind Schulnoten, da die Ausprägung „sehr gut“ ganz offensichtlich besser ist als die Ausprägung „ausreichend“. Im Qualitätsmanagement spielt die Ordinalskala bei der Bewertung von Kunden, Lieferanten und Mitarbeitern eine wichtige Rolle. Das Qualitätsmerkmale Lieferantenstatus mit den 3 Ausprägungen A-Lieferant (höchste Zuverlässigkeit), B-Lieferant (akzeptable Zuverlässigkeit) und C-Lieferant (Zuverlässigkeit nicht gegeben) wird sinngemäß in vielen Unternehmen verwendet.

Nominal und ordinal skalierte Merkmale werden auch als kategoriale oder attributive Merkmale bezeichnet.

Bei *metrischen Skalen* liegen Zahlen als Ausprägungen vor. Metrische Skalen sind die natürlichen Skalen quantitativer Merkmale. Eine Rangordnung ist immer definiert. Die Differenzbildung ist stets möglich.

Die metrische Skalierung wird weiter unterteilt in die:

- *Absolute Skalierung:* Eine natürliche Einheit und ein natürlicher Nullpunkt sind hier gegeben. Anzahlen (Fehleranzahl pro Schicht, Fehltag eines Mitarbeiters, etc.) sind stets absolut skaliert.
- *Verhältnis-Skalierung:* Es gibt einen natürlichen Nullpunkt, aber keine natürliche Einheit. Merkmale, die sich auf Entfernungen, Längen und Geschwindigkeiten beziehen sind Verhältnis-skaliert. Das Qualitätsmerkmale Dicke der Lackschicht weist eine natürlich Null auf (keine Schicht vorhanden). Die Dicke der Schicht kann allerdings in m, mm, Inch oder einer beliebigen anderen Einheit angegeben werden.