

Statistik im Wandel der Zeit

Dr.-Ing. Edgar Dietrich, Q-DAS® GmbH & Co. KG

In dem folgenden Beitrag möchte ich einen Rückblick über die Veränderung beim Einsatz von statistischen Verfahren in der industriellen Produktion im Laufe der letzten 25 Jahre geben.

Vor 1980

Natürlich wurden statistische Verfahren auch vor meinem Erfahrungszeitraum angewandt. Hier kann ich insbesondere auf den Beitrag von Professor Masing, den er anlässlich des Q-DAS® Anwendertreffens am 26. November 2003 in Weinheim gehalten hat, verweisen – übrigens vor seinem Tod der letzte öffentliche Vortrag. Das Thema war „Statistik als Basis qualitätsmethodischen Denkens und Handelns“, ein Beitrag, den ich jedem, der sich für die historische Entwicklung der statistischen Verfahren interessiert, ans Herz legen kann. Den Beitrag finden Sie in seinem Handbuch „Qualitätsmanagement“ in der 5. Auflage oder auf der Q-DAS® Homepage unter <http://www.q-das.de/de/kompetenzcenter/masing-video/> als PDF Datei und als Video.



Grundlage der statistischen Verfahren

In Deutschland haben Mitte der 90er Jahre folgende Bücher diesen Themenbereich abgedeckt:

- „Formeln und Tabellen der angewandten mathematischen Statistik“ von Graf, Henning, Stange, Wilrich, Springer Verlag
- „Statistische Verfahren für Technische Messreihen“ von Dr. John, Carl Hanser Verlag.
- „Statistische Methoden der Qualitätssicherung“ von Rinne, Mittag, Carl Hanser Verlag.

Diese Bücher waren naturgemäß eher theoretisch gehalten und daher zunächst für den Leser aus der Praxis nur schwer verständlich.

Wenn man sich mit statistischen Verfahren in der industriellen Produktion auseinandersetzt, so muss der ame-

rikanische Physiker Walter Shewhart genannt werden, der während seiner Tätigkeit bei Bell Telephone Company die statistischen Verfahren zur Beurteilung von qualitätsrelevanten Vorgängen erdacht hat und diese in der Praxis umsetzte. Er gilt daher als Vater von SPC (Statistical Process Control).



Walter Shewhart, geb. 18. März 1891 in New Canton, Illinois; † 11. März 1967 in Troy Hills, New Jersey

Seine beiden Bücher

- Economic Control of Quality of Manufactured Product (1931)
- Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control (1939)

sind auch heute noch die Basis der aktuell angewandten Verfahren.

Es war die Firma Ford, die Anfang der 90er Jahre die sogenannte Q101 Qualitätssystem-Richtlinie herausgegeben hat. Diese galt für die Eigenfertigung und für Kaufteil-Lieferanten des Produktions- und Ersatzteilebedarfs. Bestandteil der Q101 war das Thema SPC (Statistical Process Control) basierend auf der Theorie von Walter Shewhart, das in einem eigenen Instruction Guide detailliert beschrieben wurde. Ergänzende Richtlinien wie „SPC für dimensionsloses Material“ oder „Statistische Grundlagen für die Attributivprüfung“ waren begleitende Dokumente. Damit mussten sich die Zulieferer der Firma Ford auseinandersetzen. Bei Audits wurde überwacht, inwieweit die beschriebenen Ver-

fahren umgesetzt und angewandt werden. Die Anwendung von SPC war wesentlicher Bestandteil der Bewertung der Zulieferer. Ford Europe hatte für die Erstellung der Richtlinie und deren kontinuierlichen Weiterentwicklung in England eigens eine Stelle eingerichtet. Diese Funktion hatte in den 90er Jahren Manfred Martelock inne.



In Deutschland

wurde SPC und die dabei verwendeten statistischen Verfahren viel stärker hinterfragt als das ursprünglich in den USA der Fall war. Dort hat man in erster Linie die Philosophie vertreten: „Die Prozesse sind so einzustellen, dass sie normalverteilt sind und Stabilität in der Shewhart Qualitätsregelkarte aufzeigen.“ Abweichungen davon sind nicht zulässig bzw. müssen die absolute Ausnahme darstellen. Was aus verschiedensten Gründen aber oft nicht realistisch bzw. überhaupt nicht möglich ist. Werden die vorgegebenen Verfahren eins zu eins umgesetzt, die Merkmalswerte mittels Messsystem erfasst, die beschriebenen Kennzahlen berechnet und mit vorgegebenen Grenzwerten verglichen ohne zu hinterfragen, ob die Ergebnisse mit der Realität übereinstimmen, kann es zu erheblichen Fehlinterpretationen kommen.

Viele deutsche Firmen haben so gefundene Ergebnisse mit der Realität verglichen und mussten feststellen, dass diese nicht übereinstimmen. So hatte man beispielsweise eine 100%-Prüfung durchgeführt, einen Fähigkeitskennwert von 1,39 errechnet und in Wirklichkeit ergab sich 10% Ausschuss. Das Gleiche konnte auch umgekehrt passieren, dass man bei einer 100%-Prüfung 0% Ausschuss hatte, aber der Fähigkeitskennwert wies 0,9 aus. Dies konnte nicht sein. Daher sind viele Diskussionen entstanden, wie z.B.:

- Welche Wahrscheinlichkeitsverteilung ist zutreffend?
- Wie geht man mit einseitig begrenzten Merkmalen um?
- Gelten die Stabilitätskriterien der Shewhart Regelkarte auch bei nicht normalverteilten Messwerten?

- Was ist die sinnvolle Formel zur Berechnung der Fähigkeitskennwerte?
- Welche Grenzwerte sind für welche Merkmale überhaupt sinnvoll?
- usw.

Da diese Fragen nicht gelöst waren und die Zulieferer trotzdem dazu angehalten wurden, SPC umzusetzen, wurden häufig nur solche Merkmale ausgewählt, die man seinem Kunden ohne schlechtes Gewissen vorzeigen konnte. Daher wurde aus dem Begriff „SPC“ sehr schnell „Show Programm for Customers“.

Die DGQ prägt in Deutschland das Thema Statistik

In Deutschland wurde das Thema Statistik sehr stark durch die Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. in Frankfurt geprägt. Die DGQ hat in den 90er Jahren den QII Lehrgang angeboten. Dabei handelt es sich um einen vierwöchigen Lehrgang, in dem die verschiedensten statistischen Themen (Grundlagen Statistik, Testverfahren, Stichprobensysteme, Qualitätsregelkarten und Wahrscheinlichkeitsverteilung) vermittelt werden. Inhaltlich verantwortlich zeichnete sich der allzu früh verstorbene Rainer Franzkowski.



Er war zum damaligen Zeitpunkt, was das Thema Statistik anbelangt, in Deutschland das Maß der Dinge. Er war auch in der nationalen und internationalen Normierung sehr aktiv. Mehrere statistische Normen sind in seinem Umfeld damals entstanden. Der QII Lehrgang endete mit einer Prüfung, dem sogenannten QII-Schein. Wer sich weiter qualifizieren wollte, konnte den einwöchigen Lehrgang zum Instruktor anfügen. Der Vorteil dieser Ausbildung war die breite Grundlage bezüglich der statistischen Verfahren. Diese waren wesentlich breiter gefächert als die Vorgaben aus dem SPC Manual der Firma Ford. Die statistischen Methoden, korrekt angewandt, gaben Antwort auf die oben

angesprochene Diskrepanz zwischen den Fähigkeitskennwerten und der Realität. Eine Software auf dieser Basis gab es zum damaligen Zeitpunkt nicht.

Alfred Schulze und ich haben mit unserem Wissen aus diesem Umfeld noch vor der Gründung der Firma Q-DAS® Softwarekomponenten basierend auf allgemeinen statistischen Grundlagen realisiert. Als wir mit unserem ersten Produkt qs-STAT® 1989 in den Markt eingetreten sind, gab es bereits über 100 SPC Softwareprogramme. Diese wurden von Herstellern von SPC-Systemen, CAQ-Systemen und Herstellern von Messgeräten angeboten. Die Vielzahl kam insbesondere aus DV-technischen Gründen zustande. Zur damaligen Zeit war das Betriebssystem DOS Stand der Technik. Die Kommunikation zwischen zwei verschiedenen Programmen, wie man das heute in einer Windows-Umgebung kennt, war damals nicht üblich, bzw. auch technologisch nur schwer realisierbar. Von daher waren die jeweiligen Anbieter quasi gezwungen, ihre eigene SPC-Software zu haben. Diese bestanden in erster Linie aus der Berechnung von Fähigkeitskennwerten basierend auf einer Normalverteilung und die Darstellung der Werte in Qualitätsregelkarten basieren auf der Shewhart-Theorie. Diese waren alle, wie man so schön neu-Deutsch heute sagt, „in line“ mit den Richtlinien der Firma Ford, gaben aber keine Antwort auf die oben beschriebene Problematik.

Q-DAS® tritt in den Markt ein

Mit qs-STAT® haben wir eine breite Basis von statistischen Verfahren angeboten. Konsequenterweise konnten wir die reale Situation, sei es bei Maschinenabnahmen oder bei Langzeitbetrachtungen der jeweiligen Prozesse die statistischen Verfahren anbieten, die für den konkreten Fall auch zu nachvollziehbaren und korrekten Ergebnissen führten. Hier seien exemplarisch nur zwei typische Beispiele erwähnt:

- Einseitig begrenzte Merkmale neigen dazu, aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften nicht normalverteilt zu sein (typische Beispiele sind alle Form- und Lagemaße). Konsequenterweise kann für die Bestimmung der Fähigkeitskennwerte keine Normalverteilung angewandt werden. Realistische Kennwerte liefern eingipflige schiefe Verteilungen wie z.B. Log.-Normal, Pearson oder Johnson-Transformation.
- Bei Werkzeugen mit mehreren Nestern ist die Streuung der Teile innerhalb eines Nestes in der Regel relativ klein, allerdings die Lage aufgrund der Herstellungstoleranzen der jeweiligen Nester sehr unterschiedlich. Konsequenterweise können hier auch keine Shewhart-Karten im klassischen Sinne verwendet werden. Das gleiche gilt für die Bestimmung der Fähigkeitskennwerte. Um auch für solche Situationen realistische Kennwerte berechnen und Prozesse mit sinnvollen Eingriffsgrenzen

überwachen zu können, hat Q-DAS® die Mischverteilung und die Shewhart-Karten mit erweiterten Grenzen entwickelt.

Als wir Präsentationen unserer Software insbesondere bei Seminaren und bei Großkunden vorgeführt haben, erkannten die Teilnehmer sehr schnell, dass dieses Werkzeug korrekte Antworten auf die bisher ungelösten Fragen gibt. Dadurch hat sich die Akzeptanz für den Einsatz von SPC stark erhöht. Konsequenterweise wurden im Laufe der darauffolgenden Jahre immer mehr Richtlinien von Großkonzernen erstellt, die auf die von Q-DAS angebotenen Funktionalitäten zurückgegriffen haben.

Ford entwickelt Testbeispiele für Software

Auch bei Ford hat man sehr schnell erkannt, dass die zum damaligen Zeitpunkt durchaus übliche „Rechnergläubigkeit“ für den Einsatz von SPC nicht geeignet ist. Daher sollten die vielen Anbieter von SPC-Systemen überprüft werden, ob sie für die jeweilige Situation die realen Sachverhalte korrekt beschreiben. Gleichzeitig wurden die ergänzende Richtlinie „Prozessfähigkeit“ herausgegeben, bei der auch für nicht normalverteilte Prozesse zutreffende Fähigkeitskennwerte berechnet werden konnten. Um deren Einhaltung zu überprüfen, wurden die sogenannten Ford Testbeispiele entwickelt. Diese haben typische Prozesssituationen enthalten. Dazu wurden für jeden Prozessstyp Datensätze zur Verfügung gestellt und die jeweiligen Ergebnisse sowie beschreibende Grafiken publiziert. Da die Testbeispiele von Herrn Martelock zusammen mit Q-DAS® entwickelt wurden und die grafischen Darstellungen sowie die Kennwerte mit qs-STAT® berechnet wurden, ist unser Bekanntheitsgrad innerhalb Europas sprunghaft angestiegen. Denn alle Hersteller von SPC Systemen waren fortan gezwungen, den Nachweis zu führen, dass sie in der Lage sind, diese Testbeispiele korrekt umzusetzen. Software, die diese Eignung nicht nachweisen konnte, wurde bei Ford nicht mehr akzeptiert.

Nowak liefert den Beweis

Herr Hartmut Nowak von der Mercedes Car Group leitete eine repräsentative Studie mit über 1000 verschiedenen Prozesssituationen. Er erhielt von unterschiedlichen Firmen und Anwendungsfällen die jeweiligen Dateien. Die detaillierte Analyse und Auswertung der Dateien zeigte, was das Bauchgefühl bereits zum Ausdruck brachte – dass nur 20% der Pro-



zesse normalverteilt und stabil im Sinne der Shewhart Qualitätsregelkarte waren.

Mit den Werkzeugen und statistischen Verfahren von Q-DAS[®], die in qs-STAT[®] realisiert sind, konnte die überwiegende Anzahl nicht normalverteilter Prozesse korrekt beschrieben und beurteilt werden. Die Zusammenhänge zwischen Theorie und Praxis waren damit nachvollziehbar.

Messgeräte geraten in den Fokus

Nachdem bei vielen Firmen SPC eingeführt wurde und erste Erfahrungen vorlagen, stellte man sehr schnell fest, dass die verwendeten Messgeräte bzw. der Messprozess einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat. Kennt man die Unsicherheit bzw. die Fähigkeit eines Messprozesses nicht, kann nicht unterschieden werden zwischen der Streuung aufgrund des Prozesses oder aufgrund des Messsystems. Daher wurden Anfang der 90er Jahre sehr schnell Richtlinien zu dem Thema MSA (Measurement System Analysis) erstellt. Ähnlich wie für SPC haben alle Großkonzerne und wesentliche Zulieferer der Automobilindustrie ihre eigenen Richtlinien zu diesem Themenbereich erarbeitet und publiziert.

Aus Q101 wird QS-9000

In den USA haben 1994 die Big Three (Chrysler, Ford und General Motors), wie sie auch genannt wurden, die Richtlinie Quality System Requirements QS-9000 veröffentlicht. Bestandteil dieser Requirements waren die Anwendung von SPC und MSA. Wie diese Verfahren umzusetzen sind, wurde bereits in den Reference Manuals „Fundamental Statistical Process Control“ und „Measurement System Analysis“ beschrieben. Insbesondere das SPC Manual basierte weitestgehend auf der SPC Richtlinie von Ford. Das MSA Reference Manual wurde neu erstellt und war wesentlich umfangreicher als die MSA Richtlinien der Firma Ford. Mit der Herausgabe der QS-9000 waren Ende des letzten Jahrhunderts plötzlich alle Zulieferer von Chrysler, Ford und General Motors gezwungen, ihr Qualitätsmanagementsystem auf dieser Basis zu errichten und die Anforderungen aus den beiden Manuals SPC und MSA zu erfüllen.

Q-DAS[®] automatisiert Auswertungen

Q-DAS[®] hat in qs-STAT (für SPC) und in solara (für MSA) die darin beschriebenen Anforderungen erfüllt und darüber hinaus weitere hilfreiche statistische Funktionalitäten angeboten. Ein besonderes Merkmal war die automatisierte Auswertung. Q-DAS[®] hat verschiedene statistische Verfahren so aneinander gereiht, dass es möglich ist, basierend auf irgendeinem Datensatz das geeignete Verteilungsmodell sowie die zutreffende Qualitätsregelkarte mit den sinnvollen Berechnungsformeln für die Fähigkeitskennwerte automatisch zu bestimmen. Dadurch wurde bei vielen Anwendern die Akzeptanz, statistische Verfahren anzuwenden, sehr

stark erhöht. Damit war nur noch erforderlich, die Daten zu erfassen, in qs-STAT[®] zu übertragen, automatisch auswerten zu lassen und anschließend die Ergebnisse darzustellen. Konsequenterweise besteht nur noch die Anforderung, die Ergebnisse zu interpretieren, ohne im Detail zu wissen, welche statistische Verfahren sich genau dahinter verbergen. Da Q-DAS[®] bereits Ende des 20. Jahrhunderts über 15 Landessprachen angeboten hat, war die Basis für die internationale Verbreitung unserer Software gegeben.

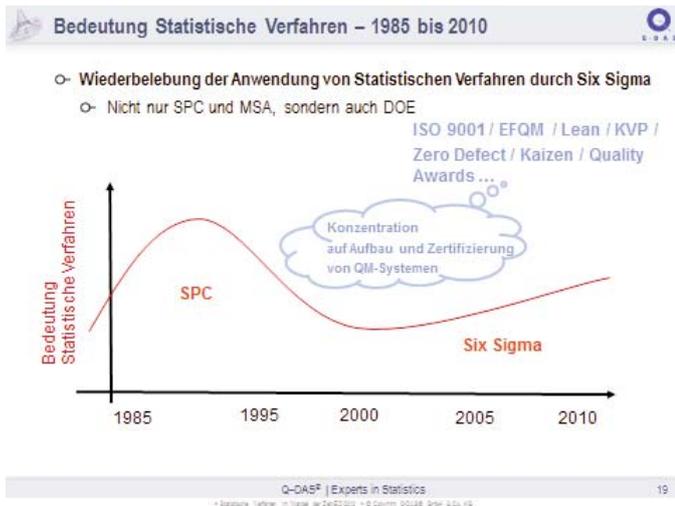
ISO/TS 16949 entsteht

Die Zulieferer der Automobilindustrie zur damaligen Zeit mussten sich nicht nur mit der QS-9000 auseinandersetzen, sondern auch mit Anforderungen von nationalen Verbänden wie der VDA Band 6 oder aus dem französischen Umfeld der CNOMO Norm bzw. in Italien mit den Vorgaben der ANFIA. Die Zulieferer standen damit vor der Herausforderung, je nach Kunde dessen Qualitätsanforderungen umsetzen zu müssen. Daher wurde von einer Task Force der Automobilindustrie die ISO/TS 16949 entwickelt. Diese lautet „Quality Management Systems – Particular Requirements for the Application of ISO 9001 for Automotive Products and Relevant Service Part Organizations“. Heute ist für alle Zulieferer der Automobilindustrie diese Technical Specification das Maß der Dinge und muss in jedem Unternehmen umgesetzt sein. Die Anforderungen innerhalb der ISO/TS 16949 bezüglich SPC und MSA sind weit gefasst. Es wird allerdings gefordert, dass diese Instrumente angewandt werden. Welche Reference Manuals im konkreten Fall zum Tragen kommen, überlässt die 16949 dem jeweiligen Anwender. Dies sind entweder die Firmenrichtlinien der Großkonzerne bzw. das SPC Manual der AIAG bzw. bei den deutschen Automobilherstellern ist es der VDA 4 Band und bezüglich der Eignungsnachweise von Messprozessen ist es heute der VDA 5 Band bzw. die 4. Ausgabe der MSA.

Das Auf und Ab der statistischen Verfahren

Sicherlich war die Hochphase bei der Einführung von SPC Anfang der 90er Jahre. Dies lässt sich beispielsweise in Deutschland an den Teilnehmerzahlen der besuchten QII Lehrgänge (siehe Jahresbericht der DGQ) sehr gut messen. Je mehr die Firmen sich dann mit der Umsetzung ihres Qualitätsmanagementsystems basierend auf ISO 9001 bzw. dann später ISO/TS 16949 bzw. in der dazwischen liegenden Zeit mit QS-9000, VDA 6 usw. auseinandergesetzt haben, wurde die Bedeutung der statistischen Verfahren in den Hintergrund gedrängt. Die Denkweise war, dass man mit ausreichend präventiven Maßnahmen die Prozesse so steuern kann und damit alle Qualitätsanforderungen erfüllt werden. Dies hat sich allerdings als ein Irrtum herausgestellt.

Deswegen wurde insbesondere mit der Einführung von Six Sigma Ende des 20ten Jahrhunderts den statistischen Verfahren wieder höhere Bedeutung beigemessen. Das



heißt, man hat sich wieder stärker auf die realen Prozesse konzentriert. Mit der Umsetzung von Projekten basierend auf dem 5 Phasen DMAIC (Define/ Measure/ Analysis/Improve/Control) wurden den klassischen Methoden wie SPC und MSA wieder höhere Bedeutung zugemessen. Hinzu kam insbesondere in der Improve-Phase das Thema Design of Experiments mit den Bereichen Versuchsplanung, Regressions- und Varianzanalysen. Neben dem DMAIC für Verbesserung bestehender Prozesse mit Projekten ist im Laufe der Zeit immer stärker das Thema DFSS (Design for Six Sigma) für die Entwicklung neuer Produkte und Prozesse in den Vordergrund gerückt. Auch dieses bedient sich vieler statistischer Verfahren.

Nationale/internationale Normierung statistischer Verfahren

Bei der ISO ist das Task Committee 69 für die Statistiknormen verantwortlich. Das entsprechende Spiegelgremium beim DIN (Deutsches Institut für Normung) ist das Gremium NQSZ 2. In dem Technical Report ISO/TR 13425 sind alle statistischen Verfahren, mit denen sich das TC 69 auseinandersetzt, beschrieben. Einen Überblick über diese Normen finden Sie auf www.q-das.de unter „Kompetenzcenter Statistik“ „Normen und Richtlinien“. Weiter ist der Technical Report ISO/TR 13007 zu erwähnen. Darin sind insgesamt 12 typische statistische Methoden kurz erläutert. Darüber hinaus sind typische Anwendungsfälle, aber auch die Grenzen der Verfahren aufgezeigt. Bezüglich SPC und MSA sind erst im Laufe der letzten 10 Jahre Normen entstanden. Mit Ausnahme zweier Normen zu dem Thema Qualitätsregelkarten (Shewhart-Regelkarten und Annahmeregeln) waren seitens der internationalen Normierung wenig Aktivitäten in dem genannten Anwendungsbereich. Hinzu kommt, dass die Entstehung von internationalen Normen sehr langwierig ist. Ein Durchlauf von zwei bis drei Jahren ist als sehr schnell zu bezeichnen.

Mittlerweile sind Normenreihen entstanden, die den angesprochenen Themenbereich SPC und MSA sowie Six Sigma abdecken:

- ISO 7880 ff. Qualitätsregelkarten
- ISO 14253 ff. Maschinen- und Prozessfähigkeit
- Teil 7 Eignungsnachweise von Messprozessen
- ISO 13053 ff. zum Thema Six Sigma.

Statistische Verfahren in der Zukunft

Aufgrund der vorhandenen Softwarepakete, erwartet der Anwender heute bezüglich der statistischen Verfahren eine Black Box. Er ist verantwortlich für die Datenerfassung und den Datenaustausch mit dieser Black Box. Diese Black Box ist von außen so konfigurierbar, dass sie Anforderungen der jeweiligen Firmen aus Richtlinien heraus einstellen kann und dementsprechend die Auswertung basierend auf diesen Vorgaben durchgeführt werden. Hauptaufgabe eines Anwenders ist dann die Erstellung der gewünschten Kennzahlen und insbesondere die Interpretation der Kennzahlen und Einleitung von ggf. erforderlichen Maßnahmen. Dies gilt sowohl für den Themenbereich SPC (primär Qualitätsregelkarten und Fähigkeitskennwerte) als auch für den Bereich MSA Measurement System Analysis sowohl bei dem Neukauf von Messgeräten bzw. auch bei der kontinuierlichen Überprüfung über die Einsatzdauer der Messsysteme. Dabei ist unabdingbar, dass die jeweils verwendete Software validiert ist. Nur so werden statistische Auswertungen als vertrauensvoll akzeptiert. Dadurch können insbesondere global agierende Großkonzerne diese Software weltweit in den jeweiligen Werken einsetzen und sicher sein, dass die Berechnung auf einer gleichen Basis erfolgt. Werden insbesondere Reports und Ausgabemasken vereinheitlicht, so ist die Kommunikation zwischen Abteilungen, Bereichen, Werken, sehr einfach. Konsequenterweise sind insbesondere Benchmarks leicht zu erstellen. Was innerhalb von Firmen und Werken gilt, kann natürlich auch auf die Zulieferer übertragen werden. Hier gilt es insbesondere auf die Traceability Wert zu legen. Wenn heute im Feld Probleme mit Produkten oder Komponenten auftreten, muss der verantwortliche Lieferant innerhalb seiner Zulieferkette nachvollziehen können, wo das Problem verursacht wird. Dies gelingt dann sehr schnell und vertrauensvoll, wenn Zulieferer und Hersteller die gleichen Rechnungsmodalitäten benutzen, so dass die Ergebnisse für alle Beteiligten transparent nachvollziehbar sind.

Vor allem die Forderungen aus der Medizintechnik durch das Qualitätssystem der FDA (Food and Drug Administration) sind sehr hoch, insbesondere was die Veränderbarkeit von Daten und Auswertungen angeht. Es ist davon auszugehen, dass auch im Umfeld der Automobilindustrie früher oder später diese Anforderungen zum Tragen kommen werden.

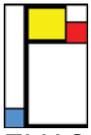
Damit reduzieren sich für den Anwender statistischer Verfahren seine Aufgaben auf folgende Bereiche:

- Er kennt die Verfahren sowie deren Anwendungsbereiche und Bedeutung
- Er ist anschließend in der Lage, die Ergebnisse zu interpretieren, zu bewerten und trifft die erforderlichen Entscheidungen
- Das Informationssystem bereitet die Ergebnisse aufgabenbezogen und anwendergerecht auf
- Die Informationen werden dediziert kommuniziert, so dass der jeweilige Nutzer der Ergebnisse einerseits mit Informationen nicht überhäuft wird und andererseits auch keine Informationen an ihm vorbei laufen.

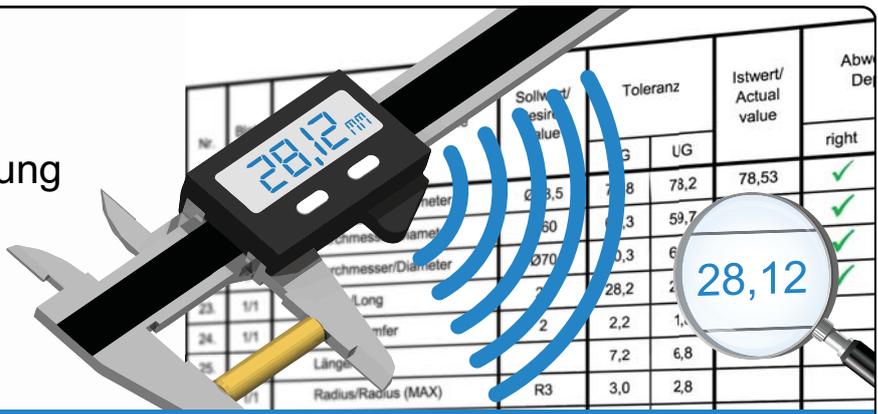
Über Anregungen, Ergänzungen, Fragen zu diesem Beitrag würde ich mich sehr freuen. Richten Sie diese bitte an Edgar.Dietrich@q-das.de.

Literatur

- [1.] A.I.A.G. – Chrysler Corp., Ford Motor Co., General Motors Corp.
Measurement Systems Analysis, Reference Manual, 4. Auflage. Michigan, USA, 2010.
- [2.] A.I.A.G. – Chrysler Corp., Ford Motor Co., General Motors Corp.
Quality System Requirements, QS-9000, 3. Auflage. Michigan, USA, 1998.
- [3.] A.I.A.G. – Chrysler Corp., Ford Motor Co., General Motors Corp.
Fundamental Statistical Process Control, Reference Manual, 3. Auflage. Michigan, USA, 2005.
- [4.] DGQ - Deutsche Gesellschaft für Qualität
Lehrgangunterlagen: QII. Statistische Methoden des Qualitätsmanagements.
Frankfurt, 2005.
- [5.] DIN - Deutsches Institut für Normung
DIN EN ISO 9000:2005:
Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe. Beuth Verlag, Berlin, 2005.
- [6.] DIN - Deutsches Institut für Normung
DIN EN ISO 9001:2008:
Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen.
Beuth Verlag, Berlin, 2008.
- [7.] DIN - Deutsches Institut für Normung
ISO/TS 16949:2002:
Qualitätsmanagementsysteme - Besondere Anforderungen bei Anwendungen von ISO 9001:2000 für die Serien- und Ersatzteil-Produktion in der Automobilindustrie.
Beuth Verlag, Berlin, 2002.
- [8.] Graf, Ulrich / Henning, Hans-Joachim / Stange, Kurt / Wilrich, Peter-Theodor.
Formeln und Tabellen der angewandten mathematischen Statistik. Springer Verlag Berlin, 1987.
- [9.] John, B.
Statistische Verfahren für Technische Messreihen.
Carl Hanser Verlag München, 1979.
- [10.] Masing, W. / Pfeifer, T. / Schmitt, R.
Handbuch Qualitätsmanagement, 5. Vollst. Neubearb. Auflage.
Carl Hanser Verlag München 2007.
- [11.] Rinne, H./Mittag, H.-J.
Statistische Methoden der Qualitätssicherung.
3. Überarbeitete Auflage.
Carl Hanser Verlag München, 1995.
- [12.] Shewhart, Walter.
Economic Control of Quality of Manufactured Product.
ASQC/Quality Press; Wiederveröffentlichung Dezember 1980.
- [13.] Shewhart, Walter.
Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control. Dover Publications Inc., 1986.
- [14.] VDA - Verband der Automobilindustrie
VDA Band 5: Prüfprozesseignung
VDA, Frankfurt, 2011.



infra - DAT
Kabellose
Messdatenübertragung



Übertragen Sie die Messdaten Ihrer Handmessmittel schnell und fehlerfrei per Funk.

CONTROL 2012, Halle 3, Stand 3111

ELIAS GmbH, Westring 303, 44629 Herne, Tel.: +49 2323 925 501, Fax: +49 2323 925 502, www.elias-gmbh.de, info@elias-gmbh.de