Total Quality Management (TQM)

- Qualitätsstrategien
- Qualitätstechniken im Rahmen von TQM
- Quality Function Deployment (QFD)
- Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)
- Zuverlässigkeitsmodellierung
- Qualitätszirkel
- FMECA
- Ursache-Wirkungs-Diagramm (Fishbone Chart, Ishikawa-Diagramm)
- Paretoanalyse
- Korrelationsdiagramm

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 1

Total Quality Management (TQM)

- DIN / ISO 8402 (1995):
  - Totales Qualitätsmanagement:
    "Auf der Mitwirkung aller ihrer Mitglieder basierende Führungsmethode einer Organisation, die Qualität in den Mittelpunkt stellt und durch Zufriedenheit der Kunden auf langfristigen Geschäftserfolg sowie auf Nutzen für die Mitglieder der Organisation und für die Gesellschaft zielt."

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 2

Qualitätsstrategien

- Null-Fehler-Programm (Zero Defects Concept)
  - Ein von P. B. Crosby entwickeltes Programm, das davon ausgeht, dass nur fehlerfreie Produkte wirklich akzeptabel sind.
  - Ziel ist ein fehlerfreies Produkt ohne Ausschuss und Nacharbeit. "Nicht die Erzeugung von Qualität verursacht Kosten sondern die Nichterfüllung von Anforderungen"
- Continuous Improvement Process (CIP), Kaizen
  - Von W. E. Deming in den 50-er Jahren in die japanische Industrie eingeführtes Programm, das die Produktivität und Qualität revolutioniert hat.
  - Umfasst das Prinzip der ständigen Verbesserung (Kaizen) und ein 14-Punkte-Programm (Management-Prinzipien).
  - Kaizen wird mit Hilfe des Deming-Zyklus realisiert (Plan-Do-Check-Act).
- Total Quality Control (Feigenbaum, 1961)
  - System zur Entwicklung, Aufrechterhaltung und Verbesserung der Qualität (Marketing, Entwicklung, Produktion, Kundendienst)

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 3

Qualitätsstrategien

- Company-Wide Quality Control (Ishikawa)
  - Konzept, das TQC wesentlich um die Komponente der Mitarbeiter-orientierung erweitert.
  - Ishikawa ist der Erfinder der Qualitätszirkel und der Fishbone-Charts (Ishikawa-Diagramm).
- Qualitäts-Trilogie
  - Von J. M. Juran entwickelter dreistufiger, systematischer, kontinuierlicher Prozess zur Qualitätssteigerung (Planung des Prozesses, Implementierung und Absicherung, Prozessverbesserung).

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 4

Qualitätssicherung und TQM

	Klassische Qualitätssicherung	TQM
Ziele	▪ Bessere Produkte ▪ Geringere Kosten	▪ Besseres Unternehmen ▪ Kundenzufriedenheit ▪ Flexibilität
Orientierung	▪ Produkt	▪ Markt ▪ Prozess
Organisation	▪ Starke Position der Qualitäts-sicherung	▪ Alle Aktivitäten sind auf Qualität fokussiert.
Qualitätsverantwortung	▪ Qualitätsbeauftragter	▪ Linienmanagement ▪ Jeder Mitarbeiter
Methode	▪ Messungen ▪ Kontrollen ▪ Fehlererfassung und Fehleraus-wertung	▪ Institutionalisiertes Programm zur Fehlerreduktion ▪ Prozessüberwachung und Prozess-optimierung ▪ Optimierung im eigenen Tätigkeits-bereich

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 5

Qualitätstechniken im Rahmen von TQM

- Methoden und Verfahren:
  - Quality Function Deployment (QFD)
  - Statistische Prozesskontrolle (SPC)
  - Zuverlässigkeitsmodellierung
  - Reviews, Inspektionen
  - Qualitätszirkel
  - Fehlermöglichkeiten- und Einflussanalyse (FMEA)
  - ...
- Techniken:
  - Fishbone Chart (Ishikawa-Diagramm)
  - Paretoanalyse
  - Qualitätsregelkarte (im Sinne von SPC)
  - Korrelationsdiagramm
  - ...

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 6

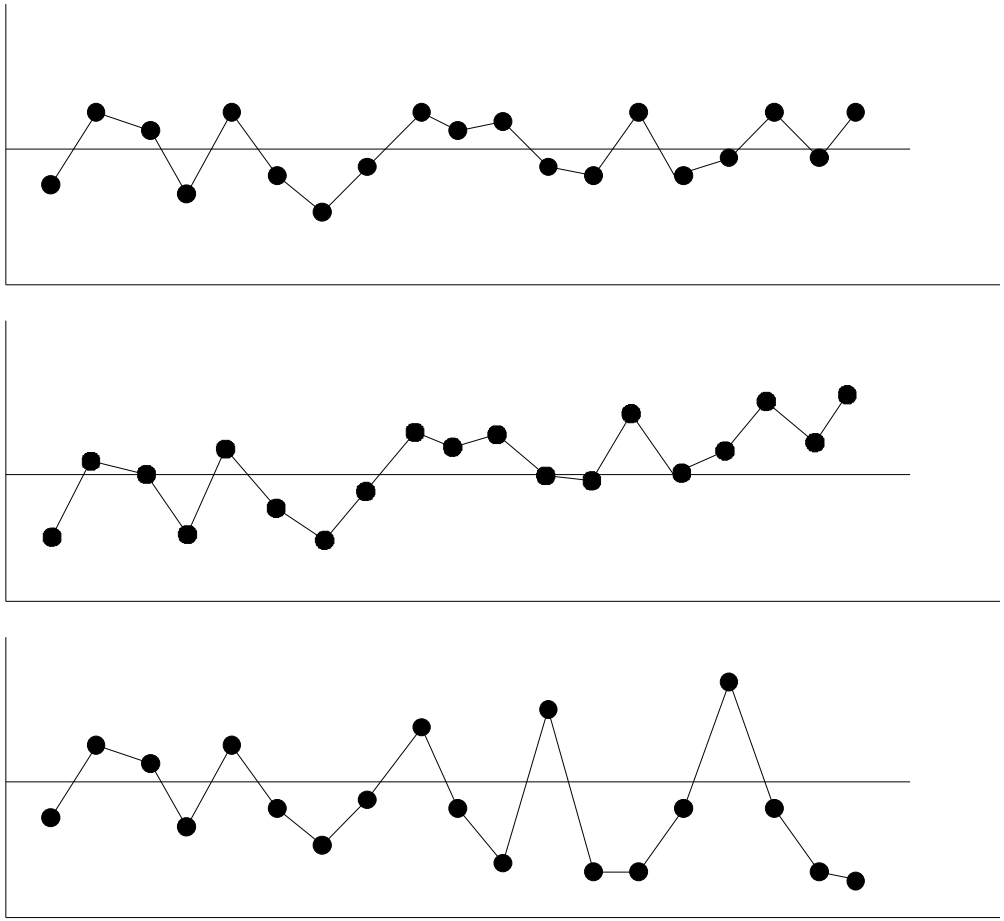
Quality Function Deployment (QFD)

- Vollständige Erhebung der Kundenanforderungen
- Gewichtung von Kundenanforderungen entsprechend ihrer Bedeutung für den Kundennutzen und den Geschäftserfolg
- Verfolgung von Anforderungen durch den Entwicklungsprozess (Transparenz, welche Aktivitäten mit welchen Kundenanforderungen in Beziehung stehen)
- Ressourcen werden im Zweifel zur Realisierung wichtiger Anforderungen bereitgestellt.
- Entspricht der starken Kundenorientierung von TQM, da im Grunde alles auf Kundenanforderungen zurückgeführt werden kann.

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 7

Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)

- Instrument zur Unterscheidung zwischen einer rein zufälligen Streuung von Prozess-Kennzahlen eines stabilen Prozesses und systematischen Veränderungen des Prozesses
  - Zufällige Streuung: Fertigungstoleranzen eines Frästeiles
  - Systematische Veränderung: Langsame Drift des Maßes durch Werkzeugabnutzung, sprunghafte Veränderung durch Einspannen eines falschen Fräskopfes
- Nutzt statistische Hilfsmittel
- Wird durchgeführt mit Hilfe der Qualitätsregelkarte



SPC in der Fertigung

- Fertigungstoleranzen aufgrund von Maschinengenauigkeit (z. B. Drehbank).
- Fertigungstoleranzen aufgrund von Prozessgenauigkeit (Materialqualität, Mitarbeiterqualifikation).
- Festgelegte tolerierbare Schwankungen, bei deren Überschreitung Teile Ausschuss sind.
- Wunsch, mit Stichproben als Qualitätskontrolle auszukommen, um auf die teure Überprüfung jedes Werkstücks (so genanntes Sortieren) verzichten zu können.
- In der Fertigung spricht man als Basis von SPC von der so genannten Maschinenfähigkeit und Prozessfähigkeit. Hier geht es um die Prüfung, ob eine Maschine oder ein Prozess überhaupt in der Lage sind, die geforderte Toleranz zu erzeugen.
- Stets Mischung aus systematischen Einflüssen (z. B. Werkzeugverschleiß, Zunahme des Spiels) und stochastischer Streuung (Maschinenqualität).
- **Anwendung von Mitteln der Statistik auf Stichproben zur Trennung von Rauschen und echter Veränderung.**

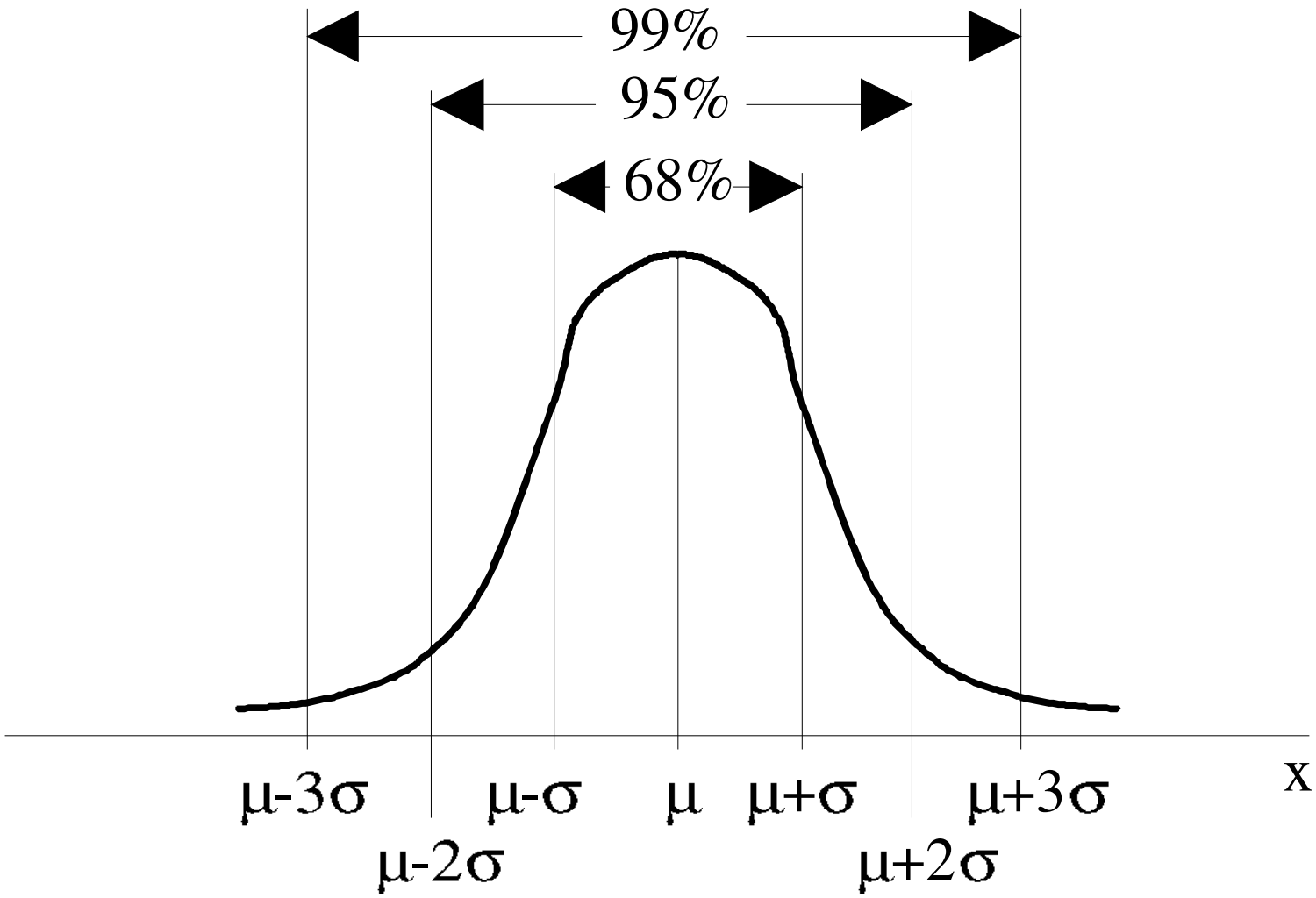
Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)

Beispiel: Normalverteilung

- Viele Merkmale unterliegen dieser Verteilung.
- Charakteristika:
  - Stichproben-Mittelwert $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$
  - Schätzung f. d. Standardabweichung $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}$
  - Standardabweichung $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \mu\right)^2}{n}}$

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 10

Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)
Die Normalverteilung



ENGINEERING SOFTWARE DEPENDABILITY

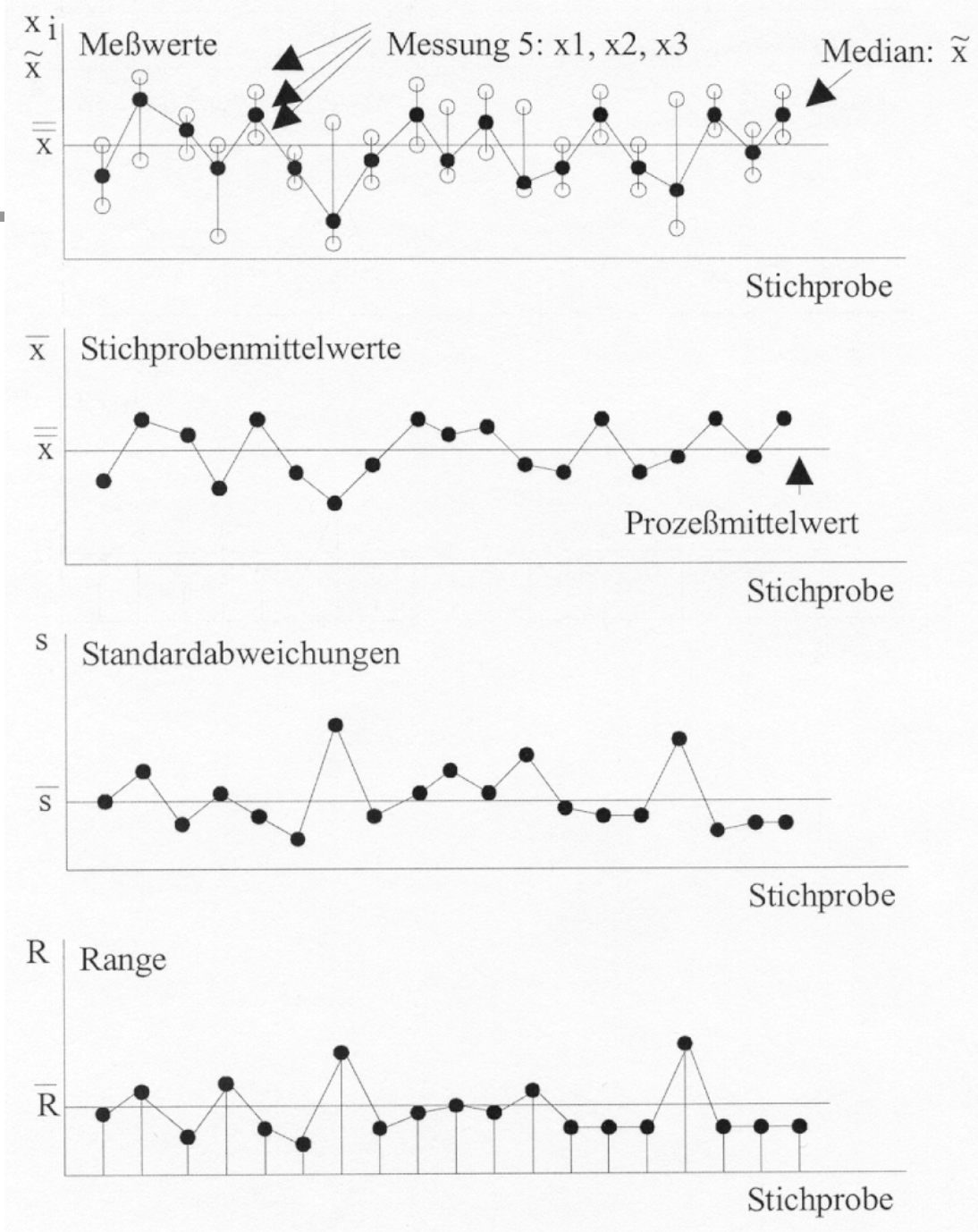
© Prof. Dr. Liggesmeyer, 11

Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)
Die Normalverteilung

- Die Wendepunkte der Kurve liegen $\mu - \sigma$ bei und bei $\mu + \sigma$
- Es kann erwartet werden (Fläche unterhalb der Kurve), dass ca.
  - 68 % aller Messwerte zwischen $\mu - \sigma$ und bei liegen $\mu + \sigma$
  - 95 % aller Messwerte zwischen $\mu - 2\sigma$ und bei liegen $\mu + 2\sigma$
  - 99 % aller Messwerte zwischen $\mu - 3\sigma$ und bei liegen $\mu + 3\sigma$
- In der Fertigung werden neben dem Mittelwert $\bar{x}$ einer Stichprobe und der Schätzung für die Standardabweichung s auch ihre Spanne R (Range) und der Median $\tilde{x}$ einschließlich der entsprechenden arithmetischen Mittelwerte $\bar{\bar{x}}, \bar{s}, \bar{R}, \bar{\tilde{x}}$ verwendet:
  - $R = x_{\max} - x_{\min}$
  - Der Median ist bei einer ungeraden Anzahl von Messwerten der mittlere Wert der nach Größe sortierten Messwerte. Bei einer geraden Anzahl von Messwerten in einer Stichprobe ist der Median das arithmetische Mittel der beiden mittleren Werte.
  - Der Prozessmittelwert $\bar{\bar{x}}$ ist der Mittelwert der Stichprobenmittelwerte $\bar{x}$.
- Die Werte $\bar{x}, \tilde{x}, R, s$ werden in Rahmen von SPC auf so genannten Qualitätsregelkarten dargestellt.

ENGINEERING SOFTWARE DEPENDABILITY
© Prof. Dr. Liggesmeyer, 12

Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)



© Prof. Dr. Liggesmeyer, 13

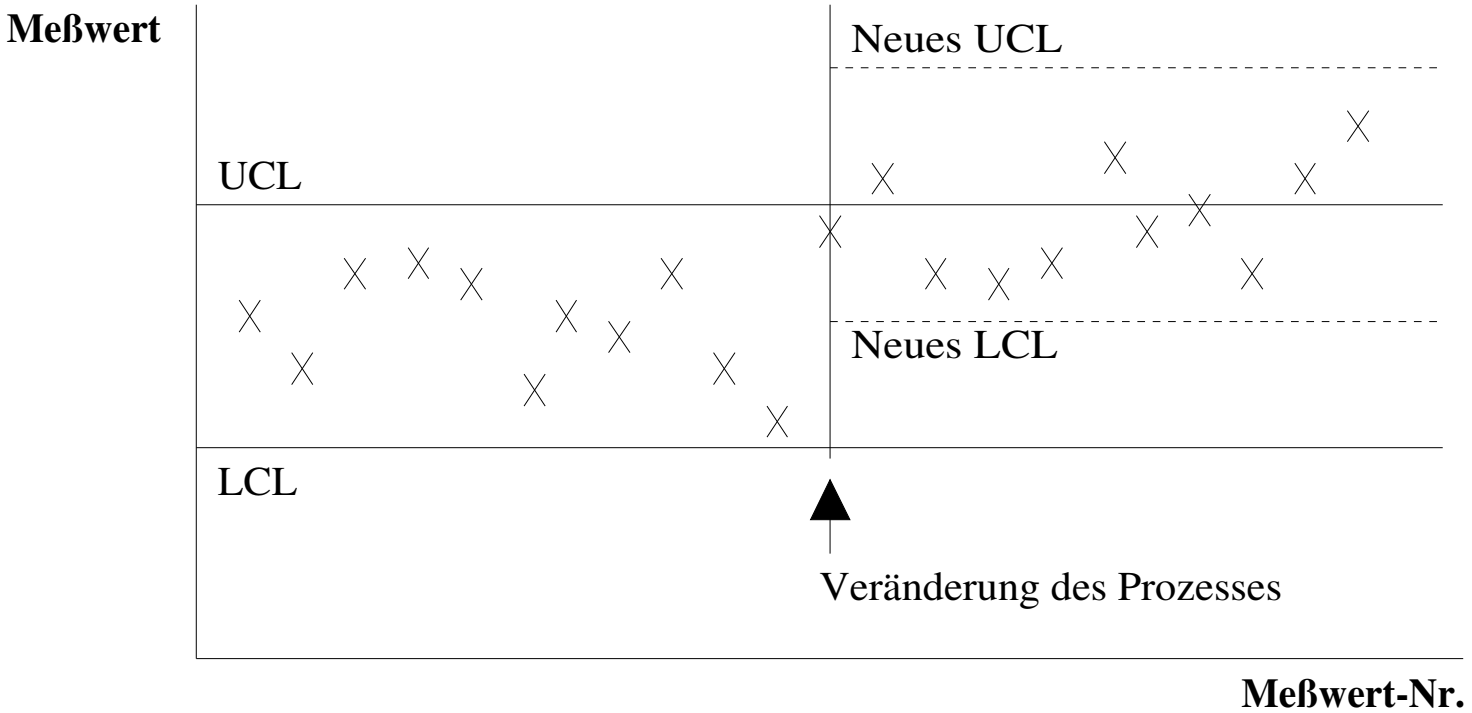
Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC) Qualitätsregelkarten

- Zwei unterschiedliche Typen von Regelkarten in Abhängigkeit des dargestellten Informationstyps:
  - Karten für variable Merkmale (Messwerte). Mittelwert-Karte ($\bar{x}$-Karte) kombiniert mit Streuungs-Karte (s-Karte)
  - Karten für attributive Merkmale (Zählbare Merkmale (Fehler) oder Eigenschaften (gut/schlecht))
- Wichtiger Unterschied: Karten für variable Merkmale können Trends aufzeigen bevor Probleme entstehen, Karten für attributive Merkmale basieren auf bereits vorhandenen Problemen (aufgetretenen Fehlern).

ENGINEERING SOFTWARE DEPENDABILITY
© Prof. Dr. Liggesmeyer, 14

Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC) Qualitätsregelkarten

- Die Basis für die Definition der oberen und der unteren Eingriffs-grenze ist das +/-3-Intervall, das einen geeigneten Kompromiss zwischen falschem Alarm und nicht erkannter Alarmsituation darstellt.



© Prof. Dr. Liggesmeyer, 15

Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)
Qualitätsregelkarten für variable Eigenschaften

- Die Messwerte x von Eigenschaften einer Einheit, die einem kontrollierten Prozess entstammen, unterliegen i. d. R. einer Normalverteilung, die durch
  - ihren Mittelwert μ und
  - ihre Varianz σ^2

  gekennzeichnet ist. Nach dem zentralen Grenzwertsatz kann für eine Zufallsgröße, die durch Überlagerung vieler kleiner voneinander unabhängiger Faktoren erzeugt wird, eine Normalverteilung angenommen werden.
- Erfassung derartiger Werte in SPC:
  - $\bar{x}$-Karten (auch X-Karten genannt) für den Mittelwert
  - R-Karten oder s-Karten für die Streuung

ENGINEERING SOFTWARE DEPENDABILITY
© Prof. Dr. Liggesmeyer, 16

Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)
Qualitätsregelkarten für variable Eigenschaften
Beispiel einer Qualitätsregelkarte: Die X-Karte

- X-Karten dienen zur Darstellung der Messwerte. Sie zeigen eine Verschiebung des Prozessmittelwerts (z. B. Drift) auch dann, falls die Streuung beibehalten wird und identifizieren "Ausreißer". X-Karten dienen nicht primär zu einer Erkennung von Veränderungen der Streuung.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}, s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}$$

- Obere Eingriffsgrenze (Upper Control Limit: UCL): $\bar{x} + 3s$
- Untere Eingriffsgrenze (Lower Control Limit: LCL): $\bar{x} - 3s$

ENGINEERING SOFTWARE DEPENDABILITY
© Prof. Dr. Liggesmeyer, 17

Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)
Qualitätsregelkarten für variable Eigenschaften
Beispiel einer Qualitätsregelkarte: Die X-Karte

- Beispiel:
  - Die Ausführungszeit einer zeitkritischen Routine wird gemessen, um zu sehen, ob sie nur statistisch schwankt, oder ob es systematische Einflüsse gibt:

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Zeit (ms)	7,5	7,9	8,2	8,1	7,3	16,9	8,1	7,7	6,6	8,0	7,4	8,3	11,8	7,0

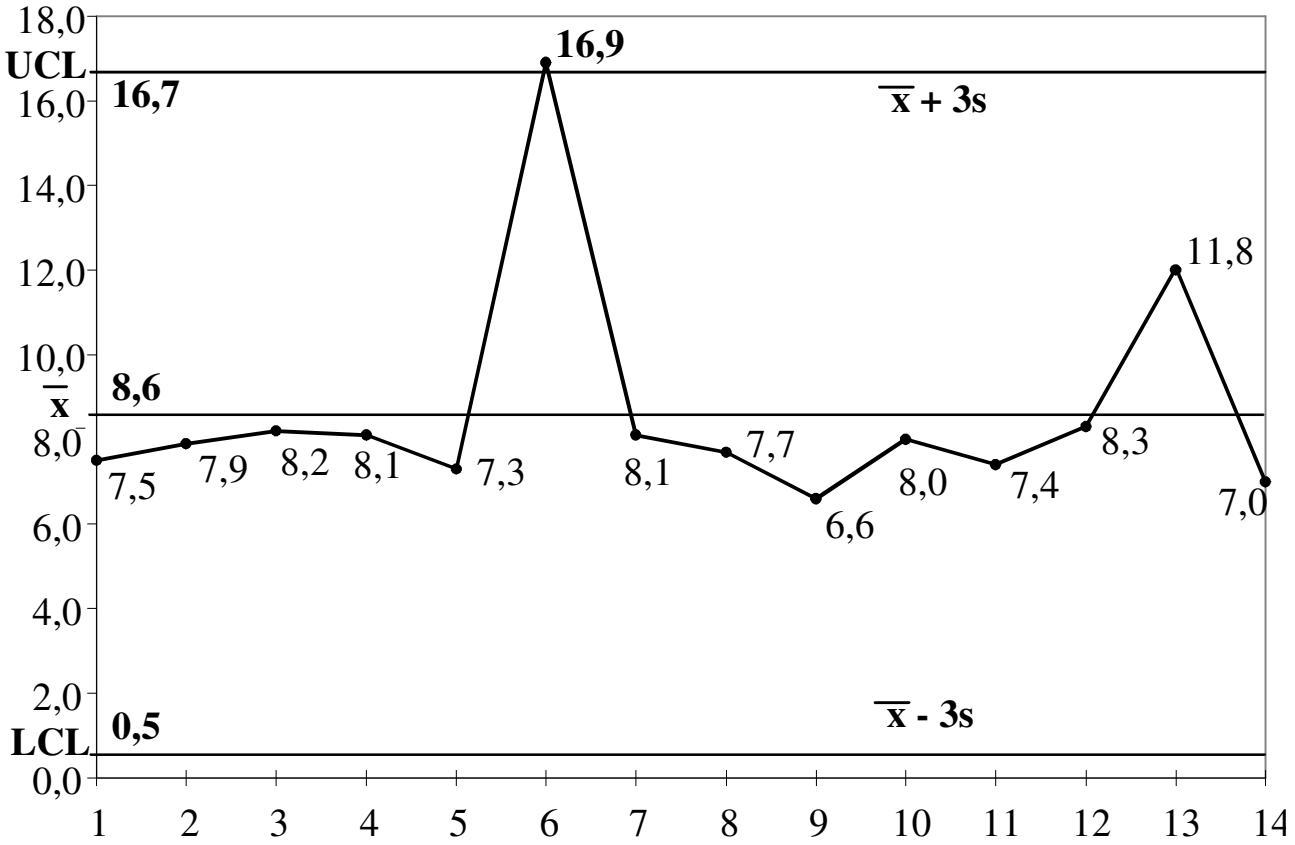
$\bar{x}$ = (7,5 + 7,9 + 8,2 + 8,1 + 7,3 + 16,9 + 8,1 + 7,7 + 6,6 + 8,0 + 7,4 + 8,3 + 11,8 + 7,0) / 14 = 120,8 / 14 = 8,6

s = 2,7

ENGINEERING SOFTWARE DEPENDABILITY

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 18

Statistische Prozeßkontrolle (Statistical Process Control, SPC)
Qualitätsregelkarten für variable Eigenschaften
Beispiel einer Qualitätsregelkarte: Die X-Karte



- X-Karte: UCL = $\bar{x} + 3s = 16{,}7$, LCL = $\bar{x} + 3s = 0{,}5$
- Punkt 6 liegt oberhalb des UCL: Ursachenanalyse notwendig

ENGINEERING SOFTWARE DEPENDABILITY

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 19

Zuverlässigkeitsmodellierung

- Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Einheit unter festgelegten Bedingungen während einer bestimmten Zeitspanne funktionsfähig bleibt (in gewisser Weise: zeitbezogene Qualität)
- Zuverlässigkeit ist eine statistische Größe, die bei Zugrundelegung entsprechender Ausfallmodelle prognostiziert werden kann.
- Typischerweise ausgedrückt als:
  - Mittlere fehlerfreie Betriebszeit bis zum Ausfall (MTTF, Mean Time To Failure)
  - Ausfallrate $\lambda_{(t)}$: Relative Ausfallanzahl pro Zeiteinheit als Funktion der Zeit. Falls $\lambda_{(t)} = \lambda$ konstant ist, so gilt:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 20

Qualitätszirkel

- Gruppe weniger Mitarbeiter, die sich regelmäßig mit dem Ziel trifft, in ihrem Arbeitsbereich auftretende Qualitätsprobleme zu lösen bzw. aktiv Verbesserungen einzuführen
- Typischerweise wöchentliche Sitzungen von ca. einer Stunde Dauer innerhalb der Arbeitszeit
- Umsetzung der Verbesserungen erfolgt nach entsprechender Genehmigung in der Regel durch die Gruppe selbst; ebenso die Erfolgskontrolle
- Qualitätszirkel sollen geeignete Verfahren zur Problemerkennung, -analyse und -lösung einsetzen (Pareto-Diagramm, Ishikawa-Diagramm, Brainstorming, ...).
- Unterstützung und Beteiligung des obersten Managements ist essentiell.

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 21

Qualitätszirkel
Typische Arbeitsweise von Qualitätszirkeln

- Problemidentifikation, Problemauswahl:
  - Auswahl zu untersuchender Probleme
  - Einsatz von Kreativitätstechniken zur Problemidentifikation
  - Priorisierung der Probleme (z. B. mit Pareto-Diagramm)
- Problembearbeitung:
  - Genehmigung durch Entscheidungsstelle
  - Abstimmung mit anderen Qualitätszirkeln
  - Trennung von Hauptursachen und Nebenursachen (z. B. mit Ishikawa-Diagramm)
  - Ziele festlegen
  - Lösungen suchen (z. B. mit Brainstorming)
  - Alternativen bewerten und Lösung auswählen
- Ergebnispräsentation:
  - Lösung dem Entscheiderkreis präsentieren und Umsetzung vorbereiten

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 22

Qualitätszirkel
Typische Arbeitsweise von Qualitätszirkeln

- Einführung und Erfolgskontrolle:
  - Lösung einführen
  - Dokumentation von Problem, Lösungsweg und Ergebnis
  - Erfolgskontrolle (möglichst quantitativ)
  - Generalisierung (Übertragung auf andere Organisationsteile, ...)

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 23

Fehlermöglichkeits-, -einfluß und -kritikalitätsanalyse(Failure Modes, Effects and Criticality Analysis, FMECA)

- Vorbeugende Methode zur Erfassung von Problemen, deren Risiken und Auswirkungen
- Risikobewertung mit Hilfe der Risikoprioritätszahl:
  RPZ = Eintrittswahrscheinlichkeit * Gewicht der Folgen * Wahrscheinlichkeit des Nichtentdeckens
- Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen
- Maßnahmen beschließen
- Restrisiko analysieren (erneute Berechnung der RPZ)
- Kosten-/Nutzen-Analyse durchführen

ENGINEERING SOFTWARE DEPENDABILITY
© Prof. Dr. Liggesmeyer, 24

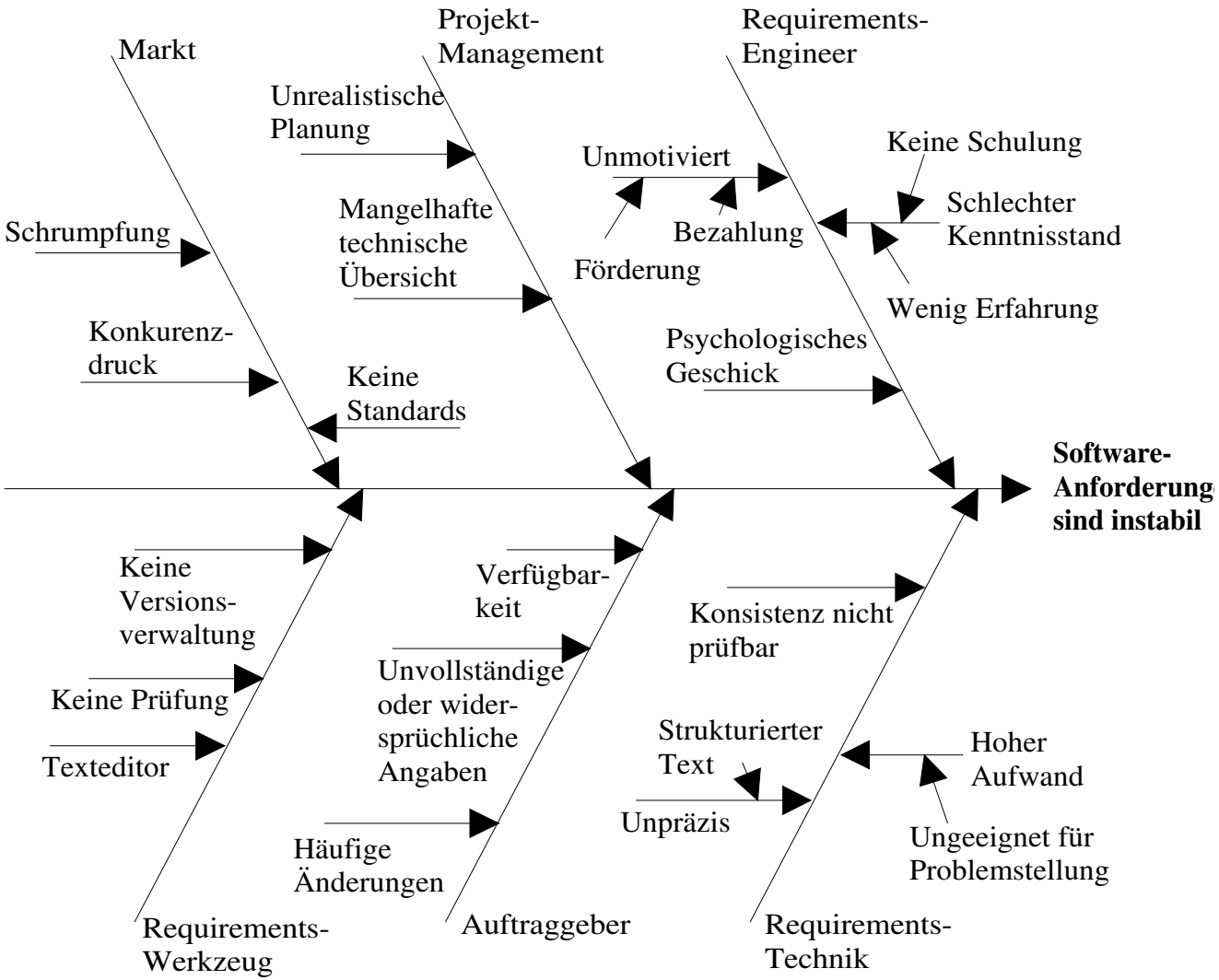
Ursache-Wirkungs-Diagramm (Fishbone Chart, Ishikawa-Diagramm)

- Graphische Technik zur Analyse von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen. Zu einem Problem (Wirkung) werden die Hauptursachen identifiziert, die weiter in Nebenursachen usw. verfeinert werden.
- Von Ishikawa zur Anwendung in Qualitätszirkeln definiert (Ishikawa-Diagramm)

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 25

Ursache-Wirkungs-Diagramm (Fishbone Chart, Ishikawa-Diagramm)

- Beispiel:



© Prof. Dr. Liggesmeyer, 26

Ursache-Wirkungs-Diagramm (Fishbone Chart, Ishikawa-Diagramm)

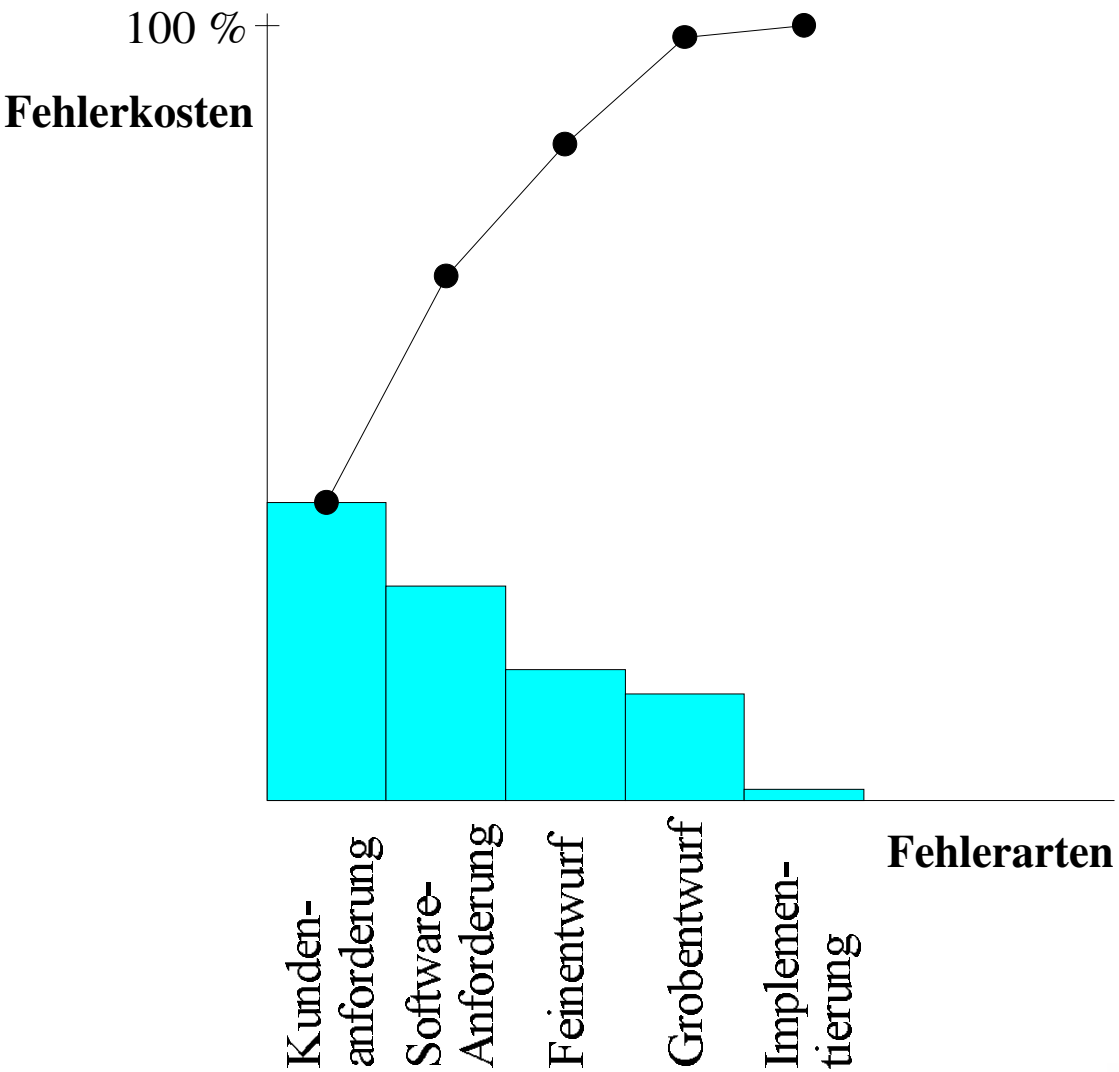
- Ablauf:
  - Problem (Wirkung) definieren und am Kopf der "Fischgräte" antragen.
  - An den "Seitengräten" die Hauptursachen antragen (oft verwendet: die 6 M: Mensch, Maschine, Methode, Material, Milieu, Messung).
  - Ursachen weiterer Ordnung an Verzweigungen der "Seitengräten" antragen (Brainstorming: Identifikation mit Hilfe der 6 W: Was, Warum, Wie, Wer, Wann, Wo).
- Identifikation der tatsächlichen Ursache
- Entwickeln von Lösungsalternativen und Auswahl der optimalen Lösung
- Einführen der Lösung

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 27

Paretoanalyse

- Das Pareto-Prinzip:
  20 % der Fehlerursachen erzeugen 80 % der Fehler.
- Histogramm (Balkendiagramm), das Teilmengen nach fallender Größe von links nach rechts geordnet darstellt
- Zusätzlich kann eine Summenkurve der Balkenhöhen aufgetragen werden.
- Zielt auf hohe Effizienz bei Verbesserungen durch Priorisierung
- Beispiel: Jeder Balken symbolisiert eine Fehlerart. Die Höhe des Balkens symbolisiert den zur Behebung der Fehler insgesamt erforderlichen Kostenaufwand. Das Pareto-Prinzip heißt hier "20 % der Fehler verursachen 80 % der Kosten". Diese 20 % der Fehler wird man priorisiert vermeiden wollen. Sie sind das Ziel von Qualitäts-verbesserungen.

Paretoanalyse

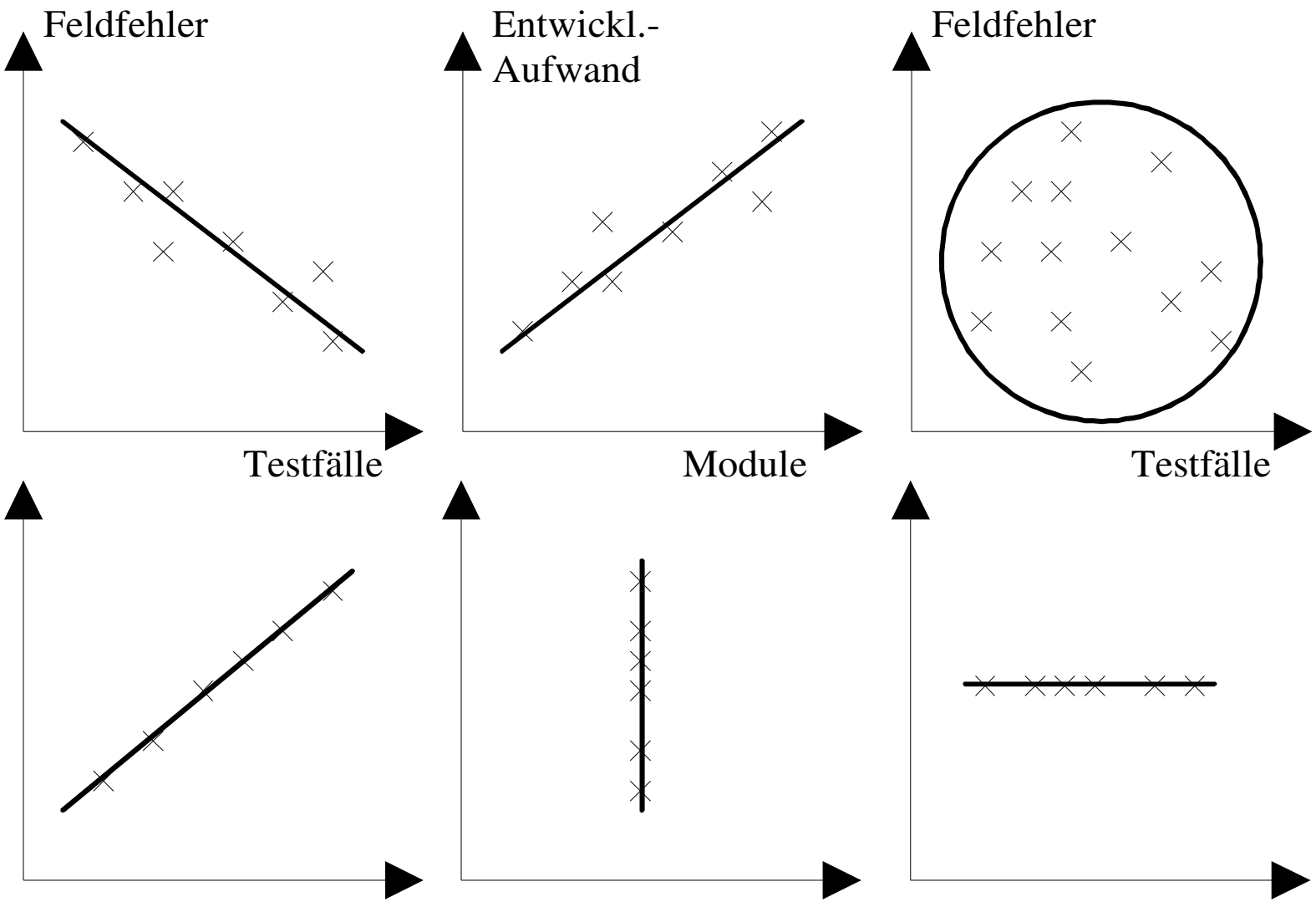


© Prof. Dr. Liggesmeyer, 29

Korrelationsdiagramm

- Instrument zur Analyse der Abhängigkeit zwischen zwei Merkmalen auf Basis einer Menge von Merkmalspaaren
- Statistische Basis: Korrelationskoeffizient
- Beispiele:
  - Anzahl von Software-Modulen und Entwicklungsaufwand
  - Anzahl von Testfällen und Anzahl der gemeldeten Fehler im ersten Jahr der Produktnutzung

Korrelationsdiagramm



Total Quality Management (TQM)
Literatur

- Feigenbaum A.V., Total Quality Control, 3rd Edition, New York: McGraw-Hill 1983
- Frehr H.-U., Total Quality Management: Unternehmensweite Qualitätsverbesserung, München: Hanser 1993
- Braverman J.D., Fundamentals of Statistical Quality Control, Reston: Reston Publishing Co., Prentice Hall 1981
- Wheeler D.J., Chambers D.S., Understanding Statistical Process Control, Knoxville: SPC Press 1992
- Zultner R., Before the house: The voices of the customers in QFD, in: Transactions 3rd Symposium on QFD, Novi, MI, June 1991, pp. 450-464

© Prof. Dr. Liggesmeyer, 32