

WSO • de

<work-system-organisation im Internet>[®]

7 QM-Werkzeuge

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1.0	Geschichtliche Entwicklung der QM-Werkzeuge	3
2.0	Übersicht der Qualitätswerkzeuge	4
3.0	Statistische Grundlagen	4
3.1	Statistik	4
3.1.1	Deskriptive Statistik	6
3.1.2	Stochastik und Induktive Statistik	7
3.1.3	Skalenniveau	9
3.1.3.1	Nominalskalen	9
3.1.3.2	Ordinalskala	10
3.1.3.3	Intervallskalen	11
3.1.3.4	Verhältnisskalen	11
3.1.3.5	Stichproben	12
3.1.3.6	Merkmale	13
4.0	QM-Werkzeuge im Detail	14
4.1	Fehlersammelliste	14
4.2	Histogramm	15
4.3	Qualitätsregelkarte	17
4.4	ABC-Analyse und Lorenzkurve	19
4.5	Korrelationsdiagramm	20
4.5.1	Korrelationsdiagramm, Vorgehensweise	24
4.6	Brainstorming	27
4.6.1	Mind-Map-Diagramm	31
4.6.2	Affinitätsdiagramm	33
4.7	Ursache-Wirkungs-Diagramm	34
5.0	Zusammenhang	37
6.0	Bildverzeichnis	38
7.0	Literaturverzeichnis	39
8.0	Impressum	40

1.0 Geschichtliche Entwicklung der Qualitätswerkzeuge:

Der japanische Professor Kaoru Ishikawa (* 1915, Tokio; † 16. April 1989) entwickelte 1962 zusammen mit der Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE) das Gruppenarbeitskonzept „quality circle“ (als Qualitätszirkel bekannt), welches auf Freiwilligkeit, Mitarbeiter-Orientierung und Respekt vor dem Menschen beruht. Ein Jahrzehnt später fand der Qualitätszirkel auch in der Bundesrepublik viele Anhänger und Verfechter. Ebenso geht die Auswahl und Zusammenstellung der „sieben Techniken der Qualitätssicherung“ (Q7) auf Ishikawa zurück. Eine Technik davon, das so genannte Ursache-Wirkungs-Diagramm, entwickelte Ishikawa selbst. Bereits vor der stärkeren Umsetzung des Qualitätsmanagements in den 80er und 90er Jahren wurde durch die betrieblichen Tätigkeiten des Konstruierens, der Entwicklung, der Planung und der betrieblichen Organisation die Qualität sichergestellt.

Diesen „klassischen“ Qualitätstechniken, die auch heute noch selbstverständlich sind, wurden neue Methoden zur Seite gestellt. Nachdem sich die „elementaren Werkzeuge der Qualitätssicherung“ **Q7** in ihrer Anwendung bewährt hatten, wurden in Japan weitere sieben „neue“ Werkzeuge, die Managementwerkzeuge zur Qualitätssteuerung“ **M7** ausgewählt und bereits eingeführt.

Im Wandel des Qualitätsbegriffs von der rein technischen Qualität von Maschinen, Material, Werkzeugen oder Methoden über die Prozessqualität in Form von Wissen, Organisation, Qualifikation und Prozessorientierung bis hin zur sozialen Qualität bezüglich Kommunikation und Teamarbeit sind neue Qualitätswerkzeuge, wie z.B. **K7** (Kreativitätstechniken) und **COM7** (Kommunikationstechniken) hervorgetreten. Auch Dienstleistungen gewinnen immer mehr an Bedeutung. Für diesen Sektor wurden speziell die **D7-Q-Techniken** (Qualitätstechniken für den Dienstleistungsbereich) zusammengestellt.

Kunden fordern heute variantenreiche und innovative Produkte mit höherem Qualitätsniveau in immer kürzerer Zeit zu immer niedrigeren Preisen. Damit steigt die Komplexität der Produkte und Herstellungsprozesse. Gleichzeitig wächst die Wahrscheinlichkeit, dass Fehler auftreten.

Für die Beherrschung technisch bedingter Fehler sind die erforderlichen Qualitätssicherungsmaßnahmen weitestgehend bekannt und eingeübt. Hinzu kommen die durch die Prozesskette bedingten Fehler (richtiges Teil, zu richtiger Zeit, am richtigen Ort). Hier liegen die Ansatzpunkte für die Ausrichtung der zukünftigen Weiterentwicklung der Qualitätsmanagementwerkzeuge.

Quelle: Qualitätsinitiative Berlin-Brandenburg

2.0 Übersicht der Qualitätswerkzeuge :

Der japanische Professor Kaoru Ishikawa entwickelte 1962 zusammen mit der Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE) das Gruppenarbeitskonzept „quality circle“ (als Qualitätszirkel bekannt), welches auf Freiwilligkeit, Mitarbeiterorientierung und Respekt vor dem Menschen beruht. Ein Jahrzehnt später fand der Qualitätszirkel auch in der Bundesrepublik viele Anhänger.

Die Auswahl und Zusammenstellung der folgenden sieben Techniken der Qualitätssicherung (Qualitätswerkzeuge) geht auf Ishikawa zurück:

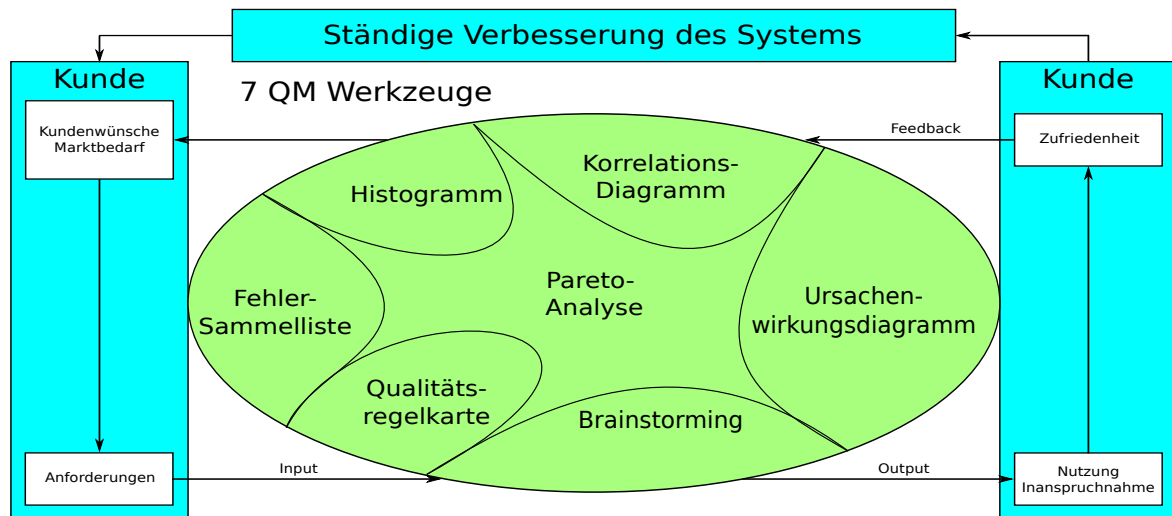


Bild 1: Übersicht der QM-Werkzeuge

3.0 Statistische Grundlagen für QM-Werkzeuge (Q7):

Damit die Qualitätsmanagementwerkzeuge Fehlersammelliste, Qualitätsregelkarte Korrelationsdiagramm inhaltlich besser verstanden werden sind Kenntnisse aus der Statistik erforderlich. Zum besseren Verständnis werden nicht alle Gebiete der Statistik im Einzelnen behandelt, sondern nur die zur Anwendung der Werkzeuge benötigten statistischen Kenntnisse vermittelt.

3.1 Statistik

Als eine Statistik wird allgemein bezeichnet:

- namensgebend (v. lat.: *status* = Staat, Zustand; mit griechischer Endung) die (vergleichende) Staatsbeschreibung (eingeführt wurde der Begriff vom Göttinger Kameralisten Gottfried Achenwall um 1749);
- die heute als amtliche Statistik fortlebt;
- die aber auch unabhängig von der Namensgebung schon seit über 5000 Jahren als Bevölkerungsstatistik und Wirtschaftsstatistik existiert;
- davon verallgemeinert quantitative Erhebungen aller Art, wie zum Beispiel für Markt- und Meinungsforschung;
- deren Ergebnisse, deren Darstellungen u.a. die deskriptive Statistik besorgt;
- die mathematische Statistik;
- gewisse Zufallsvariablen, z.B. eine „Teststatistik“;
- gewisse Modelle der statistischen Physik: Boltzmann-Statistik, Maxwell-Boltzmann-Verteilung, Fermi-Dirac-Statistik, Bose-Einstein-Statistik.

Die Statistik ist die Zusammenfassung von bestimmten Methoden um Massenerscheinungen zu quantifizieren und zu interpretieren.

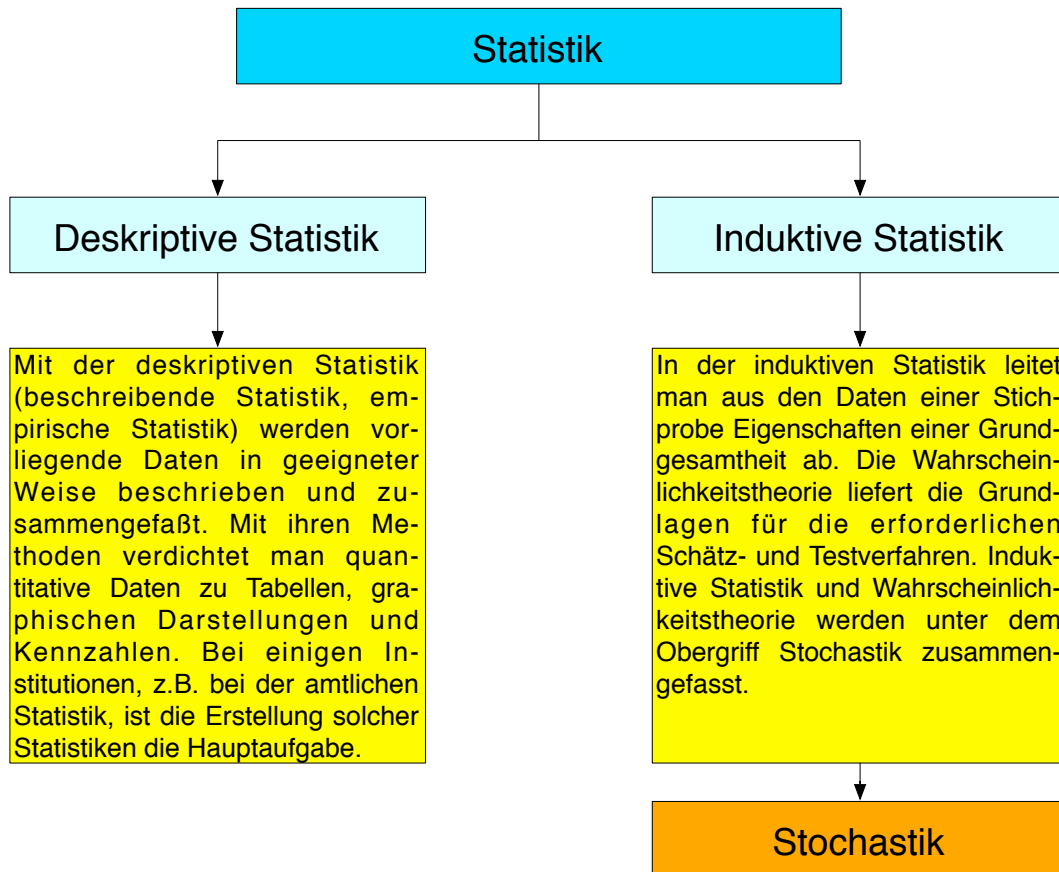


Bild 2: Einteilung der Statistik

Die Schaffung und Analyse empirischer Daten besteht im Idealfall aus folgenden Schritten:

- Versuchsplanung / Erhebungsvorbereitung (Erhebungskonzept, Fragebogenentwicklung, Stichprobenziehung),
- Datengewinnung / Erhebung (von Stichproben) / Nutzung von Betriebsdaten / Erhebung von Bestands- u. Ereignismassen,
- Datenaufbereitung (Datenprüfungen, Typisierungen / Merkmalszusammenfassungen),
- Auswertung (Tabellierung, Modellierung, Hoch- und Fehlerrechnung, Wahrscheinlichkeit, Fehler 1. und 2. Art, Schätzen und Testen) sowie
- Ergebnispräsentation (Tabellen, Grafiken, Ergebnisinterpretation, Veröffentlichungen, CD-ROMs, Statistische Datenbanken).

Während sich die univariate Statistik mit der Beschreibung der Verteilung eines Untersuchungsmerkmals beschäftigt, wird in der multivariaten Statistik die gemeinsame Verteilung von mehreren Untersuchungsmerkmalen betrachtet.

Schulen und Denkrichtungen:

Es wird in Lehrbüchern oft der Eindruck vermittelt es gäbe nur die eine, sich ständig weiterentwickelnde Statistik. Im Gegensatz dazu kann man verschiedene Denkschulen ausmachen, die ein Problem durchaus unterschiedlich analysieren, bewerten und numerisch berechnen:

- Kausalbeziehungen: Ronald Fisher,
- Gedächtnisleistungen, ROC-Kurven: Jerzy Neyman und Karl Pearson,
- Urteile aufgrund unsicherer Annahmen: Karl Pearson,
- Induktion und Änderung der Meinung: Thomas Bayes.

Software:

Die moderne Statistik ist, unterstützt durch leistungsfähige Computer, in der Lage, mit teilweise rechenintensiven Methoden sehr große Datenmengen zu analysieren. Ganze Teilbereiche der Statistik haben ihren Einzug in die Datenanalyse neuer Software zu verdanken, zu nennen ist hier die Bayessche Statistik und deren Implementation in Markov Chain Monte Carlo Verfahren, üblicherweise abgekürzt durch MCMC-Verfahren.

Im Folgenden sind einige gebräuchliche statistische Softwarepakete aufgelistet:

- SAS,
- S-Plus basierend auf der S Programmiersprache,
- R (GNU R) ist eine Open Source Variante der S Programmiersprache (Im Netz: The R project for statistical Computing),
- SPSS,
- Statistica,
- Dataplot: frei, plattformunabhängig,
- Stata,
- MiniTab,
- Mondrian (<http://www.rosuda.org/Mondrian/>) (Software zur explorativen statistischen Datenanalyse,
- BUGS (Bayesian inference Using Gibbs Sampling) eine Open Source Software zur Analyse von komplexen statistischen Modellen mit Hilfe von MCMC-Verfahren,
- qs-STAT (<http://www.q-das.de/>): Statistiksoftware für Industrielle Daten - und Prozessanalyse,
- XploRe,
- WinIDAMS.

3.1.1 Deskriptive Statistik:

Die **deskriptive** oder **beschreibende Statistik** ist der Zweig der Statistik, in dem alle Techniken zusammengefasst werden, die eine Menge von beobachteten Daten summarisch darstellen. Von der induktiven Statistik unterscheidet sich die deskriptive Statistik dadurch, dass sie keine Aussagen zu einer über die untersuchten Fälle hinausgehenden Grundgesamtheit macht.

Im Einzelnen gibt es folgende Möglichkeiten der Zusammenfassung:

1. Tabellarische Auflistung,
2. Grafische Darstellung,
3. Berechnung von statistischen Kennwerten.

Zwei Arten von Kenngrößen sind hauptsächlich von Interesse:

1. zentrale Tendenz einer beobachteten Wahrscheinlichkeitsverteilung:
 - Mittelwerte,
 - Median,
 - Modus,
 - Quantile (Quartile, Dezile).
2. Streuung oder Dispersion der Verteilung:
 - Varianz und ihre Quadratwurzel, die Standardabweichung,
 - Variationsbreite, auch Spannweite (ränge) genannt,
 - Interquantilbereiche,
 - Mittlere Absolute Abweichung.

Aus der Lage der verschiedenen Schätzwerte für die zentrale Tendenz zueinander lassen sich Schiefe und Exzess einer Verteilung bestimmen.

Die Wahl einer Kenngröße hängt zum einen von dem Skalen- oder Messniveau der Daten sowie von den gewünschten Robustheitseigenschaften der Kenngröße ab.

3.1.2 Stochastik und Induktive Statistik:

Stochastik als ein Teilgebiet der Mathematik ist die Lehre der Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit. Sie ist ein sehr junger Teilbereich der Mathematik, zu dem im weiteren Sinne auch die Kombinatorik, die Wahrscheinlichkeitstheorie sowie die beurteilende Statistik gehören.

Der Begriff Stochastik stammt aus dem Griechischen und heißt soviel wie "Kunst des Mutmaßens". Mathematische Stochastik ist die Beschreibung und Untersuchung von:

- Zufallsexperimenten (z.B. Würfeln, Münzwurf oder Reißzweckenwurf) und deren Ausgang (Ereignis),
- zeitlichen Entwicklungen bzw.
- räumlichen Strukturen,

die vom Zufall beeinflusst werden.

Solche Ereignisse, Entwicklungen bzw. Strukturen werden oft durch Daten dokumentiert, für deren Analyse die Statistik geeignete Methoden bereitstellt. Mit Hilfe der Stochastik kann man etwa die Wahrscheinlichkeit für Lottogewinne berechnen oder die Größe des möglichen Fehlers bei Meinungsumfragen bestimmen.

Die Stochastik ist auch für die Finanzmathematik von Bedeutung und hilft mit ihrer Methodik beispielsweise bei der Preisfindung für Optionen.

Begriffe aus der Stochastik:

- Zufall,
- Wahrscheinlichkeit,
- Stochastische Unabhängigkeit,
- Stochastischer Prozess,
- Markow-Kette.

Bereiche der Stochastik:

- Statistik,
- Spieltheorie,
- Wahrscheinlichkeitstheorie,
 - Zufallsvariable,
 - Wahrscheinlichkeitsverteilung,
 - Wahrscheinlichkeitsdichte,
 - Gleichverteilung, Normalverteilung, Exponentialverteilung, Binomialverteilung, Bernoulli-Verteilung,
 - Poisson-Verteilung,
- Mischverteilung,
- Benfordsches Gesetz,
- Induktive Statistik,
- Quantenlogik.

Mit Hilfe der induktiven Statistik (Schätzen und Testen) möchte man Informationen über eine unbekannt statische Grundgesamtheit erhalten. Man interessiert sich für Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Parameter einer Zufallsvariablen. Die Menge aller Realisationen dieser Zufallsvariablen wird Grundgesamtheit genannt.

Es werden zwei Fälle für die Grundgesamtheit betrachtet:

- Im ersten Fall ist die Grundgesamtheit bekannt, es werden die gewünschten Informationen geliefert.
- Im zweiten Fall ist die Grundgesamtheit nicht bekannt, deshalb wird mit Hilfe der induktiven Statistik ein Schluss auf die Grundgesamt durchgeführt.

Beispiel:

Ein Lebensmittelgroßmarkt bekommt eine Lieferung von 2000 Gläsern mit Pflaumenkompott. Problematisch sind in den Früchten verbliebene Kerne. Der Kunde toleriert einen Anteil von Gläsern mit Kernen von 5%. Er möchte sich bei dieser Lieferung vergewissern, dass diese Quote nicht überschritten wird. Eine komplette Erhebung der Grundgesamtheit von 2000 Gläsern ist allerdings nicht durchführbar, denn 2000 Gläser zu kontrollieren ist zu aufwendig und außerdem zerstört das Öffnen eines Glases die Ware.

Allerdings könnte man eine kleine Zahl von Gläsern zufällig aussuchen, also eine Stichprobe nehmen, und die Zahl der zu beanstandenden Gläser zählen. Übersteigt die Zahl eine bestimmte Grenze, den kritischen Wert der Prüfgröße, geht man davon aus, dass auch in der Lieferung zu viele zu beanstandende Gläser sind. Man hofft, dass die Stichprobe die Grundgesamtheit widerspiegelt. Geht die Lieferung deswegen zurück, besteht die Möglichkeit, dass die Entscheidung richtig war, dass also zu viele Gläser mit Kernen in der Lieferung sind, aber es kann auch die Stichprobe untypisch ausgefallen sein und man lehnt die Lieferung fälschlicherweise ab.

Ist die Grundgesamtheit einer Zufallsvariablen unbekannt, nimmt man eine Stichprobe: Man wählt n viele Elemente zufällig aus einer (unbekannten) Grundgesamtheit aus. Mit Hilfe dieser Stichprobenelemente schätzt man den unbekannt Parameter der Grundgesamtheit. Diese Schätzung wird als Schätzfunktion bezeichnet. Da jede Stichprobe aufgrund der Zufälligkeit anders ausfällt, sind auch diese Schätzfunktionen Zufallsvariablen, deren Verteilung von der Verteilung des Merkmals in der Grundgesamtheit abhängt. Mit Hilfe dieser Verteilung kann man Wahrscheinlichkeiten für Intervalle angeben, in denen sich mit größter Wahrscheinlichkeit der wahre Parameter befindet.

3.1.3 Skalenniveau:

Das Skalenniveau ist eine in der Statistik wichtige Eigenschaft von Merkmalen.

Das Skalenniveau bestimmt:

- Die (mathematischen) Operationen, die mit einer entsprechend skalierten Variablen zulässig sind. Dabei können Operationen, die bei Variablen eines bestimmten Skalenniveaus zulässig sind, grundsätzlich auch auf Variablen aller höheren Skalenniveaus durchgeführt werden.
- Welche Transformationen mit entsprechend skalierten Variablen durchgeführt werden können, ohne Information zu verlieren bzw. zu verändern.
- Welche Information das entsprechende Merkmal liefert, welche Interpretationen Ausprägungen des entsprechenden Merkmals zulassen.

Die wichtigsten Skalenniveaus, die sich daraus ergeben, sind:

1. Nominalskala,
2. Ordinalskala,
3. Intervallskala,
4. Verhältnisskala.

Intervall- und Verhältnisskala werden zur Kardinalskala zusammengefasst. Merkmale auf dieser Skala werden dann als "metrisch" bezeichnet. nominal- oder ordinalskalierte Merkmale bezeichnet man auch als kategorial.

Grauzonen zwischen den Skalenniveaus:

Es existieren Merkmale, die sich nicht genau einem Skalenniveau zuordnen lassen. So könnte sich z.B. bei einem Merkmal nicht sicher belegen lassen, dass es intervallskaliert ist, man ist sich aber sicher, dass es mehr als ordinalskaliert ist. In einem solchen Fall könnte man eine Interpretation auf einer Intervallskala versuchen, diese Annahme aber bei der Interpretation berücksichtigen und dort entsprechend vorsichtig vorgehen. Ein Beispiel dafür ist die Bildung von Durchschnitten bei Schulnoten, die eigentlich ein ordinalskaliertes Merkmal darstellen.

Andere Beispiele sind Uhrzeiten ohne Angabe des Datums (zirkadiane Daten) oder Himmelsrichtungen. Hier sind wie bei Intervallskalen Abstände interpretierbar, aber anders als bei Intervallskalen liegt keine Ordnung vor. (Zum Beispiel liegt 2 Uhr vor oder nach 22:00 Uhr?)

3.1.3.1 Nominalskalen:

Bei nominalskalierten Merkmalen wird der Untersuchungseinheit für das entsprechende Merkmal (genau) ein Name bzw. (genau) eine Kategorie zugeordnet. Für die Namen oder Kategorien werden dabei oft auch Zahlen verwendet.

Beispiele für nominalskalierte Merkmale sind:

Nominalskalierte Merkmale	
Merkmal	Kategorien
Jahreszeit	Frühjahr, Sommer, Herbst, Winter
Kreditwürdig	Ja, nein
Farbe	Rot, gelb, grün

Bild 3: Beispiele für Nominalskalierte Merkmale

Eine Farbe könnte beispielsweise auch durch eine exakte Angabe der Rot-, Grün- und Blauanteile beschrieben werden. Dann würde sie durch (drei) verhältnisskalierte Variablen dargestellt. Gibt man sie aber nur, wie in obiger Tabelle, in einer sehr vereinfachten Form an (rot, gelb, grün), so handelt es sich um ein nominalskaliertes Merkmal.

Mögliche Operationen:

Auch wenn einzelne Kategorien durch Zahlen kodiert werden, sind mathematische Operationen mit diesen Zahlen nicht sinnvoll, da sie keinen numerischen Wert sondern eine Kategorie (z.B. Frühjahr) darstellen. So ist beispielsweise eine Division "Frühjahr / Winter" wenig sinnvoll. Ebenso sind Größenvergleiche mittels nominalskaliertes Merkmale nicht sinnvoll.

Möglich ist das Bestimmen von Auftrittshäufigkeiten der Kategorien in einer Menge von Untersuchungsobjekten.

3.1.3.2 Ordinalskala:

Die Ordinalskala ist eine der vier wichtigsten Skalenniveaus in der Statistik. Bei der Verwendung von ordinal skalierten Merkmalen wird jede Merkmalsausprägung der Untersuchungseinheit genau einer Kategorie zugeordnet. Die Kategorien lassen sich in eine Rangfolge bringen und mit Namen oder Zahlen bezeichnen. Allerdings müssen die Abstände zwischen den einzelnen Kategorien nicht unbedingt gleich sein.

Beispiele für ordinalskalierte Merkmale sind:

Ordinalskalierte Merkmale	
Merkmal	Kategorien
Schulnoten	1 besser als 2 besser als 3 besser als 4 besser als 5 besser als 6
Einkommen	Hoch > mittel > niedrig
Zufriedenheit mit einem Produkt	Sehr zufrieden, zufrieden, unzufrieden, sehr unzufrieden.

Bild 4: Beispiele für ordinalskalierte Merkmale

Das Einkommen könnte natürlich auch ein metrisches Merkmal sein. In vielen Umfragen wird es allerdings als Ordinales Merkmal erhoben, da Befragte ihr genaues Einkommen nicht gerne preisgeben und Reichtum und Armut sich zwischen Gesellschaften nicht sinnvoll in absolutem Einkommen wiedergeben lassen.

Mögliche Operationen:

Auch wenn einzelne Kategorien durch Zahlen kodiert werden, sind mathematische Operationen mit diesen Zahlen nicht sinnvoll, da sie keinen numerischen Wert sondern eine Kategorie (z.B. zufrieden) darstellen. So ist beispielsweise eine Division "zufrieden / unzufrieden" wenig sinnvoll. Qualitative Vergleiche ("größer/kleiner als") können allerdings durchgeführt werden.

Ebenfalls möglich ist das Bestimmen von Auftrittshäufigkeiten der Kategorien in einer Menge von Untersuchungsobjekten (oder das Bestimmen von Auftrittshäufigkeiten von Merkmalsausprägungen kleiner oder größer als eine bestimmte Kategorie).

3.1.3.3 Intervallskalen:

Die Intervallskalen sind eine der vier wichtigsten Skalenniveaus in der Statistik.

Bei intervallskalierten Merkmalen lassen sich zusätzlich zu den Eigenschaften der Ordinalskala die Abstände zwischen den verschiedenen Merkmalsausprägungen exakt bestimmen. Allerdings existiert kein natürlicher Nullpunkt für die Skala. Willkürlich definierte Nullpunkte, wie z.B. bei der Celsius-Temperaturskala zählen hier nicht als natürlicher Nullpunkt, während der Nullpunkt der Kelvin-Temperaturskala, der dem absolutem Nullpunkt entspricht, ein natürlicher Nullpunkt ist.

Beispiele für intervallskalierte Merkmale sind:

- Temperatur auf der Celsius-Skala,
- Jahreszahlen.

Mögliche Operationen:

Zusätzlich zu Größenvergleichen sind Differenzen und Summen aus intervallskalierten Merkmalen sinnvoll, da hier die Abstände zwischen den einzelnen Merkmalsausprägungen exakt definiert sind. Damit lassen sich hier auch Durchschnittswerte berechnen. Aufgrund des fehlenden Nullpunkts stellt die Multiplikation keine sinnvolle Operation für intervallskalierte Merkmale dar.

Ein kleines Beispiel möge das verdeutlichen: War es z.B. gestern 10 Grad Celsius und Heute ist es zwanzig Grad, dann kann man zwar behaupten: "Es ist zehn Grad Celsius wärmer", aber nicht: "Es ist doppelt so warm wie gestern".

3.1.3.4 Verhältnisskalen:

Die Verhältnisskala ist eine der vier wichtigsten Skalenniveaus in der Statistik

Verhältnisskalierte Merkmale besitzen neben der Eigenschaft von intervallskalierten Merkmalen einen natürlichen Nullpunkt.

Verhältnisskalierte Merkmale	
Merkmalsausprägung	Nullpunkt
Temperatur in Kelvin	Absoluter Nullpunkt
Entfernung	Keine Entfernung
Zeit z.B.: für einen Vorgang in Minuten	Keine Zeit

Bild 5: Beispiele für verhältnisskalierte Merkmale

Beispiele für verhältnisskalierte Merkmale sind: Gewichts- und Längenmessung.

Mögliche Operationen:

Mit Merkmalen, die auf einer Verhältnisskala messen, lassen sich folgende Operationen durchführen:

- Vergleiche auf Identität,
- Größenvergleiche,
- Additionen, Subtraktionen,
- Multiplikationen, Divisionen.

3.1.3.5 Stichproben:

Als Stichprobe bezeichnet man eine Teilmenge einer Grundgesamtheit, die unter bestimmten Gesichtspunkten ausgewählt wurde. Ursprünglich bezeichnet die Stichprobe die Probe flüssigen Eisens, die bei einem Hochofenabstich zu Zwecken der Qualitätskontrolle entnommen wird. Mit Stichproben wird in Anwendungen der Statistik (etwa in der Marktforschung, aber auch in der Qualitätskontrolle und in der naturwissenschaftlichen, medizinischen und psychologischen Forschung) häufig gearbeitet, da es oft nicht möglich ist, die Grundgesamtheit, etwa die Gesamtbevölkerung oder alle hergestellten Exemplare eines Produkts) zu untersuchen. Die Wahl der Stichprobe ist oft nicht trivial, da sie repräsentativ sein muss, um auf die Grundgesamtheit schließen zu können.

Folgende Methoden, eine Stichprobe zu ziehen, werden unterschieden:

- Nach dem Zurücklegen bereits gezogener Elemente:
 - Ziehen mit Zurücklegen: Ein Element der Grundgesamtheit, das bereits in eine Stichprobe aufgenommen wurde, kann (wenigstens rein theoretisch) bei den nächsten Ziehungen wieder gezogen werden. So ist es nicht auszuschließen, dass eine Person, die auf der Straße an einer Befragung teilgenommen hat, rein zufällig ein zweites Mal befragt wird.
 - Ziehen ohne Zurücklegen: Jedes Element der Grundgesamtheit kann nur ein Mal in die Stichprobe aufgenommen werden. Wird etwa die Brisanz eines Sprengstoffs getestet, wird aus der laufenden Produktion eine Stichprobe gezogen, die während des Testvorgangs detoniert und daher für keine zweite Stichprobe zur Verfügung steht.
- Nach der Auswahl von Elementen für die Stichprobe:
 - Zufalls-Stichprobe: Jedes Element kann mit einer ganz bestimmten Wahrscheinlichkeit in die Stichprobe eingehen. Das erfordert die vorherige Erstellung eines Gesamtverzeichnisses aller Elemente der Grundgesamtheit. **Unterarten der Zufalls-Stichprobe sind:**
 - Reine (oder einfache) Zufalls-Stichprobe: Die Wahrscheinlichkeit, in die Stichprobe zu geraten, ist für jedes Element gleich.
 - Geschichtete Zufallsstichprobe: Die Elemente werden nach einem bestimmten Merkmal in Gruppen (Untermengen) eingeordnet. Innerhalb jeder dieser Gruppen wird dann eine reine Zufalls-Stichprobe gezogen.
 - Klumpen-Stichprobe: Zuerst wird eine (relativ kleine) reine Zufalls-Stichprobe gezogen. Danach werden die in den gezogenen Elementen enthaltenen Elemente komplett in die Stichprobe aufgenommen. Ein klassisches Beispiel ist die Befragung ganzer Häuserblocks oder von Schulklassen. Zuerst werden die zu befragenden Schulklassen per Zufallsauswahl bestimmt. Dann werden alle in den Schulklassen enthaltenen Schüler befragt. Bei der Klumpenstichprobe tritt der so genannte Klumpeneffekt auf. Er ist desto größer je heterogener die Gruppen untereinander sind.
 - Mehrstufige-Zufallsauswahl: Hier wird auf 2 Ebenen gezogen. Beispielweise werden auf der ersten Stufe Schulklassen nach einem vorher festgelegten Verfahren gezogen. Danach werden auf der zweiten Stufe die Untersuchungsgegenstände (hier Schüler) gezogen. Als Verfahren kommt die reine Zufalls-Stichprobe als auch gewichtete Verfahren in Frage. Die Klumpenauswahl ist eine spezielle Mehrstufige-Zufallsauswahl.
 - Willkürliche Stichprobe: Elemente aus der Grundgesamtheit werden (von einem Interviewer etwa) mehr oder weniger willkürlich in die Stichprobe aufgenommen. Eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmtes Element in die Stichprobe Einzug findet, lässt sich hier nicht mehr angeben.

Auch hier werden verschiedene Unterarten unterschieden:

- Rein willkürliche Stichprobe,
- Quoten-Stichprobe: Wie bei der geschichteten Zufalls-Stichprobe erfolgt zuerst eine Einteilung der Elemente der Grundgesamtheit in Gruppen. Danach wird der Anteil der einzelnen Gruppen an der Grundgesamtheit bestimmt. Die Stichprobe ist nun so zu ziehen, dass dieses Gruppenverhältnis in der Stichprobe möglichst genau so aussieht wie in der Grundgesamtheit.

Sollen zwei Stichproben mittels statistischer Tests miteinander verglichen werden, so muss zwischen abhängigen und unabhängigen Stichproben unterschieden werden:

- Abhängige Stichproben: Elemente von zwei (oder mehr) Stichproben können einander jeweils paarweise zugeordnet werden. Beispiel: Stichprobe 1 besteht aus Personen vor der Behandlung mit einem bestimmten Medikament, und soll verglichen werden mit Stichprobe 2, welche aus den gleichen Personen nach der Behandlung besteht.
- Unabhängige Stichproben: Es besteht kein Zusammenhang zwischen den Elementen der Stichproben. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Elemente der Stichproben jeweils aus unterschiedlicher Population kommen (z. B. Stichprobe 1 besteht aus Frauen, Stichprobe 2 aus Männern), oder wenn Personen nach dem Zufallsprinzip in zwei oder mehrere Gruppen aufgeteilt werden.

3.1.3.6 Merkmale

Als Merkmal wird eine Eigenschaft einer Gruppe, Person oder Sache bezeichnet, die diese auszeichnet. An ihr kann die Person/Sache erkannt, beschrieben und von anderen unterschieden werden, die diese Ausprägung nicht bzw. anders haben. Merkmale werden in *wesentliche bzw. unwesentliche Merkmal* eingeteilt, wobei der Einteilungsgrund in der Regel außerlogischer Natur, d.h. durch spezielle Gegenstandsanalysen gerechtfertigt ist. Ein wesentliches Merkmal nennt man mitunter auch ein *notwendiges Merkmal*, ein unwesentliches Merkmal dann ein *akzidentielles oder zufälliges*.

Ein Merkmal heißt *kennzeichnendes* oder *charakteristisches*, wenn das Widergespiegelte eine Eigenschaft ist, die einem Gegenstand und nur diesem zugehörig ist.

Ein unterscheidendes Merkmal (*Differentia specifica*) ist einer Klasse von Gegenständen und nur zu diesen zugehörig.

4.0 QM-Werkzeuge im Detail:

4.1 Fehlersammelliste:

Die Fehlersammelliste wird auch Fehlersammelkarte oder Datensammelblatt genannt. In der betrieblichen Praxis werden verschiedene Begriffe für die Bezeichnung einer Fehlersammelliste verwendet. Im Wesentlichen wird die Fehlersammelliste zur rationellen Erfassung und übersichtlichen Darstellung von betrieblichen Daten eingesetzt. Die betrieblichen Daten können zum Beispiel eine Fehleranzahl, eine Fehlerart, oder auch die Anzahl von fehlerhaften Produkten sein.

Um eine Fehlersammelliste zu verwenden sind z.B. noch folgende Fragen zu beantworten:

- Für welches Produkt soll eine Fehlersammelliste erstellt werden?
- Welche Fehlerarten sollen erfasst werden?

Zur Beantwortung der ersten Frage kann zur Unterstützung eine ABC-Analyse eingesetzt werden. Die ABC-Analyse liefert - bei richtig gewählten Merkmalen - die möglichen bzw. signifikanten Produkte. Eine Fehlersammelliste für alle Produkte zu erstellen, und die dazu gehörigen Daten zu erfassen, muss nicht unbedingt wirtschaftlich sein.

(Hinweis: Die ABC-Analyse wird in einer anderen Unterlage ausführlich behandelt.)

Für die Festlegung der Fehlerarten ist das Produkt, die eingesetzten Technologien, und die allgemeinen betrieblichen Gegebenheiten während des Herstellungsprozesses bis zur Anlieferung beim Kunden, zu beachten.

Allgemeines Beispiel einer Fehlersammelliste:

Fehlersammelliste				
Identnummer des Produktes:		W 21 480		Ort: Platz 171
Produktbezeichnung:		Maschine 401		Prozess: Montage Maschine
Nr.:	Fehlerart	Datum 01.09.2005	Datum 02.09.2005	Summe
1	Kratzer am Gehäuse			56
2	Verschmutzung			78
3	Anschlußschlauch fehlt			5
4	Abwasserschlauch fehlt			1
5	Zusatzpaket fehlt			0
Prüfart: Nach Verfahrensanweisung 6413.0				
Uhrzeit nach Prüfplan 6413.1		10 Uhr - 11 Uhr	6 Uhr 30 - 7 Uhr 30	
Zeitraum 1. 09. 2004 bis 30. 09. 2004				

Bild 6: Beispiel einer Fehlersammelliste

Die Gestaltung der Fehlersammelliste ist in den QM-Formularen festgelegt. Für die Prüfung kann es eine Verfahrensanweisung bzw. eine Prüfanweisung geben, die ebenfalls in den QM-Dokumenten enthalten ist.

4.2 Histogramm:

Eine Häufigkeitsverteilung ist eine Methode zur statistischen Beschreibung von Daten, Messwerten. Mathematisch gesehen ist eine Häufigkeitsverteilung eine Funktion, die zu jedem vorgekommenen Wert angibt, wie häufig dieser Wert vorgekommen ist. Man kann eine solche Verteilung als Tabelle, als Grafik oder modellhaft über eine Funktionsgleichung beschreiben.

Die Häufigkeitsverteilung ist in der Deskriptiven Statistik, was die Wahrscheinlichkeitsverteilung in der Wahrscheinlichkeitstheorie ist; für eine Darstellung mathematischer Funktionen, die zur Näherung von Häufigkeitsverteilungen herangezogen werden (wie zum Beispiel die Normalverteilung), siehe den Artikel Wahrscheinlichkeitsverteilung.

Die Datenmenge bildet die zunächst ungeordnete Urliste (siehe Fehlersammelliste).

Als erstes wird die Urliste geordnet oder sortiert. Aus der geordneten Urliste lassen sich bereits Medianwert, Spannweite, Quantile und Interquantilbereiche entnehmen.

Dann fassen wir gleiche Werte zusammen und notieren zu jedem Wert, wie oft er vorkommt, seine absolute Häufigkeit. Beziehen wir die absoluten Häufigkeiten auf die Gesamtzahl der Werte, den Probenumfang, erhalten wir die relativen Häufigkeiten. Wir haben nun eine geordnete Menge von Wertepaaren (Merkmalswert und zugehörige relative Häufigkeit).

Addieren wir - beim kleinsten Merkmalswert beginnend - die relativen Häufigkeiten auf und ordnen jedem Merkmalswert die bis dahin erreichte Summe (einschließlich seines eigenen Beitrags) zu, so erhalten wir die Verteilungssumme. Sie gibt für jeden Merkmalswert an, wie groß der Anteil der Werte kleiner oder gleich dem zugehörigen Merkmalswert ist. Der Anteil beginnt mit 0 und geht bis 1 oder 100 %. Stellt man die Tabelle grafisch dar, ergibt sich eine schwach monoton steigende Kurve, meist in gestreckter S-Form. Es gibt zahlreiche Versuche, reale Verteilungssummen durch Funktionsgleichungen näherungsweise wiederzugeben. Die Verteilungssummen in Abhängigkeit von den Merkmalswerten sind die einfachste Art der Darstellung einer Häufigkeitsverteilung.

Die weitere Rechnung erfordert eine Einteilung der Merkmalswerte in Klassen. Man gelangt dann zu den Verteilungsdichten, die im Fall einer stetigen Verteilung die Ableitung der Verteilungssummenfunktion nach dem Merkmalswert sind. Ferner lässt sich die Häufigkeit nicht nur durch Zählen ermitteln, sondern beispielsweise auch durch Wägen. Wir erhalten dann eine Massenverteilung anstelle einer Anzahlverteilung. Im Prinzip eignet sich jede additive Größe zum Messen der Häufigkeit.

Messwerte sind reelle Zahlen, ganze Zahlen, oder Boolesche Werte, die bei einer Messung durch eine bestimmte Vorschrift oder Vorgehensweise in einem Versuch gewonnen wurden. Als Messwert wird auch eine aus den eigentlichen Beobachtungen, zum Beispiel durch Mittelung erhaltene Größe bezeichnet. In der Regel ist ein Messwert mit einer Maßeinheit versehen.

Insbesondere Messwerte, die durch reelle Zahlen dargestellt werden, sind immer fehlerbehaftet. Man unterscheidet zwischen statistischen und systematischen Messfehlern. Statistische Fehler sind in der Versuchsanordnung und den Messapparaturen enthalten (beispielsweise Rauschen in Verstärkern) und können durch wiederholte Durchführung des Experiments verringert werden. Systematische Fehler dahingegen verändern das Ergebnis immer im selben Maße und können deshalb herausgerechnet werden, sofern sie bekannt sind. Solche Fehler sind beispielsweise falsche Eichungen der Geräte, die Veränderung des Messwertes durch die Messung (Voltmeter mit zu geringer Impedanz) oder ein ungeeigneter Versuchsaufbau.

Die Qualität eines Messwertes kann nur objektiv eingeschätzt werden, wenn er zusammen mit seinem Fehler angegeben wird. Wenn Studenten im Anfängerpraktikum mit unzureichenden Mitteln die Erdbeschleunigung messen und $(9,81 \pm 1) \text{ m/s}^2$ herausbekommen, war das eben ein seltener Volltreffer, genau den Literaturwert zu erhalten, welcher durch Präzisionsmessungen gewonnen wurde und etwa als $(9,81 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$ (ortsabhängig) angegeben wird.

Ein Histogramm ist die graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung von Messwerten. Man geht dabei von den nach Größe geordneten Daten aus und teilt den gesamten Bereich der Stichprobe in k Klassen auf. Diese müssen nicht notwendig gleich breit sein. Über jeder Klasse wird ein Rechteck errichtet, dessen Fläche gleich der klassenspezifischen Häufigkeit ist. Ist die Fläche des Rechtecks gleich der absoluten Häufigkeit, wird das Histogramm absolut genannt, wenn die relativen Häufigkeiten verwendet werden, wird es entsprechend als relativ oder normiert bezeichnet.

Die DIN 55 302 schlägt folgende Klassenbildung vor:

- Stichprobenumfang $n = 100$ Messwerte 10 Klassen,
- Stichprobenumfang $n = 1.000$ Messwerte 13 Klassen,
- Stichprobenumfang $n = 10.000$ Messwerte 16 Klassen.

Es kann für die Klassenbildung auch folgende Näherungsformel angewendet werden:

- bei n kleiner oder gleich 250 Messwerte $k \sim (n)^{1/2}$
- bei n gleich oder größer 250 Messwerte $k \sim 10 \log n$

Weiterhin ist es für die Darstellung der Messwerte in ein Histogramm erforderlich die Klassenbreite zu bestimmen. Die Klassenbreite wird wie folgt ermittelt:

- Klassenbreite $b = \text{Spannweite} / \text{Klassen}$,
- Spannweite = $x_{\max} - x_{\min}$

Wobei x_{\max} der Maximalwert der Stichprobe und x_{\min} der Minimalwert der Stichprobe ist.

Beispiel für ein Histogramm:

Es liegen für 32 europäische Länder als Indikator für den Wohlstand die Zahlen der Pkws pro 1000 Einwohner vor. Die Werte können in folgende Klassen eingeteilt werden.

j	Zahl der Pkw's pro 1000	Zahl der Länder absolute Häufigkeit n_j	Klassen- breite b	Säulenhöhe h_j
1	größer 0 bis 200	5	200	0,025
2	über 200 bis 300	6	100	0,06
3	über 300 bis 400	6	100	0,06
4	über 400 bis 500	9	100	0,09
5	über 500 bis 700	6	200	0,03
Σ		32		

Bild 7. Ausgangstabelle für Histogramm

Da die Fläche einer Säule gleich der Häufigkeit n_j ist, kann die Höhe der Säule h_j nach folgender Formel berechnet werden:

$$h_j = \frac{n_j}{b}$$

Im Allgemeinen gibt man bei einem Histogramm die Ordinate nicht an, weil sonst die Versuchung besteht, die Höhe einer Säule als Häufigkeit zu interpretieren.

Folgende Darstellung zeigt das entsprechende Histogramm:

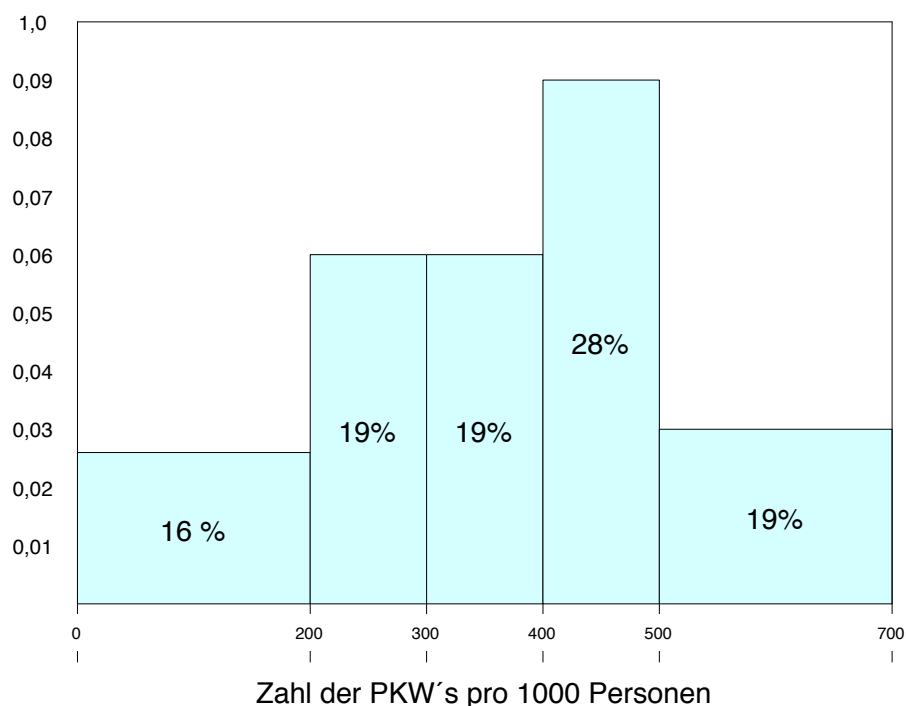


Bild 8: Ergebnisse als Histogramm dargestellt

4.3 Qualitätsregelkarte:

Die Qualitätsregelkarte wird zur Auswertung von Prüfdaten eingesetzt. Auf ihr werden die Prüfdaten grafisch dargestellt. Auf Qualitätsregelkarten sind so genannte Warn- und Eingreifgrenzen eingezeichnet. Beim Erreichen der Warngrenzen sollte man frühestens eingreifen bzw. die Anzahl der Prüfungen erhöhen und den Fehler im Prozess suchen.

Beim Erreichen der Eingreifgrenzen sollte man spätestens eingreifen, wenn man die Produktion fehlerhafter Teile verhindern will. Wenn sich nun eine Entwicklung hin zu einer fehlerhaften Produktion eingestellt hat, kann man dies auf der Qualitätsregelkarte erkennen, noch bevor auch nur ein fehlerhaftes Teil produziert wurde. So hat man noch mehr als genug Zeit um in den Prozess einzugreifen und eine fehlerhafte Produktion zu verhindern. Die Qualitätsregelkarte kann auch als Indikator für den Prozess gesehen werden. Bei der Auswertung einer Qualitätsregelkarte muss man zwischen zufälligen und systematischen Einflüssen unterscheiden. Zufällige Einflüsse führen zu einer Streuung der Prüfdaten auf der Qualitätsregelkarte, sie sind bedingt durch Einflussfaktoren wie Temperaturschwankungen oder Werkstoffbeschaffenheit. Systematische Einflüsse führen zu einer langsamen Verschiebung der Prüfdaten auf der Qualitätsregelkarte, sie sind bedingt durch Einflussfaktoren wie Werkzeugverschleiß oder fehlerhaft eingestellte Maschinen. Systematischen Einflüssen liegen Gesetzmäßigkeiten zu Grunde, mit denen der Verlauf weiterer Prüfdaten voraus gesehen werden kann.

Arten von Regelkarten:

Es werden zwei Arten von Regelkarten unterschieden:

- Die Prozessregelkarte ist eine Regelkarte, die nicht von vorgegebenen Grenzwerten ausgeht. Die obere und untere Warngrenze sowie die obere und untere Eingreifgrenze werden über Schätzwerte oder Verteilungsparameter bereits bekannter und vorher durchgeführter Prozesse definiert. Da im Verlauf des Prozesses weitere Prüfdaten gesammelt werden können, werden diese für neue Grenzwertberechnungen verwendet.
- Die Annahmeregellekarte ist eine Regelkarte, bei der die Eingreif- und Warngrenzen über vorgegebene Toleranzgrenzwerte berechnet werden. Die Toleranzgrenzwerte geben an, welche Abweichungen bei einem Produkt maximal vorhanden sein dürfen um noch brauchbar zu sein.

Vorteile der Qualitätsregelkarte:

- Visualisierung des Prozessverhaltens,
- zeitliche Betrachtung der Messwerte,
- Beurteilung der Prozessstabilität,
- Automatisierbar,
- Überwachung des Sollwertes und der Toleranzeinhaltung.

Nachteile der Qualitätsregelkarte:

- Nur ein Prüfmerkmal wird betrachtet,
- Weitere Nachteile könnte z.B. die Handhabung sein, dass es keine 100% Prüfung ist, und die nur ausgewählten Stichproben berücksichtigt werden.

Die Einführung sowie die Verwendung von Qualitätsregelkarten werden in den QM-Unterlagen dokumentiert.

Beispiel einer Qualitätsregelkarte:

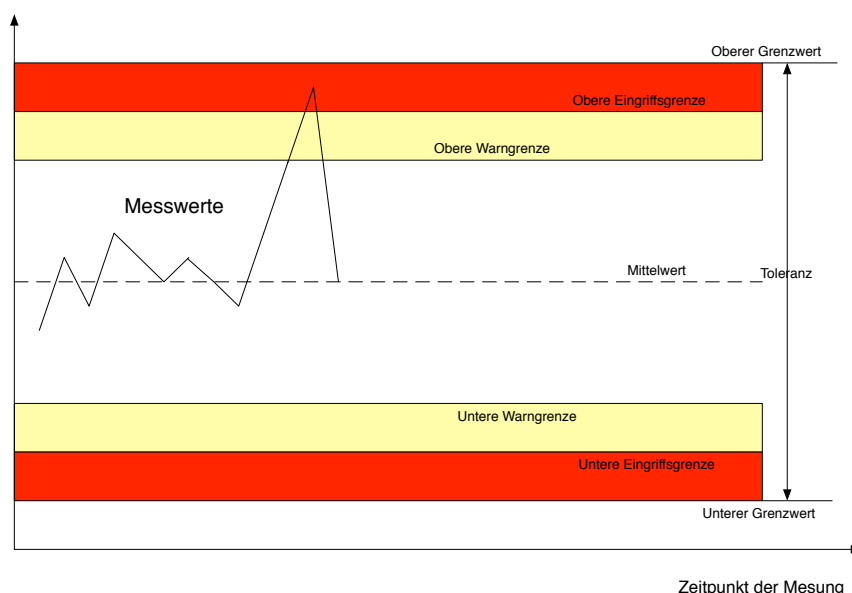


Bild 9: Vereinfachte Darstellung einer Qualitätsregelkarte

4.4 ABC-Analyse & Lorenzkurve:

Die ABC-Analyse dient im Rahmen des Qualitätsmanagements der Identifizierung von Ursachen, die am stärksten zu einem „Problem“ beitragen, und zu deren Trennung von den „kleinen Problemen bzw. Ursachen“. Sie verdeutlicht, welche Problemursachen als erstes beseitigt werden müssen, um rasch zu den gewünschten Ergebnissen zu kommen.

Erstellt wird die ABC-Analyse mit Hilfe einer Fehlersammelliste. Dabei werden die aufgelisteten Fehlerarten absteigend sortiert und kumuliert von links nach rechts auf der Abszisse abgetragen. Zur Verdeutlichung der Ergebnisse wird meistens ein Balkendiagramm und eine Lorenzkurve erstellt:

Vorteile:

- Nach Wichtigkeit sortierte Darstellung der „Probleme bzw. Ursachen“.
- Übersichtliche Einteilung bzw. Klassifizierung.
- Einfache Anwendung.
- Geringer Zeitaufwand, wenn eine Fehlerliste vorhanden ist.

Nachteile:

- Es ist nur eine begrenzte Anzahl von Klassen für eine sinnvolle Darstellung erforderlich.
- Das Ergebnis hängt sehr stark von der Definition der Klassen ab.
- Eine individuelle Gewichtung der Klassen ist nicht möglich.

Beispielhafte Darstellung der Ergebnisse einer ABC-Analyse mit Hilfe der Lorenzkurve:

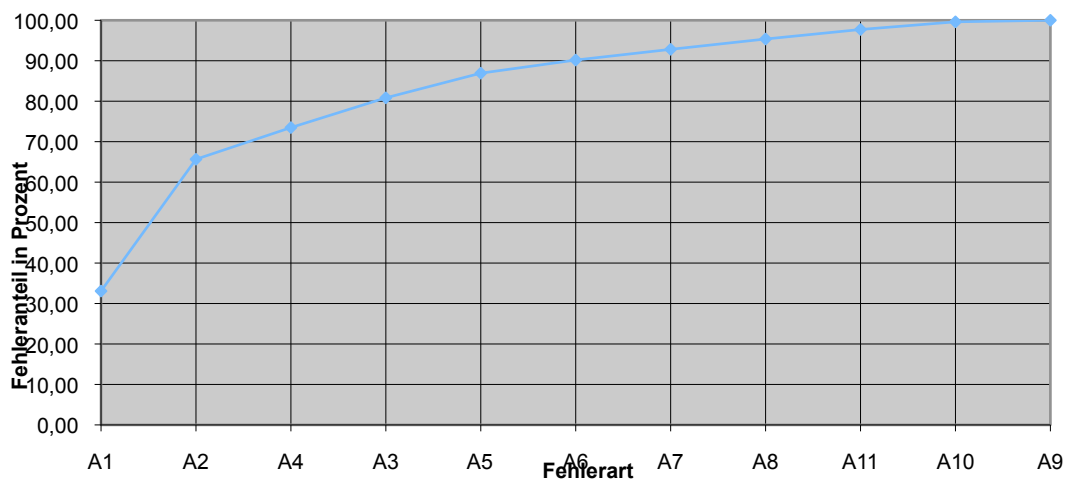


Bild 10: Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe einer Lorenzkurve

Hinweis:

Die Vorgehensweise zur Erstellung einer ABC-Analyse wird gesondert in einer anderen Unterlage behandelt.

4.5 Korrelationsdiagramm:

Das Korrelationsdiagramm ist ein Streudiagramm welches graphisch das Bestehen einer Abhängigkeit zwischen zwei Größen zeigt.

- **Statistische Grundlagen:**

Die Korrelation ist eine Beziehung zwischen zwei oder mehr quantitativen statistischen Variablen. Es gibt positive und negative Korrelationen.

Ein Beispiel für eine **positive Korrelation** (je mehr, desto mehr) ist:

Je mehr Futter, desto dickere Kühe.

Ein Beispiel für eine **negative Korrelation** (je mehr, desto weniger) ist:

Je mehr Verkauf von Regenschirmen, desto weniger Verkauf von Sonnencreme.

Grafische Beispiele der Korrelationsdarstellung:

- **Positive Korrelation:**

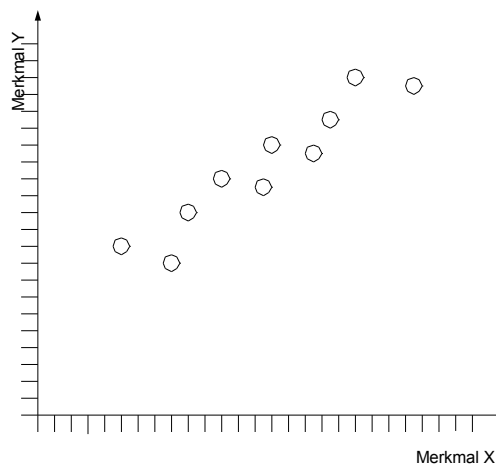


Bild 11: Vereinfachte Darstellung einer positiven Korrelation

- **Negative Korrelation:**

Ist der Korrelationskoeffizient kleiner als Null (z.B. $-0,8$), hat die Punktwolke eine fallende Tendenz.

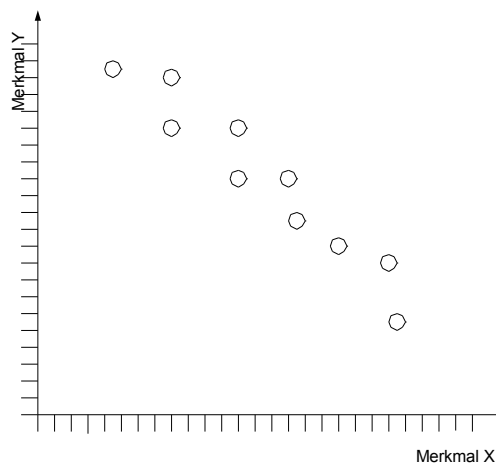


Bild 12: Vereinfachte Darstellung einer negativen Korrelation

- **Die Merkmale sind stochastisch unabhängig:**

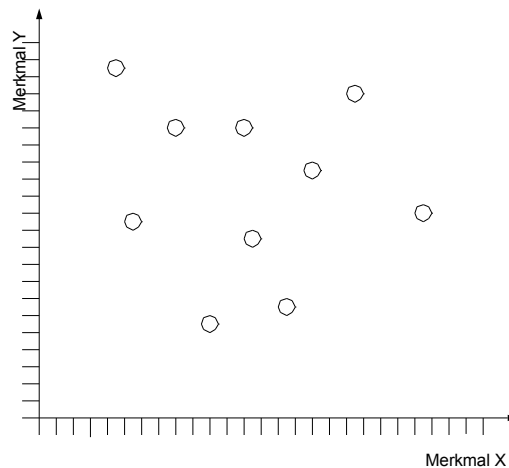


Bild 2: Vereinfachte Darstellung für keine Korrelation

Es gilt: Je näher $|r|$ bei 0 ist, desto schwächer ist der "lineare Zusammenhang", d.h. die Korrelation. Man sieht an den vorherigen Streudiagrammen, dass bei einem Korrelationskoeffizienten von 0,9 das Diagramm stark einer Geraden ähnelt. Je kleiner $|r|$ wird, umso weniger ist eine „Trendlinie“ erkennbar die „Gerade“ löst sich bis zur einer strukturlosen Punktwolke auf. Die Merkmale werden also stochastisch unabhängig.

Häufig benutzt man zu Recht die Korrelation, um einen Hinweis darauf zu bekommen, ob zwei statistische Größen kausal miteinander zusammenhängen. Das funktioniert immer dann besonders gut, wenn beide Größen durch eine "Je...desto" Beziehung miteinander zusammenhängen und eine der Größen nur von der anderen Größe abhängt. Beispielsweise kann man unter bestimmten Bedingungen nachweisen, dass Getreide umso besser gedeiht, je mehr man es bewässert. Hängt die Menge oder Qualität des Getreides jedoch zusätzlich zum Wasser noch von anderen Variablen ab (beispielsweise von der Temperatur, dem Nährstoffgehalt des Bodens, dem einfallenden Licht usw.), "verwischt" der kausale Zusammenhang in der Statistik immer mehr, falls nicht gleichzeitig diese Variablen auch untersucht werden. Die Korrelation beschreibt aber nicht unbedingt eine Ursache-Wirkungs-Beziehung in die eine oder andere Richtung.

So darf man über die Tatsache, dass Feuerwehren oft bei Bränden sind, nicht folgern, dass diese auch die Brände legt.

Die direkte Kausalität kann auch gänzlich fehlen. So kann es durchaus eine Korrelation zwischen dem Rückgang der Störche im Burgenland und einem Rückgang der Anzahl Neugeborener geben, diese Ereignisse haben aber nichts miteinander zu tun – weder bringen Störche Kinder noch umgekehrt. Das heißt, sie haben kausal allenfalls über eine dritte Größe etwas miteinander zu tun, etwa über die Verstädterung, die Nistplätze vernichtet.

Im Gegensatz zur Proportionalität ist die Korrelation nur ein stochastischer Zusammenhang. Es kann nur eine ungefähre Zu- oder Abnahme prognostiziert werden. Eine 200-prozentige Steigerung der Futtermenge kann eine Gewichtszunahme der Kühe von 10% oder auch von 20% bewirken. Eine Verdoppelung der Masse eines Hammers dagegen bewirkt bei gleicher Beschleunigung eine Verdoppelung der Kraft, da hier ein Proportionaler Zusammenhang besteht.

Kausalität (v. lat.: *causa* = Ursache) bezeichnet die Beziehung zwischen Ursachen und Wirkungen, also die ursächliche Verbindung zweier Ereignisse.

Umgangssprachlich ist ein Ereignis oder Zustand *A* die Ursache einer Wirkung *B*, wenn *A* ein Grund ist, die *B* herbeiführt. Zum Beispiel könnte man sagen „mein Tritt auf das Gaspedal verursachte, dass das Auto beschleunigte“. Allerdings ist diese Definition zirkulär: Was bedeutet es tatsächlich, dass *A* *B* „herbeiführt“? Dies ist eine wichtige Frage, die u. a. in der Statistik behandelt wird.

Eine Kausalkette ergibt sich, wenn jede Wirkung selbst wieder Ursache eines neuen Ereignisses ist. Monokausalität bezeichnet eine Ereigniskette, bei der sich das Endergebnis auf genau einen verursachenden Auslöser zurückführen lässt, bei Multikausalität können mehrere Auslöser vorliegen.

Vom Begriff der Ursache werden oft die Begriffe Grund, Bedingung und Anlass unterschieden; über die genaue Abgrenzung herrscht allerdings keine Einigkeit. Meistens gilt:

- die Ursache als eine besondere Art der Bedingung, nämlich eine zeitlich streng vor der Wirkung liegende und in irgend einer Weise besonders herausragende;
- der Anlass als zufälliger, unwesentlicher Auslöser einer Wirkung neben einer eigentlichen wesentlichen Ursache;
- der Begriff „Grund“ als ideell im Gegensatz zum eher materialistischen Begriff „Ursache“.

Graphische Darstellung einer Kausalkette:

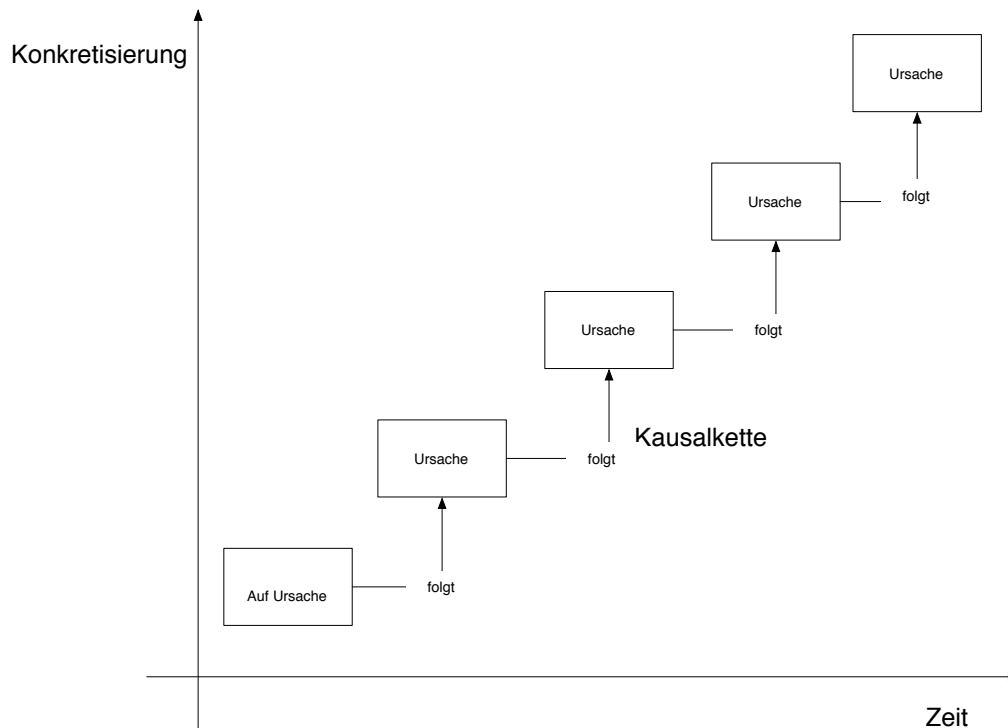


Bild 14: Vereinfachte Darstellung einer Kausalkette

• **Beispiel zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten:**

Hinweis:

Es handelt sich hierbei um ein frei gewähltes (erfundenes) Zahlenbeispiel!

Erstellte Fehlersammelliste:

Nr.:	Fehlerart	Stichproben Nr.												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Außentemperatur	23,00	23,00	22,80	22,90	23,00	22,80	22,90	23,00	23,00	23,00	23,00	22,90	22,90
2	Materialtemperatur	70,00	70,51	70,20	70,00	70,30	69,80	70,00	70,30	70,00	70,10	70,00	69,80	70,00
3	Druck	9,75	9,80	9,60	9,65	9,75	9,80	9,61	9,60	9,65	9,75	9,60	9,65	9,60
4	Person	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2
5	Ausschuß	3	2	5	4	3	2	6	5	4	3	7	4	5

Bild 15: Tabellarische Aufbereitung der Erfassten Messwerte

Hinweis:

Werden personenbezogene Daten erfasst, so sind vorher die gesetzlichen Rahmenbedingungen zu prüfen und zu beachten.

Berechnung der Korrelationskoeffizienten:

Lfd.Nr.:	Fehlerart	Korrelation
1	Außentemperatur	-0,0279
	Ausschuss	
2	Materialtemperatur	-0,1643
	Ausschuss	
3	Druck	-0,9104
	Ausschuss	
4	Person	0,8113
	Ausschuss	

Bild 16: Berechnete Korrelationskoeffizienten

Die Berechnung liefert folgendes Ergebnis:

- Zwischen dem Druck und dem Ausschuss (**Lfd. Nr.: 3**) besteht ein starker Zusammenhang.
- Zwischen den Personen und dem Ausschuss (**Lfd. Nr.: 4**) besteht ebenfalls ein starker Zusammenhang.

Lösungsvorschlag:

1. Untersuchung der Druckschwankungen bezogen auf den Ausschuss und gegebenenfalls Beseitigung des Druckproblems.
2. Erneute Überprüfung der Ausschussursache.
3. Wenn die Druckschwankungen keinen Einfluss mehr auf den Ausschuss haben, das Problem technisch gelöst wurde, aber weiterhin keine Veränderungen der Ausschussmenge erfolgt ist, kann eine Besprechung mit den Mitarbeitern erfolgen, die den Grund des Ausschusses begründen sollen. Vielleicht kann eine Mitarbeiterunterweisung das Problem lösen.

Hierbei kann auch die Methode des Brainstormings hilfreich sein.

4.5.1 Korrelationsdiagramm Vorgehensweise:

Für die Berechnung des Korrelationskoeffizienten verwenden wir folgende Datentabelle:

i	Daten	
	x	y
1	2,80	4,00
2	2,10	3,00
3	2,60	4,00
4	1,70	3,00
5	3,90	6,00
6	2,00	2,80
7	3,10	5,10
8	3,40	5,70

Bild 17: Vorgegebene Datentabelle

1. Schritt: Die Summe von „x_i“ und „y_i“ berechnen.

2. Schritt: Die Mittelwerte von „x_i“ und „y_i“ berechnen.

Für die Berechnung der Mittelwerte werden folgende Formeln verwendet:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \qquad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

Nach der Durchführung der Schritte 1 und 2 hat die Tabelle folgendes Aussehen:

i	Daten	
	x _i	y _i
1	2,80	4,00
2	2,10	3,00
3	2,60	4,00
4	1,70	3,00
5	3,90	6,00
6	2,00	2,80
7	3,10	5,10
8=n	3,40	5,70
Σ	21,60	33,60
Mittelwert	4,80	7,47

Bild 18: Berechnung der Mittelwerte

3. Schritt: Erweiterung der Tabelle:

Für die weitere Berechnung ist eine Erweiterung der Datentabelle erforderlich. Es wird eine Spalte für „x_i^{*}“ und für „y_i^{*}“ benötigt. Anschließend wird für jede Zeile i (1-8) der „x_i^{*}“ beziehungsweise der „y_i^{*}“ Wert nach den folgenden Formeln berechnet:

$$x_i^* = x_i - \bar{x}$$

$$y_i^* = y_i - \bar{y}$$

Nach der Erweiterung der Tabelle und Berechnung der Werte „ x_i^* “ und „ y_i^* “ für jede Zeile „ i “ hat die Tabelle nun folgendes Aussehen.

	Daten		$x_i^* = x_i - \bar{x}$	$y_i^* = y_i - \bar{y}$
i	x_i	y_i	X_i^*	Y_i^*
1	2,80	4,00	-2,00	-3,47
2	2,10	3,00	-2,70	-4,47
3	2,60	4,00	-2,20	-3,47
4	1,70	3,00	-3,10	-4,47
5	3,90	6,00	-0,90	-1,47
6	2,00	2,80	-2,80	-4,67
7	3,10	5,10	-1,70	-2,37
8	3,40	5,70	-1,40	-1,77
Σ	21,60	33,60		
Mittelwert	4,80	7,47		

Bild 19: Erweiterte Berechnungstabelle

4. Schritt: Die obige Tabelle wird nun um folgende Spalten mit den dazugehörigen Formeln erweitert, und es werden die Berechnungen gemäß den Formeln durchgeführt.

$$x^* \cdot y^*$$

$$x^{*2}$$

$$y^{*2}$$

Die Tabelle hat nun folgendes Aussehen:

	Daten		$x_i^* = x_i - \bar{x}$	$y_i^* = y_i - \bar{y}$	Erweiterung		
i	x_i	y_i	X_i^*	Y_i^*	$X_i^* Y_i^*$	X_i^{*2}	Y_i^{*2}
1	2,80	4,00	-2,00	-3,47	6,933	4	12,018
2	2,10	3,00	-2,70	-4,47	12,060	7,29	19,951
3	2,60	4,00	-2,20	-3,47	7,627	4,84	12,018
4	1,70	3,00	-3,10	-4,47	13,847	9,61	19,951
5	3,90	6,00	-0,90	-1,47	1,320	0,81	2,151
6	2,00	2,80	-2,80	-4,67	13,067	7,84	21,778
7	3,10	5,10	-1,70	-2,37	4,023	2,89	5,601
8	3,40	5,70	-1,40	-1,77	2,473	1,96	3,121
Σ	21,60	33,60			61,35	39,24	96,59
Mittelwert	4,80	7,47					

Bild 3: Ausgangstabelle zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten

5. Schritt: Für die Ermittlung des Korrelationskoeffizienten (r) kann folgende Formel verwendet werden:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Durch die Erweiterung der Tabelle (siehe 4. Schritt) kann die obige Formel etwas kürzer geschrieben werden:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^* \cdot Y_i^*}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_i^{*2}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n Y_i^{*2}}}$$

Die Tabelle hat nun folgendes Aussehen:

i	Daten		$x_i^* = x_i - \bar{x}$	$y_i^* = y_i - \bar{y}$	Erweiterung			Korrelationskoeffizient r
	x_i	y_i	X^*	Y^*	X^*Y^*	X^{*2}	Y^{*2}	
1	2,80	4,00	-2,00	-3,47	6,933	4	12,018	0,9706
2	2,10	3,00	-2,70	-4,47	12,060	7,29	19,951	
3	2,60	4,00	-2,20	-3,47	7,627	4,84	12,018	
4	1,70	3,00	-3,10	-4,47	13,847	9,61	19,951	
5	3,90	6,00	-0,90	-1,47	1,320	0,81	2,151	
6	2,00	2,80	-2,80	-4,67	13,067	7,84	21,778	
7	3,10	5,10	-1,70	-2,37	4,023	2,89	5,601	
8	3,40	5,70	-1,40	-1,77	2,473	1,96	3,121	
Σ	21,60	33,60			61,35	39,24	96,59	
Mittelwert	4,80	7,47						

Bild 21: Berechnung der Korrelationskoeffizienten

Der Korrelationskoeffizient r beträgt 0,9706. Dies bedeutet, dass zwischen den x-Werten und y-Werten ein starker Zusammenhang besteht.

Bemerkungen:

- Der Korrelationskoeffizient nach Bravis-Pearson reagiert stark auf Ausreißer. Die Daten sollten deshalb Idealerweise aus normalverteilten Merkmalen entnommen werden.
- Aufgrund der Durchschnittsbildung ist er für ordinalskalierte Merkmale nicht zulässig.

6. Schritt: Graphische Darstellung der Ergebnisse:

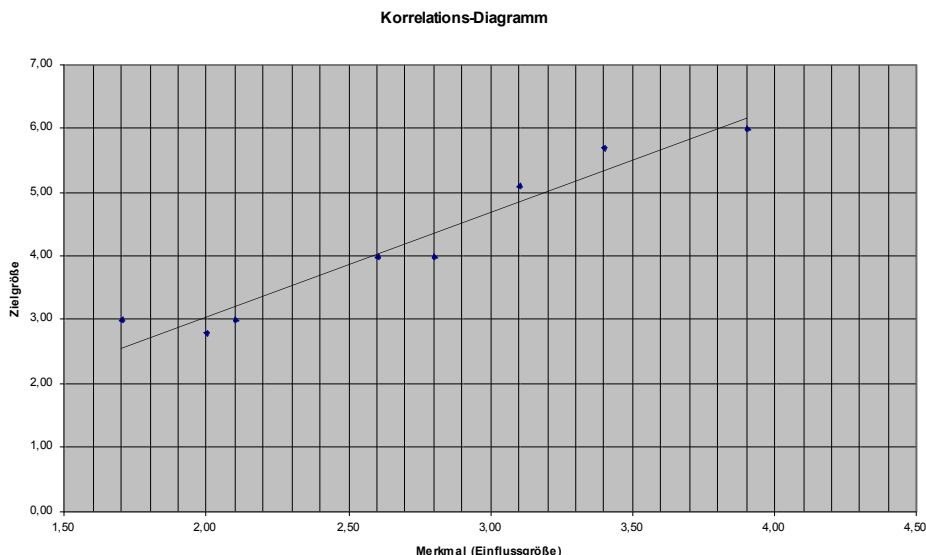


Bild 22: Grafische Darstellung des Zusammenhangs

4.6 Brainstorming:

Brainstorming ist eine gruppenorientierte Methode zur Unterstützung der Ideenfindung und der gemeinsamen Problembewältigung.

- **Geschichte:**

Alex F. Osborn (* 24. Mai 1888 in New York City; † 1966) ist ein US-amerikanischer Autor und gilt als der Erfinder des Brainstorming. Im Jahre 1909 machte Osborn den Bachelor in Philosophie, erst während seiner Berufstätigkeit in der Werbebranche 1921 den Master an der Universität Hamilton, USA, an der er später (bis 1939) auch selbst lehrte. Anschließend war er angeblich Dozent am Cambridge Philosophy Institute in Großbritannien. Einer seiner Schüler ist **Charles Clark**. Zwischenzeitlich war er als Reporter für die Buffalo News tätig. 1919 gründete er zusammen mit Bruce Barton und Roy Durstine die Werbefirma BDO, die seit der Vereinigung mit der Batten Co. 1928 BBDO heißt. Nach Durstine übernahm Osborn 1939 die Leitung der Firma, die er 1946 an Barton übergab.

1954 gründete Osborn die "Creative Education Foundation" und installierte das erste Institut für kreative Problemlösung an der Universität Buffalo. Bereits seit 1919 in der amerikanischen Werbebranche tätig, stellte Osborn im Lauf der Jahre fest, dass die Arbeitstreffen die Kreativität der Mitarbeiter eher bremsen als fördern. Er entwickelte mit vier Regeln ein Verfahren, das den Mitarbeitern die Freiheit für neue Ideen schaffen sollte.

In den kürzeren deutschen Übersetzungen lauteten diese Regeln:

- Übe keine Kritik!
- Je mehr Ideen, desto besser!
- Ergänze und verbessere bereits vorhandene Ideen!
- Je ungewöhnlicher die Idee, desto besser!

Von **Osborn** stammt auch die Osborn-Methode oder auch Umkehrmethode für geschäftliche und private Problemfelder:

- Wofür kann ich es noch verwenden? Kann ich es anders einsetzen?
- Weist das Problem auf andere Ideen hin? Ist es etwas anderem ähnlich?
- Was lässt sich ändern? Welche Eigenschaften lassen sich umgestalten?
- Lässt sich etwas vergrößern, hinzufügen, vervielfältigen?
- Lässt sich etwas verkleinern, wegnehmen, verkürzen?
- Was kann ersetzt werden? Welche Bedingungen können geändert werden?
- Kann die Reihenfolge oder Struktur geändert werden?
- Kann die Idee ins Gegenteil gekehrt werden? Kann der Ablauf umgekehrt werden?
- Können Ideen kombiniert oder Personen verbunden werden?

Eine detaillierte Liste von Fragen ist als Osborn-Checkliste bekannt, sie führt anhand dieser Fragen - etwa auf Karten verteilt und zufällig gezogen - durch verschieden Aspekte der Problembetrachtung.

Charles Hutchison Clark (* 1920) war Autor und angeblich Dozent für Philosophie am Cambridge Institute of Philosophy. Er griff die Idee des Brainstorming von Alex Osborn auf und schrieb ein Standardwerk darüber (Erstausgabe: Doubleday, New York 1958). Er beschäftigte sich unter anderem mit dem Begriff der Killerphrase.

- **Ideenfindung:**

Unter Ideenfindung oder einer Kreativitätstechnik versteht man im Allgemeinen das gezielte Erzeugen neuer Ideen zum Zwecke einer Problemlösung.

Es sind Methoden, die geeignet sind, Probleme zu präzisieren, die Ideenfindung und den Ideenfluss Einzelner oder von Gruppen zu beschleunigen, die Suchrichtung zu erweitern und gedankliche Blockaden aufzulösen. Bei schlecht strukturierten, offenen Problemen ist die Zahl und Art der möglichen Lösungen nicht vorgegeben; jedes Ergebnis des Lösungsprozesses ist nur eine relativ optimale Lösung zu einem bestimmten Zeitpunkt. Mit der Anwendung von Kreativitätstechniken wird die Kreativität angeregt, um völlig neue, noch nicht realisierte Lösungen zu finden.

Umgangssprachlich wird zwar die Bezeichnung „Ideenfindung“ benutzt, der Schwerpunkt liegt aber eher auf dem Generieren von neuen Ideen, als im Suchen/Finden von (schon vorhandenen) Ideen (Ideengenerierung) Im Gegensatz zum eher zufälligen „Geistesblitz“ versteht man unter Ideenfindung das gezielte Erzeugen von Ideen zu einem definierten Zeitpunkt.

Für die Ideenfindung wurden zahlreiche Methoden entwickelt. Diese Methoden sind keine Algorithmen, die zu einem „richtigen“ Ergebnis führen (wie z.B. 3. Wurzel aus 9) sondern Heuristiken, d.h. Verfahrensschritte, die sich in der Praxis als zielführend erwiesen haben und bei jeder Anwendung wieder unterschiedliche Ergebnisse liefern.

Die bekannteste ist das Brainstorming, das in den 1950er Jahren in den USA von Alex Osborn entwickelt wurde und seither als Inbegriff der Ideenfindung verstanden wird.

Qualität und Quantität der Ideen sind abhängig von der Aufgabe, der angewandten Methode, den Teilnehmern und insbesondere von deren innerer Einstellung. Die Ergebnisse sind vorher nicht bekannt. Die Qualität wird gesteigert, wenn die Teilnehmer kreative Denkstrategien anwenden.

Die Methoden liefern in der Regel erste Grundideen, die dann zu Ideenkonzepten weiterentwickelt und konkretisiert werden müssen und danach zur Realisierung ausgewählt werden (*Bewertungs- Verfahren und Auswahlstrategien*). Es gibt zwei Arten von Methoden: die einen liefern in kurzer Zeit sehr viele Ideen (in 30 Minuten 100 – 400 Einzelideen), die anderen in gleicher Zeit 10 – 50 Ideen.

Die meisten Methoden sind als Gruppen-Methoden bekannt, können aber in der Regel auch von Einzelpersonen angewandt werden. Zur Ideenfindung in diesem Sinne werden in der Regel Gruppen von 7 – 14 Teilnehmern gebildet, die eine solche Methode anwenden. Je nach Methode dauert eine solche Ideen-Findungs-Sitzung zwischen 30 Minuten und einer Stunde. Die Gruppe hat den Vorteil, dass nicht nur eine große Zahl, sondern auch eine höhere Diversität von Lösungsideen zu erreichen ist. Die Gruppen-Zusammensetzung sollte daher möglichst heterogen sein. Damit die Gruppe effektiv arbeiten kann, ist für die Ideenfindung meist ein Moderator erforderlich, der die Methode kennt und die Teilnehmer entsprechend anleitet.

Die Kreativitätsmethoden lassen sich in folgende Methoden aufteilen:

Intuitive Methoden fördern Gedankenassoziationen bei der Suche nach neuen Ideen. Sie sind auf Aktivierung des Unbewussten ausgelegt; Wissen, an das man sonst nicht denkt. Diese Methoden sollen helfen, eingefahrene Denkgeweise zu verlassen. Sie aktivieren das Potenzial ganzer Gruppen und legen eine breite Basis, bevor mit diskursiven Methoden weitergearbeitet wird. Am bekanntesten ist wohl das in der Gruppe durchgeführte Brainstorming, welches in einer Vielzahl von Varianten praktiziert wird. Die schriftliche Form Brainwriting hat wiederum viele Ableger nachgezogen. Ein anderer Strang der intuitiven Methoden arbeitet mit Analogie- und Verfremdungsmethoden, indem Lösungen eines Bereichs entsprechende Ideen für einen anderen Bereich liefern sollen, wie die Bionik.

Methoden-Übersicht:

- Brainstorming,
- Brainwriting, 6-3-5- Methode,
- Kreatives Schreiben, Galeriemethode,
- Negativkonferenz, KJ Methode,
- Braibwriting Pool, Cluster (Kreatives Schreiben),
- Collective Notebook,
- Metaplan-Technik (Karten-Technik),
- Mind Mapping,
- Bisoziation,
- Semantische Intuition,
- Reizwortanalyse,
- Superposition,
- Bionik,
- Synektik, Tilmag-Methode,
- Kopfstandtechnik,
- Catwoe

Diskursive Methoden führen den Prozess der Lösungssuche systematisch und bewusst in einzelnen, logisch ablaufenden Schritten durch (diskursiv = von Begriff zu Begriff logisch fortschreitend). Diskursive Methoden beschreiben ein Problem vollständig, indem es analytisch in kleinste Einheiten aufgespalten wird, wie beim Morphologischen Kasten, dessen Kriterien und Ausprägungen ein Problem eindeutig, vollständig und überschneidungsfrei (engl. Merkwort MECE: mutually exclusive, completely exhaustive) beschreiben soll. Ebenso die Relevanzbaumanalyse, die von Ast zu Ast präziser wird.

Methoden-Übersicht:

- Morphologischer Kasten,
- Osborn-Checkliste,
- SCAMPER,
- Ursachen-Wirkungsdiagramm
- Relevanzbaumanalyse.

- **Brainstorming**

(deutsch auch "Ideenkonferenz") ist eine von Alex Osborn erfundene und von Charles Clark weiterentwickelte Kreativitätstechnik, die Erzeugung von neuen, ungewöhnlichen Ideen in einer Gruppe von Menschen fördern soll. Osborn orientierte sich an der indischen Technik Prai-Barshana, die es seit etwa 400 Jahre gibt. In einer moderierten Gruppensitzung wird beim Brainstorming nach neuen Ideen gesucht. Dabei wird darauf geachtet, dass alle Faktoren, die Produktion neuer Ideen hemmen, minimiert sind und im Gegenteil alle den Kombinationsprozess fördernden Faktoren garantiert sind.

Teilnehmer sollen ohne jede Einschränkung Ideen produzieren und mit anderen Ideen kombinieren - ein "Abkupfern" ist erwünscht. Jeder soll seine Gedanken frei äußern können. Darum ist es während einer Brainstorming-Sitzung z. B. verboten, vorgetragene Ideen in irgendeiner Form zu bewerten, geschweige denn sie als untauglich zu bezeichnen oder sie lächerlich zu machen (so genannte Killerphrasen).

Untersuchungen haben gezeigt, dass schon die Äußerung einer Idee die Ideenfindung der anderen Teilnehmer beeinflusst. Daher ist es sinnvoll, vor dem eigentlichen Brainstorming eine Phase einzuschleifen, in der jeder Teilnehmer seine Ideen zu Papier bringt, um danach zunächst gänzlich unbeeinflusst davon berichten zu können.

Laut einem Bericht der Bild der Wissenschaft 1/2005 nützt die Methode jedoch nachweislich nichts, 50 Studien zeigen ein vernichtendes Ergebnis, die Kandidaten können es in Gruppen nicht besser weil sie sich gegenseitig blockieren. Meist müssen sie warten, bis ein anderer ausgedrückt hat und dies hemmt die Kreativität. Einzelkämpfer hingegen hatten nicht nur mehr sondern auch bessere Eingebungen.

Um weniger ausdrucksstarke aber gleichwertig qualifizierte Mitarbeiter einzubeziehen kann auf Brainwriting oder die Collective-Notebook-Methode ausgewichen werden. Auch hier gilt: Jede Variation in Umgebung und Art der Durchführung liefert neue Impulse.

4 grundsätzliche Regeln gelten beim Brainstorming:

- Keine Kritik:
Die „absurde“ Idee des einen kann für den zweiten Anstoß für eine brauchbare Ideenlösung sein.
- Kombinieren und Aufgreifen von bereits geäußerten Ideen.
- Quantität ist erwünscht.
- Freies Assoziieren und Phantasieren ist erlaubt.

Vorteile:

- Einfach zu handhaben,
- Geringe Kosten,
- Ausnutzung von Synergieeffekten infolge der Gruppenbildung.

Nachteile:

- Gefahr der Abschweifung,
- Aufwendige Selektion geeigneter Ideen.

Anwendung:

- Gefahr von gruppenspezifischen Konflikten,
- Für Problemarten einfacher Komplexität,
- Insbesondere für die Zielformulierung und Lösungssuche.

4.6.1 Mind-Map-Diagramm:

Tony Buzan (*2. Juni 1942 in London), britischer Autor populärwissenschaftlichen Bücher zu den Themen Kreativität, Mnemotechnik und Lernen. Buzan ist bekannt geworden durch die Prägung des Begriffs „MindMap[®]“ und die Einführung ihrer methodischen Anwendung. Er war nach dem Studium der Psychologie, Anglistik und Mathematik als Wissenschaftsjournalist und Herausgeber tätig. Schon in den 1960er Jahren ist Buzan als Herausgeber des „International Journal of MENSA“ einer Zeitschrift, die sich mit dem Thema Hochbegabung befasst, öffentlich in Erscheinung getreten. Seit dem Erfolg seines Buches „Make the Most of your Mind (1977)“ hat sich Buzan in zahlreichen populärwissenschaftlichen Büchern, Aufsätzen und Fernsehfilmen mit Gehirn und Kreativitätsforschung befasst.

Eine „MindMap[®]“ ist eine einfache grafische Darstellung, die Beziehungen zwischen den verschiedenen Begriffen z.B. aus einer Brainstorming-Sitzung aufzeigt. Im Gegensatz zum Brainstorming, bei dem in der Regel eine Reihe von unsortierten Begriffen produziert und anschließend sortiert werden, wird beim MindMapping von Beginn an eine vernetzte Struktur erzeugt. Sie eignen sich daher zum Festhalten von Notizen in Sitzungen und allgemein für das Zusammenfassen, Überprüfen und Systematisieren von Ideen. Mindmaps sind auch mit den „Semantischen Netzen“ und den „Concept-Maps“ verwandt

MindMapping[®] ist ein eingetragenes Warenzeichen. Eine genaue Definition kann deshalb nur durch den Inhaber des Warenzeichens erfolgen.

Mindmaps enthalten das zu bearbeitende Hauptthema möglichst knapp formuliert und/oder als Bild dargestellt in der Mitte des Blattes und nach außen verschiedenen Hauptästen mit weiteren Unterästen, die dazugehörigen Informationen rangrecht darstellen. Bei der Erstellung sollen Farben und Bilder und stichwortartige Formulierungen benutzt werden, um der kreativen Arbeitsweise des Gehirns gerecht zu werden, und um die MindMap schneller lesen und überblicken zu können.

Allgemeines Mind-Map-Diagramm:

Beispiel:

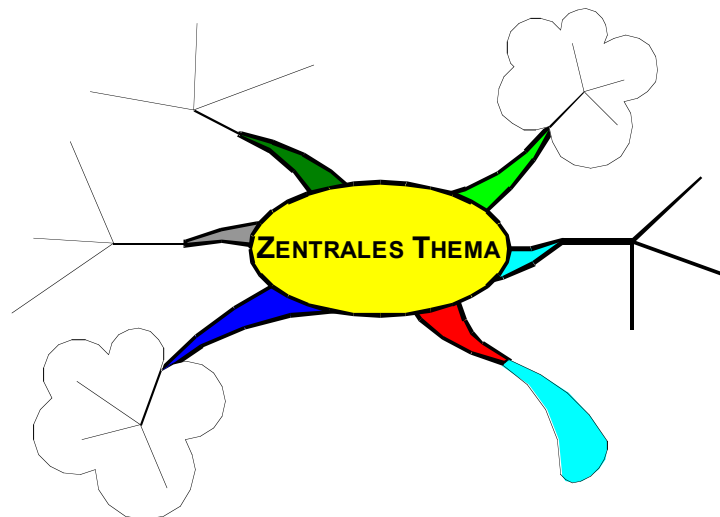


Bild 23: Einfaches Mind-Map- Modell

Grundregeln:

- Das verwendete Papier (meistens DIN A4) wird am Besten im Querformat benutzt. In der Mitte des Blattes wird ein „einprägsamer“ Begriff, ein Bild oder eine Skizze geschrieben bzw. gezeichnet. Dieser „einprägsame“ Begriff stellt das zu behandelnde Thema dar.
- Von dem zentralen Begriff, Bild oder Skizze ausgehend wird für jeden tiefergehenden Gedanken eine Linie gezeichnet.
- Auf diesen Linien werden weitere einzelne Schlüsselwörter, Bilder, oder Skizzen eingetragen.
- Von den eingezeichneten Linien können weitere Linien ausgehen, auf denen die einzelnen Hauptgedanken weiter untergliedert werden können. (Buzan spricht hier von ausstrahlen)
- Verwendung von Farben erhöhen die Übersichtlichkeit, denn zusammengehörende Gedanken und Ideen werden mit der gleichen Farbe gekennzeichnet.
- Die Verwendung von Symbolen, Pfeilen und geometrische Figuren usw. sollten so wie möglich verwendet werden. Sie erleichtern die Erfassung des Inhalts und helfen einzelne Bereiche abzugrenzen bzw. hervorzuheben.
- Für kreative Überlegungen bezüglich der Darstellung sollte keine Zeit „verschwendet“ werden.

Anwendungsgebiete:

MindMapping kann nicht nur für die Ergebnisdarstellung von Brainstorming-Sitzungen eingesetzt werden, sondern überall dort sinnvoll eingesetzt werden, wo es darum geht in relativ kurzer Zeit schriftliche Aufzeichnungen zu besitzen.

- **Vorbereiten von Vorträgen:**

Durch entsprechende Anordnung der farblichen Markierungen lassen sich einzelne Themenbereiche gut voneinander abgrenzen. Das MindMapping ersetzt hier den Stichwortzettel.

- **Einsatz in Meetings:**

Die Hauptideen bzw. Punkte können in einer MindMap festgehalten werden. Auf diese Weise hat jeder Teilnehmer stets einen Überblick über den gesamten bisherigen Sitzungsverlauf. Es werden nur Schlüsselwörter aufgezeichnet werden, sind die Sitzungsteilnehmer dazu aufgefordert ihre Aussagen auf den Punkt zubringen. Am Ende des Meetings ist ein vollständiges Protokoll in Form einer MindMap vorhanden.

- **Persönliche Anwendung:**

Notizen von Gesprächen und Telefonaten.

Vorteile:

- Das Hauptthema, die Grundidee wird zentral angeordnet und kann somit schnell erfasst werden. Ein kurzer Blick auf die MindMap genügt, um den Zusammenhang des zentralen Themas zu erkennen.
- Durch die Verästelung wird eine Hierarchie und eine Struktur vorgenommen, die relative Bedeutung eines Gedanken oder einer Idee darstellt.
- Eine MindMap offenbart Lücken.
- Durch die Verwendung von Schlüsselwörtern erfolgt eine Konzentration auf das Wesentliche.
- Eine MindMap kann erweitert werden.
- Durch farbliche Kennzeichnung können Ideen und Grundgedanken usw. Zusammengefasst werden.

Nachteile:

- Ein Nachteil der Mind-Map-Methode besteht darin, dass man sich erst einmal an diese Form der Darstellung und Vorgehensweise gewöhnen muss. Für Personen, die mit dieser Methode nicht vertraut sind, ergeben sich Akzeptanzprobleme.
- Das Aussehen der Darstellung ist reine formaler Natur.
- Der Inhalt ist strukturiert und geordnet, kann aber nur von Personen erfasst werden, die Schlüsselwörter richtig assoziieren.

4.6.2 Affinitäts-Diagramm:

Das Affinitätsdiagramm ist ein Werkzeug, das die Fakten, Ideen und Meinungen aus einer Brainstorming-Sitzung oder die Ergebnis beim Einsatz der Metaplan-Technik zu zusammengehörige Ideenfamilien (Clustern) unter einem einheitlichen Oberbegriff zusammengeführt dargestellt werden.

Eine Anwendung des Diagramms erfolgt bei Lösungen von Problemen, die denen eine Vielzahl von schwer zu überschaubaren Informationen vorliegen. Durch die Anwendung der Methode ist es einfacher, das vorliegende Problem einzugrenzen und einen Gruppenkonsens bezüglich der Problemstellung herbeizuführen.

Allgemeines Darstellungsbeispiel:

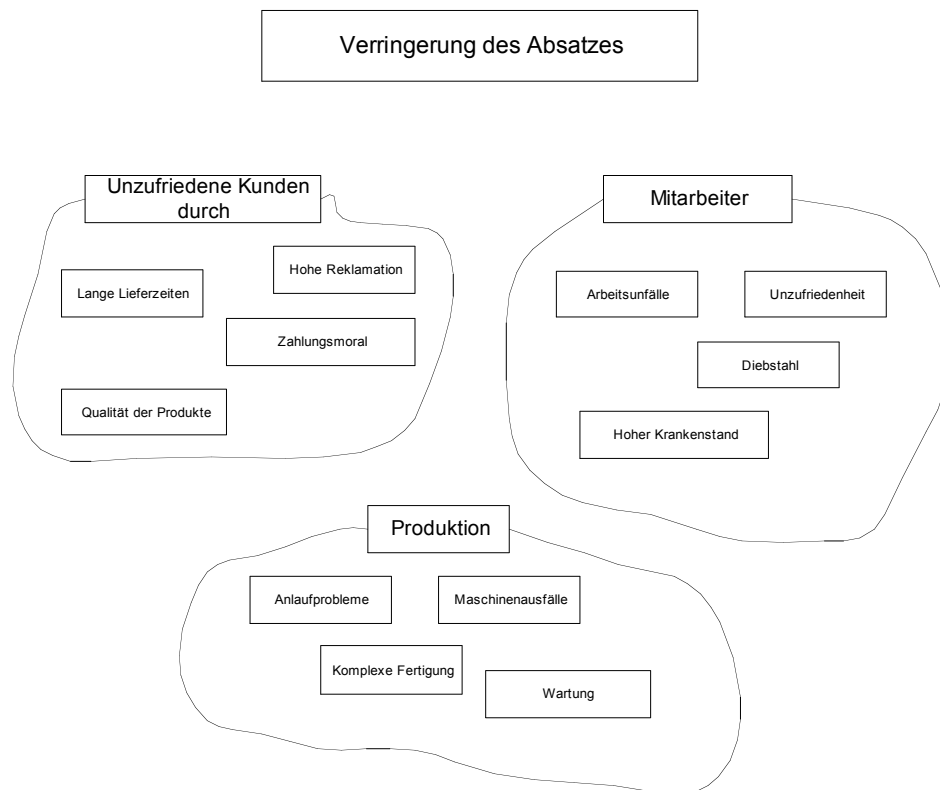


Bild 24: Einfache Darstellung eines Affinitäts-Diagramms

Vorteile:

- Ähnliche problembeschreibende Informationen werden zusammengefasst,
- Genaue Problemstellung wird deutlich,
- Meinungen aller Teilnehmer einer Brainstorming-Sitzung werden berücksichtigt,
- Fördert die Konsensbildung innerhalb eines Teams,

Nachteile:

- Erfahrung für die Erstellung muss vorhanden sein,
- Das Ergebnis ist abhängig von der Gruppe,
- Bei komplexen Problemen ist eine Strukturierung schwierig.

4.7 Ursachen-Wirkungsdiagramm:

Das Ursache-Wirkungs-Diagramm (englisch: cause and effect diagram) ist eine von Ishikawa Kaoru entwickelte Diagrammform, auch Ishikawa-Diagramm genannt, die Ursache-Wirkungs-Beziehungen darstellt. Es wurde Anfang der 1950er Jahre entwickelt. Diese Technik wurde ursprünglich im Rahmen des Qualitätsmanagements zur Analyse von Qualitätsproblemen und deren Ursachen angewendet. Heute lässt es sich auch auf andere Problemfelder übertragen und hat eine weite Verbreitung gefunden.

Das Ursache-Wirkungs-Diagramm ist ein einfaches Hilfsmittel in Form (einer Fischgräte) zur systematischen Ermittlung von Problemursachen. Hierbei werden die möglichen Ursachen, die eine bestimmte Wirkung auslösen, in Haupt- und Nebenursachen zerlegt. Anschließend folgt eine grafische Strukturierung der Ursachen um eine übersichtliche Gesamtbetrachtung zu ermöglichen.

„Auf diese Weise sollen alle Problemursachen identifiziert und mit Hilfe des Diagramms ihre Abhängigkeiten dargestellt werden.“ (Schulte-Zurhausen, M. (2002), S.513)

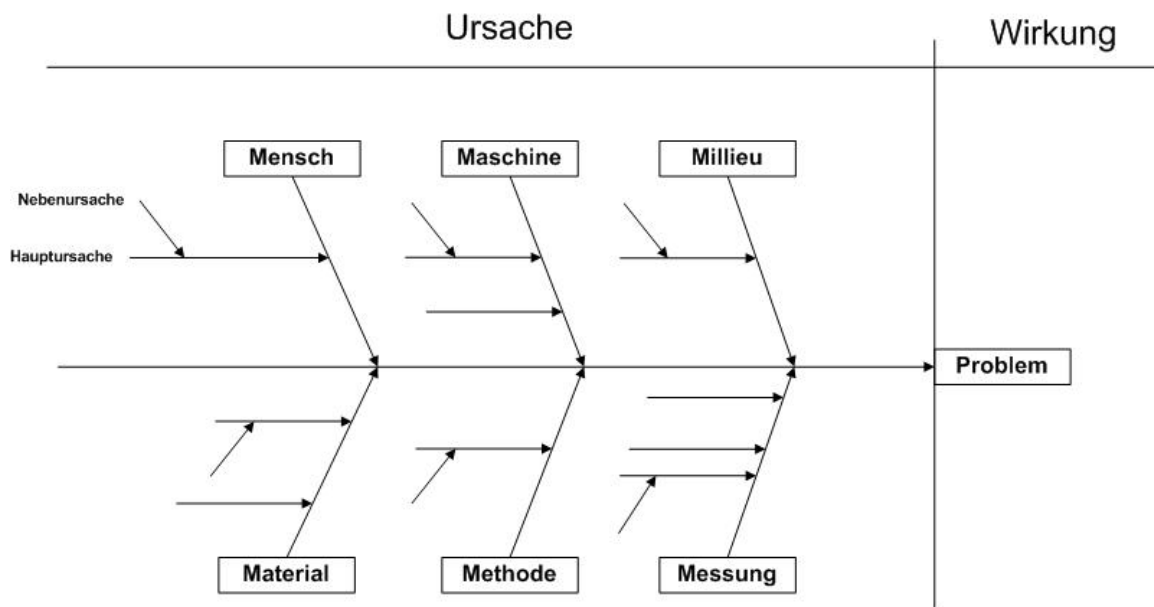


Bild 25: Ursachen-Wirkungsdiagramm-

Die Vorgehensweise zur Erstellung des Diagramms besteht aus folgenden 5 Schritten:

- **U-W-Diagramm zeichnen und die Haupteinflussgrößen eintragen:**

Ausgangspunkt ist ein horizontaler Pfeil nach rechts, an dessen Spitze das möglichst prägnant formulierte Problem steht - beispielsweise: schlechte Kundenberatung. Darauf stoßen schräg die Pfeile der Haupteinflussgrößen die zu einer bestimmten Wirkung führen. Ein Pfeil bedeutet... *trägt dazu bei, dass...* Ursprüngliche Haupteinflussgrößen wie beispielsweise die 4M- Material, Maschine, Methode, Mensch, bzw. 7M-ergänzt um Management, Mitwelt und Messung werden heute von sämtlichen sonstigen, notwendigen Einflussgrößen - beispielsweise Prozesse, Umfeld etc. ergänzt.

- **Haupt- und Nebenursachen erarbeiten:**

Unter Verwendung von Kreativitätstechniken werden potentielle Ursachen erforscht. In Form von kleineren Pfeilen werden diese auf der Linie der jeweiligen Haupteinflussgrößen dargestellt. „Liegen diesen Ursachen wiederum weitere Ursachen zugrunde, so kann weiter verzweigt werden; somit ergibt sich eine immer feinere Verästelung“(Schulte-Zurhausen,M.(2002): Organisation 3.Aufl., Verlag Vahlen München 2002, S514)

- **Vollständigkeit überprüfen:**

Überprüfung ob wirklich alle möglichen Ursachen berücksichtigt wurden. Durch die Visualisierung ist es oft leichter weitere Ursachen zu finden.

- **Auswahl der wahrscheinlichen Aussagen:**

Potentielle Ursachen werden bezüglich ihrer Bedeutung und Einflussnahme auf das Problem gewichtet. Weiters wird die Ursache mit der höchsten Wahrscheinlichkeit bestimmt.

- **Überprüfung der wahrscheinlichsten Ursache auf Richtigkeit:**

Anhand der Kenntnisse und Erfahrungen von Fachkräften wird abschließend analysiert, ob auch tatsächlich die richtige Ursache für das Problem ermittelt wurde.

Beispiel: Produktivitätssteigerung in einem Betrieb:

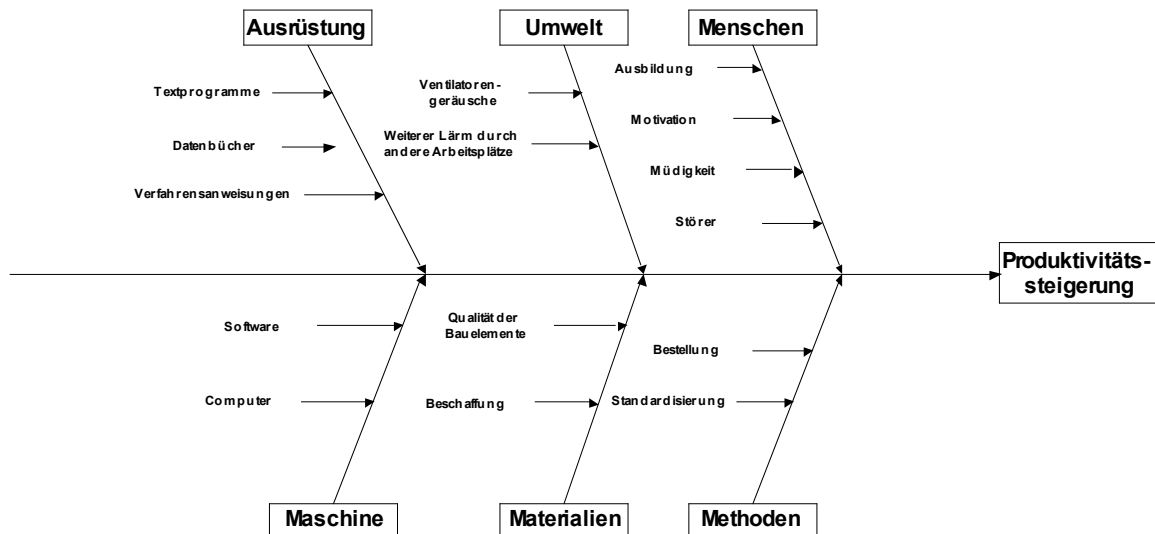


Bild 26: Einfaches Anwendungsbeispiel für ein Ishikawa-Diagramm

Anwendungsbereiche:

- Zur systematischen und vollständigen Ermittlung von Problemursachen.
- Analyse und Strukturierung von Prozessen.
- Wenn das Beziehungsgeflecht komplexer Strukturen (Ursache-Wirkungs-Geflecht) zu visualisieren und zu gewichten ist.
- Eignet sich für die Erörterung jeglicher Problemstellung innerhalb eines Teams, z.B. Brainstorming in einer Gruppe bzw. Team.

Vor- und Nachteile:

- **Vorteile**
 - Gute Diskussionsgrundlage bei Gruppenarbeit,
 - Teamarbeit ermöglicht vielseitige Betrachtungsweise,
 - Geringer Aufwand bei der Durchführung,
 - Förderung eines besseren Verständnisses von Problemen und ihrer Ursachen.
- **Nachteile:**
 - Unübersichtlich und umfangreich bei komplexen Problemen,
 - keine vernetzten Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge darstellbar,
 - Wechselwirkungen und zeitliche Abhängigkeiten werden nicht erfasst.

5.0 Zusammenhang der OM-Werkzeuge:

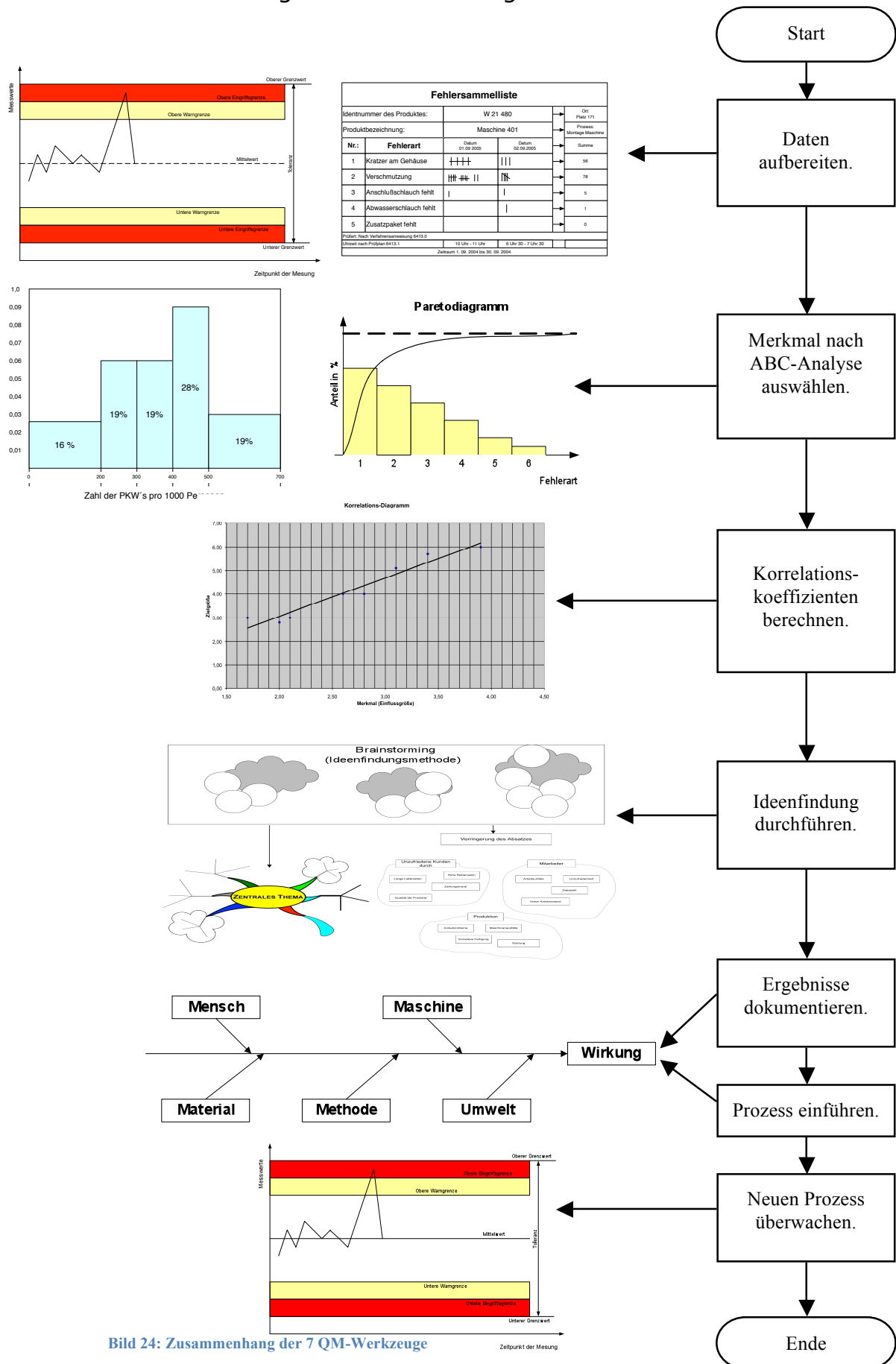


Bild 24: Zusammenhang der 7 QM-Werkzeuge

6.0 Bildverzeichnis

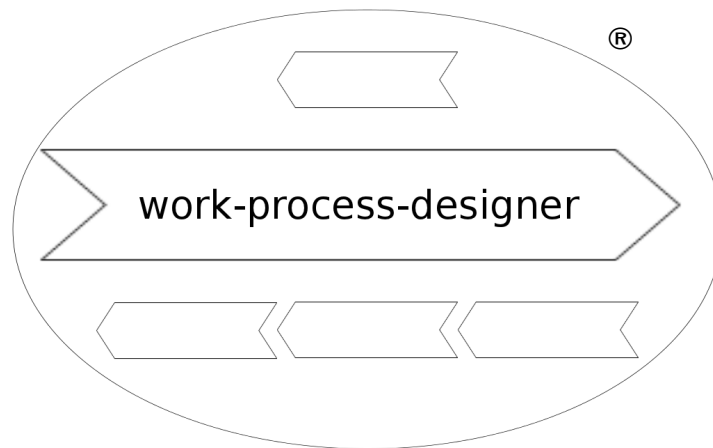
	Seite
Bild 1: QM-Werkzeuge	4
Bild 2: Einteilung der Statistik	5
Bild 3: Beispiele nominalskalierte Merkmale	8
Bild 4: Beispiele für ordinalskalierte Merkmale	9
Bild 5: Beispiele für verhältnisskalierte Merkmale	10
Bild 6: Beispiel einer Fehlersammelliste	13
Bild 7: Ausgangstabelle für Histogramm	15
Bild 8: Ergebnisse als Histogramm dargestellt	15
Bild 9: Vereinfachte Darstellung einer Qualitätsregelkarte	16
Bild 10: Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe der Lorenzkurve	17
Bild 11: Vereinfachte Darstellung einer positiven Korrelation	18
Bild 12: Vereinfachte Darstellung einer negativen Korrelation	18
Bild 13: Vereinfachte Darstellung für keine Korrelation	19
Bild 14: Vereinfachte Darstellung einer Kausalkette	20
Bild 15: Darstellung der erfassten Messwerte in einer Tabelle	21
Bild 16 Berechnete Korrelationskoeffizienten	21
Bild 17: Vorgegebene Datentabelle	22
Bild 18: Berechnung der Mittelwerte	22
Bild 19: Erweiterte Berechnungstabelle	23
Bild 20: Ausgangstabelle zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten	23
Bild 21: Berechnung des Korrelationskoeffizienten	24
Bild 22: Grafische Darstellung des Zusammenhangs	24
Bild 23: Ein einfaches Mind-Map-Modell	28
Bild 24: Einfache Darstellung eines Affinitäts-Diagramms	30
Bild 25: Ursachen-Wirkungs-Diagramm	31
Bild 26: Einfaches Anwendungsbeispiel für ein Ishikawa-Diagramm	32
Bild 27: Zusammenhang der sieben QM-Werkzeuge	33

7.0 Literaturverzeichnis

- Bleymüller, Geniert, Gülicher: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler. Verlag Franz Vahlen München 2004. ISBN 3-8006-3115-6,
- Volker Oppitz/Volker Nollau: Taschenbuch Wirtschaftlichkeitsrechnung, Carl Hanser Verlag 2003, 400 S., ISBN 3-446-22463-7,
- Newbold, Carlson, Thorne: Statistics for Business and Economics, New Jersey 2003,
- Dietrich, Schulze: "Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation", 4. Auflage, Carl Hanser Verlag, München 2003. ISBN 3-446-22077-1,
- Fahrmeir, Künstler, Pigeot, Tutz: Statistik. Der Weg zur Datenanalyse. Springer Verlag Berlin 2002. ISBN 3-540-44000-3,
- Hartung, Elpelt, Klöser: Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. R. Oldenbourg Verlag München 2002. ISBN 3-486-25905-9,
- Lambacher-Schweizer: Stochastik Leistungskurs, Für die Sekundarstufe II. LS Mathematik. Hrsg. v. August Schmid u. Wilhelm Schweizer. KLETT. Nachdr. 1999. ISBN 3-12-739370-9 Didaktisch gut gemacht, viele Aufgaben mit Lösungen in einem separaten Lösungsband,
- Levine, Berenson, Stephan: Statistics for Managers, New Jersey 1999,
- Freedman, Pisani, Purves: Statistics 1998 (Third Edition) ISBN 0-393-97121-x,
- Volker Oppitz: Gabler Lexikon Wirtschaftlichkeitsberechnung, Gabler-Verlag 1995, 629 S., ISBN 3-409-19951-9,
- Lindgren, Bernard W.: Statistical Theory, New York 1993,
- Dolic, Dubravko: Statistik mit R, Oldenbourg 2004, ISBN 3-486-27537-2,
- Walter Krämer: 5b lügt man mit Statistik, 7. überarb. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt/New York 1997. ISBN 3-593-35689-9,
- Rönz, Strohe: Lexikon Statistik, Gabler-Verlag 1994, ISBN 3-409-19952-7.
- Fahrmeir, L.; Hamerle, A.; Tutz, G. (Hrsg): Multivariate statistische Verfahren; 2., überarbeitete Auflage,
- Berlin, New York; Walter de Gruyter 1996, ISBN 3110138069,,
- Fahrmeir, L.; Künstler, R.; Pigeot, I.; Tutz, G.: Statistik; Der Weg zur Datenanalyse Berlin, Heidelberg, New York; Springer 1999, ISBN 3540678263,
- Kan, S.H.: Metrics and Models in Software Quality Engineering; Second Edition Boston; Pearson Education 2003, ISBN 0201633396.
- Josef Bleymüller, Günther Gehlert, Herbert Gülicher: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler. 10. Auflage. Vahlen, München 1996, ISBN 3-8006-2081-2 (Kapitel 12 und 13)
- DIN 66 141 Darstellung von Korngrößenverteilungen; Grundlagen Histogramm
- L. Sachs, Statistische Methoden ISBN 3540520252 Von Einordnung: Statistik
- Charles H. Clark: Brainstorming: the dynamic new way to create successful ideas. Garden City, NY: Doubleday 1958
- dt.: Charles Clark: Brainstorming. Methoden der Zusammenarbeit und Ideenfindung. Verlag Moderne Industrie, München 1966, ⁴1972 (gek. Taschenbuchausgabe: 1973, ³1979)
- Charles Hutchison Clark: Idea management: How to motivate creativity and innovation (An AMA management briefing). New York: AMACOM 1980. ISBN 081442256X
- Charles Clark: Brainstorming. How to Create Successful Ideas. Chatsworth, CA: Wilshire Book Company 1989. ISBN 0879804238 Vorwort
- Nückles, M., Gurlitt, J., Pabst, T., & Renkl, A. (2004): Mind Maps und Concept Maps. Visualisieren - Organisieren - Kommunizieren. München: Beck-Wirtschaftsberater im dtv. ISBN 3423508779
- Tony Buzan, Barry Buzan: Das Mind-Map-Buch. Die beste Methode zur Steigerung ihres geistigen Potentials Moderne Verlagsges. Mvg, 2002 ISBN 3478717310
- Tony Buzan: Das kleine Mind-Map-Buch, 2002, Goldmann Verlag ISBN 344216656X
- Maria Beyer: Brainland. Mind Mapping in Aktion, 1994, Junfermann Verlag ISBN 3873871017
- Schulte-Zurhausen, M.: Organisation. 3.Aufl., Verlag Vahlen, München 2002, ISBN 3-8006-2825-2,
- Gregory, Frank: Cause, Effect, Efficiency and Soft Systems Models, in: The Journal of the Operational,
- Research Society, Vol. 44, No. 4, New Research Directions (Apr., 1993), S. 333-344,
- Donndelinger, Deborah, Van Dine, Barbara: Use the cause-and-effect diagram to manage conflict, in: Quality Progress, Milwaukee: Juni 1996.Vol.29, S. 136,
- Hermens, Michael: A new use for Ishikawa diagrams, in: Quality Progress, Milwaukee: Juni 1997.Vol.30,S. 81-84,
- Bauer, Kent: KPI Identification With Fishbone Enlightenment, in: DM Review, März 2005, Vol. 15 Issue3, S. 12

8.0 Impressum

Gerhard Schnöckel



Am Pfalzprung 6
55583 Bad Münster am Stein-Ebernburg

Telefon: +49 (0) 6708 6349848
Telefax: +49 (0) 6708 6349847
E-Mail: info@wso.de
Internet: <http://www.wso.de>