Methoden zur Problemlösung (http://www.tercero.de)

Ursache-Wirkungs-Analyse

Ursache-Wirkungs-Analyse oder Root-Cause-Analysis dient dazu, alle möglichen und denkbaren Ursachen für ein Problem zu finden. Als Hilfsmittel zur Visualisierung benutzen wir Mindmapping-Software zur Erarbeitung des Fischgrät-Diagramms (Ishikawa-Diagramm).

Vorteile

- schnelle, systematische Eingrenzung möglicher Fehlerursachen
- Visualisierung des vorhandenen Wissens bzw. von Wissenslücken
- nachvollziehbare Darstellung der Wirkzusammenhänge
- einfache Ableitung von Abhilfemaßnahmen

Vorgehensweise

Die Ursachenanalyse sollte bevorzugt in einem Team von 4 - 6 Teilnehmern erfolgen und kann z.B. Teil eines KVP-Workshops sein. Die Vorgehensweise "5W-6M" ist recht einfach:

1. 5x "Warum" fragen
2. Antworten strukturieren nach 6 M´s
3. Vervollständigung der Wissenslücken
4. Bewerten der Ursachen nach Plausibilität
5. Maßnahmen definieren und einleiten

Zunächst wird hinterfragt, warum der Fehler aufgetreten ist. "Warum ist der Fehler aufgetreten? " ... Weil ... Diese Antwort wird erneut mit "Warum" hinterfragt. Erfahrungsgemäß führt bereits die 5te Warum-Frage den Fragenden auf die Merkmalsebene, erkennbar daran, dass diese Merkmale messbar und damit direkt beeinflussbar sind. Es ist wichtig, die Merkmalsebene zu erreichen, da sich nur hier wirksame Maßnahmen definieren lassen.

Die Antworten zu den Merkmalen werden nach den typischen Ursachenthemen mit Hilfe der "6M´s" strukturiert.

Die **6 M´s** sind:

- Mensch
- Material
- Maschine
- Messung
- Milieu (oder Mutter Natur)
- Methode

Die M´s lassen sich nochmals verfeinert aufteilen. So kann beispielsweise bei einem Fehler, den "Mensch" verursacht, es daran liegen, dass Qualifikation, Verfügbarkeit, Kapazität oder der gesundheitliche Zustand ursächlich waren.

Zur Visualisierung und Strukturieren arbeiten wir sehr häufig mit Mindmapping-Software + Beamer. Es wird dann sofort für alle Teilnehmer im Workshop erkennbar, ob für alle M´s denkbare Ursachen gefunden wurden. Unvollständige M´s und Wissenslücken werden so im wahrsten Sinne des Wortes offensichtlich.

Es folgt eine Bewertung der gefundenen Ursachen z.B. mit einer Ampel:

- Rot: = Kritisch, sehr wahrscheinlich, sofort prüfen
- Gelb: = Könnte sein, nach Rot prüfen

- Grün: = unkritisch, unwahrscheinlich

Andere Bewertungsverfahren lassen sich natürlich ebenso verwenden.

Einschränkungen der Methode
Die Methode setzt voraus, dass das Produkt oder der Prozess mit allen Einflussfaktoren und Wirkzusammenhängen bekannt sind. In vielen Fällen ist dies so und man gelangt sehr schnell zu guten Ergebnissen. Kommt man nicht zum Erfolg, z.B. bei Problemen, die schon länger existieren und die sich trotz einer Bearbeitung mit unterschiedlichen Teams bisher einer Lösung widersetzt haben, setzen wir AFD, die bewertende Funktionsanalyse und TRIZ ein.

Anticipatory Failure Determination (AFD) / Antizipierende Fehlererkennung

AFD ist eine innovative Problemlösungsmethode zur Aufdeckung komplexer Fehlerursachen und zur Fehlerprävention. Erst "den Fehler erfinden, um ihn anschließend zu beseitigen" führt in der Praxis häufig zu überraschend einfachen, hochwertigen Lösungen - selbst dann, wenn andere klassische Methoden versagt haben.

Anticipatory Failure Determination (Antizipierende Fehler Entdeckung) ist eine Methode zur Analyse, Vorhersage und Eliminierung von Fehlern in Produkten und Prozessen. Die Methode besteht aus zwei Teilbereichen: der Fehleranalyse (Failure Analysis) und der Fehlervorhersage (Failure Prediction). Die Fehleranalyse zielt auf die Identifizierung der letztendlichen Ursache eines Fehlers, eines unerwünschten Systemzustandes und auf eine Korrektur des Fehlers. Die Fehlervorhersage identifiziert Fehler vor deren Auftreten und ermöglicht so präventive Maßnahmen. Die Identifizierung der "Root Cause" und die Fehlervorhersage werden in drei effizienten Schritten durchgeführt:

1. Umkehrung des Problems: Statt zu fragen: "Warum ist der Fehler aufgetreten?" wird gefragt: "Wie kann man den Fehler provozieren?" Zur Fehlervorhersage wird gefragt: "Wie kann man alle potentielle Fehler oder unerwünschte Effekte eintreten lassen?" statt "Welche Fehler werden vielleicht auftreten?"
2. Formulierung von Fehlerhypothesen: Wie können bekannte oder mögliche Fehler absichtlich herbeigeführt werden?
3. Überprüfung von Ressourcen: In diesem Schritt wird überprüft, ob alle zur Herbeiführung der Fehlerhypothesen notwendigen Ressourcen (Stoffe, Material, Energie, Zeit, Raum, etc.) zur Verfügung stehen.

Die Methode ist in zwei Softwaremodulen implementiert: Fehleranalyse und Fehlervorhersage.

Die besondere Vorgehensweise von AFD vereint Elemente der Funktionsanalyse, der Fehlerbaumanalyse und TRIZ unter besonderer Berücksichtigung typisch menschlicher Denk- und Verhaltensbarrieren.

Die Vorteile von AFD
- dauerhafte Reduzierung von Ausschuss und Nacharbeit
- gesteigerte Prozesssicherheit
- Sichere, methodengestützte Identifikation der Ursachen
- Analogiefindung und Technologie Transfer durch Umkehr des Denkansatzes möglich
- Fehlervorhersage, Folgenabschätzung und Fehlerprävention möglich
- Lerneffekte durch Visualisierung & nachvollziehbare Dokumentation
- Entwicklung eines vertieften Gesamtsystem – Verständnisses, dadurch nachhaltige Prozessverbesserungen

Hintergrund

- „Unser Ausschuss ist von 2% auf 15% gestiegen!“
- „Aber wir haben doch nichts verändert!“
- „Wir haben schon alles Mögliche versucht, aber trotzdem, es wird nicht besser!“
- „Und was machen wir jetzt?“

Es gibt wohl wenige Unternehmen, die nicht schon ähnliche Situationen erlebt haben. Unerklärliche Prozessschwankungen, Störungen, Stillstände, die immer wieder auftreten und auch verschwinden wie eine Grippe - nur meist sehr viel teurer und schmerzhafter. Und trotz aller Bemühungen bleiben die wahren Fehlerursachen häufig unentdeckt. Die Folgen sind ein gesteigerter Kontrollaufwand, Nacharbeit, Kapazitäts- und Lieferengpässe. Dinge, die zu erhöhten Prozesskosten führen und die Rendite schmälern. Für solche Situationen ist AFD entwickelt worden.

Die Beobachtungen

1. Die Herstellung fehlerfreier Produkte benötigt als Voraussetzungen:

- die richtigen Komponenten
- in der richtigen Menge
- am richtigen Ort
- zur richtigen Zeit
- unter den richtigen Bedingungen

Die gleichen Voraussetzungen müssen erfüllt sein "damit Fehler auftreten" oder - wie es bei AFD formuliert wird - um den Fehler "herzustellen". Sichtweise und Bewertung machen den entscheidenden Unterschied zwischen Fehler und Produkt. Produkte sind gewünscht, Fehler sind unerwünscht.

2. Herstellverfahren und erforderliche Produktionsfaktoren für Produkte sind umfassend dokumentiert und recherchierbar. Mitarbeiter haben exzellentes Wissen über diese Verfahren und detaillierte Kenntnisse über Rand- und Nebenbedingungen. Im Gegensatz dazu existieren nur wenige, meist sehr spezifische Fehlerdatenbanken oder Literatur über Fehlerursachen. Persönliches Wissen über mögliche Fehler basiert meist auf eigenen, schmerzhaften Erfahrungen.

3. Die meisten Menschen sind ausgesprochen kreativ und effizient, wenn es darum geht destruktiv zu denken, Dinge zu zerstören oder Prozesse zu sabotieren. Hierfür die Kombination der erforderlichen Faktoren zu (er-)finden, fällt ihnen relativ leicht. Dagegen bereitet es ihnen häufig Schwierigkeiten, sich vorzustellen, welche Ursachen für ein Versagen verantwortlich sein könnten. Dies fällt umso schwerer, je komplexer das System ist und je mehr Abhängigkeiten und Faktoren gemeinsam eintreten müssen, damit es zum Versagen kommt.

Die Schlussfolgerung:

Kehren Sie bei der Ursachensuche Ihre Vorgehensweise und Ihre Bewertung von Fehlern um! Betrachten Sie in der Analysephase den Fehler zunächst als einen wesentlichen Bestandteil des Produkts. Identifizieren Sie dann die erforderlichen Produktionskomponenten und –bedingungen. Und zum Schluss beseitigen Sie diese Komponenten oder Bedingungen ganz gezielt … und damit auch den Fehler!

Die Vorgehensweise

1. Betrachte den Fehler als integralen Produktbestandteil. In diesem (fiktiven) Produkt ist der Fehler immer mit gleich bleibender Qualität in jedem produzierten Teil enthalten. Er

ist perfekt reproduzierbar. Er kann sicher und zuverlässig mit allen Eigenschaften des realen Fehlers hergestellt werden
2. Identifiziere alle zur Herstellung des Fehlers erforderliche Produktionsfaktoren. Nutze Literatur und Datenbanken von Herstell- und Fertigungsverfahren, falls das persönliche Wissen nicht ausreicht.
3. Ermittle die optimalen Produktionsbedingungen (Ort, Zeitpunkt etc.)
4. Suche im realen Produktionsprozess die zuvor identifizierten Fehlerproduktionsfaktoren bzw. Bedingungen
5. Beseitige eine oder mehrere dieser Fehlerproduktionsfaktoren im realen Prozess
6. Der Fehler verschwindet!

Erfahrungen mit der Methode
Wie immer gilt: Probleme sind die Folge von Veränderungen im System oder Systemumfeld. Wir verwenden die Methode häufig in Kombination zu der Problemlösungstechnik Problem Analysis nach Kepner Tregoe. AFD spielt insbesondere dann seine Stärken aus, wenn Wissen über Prozessveränderungen fehlt, z.B. weil irgendwo in der Zulieferkette auf einer Wertschöpfungsstufe ein natürlich nicht spezifizierter und dokumentierter Parameter verändert wurde und die Auswirkungen sich als Fehler erst zwei oder drei Wertschöpfungsstufen später beim Verarbeiter oder gar beim Kunden bemerkbar. Mitarbeiter, die die Methodik kennenlernen, sind jedes Mal fasziniert und begeistert. Sie begreifen intuitiv die Vorteile, übernehmen sehr schnell die Arbeitstechnik und finden häufig ohne weitere Unterstützung die Problemursachen von Fehlern, bei denen sie vorher hilflos waren.

Der grundsätzliche Unterschied zwischen AFD und den herkömmlichen Methoden, wie z.B. der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) und der Hazard and Operability Analysis (HAZOP), ist die Perspektive, aus der die möglichen Fehler bestimmt werden. Mit herkömmlichen Methoden verläuft das Fehlervorhersage-Verfahren linear aus einer Artikulation der Funktionen des Systems und den Folgen, die auftreten können, wenn es einen Fehler (Fehlfunktion) im Ergebnis oder bei der Ausführung dieser Funktionen gibt. Mit anderen Worten: die analytische Ursache-Wirkungskette folgt den Design-Richtlinien (design intent). Bei einem möglichen Fehler werden die Auswirkungen des Fehlers, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und die Fähigkeit, ihn zu erkennen, bestimmt. Sobald diese Parameter quantifiziert sind (oft sehr subjektiv), wird eine Berechnung des Risikos durchgeführt. Falls das Risiko sehr hoch ist, werden Änderungen im Design oder in der Fehlererkennung vorgeschlagen.

Bewertungsverfahren zur Entscheidungsfindung

Alle Bewertungsmethoden zur Entscheidungsfindung haben ein gemeinsames Ziel: Eine Entscheidung sicher, begründet und nachvollziehbar treffen zu können.

Prinzipielle Vorgehensweise
Unabhängig davon, ob es sich um eine spontane, intuitiv getroffene Einzelentscheidung oder um eine Gruppenentscheidung als Ergebnis eines mehrstufigen Entscheidungsfindungsprozesses handelt, wird folgende Schrittfolge meist unbewusst durchlaufen:

1. Ziel festlegen
2. Alternativen ermitteln
3. Bewertungskriterien ermitteln
4. Stufung und Optimierungsrichtung festlegen
5. Leistungsanforderungen der Bewertungsstufen festlegen
6. Bewertungskriterien gewichten
7. Bewertung durchführen

8. Plausibilität prüfen
9. Risiken betrachten

Schwierigkeiten in Entscheidungsprozessen von Gruppen treten in der Regel dann auf, wenn diese Schrittfolge nicht eingehalten wird oder sich Kriterien, Gewichtung und Leistungsanforderungen individuell von Gruppenmitglied zu Gruppenmitglied unterscheiden.

"spontane" Verfahren zur Entscheidungsfindung
Für unternehmensrelevante Entscheidungen empfehlen wir die stärker strukturierenden Methoden (s.u.) gegenüber der intuitiven, spontanen ad-hoc – Entscheidung aus folgenden Gründen:

- Spontan getroffene Einzel- oder auch Gruppenentscheidungen benötigen kaum Zeit, weil Alternativen, Bewertungskriterien und Gewichtung meist nur sehr kurz diskutiert werden.
- Spontane Entscheidungen unterliegen häufig der aktuellen Stimmungslage. Stimmung und Motivationsgründe für die getroffene Entscheidung lassen sich später nur schwierig nachvollziehen.
- Ein Lerneffekt bei spontan getroffenen Entscheidungen ist selten erkennbar – außer die späte Erkenntnis, dass man vielleicht doch mehr Zeit auf die Entscheidungsvorbereitung hätte verwenden sollen.
- Abstimmungen per Handzeichen oder das "Punktekleben" der Metaplan-Technik gehören in diese Kategorie.

"strukturierende" Verfahren zur Entscheidungsfindung
- Mehrfache Diskussion der Alternativen, Kriterien, Erfüllungsgrade und Gewichte in interdisziplinären Teams, Vervollständigung und Validierung der verfügbaren Informationen sowie Rückkopplungsschleifen sind typisch für stark strukturierende Verfahren zur Entscheidungsfindung.
- Die offene Diskussion über Alternativen und Beurteilungskriterien und der Zwang zur differenzierenden Beurteilung macht Wissenslücken oder unzureichend berücksichtigte Aspekte schnell offensichtlich.
- Diese Vorgehensweisen benötigen mehr Zeit als die spontanen, intuitiven Verfahren.
- Die Ergebnisse sind unabhängiger von aktuellen Stimmungslagen, umfassender begründet und nachvollziehbar dokumentiert.
- Die Durchführung eines Reviews oder "Lessons learned" sind häufig integraler Bestandteil der Methodiken und Basis für zukünftige Entscheidungsprozesse.
- Nutzwertanalyse / bewertete Entscheidungsmatrix und AHP (analytical hierarchy process) sind Beispiele für diese Verfahren.

Entscheidungsfindungsverfahren im Überblick
Wir verwenden abhängig von der jeweiligen Situation unterschiedliche Verfahren zur Entscheidungsfindung. Hier ein kleiner Überblick ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

Abstimmung per Handzeichen
Der Moderator oder Sitzungsleiter stellt der Gruppe evtl. nach einer vorausgehenden Diskussion in einer Abstimmung zwei Alternativen zur Wahl (Ja-Nein). Die einfache Mehrheit entscheidet. Dieses intuitive Verfahren ist sinnvoll bei einfachen Entscheidungen ohne besondere Konsequenzen. z.B. um herauszufinden, wer im Workshop noch länger arbeiten möchte als geplant.

Punkte Kleben
Die Abstimmenden erhalten 3 oder 5 Klebepunkte und verteilen diese z.B. am Flipchart spontan auf diejenigen Alternativen, die ihnen am attraktivsten, sinnvollsten, besten etc. erscheinen. Das Verfahren dient z.B. im Workshop dazu, um schnell ein Stimmungsbild in

der Gruppe abzufragen, um Themenschwerpunkte zu ermitteln und Bewegung in die Gruppe zu bringen.

PM-Tabelle (Plus – Minus – Tabelle)
Dies ist eine tabellarische qualitative Gegenüberstellung von Vor- bzw. Nachteile jeweils für eine Alternative. Es werden in der Regel keine Beurteilungskriterien ausgearbeitet, auf die jede der Alternativen anschließend überprüft werden. Die PM-Tabelle hilft schnell verschiedene Aspekte von Handlungsalternativen zu sammeln, zu strukturieren und zu visualisieren.

PMI-Tabelle (Plus-Minus-Interessant-Tabelle)
Von Edward de Bono stammt die Erweiterung der PM-Tabelle um eine "Interessant"- Spalte. In der I-Spalte werden offene, ungeklärte Punkte gesammelt. Die Vorgehensweise kann in Einzel- oder Gruppenarbeit benutzt werden z.B. um eine Diskussion zu versachlichen, die Argumente zu sammeln, zu strukturieren und insbesondere offene Punkte mit Handlungsbedarf aufzuzeigen.

Ampel
Für die Beurteilung einer Situation sind 3 Stufen wie bei einer Ampel möglich: ROT – GELB – GRÜN. Rot werden schlechte oder sehr kritische Elemente ("No-Go´s") zugeordnet, Gelb ist neutral bzw. benötigt weitere Klärung, Grün ist positiv bzw. unkritisch ("Go"). Das Verfahren ähnelt der PMI-Tabelle von deBono, ist aber stärker visuell orientiert. In Verwendung mit der Mindmapping – Technik ist dies ein hervorragendes, zeiteffizientes visuelles Verfahren zur Risikobeurteilung in Fehlerbäumen (FTA) oder auch als Alternative zu einer FMEA.

Nutzwertanalyse / bewertete Entscheidungsmatrix

Nutzwertanalyse (NWA) nach Ch. Zangenmeister ist ein quantifizierendes, numerisches Verfahren um verschiedene Alternativen strukturiert, belastbar und nachvollziehbar miteinander zu vergleichen. Die Alternative mit der höchsten Punktzahl stellt die beste Wahl mit dem höchsten Nutzwert dar. Hier die Vorgehensweise:

1. Ziel definieren
2. Alternativen auflisten
3. Bewertungskriterien sammeln
4. Bewertungskriterien gewichten
5. Gewichte der Bewertungskriterien normieren
6. Bewertungsskala für Kriterien und Optimierungsrichtung festlegen
7. Leistungsanforderungen zur Erfüllung der jeweiligen Skalenstufe definieren
8. Bewertung durchführen
9. Bewertungspunkte der Alternative mit dem normalisierten Kriteriengewicht multiplizieren und addieren, daraus ergibt sich die Priorisierung der Alternativen
10. Sensitivität der Bewertung testen durch Variation der Gewichte

Die Gewichte können spontan z.B. als Skala 1 – 10 oder mit Hilfe des paarweisen Vergleichs erarbeitet werden. Bei der Bewertungsskala für Kriterien kann man sich z.B. an einer Notenskala wie in der Schule orientieren (z.B. sehr gut = 5, gut = …, sehr schlecht = 0). Die Leistungsanforderungen zur Erfüllung der jeweiligen Skalenstufe sollten eingehend diskutiert und eindeutig definiert werden (z.B. Lieferzeit <2h sehr gut, Lieferzeit 2 bis 5h gut, usw.). Sind K.O.-Kriterien zu berücksichtigen, kann es sinnvoll sein, die erzielten Bewertungspunkte zu multiplizieren und bei Nichterfüllung eines K.O.-Kriteriums eine "0" bei der Bewertung zu setzen. Als Plausibilitätsprüfung kann z.B. eine Sensivitätsanalyse durchgeführt werden, bei der die Gewichte variiert werden um die Auswirkungen auf das Ergebnis zu erkennen.

Bewertungskriterien	Kriterien-gewicht	Lösungsalternative1 Bluetooth+Beschaltung		Lösungsalternative2 Infrarot+Beschaltung		Lösungsalternative3 Kabel+Beschaltung		Ideale Lösung	
		ungewichtet	gewichtet	ungewichtet	gewichtet	ungewichtet	gewichtet	ungewichtet	gewichtet
komfortable Bedienbarkeit	0,06	8	0,48	7	0,42	8	0,48	10	0,60
langsame Dämpfung	0,16	8	1,28	7	1,12	7	1,12	10	1,60
Schnelle Reaktionszeit	0,12	8	0,96	8	0,96	6	0,72	10	1,20
geringe Materialeinzelkosten	0,12	6	0,72	5	0,60	4	0,48	10	1,20
geringer Stromverbrauch	0,12	7	0,84	5	0,60	6	0,72	10	1,20
einfache Wartung von Hard- und Softwa	0,06	7	0,39	7	0,39	5	0,28	10	0,56
einfache Montage des Systems	0,06	7	0,42	5	0,30	6	0,36	10	0,60
hohe Lebensdauer	0,11	6	0,66	7	0,77	5	0,55	10	1,10
Benutzung von Fertigteilen	0,10	7	0,70	7	0,70	7	0,70	10	1,00
hohe Funktionszuverlässigkeit	0,07	9	0,63	7	0,49	3	0,21	10	0,70
Summe	1	73	7,08	65	6,35	57	5,62	100	10
	k=1,(1),n	k=1,(1),n	k=1,(1),n	k=1,(1),n	k=1,(1),n	k=1,(1),n	k=1,(1),n	$P_{id} = n\ p_{max3}$	$N_{id} = p_{max} \Sigma\ g_k$
Wertigkeit		0,73	0,71	0,65	0,63	0,57	0,56	$w_{id} = 1$	$wg_{id} = 1$

g_n	Gewicht des Kriteriums n (ermittelt durch Zielsystem)	P_j	Punktsumme (ungewichtet)
p_{nj}	Punkte (Kriterium n, Alternative j)	n_{nj}	Teilnutzwert ($n_{nj} = g_n * p_{nj}$)
N_j	Nutzwert (Alternative j, $N_j = \Sigma\ n_{nj}$)		
w_j	ungewichtete Wertigkeit der Alternative j mit w<=1		
wg_j	gewichtete Wertigkeit der Alternative j mit wg <=1		

Hinweis:

N_j	ist der Gesamtnutzwert nach der Nutzwertanalyse (NWA)
w	ist die Technische Wertigkeit nach VDI 2225

Richtzahlen für den Grad der Wertigkeit: (nach Hansen)

w <= 0,6	Alternative nicht befriedigend
0,6 <= w <= 0,7	Alternative ist brauchbar
w > 0,7	Alternative ist günstig

Einige Hinweise zu den Bewertungskriterien:

- Versuchen Sie sich auf wenige, wesentliche Bewertungskriterien zu beschränken. Häufig genügen 5 - 8 Kriterien. Sinnvoll ist es, mehrere Unterkriterien unter einem Hauptkriterium zusammenzufassen. Sie können dazu einen hierarchischen Kriterienbaum erarbeiten. Die Summe der Gewichte der Unterkriterien muss dann das Gewicht des übergeordneten Hauptkriteriums ergeben.
- Bewertungskriterien sollten einer vergleichbaren Hierarchiestufe angehören. Kleinere Differenzen sind unvermeidbar und werden über die Gewichtung abgefangen.
- Bewertungskriterien müssen eindeutig und überschneidungsfrei definiert sein.
- Die einzelnen Bewertungskriterien sollten unterschiedliche Merkmale bewerten, in Summe ermöglichen sie die umfassende Bewertung.
- Bewertungskriterien müssen unabhängig voneinander sein. Die Erfüllung des einen darf nicht Voraussetzung zur Erfüllung eines anderen Kriteriums sein.
- Anwendungsbeispiele, bei denen die Nutzwertanalyse in unterschiedlichem Umfang genutzt werden kann, sind z.B. QFD, FMEA oder Wertanalyse.

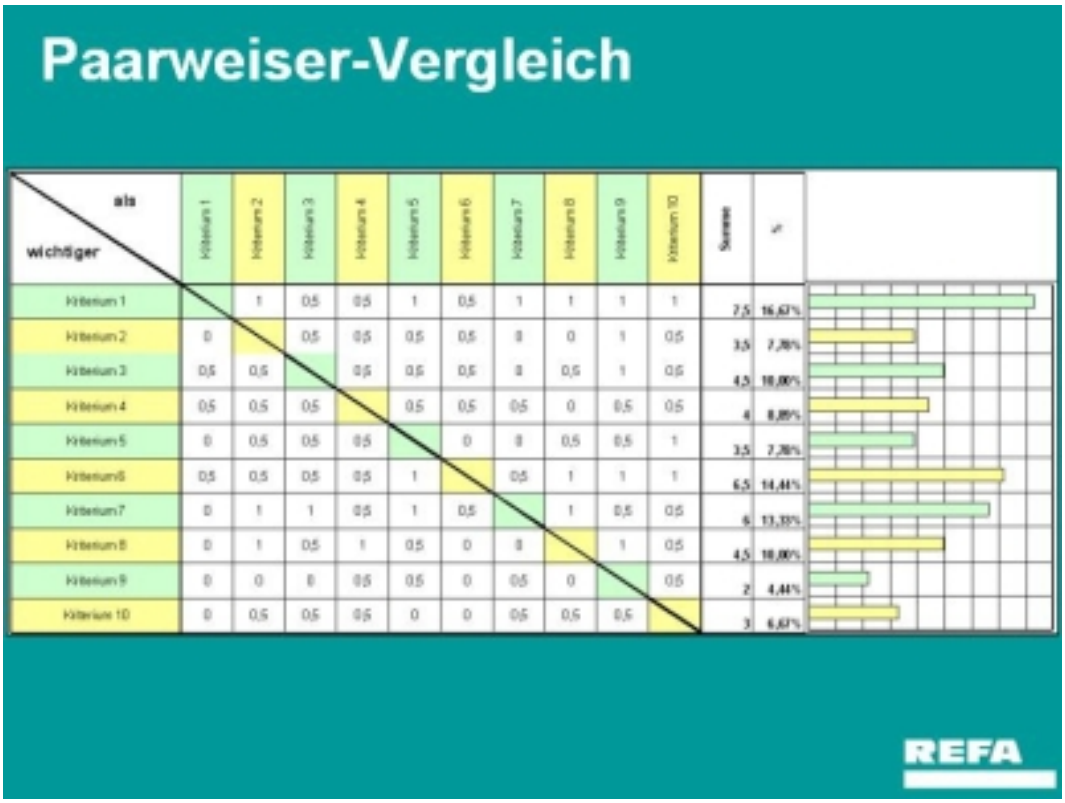
Paarweiser Vergleich

Der paarweise Vergleich ist eine Priorisierungsmethode z.B. zur Ermittlung der Gewichtung von Bewertungskriterien. Hierbei wird jedes Kriterium mit jedem verglichen. Dazu wird eine n x n – Matrix aufgestellt. Zulässige Einträge in die Matrixfelder sind, wenn :

- Kriterium A wichtiger als Kriterium B -> 2
- Kriterium A genauso wichtig wie Kriterium B -> 1
- Kriterium A unwichtiger als Kriterium B -> 0

Die Hauptdiagonale der Matrix wird mit Einsen aufgefüllt. Die Ergebnisse in den Feldern werden für jedes Kriterium zeilenweise addiert und anschließend normiert. Die höchste Punktzahl kennzeichnet das wichtigste der miteinander verglichenen Kriterien.

Der paarweise Vergleich wird häufig bei der Nutzwertanalyse oder zum Wettbewerbsvergleich z.B. als Teil einer FMEA eingesetzt. Er kann relativ einfach mit Hilfe mit Papier und Bleistift oder komfortabler mit einem Tabellenkalkulationsprogramm durchgeführt werden.



Kepner - Tregoe – Entscheidungsanalyse ("decision analysis")

Das Entscheidungs- und Priorisierungsverfahren nach Kepner Tregoe ähnelt der Vorgehensweise der Nutzwertanalyse von Zielformulierung bis hin zur Sensitivitätsbetrachtung.

2 Unterschiede sind beachtenswert. Kepner Tregoe unterscheiden zum einen bei den Beurteilungskriterien zusätzlich nach "Muss-Kriterien" und "Kann-Kriterien“. Alternativen, die ein Muss-Kriterium nicht erfüllen, werden im weiteren Prozess nicht mehr betrachtet. Zum Zweiten erfolgt vor der Sensitivitätsanalyse eine Risikobetrachtung der Alternativen, bei der die mit zu hohem Risiko behaftete Alternativen ausgesondert werden. Dies kann übrigens auch die aus dem bisherigen Bewertungsverfahren als "beste" Alternative hervorgegangene Lösung sein.

Um die Gewichtungskriterien der Beurteilungskriterien festzulegen, wird mit einem modifizierten paarweisen Vergleich gearbeitet, bei dem nur "0" oder "1" zulässig sind, die "2" also

entfällt. Dazu wird wie gewohnt jedes Kriterium mit jedem verglichen und eine n x n – Matrix aufgestellt. Zulässige Einträge in die Matrixfelder sind, wenn :

- Kriterium A wichtiger als Kriterium B -> 1
- Kriterium A genauso wichtig wie Kriterium B -> 0
- Kriterium A unwichtiger als Kriterium B -> 0

Die Hauptdiagonale der Matrix wird mit Einsen aufgefüllt. Die Ergebnisse in den Feldern werden für jedes Kriterium zeilenweise addiert und anschließend normiert. Das Kriterium mit der höchsten Punktzahl ist das wichtigste der miteinander verglichenen Kriterien.

AHP Analytical Hierarchy Process nach Thomas Saaty

AHP ist ebenfalls ein quantifizierendes, numerisches Verfahren, um verschiedene Alternativen strukturiert, konsistent und nachvollziehbar miteinander zu vergleichen. Das Verfahren stellt eine erweiterte Nutzwertanalyse dar, ist deutlich "mathematischer" und bedarf - um es praktikabel durchzuführen - entsprechender Softwareunterstützung. Die wesentliche Erweiterung gegenüber der Nutzwertanalyse besteht darin, dass sowohl Kriteriengewichtung als auch Alternativenvergleich konsequent mit Hilfe eines erweiterten paarweisen Vergleichs erfolgen. An Stelle von nur 3 möglichen Ausprägungen beim paarweisen Vergleich – besser (2), gleich gut (1), schlechter (0) – sind 9 fein differenzierte Ausprägungen von 1 bis 9 zulässig. Der AHP bewertet zusätzlich die Logik und Konsistenz der Entscheidung durch den Inkonsistenzfaktor.

Kepner Tregoe - Problemanalyse - Entscheidungsfindung

Kepner Tregoe problem analysis, decision analysis und potential problem analysis Charles Kepner und Benjamin Tregoe haben 3 Vorgehensweisen entwickelt zur Problemanalyse, zur Entscheidungsfindung und zur Strategieentwicklung:

- Problemanalyse nach Kepner Tregoe - "Problem Analysis" - die strukturierte Problemanalyse zur Identifizierung von Fehlerursachen und zu deren Beseitigung
- Entscheidungsfindung nach Kepner Tregoe - "Decision Analysis" - ein strukturierter Ansatz zur Bewertung von Alternativen und zur belastbaren, nachvollziehbaren Entscheidungsfindung
- Analyse potentieller Probleme nach Kepner Tregoe - "Potential problem analysis" - ein Ansatz, um aus den Erfahrungen der Problemanalyse und der Entscheidungsfindung zu lernen, Präventivmaßnahmen rechtzeitig einzuleiten, Chancen konsequent zu nutzen und um eine belastbare Unternehmensstrategie zu entwickeln.

Kepner Tregoe - Problemanalyse
Problemanalyse oder "Problem Analysis" nach Kepner Tregoe stellt eine sehr strukturierte Vorgehensweise für das Bearbeiten komplexer Problemstellungen und für das schnelle Problemlösen dar.

Die Methode basiert auf der Beobachtung, dass jedes Problem immer eine Folge von Veränderungen im System und/ oder Systemumfeld ist. Die Problemanalyse mit Hilfe der 9-Feld-Matrix in TRIZ nutzt übrigens die gleiche Beobachtung.

Der psychologisch sehr geschickte Kniff bei der Problemanalyse nach Kepner-Tregoe besteht darin, dem Problemsystem ein analog aufgebautes Vergleichssystem gegenüber zu stellen, bei dem das Problem nicht auftritt - obwohl es eigentlich zu erwarten wäre.

Zunächst werden daher das Problem und das Problemsystem beschrieben, dann wird ein Vergleichssystem gesucht und die Unterschiede zwischen den beiden Systemen werden herausgearbeitet. Man bestimmt dann die für die Unterschiede verantwortlichen Veränderungen. Anschließend erfolgen die Entwicklung von Versagenshypothesen und die Plausibilitätsprüfung. Auch hierbei hilft das Vergleichssystem. Die zutreffende Ursachenhypothese erklärt zwanglos und logisch sowohl das Versagen im Problemsystem als auch das Nicht-Versagen des Vergleichssystems.

Natürlich wird jeder erfahrene Problemlöser bereits bei Auftauchen eines Problems die Erfahrungen der Vergangenheit nutzen und bereits aufgetretene Versagensursachen überprüfen. Parallel dazu sollte aber die strukturierte Problemanalyse mit "Problem Analysis" sofort bei Auftreten des Problems begonnen werden. Es spart erfahrungsgemäß Zeit, Kosten und Nerven - es könnte ja sein, dass die Ursachen diesmal komplex und nicht bereits bekannt sind. Die Gefahr, in kritischen Situationen nach dem erstbesten Strohhalm zu greifen, ist nur zu menschlich. Wenn dieser dann das Problem nicht beseitigt, ist die Enttäuschung groß und die Folgen meist gravierend.

Die Vorgehensweise

1. Problem benennen
2. In welchem System tritt das Problem auf?
3. In welchem Vergleichssystem tritt das Problem wider Erwarten nicht auf?
4. Wo, Wann und in welchem Umfang tritt das Problem auf?
5. Welche Unterschiede bestehen zwischen Problem- und Vergleichssystem?
6. Welche Veränderungen sind für die Unterschiede verantwortlich?
7. Ursachenhypothesen entwickeln
8. Plausibilität der Hypothesen prüfen
9. Ursachen beseitigen
10. Parallel dazu: bereits bekannte Versagensursachen überprüfen

Erfahrungen mit der Methode "Problem Analysis"

Die Methode ist sehr erfolgreich und zeiteffizient, wenn sie konsequent eingesetzt wird. Sie setzt ein profundes Systemverständnis und umfangreiches Wissen insbesondere über Unterschiede und Veränderungen auf allen Ebenen des Problemsystems voraus. Unserer Erfahrung nach ist aber häufig gerade dieses Wissen über Unterschiede und Veränderungen nicht verfügbar - zum Beispiel wenn bei einem Zulieferer im Prozess Veränderungen stattgefunden haben, die nicht überwacht werden oder bestimmte Produkteigenschaften nicht spezifiziert sind. Bei solchen Problemfällen hilft dann die Methode "Anticipatory Failure Determination" AFD aus TRIZ weiter - erst den Fehler erfinden, um ihn dann zu beseitigen.

Kepner Tregoe – Entscheidungsfindung

Entscheidungfindung oder "Decision Analysis" nach Kepner Tregoe als Bewertungsverfahren hat sehr viel Ähnlichkeit mit der Nutzwertanalyse nach Christian Zangenmeister. Die Schrittfolge von Zielformulierung bis hin zur Sensitivitätsbetrachtung ist nahezu gleich.

Zwei Unterschiede sind beachtenswert. Die Entscheidungsfindung nach Kepner Tregoe unterscheidet bei den Beurteilungskriterien zusätzlich nach "Muss-Kriterien" und "Kann-Kriterien“. Alternativen, die ein Muss-Kriterium nicht erfüllen ("No-Go´s"), werden im weiteren Bewertungsprozess nicht mehr betrachtet. Als zweiter Unterschied erfolgt vor der Sensitivitätsanalyse eine Risikobetrachtung der Alternativen, bei der die mit zu hohem Risiko behafteten Alternativen ausgesondert werden. Dies kann übrigens auch die aus dem bisherigen Bewertungsverfahren als "beste" Alternative hervorgegangene Lösung sein. Die Risiken werden untersucht mit Hinblick auf ihre Eintrittswahrscheinlichkeit und auf ihre Auswirkung /Schädlichkeit und bewertet mit "hoch", "mittel", "niedrig" - ähnlich, aber etwas vereinfacht wie bei einer FMEA.

Die Vorgehensweise

1. Ziel definieren
2. Bewertungskriterien sammeln
3. Bewertungskriterien untergliedern nach "Muss" und "Kann"-Kriterien
4. "Kann"-Kriterien gewichten
5. Gewichte der Bewertungskriterien normieren
6. Bewertungsskala für Kriterien und Optimierungsrichtung festlegen
7. Leistungsanforderungen zur Erfüllung der jeweiligen Skalenstufe definieren
8. Alternativen sammeln
9. Alternativen an Hand der "Muss"-Kriterien bewerten, "No-Go"-Alternativen ausscheiden
10. "Go"-Alternativen an Hand der "Kann"-Kriterien bewerten
11. Risiken und Konsequenzen abschätzen
12. Sensitivität der Bewertung testen durch Variation der Gewichte
13. Entscheidung treffen

Erfahrungen mit der Methode

Die Methode der Entscheidungsfindung ist bewährt, effizient und entspricht dem häufig intuitiven Verhaltensmuster der meisten Menschen bei anstehenden Entscheidungen. Wie bei allen anderen Bewertungsverfahren hilft die offene Diskussion über Bewertungskriterien und Gewichte, um die unterschiedlichen Individualmeinungen in einem Team deutlich zu machen. Sie sorgt für Vollständigkeit bei der Bewertung und für ein einheitliches Verständnis. Wer die Nutzwertanalyse kennt, wird keine Umstellungsprobleme haben. Die Risikobetrachtung im Zuge der "Decision Analysis" ist sehr pragmatisch. Wir führen Sie gern in Form einer Mindmap mit Ampelfunktionen durch. Wer die Risiken detaillierter betrachten will, wird eine FMEA durchführen.

Kepner Tregoe - Analyse potentieller Probleme - Analyse potentieller Probleme

Die "Analyse potentieller Probleme" oder "Situation Appraisal" ist die dritte Methode im Methodenverbund von Kepner Tregoe.

Ziel der "Analyse potentieller Probleme" ist, eine tragfähige Unternehmensstrategie zu entwickeln, frühzeitig mögliche Gefahren und Risiken zu erkennen und Gegenmaßnahmen präventiv und rechtzeitig einzuleiten. Dies gilt im positiven Sinne ebenso für Wachstumschancen oder geschäftsfördernde Trends.

Vorgehensweise

Die Methode kombiniert die klassische SWOT-Analyse (Strength, Weakness, Opportunities and Threats) mit Strategieelementen und Bewertungsverfahren. Ebenso finden sich Elemente des Risikomanagements in der Vorgehensweise. Darüber hinaus werden Erfahrungen aus den beiden anderen Kepner-Tregoe-Methoden "Problemanalyse" bzw. "Entscheidungsfindung" genutzt.

Mind Mapping

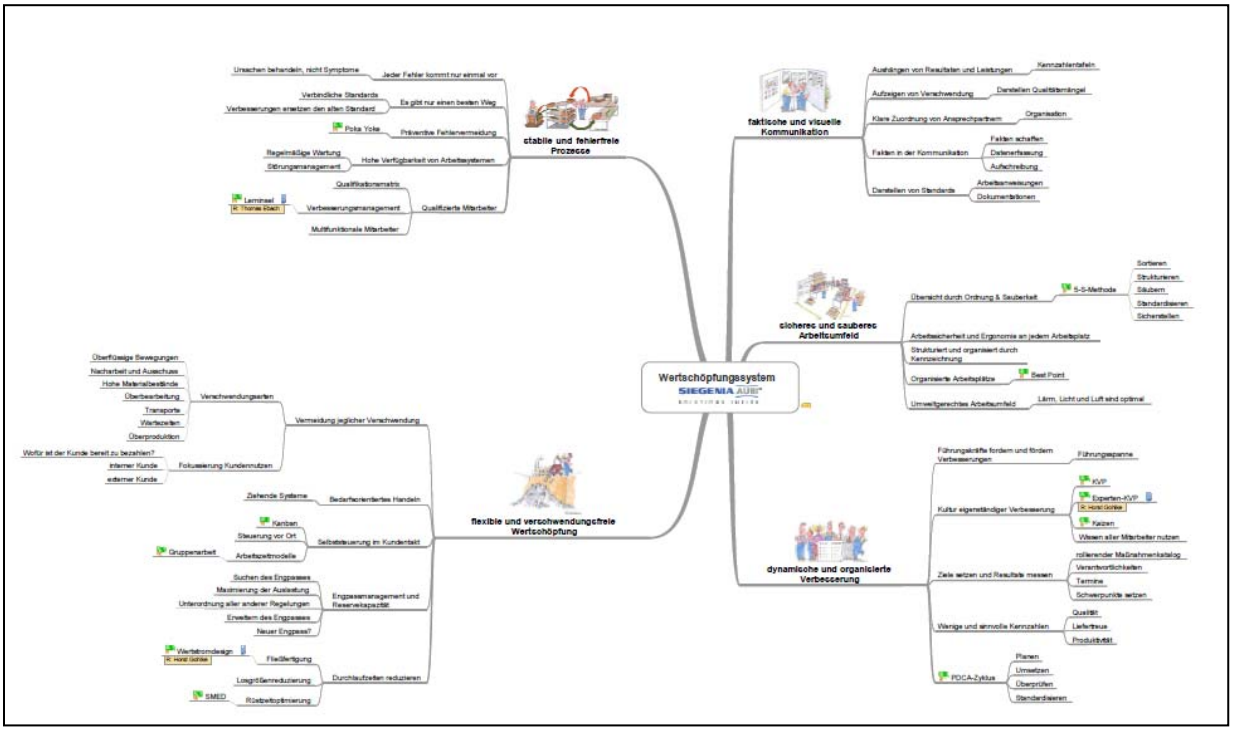
Mindmapping ist eine bildhafte Methode zur Darstellung und Strukturierung von Informationen. Sie spricht beide Gehirnhälften in gleicher Weise an und verbessert so die Qualität und Effizienz der Kommunikation.

Die Methode ist einfach zu erlernen und kann vielseitig eingesetzt werden. Wir setzen Sie häufig z.B. zur Moderation und Dokumentation von Diskussionen, zur Vorbereitung und Durchführung von Workshops, für Präsentationsvorbereitungen, als Sitzungsprotokolle oder bei Ursache-Wirkungsanalysen (Root-Cause-Analysis) ein.

Hintergrund

Seitenweise Fließtext ohne Farben und Formatierungen lesen oder Tabellen wie z.B. bei einer FMEA ausfüllen – Es gibt wenige Dinge, die schneller langweilen und ermüden. Die Ergebnisse der Gehirnforschung erklären diese Reaktionen sehr einfach. Unser Gehirn ist zweigeteilt. Die linke Gehirnhälfte ist in der Regel für rationales Denken, Logik, Sprache und Analyse zuständig. In der der rechten Hälfte sind meist Emotionen, Raumwahrnehmung, Phantasie, Farbe, Form- und Musterkennung lokalisiert. Effizient sind wir dann, wenn beide Gehirnhälften gefordert sind, die dargebotenen Informationen unterschiedliche Sinneskanäle ansprechen und in unterschiedlichen Gehirnregionen bearbeitet und gespeichert werden. Wird - wie in obigem Beispiel - nur eine Gehirnhälfte angesprochen, führt dies schnell zu Problemen, die dargebotenen Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten und zu behalten. Jede Ablenkung ist dann willkommen.

Tony Buzan hat auf Basis dieser Erkenntnisse die Mind-Mapping-Technik entwickelt. Klassisch entsteht eine Mindmap auf Papier und mit Moderationskarten, Software-Pakete wie z.B. Mindmanager ermöglichen die effiziente Nutzung der Methodik auf dem Computer und bieten eine Vielzahl zusätzlicher Funktionalitäten.



Vorgehensweise

Man startet in der Papier- bzw. Bildschirmmitte mit dem Schlüsselbegriff. Davon ausgehend ergänzt man die Unterpunkte als Äste und Verzweigungen, die mit dem Schlüsselbegriff verbunden werden. Die Äste sind je nach Wichtigkeit unterschiedlich dick. Verschiedene Farben verbessern die Übersichtlichkeit. Bilder, Piktogramme und Skizzen visualisieren wichtige Sachverhalte.

Sitzungsprotokolle und Diskussionen, Fehlerbäume, FMEAs, Baugruppenstrukturen oder auch Ishikawa-Fischgrät-Diagramme im Zuge einer Wertanalyse, lassen sich mit Mindmaps hervorragend erarbeiten und dokumentieren.

Wir arbeiten bevorzugt in unseren Workshops mit Softwareunterstützung, PC und Beamer. So kann jeder Teilnehmer die Diskussion zeitgleich visuell verfolgen. Alle sind in den Kommunikationsprozess aktiv eingebunden. Wenn z.B. bei einer Systemanalyse die

Diskussion neue Erkenntnisse liefert, kann die Mindmap einfach und schnell umstrukturiert werden. Durch Exportfunktionen kann die Mindmap bei Bedarf in einen herkömmliches Textformat oder eine Präsentation konvertiert werden.

Der Gedanke einer Mindmap folgt dem Motto: "Ein Bild sagt mehr als 1000 Worte". Entsprechend zweckmäßig ist es, auch bei Verwendung von Software verschiedene Farben, Textgrößen, Pfeile, Piktogramme etc. zu verwenden und Bilder einzubinden. Sie erleichtern das intuitive Verstehen der Inhalte.

Vorteile des Mind Mappings

- Das Hauptthema / die Grundidee wird zentral angeordnet und kann schnell erfasst werden.
- Die bildhafte Darstellung erleichtert das Verstehen und das Erinnern der Inhalte.
- Die Inhalte und Abhängigkeiten werden komprimiert und übersichtlich durch die Verwendung von Schlüsselbegriffen dargestellt.
- Hierarchie und Bedeutung der Inhalte sind durch Baumstruktur sofort erkennbar.
- Wissenslücken und unzureichend bearbeitete Punkte werden offensichtlich. Die "Leere" fällt sofort ins Auge.

Prozessanalyse-Wertstromanalyse

Die Prozessanalyse wird eingesetzt, um Prozesse zu visualisieren, um Zusammenhänge transparent darzustellen und um Verbesserungspotentiale und Verschwendung aufzudecken. Werden die Verschwendungskriterien des Lean Managements zur Bewertung der Prozesse verwendet, spricht man von der Wertstromanalyse oder value stream mapping (VSM). Prozessanalysen, Workflow-Analysen und Wertstromanalysen (value stream mapping) sind starke Werkzeuge, um Abhängigkeiten, Ineffizienzen und Verbesserungspotentiale aufzuzeigen. Sie sind Teil der frühen Phasen jedes Verbesserungsprojekts.

Die Vorteile

- Transparenz über den Prozess,
- einheitliches Prozessverständnis auf Basis aktueller Daten,
- Identifikation von Optimierungspotentialen und Schwachstellen,
- Kennzahlenbasierte Entscheidungen möglich.

Vorgehensweise

Zunächst wird der ausgewählte Prozess ausgehend vom Startpunkt grob mit etwa 10 Einzelschritten beschrieben und als Flussdiagramm mit Hilfe von Pfeilen graphisch dargestellt. Diese groben Einzelschritte werden im zweiten Durchgang verfeinert. Für jeden Einzelschritt werden die relevanten Kenngrößen wie z.B. die erforderliche Mitarbeiterzahl, Taktzeiten, Liege-, Warte- und Prüfzeiten, Bestände und Losgrößen, die Ausschusszahlen sowie Probleme und Besonderheiten erfasst.

Als Schwachstellenanalyse wird häufig die Auswertung der Prozessanalyse nach den aufgetretenen Problemen bezeichnet. Erfolgt die Auswertung nach der Zeit und /oder den Beständen vor den Maschinen, handelt es sich um eine Engpassanalyse. Sollen Optimierungspotentiale im Prozess aufgedeckt werden, verwenden wir häufig die Evolutionsgesetze aus TRIZ zur Bewertung der Prozessschritte. Ebenso aufschlussreich ist die Bewertung nach den Kriterien "wertschöpfend" - "wertermöglichend" - "nicht wertschöpfend" im Sinne der Verschwendungsarten Muda - Mura - Muri.

Wir setzen Prozessanalysen und Wertstromanalysen standardmäßig zu Beginn und zum Ende von Verbesserungsprojekten ein, denn sie bildet die tatsächlichen Gegebenheiten ab, schafft ein einheitliches, gemeinsames Prozessverständnis bei allen Beteiligten und sensi-

bilisiert für die realen Notwendigkeiten. Zu Beginn werden die Verbesserungspotentiale erkennbar, zum Ende zeigen sie die Wirksamkeit der Verbesserungsmaßnahmen.

Shainin

Die Ursachenanalyse nach Shainin® ist eine pragmatische Vorgehensweise um schnell und systematisch Fehler einzugrenzen und die Fehlerursache identifizieren zu können. Shainin® orientiert sich dabei am erkennbaren Fehler und dem "Ist-Nicht". Gesucht wird hierbei der größte Unterschied zwischen "ganz schlecht" und "sehr gut". In der Betrachtung des Ist-Nicht ähnelt die Methode der von Kepner-Tregoe® .

Die Vorteile

- Orientierung am Fehler
- schnelle Fehlereingrenzung
- pragmatische Fehlerbeseitigung
- systematische, strukturierte und nachvollziehbare Vorgehensweise

Vorgehensweise

Zunächst wird der Fehler detailiert beschrieben und jeweils dem "Ist-Nicht" gegenüber gestellt. Dabei wird versucht, den maximalen Unterschied zwischen "ganz schlecht" (WOW = worst of worse") und "sehr gut" (BOB = best of best) zu erzeugen.

Der Vorgehensweise liegt die Erfahrung zugrunde, dass sich so die wenigen Einflussfaktoren mit starkem Einfluss (Red X) recht schnell erkennen lassen. Die in der Praxis meist anzutreffende Verwendung von Brainstorming in Kombination mit dem Ishikawa-Fischgrät-Diagramm zur Suche der relevanten Ursachen ist meist weniger zielgerichtet und langsamer. Die Erkenntnisse des Ist- bzw. Ist-Nicht werden in Form eines Fehlerdiagnosebaum dokumentiert.

Ziel ist, ein technisch-funktionales Verständnis zu entwickeln, wie die relevanten Parameter zusammenwirken um das gewünschte, gute Produkte bzw. Prozessergebnis und ebenso auch den Fehler zu erzeugen. Aufbauend auf diesem Funktionsverständnis werden Funktionshypothesen entwickelt und durch Maßnahmen zur Bestätigung getestet. In der Praxis erfolgt häufig ein Querverbau von Teilen. Die korrekte Hypothese erklärt gleichermaßen das Funktionieren ebenso wie das Versagen. Die Ähnlichkeit mit der Kepner-Tregoe-Methode ist hier ebenfalls erkennbar.

Shainin hilft, die begrenzten Ressourcen zu fokussieren. Als ergänzende Methoden können die Prozessanalyse und insbesondere die Funktionsanalyse aus TRIZ sowie zur Lösungssuche die innovativen Lösungsprinzipien aus TRIZ verwendet werden.

Statistische Versuchsplanung nach Taguchi und Shainin

Die Einrichtung von Prozessen sowie der Prozessablauf bedürfen in der Regel einer großen Erfahrung, damit diese Prozesse nicht instabil beginnen. Es wird dabei auf Kataloge oder Tabellen zurückgegriffen, um die Prozessgrößen zu bestimmen.

Eine systematische Methode ist die Verwendung faktorieller Pläne zur gleichzeitigen Untersuchung von mehreren Prozess-Einflussfaktoren. Alternativ wird dann über die festgelegten Versuchsanforderungen versucht, eine schrittweise Optimierung des Prozesses zu erreichen. Die Einfaktor-Methode ist die einfachste Art und Weise, um einen Prozess gezielt zu untersuchen. Dabei wird jeweils ein Prozessfaktor oder eine Steuergröße (Einflussfaktor, der bei der Versuchsplanung bewusst variiert und kontrolliert werden kann) variiert, während alle anderen Faktoren konstant gehalten werden. Da aber jeweils nur eine Steuergröße variiert wird, sind Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Steuergrößen oder Faktoren nur schwer erkennbar und außerdem kann der Einfluss zusätzlicher Störgrößen (während des

Prozesses nicht zu beeinflussende Größen) nicht in die Untersuchung einbezogen werden. Um diese Nachteile auszuschalten, gibt es den vollfaktoriellen Versuch. Gleichzeitig werden mehrere Faktoren ausgewogen und untereinander variiert.

Oft ist die Anzahl der Parameter, deren optimale Werte bestimmt werden müssen, sehr groß. Zudem befinden sie sich meist im Zustand gegenseitiger Wechselwirkung. Daher sind zur Gesamtbewertung der Auswirkungen aller Parameter(kombinationen) auf Produkt und Produktperformance in der Regel statistische Verfahren erforderlich.

Was versteht man unter statistischer Versuchsplanung?
Die statistische Versuchsplanung dient der systematischen Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen. Somit kann die Abhängigkeit einer oder mehrerer Zielgrößen von mehreren Einflussgrößen schnell und kostengünstig ermittelt werden. Die Ziele von Versuchen sind meist in der Beantwortung zweier Fragen zu suchen:

- Welches sind die wichtigsten Einflüsse auf die Funktion eines Produktes oder auf die Leistung eines Prozesses?
- Auf welchen Wert sollten die Einflussgrößen eingestellt oder ausgerichtet werden, um die Funktion eines Produktes oder die Leistung eines Prozesses zu optimieren?

Es gibt mehrere Ansätze der Methoden der statistischen Versuchsplanung: die klassische Methode – auf die hier aber nicht näher eingegangen wird - die Methode nach Taguchi und die Methode nach Shainin. Obwohl es den Anschein machen könnte, dass sich die Methoden teilweise widersprechen, stellt man bei genauerer Untersuchung fest, dass sie sich ergänzen, aber jede einzelne Methode ihr spezielles bevorzugtes Einsatzgebiet hat.

Die Versuchsmethodik nach Taguchi
Der japanische Statistiker und Qualitätsexperte Dr. Genichi Taguchi hat maßgeblich zu einer umfassenderen Sicht der Qualitätssicherung beigetragen. Seit 1975 verleiht der durch neue Ansätze und Ideen der statistischen Versuchsplanung eine neue Dynamik und verstärkte Akzeptanz in der Praxis.

Das neuartige am Ansatz von Taguchi ist, dass er außer den allgemein anerkannten Aktivitäten zur Online-Qualitätskontrolle eine weitere Gruppe von Aktivitäten – die Offline-Kontrolle – identifiziert, die ebenfalls Einfluss auf die Verbesserung der Qualität hat.

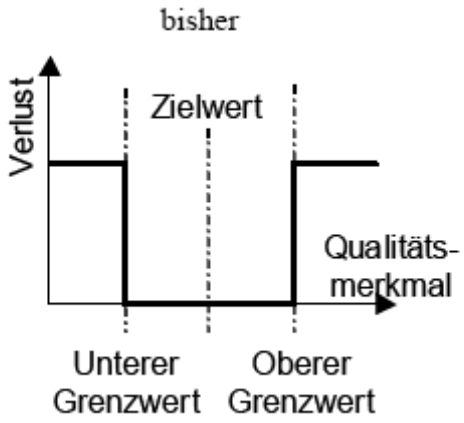
- Online-Qualitätskontrolle: Aktivitäten, die während der Erzeugung des Produktes oder nach dessen Produktion durchgeführt werden (z.B. statistische Prozesskontrolle, Qualitätsprüfungen).
- Offline-Qualitätskontrolle: Aktivitäten, die während der Entwicklung von Produkt und Produktionsverfahren unter Zuhilfenahme der Marktforschung verwirklicht werden (z.B. Entwurfstätigkeiten).
-

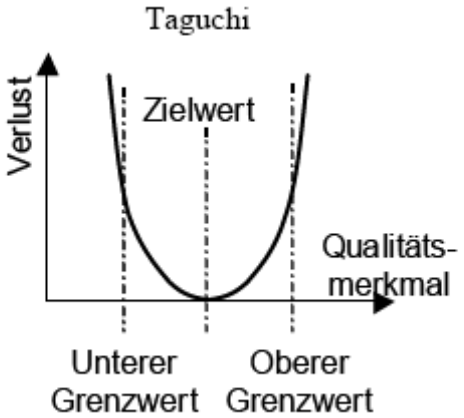
→ Konsequente Vorverlagerung qualitätssichernder Maßnahmen von der laufenden Produktion (online) in die Phase der Produkt- und Prozessplanung (offline)!

Die Taguchi-Methode bietet nun eine Systematik zur gemeinsamen Untersuchung von Faktoren und Störeinflüssen. Taguchi hat einen Weg entwickelt, der eine drastische Reduzierung der Versuchszahlen verspricht, allerdings nicht zu abgesicherten Ergebnissen führt und dessen Methode sehr empfindlich gegenüber Scheineffekten ist. Aufgrund der vielen impliziten Annahmen, z.B. der Vernachlässigung von Wechselwirkungen, sind zusätzliche Experimente zur Bestätigung der Ergebnisse zwingend erforderlich.

Taguchi hat seiner Versuchsplanung eine spezielle Qualitätsphilosophie vorgeschaltet, mit der es ihm gelungen ist, den Überlegungen der Versuchsplanung weltweit Geltung zu verschaffen.

Der Grundgedanke von Taguchi besteht darin, dass er Qualität definiert durch den geringstmöglichen Verlust, der dem Unternehmen zu dem Zeitpunkt entsteht, an dem das Produkt in die Nutzung übergehen wird. (Je größer der Verlust, umso niedriger die Qualität.) Taguchis Ziel entspricht dem zeitgemäßen Qualitätsverständnis, das den Kunden in den Mittelpunkt stellt. Für den Kunden reduziert sich der Gebrauchswert eines Produktes kontinuierlich mit der Abweichung vom Zielwert. Die Abschätzung der Verlustfunktion wurde in Form einer Parabel formuliert:





Bei der konventionellen Qualitätsüberwachung wird der Grad der Abweichung vom Zielwert nicht berücksichtigt. Falls ein Wert außerhalb des Toleranzbereiches liegt, wird das entsprechende Teil noch einmal in den Verarbeitungsprozess zurückgeleitet oder als Ausschuss deklariert. Liegt der Wert innerhalb der Grenzen, akzeptiert man das Teil. Taguchi vermutete, dass diese Herangehensweise nicht realistisch ist und entwickelte daher die dargestellte quadratische Verlustfunktion. In der Graphik stellt die waagrechte Achse den Wert der Abweichung vom Ziel dar, auf der senkrechten Achse ist der finanzielle Verlust aufgetragen. Unter Verlust versteht Taguchi die Kosten, die nach der Auslieferung des Produktes entstehen, darunter fallen z.B. die Kosten für Rücknahmen oder Reparaturen.

Unter der Annahme, dass der Qualitätsverlust symmetrisch zum Zielwert verläuft, ergibt sich als Verlustfunktion eine Parabel. Mit Hilfe der quadratischen Verlustfunktion $L = k(Y-T)2$ lässt sich der Qualitätsverlust als Funktion der Abweichung des Produktmerkmals Y vom Zielwert T beschreiben, wobei k die Kosten pro Einheit der Abweichung bezeichnet. Mit zunehmender Abweichung vom Zielwert nimmt der Verlust im quadratischen Verhältnis zu. Toleranzgrenzen sind vorgegeben um Entscheidungen innerhalb des Unternehmens herbeizuführen, für den Kunden sind sie unwichtig.

Es werden alle Verluste sowohl innerhalb als auch außerhalb der Toleranzgrenzen beachtet. Somit werden also alle Abweichungen vom Sollwert betrachtet, obwohl das Produkt als fehlerfrei durch eine Prüfung gehen mag. Die Aufgabe der Optimierung ist es nun, für alle Prozesse und Produktfunktionen die auftretenden Verluste zu minimieren.

Ausgangspunkt ist bei Taguchi eine Ursachenbetrachtung. Eine jede Ursache hat ihre Wirkung und wenn alle Wirkungen auch den Ursachen zugeordnet werden können und die Ursachen steuerbar sind, so ließe sich eine Produktion exakt am Sollwert fahren. Dies ist aber aus Kostengründen nicht möglich und so wird nur eine begrenzte Zahl von Ursachen als Steuerfaktoren eingesetzt. Diese Steuerfaktoren können die Zielwerte beeinflussen und auch die Empfindlichkeit des Systems gegenüber den Störfaktoren (die übrige Zahl an Ursachen, die als solche in das System einwirken). Allerdings haben nicht alle Steuerfaktoren in gleicher Weise Einfluss auf den Zielwert und die Streuung. Deshalb werden die

Wirkungen von Steuergrößen mit einem Signal-Rausch-Verhältnis bewertet (Signal = Steuergrößeneinfluss, Rauschen = Störgrößeneinfluss).

Es lassen sich je nach Wirkung vier verschieden Typen zuordnen:

Typ 1: Einfluss auf Funktion und Streuung
Typ 2: Einfluss auf Funktion, nicht auf Streuung
Typ 3: Einfluss auf Streuung, nicht auf Funktion
Typ 4: nur geringer Einfluss auf Funktion und Streuung

Zweck der Versuche ist nun, die beste Kombination der Einfluss- oder Steuergrößen zu finden.

Der **Ablauf der statistischen Versuchsplanung** nach Taguchi erfolgt nun in drei Schritten:

1. Systementwicklung (Primärdesign): hier erfolgt die systematische Entwicklung der Produkteigenschaften und des Herstellungsprozesses (Systemdesign)
2. Parameteroptimierung (Sekundärdesign): beinhaltet die systematische Entwicklung der Steuergrößen des Prozesses zur Kontrolle der Produktmerkmale (Parameterdesign). Die Auswirkungen der Steuergrößenänderungen werden auf die Produktmerkmale bzw. auf die Zielwerte unter Einwirkung der Störgrößen über die statistische Versuchsplanung festgestellt. Erst wird die Kombination von Steuergrößen festgelegt, die dem Zielwert am nächsten kommt, dann die Kombination der Steuergrößen in Abhängigkeit der Störgrößen, welche die Streuung des Zielwertes minimiert. Dazu werden alle Kombinationen von Steuer- und Störgrößen in einer Matrix dargestellt und durchgespielt. Je höher bei der Steuergröße das Signal-Rausch-Verhältnis ist, umso niedriger ist der Verlust.
3. Festlegung von Toleranzen (Tertiärdesign): hier werden im letzten Schritt die Toleranzen der Steuergrößen und des Prozesses festgelegt (Toleranzdesign).

Ein wichtiges Ziel der Produkt- und Prozessentwicklung ist also die Minimierung der Streuung. Dieses Verringern der Streuung soll jedoch nicht durch ein Erhöhen der Kosten (z.B. durch eine enge Tolerierung) erreicht werden, sondern durch eine geeignete Wahl der Arbeitspunkte bei Prozessen bzw. durch eine geeignete Konstruktion der Produkte. Es soll eine Unempfindlichkeit gegen diese Streuung erreicht werden. Die Entwicklungsstrategie ist deshalb, robuste Systeme zu schaffen. Prozesse sind robust, wenn das Prozessergebnis möglichst wenig von unvermeidlichen Schwankungen der Parameter, Materialeigenschaften, Umgebungsbedingungen usw. abhängt (bei denen also eine Änderung der Störgrößen einen möglichst geringen Einfluss auf die Zielgrößen hat).

Angestrebt wird, die Wirkung von Störgrößen durch Einstellung der Steuergrößen zu vermindern, ohne dabei die Ursache selbst, also die Störgröße, zu eliminieren oder reduzieren. Zur Gesamtoptimierung eines Prozesses ist eine möglichst große Zahl von Steuerfaktoren einzubeziehen. Die Untersuchungen zielen also darauf ab, die Reaktion des Prozesses auf Änderungen der Steuerfaktoren festzustellen und damit die Wirkung der Steuerfaktoren zu quantifizieren.

Kritisch erwähnt sollte noch werden, dass die Wechselwirkungen entweder alle vernach-lässigbar sind oder einige wenige Haupteffekte im hohen Maße dominant sind. Weiters kann die Auswirkung der optimalen Einstellung zufällig die korrekte Einstellung der Wechselwirkung ergeben. Nur wenn diese Bedingungen auch zutreffen, lassen sich mit der Taguchi-Methode auch positive Ergebnisse erzielen, ansonsten kommt man zu falschen Ergebnissen. Taguchi setzt sich über dieses Risiko hinweg und verweist auf die Verwendung von Bestätigungsexperimenten.

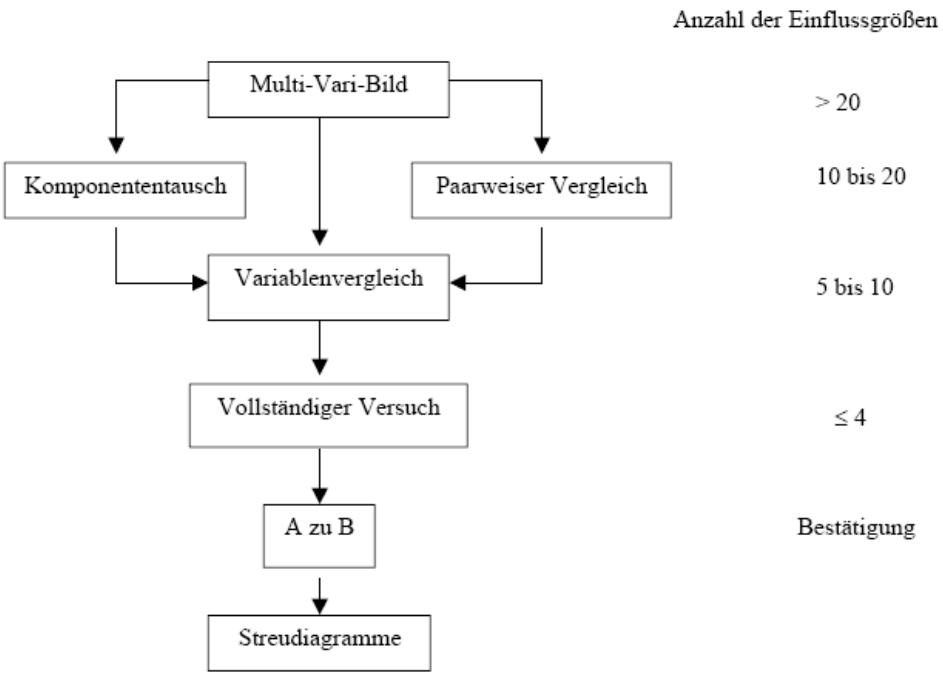
Die Versuchsmethodik nach Shainin
Die von Dorian Shainin entwickelten Methoden zur Planung und Durchführung von Versuchen zeichnen sich durch ihre Einfachheit aus. Allerdings sind sie nur bei speziellen Fragestellungen anwendbar. Shainin setzt auf das Erkennen und Beseitigen der meist wenigen dominanten Störgrößen. Das Beseitigen von Störgrößen ist mit Kosten verbunden, trotzdem kann diese Vorgehensweise sinnvoll sein.

Im Gegensatz zur Taguchi-Methode geht Shainin in mehreren aufeinander abgestuften Schritten vor, bei denen er die wichtigen Einflussgrößen Schritt für Schritt eingrenzt. Wichtigste Randbedingung dabei ist das Pareto-Prinzip. Damit wird vorausgesetzt, dass unter vielen Einflussgrößen nur wenige einen dominanten Einfluss haben. Das Prinzip hat keine Allgemeingültigkeit, doch stellt in vielen Fällen eine sinnvolle Arbeitshypothese dar.

Vorgangsweise:
- Ermittlung der wesentlichen Ursachen für Abweichungen und Variationen der Qualitätsmerkmale
- Konzentration auf die wichtigsten Steuergrößen bei der Bestimmung der optimalen Werte für die Produkt- und Prozessparameter

Die Hauptfaktoren werden nach dem Prinzip der Pareto-Analyse bestimmt und sind jene Steuergrößen, die die Produkt- und Prozessparameter entscheidend beeinflussen. Die wichtigsten Hauptfaktoren werden mit Red-X bezeichnet, die Sekundärgrößen mit Pink-X und die Tertiärgrößen mit Pale-Pink-X. So ist das Ziel eines Versuches mit der Suche nach dem Red-X für jeden einfach zu erklären und zu verstehen. Die Einflüsse der restlichen Steuergrößen sind vernachlässigbar.

Identifiziert werden die Hauptfaktoren mit folgenden Techniken:



Das Multi-Vari-Bild
Beim Multi-Vari-Bild versucht man, die Einflüsse auf die Zielgröße in Gruppen zusammenzufassen, die in ihren Ursachen ähnlich sind. Man unterscheidet Gruppen von Einflussgrößen, die zu folgenden Erscheinungen führen:

- Lagebedingte Streuungen: Streuungen der Zielgröße, die an einer Einheit zu finden sind, z.B. dimensionale Unterschiede am gleichen Teil; (= Streuung eines Teiles)
- Zyklische Streuungen: Streuungen, die von einem Teil zum nächsten in Erscheinung treten, z.B. materielle Unterschiede von Charge zu Charge; (= Streuung zwischen den Teilen einer Stichprobe)
- Zeitliche Streuungen: Streuungen, die erst bei größeren Zeitabständen als Trend oder periodisches Auftreten zu erkennen sind, z.B. Verschleißerscheinungen; (= Streuung von Stichprobe zu Stichprobe)

Die Vorgehensweise setzt eine laufende Fertigung voraus. Man entnimmt in regelmäßigen Zeitabständen (etwa jede Stunde) Teile, ordnet und prüft sie in der Reihenfolge der Herstellung. Die Ergebnisse dieser Prüfung werden in einer regelkartenähnlichen Erfassung dokumentiert und graphisch ausgewertet.

In der Praxis bietet sich das Multi-Vari-Bild an, wenn die Anzahl der Einflussgrößen einen sehr großen Umfang erreicht hat und man einen Teil davon eliminieren möchte. Gerade am Anfang des Einsatzes der statistischen Versuchsmethodik tritt dies sehr häufig auf.

Der Komponententausch
Diese Methode basiert auf dem Vergleich einer „guten“ und einer „schlechten“ Einheit. Die Voraussetzung ist, dass sich die Einheiten zu einem gewissen Grade zerlegen und wieder zusammenbauen lassen. Es werden nacheinander ein Teil der guten und ein Teil der schlechten Einheit vertauscht. Beobachtungen von Veränderungen der Zielgröße nach dem Vertauschen zweier Teile liefern Hinweise auf Hauptfaktoren.

Der paarweise Vergleich
Diese Methode wird verwendet, wenn es nicht möglich ist, die zu untersuchende Einheit in seine Komponenten zu zerlegen. Es werden mehrere Paare (5 bis 6) von je einer guten und einer schlechten Baugruppe auf Unterschiede zwischen den guten und schlechten Einheiten untersucht. Mittels Häufigkeitsanalyse aller festgestellten Unterschiede kann die Identifizierung der wichtigen Faktoren durchgeführt werden.

Der Variablenvergleich
Die durch die drei vorher genannten Methoden identifizierten Hauptfaktoren (ungefähr 5 bis 20 Steuergrößen) werden auf je 2 Stufen variiert; auf einer mit wahrscheinlich gutem (g) und einer mit wahrscheinlich schlechtem (s) Ergebnis. Beginnend mit dem ersten Faktor auf der Stufe g und dem Rest der Faktoren auf der Stufe s und umgekehrt, werden alle möglichen Kombinationen dieser Art gebildet und jeweils die Zielgröße untersucht. Durch vergleichen dieser Ergebnisse mit denen eines Vorlaufs, in dem alle Steuergrößen einmal auf der Stufe g und einmal auf der Stufe s gehalten wurden, kann die Identifizierung von maximal vier Hauptfaktoren durchgeführt werden. Die Zielsetzung des Variablenvergleichs ist also nicht die Ermittlung einer optimalen Einstellung, sondern die Frage, welche Faktoren das Prozessergebnis am stärksten beeinflussen.

Der vollständige faktorielle Versuch
Dadurch erhält man eine detaillierte Auskunft über die Wechselwirkung der maximal vier verbliebenen Steuergrößen. Die Anzahl der Experimente beträgt dann 24 = 16. Für diese Untersuchung wird der Faktor auf seinen Bestwert eingestellt und alle anderen Faktoren auf ihren schlechtesten Wert. Das Ergebnis wird mit dem Vorlauf verglichen, bei dem alle Faktoren auf der schlechten Stufe eingestellt waren. Zeigt sich eine deutliche Umkehr des Versuchsergebnisses, so ist der Faktor dominant und bekommt ein Red-X. Zeigt sich eine schwache Umkehr der Versuchsergebnisse, so ist der Faktor zusammen mit anderen Faktoren dominant. Danach erfolgt die Gegenprobe. Mit diesem Versuch werden somit die Hauptgrößen identifiziert.

Der A zu B Vergleich
Als abschließende Bestätigung auf der Basis des existenten (alten) Prozesses „A“ im Vergleich mit einem neuen, besseren Prozess „B“ genügen nur wenige Muster aus der Produktion, um Schlüsse zu ziehen. Diese Technik baut auf Wahrscheinlichkeiten bei Permutation und Kombination auf, wenn die Rangordnung der Merkmalswerte betrachtet wird. Die Vertrauensbasis bestimmt die Zahl der notwendigen Stichproben bzw. Versuche. Die Messergebnisse werden in eine Rangreihe (besser/schlechter) gebracht und in ihrer Anordnung beurteilt. Wenn die Ergebnisse von A und B nicht überlappen, ist der eine Prozess eindeutig der Bessere. Sind alle schlechten Ergebnisse aus Prozess A, so ist Prozess B besser. Die Größe des Vorteils von B gegen A wird ermittelt durch das Vergleichen der Lage der beiden Mittelwerte aus den Werten B bzw. A.

Streudiagramme
Mit Hilfe von Streudiagrammen können letztendlich die Werte und Toleranzen der wichtigsten Steuergrößen bestimmt werden.

Die Taguchi- und Shainin-Methoden sind leicht auszuführen, allerdings ist das Risiko hoch, dass falsche Schussfolgerungen gezogen werden oder dass die Versuche nicht zu dem angestrebten Ergebnis führen, weil die Randbedingungen oder die getroffenen Annahmen nicht sauber genug abgeklärt wurden. Daher sollten die Verfahren nur bei genauer Kenntnis der Zusammenhänge und Rahmenbedingungen angewandt werden. Vorher ist immer eine gründliche Systemanalyse notwendig, um die Versuche dann korrekt durchführen zu können. Beide Methoden ergänzen sich und man muss sich in der jeweiligen Situation für die optimale Technik entscheiden.

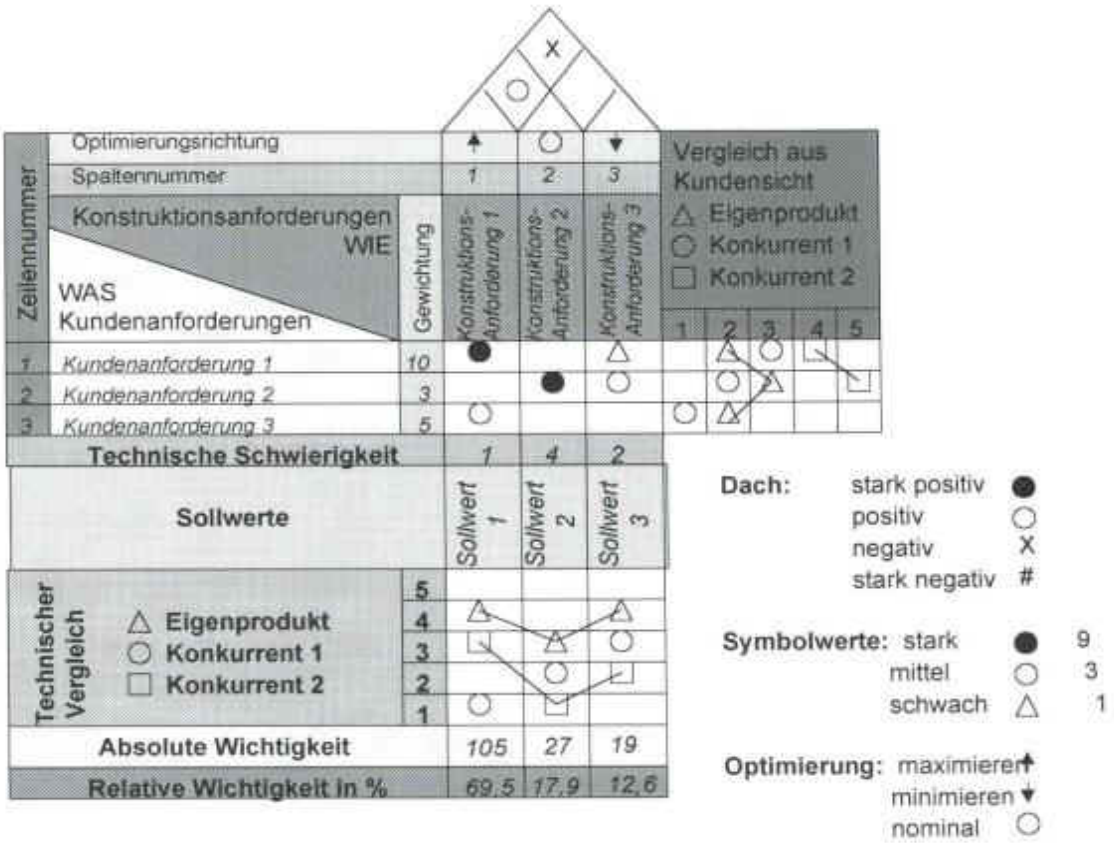
Quality Function Deployment (QFD)

Quality Function Deployment (QFD) mit dem "house of quality" ist eine in Japan entstandene Methode des Qualitätsmanagements. QFD dient dazu, die von Kundenseite meist unscharf formulierten Kundenwünsche zu bewerten und in eine klare, technische Produktspezifikation umzusetzen.

QFD hilft, Produkte zu kreieren, die einen erkennbar gesteigerten Kundennutzen aufweisen und die sich fertigungsgerecht innerhalb des gegebenen Zeit- und Kostenplans entwickeln und herstellen lassen. Innerhalb des QFD werden umfassende Wettbewerbsvergleiche, Alternativenbetrachtungen und Benchmarks durchgeführt.

Die Ziele von QFD
- relevante Kundenwünsche identifizieren
- Lastenheft / technische Spezifikation aus den Kundenwünschen ableiten
- Entwicklungszeiten verkürzen
- Entwicklungskosten reduzieren
- Korrekturen und Nacharbeit vermeiden

Der Einsatzbereich von QFD
QFD wird in der frühen Phase des Produktentstehungsprozesses eingesetzt. QFD eignet sich für Produkte, für Fertigungsverfahren und ebenso Geschäftsprozesse oder für Dienstleistungen. Die Methode wird am besten in Form von moderierten Workshops mit bereichsübergreifend zusammengesetzten Teams durchgeführt.



Kernelement der QFD-Methodik ist das "House of Quality". Hierbei handelt es sich um eine Kombination mehrerer Matrizen, die in Form eines Hauses - daher der Name - angeordnet sind. Diese Matrizen werden in einer gegebenen Reihenfolge und mit unterschiedlicher inhaltlicher Fokussierung bearbeitet. Dadurch erfolgt gleichzeitig die Ergebnisdokumentation.

Kernfragen im QFD:

1. Wer ist "der Kunde" und welchen Einfluss hat er auf den Entscheidungsprozess?
2. Welches sind seine Kundenwünsche und wie wichtig sind sie ihm?
3. Wen betrachtet der Kunde als Wahlalternative?
4. Wie und nach welchen Kriterien bewertet er das Leistungsprofil der Alternativen? (Benchmarking)
5. Welche technischen Produktmerkmale sind zur Erfüllung der Kundenwünsche erforderlich?
6. Wie viel der technischen Produktmerkmale wird wirklich gebraucht? (Target Costing, Target Design)
7. Was bietet der Wettbewerb? Welche der von Kundenseite gewünschten Funktionalitäten sind wie konstruktiv erfüllt? (technischer Wettbewerbsvergleich)
8. Wo finden sich Produktdefizite und Verbesserungspotentiale?
9. Welches ist die "beste" Ausführungsvariante - für den Kunden, für den Wettbewerber, für unser Unternehmen? Welche Risiken sind erkennbar?

Ablauf von QFD-Projekten

Zuerst gilt es die Kundenanforderungen zu ermitteln. QFD legt dabei Wert auf einen direkten Kundenkontakt zur Erhebung der wahren Stimme des Kunden ("Voice of the Customer (VoC)"). Als "Kunde" wird dabei nicht nur der Käufer eines Produktes gesehen ("Externer Kunde (Käufer)"), sondern auch alle Beteiligten des Umsetzungsprozesses ("Interner Kunde"). Die meist sehr groben, vagen Äußerungen der Kunden müssen anschließend in definierte, aussagefähige und weitgehend messbare Kundenanforderungen (Kundenbedürfnisse) umgewandelt werden, ohne sie dabei zu verfälschen. Zur Unterstützung und

Dokumentation wird dazu oft die 6-W Tabelle herangezogen (wer, was, wo, wann, wie viel, warum). Unterschieden wird oft auch gemäß der so genannte Kano-Klassifiaktion in Basisanforderungen (oft nicht ausgesprochen, werden vorausgesetzt), Leistungsanforderungen (werden genannt, sind meist messbar) und Begeisternde Anforderungen (oft nicht genannt, nur als Bedürfnis angedeutet, werden als Überraschung gewertet, entscheiden oft über Verkaufserfolge).

Für jede ermittelte Anforderung an ein neues Produkt werden dann verschiedene Prioritäten durch den zukünftigen Kunden vergeben, die dann durch festgelegte Regeln in einem Qualitätsplan zusammengefasst und gewichtet werden. Anschließend werden über eine erste Korrelationsmatrix (QFD-Matrix) alle möglichen, verschiedenen technischen Lösungsmöglichkeiten (z. B. Qualitätsmerkmale, Produktfunktionen) mit den Kundenanforderungen verknüpft und die Beziehung bewertet: keine, schwache, mittlere oder starke Beziehung. Durch die anschließende Auswertung ("das Lesen") der Matrix werden die Lösungen ermittelt, die den höchsten Erfüllungsgrad zu allen Anforderungen haben. Aber es werden auch die Lösungen ermittelt, die keine (oder sehr schwache) Beziehungen zu den Anforderungen besitzen (und daher meist unnötig sind ("overengineering")) oder die Anforderungen, die nicht erfüllt sind.

Im "Dach" der QFD-Matrix werden durch einen paarweisen Vergleich die Beziehungen der verschiedenen Lösungsmerkmale untereinander (positiv, negativ, neutral) festgelegt. Sie ermittelt vor allem Konflikte dieser Lösungsmerkmale untereinander, die dann im Einzelnen, meist durch Kompromisse, gelöst werden müssen. Deshalb wird diese Matrix auch oft als Konfliktmatrix bezeichnet. In neuerer Zeit wird sehr erfolgreich auch die Methode TRIZ oder WOIS (widerspruchsorientierte Innovationsstrategie) eingesetzt, um umstrittene ("faule") Kompromisse durch neue, innovative Lösungen zu ersetzten.

Das Ergebnis ist eine nach Kundenprioritäten ermittelte Produktplanung. Zur Auswertung und Dokumentation wird das "House of Quality (HoQ)" (siehe Abbildung rechts) eingesetzt, das die QFD-Matrix und die verschiedenen Bewertungstabellen, -listen und weitere Dokumentationen zusammenfasst darstellt. Damit werden auch übersichtlich die verschiedenen Wechselwirkungen der vielen, oft komplexen Zusammenhänge verdeutlicht. Durch die Verbindung von Target Costing und QFD in einem Zielkostendiagramm kann zudem eine aus Käufersicht qualifizierte Zielkostenaufteilung vorgenommen ("Design to Cost") werden.

In drei (oder mehr, oft verzweigten) weiteren "Houses of Quality" wird die Umsetzung dieser Anforderungen in Produktgestaltung, Fertigung, Dienstleistungen und Prozesskontrolle festgehalten. Das Prinzip ist sehr einfach: alle ermittelten Lösungsmerkmale werden an das nächste "House of Quality", das den nächsten Prozessschritt beschreibt, als eine Anforderung weitergegeben und wieder in einer Matrix mit den dort ermittelten Lösungen verknüpft. Dies ergibt eine Kette oder ein Netz von HoQ’s, dem sog. "deployment", deren Struktur sich an die Prozessschritte oder Projektplänen anlehnt. Vorteilhaft ist dann die Weiterführung der Ergebnisse bei Konflikten oder wichtigen Merkmalen mit Hilfe von anderen Qualitätsmethoden wie der FMEA.

Voraussetzungen für den Einsatz von QFD

Die Anwendung von QFD erfordert eine stark teamorientierte Arbeitsweise im Unternehmen, die Unterstützung des Managements ist eine notwendige Voraussetzung. Nicht nur die Mitarbeit der Entwicklungsabteilungen ist zwingend erforderlich, sondern auch die von Marketing/Vertrieb. Der Zeitaufwand für eine QFD-Session darf dabei nicht unterschätzt werden. Die Arbeitsgruppen, werden meistens von einem neutralen QFD-Moderator, der für die Einhaltung der QFD Regeln verantwortlich ist, geleitet. Der Einsatz einer QFD spezifischen Applikationssoftware zur Unterstützung der Auswertung und Dokumentation ist empfehlenswert.

QFD ist ein sensibles Werkzeug. Eine aus Unkenntnis der verschiedenen Möglichkeiten des Einsatzes von QFD falsche Anwendung vergeudet nur Zeit. Dies gilt insbesondere bei einer unflexiblen Anwendung des House of Quality. Hier gilt der Satz von Akao: "Copy the spirit, not the form".

Vorteile bei voller Anwendung des QFD Verfahrens
- Schneller Beginn der Entwicklung.
- Weniger Änderungen.
- Kürzere Produktionszeit.
- Profitables Produkt.
- Zufriedene, oft begeisterte Kunden.

Damit ist heute QFD eines der, wenn nicht das, erfolgreichste Werkzeug zur Produktplanung und Produktdefinition und hat den Begriff "Qualität" nachdrücklich verändert: Es gibt keine "gute" oder "schlechte" Qualität mehr im herkömmlichen Sinne, sondern sie ist festgelegt durch die Erfüllung der Bedürfnisse des Käufers und deren Erfüllungsgrad im Qualitätsdreieck: Produktqualität, Kosten und Zeit.

Die Vorteile von QFD
- Die relevanten Kundenwünsche werden bereits in einer sehr frühen Phase des Produkt-entstehungsprozesses erkannt. Ebenso werden Wissenslücken über den Kunden und seine tatsächlichen Bedürfnisse offensichtlich.
- Es werden Produkte mit wahrnehmbar gesteigertem Kundennutzen entwickelt, die sich eng an den Kundenwünschen orientieren.
- Stehen mehrere Ausführungsvarianten zur Wahl, hilft QFD diejenigen auszuwählen, für die der Kunde auch tatsächlich bereit ist zu bezahlen.
- Durch die frühe Einbindung der übrigen Unternehmensbereiche entstehen fertigungs-gerechte Designs, die auch von Vertrieb und Marketing akzeptiert werden.
- Entwicklungszeiten, -kosten und Änderungsaufwand werden reduziert.
- Anlauf- und Qualitätsprobleme werden verringert.
- Schnittstellenverluste werden vermindert und die Kommunikation im Unternehmen verbessert.
- Das gesamte Projekt ist nachvollziehbar und vollständig dokumentiert.

TOC - Theory of Constraints

Die "Theory of Constraints" (TOC - Engpasstheorie) von Eliyahu Goldratt beschreibt eine ganzheitliche Vorgehensweise zur Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette durch ein Management der Engpässe. Fokus aller Verbesserungsmassnahmen ist der Engpass in der jeweiligen Wertschöpfungskette, denn dieser begrenzt die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems.

Die Ziele sind wie bei Lean Management, die vorhandenen Ressourcen besser zu nutzen, um die Leistungsfähigkeit und Profitabilität zu steigern, letztlich also Wachstum und Zukunftsfähigkeit des Unternehmens zu sichern. TOC wird mit großem Erfolg bei der Optimierung von Fertigungsprozessen und deren Logistik, bei administrativen Prozessen, im Vertrieb eingesetzt. Im Projektmanagement sind die Überlegungen von E. Goldratt in Form des Konzepts der "critical chain" eingeflossen.

Hintergrund
Jede Kette ist nur so stark ist wie ihr schwächstes Glied. Entsprechend findet sich in jeder Wertschöpfungskette immer ein die Gesamtausbringung beschränkender Prozessschritt – der Engpass "bottleneck". Der Durchsatz und damit die Leistungsfähigkeit des Gesamt-

systems steigt erst nach Engpassbeseitigung (bzw. Verstärkung des Kettenglieds). Typischerweise wird dann das ehemals zweitschwächste Glied zum neuen Engpass.

Man könnte die "Theory of Constraints" (TOC) deshalb vereinfachend als einen ganzheitlichen, engpassfokussierten kontinuierlichen Verbesserungsprozess ("Engpass-KVP") bezeichnen. Was jedoch die Engpasstheorie erheblich von KVP unterscheidet, sind die kritischen Schlussfolgerungen bezüglich der etablierten Kosten- und Deckungsbeitragsrechnung, die durchsatz- und verkaufsorientierte Fertigungssteuerung sowie die daraus resultierenden innovativen Ansätze zur Vertriebs- und Unternehmensstrategie.

Typische Indikatoren für das Vorhandensein von Engpässen in einer Fertigung sind hohe Umlaufbestände, lange Durchlauf- und Lieferzeiten, große Fertigungslose und geringe Fertigungsflexibilität. Engpassmaschinen sind häufig daran zu erkennen, dass sich vor ihnen große Bestände zu bearbeitender Teile anhäufen. Die Verschwendungsarten des Lean Managements - Muda – Mura - Muri (Verschwendung – Unausgeglichenheit - Überlastung) lassen sich i. d. R. alle nacheinander an einer Engpassmaschinen beobachten.

Vorgehensweise
Die Engpassbeseitigung erfolgt in 5 Schritten auf Basis einer Prozessanalyse entlang des Wertstroms, bei der die Leistungskennzahlen („key performance indicators“) wie Durchsatz, Bestände, Takt- und Stillstandszeiten etc. ermittelt werden.

1. Engpass identifizieren
In der Regel handelt es sich um das meist wohlbekannte Nadelöhr in der Wertschöpfungskette, dessen fehlende Leistung letztlich eine erfolgreiche Erfüllung des Kundenauftrags verhindern. Die Maschine mit dem geringsten Durchsatz, die mit den meisten offenen Aufträge, die Abteilung mit den größten Rückständen, um nur einige Beispiele zu nennen. Sollte ausnahmsweise der Engpass nicht offensichtlich sein, hilft der Blick in die Ergebnisse der Prozessanalyse.

2. Alle Reserven des Engpass vollständig ausnutzen
Ziel ist es, Stillstands- und Rüstzeiten sowie Anlauf- und Abfahrverluste zu minimieren. Die Auslastung und Verfügbarkeit der Maschine sollte maximal sein, Wertschöpfung nur an i.O.-Teilen erfolgen. Für diese Optimierungsarbeiten können die Werkzeuge des TPM sehr wirkungsvoll genutzt werden z.B. die OEE („overall equipment effectiveness“) als Kennzahl für Verfügbarkeit, Ausbringung und Qualitätsverluste. Administrative Prozessschritte lassen sich ebenso mit entsprechenden Begriffen und Kennzahlen charakterisieren.

3. Den Erfordernissen des Engpass entsprechend planen
Die Material-, Personal- und Ressourcenplanung muss so erfolgen, dass der Engpass immer optimal versorgt wird. Z. B. sollte sich die Produktionsplanung bei der Freigabe von Fertigungsaufträgen immer am tatsächlichen Durchsatz der Engpassmaschine orientiert. Häufig sind zusätzlich Sicherheitsbestände vor der Engpassmaschine erforderlich, um Schwankungen der vorgelagerten Prozessschritte abzupuffern. Die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems steigt, obwohl es in Nicht-Engpassbereichen durch diese Priorisierung zu Effizienz- und Produktivitätsverlusten kommen kann.

4. Engpass entlasten
Dies ist häufig gleichbedeutend mit einer Kapazitätsausweitung inhouse oder einem Outsourcing z.B. an einen Dienstleister. Auffälligerweise kann eine Kapazitätsausweitung von Engpassmaschinen trotz höherer Stückkosten gesamtwirtschaftlich sinnvoll sein. Auch die Überlegung, inwieweit der Bearbeitungsschritt im Engpass substituiert oder ganz entfallen kann, führt häufig zu einer Engpassentlastung. Hier empfehlen wir, Elemente aus TRIZ als unterstützende Methodik zu verwenden.

5. neuen Engpass identifizieren
Im Sinne des Deming-Zyklus -PDCA – empfiehlt sich, die Nachhaltigkeit der getroffenen Maßnahmen zu überprüfen und die Leistungskennzahlen des Gesamtprozesses und der Einzelprozesse kontinuierlich zu überwachen. Dabei zeigt sich dann, wo sich der neue Engpass befindet und der nächste Verbesserungszyklus starten muss.

Wertanalyse

Wertanalyse oder value analysis zielt darauf ab, das Leistungsprofil eines Produkts, eines Verfahrens oder einer Dienstleistung so zu optimieren, dass dies zu minimalen Kosten ohne Einschränkungen hinsichtlich Qualität, Zuverlässigkeit und Marktfähigkeit hergestellt werden kann und die Kundenbedürfnisse optimal befriedigt. Dabei wird unterschieden, ob es sich um die Entwicklung von neuen Produkten (= Wertgestaltung) oder um die Optimierung bestehender Produkte oder Prozesse (= value engineering) handelt.

Ziele von Wertanalyse-Projekten
- Produktvereinfachung,
- Produktivitätssteigerung,
- Kostensenkung,
- Qualitätsverbesserung,
- effizienterer Einsatz von Mitarbeitern,
- Arbeitsvereinfachung.

Value Management beschreibt eine wertorientierte Unternehmenskultur und einen Führungsstil, die bzw. der die erfolgreiche Durchführung von Wertanalyseprojekten begünstigt.

Hintergrund
Kerngedanke von Larry Miles, der die Methode Ende der 40er Jahre bei General Electric entwickelte, war eine kritische Wert- (engl. value) oder Nutzenbetrachtung. Dazu werden den vom Kunden geforderten Produktfunktionen die Gesamtprodukt- oder Gesamtprozesskosten der jeweiligen Konstruktion oder Produktausführung gegenüber gestellt. Die Produktfunktionen lassen sich aus einer Funktionsanalyse (z.B. mit Hilfe eines FAST-Diagramms) oder auch mittels eines QFD aus den Kundenwünschen ableiten. Es wird ein Soll-Ist-Vergleich der Funktionserfüllung durchgeführt um Verbesserungspotentiale aufzudecken. Anschließend werden mit Hilfe von Kreativitätsmethoden Ideen und Verbesserungsvorschläge entwickelt, diese zu Konzepten ausgearbeitet, anschließend bewertet und implementiert.

Unter dem Dach der Wertanalyse sind verschiedene Einzelmethoden gebündelt, im Sinne einer best practice strukturiert und den einzelnen Arbeitsschritten zugeordnet. Eine genaue Beschreibung der Vorgehensweise, der organisatorischen Einbindung in das Unternehmen, der Werkzeuge und der beteiligten Personen findet sich in der DIN 69910.
Value Management nach EN 12973 beschreibt eine wertorientierte Unternehmenskultur, in der die Durchführung von Wertanalyseprojekten besonders gut gelingt.

Wir kombinieren häufig und mit großem Erfolg Elemente der Wertanalyse mit TRIZ oder Mind Mapping – Techniken, da sich diese Werkzeuge komplementär ergänzen. Weitere methodische Anknüpfungspunkte ergeben sich zum Target Costing und Benchmarking.

Der Wertanalyse-Arbeitsplan
1. Projekt vorbereiten
2. Objektsituation analysieren
3. Soll-Zustand beschreiben
4. Lösungsideen entwickeln
5. Lösungen festlegen

6. Lösungen verwirklichen

Merkmale der Wertanalyse
- ganzheitliche Betrachtungsansatz
- zielorientierte, strukturierte und nachvollziehbare Vorgehensweise entsprechend einem Arbeitsplan mit einzelnen Arbeitsschritten
- Projektarbeit in einem bereichsübergreifend zusammengesetzten Team unter Anleitung eines methodisch erfahrenen Moderators
- funktions-, kosten- und werteorientierte Produkt- und Prozessbetrachtung
- getrennte Durchführung von Analyse, Ideengenerierung, Konzeptbewertung, Entscheidung und Umsetzung
- der Situation und Aufgabe entsprechend angepasste Verwendung von unterschiedlichen Werkzeugen und Arbeitstechniken

Erfahrungen mit Wertanalyse
Wertanalyse ist eine pragmatische und praxiserprobte Vorgehensweise zur Effizienzsteigerung von Produkten, Prozessen, Dienstleistungen und organisatorischen Abläufen, die in vielen Unternehmen bereits erfolgreich praktiziert wird.

Zwei Dinge sind nach unserer Erfahrung erfolgsentscheidend:
1. Bereits zu Projektbeginn müssen die Ziele, Termine und Meilensteine quantifiziert werden.
2. Es muss eine funktionierende Verankerung des Projekts, des Projektteams und der Methodik innerhalb des Unternehmens mit der erforderlichen Rückendeckung durch das Management erfolgen.

Mit Blick auf die Soft-Skills lernen die Mitarbeiter das Denken in Funktionen, in Abhängigkeiten und in Wirkungen. Ihr Prozess- und Systemverständnis verbessert sich. Sie lernen, eigeninitiativ Systeme systematisch zu hinterfragen, Verbesserungspotentiale aufzudecken und diese auch zu realisieren

Schwachstellenanalyse

Voraussetzung ist eine ausgebaute Leistungsrechnung, die umfassend und systematisch Leistungsinformationen bereitstellt. Diese Leistungsinformationen helfen Schwachstellen und Ineffizienzen im Unternehmen (vor allem im Gemeinkostenbereich) zu erkennen und entsprechende Steuerungsmaßnahmen zu ergreifen. Die Schwachstellenerkennung wird damit zu einer der Aufgaben der Leistungsrechnung.

Die Schwachstellenanalyse ist eine Untersuchung, um in einem System oder Ablauf unzureichend funktionierende Elemente oder Beziehungen mit dem Ziel zu ermitteln, die festgestellten Schwächen zu beheben.

Schwachstellenanalyse ist ein umfassender Begriff für Vorgehensweisen, um in einem System die aus der Sicht dieses Systems unzureichend funktionierenden Elemente und Elementbeziehungen festzustellen mit dem Ziel, die erkannten Schwächen zu verändern. Schwachstellenanalysen lassen sich für die unterschiedlichsten Systeme durchführen. Gegenstand einer Schwachstellenanalyse können existierende Systeme (z. B. Ist-Abläufe) oder geplante Systeme (z. B. geplante Abläufe eines Kommunikationssystems) sein. Auch andere Systeme, wie z. B. DV-gestützte Abrechnungssysteme, Informationssysteme, Interne Kontrollsysteme können Gegenstand sein. Trotz der unterschiedlichen Objekte lassen sich drei Phasen der Schwachstellenanalyse bestimmen:

- Feststellen der Schwachstellen

- Analyse der Ursachen, die zu den festgestellten Schwachstellen führen
- Erarbeitung von Lösungsvorschlägen zur Veränderung der Schwachstellen.

Verfahrensweisen zur Feststellung von Schwachstellen existierender Systeme bauen auf einer *Ist-Analyse* auf. Dabei ist zu unterscheiden, ob Aufgaben den Zielen entsprechend erfüllt werden, ob alle zur Zielerreichung notwendigen Aufgaben erfüllt werden oder ob Aufgaben erfüllt werden, die nicht zur Zielerreichung beitragen (primäre Mängel). Weiterhin ist zu unterscheiden, ob menschliche Belange organisatorisch berücksichtigt und vorhandene Sachmittel letztmöglich genutzt werden (sekundäre Mängel). Die Schwachstellen können einerseits bereits aus der isolierten betrieblichen Perspektive, andererseits erst beim Vergleich mit anderen üblichen Systemen oder Idealvorstellungen davon offenbar werden. Daher muss zweigleisig vorgegangen werden. Zur Unterstützung werden *Checklisten* (Prüffragenkataloge) eingesetzt, die entweder systematisch aus der Problemstellung des Systems abgeleitet sind und / oder die Erfahrungen widerspiegeln, die bisher bei der Schwachstellenanalyse gemacht werden konnten. Die Frage, ob zunächst eine Ist-Analyse oder die Erstellung neuer Checklisten oder die Detaillierung vorhandener Checklisten erfolgen soll, muss je Unternehmung gelöst werden. Schwachstellen bieten Ansatzpunkte für Rationalisierungsmaßnahmen. Bei ablauforientierten Systemen sind sie auch Indikatoren für mögliche Fehler in den Verarbeitungsergebnissen. Die Feststellung der Ursachen, die auch mit Hilfe von Checklisten systematisiert werden kann, ist Grundlage für die Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten.

Als mögliche Ursachen beispielsweise bei der Ablauforganisation von Buchhaltungssystemen werden genannt:

- falsche oder lückenhafte Organisation des Ablaufs
- unzureichende Ausbildung von Mitarbeitern
- fehlende oder lückenhafte Arbeitsanweisung.

Als Mängelursachen organisatorischer Systeme sind daher die Einsatzfaktoren, die Kombination der Einsatzfaktoren und die Regelung der Prozesse zu unterscheiden. Die Gegenüberstellung von Mängeln und Mängelursachen in Matrixform unterstützt die Gewinnung von Lösungsmöglichkeiten. Die Problematik der Schwachstellenanalyse liegt darin begründet, dass trotz umfangreicher systematisierender Vorarbeiten auf die Erfahrungen und die Intuition derer nicht verzichtet werden kann, die eine solche Schwachstellenanalyse durchführen.