

Spotlight

Methoden zum Entdecken und Beheben von Fehlern



Eine themenspezifische Zusammenstellung der besten, auf projektmagazin.de erschienenen Artikel, Methoden und Tipps.

www.projektmagazin.de

Mehlbeerenstr. 4, 82024 Taufkirchen

Tel: +49 89 2420798-0

Fax: +49 89 2420798-8

Methoden zum Entdecken und Beheben von Fehlern

Verlieren Sie keine Zeit bei der Fehlersuche! Mit diesen Profi-Methoden sind Sie sofort startklar, um Schritt für Schritt die entscheidenden Fehler zu finden und die Qualität zu erhöhen. Gehen Sie auf Spurensuche z.B. mit dem Ishikawa-Diagramm oder der FMEA-Analyse, werden Sie immer besser mit dem Plan Do Check Act-Zyklus und finden Sie mit dem Kano-Modell heraus, wie Sie Ihre Kunden begeistern!

Inhalt

Fehler entdecken

1. Ishikawa-Diagramm.....	Seite 4
2. Fehlerbaumanalyse.....	Seite 11
3. Gegenwartsbaum	Seite 22
4. SIPOC	Seite 39
5. FMEA – Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse.....	Seite 48
6. Design of Experiments (DoE)	Seite 61

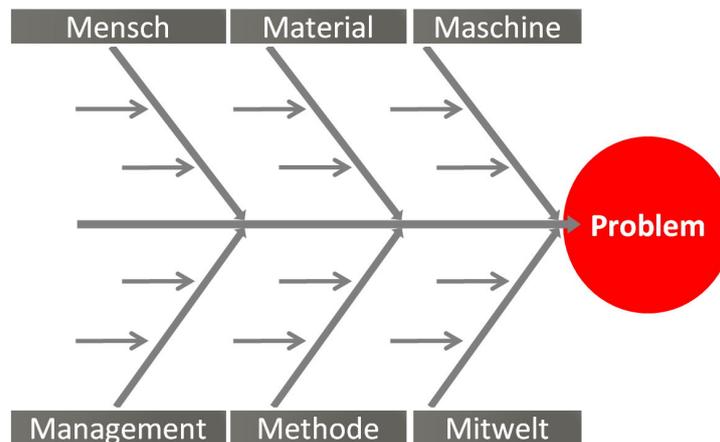
Fehler beheben und Qualität steigern

7. Plan Do Check Act.....	Seite 87
8. Morphologischer Kasten.....	Seite 95
9. SCAMPER.....	Seite 100
10. Projektreview mit Schwachstellenanalyse.....	Seite 109

Kunden begeistern

11. Personas.....	Seite 120
12. Kano-Modell.....	Seite 128
13. Voice of the Customer.....	Seite 138
14. Synektik.....	Seite 146

Ishikawa-Diagramm



Das Ishikawa-Diagramm visualisiert einen Problemlösungsprozess, bei dem nach den primären Ursachen eines Problems gesucht wird. Das hierbei entstehende Diagramm wird auch "Ursache-Wirkungs-Diagramm" oder "Fischgräten-Diagramm" genannt und zählt zu den sogenannten "Sieben Qualitätswerkzeugen".

Einsatzmöglichkeiten

Das Ishikawa-Diagramm kann während der gesamten Projektlaufzeit benutzt werden, wenn zu einem Problem Ursachen gesucht und Ideen bewertet werden sollen. Die Methode wird oft im Rahmen des Qualitätsmanagements und in Six-Sigma-Projekten verwendet, ist jedoch universell für alle Problemsituationen einsetzbar.

Ziel ist es, alle möglichen Ursachen für ein Problem zu ermitteln und den primären Auslöser zu identifizieren, so dass eine verlässliche Ausgangsbasis für weitere Planungen vorhanden ist.

Vorteile

- Größte Stärke des Ishikawa-Diagramms ist das Zusammenführen vielfältiger Informationen von Teilnehmern unterschiedlicher Expertise.
- Das Problem und seine Ursachen werden systematisch voneinander getrennt, so dass sich die Teilnehmer auf die Ursachen und Hintergründe fokussieren.
- Es werden zunächst alle möglichen Ursachen identifiziert, damit keine vorschnellen Maßnahmen ergriffen werden, die nicht effizient oder sogar schädlich sein können.
- Die Erarbeitung im interdisziplinären Team führt zu einer vielseitigen Betrachtungsweise.

- Die grafische Darstellung gibt einen guten Überblick über das Problem und dessen Ursachen.
- Das stufenweise Strukturieren von Haupt- zu Nebenursachen hilft dabei, die eigentliche Ursache zu finden.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Das Ishikawa-Diagramm an sich dient lediglich der Identifikation von Problemursachen. Auswirkungen und Lösungen des Problems müssen in separaten Schritten erarbeitet werden.
- Vorgegebene Haupteinflussfaktoren können bei manchen Teilnehmern das freie Denken einschränken.
- Wird der Prozess nicht gut moderiert, besteht das Risiko, unwichtigen Ursachen zu viel Aufmerksamkeit zu schenken.
- Kognitive Verzerrungen können zu falschen Ursachen führen, da die Methode auf den persönlichen Einschätzungen der Teilnehmer beruht und nicht auf Fakten und Messungen.
- Besitzen die Teilnehmer nicht genügend Fachwissen, besteht die Gefahr, nur oberflächliche Ursachen zu identifizieren und den eigentlichen Auslöser des Problems zu übersehen.
- Zeitliche Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen den Einflussfaktoren bleiben unberücksichtigt.

Ergebnis

- Grafische Darstellung des Problems und möglicher Ursachen
- Priorisierte Liste möglicher Ursachen
- Ggf. Liste zu ergreifenden Maßnahmen

Voraussetzungen

- Positive Fehlerkultur der Organisation, d.h. die Bereitschaft, Fehlerursachen ohne Einschränkungen zu identifizieren und vorwurfsfrei zu analysieren.
- Bereitschaft und Commitment der Teilnehmer zur kontinuierlichen Verbesserung des eigenen Verantwortungsbereichs

Qualifizierung

Der Moderator sollte Moderationserfahrung und Erfahrung in der Methode haben. Empfehlenswert sind vertiefte Kenntnisse im Qualitätsmanagement. Die Teilnehmer sollten über möglichst detaillierte Fachkenntnisse über die Problemstellung verfügen.

Benötigte Informationen

- Möglichst präzise Beschreibung des zu analysierenden Problems
- Expertenwissen der Teilnehmer

Benötigte Hilfsmittel

- Einfachste Variante: Zettel und Stift
- Durchführung in einer Gruppe: Flipchart oder Whiteboard, Stifte, ggf. Karten oder Klebezettel
- Optional: geeignete Software und Beamer

Durchführung

- Schritt 1: Formulieren Sie das Problem!
- Schritt 2: Benennen Sie die wichtigsten Einflussfaktoren!
- Schritt 3: Identifizieren Sie mögliche Ursachen!
- Schritt 4: Priorisieren Sie die Ursachen!
- Schritt 5: Leiten Sie Maßnahmen ab!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Schritt 1: Formulieren Sie das Problem!

Obwohl das Problem vor Durchführung der Methode bereits bekannt ist, nehmen Sie sich zunächst die Zeit, das Problem genau und vollständig zu formulieren. Gehen Sie bei Bedarf darauf ein, wann das Problem unter welchen Bedingungen auftritt und wer daran beteiligt ist.

Benennen Sie das Problem anschließend kurz und prägnant. Notieren Sie es rechts auf einem Blatt – dem "Kopf" des Fisches.

Im Beispiel sollen Ursachen für das wiederholte Abstürzen einer Business-Software gesucht werden. Bild 1 zeigt den ersten Schritt des Ishikawa-Diagramms:



Bild 1: Das Problem wird im Kopf des "Fisches" notiert.

Schritt 2: Benennen Sie die wichtigsten Einflussfaktoren!

Bevor das Team mit der Suche nach konkreten Problemursachen beginnt, ermitteln Sie mögliche Haupteinflussfaktoren und platzieren diese als Hauptzweige (oder "Gräten"). Diese Vorklassifizierung bietet mehrere Vorteile:

- Die Ursachen werden automatisch thematisch strukturiert.
- Teilnehmer können sich an den Kategorien orientieren und leichter Ideen formulieren.
- Durch genügend Kategorien wird das Umfeld eines Problems komplett beschrieben und auf diese Weise sichergestellt, dass möglichst viele Ursachen gesammelt werden.

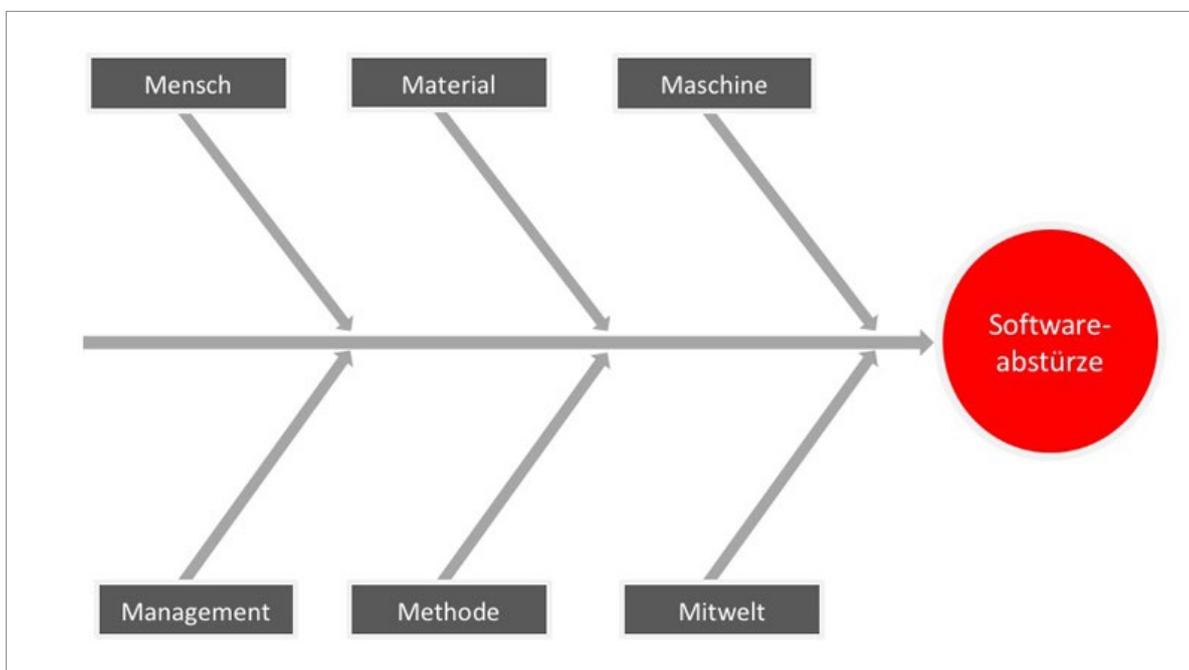


Bild 2: Vorstrukturierung des Ishikawa-Diagramms mit identifizierten Haupteinflussfaktoren

Für diese Vorstrukturierung gibt es bereits einige bewährte Schemas. Ein typischer Ansatz zur Auswahl der Haupteinflussfaktoren ist die traditionelle **5-M-Methode**, die Ursachen nach "Mensch", "Maschine", "Material", "Milieu" und "Methode" gliedert. Erweiterungen dieser Faktoren gehen bis zur 8M-Methode, in der die Faktoren "Management", "Geld (Money)" und "Messung" ergänzt werden. Bild 2 zeigt die Vorstrukturierung mit sechs "Ms".

Schritt 3: Identifizieren Sie mögliche Ursachen!

Sammeln Sie in diesem Schritt mögliche Ursachen zu Ihrem Problem und ordnen Sie diese den Hauptzweigen zu. Die Methode kombiniert Ansätze des Brainstormings mit denen des Mind Mappings. Die Teilnehmer assoziieren geführt durch die Hauptkategorien mögliche Ursachen und teilen diese dem Moderator münd-

lich mit oder notieren sie auf Karten. Diese Ursachen tragen Sie als Moderator hierarchisch auf die Haupt- und Nebenzweige ein und verfeinern auf diese Weise die Gräten.

Bild 3 zeigt dies exemplarisch. Üblicherweise werden die Ursachenpfeile nach links abwechselnd horizontal und geneigt eingezeichnet. Dies ist aber selbstverständlich kein Zwang – Sie können die Pfeile so anordnen wie es Ihnen am zweckmäßigsten erscheint.

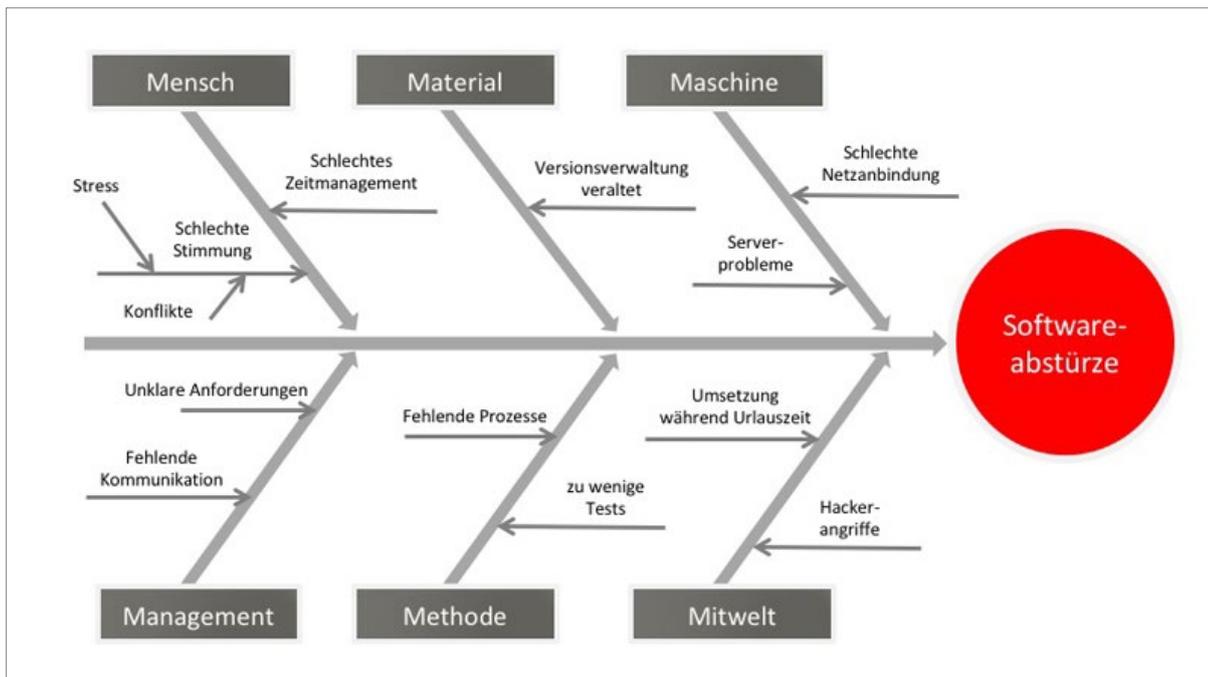


Bild 3: Mögliche Haupt- und Nebenursachen werden hierarchisch den Einflussfaktoren zugeordnet.

Schritt 4: Priorisieren Sie die Ursachen!

Bis jetzt wurden mögliche Problemursachen lediglich gleichberechtigt gesammelt und noch nicht hinsichtlich Wahrscheinlichkeit oder Bedeutung bewertet. Um die besten Ansatzpunkte für Korrekturmaßnahmen zu identifizieren, bewerten die Teilnehmer in diesem Schritt die genannten Ursachen. Hierzu vergeben z.B. alle Beteiligten Punkte an die im Diagramm dokumentierten Ursachen. Je nach Umfang des Diagramms und nach Aufgabenstellung erhält jeder Teilnehmer eine gleiche Anzahl von Klebepunkten, die er frei verteilen darf.

Bild 4 zeigt beispielhaft ein bewertetes Ishikawa-Diagramm. Die Ursachen, bei denen sich die Punkte häufen, bewirken nach Meinung des Teams das analysierte Problem am stärksten. Dokumentieren Sie dieses Ergebnis in einer nach absteigender Bewertung sortierten Ursachenliste.

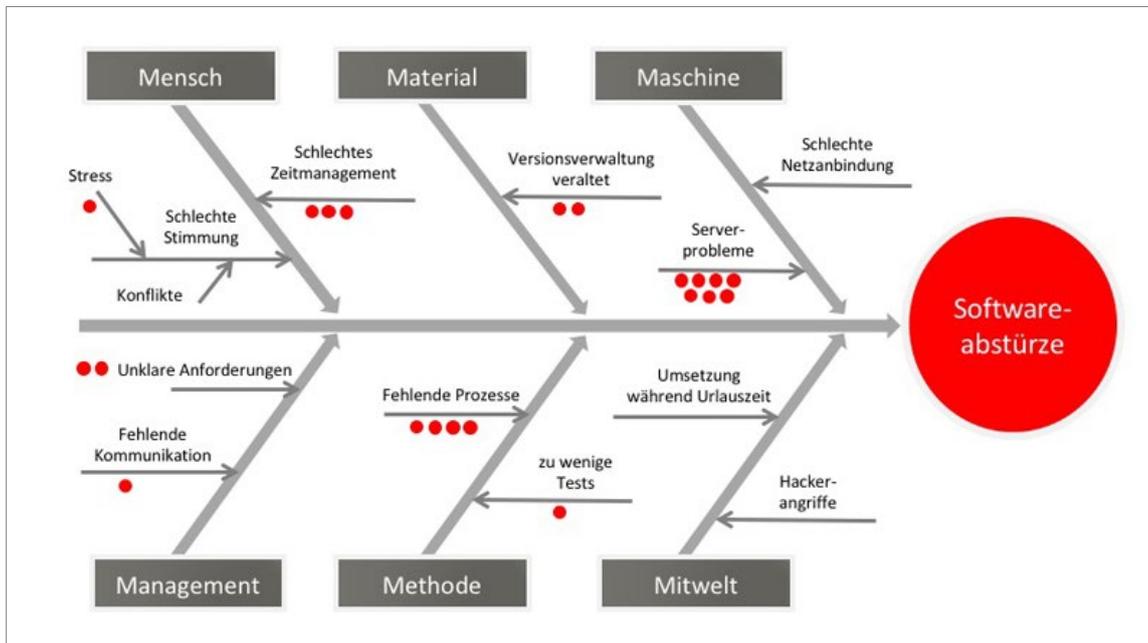


Bild 4: Die wichtigsten Ursachen werden identifiziert.

Schritt 5: Leiten Sie Maßnahmen ab!

Obwohl das Ishikawa-Diagramm im Kern lediglich der Identifikation möglicher Problemursachen dient, sollten Sie im abschließenden Schritt Maßnahmen planen. Diese können Sie im Rahmen eines weiteren Brainstormings erarbeiten. Erstellen Sie nach Möglichkeit eine Maßnahmenliste, die Zieltermine und Verantwortliche enthält.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Workshop** – Vorbereitung und Moderation der Teamarbeit
- **Brainstorming** – zum Sammeln von Ursachen
- **Mind Mapping** – zum vorstrukturierten Sammeln von Ursachen
- **Konfliktwolke** – weitere Problemlösungsmethode

Praxistipps

- Obwohl der Kopf des Fisches oft rechts dargestellt wird, können Sie das Problem natürlich auch auf der linken Seite oder unten notieren, wenn dies aus technischen Gründen vorteilhaft ist.
- Wenn Sie während des Sammelns von Ursachen erkennen, dass ein Haupteinflussfaktor fehlt, ergänzen Sie diesen als zusätzlichen Hauptzweig.

- Denken Sie in der Phase der Ursachenidentifizierung möglichst frei und orientieren Sie sich an den Regeln des Brainstormings, nach denen im ersten Schritt auch abwegige Lösungen genannt werden dürfen, um die Kreativität anzuregen.
- Je nach Zuverlässigkeit der Identifikation muss verifiziert werden, ob die am höchsten priorisierten Ursachen tatsächlich ausschlaggebend sind. Im Idealfall kann aus Messprotokollen eine direkte Korrelation zwischen diesen Ursachen und dem Problem hergestellt werden.
- Obwohl Fachwissen zum Problem und möglichen Ursachen für die Teilnehmer empfehlenswert ist, kann auch der unabhängige Blick von außenstehenden Personen hilfreich sein.
- Beschriften Sie die Zweige möglichst kurz und in wenigen Worten, um das Diagramm möglichst übersichtlich zu gestalten.
- Sollte ein Zweig zu unübersichtlich werden, gliedern Sie diesen für eine bessere Übersichtlichkeit aus.

Varianten

Verwendung als Kreativitätstechnik

Anstatt zur Suche nach Ursachen für ein Problem kann das Ishikawa-Diagramm auch als Kreativitätstechnik eingesetzt werden, um fördernde Faktoren für ein Ziel zu identifizieren. Dabei tritt an Stelle des Problems der angestrebte Zustand bzw. das zu erreichende Ziel, z.B. "Marktführerschaft für Smartphones".

Zu diesem Zweck können die 4P des Marketings ("Produkt", "Preis", "Place/Distribution" und "Promotion/Kommunikation") oder das auf die Unternehmensberatung McKiensey zurückgehende **7-S-Modell** für Unternehmensbeschreibungen eingesetzt werden ("Strategie", "Struktur", "Systeme", "Spezialfertigkeiten", "Stammpersonal", "Stil" und "Selbstverständnis").

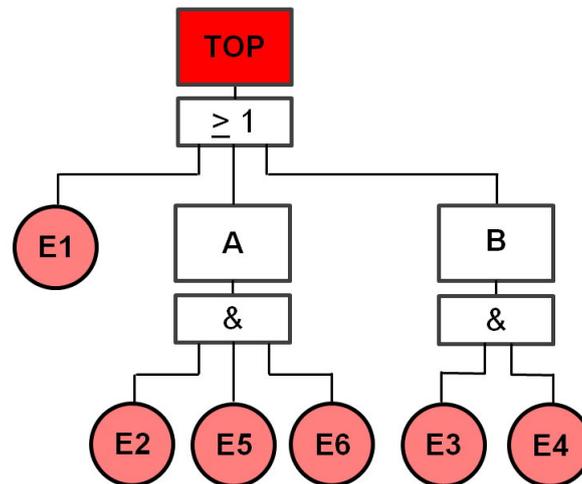
Herkunft

Das Fischgrätendiagramm wurde in den 1940er Jahren vom Japaner Kaoru Ishikawa (1915-1989) entwickelt, der als Wegbereiter des Qualitätsmanagements Japans gilt. Die Methode ist eines der sieben elementaren Qualitätswerkzeuge (Q7).

Autorin

Andrea Windolph
Erstellt am: 12.02.2017

Fehlerbaumanalyse



Die Fehlerbaumanalyse ist eine deduktive Methode zur Analyse wichtiger unerwünschter Ereignisse (TOP-Ereignisse). In einem Top-Down-Verfahren wird ausgehend vom betrachteten TOP-Ereignis eine Baumstruktur entwickelt, in der das Zusammenwirken potentieller Ursachen für das unerwünschte Ereignis mit Hilfe von logischen Verknüpfungen dargestellt wird. Die Fehlerbaumanalyse kann den Entwicklungsprozess, die Festlegung einer geeigneten Systemarchitektur oder die Ableitung von Design-Anforderungen aktiv unterstützen. Die quantitative Auswertung erlaubt die Berechnung konkreter Zuverlässigkeitskenngrößen, wie z.B. die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Ausfalls.

Einsatzmöglichkeiten

- Untersuchungsobjekte können Produkte, Systeme, Prozesse, Dienstleistungen oder Software sein.
- Analyse zentraler Risiken, die bedeutende Auswirkungen (Gefahren für Gesundheit und Leben, wirtschaftlicher Schaden usw.) mit sich bringen können. Beispiele dafür sind: Produktentwicklung in der Automobilindustrie, Planung von Industrieanlagen, vorbeugender Brandschutz, Sicherheitsprüfung kerntechnischer Anlagen
- Präventives Identifizieren möglicher Ausfallursachen in der Entwicklungsphase mit dem Ziel, das Auftreten dieser Ausfälle im Endprodukt zu vermeiden
- Analyse der Ursachenketten für aufgetretene Fehler (z.B. Ausfall einer Produktionsanlage), um so den Fehler in Zukunft zu vermeiden
- Sind die Ausfallwahrscheinlichkeiten von Komponenten oder Sub-Systemen bekannt, können Systemzuverlässigkeit und das Ausfallverhalten des Gesamtsystems quantitativ analysiert werden.

Vorteile

- Die Fehlerbaumanalyse erlaubt es, kritische Komponenten oder Sub-Systeme zu identifizieren und bedeutende Risiken zu reduzieren.
- Es können komplexe Systeme mit vielen Schnittstellen und Wechselwirkungen analysiert werden.
- Eine Fehlerbaumanalyse schafft ein tiefes Verständnis des Systemverhaltens.
- Das Wissen über Ursachenketten ermöglicht es, Design-Anforderungen zur Vermeidung von Ausfällen abzuleiten.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Eine detaillierte Ausarbeitung ist zeitaufwendig.
- Für jedes TOP-Ereignis muss ein eigener Fehlerbaum erstellt und ausgewertet werden.
- Die klassische Fehlerbaumanalyse ist ein statisches Modell, so dass zeitlich versetzte Ausfälle nicht analysiert werden können.
- Eine quantitative Analyse ist oft nicht möglich, da konkrete Zuverlässigkeitswerte von Komponenten nicht bekannt sind und erst durch aufwendige Testreihen ermittelt werden können.

Ergebnisse

- Dokumentation systematischer Fehlerzusammenhänge in der Visualisierung als Fehlerbaum bzw. Fehlerbäume
- Liste aller möglichen Fehlerkombinationen, die zu einem unerwünschten Ereignis führen (sog. "Cut Sets")
- Liste aller minimalen Ausfallkombinationen, die zum TOP-Ereignis führen ("Minimal Cut Sets")
- Identifizierte Systemschwachstellen zur gezielten Optimierung
- Bei quantitativer Auswertung: Gesamtwahrscheinlichkeit für das Eintreten des unerwünschten Ereignisses und Zuverlässigkeitskenngrößen hinsichtlich Verfügbarkeit und Sicherheit

Voraussetzungen

- **Die Syntax des Fehlerbaums muss festgelegt werden:** Für die logische Verknüpfung von Ereignissen im Fehlerbaum gibt es unterschiedliche Symbol-Systeme. Vor Start muss die verwendete Notation ausgewählt werden. In dieser Beschreibung wird eine mit der DIN 25424-1:1981-09 konforme Notation gewählt (s. Tabelle 1).
- **Die Managementunterstützung muss gewährleistet sein:** Das Management muss dafür sorgen, dass die Teammitglieder für die Aufgabe zur Verfügung stehen und es muss Änderungen am System oder Prozess basierend auf den Ergebnissen der Methode freigeben.

- **Das Zusammenwirken der Komponenten im System muss vorher genau bekannt sein:** Wenn Systemzuverlässigkeit und Ausfallverhalten bestimmt und richtig beschrieben werden sollen, muss das gesamte System vollständig dokumentiert sein.

Qualifizierung

Die Methode benötigt einen Moderator, der die Gruppenarbeit leitet und das Team durch die einzelnen Schritte der Fehlerbaumanalyse führt. Der Moderator muss mit der Methode vertraut sein und bereits Erfahrungen mit ihrer Anwendung gesammelt haben. Zusätzlich benötigt er entsprechende Moderationserfahrung. Für die manuelle Analyse ohne Software-Einsatz sind fundierte Kenntnisse der Booleschen Algebra erforderlich.

Jedes Teammitglied trägt mit der Kompetenz seines Fachbereichs bei. Die Teammitglieder benötigen darüber hinaus keine weiteren Qualifikationen.

Benötigte Informationen

- Alle bereits verfügbaren Dokumente zum System, Prozess oder der Dienstleistung (Lastenheft, Konstruktionszeichnungen, Flussdiagramme usw.)
- Falls eine FMEA durchgeführt wurde, muss die FMEA-Tabelle zur Unterstützung der Schritte 2 und 3 zur Verfügung stehen.
- Ausfalldaten der Komponenten bzw. Sub-Systeme, wenn der Fehlerbaum auch quantitativ ausgewertet werden soll

Benötigte Hilfsmittel

- Beamer und ggfs. Tafel oder Whiteboard zur gemeinsamen Entwicklung des Fehlerbaums
- Erstellung und Auswertung eines Fehlerbaums können schon bei relativ kleinen Systemen aufwendig werden. Die Fehlerbaumanalyse wird dann softwaregestützt durchgeführt. Hierfür ist kommerzielle Software erforderlich.

Durchführung

- Schritt 1: Analysieren Sie Ihr System!
- Schritt 2: Definieren Sie die unerwünschten Ereignisse!
- Schritt 3: Erstellen Sie den Fehlerbaum!
- Schritt 4: Bestimmen Sie die möglichen Ausfallkombinationen!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Produkte, Systeme, Software, Prozesse oder auch Dienstleistungen können mit Hilfe der Fehlerbaumanalyse untersucht werden. Der Ablauf ist bei allen Anwendungsfällen identisch. Zur besseren Lesbarkeit beschreiben die folgenden Schritte die Fehlerbaumanalyse eines technischen Systems, stellvertretend für alle anderen Untersuchungsobjekte. Die Analyse der Ausfallwahrscheinlichkeit wird hier nicht beschrieben.

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird im Folgenden nur die grammatikalisch männliche Form (Teilnehmer, Moderator) verwendet. Es sind dabei aber stets Personen jeden Geschlechts gemeint.

Teamzusammensetzung

Besetzen Sie das Team mit erfahrenen Fachleuten aus den Bereichen, die mit dem System in Berührung kommen. Neben Entwicklung, Qualität oder Produktion können das der Kundendienst oder sogar Vertreter des Kunden sein. Berücksichtigen Sie bei der Auswahl, dass Ausfälle nicht nur durch Komponentenversagen, sondern auch durch Bedienfehler verursacht werden können.

Für die Moderation der Teamarbeit können Sie die Methode "**Moderation von Arbeitsgruppen**" einsetzen.

Schritt 1: Analysieren Sie Ihr System!

Definieren Sie den Umfang des zu untersuchenden Systems und beschreiben Sie es. Am besten geeignet ist dafür die Form eines Blockdiagramms. Sie können mit einer Black-Box beginnen und diese dann schrittweise von oben nach unten in feinere Teilsysteme zerlegen (Bild 1).

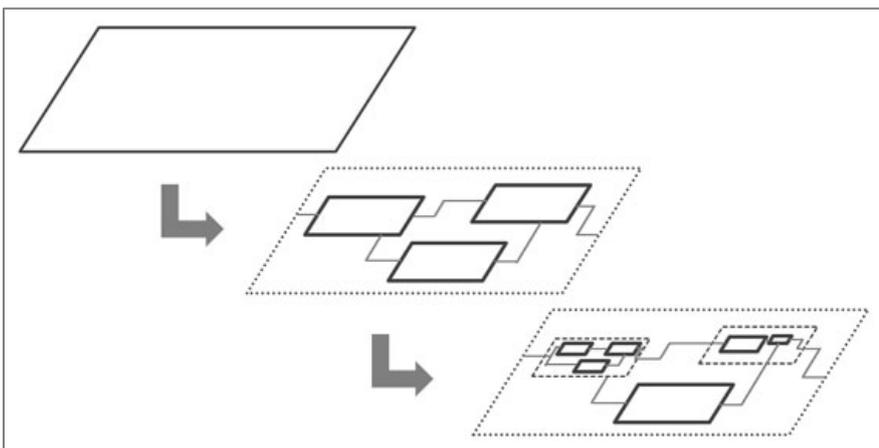


Bild 1: Schrittweise Verfeinerung des Systems top-down in immer kleinere Teilsysteme

Die Teilsysteme stehen über Eingangs- und Ausgangsströme miteinander in Beziehung. Diese Schnittstellen müssen mit ihren Toleranzen identifiziert werden. Dies können Signale (elektrisch, optisch...), Materialflüsse (Gas, Flüssigkeit...) oder Energie (Heizung, Kühlung...) sein. Ermitteln Sie die Umgebungsbedingungen sowohl des Gesamtsystems als auch der einzelnen Sub-Systeme (Temperatur, Druck, Feuchtigkeit...).

Sie erhalten so ein Systemblockdiagramm bzw. Funktionsblockdiagramm, bei denen die einzelnen Sub-Systeme und Komponenten miteinander in Beziehung stehen und die Organisation und das Verhalten des Gesamtsystems verdeutlichen. Um die Fehlerbaumanalyse effizient und wirtschaftlich zu gestalten gilt es bei der Erstellung des Blockdiagramms unbedingt auf zwei Aspekte zu achten:

1. Selektion der wesentlichen Elemente – Systemgrenzen

Identifizieren Sie die wesentlichen Elemente des Systems. Dies sind kritische Teilsysteme, die hohe Anforderungen zu erfüllen haben, bekanntermaßen risikobehaftet sind oder neue Technologien beinhalten, über die keine Erfahrungswerte vorliegen. Die Auswahl der relevanten Sub-Systeme kann z.B. durch eine **Nutzwertanalyse** oder **Portfolio-Analyse** erleichtert werden. Fokussieren Sie die Fehlerbaumanalyse auf diese Elemente.

2. Granularität des Blockdiagramms – Systemtiefe

Wählen Sie eine passende Auflösung der Sub-Systeme und Komponenten. Eine zu grobe Aufschlüsselung geht auf Kosten der Gründlichkeit, eine zu feine Aufschlüsselung erhöht den Aufwand enorm und liefert nicht unbedingt bessere Ergebnisse. Die Wahl der Granularität ist abhängig vom Ziel der Fehlerbaumanalyse: Um eine erste Systemabschätzung zu erhalten, genügt eine grobe Aufschlüsselung. Für die Analyse eines konkreten Designs ist eine feinere Auflösung bis in einzelne Komponenten sinnvoll.

Schritt 2: Definieren Sie die unerwünschten Ereignisse!

Die Definition und die Anzahl der unerwünschten Ereignisse legen maßgeblich den Umfang der Analyse fest, denn jedes TOP-Ereignis wird in einem separaten Fehlerbaum untersucht. TOP-Ereignisse können Fehlzustände des Gesamtsystems oder von Teilsystemen sein. Legen Sie die Ausfallkriterien genau fest. Dazu gehört auch die Beschreibung der zu betrachtenden Betriebsphase (z.B. "Absturz des Flugzeugs in der Flugphase nach Erreichen der Reiseflughöhe").

Die Selektion der TOP-Ereignisse kann beispielsweise durch genaue Systemkenntnis, aus Untersuchung von Unfällen oder Vergleich mit Ausfällen von ähnlichen Systemen geschehen. Oft werden dazu Methoden wie die **FMEA** oder Hazard and Operability Studies (HAZOP) eingesetzt (Crawly, F. u. Tyler, B.: HAZOP: Guide to Best Practice, 2015).

Schritt 1 und Schritt 2 können vertauscht oder auch iterativ ablaufen, denn es kann sinnvoll sein, Systemgrenzen und Systemtiefe nach genauer Beschreibung des TOP-Ereignisses anzupassen.

Schritt 3: Erstellen Sie den Fehlerbaum!

Bilden Sie nun den Ablauf der Ereignisse lückenlos ab, die zum Eintreten des unerwünschten Ereignisses führen, indem Sie den Fehlerbaum Ebene für Ebene konstruieren. Stellen Sie für jedes Ereignis in der jeweiligen Ebene die Frage: "Wie kann es dazu kommen (Ursache), dass dieses Ereignis (Wirkung) eintritt?". Für diesen Schritt ist ein gutes Verständnis des Ursache-Wirkungs-Gefüges im betrachteten System nötig. Eine gute Moderation stellt sicher, dass alle potentiellen Ursachen im Team diskutiert werden.

Unterscheiden Sie zwischen drei Ausfallsarten:

1. Primärausfall

Dies ist das Versagen einer Komponente oder eines Sub-Systems, das nicht weiter analysiert wird (z.B. "Glühfaden einer Signallampe durchgebrannt"; "Sicherheitsventil schadhaft", wobei die Komponenten des Ventils nicht weiter untersucht werden sollen). Ziel ist es, den Fehlerbaum so weit zu entwickeln, dass nur noch Primärausfälle übrig bleiben.

2. Kommandierter Ausfall

Dieses Versagen entsteht durch ein unzulässiges oder fehlendes Eingangssignal oder durch den Ausfall einer Hilfsquelle (z.B. versehentliches Ausschalten einer Signallampe).

3. Sekundärer Ausfall

Dies ist ein Folgeausfall, der aus unzulässigen Einsatzbedingungen einer Komponente resultiert (z.B. Betrieb der Signallampe ungeschützt im Regen).

Symbole zur Darstellung der logischen Verknüpfungen

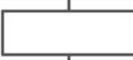
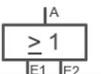
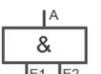
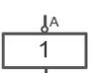
Symbol	Bezeichnung	Bedeutung
	Kommentar	Das Rechteck enthält Beschreibungen von Ein- und Ausgängen von Verknüpfungen.
	Standardeingang	Das Symbol steht für ein primäres Versagen. Es enthält keine weiteren Fehlerbedingungen.
	ODER-Verknüpfung	Das Ereignis A tritt ein, wenn mindestens ein Eingang wahr ist. Die Verknüpfung kann beliebig viele Eingänge haben.
	UND-Verknüpfung	Das Ereignis A tritt nur ein, wenn alle Eingänge wahr werden. Die Verknüpfung kann beliebig viele Eingänge haben.
	NICHT-Verknüpfung	Das Symbol negiert: Das Ereignis A tritt ein, wenn E nicht eintritt und umgekehrt.
	Transfereingang	Mit diesem Symbol wird der Fehlerbaum abgebrochen und an anderer Stelle fortgesetzt.
	Transferausgang	

Tabelle 1: Standardsymbole zur Erstellung eines Fehlerbaums

Verwenden Sie bei der Konstruktion des Fehlerbaums die in Tabelle 1 dargestellten Standardsymbole. Weitere Sondersymbole sind z.B. in der DIN 25424-1:1981-09 "Fehlerbaumanalyse; Methode und Bildzeichen" beschrieben. Diese logischen Verknüpfungen werden auch "Gatter" genannt.

Einfaches Beispiel Dampfkessel

Betrachten wir als Beispiel eine vereinfachte Dampfkesselanlage (z.B. Elektrodampfkessel) bestehend aus einem Dampfkessel, in dem mit Hilfe von Elektroheizstäben Wasser bis zu einem maximalen Druck (P_{\max}) verdampft wird, einer Steuereinheit, die bei Erreichen des maximalen Drucks die Energiezufuhr entsprechend verringert und einem Sicherheitsventil, das bei Drücken oberhalb des maximalen Werts öffnet.

Als TOP-Ereignis wählen wir die Explosion des Dampfkessels. Dieses Ereignis stellt die Startebene des Fehlerbaums dar (Bild 2). Identifizieren Sie nun alle Ursachen, die alleine oder in Kombination unmittelbar zum Eintreten des TOP-Ereignisses führen. Eine mögliche Ursache ist ein Defekt am Dampfkessel. Dies entspricht einem primären Versagen der Komponente "Dampfkessel", das nicht weiter aufgeschlüsselt wird. Der Fehlerbaum endet an dieser Stelle mit einem Standardeingang (s. Bild 2).

Eine weitere Ursache für das TOP-Ereignis kann in unzulässigen Einsatzbedingungen bestehen, entsprechend einem sekundären Ausfall. Verbinden Sie diese beiden möglichen Ursachen in dieser Ebene logisch mit dem TOP-Ereignis, hier mit einer ODER-Verknüpfung (s. Bild 2).

Top-down die Ausfall-Logik verfolgen

Der sekundäre Ausfall wird nun weiter analysiert. Er ist die Folge eines Betriebs bei Umgebungsbedingungen außerhalb der Spezifikation oder von Dampfdrücken oberhalb des zulässigen maximalen Werts, beides sind sekundäre Ausfälle. Diese werden wiederum mit einer ODER-Verknüpfung mit dem darüber liegenden Zwischenereignis logisch verbunden. Die Ursache "unzulässige Umgebungsbedingungen" wird an anderer Stelle (nicht hier im Beispiel ausgeführt) weiter analysiert. Die Ergebnisse finden an dieser Stelle Eingang in den Fehlerbaum, was durch das Symbol "Transfereingang" dargestellt wird. Solche Transfereingatter ermöglichen es, den Fehlerbaum in übersichtliche Teilbäume zu strukturieren.

Die Ursache "überhöhte Energiezufuhr" wird an anderer Stelle (nicht hier im Beispiel ausgeführt) weiter analysiert. Die Ergebnisse finden an dieser Stelle Eingang in den Fehlerbaum, was durch das Symbol "Transfereingang" dargestellt wird. Solche Transfereingatter ermöglichen es, den Fehlerbaum in übersichtliche Teilbäume zu strukturieren.

Schritt für Schritt analysieren, bis nur noch Standardeingänge vorhanden sind

Das Ereignis "Ausfall durch Druck $> P_{\max}$ " wird weiter untersucht. Ursachen sind hier eine "überhöhte Energiezufuhr" und das Nichtöffnen des Sicherheitsventils. Die logische Verbindung mit dem darüber liegenden Ereignis ist hier eine UND-Verknüpfung, da beide Ereignisse gleichzeitig auftreten müssen. Das Zwischenereignis "überhöhte

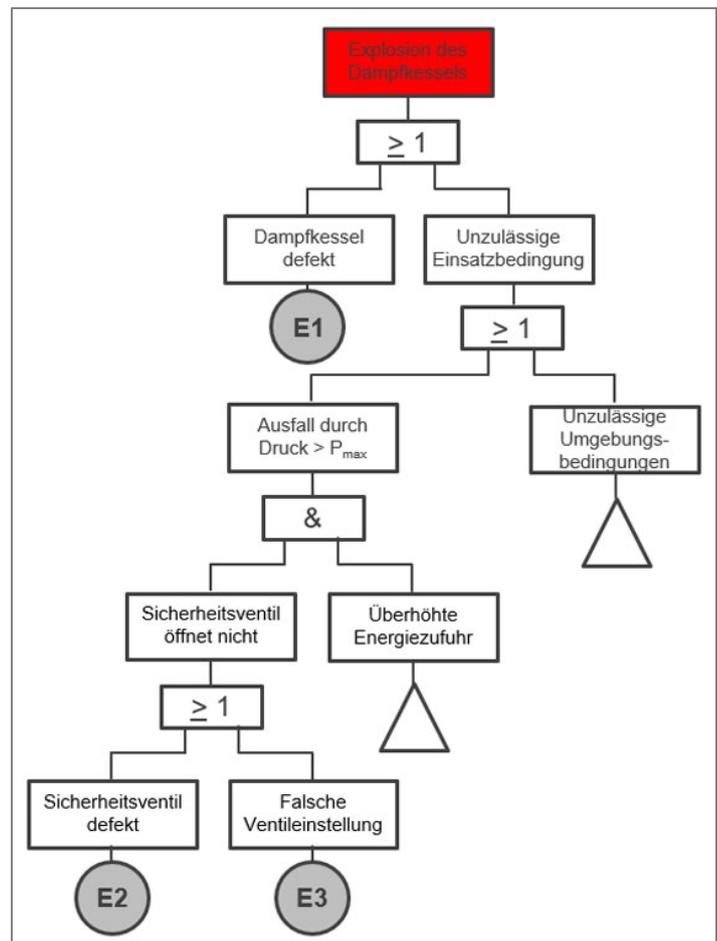


Bild 2: vereinfachtes Beispiel eines Fehlerbaumes

Energiezufuhr" wird an anderer Stelle weiter untersucht (Transfereingang). Das Zwischenereignis "Sicherheitsventil öffnet nicht" wird entweder durch einen Defekt am Ventil verursacht oder durch eine falsche Ventileinstellung. Beide Ereignisse werden als Eingänge einer ODER-Verknüpfung mit dem darüber liegenden Ausgang verbunden. Sie werden nicht weiter untersucht und daher als Standardeingang (primärer Ausfall) dargestellt (Bild 2).

Führen Sie die Fehlerbaumaufstellung so lange weiter, bis nur noch Standardeingänge vorhanden sind. Dann ist der Fehlerbaum komplett und kann analysiert werden.

Schritt 4: Bestimmen Sie die möglichen Ausfallkombinationen!

Untersuchen Sie nun die Fehlertoleranz des Systems, indem Sie die Struktur des Fehlerbaums analysieren. Die Art und Weise der Verknüpfungen im Fehlerbaum gibt Aufschluss über die Bedeutung einzelner Ereignisse. Die Ausfallkombinationen (Gruppen von primären Ereignissen), unter denen das TOP-Ereignis wahr wird, werden "Schnitte" oder auch "Cut Sets" genannt.

Vom intuitiven Fehlerbaum zur berechenbaren Matrix

Ein Algorithmus zum Auffinden der Schnitte wird an einem neutralen Beispiel-Fehlerbaum (Bild 3) beschrieben. Zur Darstellung der Schnitte ist eine Matrixform geeignet. Erstellen Sie für jede Ebene des Fehlerbaums eine Matrix bestehend aus den Primär- und Zwischenereignissen dieser Ebene. Die Start-Matrix enthält das TOP-Ereignis. Ersetzen Sie dieses Ereignis mit den Eingängen des darunterliegenden Gatters der Ebene 1. Dies ist ein ODER-Gatter, daher werden so viele Zeilen hinzugefügt wie das Gatter Eingänge besitzt, hier zwei. E1 als Primäreignis bleibt bei der Weiterentwicklung der Matrix in der Zeile stehen und stellt bereits eine "Ausfallkombination" dar.

Umformungen mit Boolescher Algebra

Die folgenden Schritte folgen streng den Gesetzen der Booleschen Algebra. Sie sind hier nur in wenigen Schritten beispielhaft aufgeführt. Bei umfangreicheren Analysen ist hierfür der Einsatz einer geeigneten Software dringend zu empfehlen.

Das Zwischenereignis A wird nun durch die Eingänge des UND-Gatters in Ebene 2 ersetzt und zwar in einer Zeile (UND-Verknüpfung). B und C bilden eine weitere Ausfallkombination, allerdings stellen sie keine Primäreignisse dar und müssen weiter entwickelt werden. Beide werden durch die Eingänge der jeweiligen ODER-Gatter in Ebene 3 ersetzt, wobei alle gegenseitigen Kombinationen gebildet werden. Es entsteht so eine neue Ausfallkombination E2 und E3, die aus Primäreignissen besteht und als weiterer Schnitt in der Matrix stehen bleibt. Die Zwischenereignisse D und E werden im nächsten Schritt durch die Eingänge der UND-Gatter ersetzt.

Die Matrix enthält nun ausschließlich Primäreignisse. Die fünf Zeilen enthalten alle Schnitte, die das TOP-Ereignis auslösen. Die Ausfallkombination E3, E4, E3 der Zeile vier kann durch die Kombination E3, E4 ersetzt werden, da ein einmaliges Auftreten von E3 genügt, um das TOP Ereignis auszulösen (Idempotenzgesetz der Booleschen Algebra).

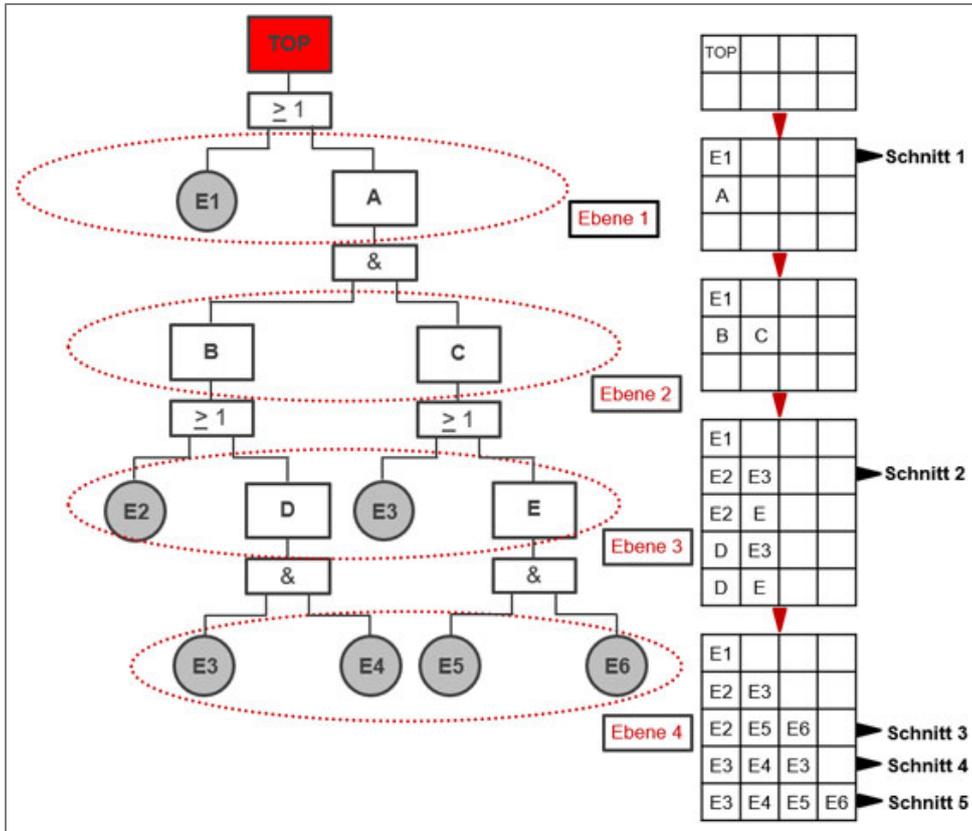


Bild 3: vereinfachtes Beispiel eines Fehlerbaumes mit fünf Ausfallkombinationen (Schnitten, Cut Sets)

Was braucht es minimal zur Katastrophe?

Interessant sind nun diejenigen Kombinationen, die direkt zum TOP-Ereignis führen und keine weiteren Ausfallkombinationen mehr enthalten. Diese sogenannten Minimalschnitte (Minimal Cut Sets) enthalten keine redundanten Elemente mehr: Treten alle Ereignisse eines Minimalschnitts ein, so tritt auch das TOP-Ereignis ein, tritt auch nur ein Ereignis nicht ein, so tritt auch das TOP-Ereignis nicht ein. Die Kombination E3, E4 (Schnitt 4) ist in Schnitt 5 enthalten, Schnitt 5 ist daher kein Minimalschnitt (Absorptionsgesetz der Booleschen Algebra). Der Fehlerbaum enthält also vier Minimalschnitte, die übersichtlich in einem sogenannten äquivalenten Minimalschnittbaum dargestellt werden (Bild 4). Das TOP-Ereignis ist dabei durch ein ODER-Gatter mit allen Minimalschnitten logisch verknüpft.

Die Anzahl der primären Ereignisse eines Minimalschnittes wird Ordnung genannt. Je weniger Primäreignisse nötig sind um das TOP Ereignis auszulösen, desto wahrscheinlicher ist in der Regel das Auftreten des Minimalschnitts.

Legen Sie daher besonderes Augenmerk auf Minimalschnitte erster Ordnung. Hier reicht bereits das Eintreten eines einzigen primären Ereignisses (hier Ereignis E1), um das TOP-Ereignis auszulösen (Single Point Failure). Diese Ausfallmöglichkeiten haben die höchste Priorität bei der Maßnahmenplanung zur Fehlervermeidung, d.h. diese Ereignisse sollten selbst unter extremen Bedingungen zuverlässig verhindert werden.

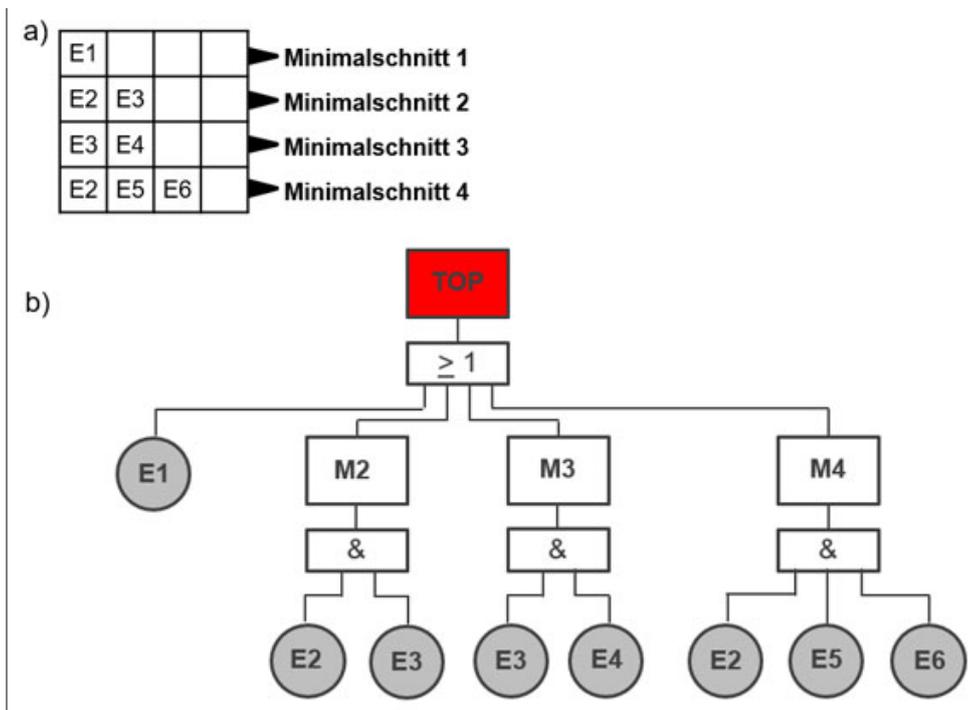


Bild 4: Minimalschnitte (a) und äquivalenter Fehlerbaum (b)

Minimalschnitte sind nicht voneinander unabhängig, denn bestimmte primäre Ereignisse können in mehreren Minimalschnitten vorhanden sein. Suchen Sie Primärausfälle, die in mehreren Minimalschnitten auftreten. Hier sind das E2 und E3. Diese Ausfälle haben die zweithöchste Priorität bei der Maßnahmenplanung.

In der Praxis sind Fehlerbäume sehr schnell so umfangreich, dass das Auffinden der Minimalschnitte nur noch mit Unterstützung von Software sinnvoll möglich ist.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Moderation von Arbeitsgruppen** – zur Gestaltung der Teamarbeit
- **Brainstorming** – zur gemeinsamen, strukturierten Suche nach Ausfallursachen
- **FMEA** – zur systematischen Untersuchung von Fehlerfolgen. FMEA und FTA ergänzen sich gegenseitig
- **Nutzwert-Analyse** – zur Selektion kritischer Teilsysteme
- **Portfoliotechnik** – zur Selektion kritischer Teilsysteme
- **Risikoidentifikation** – zur Identifikation von TOP-Ereignissen
- **Risikoanalyse** – zur Analyse von TOP-Ereignissen und ihren Ursachen
- **Ishikawa-Diagramm** – zur Identifikation von Ursachen
- **Gegenwartsbaum** – ähnliche Methode zur Ursachenanalyse aus der Theory of Constraints

Praxistipps

- Strukturieren Sie komplexe Fehlerbäume mit Hilfe von Teilbäumen, die durch Transfergatter an den Hauptbaum angeknüpft werden. Dies fördert die Lesbarkeit des Fehlerbaums.
- TOP-Ereignisse auf Systemebene können oft nicht quantitativ beschrieben werden (z.B. Gasexplosion in einer Chemieanlage). Anders ist dies bei TOP-Ereignissen an Teilsystemen: Stellen Sie sich hier folgende Fragen: Wo tritt der Fehler auf? Was genau ist fehlerhaft? Existieren messbare Kriterien für den Fehler? (z.B. "Stromstärke im LED-Kreis 50% über zulässigem Maximalwert"). Mit einer quantitativen Formulierung gewährleisten Sie einen effizienten Ablauf der Analyse.

Varianten

Fehlerbaumanalyse mit quantitativer Auswertung

Sind die Zuverlässigkeits- oder Ausfallzahlen für die Komponenten bekannt, so kann aus den Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einzelereignisse das Ausfallverhalten des Gesamtsystems errechnet werden (Edler, F.; Soden, M. u. Hankammer, R.: Fehlerbaumanalyse in Theorie und Praxis: Grundlagen und Anwendung der Methode, 2015).

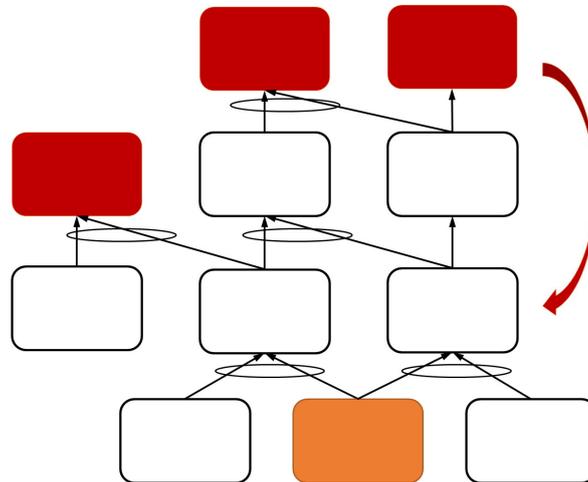
Herkunft

Mit Beginn der 1960er Jahre wurden Techniken zur systematischen Analyse sicherheitskritischer Systeme entwickelt. Dazu gehören neben der Hazard and Operability Analysis (HAZOP) und der FMEA auch die Fehlerbaumanalyse. H. Watson und A. Mearns haben 1961 in den Bell Laboratorien diese Methode entwickelt, um das Abschusskontrollsystem für die von Boeing hergestellte Interkontinentalrakete vom Typ LGM-30 Minuteman zu analysieren ([Wikipedia \(engl.\): Fault Tree Analysis](#)). In den 1970er und 1980er Jahren wurde die Fehlerbaumanalyse unter anderem in der Luft- und Raumfahrt und bei der Planung von Kernkraftwerken eingesetzt. Mittlerweile findet die Fehlerbaumanalyse in der Automobilbranche und in vielen weiteren Branchen Anwendung. In Deutschland ist die Fehlerbaumanalyse in der DIN 25424-1:1981-09 "Fehlerbaumanalyse; Methode und Bildzeichen" behandelt (Teil 1: Methode und Bildzeichen, Teil 2: Handrechenverfahren zur Auswertung eines Fehlerbaumes).

Autorin

Dr. Christine Knorr
Erstellt am: 08.04.2018

Gegenwartsbaum



Der Gegenwartsbaum visualisiert die Zusammenhänge zwischen Kernursachen und beobachteten Symptomen, den sog. "Undesirable Effects" (UDE). Er dient zur logischen Analyse der Kernursachen mit dem Ziel, diese zu beheben und damit alle Symptome auf einmal zu beseitigen. Durch seinen Einsatz werden das betrachtete System und (auch frühere) kausale Zusammenhänge besser verständlich. Der Gegenwartsbaum ist eine Weiterentwicklung der "Fünf Warum" von Taiichi Ohno.

Einsatzmöglichkeiten

- Analyse und Behebung von Kernursachen
- Darstellung der negativen Auswirkungen eines Sachverhalts (z.B. einer bestehenden Vorschrift oder ungeschriebenen Regel)
- Identifikation von effektiven Ansatzpunkten für Verbesserungen
- Erkennen und Durchbrechen von Teufelskreisen
- Logische Analyse von kausalen Zusammenhängen (Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge), z.B. zum besseren Verständnis zurückliegender Ereignisse (Lessons Learned)

Vorteile

- Die logisch fundierte Kernursachenanalyse ermöglicht im Gegensatz zur Fünf-Warum-Methode eine Prüfung der behaupteten Kausalitäten.
- Die grafische Darstellung von komplexen Sachverhalten (Ursache-Wirkungsbeziehungen) ist leicht verständlich.
- Die explizite Suche nach Teufelskreisen erhöht die Wahrscheinlichkeit für eine nachhaltige Wirkung der Lösung.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- "Blinde Flecken" können trotz Anwendung der Methode bestehen bleiben. Diese können z.B. verhindern, dass die tatsächliche Kernursache erkannt wird.
- Die Methode ist nicht geeignet für Systeme, deren Zusammenhänge und Eigenschaften unbekannt sind.
- Die Gegenwartsbaummethode stellt nur negative, keine positiven Effekte der Kernursache(n) dar. Vor Behebung einer identifizierten Kernursache sollten deshalb alle sich aus ihr ergebenden Auswirkungen analysiert werden.
- Es besteht das Risiko, zu viel Zeit auf die Analyse der Gegenwart zu verwenden, da das perfekte Abbild der Realität kaum erreichbar ist. Dadurch kann der Fokus auf die Verbesserung der Zukunft verloren gehen, die das eigentliche Ziel der Methode ist.

Ergebnis

- Diagramm der kausalen Zusammenhänge zwischen Kernursache(n) und negativen Effekten
- Besseres, möglicherweise korrigiertes, Verständnis des Systems und seiner Wirkungszusammenhänge

Voraussetzungen

- Bereitschaft der Beteiligten, sich intensiv mit dem Thema auseinander zu setzen.
- Bereitschaft der Organisation, tiefer liegende Ursachen zu ergründen und ggf. erforderliche Veränderungen durchzuführen.

Qualifizierung

Die Beteiligten sollten Erfahrung mit der Methode haben, z.B. indem sie diese an einem einfachen Beispiel einüben. Die Teammitglieder sollten über die erforderlichen fachlichen Qualifikationen verfügen, um das betrachtete System zu analysieren.

Benötigte Informationen

- Möglichst umfassende Informationen über das zu bearbeitende System und das Thema
- Fachwissen der Teilnehmenden
- Genaue Beschreibung der aktuell beobachtbaren negativen Effekte (Was ist für die Stakeholder des Systems aktuell nicht zufriedenstellend?)
- Falls vorhanden: Formulierung vermuteter (Kern-)Ursache(n)

Benötigte Hilfsmittel

- Einzelarbeit: Papierbogen (mindestens DIN A3), kleine Haftnotizen, Bleistift & Radiergummi
- Gruppenarbeit: Pinnwand und Moderationskarten, oder Wand und große Haftnotizen, sowie Marker und Bleistift
- Optional: Software, die Ursache-Wirkungsbeziehungen visualisieren kann.

Durchführung

- Schritt 1: Definieren Sie das System!
- Schritt 2: Identifizieren Sie die unerwünschten Effekte des Systems!
- Schritt 3: Fragen Sie zweimal "Warum"!
- Schritt 4: Detaillieren Sie die Logik Ihrer UDE-Zweige!
- Schritt 5: Suchen Sie nach möglichen alternativen Ursachen!
- Schritt 6: Verbinden Sie Ihre UDE-Zweige!
- Schritt 7: Suchen Sie die Kernursache(n)!
- Schritt 8: Prüfen Sie Ihren Gegenwartsbaum!
- Schritt 9: Suchen Sie nach Teufelskreisen!
- Schritt 10: Suchen Sie nach Lösungsmöglichkeiten!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

In Folge wird die Anwendung des Gegenwartsbaums zur Identifikation von Kernursachen beschrieben, angelehnt an H. William Dettmers Anleitung in: "The Logical Thinking Process: A Systems Approach to Complex Problem Solving", ASQ Quality Press, 2007.

Schritt 1: Definieren Sie das System!

Klären Sie als erstes, worum es geht – welches System Sie analysieren wollen: Geht es um ein Unternehmen, eine Abteilung, eine Branche, ein Projekt, ein Produkt, eine Beziehung, ein Ereignis in der Vergangenheit?

Entsprechend können Sie die Grenzen des Systems festziehen: Was gehört zum System dazu? Was ist Teil des Systems, was ist Teil der Umwelt des Systems?

Dies liefert die Basis für Schritt 2 – je nach gewähltem System und Systemgrenzen werden Sie andere unerwünschte Effekte identifizieren.

Das verwendete Beispiel basiert auf Material aus: Techt, Uwe: Projects that Flow. Mehr Projekte in kürzerer Zeit: Die Geheimnisse erfolgreicher Projektunternehmen, 2015, ibidem-Verlag, Stuttgart.

Beispiel

Sie haben vor einigen Monaten die neu geschaffene Position des Head of PMO (Project Management Office) eines Anlagenbauers angetreten. Ihre Aufgaben – ein PMO aufzubauen, die einzelkämpferisch arbeitenden Projektmanager zu einem Team zu machen und das Projektmanagement zu professionalisieren – erweisen sich schwerer als erwartet. Sie haben schon einiges versucht, aber für die Kunden sichtbare Verbesserungen konnten Sie noch nicht bewirken. Heute hatten Sie erneut ein unangenehmes Gespräch mit der Geschäftsleitung: Das schlechte Projektmanagement sei schuld an den aktuellen Lieferschwierigkeiten. Sie wären nun ja schon einige Zeit da, aber Fortschritte seien noch nicht zu erkennen.

Sie stehen nun unter dem Leistungsdruck, möglichst schnell nachweisbare Verbesserungen vorweisen zu können. Zu diesem Zweck setzen Sie den Gegenwartsbaum ein.

Das zu betrachtende System ist in unserem Beispiel das Projektmanagement und die Projekte des Anlagenherstellers. Nicht dazu gehören: Produktion, Qualitätsmanagement, Human Resources, usw.

Elemente des Systems sind somit alle Mitarbeitenden des PMO und alle von diesen geleiteten Projekte. Aber auch alle Projekte, die innerhalb anderer Abteilungen stattfinden oder/und von Personen außerhalb des PMOs geleitet werden, sind Bestandteile des Systems. Ebenfalls gehören alle Projektbeteiligten und damit natürlich auch die Kunden dazu.

Nicht Teil des Systems, aber Elemente des Systemumfelds sind: alle Management-Funktionen mit Einfluss auf die PM-Prozesse (konkret Geschäftsleitung, Controlling und Qualitätsmanagement), sowie alle nicht projektbeteiligten Bereiche und Mitarbeitende des Standorts.

Schritt 2: Identifizieren Sie die unerwünschten Effekte des Systems!

Denken Sie nun darüber nach, was die zentrale Aufgabe Ihres Systems ist – was soll es den Stakeholdern (Geschäftsführung, Mitarbeitern, Kundenunternehmen) liefern? Was sind die wichtigsten Erfolgsfaktoren des Systems, also woran erkennen Sie, dass es nachhaltig erfolgreich sein wird?

Davon ausgehend suchen Sie nun nach den sogenannten "Undesirable Effects", abgekürzt "UDE". Diese "unerwünschten Effekte" sind die Abweichungen des Systems von seinem Idealzustand.

Schreiben Sie jeden unerwünschten Effekt möglichst einfach und präzise formuliert auf eine rote Karte bzw. Haftnotiz und platzieren Sie diese ganz oben in einer waagrechten Reihe auf Ihrer Arbeitsfläche.

Achten Sie darauf, dass jeder UDE tatsächlich bereits für sich eine negative Auswirkung darstellt und nicht nur einen Zwischeneffekt, der zum tatsächlichen unerwünschten Effekt führen kann. So beschreibt z.B. die Aussage: "Die Mitarbeiter halten sich nicht an die Arbeitsanweisung." nur einen Zwischeneffekt. Wenn die Arbeitsanweisung falsch ist, wäre das sogar ein positiver Effekt! Ein möglicher negativer Effekt wäre stattdessen: "Wir haben eine hohe Fehlerrate."

Beispiel

Die zentrale Aufgabe Ihres PMOs ist klar: Alle Projekte so zu organisieren, dass sie in entsprechender Qualität, in der versprochenen Zeit, im Rahmen des Budgets und generell zur Zufriedenheit der Kunden abgeschlossen werden. Lange müssen Sie nicht überlegen, wo Sie von diesem Zielbild abweichen. Als UDEs notieren Sie:

- Die Projekte werden verspätet fertig.
- Bei den Projekten müssen wir regelmäßig Abstriche an Spezifikationen, Umfang und Qualität machen.
- Die Projekte überschreiten ihr Budget.
- Unsere Kunden sind unzufrieden.

Schritt 3: Fragen Sie zweimal "Warum"!

Es ist leicht möglich, dass es kausale Verbindungen zwischen Ihren unerwünschten Effekten gibt – platzieren Sie die Ursache unter den Effekt und verbinden Sie die beiden Entitäten mit einem gestrichelten Bleistift-Pfeil, um anzuzeigen, dass hier eine logische Verbindung vermutet wird, die noch nicht ausgearbeitet ist.

Für jeden unerwünschten Effekt auf unterster Ebene gehen Sie nun zwei Ebenen nach unten in Richtung des noch zu identifizierenden Kernproblems, indem Sie zweimal die bewährte Frage stellen: "Warum" und jeweils eine Ursache ergänzen (s. Bild 1).

Schreiben Sie für jede identifizierte Ursache wieder je einen ganzen Satz in Gegenwartsform und Indikativ (ohne "wäre", "könnte" etc.) auf eine Karte oder Haftnotiz und platzieren Sie diese unter ihren jeweiligen negativen Effekt, bzw. beim zweiten "Warum" unter die übergeordnete Ursache. Zeichnen Sie wieder die vermutete Kausalität als gestrichelten Pfeil ein.

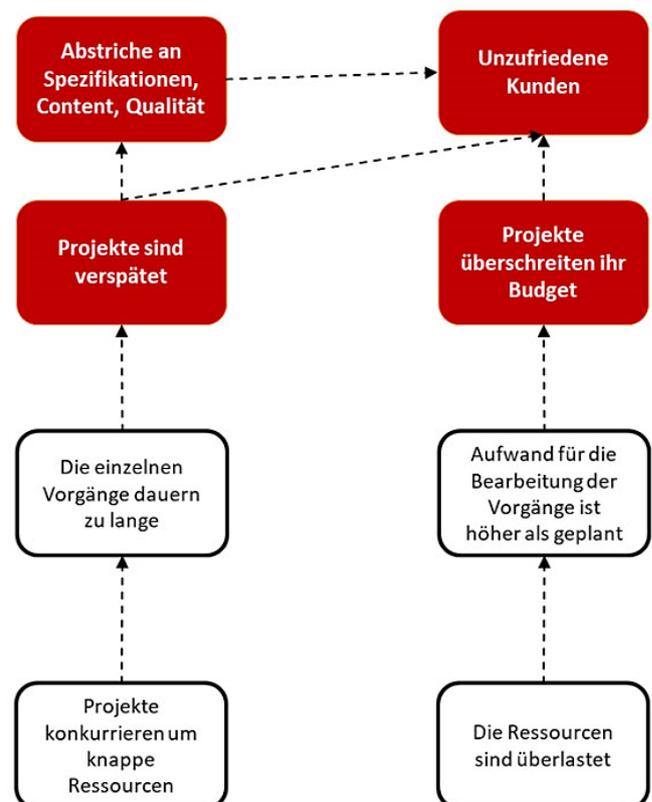


Bild 1: Unerwünschte Effekte mit zwei Ebenen vermuteter Ursachen

Beispiel

Schritt 4: Detaillieren Sie die Logik Ihrer UDE-Zweige!

Verdichten Sie die Logik jeder Ursache-Wirkungsverbindung, indem Sie den visualisierten Kausalzusammenhang (am besten laut lesend) vervollständigen: "Wenn [Anfang des Pfeils], dann [Ende des Pfeils], weil ..."

Vervollständigen Sie diesen Satz mehrmals für jede Verbindung, um Gründe dafür zu sammeln, warum die negative Nebenwirkung eintritt und notieren Sie jeden Grund auf einer Karte bzw. Haftnotiz (der häufigsten oder neutralsten Farbe).

Wirken zwei oder mehrere Ursachen auf einen Effekt ein, dann unterscheiden Sie, ob jede dieser Ursachen für sich genommen den Effekt bewirken kann oder ob die Ursachen zusammenwirken müssen, um den Effekt zu erzeugen. Letzteres wird durch eine Ellipse visualisiert (Bild 3). Sie verbindet die betroffenen Pfeile und dient hier als logische Und-Verbindung: Alle mit derselben Ellipse verbundenen Ursachen müssen zugleich gelten, damit der Effekt eintritt. Mitwirkende Ursachen werden mit solchen Ellipsen von der Seite in die logische Kette eingebunden und erklären den zentralen Wirkungszusammenhang besser.

Prüfen Sie also, ob die gefundenen Elemente ein Glied in der Ursache-Wirkungskette sind, d.h. durch die untenstehende Ursache bewirkt werden. In diesem Fall fügen Sie das Element zwischen Ursache und Effekt ein. Wenn das neue Element hingegen unabhängig von der Ursache mitwirkt, um den Effekt zu erzeugen, stellen Sie das Element neben die Ursache und verknüpfen die beiden in den Effekt führenden Pfeile mit einer Ellipse.

Beispiel

Starten Sie mit einer Verbindung, die Ihnen gerade ins Auge sticht. Z.B. mit dem vermuteten Zusammenhang von längeren Vorgangsdauern und Verspätung des Projekts. Fragen Sie, in Pfeilrichtung von unten nach oben lesend: "Wenn die einzelnen Vorgänge zu lange dauern, dann sind die Projekte verspätet, weil?"

Die Karten mit den gefundenen Gründen befestigen Sie zunächst neben der untersuchten Verbindung. In Bild 2 sind die beiden gefundenen Gründe notiert:

- Für jedes Projekt ist ein Liefertermin vereinbart
- Durchlaufzeit der Projekte ist zu lang

Um zu prüfen, ob die identifizierten Elemente durch die Ursache (die untere Entität) verursacht werden oder unabhängig von dieser sind, fragen Sie:

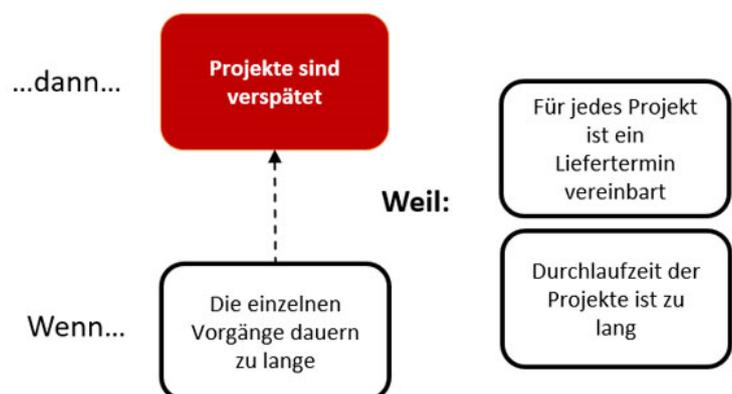


Bild 2: Identifikation von logischen Zwischenschritten mit "Wenn..., dann..., weil?"

- **"Wenn** die einzelnen Vorgänge zu lange dauern, **dann** ist für jedes Projekt ein Liefertermin vereinbart?" Nein, das ist natürlich Unsinn! Also muss es sich um eine mitwirkende Ursache handeln, die nicht Teil der Ursache-Wirkungskette ist.
- **"Wenn** die einzelnen Vorgänge zu lange dauern, **dann** ist die Durchlaufzeit der Projekte zu lang?" Ja, das ist sinnvoll. Sie haben also einen Zwischeneffekt identifiziert, der in die Ursache-Wirkungskette eingefügt wird. Stimmt aber auch die Verbindung zum darüber liegenden Effekt?
- **"Wenn** die Durchlaufzeit der Projekte zu lang ist, **dann** sind Projekte verspätet?" Dies kann sein, aber nur wenn der Liefertermin nicht weit genug in der Zukunft liegt! Sie brauchen also an dieser Stelle das Thema des Liefertermins als mitwirkende Ursache, damit die Logik schlüssig ist und zeigen diese UND-Verbindung mit einer Ellipse über die beiden Pfeile an (Bild3).

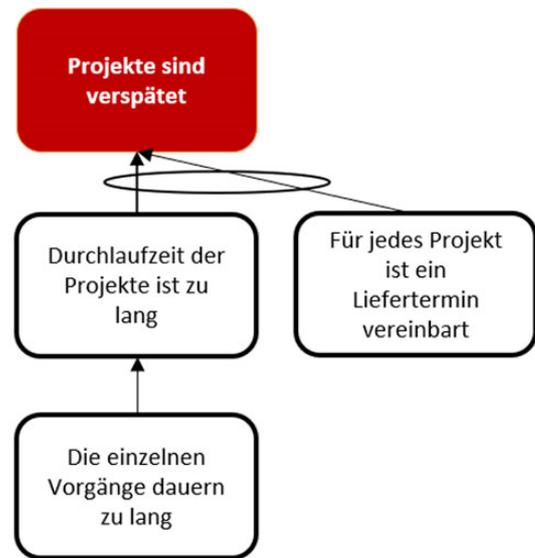


Bild 3: Ausarbeitung der kausalen Logik zwischen zwei Entitäten mit Zwischeneffekt und mitwirkender Ursache

Schritt 5: Suchen Sie nach möglichen alternativen Ursachen!

Prüfen Sie jeden unerwünschten Effekt und Zwischeneffekt (alle Elemente in der direkten Ursache-Wirkungskette): Könnte etwas anderes als die angegebene, darunterliegende Ursache diesen Effekt verursachen?

Wenn Sie eine mögliche Ursache finden, die sowohl realistisch als auch wahrscheinlich ist, fügen Sie diese als zusätzliche Ursache (mit einem einfachen Pfeil, ohne Ellipse) unten an den betroffenen Effekt an.

Beispiel

"Was könnte, abgesehen von länger dauernden Vorgängen, noch zu einer Verlängerung der Projektdurchlaufzeit führen?" Klar, auch wenn die Durchführung der Vorgänge so lang dauert wie geplant, kann aufgrund von Wartezeiten zwischen den Vorgängen eine zu lange Durchlaufzeit entstehen! Fügen Sie diese neu entdeckte Entität als weitere, alternative Ursache seitlich hinzu (Bild 4). In diesem Fall ist es ein einfacher Pfeil, ohne Ellipse, um anzuzeigen, dass beide Ursachen den Effekt unabhängig voneinander bewirken können.

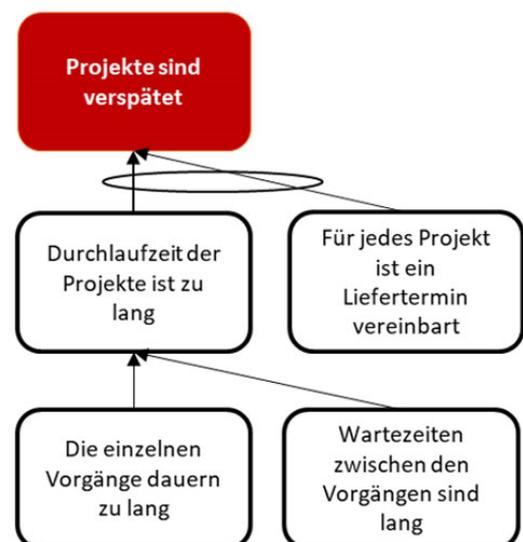


Bild 4: Ergänztes weitere/alternative Ursache: "Wartezeiten zwischen Vorgängen sind lang"

Auf diese Weise fahren Sie fort und erhalten auch für den UDE "Projekte überschreiten ihr Budget" weitere Gründe (Bild 5).

Schritt 6: Verbinden Sie Ihre UDE-Zweige!

Wählen Sie einen Ihrer UDE-Zweige aus und betrachten Sie die Ursache-Wirkungs-Kette, also die direkte Linie aus Pfeilverbindungen zwischen unterster Ursache und unerwünschtem Effekt, von unten nach oben. Prüfen Sie jedes Element gegenüber den anderen Zweigen: Ist eine dieser Ursachen verantwortlich für ein Geschehnis in einem anderen Zweig? Für jede gefundene Ursache-Wirkungsbeziehung verbinden Sie die Ursache mit ihrem Effekt mit einer gestrichelten Bleistift-Linie und detaillieren diese logische Verbindung wie in Schritt 4 beschrieben.

Wenn Sie alle UDE-Zweige geprüft haben, gehen Sie zum nächsten Schritt. Sie müssen in diesem Schritt noch nicht alle Zweige verbunden haben, es ist möglich, dass einige Themen erst näher an der Kernursache zusammenlaufen.

Beispiel

Wir prüfen von unten nach oben (Bild 5) und vermuten hier gleich die erste Verbindung: "Wenn die Ressourcen überlastet sind, dann konkurrieren Projekte um knappe Ressourcen."

Auch in die andere Richtung finden wir eine mögliche Verbindung: "Wenn Mitarbeiter schädliches Multitasking betreiben, dann ist der Aufwand für die Bearbeitung der Vorgänge länger als geplant."

Auch die beiden unerwünschten Effekte unterliegen unserer Erfahrung nach einer kausalen Verbindung: "Wenn Projekte verspätet sind, dann überschreiten Projekte (oft auch) ihr Budget."

Durch das laute Vorlesen haben wir die Verbindung zunächst auf ihre intuitive Nachvollziehbarkeit geprüft. Trotzdem deuten wir diese Verbindungen vorerst nur mit gestrichelten Pfeilen an, um sie zu sammeln und um uns daran zu erinnern, dass wahrscheinlich noch logische Zwischenschritte zu ergänzen sind.

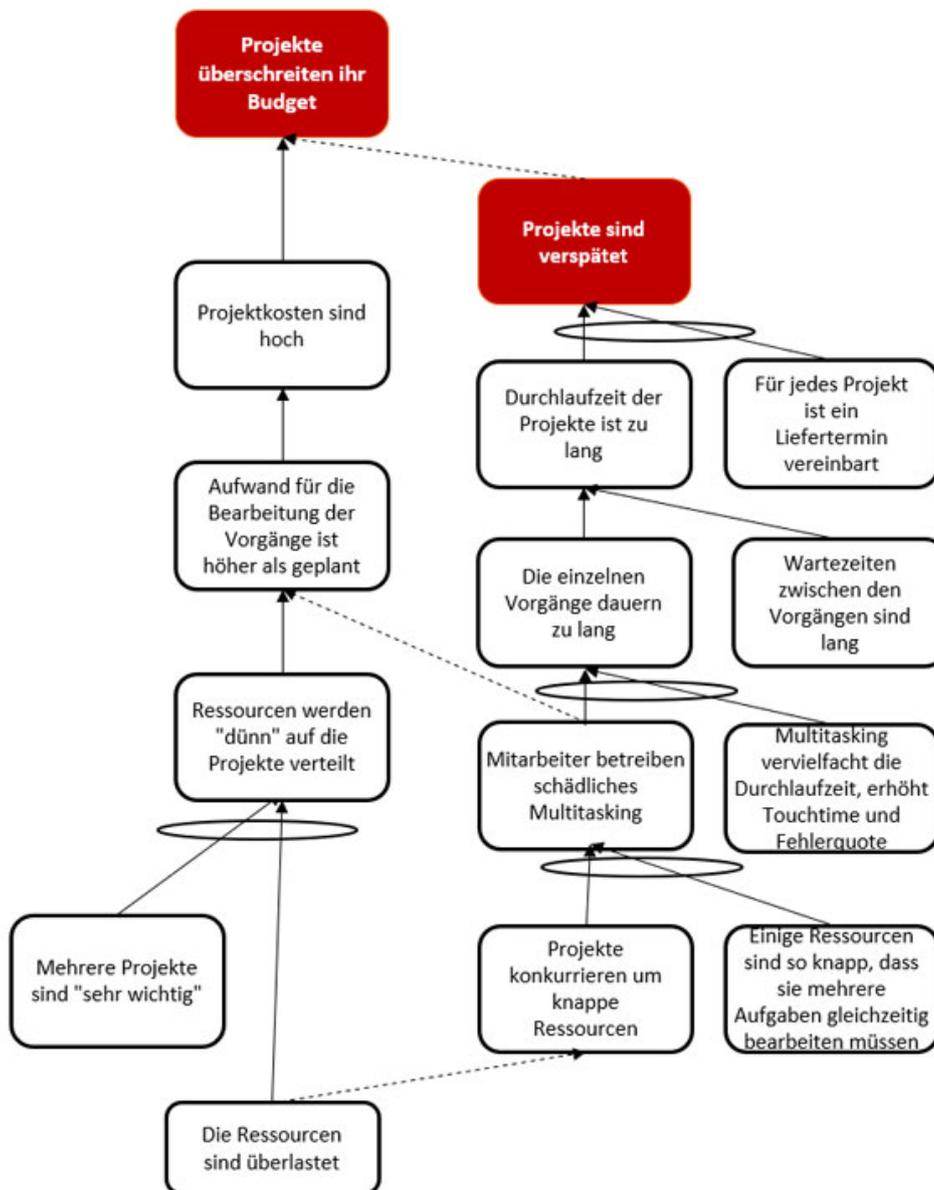


Bild 5: UDE-Zweige verbinden: vermutete Verbindungen gestrichelt andeuten

Bei der untersten kausalen Verbindung sehen wir keine Notwendigkeit, sie weiter zu detaillieren – sie ist aus den Erfahrungen der Beteiligten klar nachvollziehbar. Die komplexeren Zusammenhänge detaillieren wir mit dem bewährten Satz: "Wenn...dann...weil".

"Wenn Mitarbeiter schädliches Multitasking betreiben, dann ist der Aufwand für die Bearbeitung der Vorgänge länger als geplant, weil Multitasking Durchlaufzeit, Touchtime und Fehlerquote erhöht." Sie sehen, dass wir hier nur Entitäten verwendet haben, die bereits im Baum vorhanden sind. Je mehr Ihr Baum wächst, desto öfter werden Sie bestehendes neu verbinden und seltener neue Entitäten ergänzen müssen.

Zum Schluss (Bild 6) erklären wir noch den Zusammenhang zwischen den beiden unerwünschten Effekten: "Wenn Projekte verspätet sind, dann überschreiten Projekte ihr Budget, weil man Verspätungen mit mehr Ressourcen oder Leistungszukauf aufholen kann."

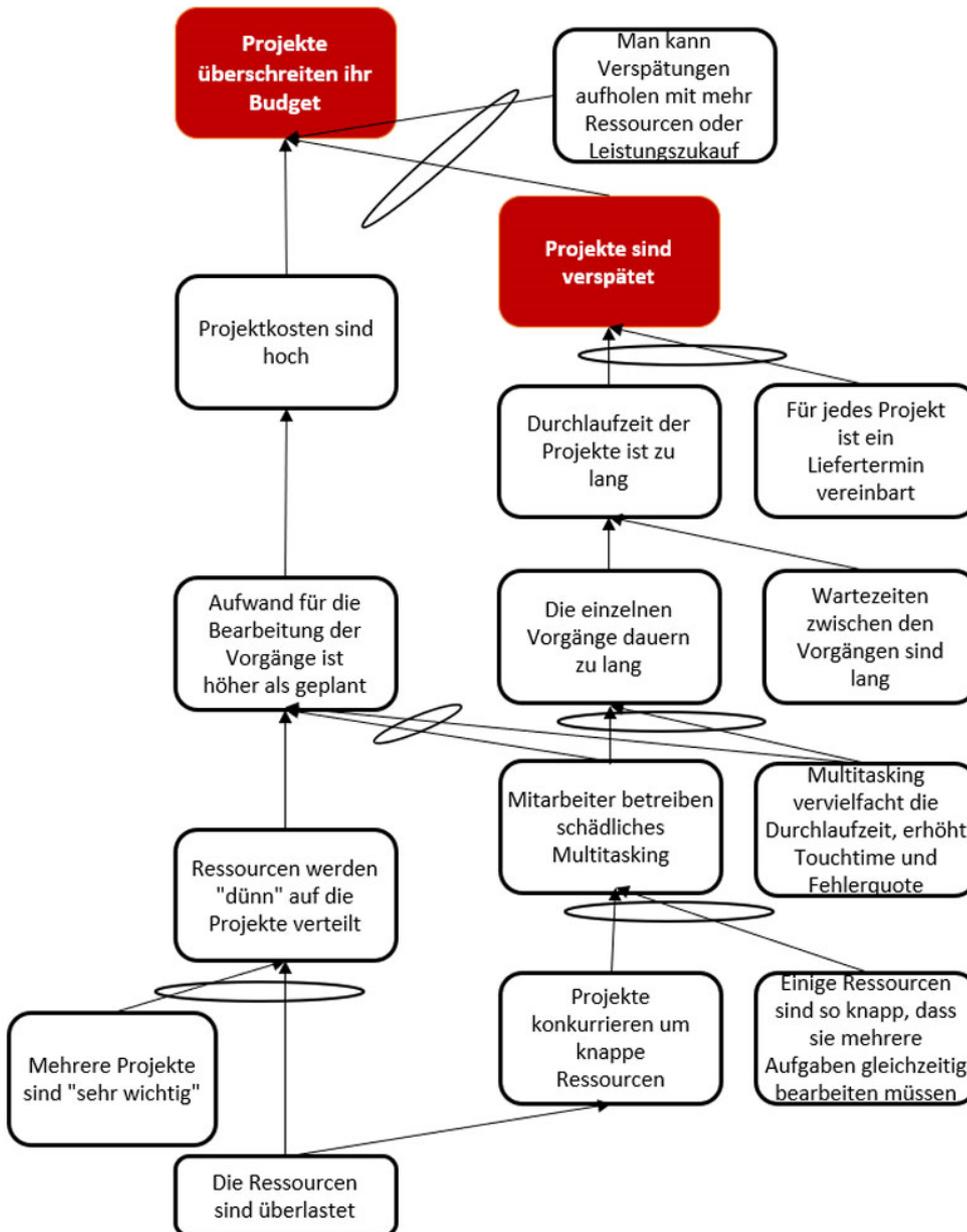


Bild 6: UDE Zweige verbinden: Detaillierung der Logik

Schritt 7: Suchen Sie die Kernursache(n)!

Nun geht es an die Ursachenforschung. Erweitern Sie Ihren Gegenwartsbaum nach unten und wiederholen Sie dazu so lange Schritt 3-6 für jede Ursache ohne Vorgänger, bis Sie:

- die Grenze Ihres Einflussbereichs erreicht haben
- alle UDE-Zweige zu einem Baum zusammengeführt haben

Beispiel

In unserem Beispiel geraten wir z.B. hier an die Grenzen unseres Einflussbereichs: "Ressourcen (Mitarbeiter) kosten Geld", und sie "müssen bezahlt werden, auch wenn sie gerade nichts zu tun haben." Wenn diese beiden Faktoren nicht wären, gäbe es einen großen Teil unserer Probleme nicht. Doch diese beiden Faktoren liegen außerhalb unseres Einflussbereichs (angedeutet in Bild 7 durch die rot gestrichelte Linie). Es hat keinen Sinn, hier weiter nach unten zu bohren. Wir müssen im Baum weiter oben eine Kernursache in unserem Einflussbereich wählen: Die Regel "Jeder muss ständig beschäftigt sein" könnte eine Kandidatin sein.

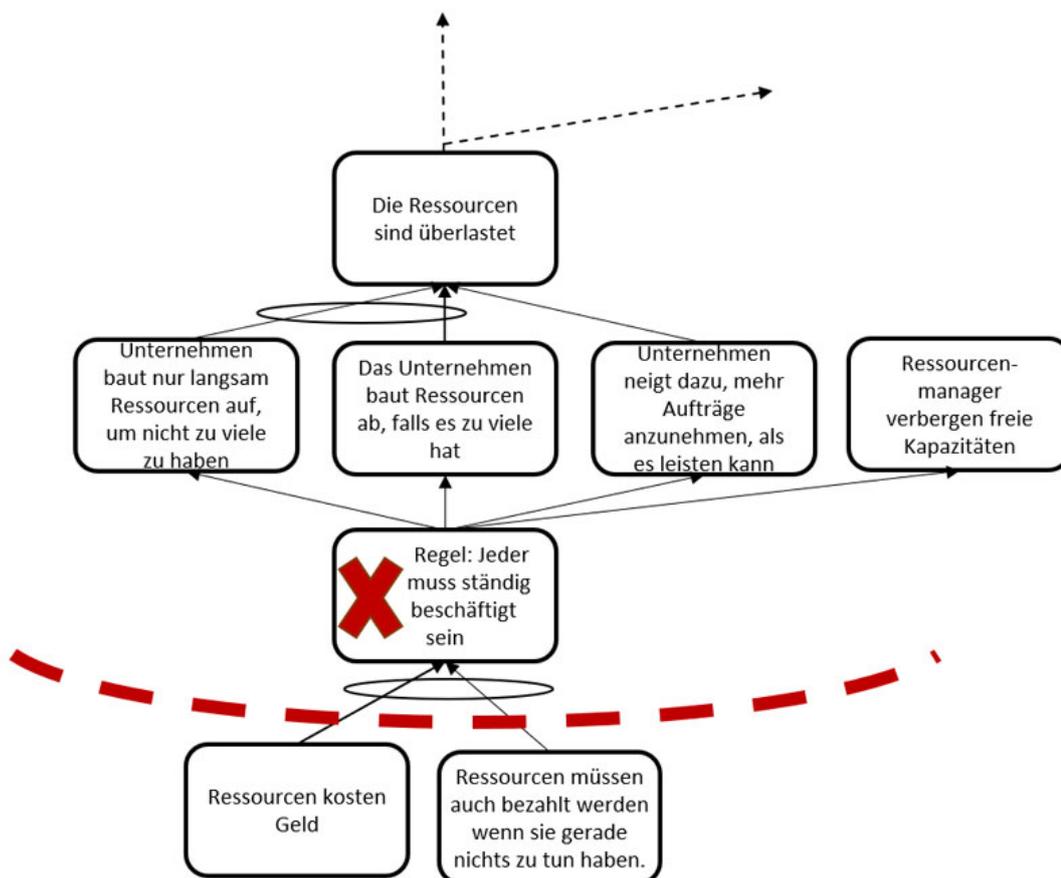


Bild 7: Grenzen unseres Einflussbereichs helfen bei der Auswahl von selbstwirksam bearbeitbaren Kernursachen

Schritt 8: Prüfen Sie Ihren Gegenwartsbaum!

Der beste Test für Ihren Baum ist es, ihn jemandem anderen zu zeigen. Wenn eine Person, die nicht an der Konstruktion beteiligt war, Ihren Gegenwartsbaum nachvollziehen kann und plausibel findet, haben Sie es geschafft.

Zur systematischen Prüfung aller Elemente können Sie die sog. "Kategorien Legitimer Vorbehalte" (englisch Categories of Legitimate Reservations, kurz CLR) heranziehen:

Level I – Klarheit:

- Sind die Formulierungen klar verständlich und eindeutig?

Level II – Existenz:

- Existiert die Entität (die Aussage auf dem Kärtchen) wirklich in der Realität?
- Existiert die kausale Verbindung (der Pfeil) wirklich in der Realität?

Level III – Vollständigkeit und Logikfehler:

- Unzureichende Ursache: Sind die angegebenen Ursachen ausreichend, um den Effekt zu verursachen? Wenn eine mitwirkende Ursache fehlt, binden Sie diese wie gewohnt mit einer Ellipse an den Effekt an.
- Weitere Ursache: Gibt es etwas anderes, das unabhängig diesen Effekt erzeugt?
- Vorhersagbarer Effekt: Wenn die Ursache wirklich existiert, was müsste (abgesehen vom beschriebenen Effekt) NOCH sicht- oder messbar sein? Diese Frage benutzen Sie, wenn Sie in Level II keine eindeutige Antwort finden oder Uneinigkeit unter den Beteiligten herrscht.
- Ursache-Wirkungs-Umkehr: Sind Ursache und Effekt vertauscht? Wenn Sie unsicher sind, lesen Sie von oben nach unten in verkehrter Reihenfolge: "Wenn [Effekt], dann [Ursache]". Falls das richtiger klingt als vorher, haben Sie Ursache und Wirkung vertauscht. Oft hilft zusätzlich zur Richtigstellung der Reihenfolge eine Umformulierung, um mehr Klarheit zu schaffen.
- Tautologie-Vorbehalt: Sind Ursache und Effekt eigentlich dasselbe? Besteht ein Zirkelbezug? Manchmal passiert es, dass man einfach dasselbe nochmal wiederholt in einem zweiten Kästchen – prüfen Sie, ob zwei Kästchen, die direkt übereinanderliegen, eigentlich dasselbe aussagen und entfernen Sie eines davon. Wenn Sie bei der Prüfung der Ursache-Wirkungs-Umkehr erkennen, dass beide Varianten gleich richtig klingen, haben Sie möglicherweise einen Zirkelbezug. Typische Kandidaten für Zirkelbezüge sind negative Zuschreibungen, z.B.: "Er ist faul => Er hilft nicht mit => Er ist faul => ..."

Schritt 9: Suchen Sie nach Teufelskreisen!

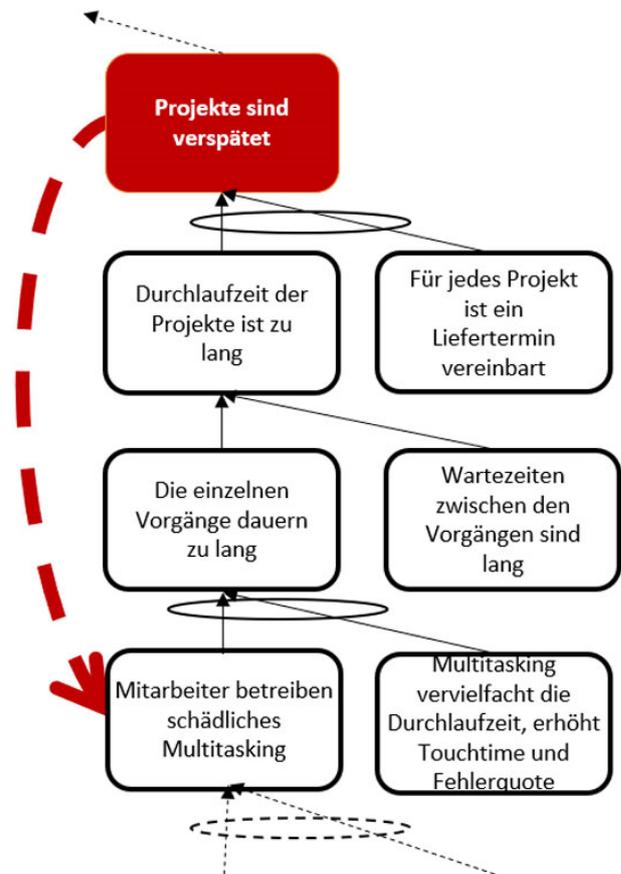
Das zentrale Element eines Gegenwartsbaums ist oft ein Teufelskreis (manchmal gibt es auch mehrere!), durch den sich die Situation wie von selbst immer weiter verstärkt und verschlimmert. Wenn man diesen übersieht, kann es sein, dass man viel Energie in die Behebung einer Kernursache steckt, die nur geringen oder kurzfristigen Effekt hat.

Wenn man aber die Kernursache des Teufelskreises findet, hat man auch den Punkt, der diese Negativspirale ins Positive verkehren kann. Mit wenig Aufwand lässt sich dadurch eine kontinuierliche Verbesserung der Situation erreichen.

Um Teufelskreise zu identifizieren prüfen Sie jeden unerwünschten Effekt in der Baumkrone Ihres Gegenwartsbaums auf eine mögliche verstärkende Wirkung auf die Entitäten weiter unten im Baum: "**Wenn** [Unerwünschter Effekt], **dann [noch stärkerer negativer Effekt]**".

Wenn Sie einen solchen Zusammenhang gefunden haben,

1. ziehen Sie einen Bleistift-Pfeil vom UDE zu der Entität, auf die er wirkt und prüfen Sie wie in Schritt 4, ob wichtige logische Zwischenschritte fehlen und ergänzen diese bei Bedarf.
2. Gehen Sie den Teufelskreis Schritt für Schritt durch den Baum ab, um zu sehen, welche Entitäten Teil davon sind und wie sie vom sich verstärkenden Teufelskreis beeinflusst werden. Schreiben Sie (z.B. in Rot) zu den betroffenen Entitäten in Klammern eine Notiz, welche die Veränderung der jeweiligen Entität durch den Teufelskreis beschreibt (z.B. "(mehr und mehr)" oder "(immer unzufriedener)").
3. Heben Sie zum Schluss alle Pfeile, die Teil des Teufelskreises sind, mit rotem Marker hervor, um den Teufelskreis deutlich zu kennzeichnen.



Beispiel

Bild 8 zeigt einen Ausschnitt aus dem Gegenwartsbaum mit einem der identifizierten Teufelskreise; Seitenverbindungen zu anderen Zweigen sind aus Übersichts- und Platzgründen nicht dargestellt.

Nun geht es darum darzustellen, wie die Verspätung von Projekten das Problem des schädlichen Multitaskings verschlimmert. Dazu detaillieren wir wieder die Logik, also ergänzen Zwischeneffekte und mitwirkende Ursachen wo nötig. Das Ergebnis ist in Bild 9 dargestellt.

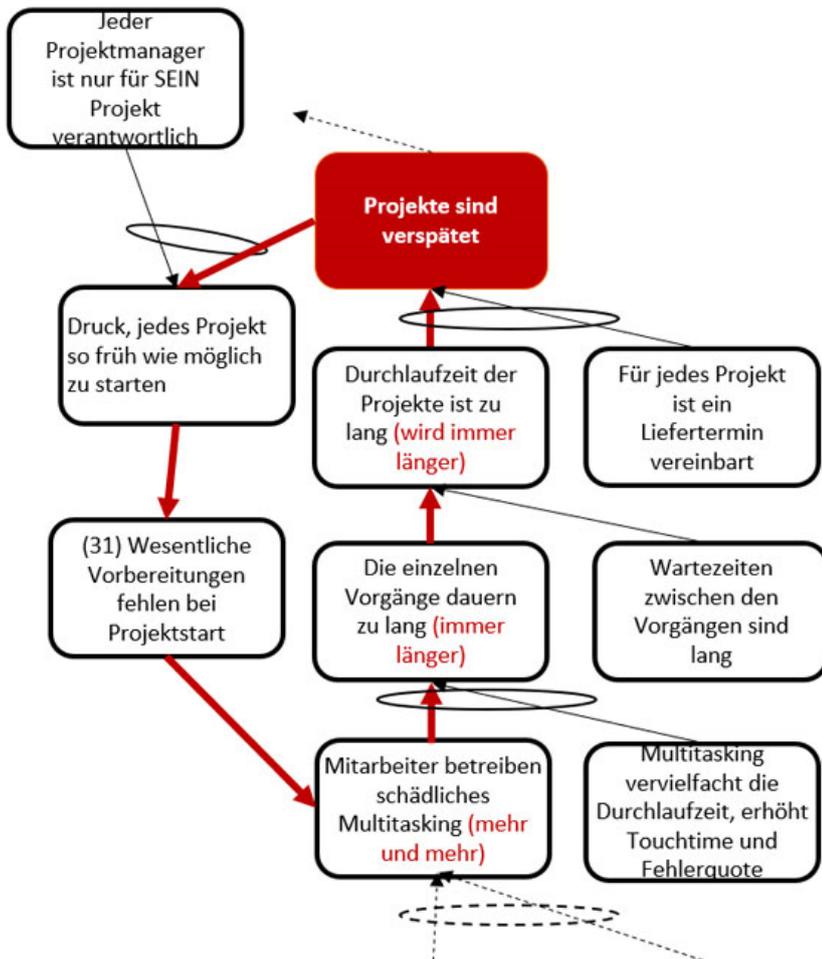


Bild 9: Teufelskreis mit ausgearbeiteter Logik und Hervorhebung

Schritt 10: Suchen Sie nach Lösungsmöglichkeiten!

Nun haben Sie einige Angriffspunkte: Jede Entität ohne Vorgänger ist eine "Wurzelursache" in Ihrem Gegenwartsbaum und kann prinzipiell als (eine) Kernursache betrachtet werden.

Kernursachen im eigentlichen Sinn (auch kritische Kernursachen genannt) entsprechen jedoch den beiden Kriterien:

1. Die Ursache steht in direkter kausaler Verbindung (Ursache-Wirkungskette) zu den meisten und schwerwiegendsten unerwünschten Effekten.
2. Die Ursache ist in ihrem Einflussbereich.

Es hat keinen Sinn, etwas zur Kernursache zu erklären, was Sie es nicht beeinflussen können. Sie machen ja keine theoretische Übung, sondern wollen etwas in der Praxis verändern. Doch wie Sie Ihren Einflussbereich hier einschätzen, ist abhängig von Ihrer Motivation, Energie in die Lösung dieses konkreten Problems zu stecken – er kann also mal enger und mal weiter sein.

Beispiel: Normalerweise sehen Sie Ihren Einflussbereich beschränkt auf Ihre aktuellen Befugnisse, die Gesetzgebung liegt z.B. aktuell außerhalb Ihres Einflussbereichs. Doch für Ihr großes Lebensprojekt wären Sie möglicherweise bereit, viele Jahre Ihres Lebens zu investieren, um in eine Position zu kommen, von der aus Sie die Gesetzgebung beeinflussen können. Wenn Sie dazu bereit sind, können Sie auch die aktuelle Gesetzgebung als Kernursache wählen.

Die besten Ansatzpunkte identifizieren

Besonders vielversprechend ist, wie in Schritt 9 beschrieben, eine Kernursache, deren Behebung einen Teufelskreis ins Positive umkehren würde. Aber auch die Bearbeitung anderer Kernursachen kann sinnvoll sein.

Meistens werden Sie zusätzlich zur hier ausgewählten Kernursache ein paar Wurzelursachen in Kombination anpacken müssen, um die Situation umfassend und nachhaltig zu verbessern.

Beispiel

Hinweis: Sie finden Bild 10 in voller Auflösung im Anhang des Methodensteckbriefs auf zwei Seiten dargestellt!

Durch die Markierungen (rote Kreuze) sehen Sie in Bild 10 auf den ersten Blick, dass es mehrere Ansatzpunkte gibt, die die unterste Ebene an Ursachen bilden. Einige stehen auch in Beziehung zu Teufelskreisen (rote Pfeile, die nach unten führen).

Wenn Sie Ihre kritischen Kernursache(n) ausgewählt haben, haben Sie den eigentlichen Gegenwartsbaumprozess abgeschlossen. Sie können mit der Lösungsfindung beginnen.

Ansätze zur Problemlösung

Manchmal ist eine identifizierte Kernursache eine Überraschung – dann geht es nur darum, die zuständigen Entscheider ins Boot zu holen und das Thema zu beheben.

Doch häufiger hat die kritische Kernursache die unangenehme Eigenschaft, dass sie Ihnen nicht völlig fremd ist. Seit langem gibt es die Forderung, dass dieses Problem behoben werden sollte. Manchmal wurden sogar schon Versuche unternommen, diese sind jedoch gescheitert. Oder Sie wissen genau, wenn Sie versuchen, diese Kernursache zu verändern, wird es extremen Widerstand geben. Dann haben Sie es wahrscheinlich mit einem Kernkonflikt zu tun, der Ihre Kernursache stabilisiert und seine einfache Behebung verhindert.

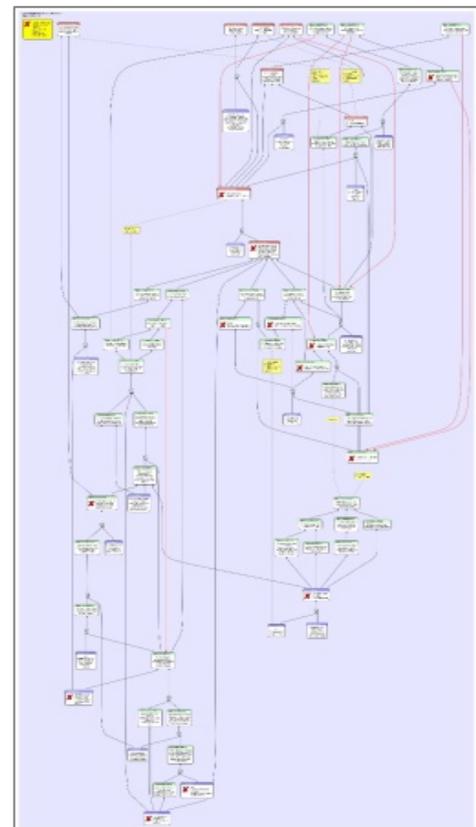


Bild 10: Gesamtbild des fertigen Gegenwartsbaums – verkleinerte Darstellung (Quelle: Uwe Techt: "Projects that Flow. Mehr Projekte in kürzerer Zeit: Die Geheimnisse erfolgreicher Projektunternehmen", Zusatzmaterial, 2015, ibidem-Verlag, Stuttgart)

Sie bzw. Ihre Organisation befinden sich nämlich in einem Dilemma: die Kernursache beheben, um die negativen Effekte zu beseitigen, oder die Kernursache beibehalten, um einen wichtigen positiven Effekt zu gewährleisten, den sie aktuell bewirkt? Im Gegenwartsbaum sehen Sie nur die negative Seite, positive Nebeneffekte der Kernursache(n) werden nicht sichtbar. Genau dafür wurde die **Methode Konfliktwolke** entwickelt. Mit ihr stellen Sie dieses Dilemma grafisch dar und suchen nach einer Win-Win-Lösung, die die negativen Effekte beseitigt und den positiven Effekt beibehält.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Konflikt-Wolke** – zur Auflösung eines identifizierten Kernkonflikts
- **Voraussetzungsbaum** – zur Bearbeitung von identifizierten, sehr aufwendigen oder sogar unmöglichen Lösungsideen
- **Negativer Zweig** – zur Überprüfung negativer und insbesondere positiver Auswirkungen der identifizierten Kernursachen vor deren Behebung
- **Ishikawa-Diagramm** – alternative Methode zur Ermittlung möglicher Ursachen eines eingetretenen Effekts, allerdings ohne Darstellung der kausalen Zusammenhänge

Praxistipps

Formulieren Sie einfach und vermeiden Sie "Bullshit-Bingo"!

Formulieren Sie so präzise, einfach und verständlich wie möglich. Vermeiden Sie Abkürzungen, Gemeinplätze, Fach- und Modewörter, besonders wenn sie nicht allgemein bekannt sind oder uneindeutig ist was sie bedeuten (z.B. "Global Player", "Optimierung", "Synergieeffekt", "Networking"). Diese sind, wegen ihrer Mehrdeutigkeit, in meiner Erfahrung immer wieder die Ursache für lange unentdeckte Missverständnisse.

Ein Anhaltspunkt: Es sollte klar sein, anhand welcher Kriterien man den Sachverhalt prüfen kann, oder wie man Eintreten, Anstieg oder Verringerung messen kann. Wenn das (wie z.B. bei "Wir sind ein Global Player") nicht eindeutig möglich ist, formulieren Sie die Phrase neu. Überlegen Sie, was Sie tatsächlich meinen und worum es in diesem Zusammenhang eigentlich geht. Vielleicht ist die eigentliche Aussage: "Viele unserer Kunden sprechen kein Deutsch." oder "Wir haben Zweigstellen in Asien und Nordamerika." oder "Unsere Produkte müssen den internationalen Richtlinien entsprechen." Auch konsequente Wortwiederholung ist im Gegenwartsbaum eine Tugend, kein Fehler!

Prüfung durch andere

Der Gegenwartsbaum ist Ihr Werk in das Sie einiges an Zeit und Mühe gesteckt haben. Damit entwickeln Sie möglicherweise einen natürlichen Beschützerinstinkt, der Kritik von anderen unangenehm und das Annehmen von Verbesserungsvorschlägen schwermachen kann. Mir hilft es, die Kategorien Legitimer Vorbehalte vor mir auf

dem Tisch zu haben, ergänzt um die Hinweise: "Ja, aber... Hindernis!" und "Ja, aber... negativer Seiteneffekt!". Damit kann ich die meisten Kritikpunkte meines Gegenübers einordnen und ich erkenne, dass sie hilfreich sind, um meine Logik zu verbessern oder Input für die nächsten Schritte zur Umsetzung der Lösung liefern.

Varianten

Gegenwartsbaum zur Verifizierung von Kernursachen

Wenn Sie mit einer anderen Methode eine mögliche Kernursache identifiziert haben, können Sie den Gegenwartsbaum benutzen, um diese Kernursache zu verifizieren. Gehen Sie dazu anhand dieser Methodenbeschreibung vor, mit dem Unterschied, dass Sie Ihre Kernursache unten an Ihre Arbeitsfläche setzen. Während der Konstruktion des Gegenwartsbaums prüfen Sie immer wieder, ob eine logische Verbindung zu Ihrer Kernursache entsteht. Beschreiben Sie diese dann logisch detailliert, um sie anschließend prüfen zu können.

Achtung: Ihre Kernursache muss, damit sie eine Kernursache ist, alle oder zumindest den Großteil der unerwünschten Effekte verursachen. Wenn Sie nur zu einem oder wenigen der UDEs eine direkte logische Verbindung herstellen können, ist das ein Zeichen, dass Sie weitersuchen sollten. Vielleicht gibt es einen besseren Hebelpunkt (Teufelskreis?), oder Sie können weitere Kernursachen identifizieren und ergänzend bearbeiten, damit Sie alle unerwünschten Effekte verbessern können.

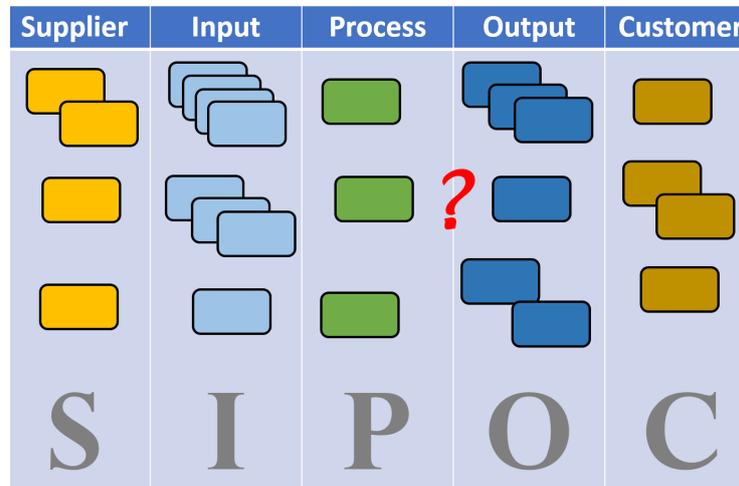
Herkunft

Erfinder der Methode ist Dr. Eliyahu M. Goldratt (1947 - 2011), ein israelischer Physiker, Unternehmensberater und Autor. Der Gegenwartsbaum ist eine Weiterentwicklung der Fünf Warums und diente ursprünglich zur Identifikation und Argumentation der Kernursache bestehender Schwierigkeiten eines Unternehmens. In der später entwickelten Drei-Wolken-Methode wird er zur Validierung der identifizierten Kernursache angewendet. Der Gegenwartsbaum kann für die Analyse jedwedes gegenwärtigen oder auch historischen Systems benutzt werden. Neben der Organisationsentwicklung wird er unter anderem zur Prozessanalyse, Persönlichkeitsentwicklung und im Unterricht zum besseren Erfassen historischer Zusammenhänge angewendet.

Autorin

Hannah Nowak
Erstellt am: 25.03.2018

SIPOC



Die SIPOC-Methode (*Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer*) stellt Prozesse und Abläufe mit grobem Detaillierungsgrad schnell und übersichtlich dar. Der betrachtete Prozess wird dabei grob in fünf bis sieben Schritte unterteilt. Zu jedem Schritt werden Eingangs- und Ausgangsgrößen sowie Zulieferer und Kunden identifiziert. Bei der Analyse des so dargestellten Ablaufs werden Probleme, Inkonsistenzen und Lücken identifiziert. Diese können anschließend mit anderen Methoden weiter untersucht bzw. gelöst werden.

Einsatzmöglichkeiten

- Eingrenzen oder Erfassen eines Teil- oder Gesamtprozesses zum Einstieg in eine Verbesserungsmaßnahme oder ein Verbesserungsprojekt
- Aufdecken von Problemen in einem Ablauf oder Prozess zur Qualitätsverbesserung
- Identifikation von Abweichungen in standardisierten Prozessen, Prozessketten und Abläufen
- Einstieg in die Wertstromanalyse für Teilprozesse

Die Methode sollte am besten von einer kleinen Gruppe mit ca. drei bis sechs Teilnehmenden an einer Moderationswand oder an einem Flipchart durchgeführt werden.

Vorteile

- Mit geringem Aufwand sehr einfach durchführbar im Vergleich zu vollständigen Prozessmodellierungen
- Reduziert Missverständnisse und verbessert die Kommunikation im Team über den Prozess durch Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses und Aufbau eines gemeinsamen Vokabulars
- Die klare Definition eines Betrachtungsrahmens ermöglicht eine effiziente und fokussierte Analyse.

- Konzentration auf den Prozess mit Mehrwert des Teamwissens ohne die üblichen Ablenkungen.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Die SIPOC-Analyse eignet sich zum Einstieg in ein Gebiet, jedoch nicht zur Detailbetrachtung.
- Die Methode legt nur auf einer groben Ebene den Betrachtungsrahmen einer Problemanalyse fest. Diese muss mit anderen Methoden erfolgen.
- Es werden aus der Vogelperspektive lediglich Anknüpfungspunkte identifiziert. Diese können dann mit anderen Tools, wie z.B. mit Ishikawa-Diagramm, Process-flow-Charts oder Kraftfeldanalyse weiter analysiert werden.

Ergebnis

- Gemeinsames Verständnis des betrachteten Prozesses. Dies dient als Basis für anschließende, faktenbasierte Diskussionen sowie nachvollziehbare, priorisierte und klare Entscheidungen zum weiteren Vorgehen.
- Liste unzureichend spezifizierter Teilprozesse, in denen z.B. Ausgangs- oder Eingangsvariablen nicht eindeutig messbar sind, deren Eigentümer nicht benannt ist oder deren Qualität nicht ausreichend gut spezifiziert bzw. überwacht ist

Voraussetzungen

- Gute, offene und wertschätzende Teamarbeit, z.B. um innerhalb der Problemformulierung die richtigen Abgrenzungen (Anfang und Endpunkt der Betrachtung) für die anschließende Aufnahme zu definieren
- Einigkeit bei der Zieldefinition, z.B. auf Basis einer CAPA (Corrective And Preventive Action), Reklamation oder eines Fehlerreportes

Qualifizierung

SIPOC ist zwar eine sehr einfache und durchgängige Methode, aber für die Moderation sollte ein erfahrener und unabhängiger Moderator hinzugezogen werden. Dieser kann die Problemformulierung aufgrund des geringeren Tunnelblicks und der Unabhängigkeit von möglichen Spannungen im Team meist differenziert und offen angehen.

Benötigte Informationen

- Knowhow der Wissensträger des Prozesses, insbesondere auch der Zulieferer und Kunden
- Informationen zum Prozess z.B. 8D-Report, Problembeschreibung, Business Case, Störberichte.

Benötigte Hilfsmittel

- Arbeitsflächen wie Flipchart, Whiteboard oder Pinnwände. Entsprechende Moderationsmaterialien wie Haftnotizen, Moderationskarten, Filzstifte, Pinn-Nadeln usw.
- Verwenden Sie die Arbeitsmaterialien nach Möglichkeit so, dass das SIPOC-Canvas zu einem späteren Zeitpunkt leicht reaktiviert werden kann. Wenn dies nicht möglich ist, bietet sich eine Fotodokumentation an.
- Räumlichkeiten, in denen Sie ungestört für zwei bis drei Stunden arbeiten können.

Durchführung

- Führen Sie das Team in die Methode ein!
- Schritt 0: Beschreiben Sie das Problem!
- Schritt 1: Strukturieren Sie den Prozess!
- Schritt 2: Identifizieren Sie für jeden Schritt die Outputs!
- Schritt 3: Identifizieren Sie die Empfänger der Outputs (Kunden)
- Schritt 4: Identifizieren Sie für jeden Schritt die Inputs!
- Schritt 5: Identifizieren Sie die Lieferanten der Inputs!
- Schritt 6: Analysieren Sie das SIPOC-Canvas!
- Anschauliches Beispiel: Der Kaffee schmeckt schlecht!
- Nachverfolgung und Vertiefung der SIPOC-Ergebnisse
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Wählen Sie Ihr Methodenteam sorgfältig nach Expertise aus. Binden Sie die Wissensträger des Prozesses, die Zulieferer sowie Kunden, d.h. die potenziell "Leidtragenden", mit ihrem Wissen ein. Berücksichtigen Sie insbesondere die schweigsameren, evtl. introvertierten Wissensträger. Es ist möglicherweise hilfreich, auch einzelne Personen mit "Blick über den Tellerrand" zu integrieren. Achten Sie darauf, dass das Team nicht zu groß wird. Meiner Erfahrung nach liegt die ideale Größe für die gemeinsame Arbeit bei ca. drei bis sechs Personen.

Damit sich die Teilnehmenden adäquat auf den Workshop vorbereiten können, lassen Sie ihnen vorab Informationen zur Problemstellung zukommen. Geben Sie dem Team dabei auch eine Beschreibung der Methode und das Thema, um sich auf die Arbeit einzustimmen.

Es empfiehlt sich ebenfalls, einen Moderator zu wählen, der sich bewusst auf seine Moderatorenrolle konzentrieren kann. Dadurch kann er den SIPOC-Workshop moderierend, neutral und klärend unterstützen.

Stimmen Sie mit dem Moderator insbesondere die Einführung in den Workshop ab. Z.B. kann es sinnvoll sein, dass der Eigentümer des Prozesses den Teilnehmenden die Aufgabenstellung erläutert.

Reservieren Sie einen ausreichend großen, für Workshops geeigneten Raum und organisieren Sie die benötigten Materialien. Ein ansprechend gestaltetes, vorbereitetes SIPOC-Canvas (nach dem Schema von Bild 1) unterstreicht für die Teammitglieder die Wichtigkeit und Dringlichkeit des Methodenmeetings. Es hilft somit, das Team besser abzuholen und zu motivieren. Fügen Sie auf keinen Fall vorab in das Canvas Informationen ein, da dies bevormundend und abgehoben wirkt.

Führen Sie das Team in die Methode ein!

Gestalten Sie Begrüßung und Einführung passend zum Team und zur Aufgabenstellung. In diesem Rahmen sollten folgende Punkte dem Team nahe gebracht werden:

- Es gelten die Regeln der offenen, konstruktiven Zusammenarbeit. Schuldzuweisungen sind unerwünscht und wenig zielführend. In der Diskussion sind offene Fragen zu bevorzugen, d.h. Fragen, die nicht nur mit "Ja" oder "Nein" zu beantworten sind.
- Die SIPOC-Analyse ist lediglich eine erste Momentaufnahme, um Folgeaktivitäten abzuleiten. Aus diesem Grund ist es zwar erforderlich, in den Prozess hineinzuzoomen, jedoch sollten vorschnelle Diskussions-Details vermieden werden.
- Die Betrachtung des Prozesses soll sich auf den in der Aufgabenstellung definierten Zeitrahmen beschränken. Weder frühere noch zukünftige Konstellationen (z.B. mit anderen Lieferanten) sind relevant.
- Die Methode deckt möglicherweise Lücken im Ablauf oder in der Prozesskette auf, die dann ggf. in einer anschließenden Aufarbeitung nachverfolgt werden. Das Auffinden dieser Teilergebnisse gehört zu einer positiven Fehlerkultur und darf nicht zu Schuldzuweisungen führen.

In den üblichen Darstellungen wird die Anwendung von SIPOC in fünf Schritten beschrieben. Um konsistent mit diesen Beschreibungen zu sein, habe ich dieselbe Nummerierung verwendet. Die unbedingt notwendige und sorgfältig durchzuführende Problembeschreibung wird deshalb hier als "Schritt 0" bezeichnet (Bild 1).

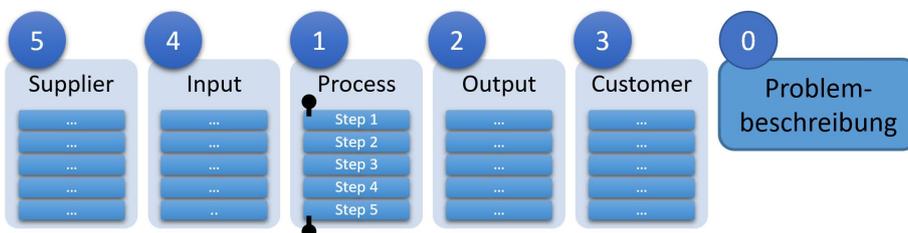


Bild 1: Schematische Darstellung eines SIPOC-Canvas'. Eingefügt sind die Schrittnummern.

Schritt 0: Beschreiben Sie das Problem!

Beschreiben Sie gemeinsam mit dem Team zu Beginn kurz und prägnant das Problem und notieren Sie diese Beschreibung neben dem SIPOC-Canvas (Bild 1), damit Sie jederzeit auf die initiale Fragestellung und Prob-

lembeschreibung verweisen können. Definieren Sie einen eindeutigen Rahmen (fachlich, zeitlich, organisatorisch usw.) zu Ihrer Problemstellung. Dieser dient als Abgrenzung und zur Fokussierung.

Oftmals verfolgen Interessengruppen unterschiedliche und widersprüchliche Ziele. Eine gezielte Definition mit Priorisierung der Teilziele erleichtert die spätere Konsensfindung und das Einleiten weiterer methodischer Schritte zur Lösung des Problems.

Schritt 1: Strukturieren Sie den Prozess!

Unterteilen Sie nun den Prozess in fünf bis sieben grobe Schritte. Wählen Sie die Schritte so, dass der erste und letzte Schritt jeweils die Grenzen des betrachteten Prozesses oder Teilprozesses darstellt. Notieren Sie diese Schritte in der mittleren Spalte des SIPOC-Canvas (Bild 1, Tabelle 1). Es bietet sich an, den Rahmen mit Anfang- und Endpunkt klar zu kennzeichnen.

Weder eine zu detaillierte noch eine zu grobe Aufteilung der Prozessschritte ist zielführend. Vielmehr gilt es, durch gut gewählte Prämissen den Bezugsrahmen pragmatisch zu setzen.

Schritt 2: Identifizieren Sie für jeden Schritt die Outputs!

Gehen Sie nun die einzelnen Schritte durch. Was ist das Ergebnis aus diesem Prozessschritt, was wird (mit-)übergeben? Betrachten Sie nicht nur das "eigentliche" Produkt, sondern insbesondere auch Dokumente, Aufzeichnungen, Informationen, Abfall etc. die direkt in den Folgeschritt einfließen. Notieren Sie diese Outputs auf der Höhe des jeweiligen Prozessschritts in der Spalte "Outputs".

Schritt 3: Identifizieren Sie die Empfänger der Outputs (Kunden)

Für jeden Output bestimmen Sie nun, wer ihn erhält oder benötigt. Dies sind potenzielle Stakeholder. Welche Anforderungen stellen diese an die Outputs? Klären Sie die Erwartungshaltungen auch zu Quantität, Messbarkeit und Kontinuität. Tragen Sie die Empfänger der Outputs in der Spalte "Customers" ein.

Schritt 4: Identifizieren Sie für jeden Schritt die Inputs!

Nun kehren Sie die Blickrichtung um und untersuchen die Eingangsgrößen, die in die einzelnen Schritte eingehen. Was wird benötigt, um den Schritt auszuführen? Welche Anforderungen bestehen an die Inputs? Sind die aktuell definierten Inputs messbar und von gleicher Qualität sowie Quantität? Gibt es Hinweise auf Veränderungen? Tragen Sie die Inputs links von den Teilschritten ein.

Schritt 5: Identifizieren Sie die Lieferanten der Inputs!

Vervollständigen Sie nun das SIPOC-Canvas mit den Lieferanten. Wer liefert den jeweiligen Input? Dies sind ebenfalls potenzielle Stakeholder. Bleiben Sie dabei pragmatisch und in Ihrem Bezugsrahmen. Z.B. kommt der Strom einer Maschine "aus der Steckdose", eine weitere Detaillierung der Stromerzeugung ist nicht zielführend.

Schritt 6: Analysieren Sie das SIPOC-Canvas!

Die meisten Darstellungen der SIPOC-Methode hören mit der Fertigstellung des Canvas' auf. Ihren eigentlichen Zweck hat sie damit aber noch nicht erfüllt: Ansatzpunkte für weitere Analysen und für Optimierungsmaßnahmen zu identifizieren. Dafür lässt sich kein einheitliches Vorgehen definieren. Die folgenden Punkte sind deshalb Anregungen, um im Team mit dem SIPOC-Canvas zu arbeiten.

Gemeinsames Verständnis schaffen

Laden Sie die Teilnehmenden dazu ein, die von ihnen eingebrachten Punkte zu erläutern, damit alle Beteiligten ein gemeinsames Verständnis aufbauen können.

Hierbei können Sie unterschiedlich vorgehen. Oft ist es sinnvoll, den gesamten Prozess schrittweise durchzugehen und dabei jeweils die Erläuterungen aufzunehmen. Möglich ist aber auch, ein an den Stakeholder-Perspektiven orientiertes Vorgehen.

Ansatzpunkte identifizieren

Identifizieren Sie nun die Teilprozessschritte, die möglicherweise negativen Einfluss auf das Resultat haben. Hinterfragen Sie hierzu die Stellen im Canvas, die Lücken oder Inkonsistenzen aufweisen. Dabei können Ihnen Fragen helfen wie z.B.:

- Sind die Prozessgrenzen klar definiert und stimmen sie mit den Anforderungen überein?
- Sind die Eigentümer für jeden Input, Teilschritt und Output klar?
- Sind die Inputs und Outputs eindeutig spezifiziert?
- Gibt es weitere Stakeholder, die bisher nicht berücksichtigt wurden?
- Sind alle für die genannten Outputs erforderlichen Inputs aufgeführt?
- Gibt es weitere Outputs, die noch nicht aufgeführt wurden?

Freuen Sie sich über Unsicherheiten, die Sie aufdecken konnten, die bisher jedoch noch nicht zu Problemen geführt haben. Halten Sie diese in einer eigenen Liste fest.

Aufgaben oder Hypothesen formulieren

Dokumentieren Sie die Ergebnisse des SIPOC-Workshops für die weitere Bearbeitung. Dies kann ggf. in anderen Teams oder anderen Organisationseinheiten (z.B. bei Lieferanten) stattfinden. Achten Sie deshalb darauf, dass alle Punkte vollständig und verständlich formuliert sind. Möglich sind u.a. folgende Listen:

- Identifizierte Lücken, Inkonsistenzen, Schwachstellen
- Aufgaben zur weiteren Analyse

- Zu überprüfende Hypothesen über Fehlerursachen oder bisher nicht berücksichtigte Zusammenhänge
- Maßnahmen zur Prozessoptimierung

Falls möglich, priorisieren Sie diese Listen gemäß den Ergebnissen aus der SIPOC-Analyse.

Dokumentieren Sie auf jeden Fall das SIPOC-Canvas, entweder in Originalform oder z.B. durch Abfotografieren bzw. Übertragen in eine elektronische Tabelle.

Anschauliches Beispiel: Der Kaffee schmeckt schlecht!

Im Impediment Backlog der JavaBeans Software GmbH steht an oberster Stelle: "Es kommt immer wieder vor, dass der Kaffee aus der neuen (!) Kaffeemaschine abscheulich schmeckt! So können wir nicht arbeiten!" (vgl. Methode **Visual Decision Template**). Um möglichst schnell dem Phänomen auf die Spur zu kommen, treffen sich die Betreuer der Kaffeemaschine und die stärksten Kaffee-Trinker zu einer SIPOC-Analyse. Noch während sie das SIPOC-Canvas befüllen, keimt ein Verdacht hoch: Könnte es sein, dass bei der regelmäßig stattfindenden Reinigung Rückstände von Reinigungsmittel und Spülwasser die nächsten Kaffeeportionen verderben? Der Auftrag an das Reinigungsteam ist schnell formuliert: Verbessert den Reinigungsvorgang so, dass garantiert keine Rückstände in der Maschine bleiben! Tabelle 1 zeigt das – unvollständige – SIPOC-Canvas für den Prozess "Maschinelle Kaffeezubereitung"

Supplier	Input	Process	Output	Customer	Ursache für sporadisch schlechten Kaffee finden
Büro X Reinigungspersonal Mitarbeiter Einkauf	Kaffeemaschine Kaffeebohnen Leitungswasser, Strom Tassen, Reinigung- Utensilien , Milch, Zucker	Bereitstellung gereinigte, intakte Maschine mit frischen Bohnen und frischem Wasser, Milch, Zucker	Maschine bereit Checkliste Reinigung	Büro X	
Mitarbeiter	Tasse Temperatur Tasse	Kaffeevariantenauswahl	Kaffeevariante gewählt		
	Einstellung Mahlgrad, Zustand Mahlwerk Menge Pulver Alter Bohnen Lagerung Bohnen (Zustand)	Mahlen Kaffee	Partikelgrößenverteilung Kaffeepulver Verunreinigung durch Reinigungstablette Menge Kaffeepulver		
	Flussrate, Wasser Vorlauf- Temperatur, Pressdruck Kaffeepulver / Menge Wassermenge	Brühen Kaffee	Kaffee, Menge, Temperatur, Löslichkeit Crema, Kaffeepulversatz mit Restwasser, Durchlaufzeit		
	Alter Milch, Fettgehalt Aufschäumparameter, Anteil Wasser/-dampf	Aufschäumen Milch	Konsistenz, Stabilität, Temperatur, Viskosität		
	Präferenz, MA Tagesform, Stress Raumtemperatur, Uhrzeit,	Ausgabe / Genuss	Attributiver Geschmacks- Eindruck Bewertung Kaffee	Mitarbeiter Personalwesen	

Tabelle 1: Plakatives Beispiel für eine SIPOC-Analyse

Nachverfolgung und Vertiefung der SIPOC-Ergebnisse

Die Ergebnisse der SIPOC-Analyse können auf vielfältige Art und Weise aufgegriffen und weiter analysiert werden. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit liste ich hier Themen und dazugehörige Methoden des Qualitätsmanagements auf, für die SIPOC eine wichtige Informationsgrundlage liefert.

- **Prozessaufnahme:** Prozess Flow-Chart, Ablaufdiagramme, Ishikawa Diagramm
- **Standardisierung:** Checklisten, Arbeitsanweisungen, Definitionen, Kundenanforderungen
- **Trouble-Shooting:** Prämissen, Hypothesentests, Design of Experiments, Paarweiser Vergleich, Störgrößenanalyse
- **Prozesskettenanalyse:** Messmittelmatrix, Prozess-Fähigkeitsanalyse, Toleranzketten
- **Wertstromanalyse:** Lean, Arten der Verschwendung, 5D
- **Kontinuierliche Verbesserung:** Halten Sie Erkenntnisse z.B. in der FMEA oder "Lessons learned" fest

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Ishikawa-Diagramm, FMEA – Fehlermöglichkeits- und Effektanalyse, Fehlerbaumanalyse** – zur detaillierten Analyse von möglichen Fehlerursachen
- **Kraftfeldanalyse** – zur Analyse von Einflussfaktoren auf den Prozess
- **Lessons Learned** – zur Unterstützung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses
- **Design of Experiments** – zur Identifikation von relevanten Einflussgrößen
- **Paarweiser Vergleich** – zur Priorisierung von möglichen Maßnahmen
- **Plan-Do-Check-Act** – zur kontinuierlichen Verbesserung
- **Workshop** – zur Durchführung des SIPOC-Workshops

Praxistipps

- Vermeiden Sie zu detaillierte Prozessaufnahmen zu Anfang, um das große Bild nicht aus den Augen zu verlieren. Bleiben Sie unbedingt bei den max. fünf bis sieben Teilprozess-Schritten, da die Aufnahme sonst zu umfangreich und unübersichtlich wird.
- In Expertenteams kommt es oft vor, dass Wesentliches so offensichtlich ist, dass es nicht angesprochen und damit gerne vergessen / nicht dokumentiert wird. Fragen Sie deshalb bewusst auch einfach erscheinende Dinge nach.

- Achten Sie auf offenen Austausch zu den Punkten. Wenn Sie bemerken, dass etwas bewusst unklar gehalten ist, fassen Sie sensibel, aber nachdrücklich nach. Hier bietet die Technik des "5 mal Warum" oft tiefliegende Erkenntnisse.
- Achten Sie darauf, dass alle im Team zu Wort kommen. Evtl. bietet es sich gelegentlich an, eine Spalte schweigend zu befüllen.

Auch in dieser Methode "menschelt" es

Es ist sehr menschlich, dass anfangs Offensichtliches und Bekanntes angesprochen wird. Versuchen Sie jedoch, hierzu Grundsatzdiskussionen und Detailfragenklärung zu vermeiden. Konzentrieren Sie sich zunächst auf die Befüllung der SIPOC-Matrix. Fragen Sie hierbei stets mit offenen Fragen nach. Manchmal bietet es sich an, die offenen Punkte separat auf einem Flipchart zu späterer Diskussion festzuhalten. Erläuterten Sie den Teilnehmenden, dass sich dafür im Nachgang z.B. ein Ishikawa-Diagramm anbietet.

Bedenken Sie, dass den Team-Mitgliedern oft bewusst ist, dass das Messen mancher Inputs und Outputs mit Mehraufwand und Methodenentwicklung einhergeht. Es ist nur zu verständlich, dass sich hier keiner um die zusätzliche Arbeit reißt. Für den ersten Schritt reicht es aus, diese Lücken zu identifizieren. Aufgabenverteilung und Detailklärung sollten nach Durchführung der Methode erfolgen. Verwenden Sie hierzu eine To-do Liste zur Dokumentation. Im agilen Umfeld wird gerne ein Kanban-Board verwendet, um die Inhalte aus der To-do Liste nachhaltig abzuarbeiten. Bevor Aufgaben jedoch verteilt werden, gehen sie bitte methodisch vor und priorisieren Sie die Arbeitspakete.

Herkunft

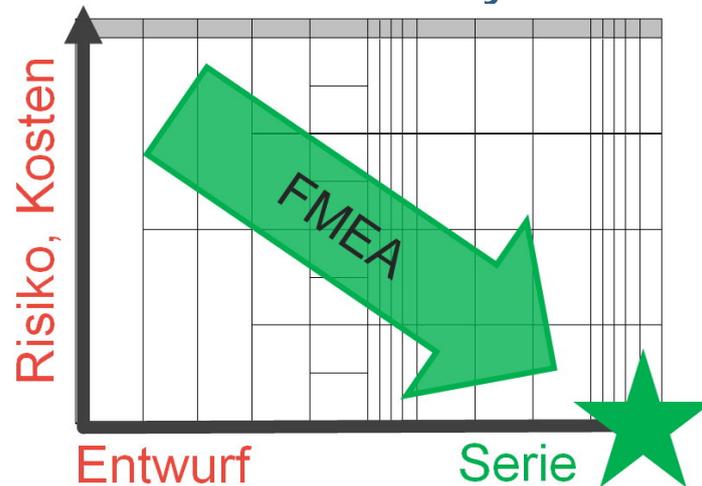
Der Name "SIPOC" leitet sich aus den Anfangsbuchstaben von "Supplier, Input, Process, Output, Customer" ab. Die Methode wird recht häufig in DMAIC, DFSS, Lean und ähnlichen Workshops verwendet. Die Herkunft ist nicht genauer bekannt.

Autor

Stefan Moser

Erstellt am: 08.03.2020

FMEA – Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse



Die FMEA dient dazu, potentielle Fehler sowie deren Ursachen und Auswirkungen frühzeitig zu erkennen. Dadurch können die identifizierten Risiken bewertet und Maßnahmen zur Vermeidung erarbeitet werden. Die FMEA ist eine analytische Methode der präventiven Qualitätssicherung, die bei Produkt- und Prozessentwicklung sowie bei Entwicklung von Dienstleistungen eingesetzt wird.

Einsatzmöglichkeiten

Die FMEA hat ihren Ursprung in der Entwicklung sicherheitskritischer Produkte und Prozesse. Speziell im Automotive-Bereich ist sie bereits weitgehend verpflichtender Bestandteil des Produktentstehungsprozesses (PEP). Darüber hinaus wird sie mittlerweile in vielen Branchen zur Risikobehandlung eingesetzt. Der systematische und strukturierte Aufbau einer FMEA ermöglicht ihren vielseitigen Einsatz entlang des PEP: Mit ihr können das erste Systemkonzept, das konkret ausgearbeitete Design und der Herstellungsprozess analysiert werden.

Vorteile

- Fehler und Schwachstellen werden in einer frühen Phase der Produktentwicklung aufgedeckt, so dass nur minimale Fehlerkosten entstehen.
- Reklamationen und Rückrufaktionen können vermieden werden.
- Entwicklungszeiten werden verkürzt und Qualitätskosten gesenkt.
- Systematische Fehlerzusammenhänge bis auf Bauteilebene werden aufgedeckt und dokumentiert, so dass Fehlerursachen und nicht nur Symptome beseitigt werden können.
- Die Kommunikation und Zusammenarbeit im Unternehmen sowie mit Kunden und Lieferanten wird verbessert.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Eine detaillierte Ausarbeitung der FMEA ist zeitaufwendig.
- Die Akzeptanz von FMEA kann bei manchen Stakeholdern niedrig sein, da diese sie als Qualitätsmanagementwerkzeug ansehen, das viel Aufwand, aber wenig Fortschritt bringt.

Ergebnisse

- Liste bewerteter Fehler und Schwachstellen des Produkts / Prozesses
- Beschlossene Maßnahmen zur Risikobehandlung
- Nachweis der Zuverlässigkeit und Robustheit des Produkts / Prozesses gegenüber Fehlern
- Verifizierung der im Lastenheft geforderten Merkmale und Funktionen
- Dokumentation systematischer Fehlerzusammenhänge

Voraussetzungen

- Die Art der FMEA muss definiert sein: Vor Start einer FMEA muss klar sein, ob das Produkt oder der Herstellungsprozess untersucht werden soll.
- Der Anwendungsumfang (ganzes System oder Teilbereich) muss geklärt sein: Um den Aufwand für eine FMEA zu begrenzen, ist es sinnvoll zu prüfen, welche Teilsysteme das höchste Risiko (Sicherheit, Haftung, Kosten) bergen. Im Sinne einer Konzentration auf das Wesentliche kann die FMEA auf diese Systembereiche eingeschränkt werden. Wenn diese Entscheidung vor Start schwierig ist, kann sie nach Schritt 1 oder spätestens nach Schritt 2 (siehe Durchführung) erfolgen.
- Die Tiefe der Analyse muss festgelegt sein: Klären Sie im Voraus, mit welchem Detaillierungsgrad das System betrachtet werden soll. Ist die Schnittstelle zur Produktumgebung relevant, meist in der frühen Entwicklungsphase zur Überprüfung des Produktkonzepts (System-FMEA), oder sollen die einzelnen Komponenten eines bestehenden Designs betrachtet werden (Design-FMEA)?
- Die Managementunterstützung muss gewährleistet sein: Das Management hat im Wesentlichen drei Aufgaben: Es muss dafür sorgen, dass die FMEA-Teammitglieder für die Aufgabe zur Verfügung stehen. Es muss Analysen z.B. zur Konzeptänderung genehmigen, die aufgrund eines hohen Risikos nötig werden. Nach Abschluss des FMEA-Projekts muss es die Weiterentwicklung des Produkts oder Prozesses basierend auf den Ergebnissen freigeben.

Qualifizierung

Die Methode benötigt einen Moderator, der die Gruppenarbeit leitet und das Team durch die einzelnen Schritte der FMEA führt. Der Moderator muss mit der Methode vertraut sein und bereits Erfahrungen mit ihrer Anwendung gesammelt haben. Zusätzlich benötigt er entsprechende Moderationserfahrung.

Jedes Teammitglied trägt mit der Produkt- / Prozesskompetenz seines Fachbereichs bei. Die Teammitglieder benötigen darüber hinaus keine weiteren Qualifikationen.

Benötigte Informationen

- Alle bereits verfügbaren Dokumente zum Produkt bzw. Prozess (Lastenheft, Stücklisten, Konstruktionszeichnungen, Flussdiagramme usw.)
- Bewertungsschema, anhand dessen die Risikobewertung durchgeführt wird (s. Durchführung, Schritt 4)
- falls vorhanden: FMEA-Dokumentation des Vorgänger-Produkts oder -Prozesses

Benötigte Hilfsmittel

- Tabellenkalkulationsprogramm oder spezielle FMEA-Software
- Beamer und ggfs. Moderationskarten, Pinnwand, Flip-Chart

Durchführung

- Schritt 1: Strukturieren Sie Ihr Produkt!
- Schritt 2: Analysieren Sie die Funktionen der Systemelemente!
- Schritt 3: Analysieren Sie potentielle Fehler!
- Schritt 4: Bewerten Sie das Risiko!
- Schritt 5: Interpretieren Sie das Ergebnis und optimieren Sie das Produkt bzw. den Prozess!
- Schritt 6: Dokumentation und Aktualisierung
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Die folgenden Schritte sind für alle Arten der FMEA identisch. Lediglich die Terminologie kann unterschiedlich sein. Z.B. entsprechen den "Systemelementen" einer Produkt-FMEA in einer Prozess-FMEA die "Prozessschritte". In dieser Beschreibung wird die Terminologie einer Produkt-FMEA verwendet. In der weiteren Beschreibung steht "Produkt" stellvertretend für "Produkt oder Dienstleistung".

FMEA-Team

Vor Start der FMEA muss das FMEA-Team definiert werden. Es besteht aus den Experten der am Produkt bzw. Prozess beteiligten Abteilungen (Entwicklung, Konstruktion, Test, Prozessplanung, Qualität usw.). Es können auch Vertreter der Kunden bzw. Lieferanten temporär mit im Team sitzen.

Für die Moderation der Teamarbeit können Sie die Methode "**Moderation von Arbeitsgruppen**" einsetzen.

Festlegung der Dokumentation und des Ablagesystems

Vor Start des FMEA-Projekts muss klar sein, mit welcher Software die Dokumentation durchgeführt wird. Soll die FMEA großflächig in einem Unternehmen eingeführt werden, ist spezielle FMEA-Software vorteilhaft. Diese ermöglicht z.B. einen einfachen Zugriff auf existierende Analysen von immer wieder verwendeten Untersystemen oder erlaubt eine Suche nach Fehlerursachen und Fehlerfolgen über Produkte hinweg. Bei einer eingeschränkten Anwendung von FMEA kann eine Software für Tabellenkalkulation ausreichen. Wichtig ist auf jeden Fall, dass sowohl die zusammengestellten Informationen als auch die Ergebnisse der FMEA nach einer einheitlichen Struktur und in standardisierten Formaten abgespeichert werden. Nur so sind zum einen die reibungsfreie Zusammenarbeit der verschiedenen Experten und zum anderen eine Weiterverwendung für weitere FMEA-Projekte möglich.

Vermerken Sie vor Start der FMEA alle relevanten Stammdaten im ausgewählten elektronischen Dokument. Dies sind u.a.: Art der FMEA, Projektname, Produktbezeichnung, untersuchtes Systemelement, Projektstart, Status des Dokuments, Teammitglieder, Moderator usw.

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird im Folgenden nur noch die grammatikalisch männliche Form (Teilnehmer, Moderator) verwendet. Es sind dabei aber stets Personen jeden Geschlechts gemeint.

Schritt 1: Strukturieren Sie Ihr Produkt!

Jedes Produkt besteht aus einzelnen Elementen, die das Produktkonzept beschreiben und untergliedern. Ein Strukturbaum ordnet diese sogenannten Systemelemente in mehreren Ebenen hierarchisch an (Bilder 1a und 1b). Als einfaches Beispiel dient im Folgenden die FMEA eines Fahrrads mit LED-Scheinwerfer.

Führen Sie eine Strukturanalyse des Produkts bzw. des zu untersuchenden Teilbereichs durch. Die unterste Ebene geht bis in die einzelnen Komponenten mit ihren Merkmalen (z.B. LED eines bestimmten Typs und mit definierter Lichtmenge). Bild 1a zeigt den generellen Aufbau eines Strukturbaums; Bild 1b exemplarisch einen Auszug aus dem Strukturbaum für das Fahrrad mit Fokus auf der LED-Platine des LED-Scheinwerfers.

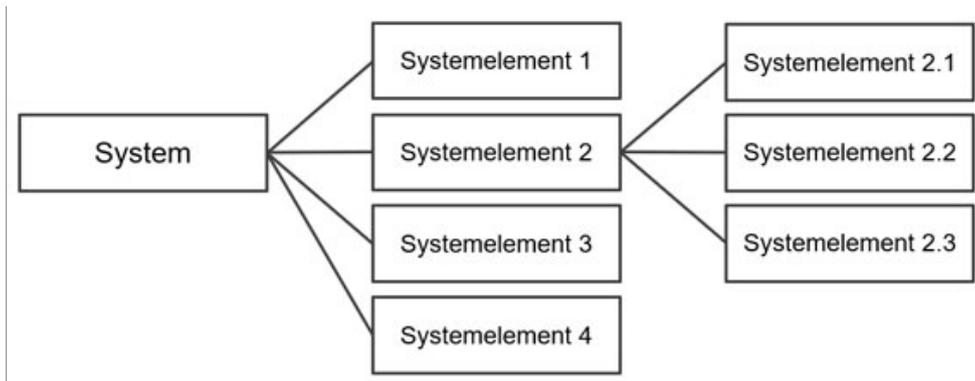


Bild 1a: schematischer Strukturbaum

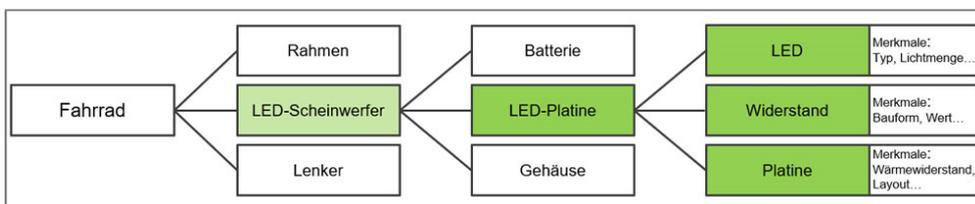


Bild 1b: stark vereinfachtes Beispiel eines Strukturbaums für ein Fahrrad mit Fokus auf der LED-Platine des LED-Scheinwerfers

Achten Sie darauf, dass der Strukturbaum das Produkt eindeutig darstellt und jedes Systemelement nur einmal auftaucht. Ein Systemelement kann auch eine funktionale Untergruppe einer Baugruppe sein. Ziehen Sie bereits bestehende Unterlagen heran (z.B. Stücklisten), denn diese können die Strukturierung enorm erleichtern. Speichern Sie das Ergebnis im zugehörigen elektronischen Dokument.

Falls noch nicht im Vorfeld geschehen, versuchen Sie jetzt eine Entscheidung über den Umfang des FMEA-Projekts herbeizuführen. Eine **Risikoanalyse** kann die Selektion der Systemelemente, die das höchste Risiko (Sicherheit, Kosten) darstellen, erleichtern. Selektieren Sie die Hierarchiestufe und wählen Sie die relevanten Systemelemente darin aus, deren Fehlfunktionen untersucht werden sollen.

Schritt 2: Analysieren Sie die Funktionen der Systemelemente!

Ermitteln Sie nun für jedes (ausgewählte) Systemelement die Funktionen, die es zu erfüllen hat. Eine klare Abgrenzung zu den Funktionen der unter- und übergeordneten Systemelemente ist hier wichtig. Jedes Element benötigt Beiträge anderer Systemelemente. Aus dem Strukturbaum entsteht so eine Funktionsstruktur. Diese bildet die Basis für die anschließende Fehleranalyse. Bild 2a zeigt den generellen Aufbau einer Funktionsstruktur. In Bild 2b erkennen Sie die vereinfachte Funktionsstruktur für die LED-Platine des LED-Scheinwerfers.

Entscheiden Sie spätestens jetzt, welchen Umfang die FMEA umfassen soll. Speichern Sie das Ergebnis von Schritt 2 im zugehörigen elektronischen Dokument.

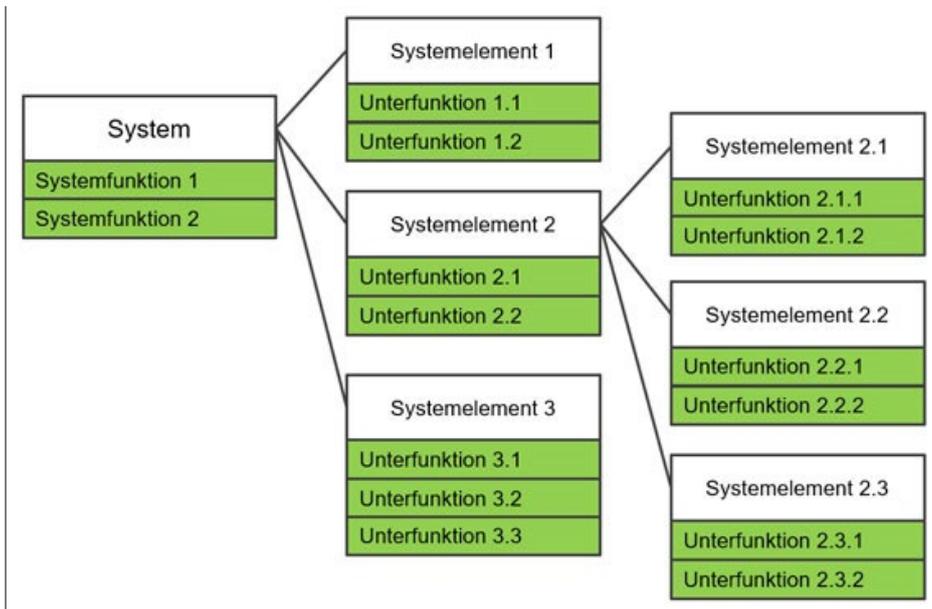


Bild 2a: Funktionsstruktur eines Systems

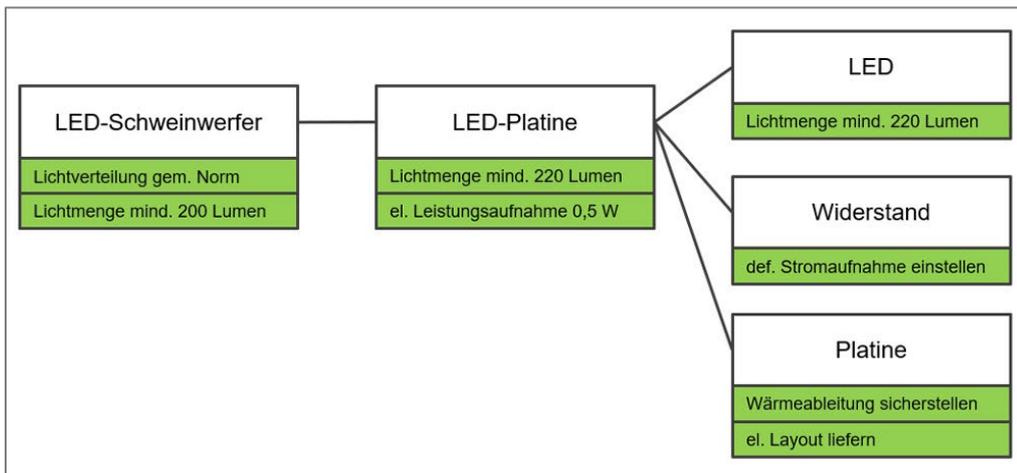


Bild 2b: Funktionsstruktur des LED-Scheinwerfers

Schritt 3: Analysieren Sie potentielle Fehler!

Tragen Sie ab jetzt die Analysen und Ergebnisse in eine Tabelle unter Benutzung der gewählten Software ein. Bild 3 zeigt, wie diese Tabelle aussehen kann. Die Reihenfolge der einzelnen Spalten ist nicht wichtig, sie müssen jedoch alle vorhanden sein. Die rot markierten Spalten werden in diesem Schritt und in Schritt 4 (Risikobewertung) gefüllt. Sie beschreiben den Zustand des vorliegenden Produkts. Die grün markierten Spalten werden in Schritt 5 gefüllt. Sie beschreiben das hinsichtlichliche Risiko optimierte Produkt.

Funktionen	potentielle Fehlfunktion	potentielle Fehlerfolge	potentielle Fehlerursache	Maßnahmen zur Vermeidung/Entdeckung	A	B	E	RPZ	empfohlene Maßnahmen	Verantwortung, Datum, Ziele	getroffene Maßnahmen	A	B	E	RPZ	Status		
Funktion	Fehler 1	Folge 1	Ursache 1	VM														
			EM															
		Ursache 2	VM															
		EM																
	Folge 2	Ursache 1	VM															
		EM																
		Ursache 2	VM															
		EM																
	Fehler 2	Folge 1	Ursache 1	VM														
			EM															
		Ursache 2	VM															
		EM																
Folge 2	Ursache 1	VM																
	EM																	
	Ursache 2	VM																
	EM																	

Bild 3: Beispiel für eine Tabelle zur Dokumentation. In Schritt 3 werden die Spalten zur Fehleranalyse gefüllt. (VM = Vermeidungsmaßnahme, EM = Entdeckungsmaßnahme)

Ermitteln Sie nun im Team zu jeder Funktion des untersuchten Systemelements alle denkbaren Fehler und tragen Sie diese in die Spalte "potentielle Fehlfunktion" ein. Typische Fehler sind die Nichterfüllung einer Funktion oder Abweichungen davon. So sind "Lichtmenge < 220 lm" und "kein Licht" mögliche Fehler zu der Funktion "Lichtmenge mind. 220 lm" der LED-Platine (Bild 4b). Im Anschluss ermittelt das Team zu jedem möglichen Fehler die potentiellen Folgen und trägt diese in die Spalte "potentielle Fehlerfolge" ein. Dabei sind auch immer die Folgen für den Endkunden zu betrachten. So führt der Fehler "Lichtmenge < 220 lm" der LED-Platine zur Fehlerfolge "Lichtmenge < 200 lm" beim LED-Scheinwerfer und damit zu einem Sicherheitsrisiko für den Fahrradfahrer: Er wird bei Dunkelheit nicht mehr so gut gesehen und sieht selbst den Weg nicht mehr so gut.

Jetzt suchen die Teammitglieder zu jedem Fehler alle denkbaren Fehlerursachen. Die Ergebnisse werden jeweils in das Formblatt (Spalte "potentielle Fehlerursache") eingetragen. So entstehen viele sogenannte Fehlerketten: die Fehlfunktion im untersuchten Systemelement führt zu einer Fehlerfolge im hierarchisch übergeordneten Systemelement. Die Fehlerursache liegt in Fehlfunktionen der untergeordneten Elemente. Bild 4a illustriert dieses Vorgehen schematisch im Strukturbaum für das Systemelement 2. Bild 4b zeigt dies vereinfacht für die LED-Platine des LED-Scheinwerfers. Die Fehlfunktion "Wärmeableitung zu niedrig" der Platine ist eine von mehreren potentiellen Ursachen für den Fehler "Lichtmenge < 220 lm" des untersuchten Systemelements "LED-Platine".

Führen Sie diesen Schritt immer im Team durch, da dadurch am ehesten eine vollständige Ermittlung aller möglichen Fehlerketten sichergestellt ist.

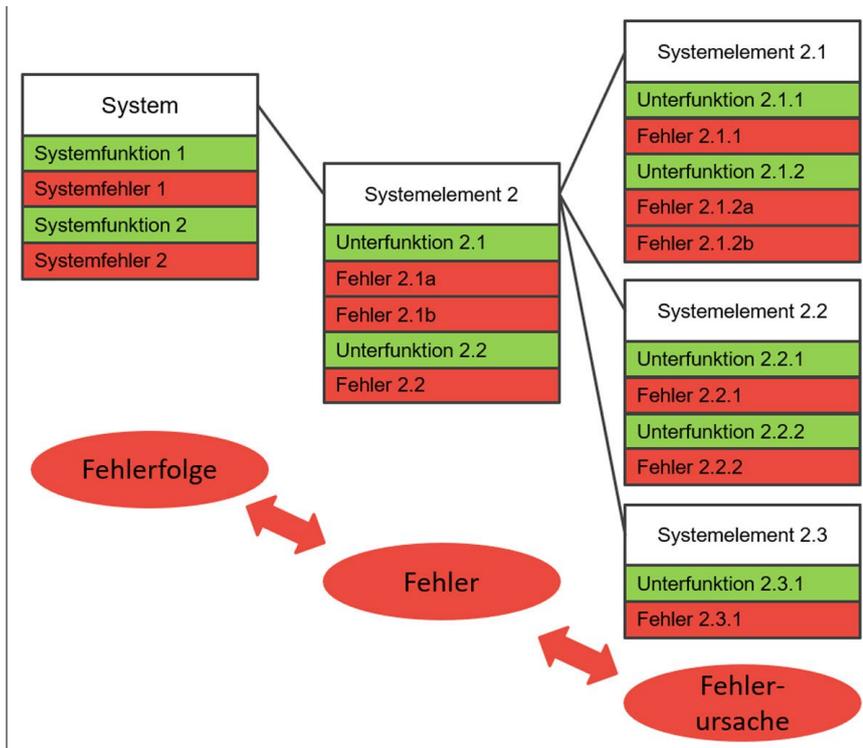


Bild 4a: Fehleranalyse und Darstellung der Fehlerkette für das Systemelement 2

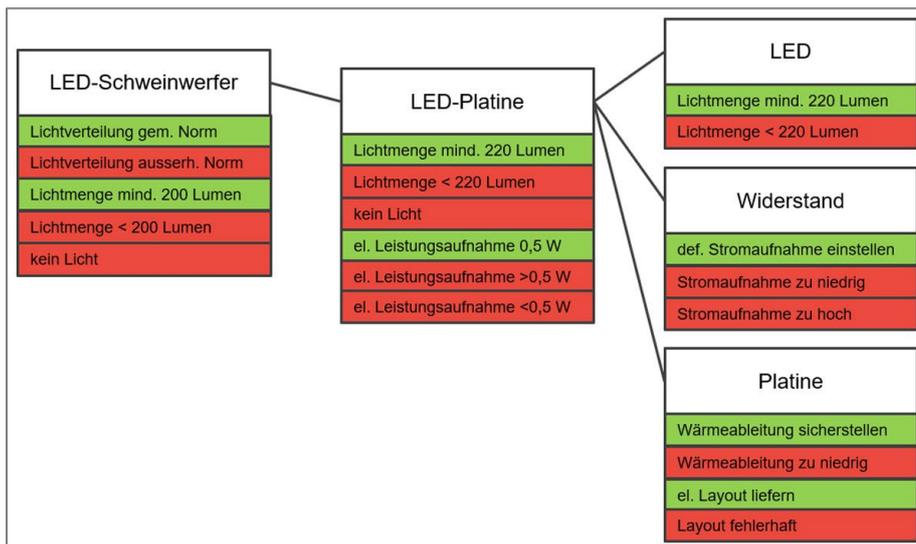


Bild 4b: Fehlfunktionen im Systemelement "LED-Platine" des Fahrrads

Schritt 4: Bewerten Sie das Risiko!

Zur Bewertung des Risikos werden bei der FMEA drei Kennzahlen "B", "A" und "E" herangezogen, die jeweils auf einer zehnstufigen Skala mit 1 bis 10 Punkten bewertet werden.

B: Bedeutung der Fehlerfolge aus Kundensicht

Diese Kennzahl gibt an, welche Auswirkungen die Fehlfunktion für den Endkunden hat. Der höchste Wert "10" muss vergeben werden, wenn ein Sicherheitsrisiko eintritt, die Existenz der Firma in Frage stehen kann oder gesetzliche Vorschriften verletzt werden. Eine "1" steht bei sehr geringen Funktionsbeeinträchtigungen, die für den Kunden kaum erkennbar sind.

A: Auftretenswahrscheinlichkeit des Fehlers mit einer bestimmten Fehlerursache

Diese Kennzahl bewertet die Häufigkeit, mit der die Fehlerursache auftritt und zwar unter Berücksichtigung aller bereits geplanten Vermeidungsmaßnahmen (VM). Eine Vermeidungsmaßnahme könnte z.B. sein, eine Komponente in einen Prototyp des Produkts einzubauen und zu testen. Damit kann die gewählte Auslegung einer Komponente bestätigt werden. Fehlerursachen, die auf einer falschen Auslegung dieser Komponente beruhen, haben dann eine verringerte Auftretenswahrscheinlichkeit. Eine "10" wird vergeben, wenn die Fehlerursache nahezu sicher auftritt. Eine "1" wird vergeben, wenn es unwahrscheinlich ist, dass die Fehlerursache eintritt.

E Entdeckungswahrscheinlichkeit des Fehlers mit einer bestimmten Fehlerursache

Diese Kennzahl bewertet die Wahrscheinlichkeit, mit der die Fehlerursache unter Berücksichtigung bereits geplanter Entdeckungsmaßnahmen (EM) erkannt wird. Entdeckungsmaßnahmen entdecken Fehlerursachen, die trotz aller Vermeidungsmaßnahmen auftreten. Eine "1" wird gesetzt, wenn der Fehler ziemlich sicher z.B. bei der Produktion oder in anschließenden Tests entdeckt wird. Eine "10" wird gewählt, wenn der Fehler nicht erkannt wird, da die Funktion oder das Merkmal nicht geprüft wird oder nicht geprüft werden kann.

Verwenden Sie für die Punktevergabe immer dasselbe zuvor definierte Bewertungsschema als Leitfaden. Tabelle 1 zeigt als Beispiel einen Leitfaden für die Produkt-FMEA, der an ein Schema der Automobilindustrie angelehnt ist.

Wert der Kennzahl	Bewertungskriterien für die Bedeutung "B"	Bewertungskriterien für die Auftretenswahrscheinlichkeit "A"	Bewertungskriterien für die Entdeckungswahrscheinlichkeit "E"
10, 9	Äußerst schwerwiegender Fehler, der die Sicherheit beeinträchtigt und / oder gesetzl. Vorschriften verletzt; existenzbedrohendes Firmenrisiko	Neuentwicklung ohne Erfahrung bzw. unter ungeklärten Einsatzbedingungen; bekanntes System mit Problemen; sehr häufiges Auftreten der Fehlerursache	Sehr geringe Entdeckungswahrscheinlichkeit, da kein Nachweisverfahren bekannt bzw. festgelegt ist
7, 8	Schwerer Fehler mit Verärgerung beim Kunden; Sicherheit ist nicht beeinträchtigt.	Neuentwicklung unter Einsatz neuer Technologien bzw. Einsatz bisher problematischer Technologien; bekanntes System mit Problemen; Fehlerursache tritt wiederholt auf	Geringe Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlfunktion, da Nachweisverfahren unsicher ist bzw. keine Erfahrung mit dem Nachweisverfahren vorliegt

4, 5, 6	Mittelschwerer Fehler, der beim Kunden Unzufriedenheit auslöst; Kunde nimmt den Fehler war.	Neuentwicklung mit Erfahrung früherer Entwicklungen unter vergleichbaren Einsatzbedingungen; bewährte(s) System / Komponenten mit langjähriger schadensfreier Serienerfahrung unter geänderten Einsatzbedingungen; gelegentlich auftretende Fehlerursache	Mäßige Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlfunktion; bewährtes Nachweisverfahren aus vergleichbaren Produkten unter neuen Einsatzbedingungen
2, 3	Geringe Funktionsbeeinträchtigung; der Kunde wird nur geringfügig belästigt.	Neuentwicklung mit positiv abgeschlossenem Nachweisverfahren; Detailänderung an bewährtem System mit langjähriger schadensfreier Serienerfahrung unter vergleichbaren Einsatzbedingungen; Auftreten der Fehlerursache ist gering	Hohe Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlfunktion durch bewährtes Nachweisverfahren; die Wirksamkeit des Nachweisverfahrens wurde nachgewiesen
1	Sehr geringe Funktionsbeeinträchtigung; nur vom Fachpersonal erkennbar	Auftreten der Fehlerursache ist unwahrscheinlich	Sehr hohe Entdeckungswahrscheinlichkeit durch bewährtes Nachweisverfahren und Vorgängergeneration; Wirksamkeit der Entdeckungsmaßnahme für dieses Produkt wurde nachgewiesen

Tabelle 1: Bewertungsschema für die drei Kennzahlen, angelehnt an VDA Band 4, Kapitel 3, Produkt- und Prozess-FMEA (VDA, 2006)

Im Anschluss an die Bewertung multiplizieren Sie für jede Fehlerursache die drei Kennzahlen und tragen das Ergebnis in die Spalte "RPZ" des Formblatts ein. Diese sogenannte Risikoprioritätszahl (RPZ) mit einem Wertebereich von 1 bis 1000 zeigt ein erhöhtes Risiko an. Darüber hinaus besitzt sie jedoch wenig Aussagekraft, da ein bestimmter Wert der RPZ aus verschiedenen Szenarien entstehen kann. Eine RPZ von 100 entsteht z.B. durch $A = 10$, $B = 10$ und $E = 1$ oder $A = 5$, $B = 5$ und $E = 4$ usw. Achten Sie daher bei der Interpretation in Schritt 5 zusätzlich zur RPZ auf hohe Einzelbewertungen B, A, und E.

Schritt 5: Interpretieren Sie das Ergebnis und optimieren Sie das Produkt bzw. den Prozess!

Suchen Sie die FMEA-Tabelle (Bild 3) nach hohen RPZ-Werten und hohen Einzelbewertungen ab. Diskutieren Sie mit den jeweiligen Fachleuten mögliche Verbesserungsmaßnahmen. Ggfs. muss ein definiertes Team die vielversprechendsten Ansatzpunkte weiter ausarbeiten und zu einem vereinbarten Termin die Ergebnisse vorstellen.

Wählen Sie eine geeignete Maßnahme zur Risikoverringerung aus und tragen Sie diese zusammen mit Verantwortlichem und Zeitrahmen zur Umsetzung in das Formblatt ein (Spalten "empfohlene Maßnahmen" und "Verantwortung", "Datum", "Ziele"). Nach Umsetzung der Änderung wird dies in der Spalte "getroffene Maßnahmen" dokumentiert.

Bewerten Sie im Anschluss daran erneut die Risiken und zeigen Sie so auf, welches Risiko nach Einführung der Änderung verbleibt (rechte Spalten "A", "B", "E" und "RPZ"). Vermerken Sie in der Spalte "Status" den aktuellen Stand der Aktivitäten vor Ende einer FMEA-Sitzung.

Für die Priorität von Optimierungsmaßnahmen gilt folgende Rangfolge:

1. Konzeptänderung, die die Fehlerursache ausschließt bzw. deren Bedeutung erniedrigt (d.h. Kennzahlen A und / oder B verkleinert)
2. Erhöhung der Konzeptzuverlässigkeit, um die Auftretenswahrscheinlichkeit der Fehlerursache zu minimieren (d.h. Kennzahl A verringern)
3. Wirksamere Entdeckung der Fehlerursache (d.h. Kennzahl E reduzieren). Dies sollte nach Möglichkeit durch Verbesserungen in der Konstruktion geschehen, da zusätzliche Messungen in der Produktion Zeit und Geld kosten.

Es gibt keine klare Regel, ab welcher Höhe der RPZ oder von Einzelbewertungen Optimierungsmaßnahmen getroffen werden müssen. Es liegt in der Verantwortung des FMEA-Teams, solche Entscheidungen gemeinsam unter Betrachtung der jeweiligen Fehlerkette zu diskutieren und zu treffen. Die Erstellung einer **Risikomatrix** mit den Achsen A und B kann diese Entscheidungen erleichtern bzw. systematisieren.

Bild 5 zeigt beispielhaft den Auszug aus einer FMEA-Tabelle für die LED-Platine des LED-Scheinwerfers.

Funktionen	potentielle Fehlfunktion	potentielle Fehlerfolge	potentielle Fehlerursache	Maßnahmen zur Vermeidung Entdeckung	A	B	E	RPZ	empfohlene Maßnahmen	Verantwortung, Datum, Ziele	getroffene Maßnahmen	A	B	E	RPZ	Status	
Funktion: Lichtmenge > 220 lm	Fehler 1: Lichtmenge < 220 lm	Folge 1: Scheinwerfer zu dunkel, Unfallgefahr	Ursache 1: falscher LED-Typ	VM: Prototyp-test EM	1	10	10	100									
			Ursache 2: Wärmewiderstand Platine zu hoch, LED zu heiß	VM EM	6	10	10	600	Platinenmaterial ändern; Messung an Prototyp	Mayr; Messergebnisse bis 20.12.2016	Metallkernplatte verwenden	2	10	10	200	erl.	
Fehler 2: kein Licht		Folge 1: Scheinwerfer aus; Fahrrad nachts unbenutzbar	Ursache 1: Kurzschluss im Layout	VM: Layout getestet EM	1	7	10	70									
			Ursache 2	VM EM													
		Folge 2	Ursache 1	VM EM													
			Ursache 2	VM EM													

Bild 5: Auszug aus dem Formblatt für die FMEA der LED-Platine

Schritt 6: Dokumentation und Aktualisierung

Eine FMEA-Tabelle ist ein lebendes Dokument: Werden größere Konzeptänderungen in Schritt 5 definiert, muss anschließend die FMEA neu durchlaufen werden. Punkte, die durch die Änderung nicht betroffen sind, können vom vorherigen Durchlauf übernommen werden. Speichern Sie sowohl das aktuelle Dokument als auch Vorgängerdokumente eindeutig zuordenbar ab und machen Sie diese für alle relevanten Personen zugänglich. Damit stellen Sie sicher, dass in weiteren FMEA-Projekten auf bereits erarbeitetes Wissen, wie z.B. mögliche Fehlerketten, zugegriffen werden kann. Der Zeit- und Ressourcenaufwand für weitere FMEA Projekte sinkt dadurch erheblich.

In größeren Unternehmen stellt die Qualitätsabteilung das Dokument über ein internes Dokumentenmanagementsystem für zukünftige Projekte zur Verfügung.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Moderation von Arbeitsgruppen** – zur Gestaltung der Teamarbeit
- **Brainstorming** – zur gemeinsamen, strukturierten Suche nach Fehlern, Fehlerfolgen und Fehlerursachen
- **Risikomatrix** – zur Visualisierung von Auftretenswahrscheinlichkeit und Bedeutung
- **Risikoidentifikation** – zur Sammlung von möglichen Fehlern
- **Risikoanalyse** – zur Bestimmung von Fehlerketten (Ursachen und Wirkungen)
- **Ishikawa-Diagramm** – zur Bestimmung von Fehlerursachen

Praxistipps

- Starten Sie die FMEA so früh wie möglich im Entwicklungsprozess, um Risiken möglichst früh und somit kosten- und ressourceneffizient zu vermeiden (siehe **Zehnerregel** für das Anwachsen von Fehlerkosten).
- Verankern Sie die FMEA in Ihrem Produktentstehungsprozess (PEP).
- Holen Sie die Mitwirkenden des FMEA-Projekts mit ins Boot, indem Sie diese vor Start über das Projekt informieren (z.B. in einer **Kick-Off-Veranstaltung**).
- Werden ähnliche Baugruppen immer wieder in anderen Produktvarianten eingesetzt, ist es verlockend, das jeweilige FMEA-Formblatt ohne Team und ausschließlich durch Übernahme der bestehenden Daten zu füllen. Die Datenübernahme kann zwar sinnvoll sein, dies muss jedoch immer im Team durchgeführt werden, da so am ehesten mögliche neue Fehlerketten und Risiken entdeckt werden.
- Die Kennzahlen B, A, und E werden immer subjektiv vergeben. Die Kennzahlen verschiedener FMEA-Projekte sind daher nicht direkt vergleichbar. Achten Sie aber als Moderator darauf, dass diese Kennzahlen innerhalb eines FMEA-Projekts für die verschiedenen Fehlerketten stimmig zueinander vergeben werden.

Varianten

Die FMEA unterscheidet zwei Hauptvarianten:

- **Produkt-FMEA:** Die Produkt-FMEA umfasst die System-FMEA, die das Zusammenspiel von Baugruppen in einem frühen Entwicklungsstadium untersucht, und die Design-FMEA (auch Konstruktions-FMEA), die die Auslegung der einzelnen Komponenten in einem konkreten Design betrachtet.
- **Prozess-FMEA:** Diese behandelt den Herstellprozess. Ziel der Prozess-FMEA ist es, alle Konstruktionsmerkmale eines Produkts hinsichtlich der geplanten Fertigungsprozesse zu analysieren.

Es gibt weitere kontextspezifische Varianten der FMEA. Einige davon sind:

- **Maschinen-FMEA (M-FMEA):** Die Maschinen-FMEA betrachtet Maschinen, die im Herstellprozess eingesetzt werden. Sie wurde durch die AIAG (Automotive Industry Action Group) im November 2001 offiziell definiert.
- **Hardware-FMEA:** Eine Hardware-FMEA hat zum Ziel, Risiken aus dem Bereich Hardware & Elektronik zu analysieren, zu bewerten und mit Maßnahmen abzustellen.
- **Software-FMEA:** Dies ist eine FMEA für Programmcode.

Anleitungen und Anwendungsbeispiele

- **Mit FMEA auf der sicheren Seite – ein Praxisbeispiel**
Methodenartikel – Ausgabe 11/2017 – von Dr. Christine Knorr
- **Funktionale Sicherheit – Herausforderung bei Entwicklungsprojekten**
Fachbeitrag – Ausgabe 07/2010 – von Dr. Pierre Metz
- **Mit QFD zur innovativen LED-Beleuchtung. Teil 2: Effizient das richtige Produkt spezifizieren**
Methodenartikel – Ausgabe 22/2015 von Dr. Christine Knorr
- **weitere Artikel ...**
(siehe unter: www.projektmagazin.de/methoden/fmea)

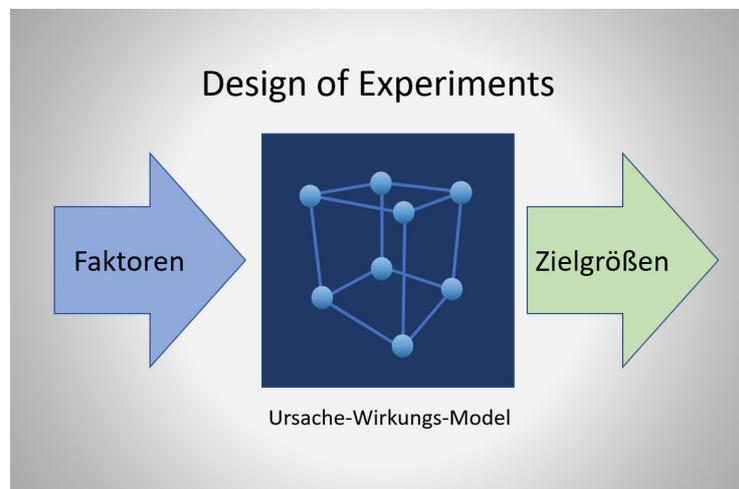
Herkunft

Die Methode geht zurück auf die 1949 in den USA veröffentlichte militärische Anweisung "MIL-P-1629 – Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis". In den sechziger Jahren wurde die FMEA in der Luft- und Raumfahrt sowie Kerntechnik angewandt, z.B. setzte die NASA die Methode bei den Apollo-Projekten ein. In den siebziger Jahren fand die Methode in der Automobilbranche breiten Einsatz. Heute findet die FMEA in sehr vielen Branchen Anwendung. Es gibt je nach Anwendungskontext vielfältige Richtlinien und Standards zur FMEA. Normiert ist die FMEA durch die zuletzt 2015 aktualisierte DIN EN 60812 "Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)".

Autorin

Dr. Christine Knorr
Erstellt am: 05.11.2017

Design of Experiments (DoE)



Design of Experiments (DoE, Statistische Versuchsplanung) ist eine effiziente Methode, um aus einer Vielzahl von Parametern die relevanten Einflussfaktoren für einen Prozess oder ein Produkt zu ermitteln. Mit Hilfe eines Versuchsplans werden diese Faktoren weitgehend unabhängig voneinander variiert, um deren Effekte auf die Zielgrößen und damit ein Ursache-Wirkungs-Modell abzuleiten. Bei der Auswertung wird abgeschätzt, ob sich alle angestrebten Ziele erreichen lassen oder ob z.B. bestimmte Zielvorgaben widersprüchlich sind. Die zielgerichtete visuelle Aufbereitung der Daten dient als Grundlage für weitere Entscheidungen.

Einsatzmöglichkeiten

- Entwicklung von Produkten und Prozessen
- Optimierung von Zielgrößen im Hinblick auf Ausbeute und Performance
- Identifizierung der optimalen Produktions-Einstellung, um Ausschuss zu reduzieren, Prozesse und Produkte sicherer zu machen, Kosten zu senken und die Qualität zu steigern
- Untersuchung und ggf. Behebung von Fehlern, deren Ursache nicht eindeutig bekannt ist ("Trouble Shooting")
- Analyse der Robustheit eines Systems gegen äußere Störgrößen
- Validierung von Prozessen durch ihre methodische Untersuchung

DoE ist eine fachlich sehr anspruchsvolle Methode, da die implementierte Statistik hinter den Berechnungen verstanden werden sollte. Ziel einer DoE-Investigation ist es, mit geringstem Aufwand ein Maximum an Information über die untersuchten Faktoren und deren Variation zu erhalten. Oftmals sind es jedoch nicht die Berechnungen und die

Analyse, sondern die Definition der Faktoren, die Planung und Durchführung von Versuchen sowie deren Bewertung, die viel Zeit in Anspruch nehmen. Auch wird häufig unterschätzt, dass die Versuche unter realen Bedingungen durchgeführt werden müssen und somit oftmals die Produktion steht, soweit keine Testanlagen vorhanden sind.

Der Aufwand hängt von der Komplexität des zu analysierenden Systems ab. DoE zielt zwar darauf ab, die Analyse und Modellierung eines Systems so einfach wie möglich zu halten, kann aber dennoch einen erheblichen Aufwand an Zeit und Ressourcen erfordern und den Charakter eines kleinen Projekts annehmen. Deshalb ist die Erstellung eines Business Cases für die Durchführung von DoE empfehlenswert (siehe Abschnitt "Benötigte Informationen").

Vorteile

- DoE reduziert den Aufwand für Versuche auf ein Minimum. Oft wird dadurch überhaupt erst die systematische Analyse multifaktorieller Systeme möglich.
- Die klar strukturierte Vorgehensweise reduziert den Zeitaufwand der sich ansonsten wiederholenden Besprechungen und Workshops.
- Aufwand und Kosten für die Untersuchung können sehr früh abgeschätzt werden.
- Fehlannahmen durch voreilige Schnellschüsse werden auf ein Minimum reduziert.
- Weitere, bisher nicht beachtete Faktoren können bei Versuchsdurchführung und Auswertung als wichtige Einflussgrößen identifiziert werden.
- Der ganzheitliche Ansatz deckt ggf. widersprüchliche Ziele auf und unterstützt bei der Lösungsfindung sowie dem Ableiten von Maßnahmen, wie z.B. Kompromisse, Einsparpotentiale oder Ausschussreduktion.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Grenzen des Machbaren werden lediglich aufgedeckt, oftmals sind für deren Überwindung andere Methoden erforderlich.
- Für ausschließlich qualitative Einflussfaktoren ist DoE nur eingeschränkt geeignet.
- Wenn die Faktoren in einem zu breiten Fenster untersucht werden, sind die Effekte oft höherer Ordnung, haben mitunter nichtlineare (quadratische oder kubische Effekte) oder es bestehen Wechselwirkungen zwischen den Faktoren. Werden diese Effekte nicht berücksichtigt, sind die Modelle oftmals nicht ausreichend aussagekräftig.
- Trotz Software-Unterstützung besteht die Gefahr, weniger relevante Faktoren aus der Problemformulierung zu untersuchen und damit die Effizienz der Methode zu reduzieren.

Ergebnis

- Dokumentation der Einflussfaktoren, Untersuchungen, Modellierungen und Analysen
- Ursache-Wirkungsmodell, das den Zusammenhang der Einflussfaktoren und Zielgrößen beschreibt
- Basis für anschließende, faktenbasierte Diskussionen und Einrichtung von nachvollziehbaren, klaren Entscheidungswegen

Voraussetzungen

- Gute, offene Teamarbeit, um innerhalb der Problemformulierung die richtigen Faktoren mit der angemessenen Variationsbreite für die anschließende Untersuchung zu definieren
- Einigkeit bei der Zieldefinition, z.B. mit Hilfe eines vereinbarten Business Cases. Oftmals verfolgen verschiedene Interessengruppen unterschiedliche und widersprüchliche Ziele. Eine gezielte Definition mit Priorisierung der Ziele erleichtert die spätere Konsensfindung.
- Das Umfeld muss es ermöglichen, dass die Versuchsreihe wie geplant durchgeführt werden kann. Zusätzliche Störeinflüsse, die durch unterbrochene oder sequenzielle Versuchsreihen auftreten können, sind mitunter schwer zu erfassen und zu analysieren.

Qualifizierung

Die statistische Versuchsplanung findet Verwendung in vielen Bereichen der Entwicklung und Verbesserung. Somit richtet sich die Methode an Techniker, Laborpersonal, Auditoren, Wissenschaftler und Ingenieure aus allen Bereichen der Industrie und Wissenschaft.

Mindestens eine Person im Entwicklungs- oder Optimierungsteam sollte eine Ausbildung für "Design of Experiments" haben. Sie muss dazu befähigt sein, dem Team verständlich zu erklären, wie sich ein Versuchsplan zusammensetzt und warum diese "scheinbar unstrukturierten" Versuche in Ihrer Gesamtheit die zielgerichtete Analyse ermöglichen.

Eine DoE-Ausbildung dauert je nach gewünschtem Umfang zwei bis drei Tage. Am dritten Tag geht es häufig um die anspruchsvolleren Themen wie Untersuchungen zur Robustheit unter Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeiten. Innerhalb der meisten Kurse werden die zum Verständnis der Methode erforderlichen statistischen Methoden wiederholt und im Zusammenhang dargestellt. Vorkenntnisse sind daher meist nicht erforderlich.

Innerhalb von zwei Tagen erlernen die Teilnehmer eigenständig, software-unterstützt kleinere Untersuchungen qualifiziert zu planen und durchzuführen. Falls Sie kein Mathematiker oder Statistiker sind, empfehle ich Ihnen, die umfangreiche DoE-Statistik nicht selbst z.B. in Excel, R oder Python abzubilden.

Oftmals finden Einführungen in die statistische Versuchsplanung innerhalb von "Design-for-Six-Sigma"-Schulungen statt. Diese sind zwar meist rudimentär, werden aber durch andere Aspekte wie begleitende Methoden zum Auffinden der richtigen Faktoren oder Qualifizierungspfaden für die Messmittelanalyse bereichert.

In manchen Fällen bietet es sich an, Experten hinzuzuziehen, wie z.B.:

- Wenn die Versuchsplanung nur sporadisch benötigt wird,
- sehr viele Einflussgrößen untersucht werden sollen,
- die Kosten für Versuche und die Zeit sehr kritisch wird
- oder wenn die Situation im Team festgefahren ist und es notwendig ist, neue Fragen zu stellen.

In diesen Fällen sollte ein erfahrener Versuchsplaner hinzugezogen werden. Dies kann von Vorteil sein, da dieser meist die Problemformulierung aufgrund des geringeren Tunnelblicks und möglicher Spannungen im Team differenziert und offener angehen kann. In der Regel umfasst diese Begleitung inklusive des Wissenstransfers zwei bis drei Personentage, da der Versuchsplaner nicht zwangsläufig bei aufwendigen, über einen längeren Zeitraum verteilten Versuchen das Team vor Ort begleiten muss.

Benötigte Informationen

- Fachexpertise des Product bzw. Process Owners oder der Mitarbeiter, die den Prozess oder das Produkt betreuen
- Business Case für das mit DoE durchzuführende Optimierungsprojekt. Darin sollten die folgenden Themen berücksichtigt werden: die mit DoE zu behandelnde Problemformulierung, Nutzen, Chancen, Risiken, Umfang, Team, Zeitplan, Ressourcen und Budget.

Benötigte Hilfsmittel

- Ausreichend großer Besprechungsraum
- Arbeitsflächen wie Flipchart, Whiteboard oder Pinnwände. Entsprechende Moderationsmaterialien wie Haftnotizen, Moderationskarten, Filzstifte, Pinn-Nadeln usw.
- Für DoE geeignete Statistik-Software zur Erstellung der Versuchspläne und deren Auswertung (siehe Durchführung, Abschnitt "Software für DoE"). Die Abarbeitung der Versuche erfolgt meist über ausgedruckte Versuchspläne.
- Die jeweils spezifisch erforderliche Ausrüstung zur Durchführung der Versuche. Versuche können nur dann erfolgreich in Wissen transferiert werden, wenn deren Ergebnisse in hoher Güte messbar sind. Deshalb sollten auch die Überprüfung der Prüfmittel und ihre Verfügbarkeit gut geplant und sichergestellt sein.

Durchführung

- Software für DoE
- Schritt 1: Formulieren Sie das Problem im Team!
- Schritt 2: Erstellen Sie den Versuchsplan!
- Schritt 3: Führen Sie die Versuche durch!
- Schritt 4: Analysieren Sie die Rohdaten!
- Schritt 5: Erstellen Sie eine Ursache-Wirkungs-Modellierung!
- Schritt 6: Bewerten Sie das Modell!
- Schritt 7: Arbeiten Sie mit dem Modell!
- Weiterverwendung des Modells
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Systeme aller Art – egal ob es sich um Prozesse, Organisationen, technische Produkte oder anderes handelt – werden in der Praxis stets von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Oft ist aber nicht vollständig bekannt, welchen Einfluss ein einzelner Faktor oder die Faktorwechselwirkungspaare genau haben und wie stark sie das System beeinflussen. Um Systeme zu optimieren, z.B. hinsichtlich Fehlerfreiheit oder Durchsatz, werden deshalb zuerst diese Einflussfaktoren analysiert.

Auf keinen Fall sollte man Verfahren wie COST ("Change one Setting at a Time") oder OVAT ("One Factor at a Time") benutzen, in denen grundsätzlich immer nur ein Faktor variiert wird. Dies begründet sich darin, dass die jeweiligen Faktoren immer nur unter stationären Rahmenbedingungen untersucht werden. Ihr Einfluss kann somit nicht über den gesamten Versuchsraum unabhängig von den anderen Faktoren ermittelt werden, auch Wechselwirkungen mit anderen Faktoren werden dadurch häufig vernachlässigt. Bei DoE hingegen werden alle Faktoren strukturiert simultan in den Versuchen variiert, um deren jeweiligen Effekt unabhängig von den anderen Faktoren im gesamten Versuchsraum zu bestimmen.

Design of Experiments (DoE) wurde explizit dafür entwickelt, den Einfluss von vielen Faktoren in einem System möglichst schnell und strukturiert zu analysieren. Mit DoE ist es möglich, eine nahezu beliebige Anzahl von Faktoren auf ihre Wirkung für mehrere Zielgrößen zu untersuchen. Zudem bietet DoE auch die Möglichkeit, die meist unterschätzten Wechselwirkungen zwischen den Variablen gezielt zu untersuchen.

Der Einsatz von DoE erfolgt in mehreren Abschnitten. Am Anfang stehen meist die Definition und Formulierung des Problems im Team. Dabei werden die entscheidenden Faktoren und Zielgrößen bestimmt. Im Anschluss wird diese Information – meist software-gestützt – in einen abzuarbeitenden Versuchsplan überführt. Sind die Versuche durchgeführt und vermessen sowie bewertet, kann mit Hilfe spezieller DoE-Software ein Ursache-Wirkungs-Modell berechnet werden. Durch Visualisierungen – wie z.B. Prozesslandkarten – werden

Grenzen und Möglichkeiten des Produkts oder Prozesses aufgezeigt. Diese helfen in anschließenden Meetings dabei, auf Basis der aufbereiteten Ergebnisse Entscheidungen zum weiteren Vorgehen abzuleiten.

Im Rahmen dieser Methodenbeschreibung kann lediglich das grundlegende Vorgehen sowie der Rahmen für den Einsatz von DoE beschrieben werden. Die zugrundeliegenden statistischen Zusammenhänge und Details insbesondere der Auswertung und Modellbildung können hier nicht ausführlich dargestellt werden. Diese können entweder im Rahmen einer spezifischen Ausbildung oder über entsprechende Literatur erworben werden. Eine ausführliche Darstellung von DoE findet sich z.B. in: Kleppmann, Wilhelm: "Versuchsplanung: Produkte und Prozesse optimieren (Praxisreihe Qualität)", Carl Hanser Vlg., 9. überarbeitete Aufl., 2016.

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird im Folgenden nur noch die grammatikalisch männliche Form (Teilnehmer, Mitarbeiter, Qualitätsmanager usw.) verwendet. Es sind dabei aber stets Personen jeden Geschlechts gemeint.

Software für DoE

Die wichtigste Rolle der Software innerhalb der Versuchsplanung ist die Übernahme von sich wiederholenden aufwendigen Rechenoperationen. Diese umfassen die Rahmenbedingungen zur Erstellung des Versuchsplans in Abhängigkeit der Faktordefinition und die Modellierung von Ursache-Wirkungs-Modelle. Zudem unterstützt die Software bei der Beurteilung von Daten z.B. hinsichtlich ihrer Verteilung und bei der Erkennung von Ausreißern. Die Erstellung eigener Vorlagen für diese Verfahren ist sehr aufwendig und fehleranfällig. Auch wird eine eigene Software-Entwicklung / Programmierung und Validierung für automatisierte Abläufe oder gar Visualisierung sowie höherer statistische Auswertung schnell komplex (z.B. Mehrgrößoptimierung, Monte Carlo Simulationen). Oftmals wird der Aufwand für die Validierung der Software unterschätzt und deren Übertragbarkeit für andere Fragestellungen überschätzt.

Die Palette der Software reicht von frei verfügbaren Skripten und Programmen bis hin zur Software mit Siegel "FDS Part 11 approved". Eine aktuelle Übersicht mit Leistungsspektrum bietet Kleppmann, 2016 (s.o.). Auch eine Recherche bei Wikipedia zu nicht kommerziellen Produkten ist eine Möglichkeit. Bevor Sie sich jedoch für eine Software entscheiden, lohnt es sich, einen Berater hinzuzuziehen, der Ihre Anforderungen möglichst unabhängig abstimmen kann. Die Beispiele und Darstellungen in diesem Artikel wurden mit der Software MODDE v.12.1 von Umetrics erstellt, diese Software konzentriert sich ausschließlich auf den DoE-Bereich und bietet für die Abarbeitung reichlich Unterstützung.

Schritt 1: Formulieren Sie das Problem im Team!

Die treffende Formulierung des zu behandelnden Problems bestimmt den Erfolg der Versuchsplanung, da hierbei die entscheidenden Rahmenbedingungen und Prioritäten beschlossen werden. Deshalb ist es wichtig, bei der Problemformulierung das ganze Team einzubinden, um die gesamte Expertise und alle Perspektiven auf die zu betrachtende Situation einzubeziehen.

Führen Sie hierzu einen Workshop mit dem Team durch. Bei Bedarf können Sie dafür die Methode **Workshop** verwenden.

Erläutern Sie den Teammitgliedern zunächst die bevorstehende Aufgabe und welche Beiträge zum Gelingen der Versuchsdurchführung sie leisten sollen. Machen Sie allen verständlich, dass nur eine qualitativ hochwertige Versuchsdurchführung mit messbaren Ergebnissen bzw. mit feingranularer Beurteilung zu einem guten Modell führen kann. Dies ist entscheidend für den Erfolg von DoE.

Die Problemformulierung besteht grundsätzlich aus folgenden Elementen:

- Liste der Einflussfaktoren und deren zu untersuchenden Variationsbereichen
- Liste der zu messenden Zielgrößen und ihrer Zielbereiche
- Hypothesen über die Zusammenhänge von Einflussfaktoren und Zielgrößen sowie über Wechselwirkungen der Faktoren untereinander.

Je nach Zielsetzung bzw. Aufgabenstellung sind unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Problemformulierung sinnvoll:

- Bei Fehleranalyse bzw. Trouble-Shooting werden Einflussfaktoren identifiziert und ihre Bedeutung jeweils generell hinterfragt. Einzusetzende Methoden sind z.B.: Mind Mapping, Ishikawa-Diagramm, SIPOC, Zwerg-Modell (aus TRIZ), SCAMPER.
- In der Entwicklung wird nach bestimmenden Faktoren gesucht, ohne dass deren Variationsbereich bekannt ist. Einzusetzende Methoden sind z.B.: Kraftfeldanalyse, Affinitätsdiagramm, Mind Mapping, Ishikawa-Diagramm, Clusteranalyse.
- Bei einer Optimierung sind die Faktoren meistens bekannt. Hinterfragt wird, wie sie die verschiedenen Zielgrößen beeinflussen oder ob sie sogar in Widerspruch zu ihnen stehen. Einzusetzende Methoden sind z.B.: Zwerg-Modell, Ishikawa-Diagramm, Mind Mapping, Data Mining, Triz
- Bei einer Robustheitsprüfung wird hinterfragt, ob die definierte Qualität des Produkts oder Prozesses aufgrund einer natürlich anzunehmenden Variation der Faktoren beeinflusst wird. Einzusetzende Methoden sind z.B.: Ablaufdiagramme, SIPOC, Störgrößen-Analyse, Analyse der "Standard Operating Procedures", Multivariate Data Analysis von Qualitätsdaten z.B. aus der Wareneingangskontrolle.

Beispiel: Spielzeugkatapult mit Einstellmöglichkeiten

Zur Illustration des Vorgehens bei DoE dient ein scheinbar einfaches Spielzeugkatapult aus Holz (Bild 1), bei dem eine Reihe von Parametern variierbar ist, wie z.B. Anschlagpunkt des Wurfarms, Position des Ballkorbs, Vorspannung des Gummibandes und die Art des Balls. Die zu optimierende Zielgröße ist die einstellbare Reichweite des Katapults.

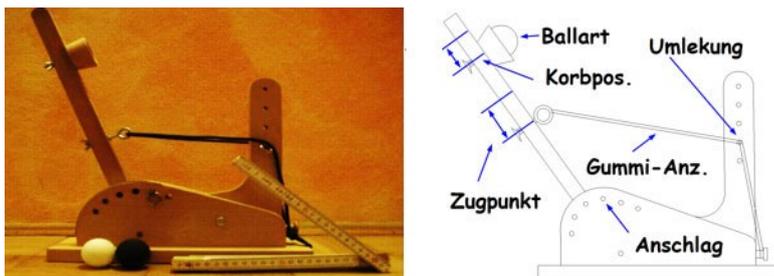


Bild 1: Spielzeugkatapult aus Holz mit Einstellmöglichkeiten: links Original, rechts Konstruktionsskizze mit Erläuterungen

Mit Hilfe von Mind Mapping wurden die in Bild 2 gezeigten Einflussfaktoren identifiziert, die zur Versuchsplanung herangezogen werden können.

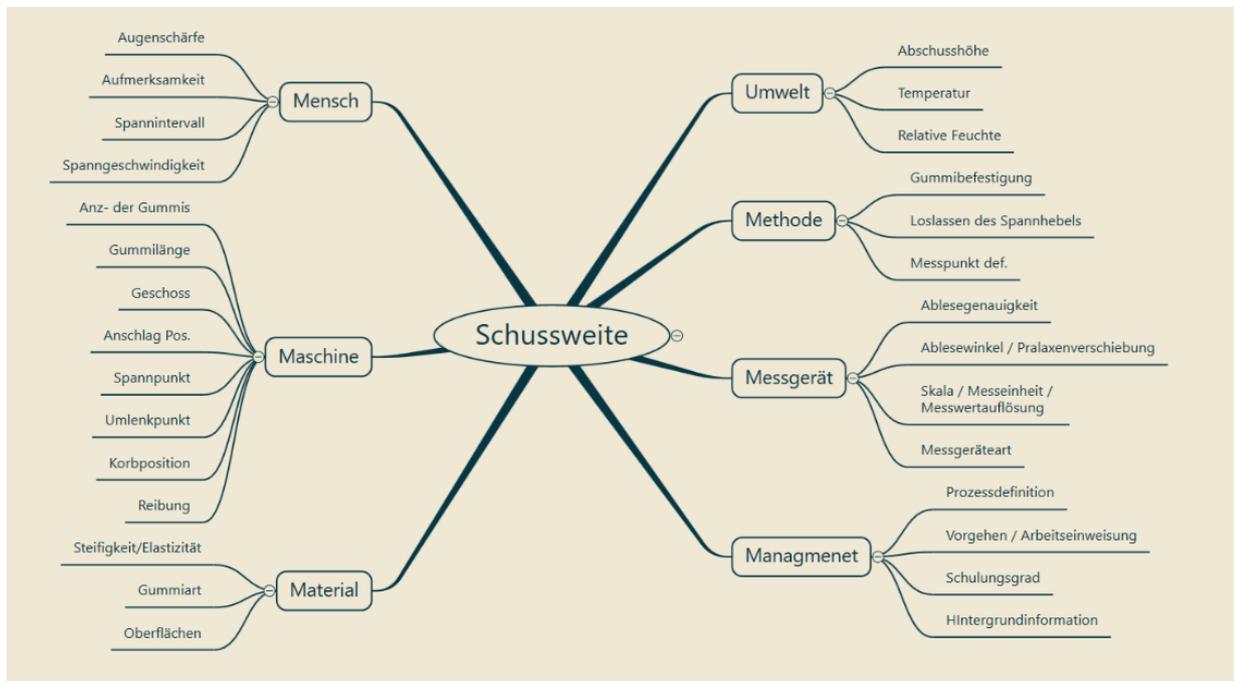


Bild 2: Identifizierte Einflussfaktoren auf die Reichweite des Katapults

Bereits an einem so "trivialen" Beispiel eines Holzkatapults ist schnell ersichtlich, dass die Anzahl der Faktoren schnell enorme Ausmaße annehmen kann. Um die Anzahl der Faktoren auf ein vernünftiges Maß zu reduzieren, benötigt man Werkzeuge zur Priorisierung. Die einfachste Möglichkeit ist das Multi-Voting, bei dem jeder Teilnehmer eine bestimmte Anzahl von Punkten erhält und diese an die für ihn wichtigsten erscheinenden Faktoren vergibt. Die Faktoren mit den meisten Punkten werden dann für die Analyse verwendet. Jedoch ist hier Vorsicht geboten, wenn sich die Teilnehmer auf die am einfachsten zu beherrschenden Faktoren stürzen. Hierbei bietet sich der **Paarweise Vergleich** an als eine einfache, systematische Methode. Aufwendig, aber für anspruchsvolle Systeme empfehlenswert, ist der Analytisch Hierarchische Prozess (AHP).

Das Katapult-Beispiel verwende ich in Vorlesungen und Trainings. Die Teilnehmer haben dabei die Möglichkeit, methodisch die Faktoren zu finden und deren Variationsbreite zu bestimmen. Nach dem Training wird diese Auswahl reflektiert, um für die anschließende Praxis das Bewusstsein zu schaffen, dass mitunter auch die falschen Faktoren oder die richtigen Faktoren im falschen Variationsraum untersucht werden können. Wie auch bei anderen Methoden bewirkt meist der praktische Teil des Trainings die höchste Identifikation der Teilnehmer mit der Methode. Zudem wirken Beispiele wie beim "Storytelling" so nach, dass das Wissen noch Jahre später mit den praktischen Versuchen nachhaltig verknüpft ist.

In Bild 3 sind die priorisierten zu variierenden Faktoren rot eingefärbt. Für die blauen Faktoren gab es entweder Vorgaben oder zusätzliche Angaben.

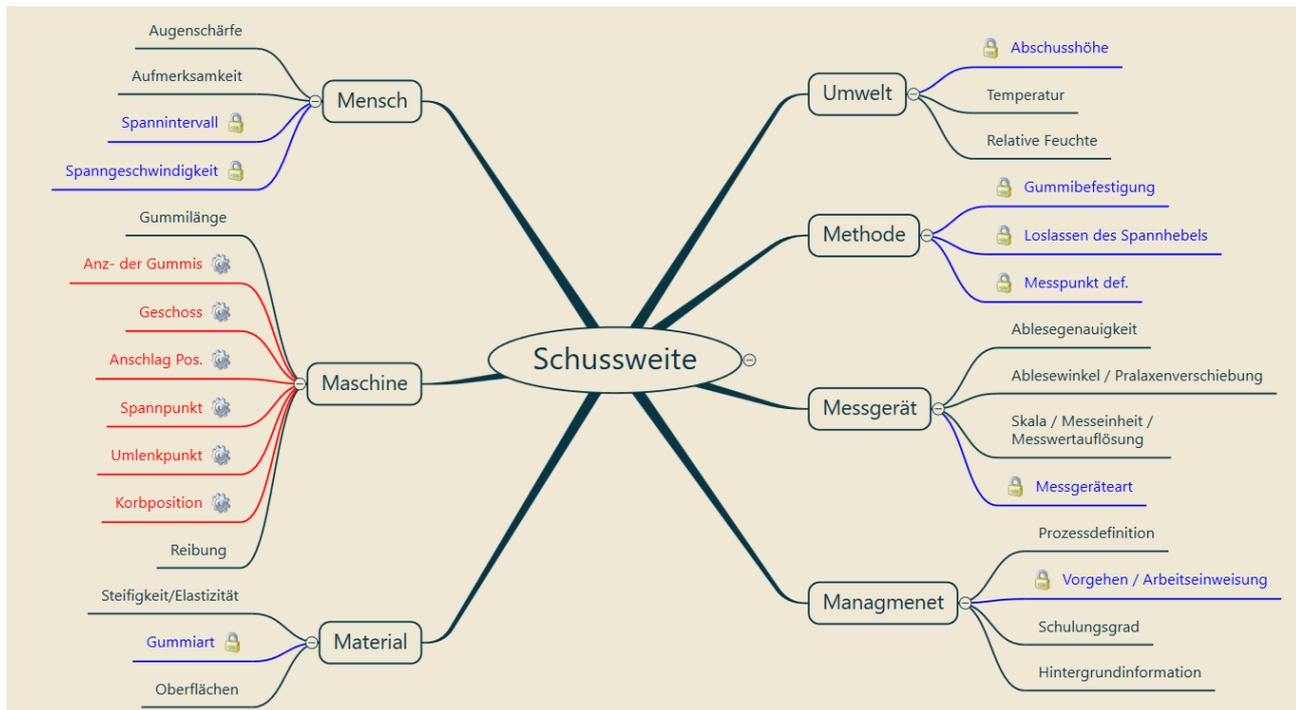


Bild 3: Priorisierte Faktoren für die Untersuchung

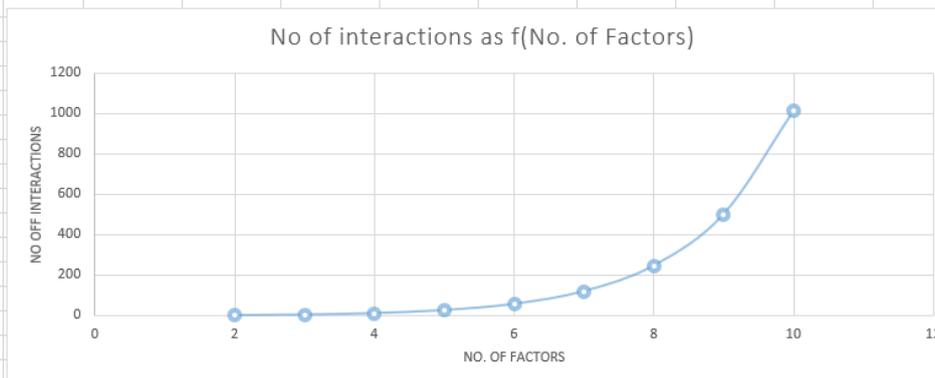
Schritt 2: Erstellen Sie den Versuchsplan!

Der Versuchsplan wird in der Regel von einem geschulten Mitarbeiter mit einer Statistik-Software erstellt, die für DoE geeignete Funktionen hat. Die DoE-Schulung (siehe Abschnitt "Qualifikation") befähigt den Mitarbeiter, mit den gegebenen Faktoren den effizientesten Versuchsplan zu erstellen. Einige Softwarepakete verfügen über ein breites Spektrum verschiedenartiger Designs, die je nach Art der Faktoren zum Einsatz kommen können. Im Folgenden werden jedoch bewusst die beiden leichter verständlichen "vollfaktoriellen" und "teilkfaktoriellen" Designs exemplarisch besprochen.

Bei bis zu ca. vier Faktoren sind sog. "vollfaktorielle" Versuchspläne eine gute Wahl, um lineare, nichtlineare und Wechselwirkungseffekte der Faktoren auf die Zielgröße hin zu bestimmen. "Vollfaktoriell" bedeutet, dass tatsächlich alle Faktoren und ihre möglichen Kombinationen untersucht werden. Der Aufwand für vollfaktorielle Versuchspläne steigt allerdings exponentiell mit der Anzahl der Faktoren an (siehe Bild 4).

Deshalb werden mit steigender Anzahl von Faktoren die weniger signifikanten Wechselwirkungen (größer zweifach) nicht berücksichtigt. In "teilkfaktoriellen" Versuchsplänen verzichtet man teilweise oder vollständig auf Wechselwirkungen, in denen mehr als zwei Faktoren involviert sind. Manche Softwareprodukte erkennen die Faktorbeschaffenheit und können je nach Faktorarten die effizientesten Designs vorschlagen.

Anz Fak n	Wechselwirkung Grad k									Anz-WW
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	1	---	---	---	---	---	---	---	---	1
3	3	1	---	---	---	---	---	---	---	4
4	6	4	1	---	---	---	---	---	---	11
5	10	10	5	1	---	---	---	---	---	26
6	15	20	15	6	1	---	---	---	---	57
7	21	35	35	21	7	1	---	---	---	120
8	28	56	70	56	28	8	1	---	---	247
9	36	84	126	126	84	36	9	1	---	502
10	45	120	210	252	210	120	45	10	1	1013



$$\text{Anzahl der Wechselwirkungen ohne Wiederholung} = \frac{\text{Anz.der Faktoren!}}{\text{Grad der Wechselwirkung!} \cdot (\text{Anz. der Faktoren} - \text{Grad der Wechselwirkung})}$$

Bild 4: Anzahl der möglichen Wechselwirkungen in Abhängigkeit von der Anzahl der Faktoren

Der denkbar einfachste Versuchsplan ist der vollfaktorielle mit zwei Faktoren. Hierbei wird der zu variierende Wertebereich jedes Faktors auf zwei normiert (-1 bis 1). Daraus ergibt sich eine Variationsbreite auf zwei Level ("-1" und "+1") sowie den Mittelwert ("0"); im Folgenden werden nur die Vorzeichen (d.h. "+" und "-") zur Bezeichnung der Levels verwendet.

Sind mehr als zwei Faktoren im Spiel, so wird bei vollfaktoriellen Design-Versuchsplänen (VFD) nach demselben Schema vorgegangen (Bild 5). Allerdings führt dies bei einer höheren Anzahl von Faktoren schnell zu einer sehr hohen Anzahl von Versuchen, weshalb man teilfaktorielle Design-Versuchspläne (TFD) verwendet.

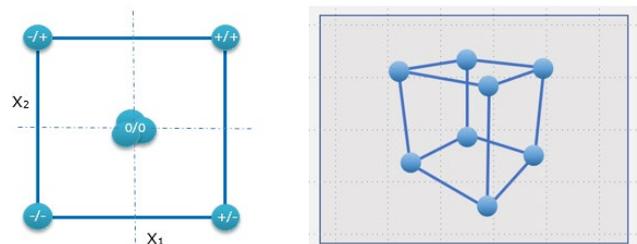


Bild 5: Vollfaktorielles Design – links mit zwei, rechts mit drei Faktoren visualisiert

Die Grundlage der meisten einfachen Versuchspläne sind in der Regel vollfaktorielle Designs. Doch nicht jeder Experimentator möchte alle Effekte aller Faktoren von Anfang an allumfänglich mit einer hohen Anzahl von Experimenten untersuchen. Aus diesem Grund können Wechselwirkungen, wie z.B. "x1×x2×x3" in unserem 3-Faktor-Beispiel, herangezogen werden, um die Versuche in Gruppen (Fraktionen) von vier Experimenten zu unterteilen. Diese Gruppen ermöglichen es, die Versuche so zu reduzieren, dass z.B. nur die linearen Effekte der Faktoren untersucht werden können. Diese Vorgehensweise ist sehr sinnvoll, wenn nicht sicher ist ob:

1. die richtigen Faktoren gewählt wurden und
2. diese auch im richtigen Variationsbereich untersucht werden.

Die Aufteilung des VFD in ein TFD bietet somit die Möglichkeit, vorab zu untersuchen, ob man die richtigen Faktoren im richtigen Bereich untersucht hat. Liegen z.B. noch Wechselwirkungen oder nichtlineare Effekte vor, so ist es leicht, den vorab weggelassenen, komplementären Bereich nachzuarbeiten. In Fällen, in denen die Zusammenhänge jedoch rein linear sind, ist dies nicht erforderlich und man spart somit Zeit, Ressourcen und Geld.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Experimente mit mittlerer Einstellung "0" dienen der Einschätzung der Wiederholgenauigkeit, da hier nach Möglichkeit dreimal das gleiche mit den gleichen Rohstoffen, den gleichen Prozessen, Mitarbeitern und Messsystemen wie auch Methoden beurteilt worden ist. In der grafischen Darstellung (Bild 6) sind diese Experimente aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Faktoren			Wechselwirkung	Komplementäres Design Set
X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ * X ₂ * X ₃	Set
2 ²	2 ¹	2 ⁰		
-	-	-	-	grün
-	-	+	+	blau
-	+	-	+	blau
-	+	+	-	grün
+	-	-	+	blau
+	-	+	-	grün
+	+	-	-	grün
+	+	+	+	blau
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
Center Points / mittlere Einstellung				

Tabelle 1: Ableitung teilfaktorieller Versuchsplanung aus einer vollfaktoriellen mit drei Faktoren

Für kleine Versuchsumfänge ist es sehr einfach, die Versuchspläne ohne Statistik-Software zu erstellen. Lediglich die mathematischen Hürden in der manuell durchgeführten Interpretation können schon mal eine Herausforderung sein. In der Regel werden hier die Effekte der Faktoren durch eine Varianzanalyse (Analysis of Variance = ANOVA) hinterfragt und auf Signifikanz geprüft. Möchte man die Informationen adäquat und valide aufbereiten, stößt man mit Tabellenkalkulationsprogrammen möglicherweise schnell an Grenzen.

Mit einer DoE-Software ist es recht einfach, einen Versuchsplan nach Design zu erstellen: Zuerst werden die Faktoren mit Ihren Wertebereichen und Ihrer Definition (qualitativ, quantitativ, quantitativ Multi Level) erfasst. Nachdem zumindest eine Zielgröße erfasst ist, schlagen die meisten Softwarepakete mögliche Designs vor. Nach Wahl des Designs wird der Versuchsplan von der Software erstellt. Die Designs und Gestaltungsmöglichkeiten für die Versuchspläne unterscheiden sich bei den Softwarepaketen z.T. erheblich.

! Natürlich kommt es vor, dass Einstellungen, wie sie aus dem Versuchsplan vorgegeben werden, nicht praktisch umgesetzt werden können. Dies kann in der Einstellmöglichkeit an der Maschine oder der Auflösung eines Messgerätes begründet sein. In jedem Fall ist es wichtig, dass die Einstellungen, die dem realen Versuch zu Grunde lagen, in der Software erfasst werden. Denn nur so können gute Ursache-Wirkungs-Modelle berechnet werden. Dies ist möglich, da bei der Berechnung der Regressionen gängige Methoden wie die Methode der kleinsten Quadrate benutzt werden, um eben mit diesen Abweichungen umgehen zu können.

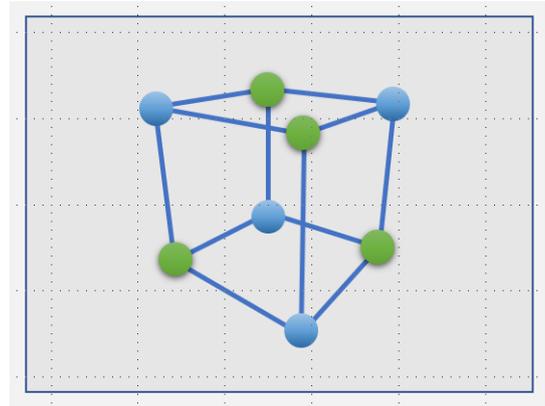


Bild 6: Teilfaktorielles Design für drei Faktoren mit je 2 Gruppen (blau, grün)

Versuche an sich können sehr unterschiedlich definiert sein, z.B. können biopharmazeutische Prozesse, in denen Proteine gezüchtet werden, 20 Tage pro Versuch in Anspruch nehmen. Wohingegen die Einstellung einer Ultraschallschweißmaschine inkl. der Einstellung und dem Schweißprozess oft nur wenige Minuten dauert. Belegungsplan der Maschinen und Messvorrichtungen, Bereitstellung von Verbrauchsmaterialien inkl. Haltbarkeit, Kosten und Zeitaufwand können somit extrem unterschiedlich ausfallen und eine dementsprechend aufwendige und disziplinierte Planung erfordern.

Zur besseren Vorstellung eines Versuchsplans anbei der erste Teil des Katapultversuchsplans (Bild 7). Auch wenn die Normierung der Faktoren von -1 bis +1 im Hintergrund der Software stattfindet, werden für den Benutzer der Softwarepakete stets die Werte zum besseren Verständnis real und nicht skaliert angezeigt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Exp No	Exp Name	Run Order	Incl/Excl	Korb	Gummi	Anschlag	Zug	Umlenk	Ball	\$Block	Reichweite
1	1	N1	1	Incl	1	1	2	1	2	schwarz	-1	0,91
2	2	N2	19	Incl	3	1	2	1	4	schwarz	-1	1,82
3	3	N3	11	Incl	1	3	2	1	4	weiß	-1	4,17
4	4	N4	18	Incl	3	3	2	1	2	weiß	-1	3,98
5	5	N5	5	Incl	1	1	4	1	4	weiß	-1	2,14
6	6	N6	6	Incl	3	1	4	1	2	weiß	-1	2,3
7	7	N7	2	Incl	1	3	4	1	2	schwarz	-1	5,74
8	8	N8	15	Incl	3	3	4	1	4	schwarz	-1	9,2
9	9	N9	4	Incl	1	1	2	3	2	weiß	-1	1,11
10	10	N10	8	Incl	3	1	2	3	4	weiß	-1	2,54
11	11	N11	13	Incl	1	3	2	3	4	schwarz	-1	6,94
12	12	N12	14	Incl	3	3	2	3	2	schwarz	-1	8,38
13	13	N13	16	Incl	1	1	4	3	4	schwarz	-1	3,27
14	14	N14	3	Incl	3	1	4	3	2	schwarz	-1	3,08

Bild 7: Versuchsplanung für das Katapult

Schritt 3: Führen Sie die Versuche durch!

Planen Sie die Versuche so, dass sie möglichst störungsfrei abgearbeitet werden können. Erfassen Sie mögliche bekannte Störgrößen quantitativ, sodass diese später ebenfalls auf ihren Trend hin untersucht werden können. Falls Sie die umfangreicheren Versuche nicht in einem Rutsch abarbeiten können, können Sie die

Versuche blockweise durchführen. "Blocking" kann auch dazu verwendet werden, um die Qualität der Versuchsreihen miteinander zu vergleichen. Dabei werden die Versuche in Gruppen zusammengefasst, die eine Vorauswertung ermöglichen noch bevor die gesamte Versuchsserie durchgeführt wurde.

Planen Sie in den Versuchsablauf auch Wiederholungsversuche (Replikate) in zufälliger Abfolge ein. Dies hat sich als vorteilhaft erwiesen, um systematische Fehler zu analysieren. Bei der anschließenden Analyse liefern die Replikate eine Aussage darüber, wie gut sich ein Versuch unter gleichen Bedingungen (gleiche Rohstoffe, Maschine, Maschinenführer, Probenzug, Umgebungsbedingungen ...) reproduzieren lässt. Gängige Softwarepakete unterstützen Sie bei der Randomisierung der Versuchsabfolge.

Beispiel: Definierte Rollen erleichtern die Versuchsdurchführung

Für unser Beispiel werden die Studenten angewiesen, innerhalb der Teams Kommilitonen zu bestimmen, die für die verschiedenen Bereiche der Versuchsdurchführung zuständig sind. Diese sind z.B.: "Vorgabe der Einstellungen", "Einrichter des Katapults", "Bediener", "Qualitätsmanager", "Verantwortlich für Dokumentation" und natürlich "Messtechniker". Durch die Zuweisung der Rollen kann sich jeder auf seinen Beitrag konzentrieren, während die Auswertung dann wieder im Team vonstattengehen kann.

Schritt 4: Analysieren Sie die Rohdaten!

Die anschließende Modellierung des Systems kann nur so gut sein wie die Datenqualität aus den Versuchen. Deshalb ist es wichtig, die Qualität der Rohdaten sorgfältig zu überprüfen. DoE-Software liefert hierfür drei grundlegende Funktionen: Replikat-Plots, Histogramme und Korrelationsmatrizen.

Sollte sich dabei herausstellen, dass die Rohdaten nicht die erforderliche Qualität für eine aussagekräftige Auswertung haben, muss überprüft werden, ob weitere Faktoren hinzugenommen werden müssen, oder der Wertebereich der Faktoren angepasst werden muss. Sollten die Probleme mit einer Anpassung der Faktoren lösbar sein, so kann das ursprüngliche Design je nach Software neu skaliert werden oder muss ggf. neu aufgesetzt werden. Erfahrene Versuchsplaner oder gute Software ermöglichen das Einbinden von bereits durchgeführten Versuchen.

Replikat-Plots zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit

Mit Replikat-Plots stellen Sie die Wiederholgenauigkeit der Replikat-Experimente ins Verhältnis zur Gesamtvariation aller Experimente. Bild 8 zeigt die Abweichungen der einzelnen Messungen eines gesamten Versuchsablaufs. Die blau gekennzeichneten Punkte sind die Ergebnisse wiederholter Experimente. Weichen wiederholte Messungen voneinander zu stark ab, ist dies ein Hinweis auf nicht berücksichtigte Einflussfaktoren. Wenn die Wiederholgenauigkeit der Replikat-Experimente mehr als zwanzig Prozent der gesamten Variation innerhalb der Versuchsplanung beträgt, so sind meiner Erfahrung nach die Ergebnisse in Frage zu stellen. Hierbei sollten zudem der Einfluss von Faktoren hinterfragt werden, die nicht berücksichtigt wurden.

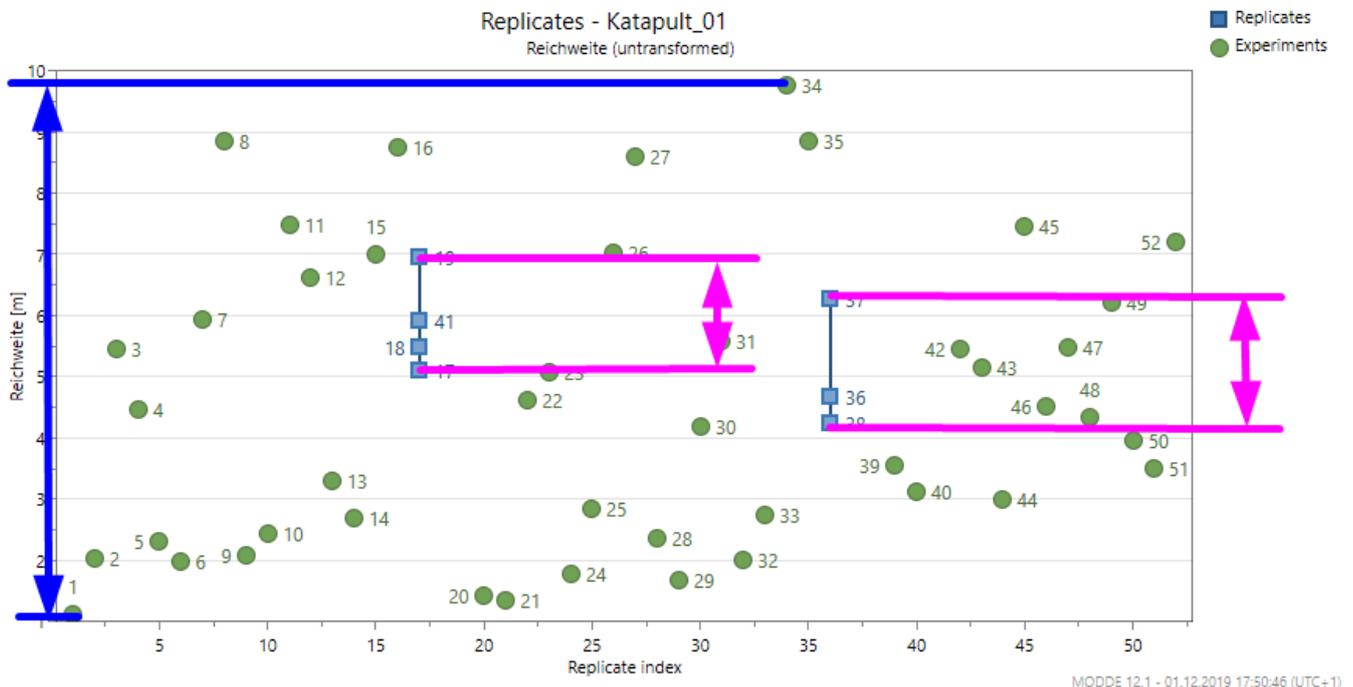


Bild 8: Abweichungen der Messwerte von ihren Vorhersagewerten mit Replikate-Messungen

Sollte die Reproduzierbarkeit eine zu große Variation gegenüber der gewollten Variation der Experimente einnehmen, so kann dies mehrere Ursachen haben:

Meiner Erfahrung nach sind mehr als 80% der Ursachen Eingabefehler: fehlerhaftes Kopieren, Zahlendreher oder versehentliche Zeilensprünge. Kann all dies ausgeschlossen werden, muss davon ausgegangen werden, dass zusätzliche Störeinflüsse/Faktoren einen Einfluss auf den Ausgang der Experimente haben. Die Lösung wird also keinesfalls aus der Interpretation mittels der Software abgeleitet werden können. Vielmehr muss sich das Team Gedanken machen, was schiefgelaufen sein könnte. Oftmals können Denkblockaden reduziert werden, indem Fragen bewusst anders gestellt werden, wie z.B.: Wo könnte jemand manipuliert oder sabotiert haben, ohne dass es einer merkt?

Sind diese Störfaktoren gefunden, so ist es sinnvoll, die Versuche zu überdenken und den Versuchsplan und die Durchführung anzupassen.

Histogramme zur Überprüfung der Gleichverteilung

Um die Zuverlässigkeit der Modelle beurteilen zu können, ist neben der Analyse der Replikate auch die Verteilung der Ergebnisdaten von Bedeutung. Hierfür werden aus den Ergebnisdaten Histogramme (Bild 9, oben) oder Box-Plots (Bild 9, unten) erstellt. Durch die grafische Analyse der Plots sind z.B. Schiefe oder Abweichungen von der Normalverteilung besser erkennbar. Sind die Daten schiefverteilt (Histogramm, links) so empfiehlt es sich die Daten zu transformieren (Histogramm rechts). Die Box-Plots (Bild 9, unten) zeigen intuitiver die Verteilung der Messwerte um den Median (horizontale Linie). Die Box unterhalb des Medians zeigt den Bereich des ersten Quartils, die Box oberhalb den des dritten Quartils. Die meisten Softwarepakete unterstützen dieses Vorgehen sehr elegant. Eine Transformation kann helfen, die nichtlinearen Verteilungen der

Ergebnisse zu transformieren, um sie mit den Methoden der multiplen linearen Regression besser in Ursache-Wirkungs-Modelle zu überführen.

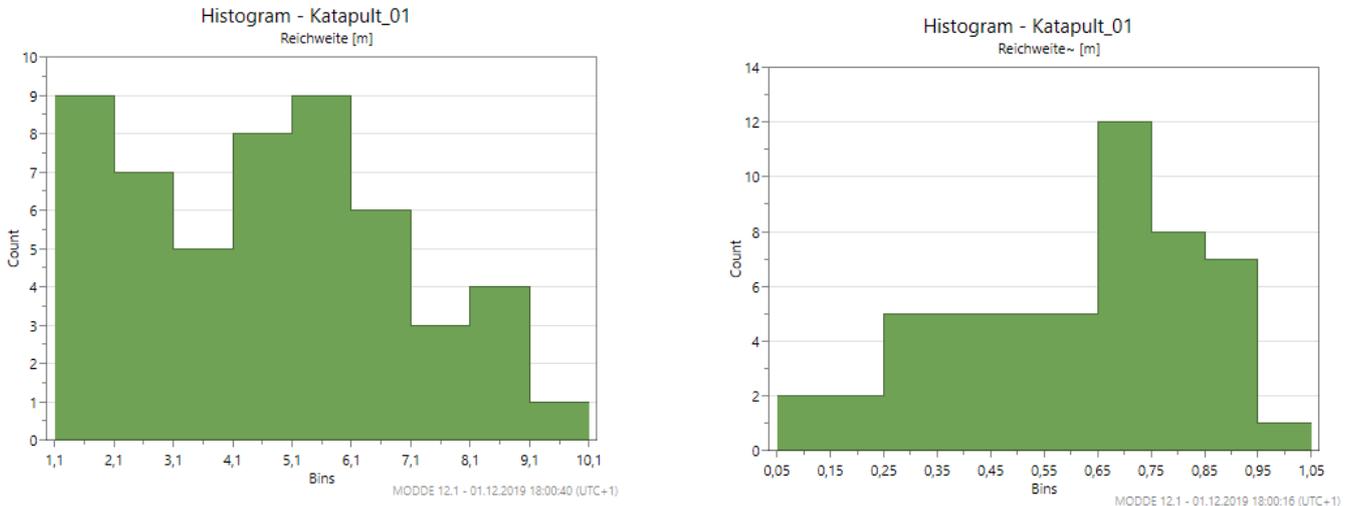


Bild 9: Häufigkeitsverteilung der Abweichungen nicht transformiert (links schief) und log. transformiert (rechts, eher normalverteilt). Oben als Histogramm, unten als Box-Plot.

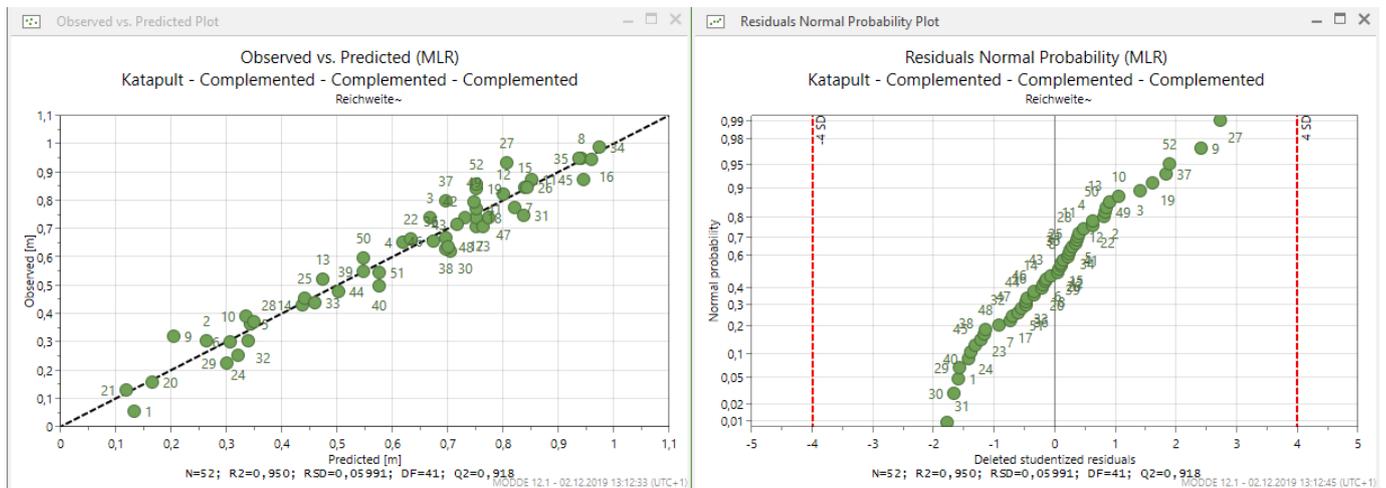


Bild 10: Darstellung der beobachteten Daten über den vorhergesagten Daten (links) mit der Auswertung der Residuen (rechts)

Für die anschließende Modellierung werden die (Residuen) Differenzen zwischen den "vorhergesagter Experimente" und den "Beobachtungen" betrachtet (Bild 10). Wenn durch die Transformation die Vorhersagequalität (Q2, siehe Schritt 6, Bild 14) gesteigert wird, so ist die Transformation zielführend. Für die Transformation bieten viele Softwarepakete mehrere einfach zu realisierende Varianten an, z.B. die logarithmische Transformation für schiefe Verteilungen oder für exponentielle Verteilungen die gleichnamige Transformation. Die Ergebnisse werden in den meisten Plots trotzdem nicht transformiert dargestellt, um für den Benutzer besser erfassbar zu sein.

Korrelationsmatrizen zur Überprüfung von Faktorabhängigkeiten

Häufig unterschätzt ist die Untersuchung, ob die Faktoren auch wirklich unabhängig voneinander untersucht wurden. Ansonsten können die Effekte nicht eindeutig den Faktoren zugeordnet werden. Unabhängig bedeutet, dass die Faktoren im Design orthogonal, symmetrisch und ausbalanciert variiert werden. Zur Überprüfung ist z.B. die Korrelationsmatrix gut geeignet. Die Unabhängigkeit der Faktoreinstellungen wird in Softwarepaketen durch zusätzliche Kennzahlen angegeben. Diese entsprechen der Symmetrie und Ausbalanciertheit der Experimente im Versuchsraum.

Schritt 5: Erstellen Sie eine Ursache-Wirkungs-Modellierung!

Jetzt geht es darum, mit den überprüften Rohdaten die Zusammenhänge zwischen den betrachteten Faktoren und den Zielwerten zu analysieren. Das umfangreiche und anspruchsvolle Vorgehen kann hier nur skizziert werden, für Details ist eine Ausbildung in DoE erforderlich.

Zunächst werden alle Polynomterme benutzt, die das gewählte Design unterstützt, um ein erstes Ursache-Wirkungs-Modell zu erstellen, das meist auf einem multilinenen Regressionsmodell beruht. Da nicht jeder untersuchte Faktor einen Effekt auf die mitunter vielfältigen Zielgrößen hat, gilt es zu klären, welche Faktoren mit ihren linearen Effekten, den Wechselwirkungen und den nichtlinearen Effekten die Zielgrößen beeinflussen. Terme, die keinen Effekt auf die Zielgröße haben, werden hierbei aus dem Regressionsmodell exkludiert.

Ein guter Ansatz hierfür ist die Varianzanalyse (ANOVA = analysis of variance): vereinfacht ausgedrückt werden die Ergebnisse in zwei Gruppen (hoher und niedriger Level) für jeden Faktor unterteilt und gegenübergestellt. Unter Berücksichtigung der Differenz und der Freiheitsgrade wird nun für jeden Faktor ermittelt, ob die alleinige Veränderung des Faktors von seinem niedrigen Level zu seinem hohen Level einen signifikanten Effekt auf die Zielgröße hat. Je nach Design werden Wechselwirkungen und Nichtlinearitäten analog beurteilt. Die Methode ANOVA kann im Rahmen dieser Methodenbeschreibung nicht detailliert erläutert werden.

Nichtlinearitäten identifizieren

Durch die Lage der Ergebnisse kann abgeschätzt werden, ob die Effekte möglicherweise nichtlineare Anteile beinhalten. Wie der Plot in Bild 11 zeigt, ist dies daran erkennbar, dass die Experimente mit mittlerer Einstellung nicht auf einer linearen Regressionslinie zwischen unterer und oberer Level-einstellung liegen, sondern mit einer gekrümmten Regressionslinie besser dargestellt werden könnten.

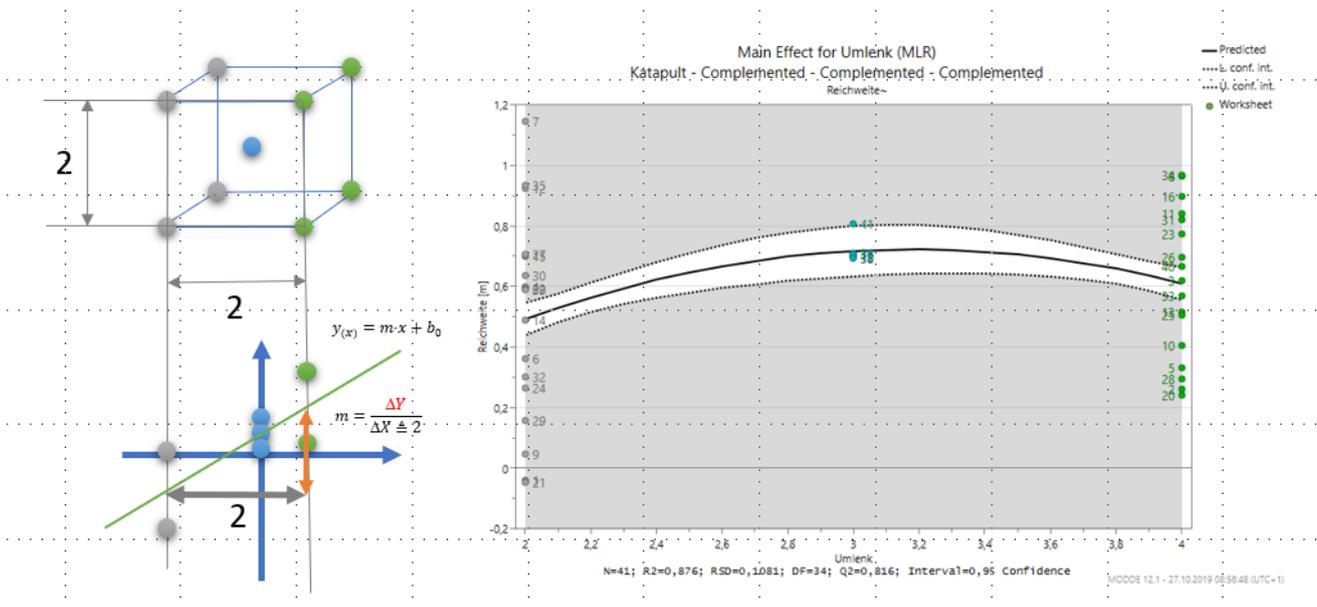


Bild 11: Identifikation von Nichtlinearitäten

Signifikanz der Faktoren bestimmen

Beruhend auf der Normierung werden die Effekte aller Faktoren resultierend aus der Veränderung von niedrigen (-1) zu ihrem hohen Level (+1) verglichen. Hierzu arbeitet man meist grafisch, um die Terme nach Ihrem Effekt (Höhe des Einflusses) und Ihres Vertrauensbereichs (schwarze Doppel-T-Linien) hin im Koeffizientenplot (Bild 12) zu untersuchen. Nicht relevante Terme – also sehr kleine Balken mit einem über die horizontale Null-Linie gehenden Vertrauensbereich – sind nicht relevant und werden exkludiert, da sie sonst die Unsicherheit für die Prognose verstärken. Übrigens kann aus dieser Grafik auch abgelesen werden, wie die Terme und Faktoren auf die Zielgröße wirken: Negative Balken sind umgekehrt proportional zum Ergebnis und positive Balken korrelieren proportional.

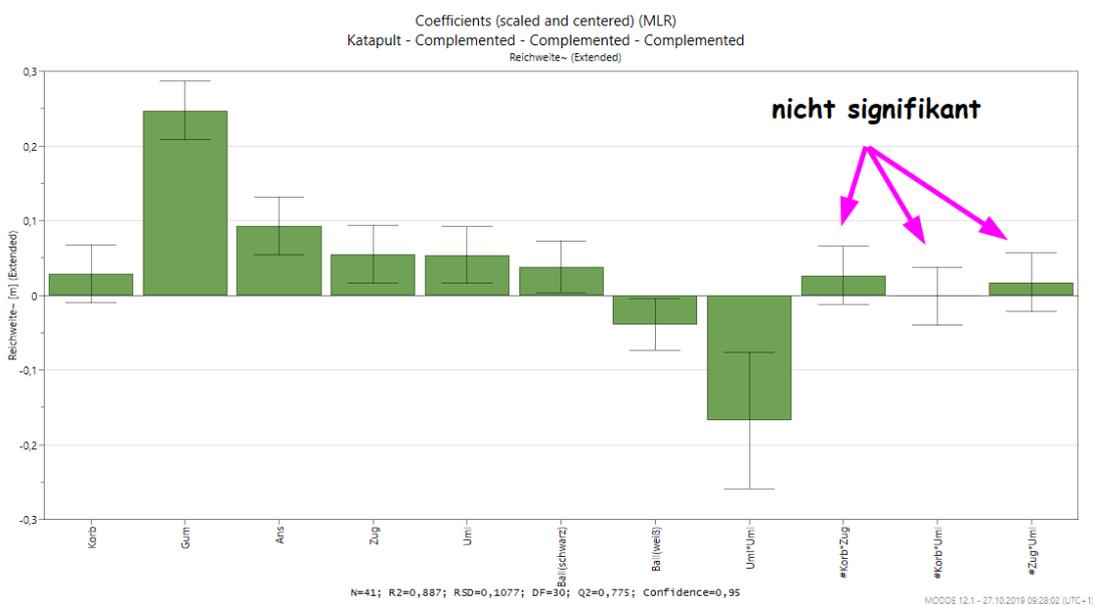


Bild 12: Identifikation der nicht-signifikanten Faktoren

Behandlung von "Ausreißern"

"Ausreißer" sind Messwerte, deren beobachtetes Ergebnis erheblich von dem durch das Modell berechneten Prognosewert abweicht. Die in Bild 13 gezeigten Standard-Plots, wie z.B. "Observed vers. Predicted" (Darstellung der Berechnung gegenüber der Beobachtung) oder der "Residual Normal Probability Plot" (Analyse der Abweichungen vom Regressionsmodell) helfen, abweichende oder exponierte Experimente als mögliche Ausreißer zu enttarnen. Diese Experimente sollten nach Möglichkeit reproduziert werden, um sicher zu gehen, dass die Ergebnisse valide sind. Wenn die Ergebnisse reproduzierbar sind, sollten die Ursachen der Abweichung analysiert werden. Z.B. sollten die Bedingungen, unter denen die Abweichung entstehen konnte, reflektiert und wenn möglich verbessert werden.

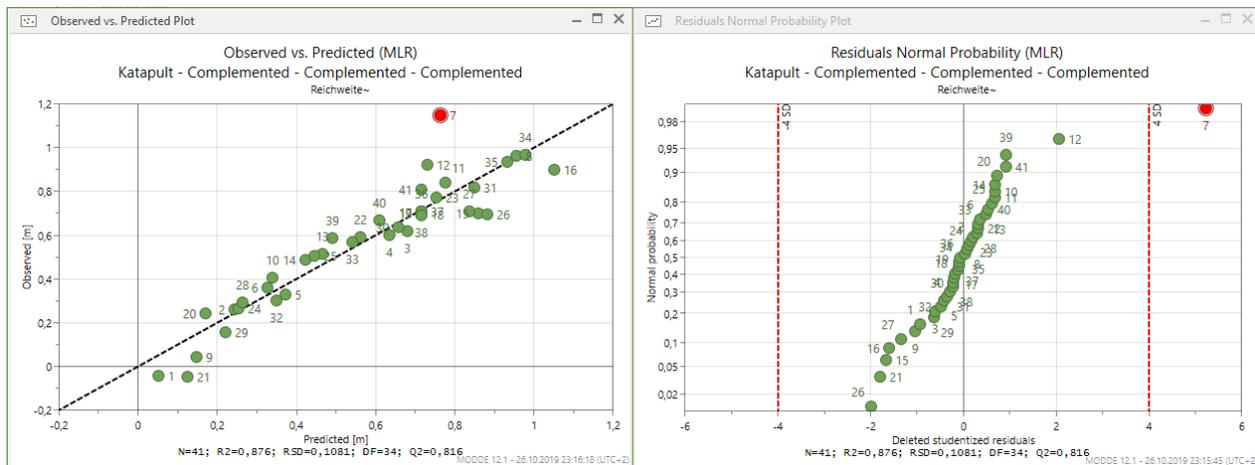


Bild 13: Identifikation von Ausreißern

Schritt 6: Bewerten Sie das Modell!

Nur sehr gute Modelle können herangezogen werden, um anschließend auch Wahrscheinlichkeiten und Robustheiten zu berechnen. Deshalb sind Kriterien notwendig, um die Güte eines Modells zu beurteilen. Viele Softwarepakete benutzen unterschiedliche Methoden und Kennzahlen, um die Modellqualität zu beschreiben. Die hier für das Beispiel verwendete Software MODDE V.12.1 definiert die Qualität des Modells mit folgenden vier Eigenschaften:

- "Goodness of fit" (grüner Balken, R2 in Bild 14): ist die Qualität der Rohdaten und gibt an (0 – 1 [100%]) wie viele der Experiment-Ergebnisse mit ihrem Wert innerhalb einer Standardabweichung um die Regressionsgerade liegen.
- "Goodness of prediction" (blauer Balken, Q2 in Bild 14): ist die Qualität des Vorhersagegüte des Ursache-Wirkungs-Modells. Für die Berechnung von Q2 wird ein Algorithmus bemüht, der iterativ einzelne Ergebnisse für die Modelberechnung auslässt und diese dann durch das Modell prognostiziert. Die Güte der Vorhersage wird anschließend bewertet. Dieser Wert symbolisiert die Güte der Lage für prognostizierte neue Experimente.
- "Model Validity" (gelber Balken in Bild 14): Dieser Wert stellt den wahren Fehler (den Wiederholerfehler) zum Modellfehler ins Verhältnis. Dieser Wert ist ein Maß für die Präzision von neuen prognostizierten Experimenten.

- "Reproducibility" (türkiser Balken in Bild 14): Dieser Wert beurteilt die Wiederholgenauigkeit der Experimente aus den "Center Points" (den mittleren Versuchen) und soweit vorhanden, aus Versuchen, die mehrfach durchgeführt wurden.

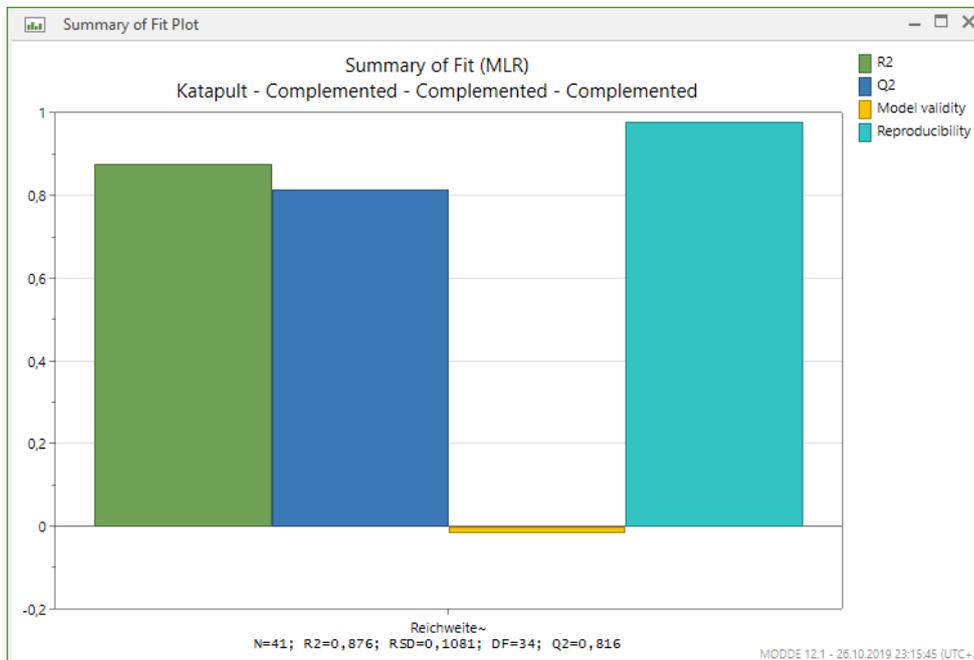


Bild 14: Beurteilung der Daten für das Katapult-Modell mit der Statistik-Software MODDE

Je höher die Balken sind, desto besser ist die Qualität des Ursache-Wirkungs-Modells. Wie zu erwarten, hapert es im Übungsbeispiel mit der Präzession (gelber Balken in Bild 14) aufgrund des Versuchsaufbaus. Ansonsten sind die Werte mit "Goodness of fit" mit 0,876 und "Goodness of prediction" mit 0,816 in etwa mit der Schulnote "Zwei minus" gleichzusetzen.

Allerdings kommt es ganz auf die Rahmenbedingungen und das Einsatzgebiet an, wann ein Modell als "ausreichend für den Zweck" angesehen werden kann:

- Beim Katapult-Modell ist dies nur sehr beschränkt gegeben.
- Für manchen biochemischen Prozess könnte ein Modell dieser Qualität hingegen sogar ein gutes Ergebnis darstellen, da diese Modelle aufgrund von Zeit- und Ressourcen-Mangel oft nur mit wenigen ausgesuchten Faktoren durchgeführt werden, während in der Realität oft mehr Einflussgrößen vorhanden sind als untersucht werden.
- Für eine Ausbeute-Simulation eines einfachen chemischen Prozesses wäre ein Modell dieser Güte lediglich ein eher bescheidenes Ergebnis, da schon die Simulation nicht genau sagen kann, welchen Einfluss die Faktoren haben und somit die Optimierung eher fraglich ist.

Achtung: Die Modellgüte zeigt lediglich auf, wie gut sich die Abhängigkeit der Zielgrößen von der Faktorvariation beschreiben lässt. Ob die angestrebten Ziele erreicht werden können, hat mit der Modellqualität nichts zu tun!

Schritt 7: Arbeiten Sie mit dem Modell!

Letztendlicher Zweck von DoE ist es, aus den erkannten Zusammenhängen der Einflussfaktoren mit Hilfe des Modells die Zielgröße oder die Zielgrößen zu optimieren. Auch dies ist anspruchsvoll und erfordert sowohl fundierte Kenntnisse als auch Erfahrung mit der Methodik. Deshalb kann hier nur ein Eindruck von den vielfältigen Möglichkeiten gegeben werden, die DoE mit entsprechender Software-Unterstützung bietet.

Optimierung eindimensionaler Systeme

Zum besseren Verständnis zunächst die einfachste Optimierungsaufgabe: Eine Zielgröße hängt von nur einem Faktor ab, z.B. untersuchen Sie die Wurfweite des Katapults ausschließlich in Abhängigkeit von der Position (Zugpunkt), an der das Gummiband am Katapulthebel befestigt wird (Zug). Hierfür genügt es, die gemessene Zielgröße in Abhängigkeit vom variierten Einflussfaktor in einem einfachen x-y-Diagramm einzutragen (Bild 15). Klar zu erkennen ist der direkt proportionale Zusammenhang: Die Reichweite wächst mit der Position des Zugpunktes, da entsprechend mehr potentielle Energie des Gummibandes in kinetische Energie des Wurfgeschosses umgewandelt wird.

! Dies gilt natürlich nur innerhalb des untersuchten Bereichs. Würde man ihn auf die vollständige Entspannung des Gummibandes ausweiten, wäre dieser Zusammenhang nicht mehr gültig. Eine Extrapolation über den gemessenen Wertebereich ist somit nicht zulässig – es müssten hierfür weitere Messungen durchgeführt werden. Allerdings werden die Modelle durch die Berücksichtigung von fehlender Spannung und Überspannung schnell sehr komplex.

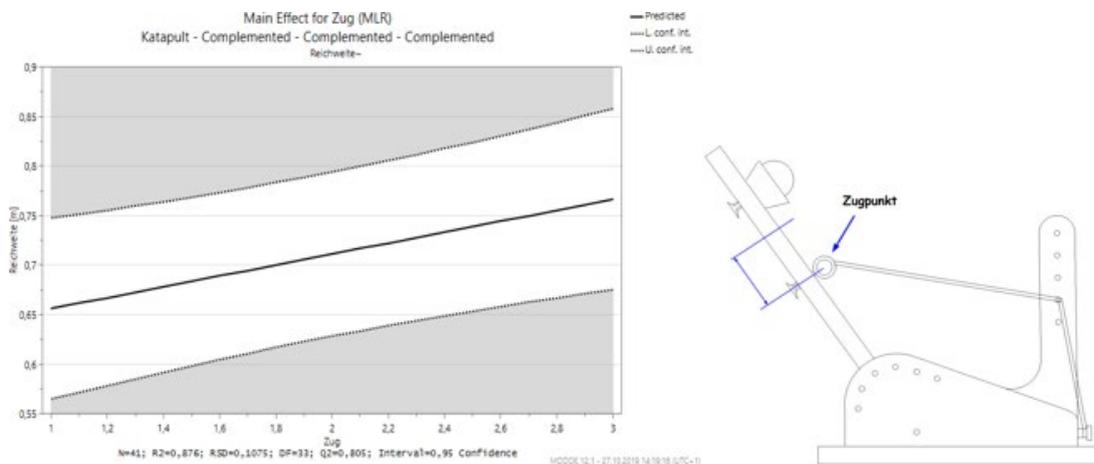


Bild 15: Einfache Optimierung eines einzelnen Faktors. Hier liegt innerhalb des Wertebereichs einfache Proportionalität vor.

Für eine eindimensionale Optimierung ist der Einsatz von DoE weder erforderlich noch gerechtfertigt. Deswegen lassen die meisten DoE-Softwarepakete eine Investigation auch erst ab dem zweiten Faktor zu.

Gleichzeitige Optimierung zweier Einflussfaktoren

Mit Contour Plots oder Heatmaps können zwei Faktoren über eine Zielgröße abgebildet werden. Dennoch ist auch dies nur ein Ausschnitt der Realität, sodass die konstanten Faktoren auf der rechten Seite des Plots

abgebildet werden. Zur besseren Untersuchung sind diese Konstanten in der Software MODDE 12.1 mit Slidern versehen, so dass der Plot Interaktiv angepasst werden kann.

Bild 16 stellt eine Kombination von Contour Plot und Heatmap dar. Die Farben stellen Wertebereiche der Zielgröße dar, die Linien definieren einen bestimmten Wert der Zielgröße, der auch numerisch angetragen ist.

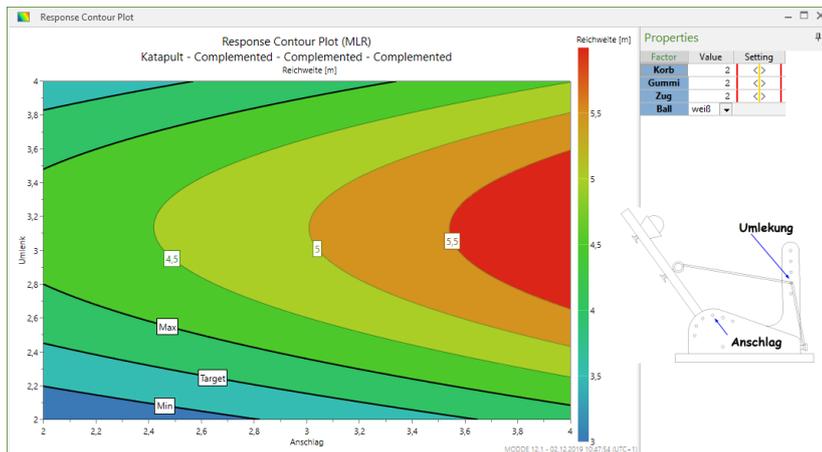


Bild 16: Optimierung von zwei Faktoren mittels Contour Plot. Weitere Faktoren können manuell variiert werden.

Optimierung mehrerer Zielgrößen

Um sich einen größeren Überblick zu verschaffen sind verschachtelte Contour Plots / Heatmaps eine gute Methode. Hierbei werden 9 Diagramme mit gleichen Achsen in ein übergeordnetes Koordinatensystem einbettet (Bild 17). Dies ermöglicht es dem Analysten, die Effekte von vier Faktoren (zwei Achsen in den einzelnen Diagrammen und weitere zwei Achsen für die Diagramme selbst) gleichzeitig zu studieren. Auch hier sind wieder die konstanten Faktoren rechts als Slider abgebildet, sodass auch mit diesen Plots interaktiv gearbeitet werden kann.

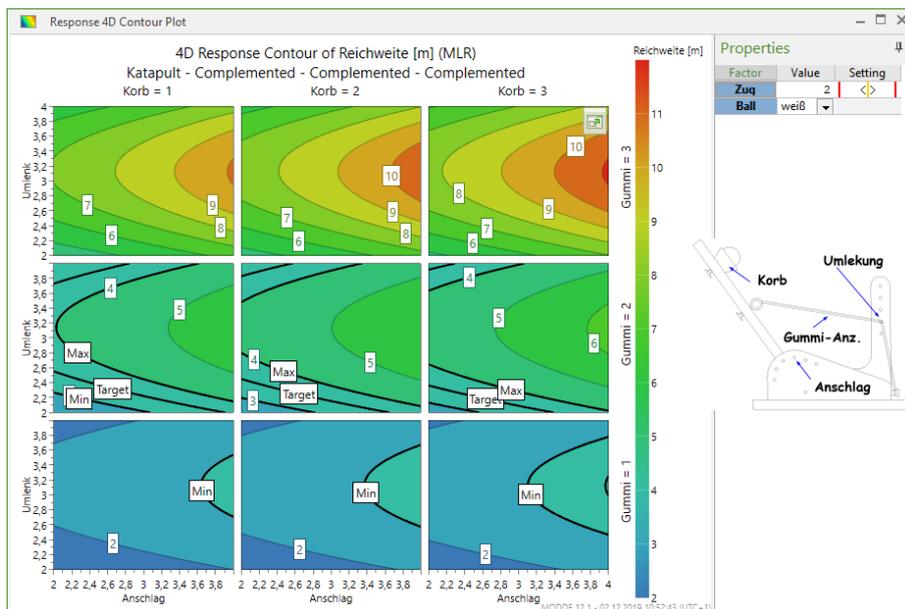


Bild 17: Optimierung von vier Faktoren mittels verschachtelten Contour Plot. Weitere Faktoren können manuell variiert werden.

Zielgrößenoptimierung

Schwierig wird es, wenn in der Versuchsplanung nicht nur mehrere Faktoren, sondern auch mehr als eine Zielgröße berücksichtigt werden sollen. Hierzu sind sog. Venn-Diagramme eine gute Möglichkeit, um die Zielerfüllung in Abhängigkeit der Faktoren darzustellen. Diese stellen grundsätzlich dieselbe Information wie die Contour Plots dar, allerdings mit einer anderen Perspektive: Es werden die Bereiche gekennzeichnet, in denen die Zielgröße (bzw. die Zielgrößen) erreicht werden.

Für den in Bild 18 dargestellten Plot wurde das gleiche Setup der Faktoren wie zuvor verwendet. Innerhalb des Plots werden nun die Bereiche, in denen die Ziele erreichbar sind, grün dargestellt. In diesem Plot sind allerdings die Unsicherheiten der einzelnen Faktoren nicht berücksichtigt. Dieser Plot ist auch verwendbar, wenn auf mehrere Zielgrößen hin optimiert werden soll. Für diesen Fall beschreiben die Levels des Contour Plots die Anzahl der erreichten Ziele z.B. weiß: kein Ziel erreicht, blau: 1 Ziel von X, Grün: alle Ziele von x Zielen erreicht.

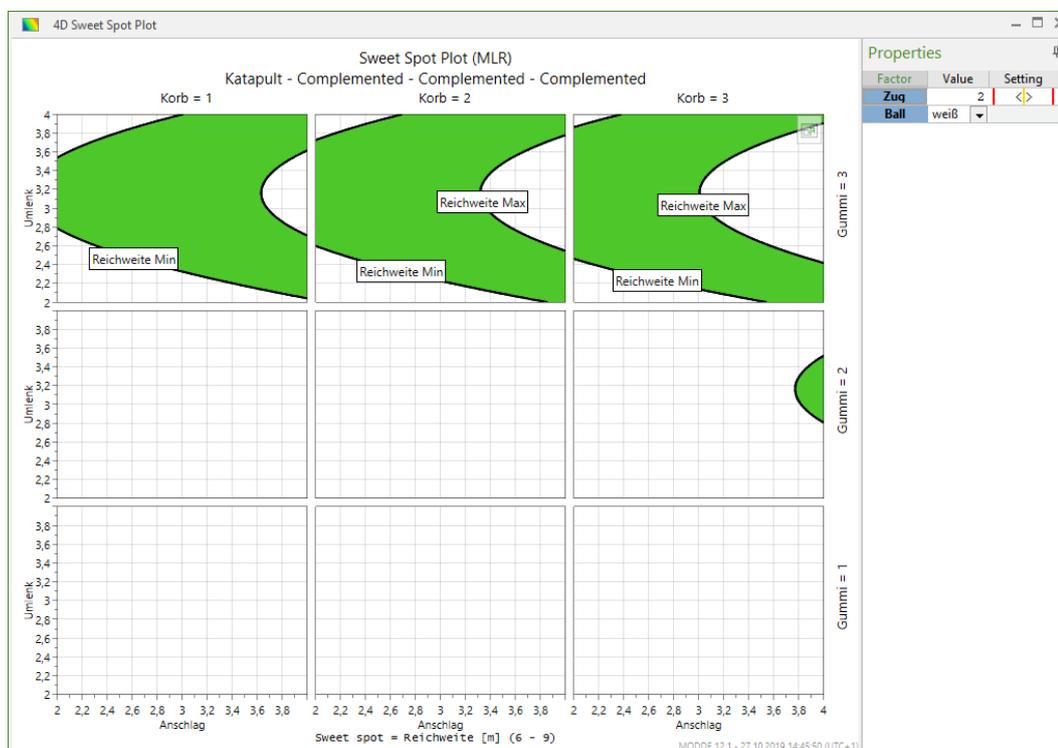


Bild 18: Bereiche, in denen das Katapult mindestens die angestrebte Reichweite erzielt

Eine differenziertere Aussage liefern Wahrscheinlichkeitsplots. In ihnen wird die Wahrscheinlichkeit, eine oder mehrere Zielgrößen zu erreichen, über mehrere Faktoren dargestellt. Zusätzlich wird hier noch die maximale Fehlerwahrscheinlichkeit definiert. So lautet z.B. für den nachstehenden plakativen Plot die Einstellung: Zeige den Bereich der Faktorkonstellation an, in der die Wurfweite zwischen 6 und 9 Metern ist bei einer maximalen Fehler-Wahrscheinlichkeit von 25%. Die Darstellung in Bild 19 reicht von Rot="Fehler-Wahrscheinlichkeit größer als 50%" bis zu Grün="Fehler-Wahrscheinlichkeit maximal 5%".

Wahrscheinlichkeitsplot

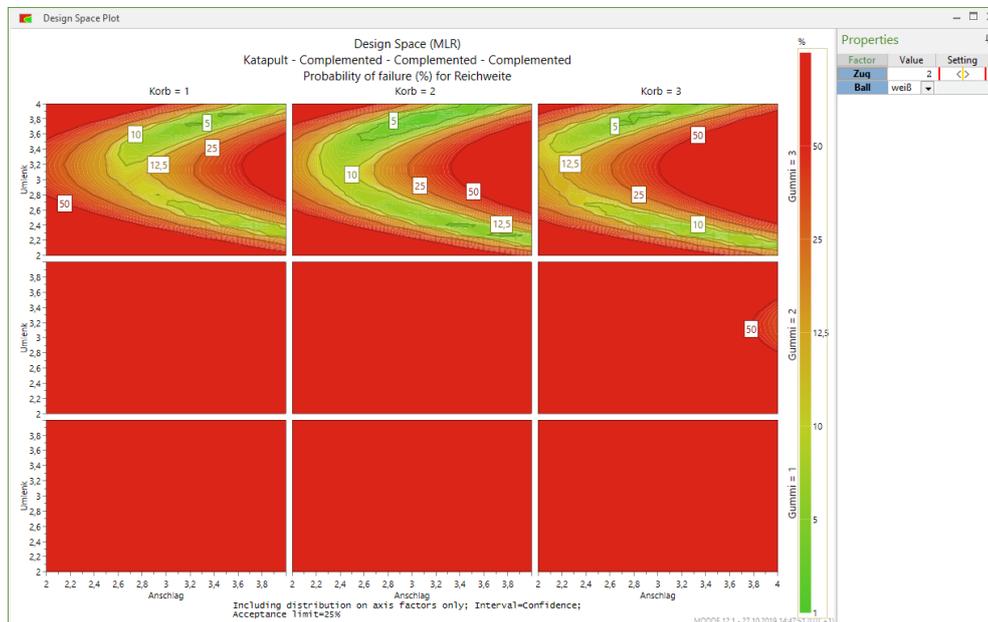


Bild 19: Wahrscheinlichkeitsplots zeigen die Bereiche an, in denen die Zielgrößen mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit erreicht werden können

Optimierung von mehr als vier Einflussfaktoren

Spätestens bei mehr als vier Faktoren sowie mehreren Zielgrößen bieten sich sogenannte Mehrgrößenoptimierer an, die durch Algorithmen ermitteln, ob die gewünschten Ziele erreichbar sind. Üblicherweise werden hier Simplex-Algorithmen und eine Monte-Carlo-Simulation verwendet.

Zudem wird dem Analysten angezeigt, welche Ziele sich widersprechen oder wo ggf. mögliche Kompromisse im Faktor- oder Zieldefinitionssetup erreicht werden können. Um wirklich das Optimum in der Konstellation verschiedener Zielgrößen zu finden, lassen sich für jede Zielgröße individuelle Ziele mit Gewichtung und ggf. Verlustfunktion definieren.

Mögliche Arbeitspunkte können in der Software über die bereits genannten Plots abgebildet werden. In Bild 20 wurden für die Optimierung die voranstehenden Zielvorgaben verwendet. Allerdings wurde nun der Plot so generiert, dass der Arbeitspunkt (durch die schwarzen Pfeile gekennzeichnet) mittig in den Plot gesetzt wurde, was einen Blick über die definierten Faktorbereiche hinaus zulässt. So ist der pastellfarbene Bereich nicht durch die Investigation abgedeckt, konnte jedoch aufgrund des Modells prognostiziert werden.

Dies ist natürlich nur eine Prognose. Allerdings kommt es häufig vor, dass einzelne Faktoren über- oder unterschätzt wurden, sodass der Blick über den Tellerrand manche noch zu bestätigende Möglichkeit bietet.

Am Ende der Investigation können fundierte Aussagen über die Zielerreichung, Einschränkungen und Widersprüche abgeleitet werden. Zudem kann für berechnete Arbeitsbereiche neben den Wahrscheinlichkeiten z.B. auch die Prozessfähigkeit " C_{pk} " geschätzt werden. Dies ist eine statistische Kenngröße, die angibt, wie gut ein Prozess mit den spezifizierten Anforderungen übereinstimmt.

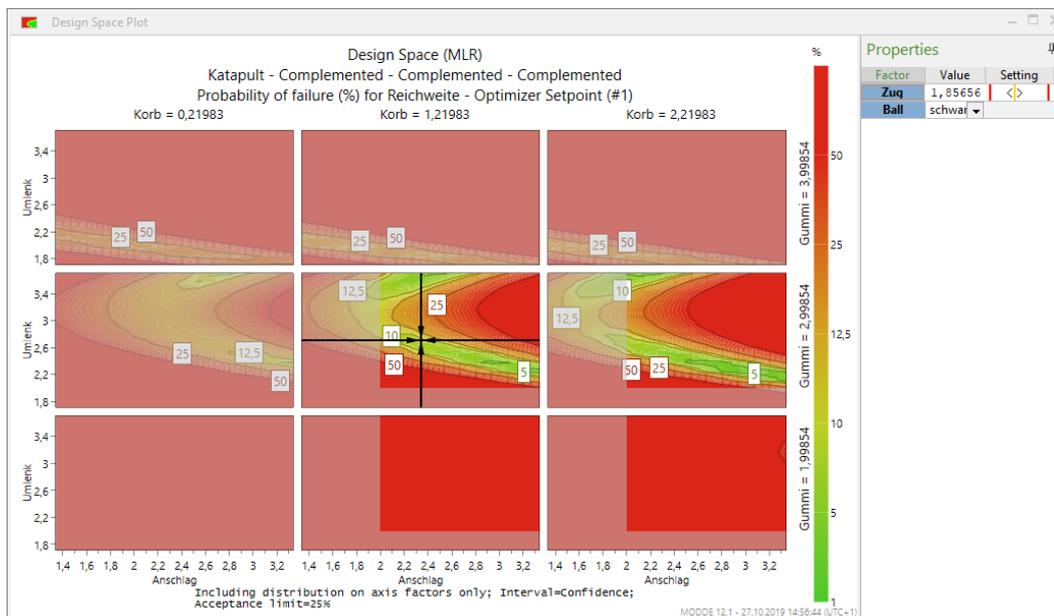


Bild 20: Prognose für die Versagenswahrscheinlichkeit in der Umgebung eines gesetzten Arbeitspunkts

Weiterverwendung des Modells

Vorrangiges Ziel einer Untersuchung mit Hilfe von DoE ist es, Möglichkeiten zur Optimierung von Prozessen, Produkten und Abläufen zu finden. Daraus werden Entscheidungsgrundlagen erarbeitet, um sie Schlüsselgruppen zu präsentieren.

Die gewonnenen Erkenntnisse können wichtigen Input für weiterreichende Analysen, Optimierungsaufgaben und Entscheidungsprozesse liefern. Einige Beispiele hierfür sind Kostenanalyse, Optimierung von Durchlaufzeiten, SWOT-Analyse oder die Validierung im Rahmen einer Robustheitsbetrachtung.

Allerdings liefert nicht jede Prozessuntersuchung die gewünschten Ergebnisse oder ist in der Lage, Prozesse und Produkte zu verbessern.

In jedem Fall bilden die nach DoE durchgeführten, systematischen Untersuchungen eine objektive Ausgangsbasis, um das betrachtete System weiter zu analysieren und Grundlagen für richtungsweisende Entscheidungen zu liefern. Im Einzelnen können u.a. folgende Einzelmaßnahmen sinnvoll sein:

- Die Faktoren können nach ihrem Einfluss gewichtet werden. Aus Pareto-Analysen kann eingeschätzt werden, ob die Untersuchung von weiteren, bisher nicht berücksichtigten Faktoren sinnvoll ist.
- Auf Basis des Modells können Prozesslandkarten erstellt werden, aus denen die Grenzen des Machbaren und ggf. Widersprüche erkenntlich werden.
- Durch die Landkarten wird aufgezeigt, welche Faktoren oder Einstellungen grenzwertig untersucht wurden, sodass diese anschließend in einem anderen Prozessfenster zielführend untersucht werden können.
- Wenn sich die Faktoren als signifikant einflussreich im untersuchten Bereich erweisen, können Möglichkeiten außerhalb der Prozesslandkarte durch Extrapolation erkundet werden.

- Auch wenn Prozesse sich nicht wie gewünscht innerhalb definierter Grenzen robust abbilden lassen, so ist dieses Ergebnis doch hilfreich, um weniger zielführende Aktivitäten zu Gunsten anderer einzustellen.
- Weisen die Modelle geringere Qualität auf, so kann dies auch an einer starken Vereinfachung der Designs liegen, die möglicherweise so konzipiert waren, dass Wechselwirkungen oder Nichtlinearitäten keine Berücksichtigung fanden. Aufgrund des komplementären Aufbaus in der Versuchsplanung ist es jedoch meist möglich, diese Versuche zu ergänzen, um die Grundlage einer erweiterten Modellierung zu schaffen.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Workshop** – zur Moderation der Teamarbeiten
- **Mind Mapping** – zum Sammeln von Einflussfaktoren in Schritt 1
- **Ishikawa-Diagramm** – zur Ursachenanalyse und Bestimmung von Einflussfaktoren Schritt 1
- **SCAMPER** – zur Identifizierung unbekannter Einflussfaktoren Schritt 1
- **Paarweiser Vergleich** und **Kraftfeldanalyse** – zur Priorisierung der Einflussfaktoren in Schritt 1

Praxistipps

Die Versuchsplanung steht und fällt mit der Problemformulierung. Achten Sie deshalb besonders auf die folgenden Punkte.

Untersuchen Sie zunächst die wichtigsten Einflussfaktoren

Prüfen Sie, ob die Einflussfaktoren, die Sie untersuchen wollen, tatsächlich von großer Bedeutung für den Prozess sind. Nach Pareto sind lediglich etwa 20% der Faktoren für 80% des Ergebnisses verantwortlich. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass es wenig sinnstiftend ist, die anderen Faktoren näher zu untersuchen, solange diese zentralen Faktoren nicht vernünftig in Ihrer Wirkung untersucht und beschrieben worden sind.

Wählen Sie die Wertebereiche sorgfältig

Die Aussage: *"Jedes Modell ist falsch, manche sind nützlich!"* wird dem Statistiker George E. P. Box zugeschrieben. Er wollte möglicherweise damit ausdrücken, dass durch die Versuchsplanung die Komplexität der Realität nicht reduziert werden kann, sie hilft lediglich durch die Betrachtung eines eingeschränkten Bereichs, die notwendige, beschreibende Mathematik zu vereinfachen. Steckt man die Grenzen von Faktoren zu weit, so stellen sich mitunter Effekte höherer Ordnung ein. Die Experimente sind jedoch als Stützstellen der Berechnung gewählt, sodass mit deren Hilfe optimale Regressionsmodelle berechnet werden können. Sind die Bereiche jedoch zu weit gesteckt, fehlen wichtige Stützstellen, sodass Ursache und Wirkung nicht mehr adäquat beschrieben werden können.

Wählen Sie den relevanten Wertebereich

Oftmals werden zwar die richtigen Faktoren untersucht, jedoch möglicherweise im falschen Bereich. Wenn z.B. der Faktor "Zugabe Katalysator" bei niedriger Zugabemenge eine signifikante Wirkung hat, aber keinen

Unterschied (Effekt) zwischen mittlerer und hoher Zugabemenge erzeugt, muss der untersuchte Wertebereich auch niedrige Zugabemengen umfassen. Werden nur mittlere und hohe Zugaben untersucht, wird kein Unterschied im angestrebten Effekt beobachtet. Das könnte zu fatalen Erkenntnis führen, dass der Katalysator keine Funktion hat und deshalb weggelassen werden kann. Für den Prozess wäre dies jedoch fatal.

Achten Sie auf Wechselwirkungen zwischen den Faktoren

Eine weitere knifflige Angelegenheit sind Wechselwirkungen. Stellen Sie sich vor, sie geben einem Kaffee Zucker ohne zu rühren hinzu! Dies macht den Kaffee jedoch nicht süß, sondern erst das Umrühren sorgt dafür, dass sich der Zucker gleichmäßig löst. Ebenso würde ein Rühren ohne Zucker wenig bewirken. Dies bedeutet, dass zwischen der Zuckerzugabe und dem Rühren ein verstärkender Effekt auf die Süße des Kaffees vorliegt. Derartige Wechselwirkungen werden häufig unterschätzt.

Herkunft

Die statistische Versuchsplanung beruht auf der Regressions- und Varianzanalyse, bei der Gruppen eines Faktors meist auf mindestens zwei Leveln betrachtet werden. Sobald in einer Versuchsreihe mehr als ein Faktor gleichzeitig verändert wird, ist es allerdings wichtig darauf zu achten, dass die Faktoren unabhängig voneinander variiert werden. Im Englischen spricht man daher von "Design of Experiments". Das Wort "Design" steht hier für Orthogonalität, Symmetrie und Balance der Versuche in einem Versuchsplan.

Der britische Statistiker und Genetiker Ronald Aylmer Fisher (1890-1962) beschäftigte sich ab ca. 1920 intensiv mit statistischen Auswertungen und entwickelte hierfür eine Reihe von grundlegenden Methoden. Er prägte auch den Begriff "Design of Experiments". Mit der Verbindung von Optimierungsaufgaben und Versuchsplanung in der sog. "Response Surface Methodology" wurde die Versuchsplanung durch George E. P. Box (1919-2013) und K. B. Wilson ab 1951 ein breiteres Anwendungsfeld von zunehmender Bedeutung.

Einen richtigen Hype erfuhr die statistische Versuchsplanung mit der Einführung der nach ihrem Erfinder Genichi Taguchi (1924-2012) benannten Taguchi L-Pläne und den Methoden von Dorian Shainin (1914-2000), die es ermöglichten, Versuchsplanung mit einfachen Bordmitteln strukturiert abzuarbeiten noch bevor Computer und entsprechende Software zur Verfügung standen.

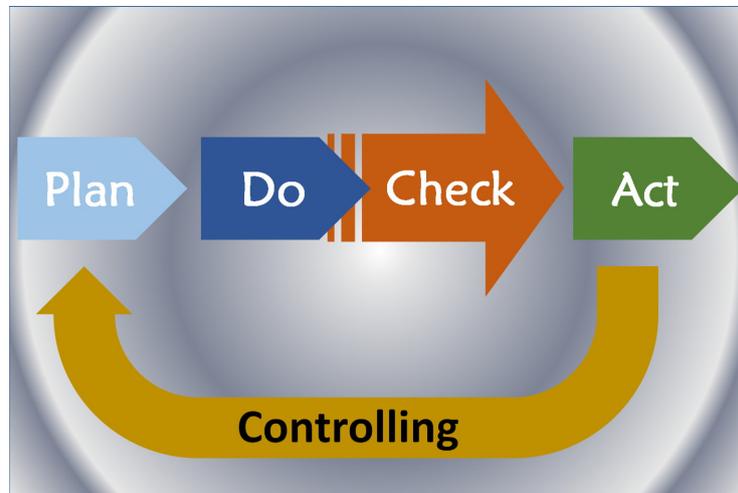
Heute ist die statistische Versuchsplanung wichtiger Bestandteil bei standardisierten Vorgehen in den Bereichen der Optimierung/Entwicklung und wird fast ausschließlich mit Hilfe von Software abgearbeitet.

Autor

Stefan Moser

Erstellt am: 15.12.2019

Plan Do Check Act (PDCA)



Plan-Do-Check-Act (auch PDCA-, Shewart- oder Deming-Zyklus) beschreibt den allgemeinen Regelkreis zur Steuerung von Managementaufgaben. Der PDCA-Zyklus stammt aus dem Qualitätsmanagement und dient ursprünglich dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Er ist aber ebenfalls hervorragend dafür geeignet, Projekte zu steuern.

Einsatzmöglichkeiten

- Steuern von Vorhaben aller Art: Programme, Projekte, Arbeitspakete usw.
- Produktentwicklung
- Prozessverbesserung

Der PDCA-Zyklus kann von Einzelpersonen, Teams und Organisationen angewendet werden. Er kann hinsichtlich Umfang, Aufwand und Anspruch der jeweiligen Aufgabenstellung entsprechend skaliert werden.

Vorteile

- Einfachste Möglichkeit, um nicht-vorhersagbare Systeme zu steuern
- Sofort ohne Vorbereitung einsetzbar
- Auf alle Branchen und Projektarten anwendbar
- Im Gegensatz zur Szenariotechnik liefert PDCA Antworten aus dem realen System.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Wenn die Reaktion des Systems vorhersagbar ist, dann sollte es deterministisch gesteuert werden.
- Systeme in scheinbar gleichen Situationen können dennoch verschieden auf dieselbe Steuerungsmaßnahme reagieren.
- Wie alle empirischen Vorgehensweisen ist auch der PDCA-Zyklus anfällig für kognitive Verzerrungen (z.B. Annahme falscher Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge).

Ergebnis

- Verbessertes System (Projekt, Produkt, Prozess)
- Erfahrungswerte über das Verhalten des Systems auf die untersuchte Korrekturmaßnahme

Voraussetzungen

- Die Handelnden müssen über die benötigten Befugnisse verfügen, um Steuerungsmaßnahmen umsetzen zu können.
- Das zu steuernde System darf nicht instabil auf kleine Änderungen reagieren (d.h. kein "Domino-Effekt" oder "Schmetterlings-Effekt").
- Für die Steuerungsmaßnahme muss ausreichend Zeit zur Verfügung stehen.
- Die Reaktionszeiten des Systems müssen schneller als die Steuerungsaufgabe sein.
- Bereitschaft und Fähigkeit der Trägerorganisation, das verwendete Projektmanagementsystem kontinuierlich zu verbessern.

Qualifizierung

Die grundsätzliche Verwendung erfordert keinerlei Vorkenntnisse. Für anspruchsvolle Aufgaben ist die Beherrschung des dafür benötigten Managementsystems (z.B. für Qualität, Projekte, Risiken) erforderlich.

Benötigte Informationen

- Definition der Zielgröße(n)
- Möglichst genaue und umfassende Beschreibung der Situation, die ein Eingreifen erfordert

- Möglichst umfassende Informationen über das Umfeld
- Prognosen über die weitere Entwicklung ohne Steuerungsmaßnahmen
- Erfahrungswerte aus ähnlichen Situationen

Benötigte Hilfsmittel

- Messmöglichkeiten für die zu beobachtenden Indikatoren (z.B. Fehlerlisten)
- Geeignete Mittel zur Dokumentation der Steuerungsmaßnahmen und ihrer Auswirkungen

Durchführung

- Plan-Do-Check-Act im Projektmanagement
- Schritt 1: Plan – Planen Sie die nächste Maßnahme!
- Schritt 2: Do – Führen Sie die Maßnahme durch!
- Schritt 3: Check – Überprüfen Sie den Effekt!
- Schritt 4: Act – Wenden Sie die Erkenntnis an!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Aufgrund des universellen Charakters von Plan-Do-Check-Act lassen sich keine allgemeingültigen Aussagen über z.B. den Umfang oder die Ausprägung der einzelnen Schritte machen. In einem hochriskanten Umfeld kann das "Do" z.B. auch aus einer Simulation bestehen (z.B. chemische Prozesse). Im Rahmen eines Design-Thinking-Prozesses zur Produktentwicklung wird evtl. der Planungsschritt nahezu entfallen (vgl. "Build Measure Learn" im Abschnitt "Varianten"). In träge reagierenden Systemen kann sich der gesamte Zyklus über mehrere Wochen oder sogar Monate hinwegziehen (z.B. Suchmaschinenoptimierung einer Website).

Analysieren Sie also zunächst das System, bei dem Sie Plan-Do-Check-Act einsetzen und das Umfeld, in dem dieses System sich befindet. Berücksichtigen Sie dabei Kenngrößen wie Gefahrenpotential, Stabilität des Systems oder Reaktionszeiten.

Plan-Do-Check-Act im Projektmanagement

Plan-Do-Check-Act ist eine Methode des Qualitätsmanagements und dient dort der kontinuierlichen Qualitätsverbesserung. Charakteristisch dafür ist die Trennung in das versuchsartige "Do" und das endgültige

"Act". Daran schließt sich üblicherweise die Standardisierung der erkannten Verbesserung an – üblicherweise als "Standardize-Do-Check-Act" (SDCA) bezeichnet.

Die intuitive Projektsteuerung (Projektmanagement-Reifegrad 1) besteht lediglich in einem einfachen Regelkreis: Messen der Regelgröße (z.B. Fertigstellungsgrad), Stellgröße auf den neuen Stellwert setzen (z.B. Ressourceneinsatz um 10% erhöhen), erneutes Messen der Regelgröße usw. Dies entspricht einer beständigen Wiederholung der beiden Schritte "Check" und "Act".

Die Verwendung eines angepassten, vollständigen PDCA-Zyklus' im Projektmanagement bringt zwei wesentliche Vorteile: Mit den beiden Schritten "Plan" und "Do" wird gewährleistet, dass die Steuerungsmaßnahmen auch wirksam sind und vor allem die richtigen Steuerungsmaßnahmen ergriffen werden. Darüber hinaus werden die gewonnenen Erkenntnisse in Form von Lessons Learned erfasst und können so zur kontinuierlichen Verbesserung des Projektmanagementsystems selbst beitragen.

Schritt 1: Plan – Planen Sie die nächste Maßnahme!

Im Rahmen des Projekt-Controllings – egal ob traditionell ein Performance Index unter 95% gefallen ist oder agil die Velocity zu gering ist – stellen Sie fest, dass Sie steuernd eingreifen müssen, um das Projekt zum Erfolg zu führen.

Anstatt sofort das Team zusammenzurufen und eine anfeuernde Rede zu halten, dem Auftragnehmer mit Vertragsstrafen zu drohen oder beim Auftraggeber eine Budgetaufstockung oder Terminverschiebung zu beantragen, sollten Sie zunächst folgende Fragen stellen:

- Welche Gründe gibt es für die Abweichung vom Plan?
- Welche Einflussmöglichkeiten gibt es, um den Sollzustand (wieder) herzustellen?
- Welche Messgröße(n) gibt es, um eine Verbesserung der Situation zu identifizieren?
- Welche Maßnahme erscheint die aussichtsreichste, um eine Verbesserung zu bewirken?

"Planen" entspricht bei Plan-Do-Check-Act also nicht der Projektplanung! Es ist eher die Formulierung einer Wenn-Dann-Annahme, die im nächsten Schritt überprüft wird. Natürlich hat dieser Schritt auch eine "echte" Planungskomponente: Sie müssen planen, wie Sie die ausgewählte Maßnahme in die Tat umsetzen, z.B. welche Ressourcen Sie dafür benötigen und welche Schritte in welcher Reihenfolge dafür zu tun sind.

Das Wichtigste dabei ist: Dies ist kein Alleingang. Führen Sie "Plan" unbedingt mit den betroffenen Teammitgliedern gemeinsam durch! Diese wissen am besten, welche Gründe es gab oder gibt, warum Handlungsbedarf entstand. Und genauso erhalten Sie vom Team die kompetentesten Vorschläge zur Verbesserung der Situation.

Ein weit verbreitetes Missverständnis ist, dass die geplante Maßnahme bereits dazu geeignet sein soll, das gesamte Problem zu beheben. Dies führt dazu, dass zu lange analysiert, diskutiert und geplant wird. Die Stärke von Plan-Do-Check-Act besteht gerade darin, schnell eine korrigierende Maßnahme zu ergreifen, auch wenn

deren Wirkung nicht ausreicht, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Es geht darum, möglichst schnell einen positiven Effekt zu bewirken und dann gleich nach der nächsten geeigneten Maßnahme zu suchen.

Dieses Vorgehen beruht auf der Annahme, dass es selten nur eine einzige Ursache für einen Effekt gibt und dass diese Ursachen sich kaum untereinander beeinflussen.

Beispiel

Die Velocity war im letzten Sprint deutlich geringer als erhofft. Das Sprint Backlog konnte nur zu 75% abgearbeitet werden. Grund dafür war die Nicht-Verfügbarkeit einer zentralen Test-umgebung durch Wartungsarbeiten. Annahme: Wenn die Testumgebung während der Arbeitszeit des Entwicklungsteams zu 100% verfügbar ist, dann steigt die Velocity auf den angestrebten Wert. Maßnahme: Mit dem Support vereinbaren, dass Wartungsarbeiten ausschließlich außerhalb der normalen Arbeitszeiten durchgeführt werden. Als Indikator für die Wirksamkeit der Maßnahme wird vereinbart, dass im Daily Scrum mit aufgenommen wird, ob man am Vortag die Testumgebung benötigte und ob sie verfügbar war.

Schritt 2: Do – Führen Sie die Maßnahme durch!

Im Normalfall ist "Do" der einfachste Schritt: die Korrekturmaßnahme so wie geplant umsetzen. Allerdings sollten Sie dabei folgende Punkte beachten:

- Alle anderen Bedingungen sollten unverändert bleiben. Dies ist gerade in Projekten sehr schwierig, da jeden Tag andere Aufgaben anstehen. Versuchen Sie daher, alle anderen Parameter unverändert zu lassen, wie z.B. die Ressourcenkapazität. Notieren Sie, welche Parameter sich verändert haben gegenüber der Situation, in der der Korrekturbedarf auftrat.
- Wenn Sie die Korrekturmaßnahme zunächst nur in einem begrenzten Bereich durchführen, um einen direkten Vergleich für ihre Wirksamkeit zu haben, ist es wichtig, dass in den anderen Bereichen tatsächlich "weiter so wie gehabt" gearbeitet wird.
- Wenn die Korrekturmaßnahme provisorischen Charakter hat (z.B. ein Workaround anstatt der fachgerechten Umsetzung) müssen Sie unbedingt verhindern, dass aus dem Provisorium ein Dauerzustand wird.

Beispiel

Das Support-Team bietet an, eine Kopie der Testumgebung in der alten Version für die Dauer des nächsten Sprints beständig verfügbar zu halten. Es stehen dann zwar einige der neuen Funktionen nicht zur Verfügung, diese waren aber auch gar nicht eingeplant bei der Schätzung der Velocity.

Schritt 3: Check – Überprüfen Sie den Effekt!

Obwohl die vielfach anzutreffende Visualisierung von Plan-Do-Check-Act ein strenges Nacheinander von "Do" und "Check" suggerieren, können und sollten sie sogar möglichst gleichzeitig ablaufen. Deshalb ist es so wichtig, beim "Plan" Indikatoren zu bestimmen, anhand derer die Wirkung der Maßnahme überprüft wird.

Beachten Sie dabei, dass es eine Reihe von Effekten gibt, die Sie in die Irre führen können:

- Die Maßnahme wirkt u.U. erst verzögert, d.h. der Indikator reagiert nicht, obwohl die Maßnahme bereits durchgeführt wurde.
- Der Indikator unterliegt ggf. zusätzlich statistischen Schwankungen, die entweder eine tatsächlich nicht vorhandene Verbesserung oder Verschlechterung vortäuschen.
- Die Vereinbarung des Indikators kann dazu führen, dass die Teammitglieder sich auf die Verbesserung der Indikatorwerte konzentrieren und dadurch einen Pseudo-Effekt generieren.

Nach vollständigem Abschluss von "Do" analysieren Sie endgültig, welche Effekte zu beobachten waren, ggf. auch im Zeitverlauf. Beurteilen Sie, ob die Maßnahme geeignet ist, den Projektverlauf zu unterstützen. Abhängig vom Ergebnis bereiten Sie den nächsten Schritt "Act" vor: Soll die Maßnahme zurückgenommen, modifiziert oder endgültig und vollständig etabliert werden?

Beispiel

Aus den Rückmeldungen bei den Daily Scrums ergibt sich, dass die Testumgebung in der ersten Woche noch nicht vollständig verfügbar war. In den letzten drei Wochen aber lobten die Teammitglieder den Support, dass die Testumgebung stets funktionsfähig war. Tatsächlich stieg auch die Velocity signifikant an, auch wenn sie noch hinter den Erwartungen zurückblieb. Bei der Analyse schrieben die Teammitglieder der besseren Verfügbarkeit der Testumgebung ungefähr die Hälfte der Verbesserung zu. Einen weiteren positiven Effekt sahen sie in der besser eingespielten Zusammenarbeit zwischen Entwicklungsteam und Product Owner. Sie entscheiden: Mit dem Support wird vereinbart, dass für dieses Vorhaben die eigene Testumgebung weiter kontinuierlich zur Verfügung steht.

Schritt 4: Act – Wenden Sie die Erkenntnis an!

Im letzten Schritt geht es darum, die Konsequenzen aus den vorherigen drei Schritten zu ziehen. Grundsätzlich gibt es dabei drei Möglichkeiten:

- Sie haben erkannt, dass die Maßnahme nicht geeignet ist und stellen den ursprünglichen Zustand wieder her.
- Die Maßnahme hat sich bewährt und Sie etablieren sie endgültig.
- Die Schritte "Do" und "Check" haben aufgezeigt, dass die Maßnahme zwar wirksam ist, aber noch verbessert werden kann. Sie durchlaufen deshalb den PDCA-Zyklus nochmal mit der modifizierten Maßnahme.

In allen drei Fällen ist es unbedingt erforderlich, dass Sie die gewonnenen Erkenntnisse in Form einer Lesson Learned dokumentieren und dem zuständigen Wissensmanagement übergeben. Nur so ist gewährleistet, dass andere Projekte von Ihren Erfahrungen profitieren. Viele Störungen betreffen Projekte immer wieder. Es ist also sehr wertvoll, die in diesen Fällen getroffenen Maßnahmen und die Beurteilung ihrer Wirksamkeit allen Projekten zur Verfügung zu stellen.

Beispiel

Im konkreten Projekt wird die vorübergehende Testumgebung fortgeführt. Als Lesson Learned wird dokumentiert, dass eine beständig verfügbare Testumgebung einen wichtigen Beitrag zur schnellen Produktentwicklung leistet. Welche Konsequenzen für die Ausstattung von Projekten aus dieser Lesson Learned zu ziehen sind, wird im PMO des Unternehmens behandelt.

Iterieren Sie den Prozess nach Bedarf

Die Steuerung eines laufenden Projekts ist ein kontinuierlicher Prozess, der beständig Störungen unterliegt. Projektmanagementprozesse sehen deshalb eine beständige Überwachung und Steuerung vor. Plan-Do-Check-Act springt immer dann ein, wenn eine Abweichung der Istwerte von den Planwerten identifiziert wird oder eine solche zu erwarten ist.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Lessons Learned** – Die bei PDCA gewonnenen Erkenntnisse sollten als Lessons Learned in den Erfahrungsschatz der Organisation übernommen werden.
- **Ishikawa-Diagramm** – zur Ursachenanalyse, um mögliche Maßnahmen zu identifizieren
- **Szenariotechnik** – andere, aufwendige Methode zur Beurteilung der Auswirkung von Maßnahmen. Eventuell im Schritt "Do" einsetzbar

Praxistipps

- Achten Sie darauf, immer nur eine einzige Maßnahme zu testen! Wenn Sie an mehreren Schrauben drehen, können Sie die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen nicht trennen.
- Berücksichtigen Sie den statistischen Effekt der Regression zur Mitte! Wenn Fehler lediglich auf statistischen Abweichungen beruhen, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass der nächste Messwert näher am Mittelwert liegt und damit eine Besserung vortäuscht, obwohl die Maßnahme keine Wirkung hat.

Varianten

Build Measure Learn

Kern des Lean-Startup-Modells von Eric Ries ist der Produktentwicklungsprozess "Build Measure Learn" ("Bauen Messen Lernen"). Dieser ist letztlich ein verkürzter PDCA-Zyklus, auch wenn Ries sich nicht darauf beruft (Ries, Eric: Lean Startup. Schnell, risikolos und erfolgreich Unternehmen gründen, 6. Aufl. 2019, redline Vlg.). Das scheinbare Weglassen des Schritts "Plan" macht zunächst deutlich, dass es darum geht, so schnell als möglich ein "Minimum Viable Product" herzustellen. Der Schritt "Plan" aus dem PDCA-Zyklus ist bei "Build Measure Learn" mit ihm Schritt "Learn" integriert. Darüber hinaus weist Ries selbst darauf hin, dass die Planung einer Unternehmensgründung dem Produktentwicklungsprozess vorangeht.

Herkunft

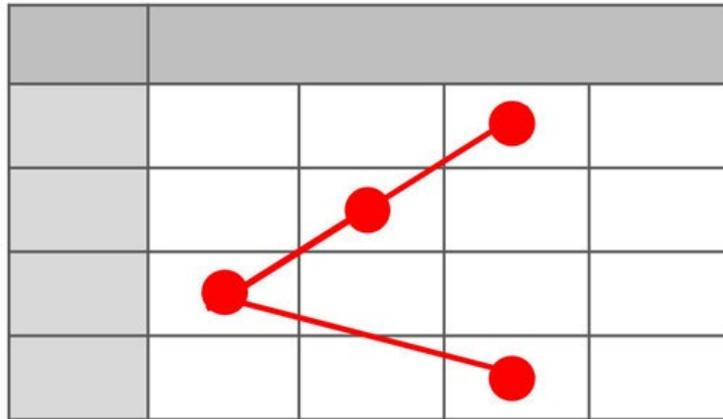
Der PDCA-Zyklus geht auf die US-amerikanischen Pioniere des Qualitätsmanagements **Walter Andrew Shewhart** (1891-1967) und **William Edwards Deming** (1900-1993) zurück. Nach diesen wird er auch Shewhart- oder häufiger Deming-Zyklus genannt. Ausführliche Darstellungen der Entwicklung des PDCA-Zyklus finden sich in der Literatur und bei Wikipedia (Deming-Kreis, Eintrag bei Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Demingkreis>, zuletzt besucht am 10.7.2019).

PRINCE2® verwendet den PDCA-Zyklus explizit als Steuerungsgrundlage für Projekte. Allerdings benennt das PRINCE2®-Manual den zweiten Schritt "Delegate" anstatt "Do".

Autor

Dr. Georg Angermeier
Erstellt am: 28.07.2019

Morphologischer Kasten



Der Morphologische Kasten ist eine Kreativitätsmethode zur systematischen Analyse komplexer Aufgabenstellungen. Der betrachtete Gegenstand (z.B. Produkt, Problemstellung) wird strukturiert in seine Elemente / Parameter zerlegt, für die mögliche Varianten aufgelistet werden. Durch das vielfältige Kombinieren dieser Varianten können innovative, zielführende Ansätze identifiziert werden.

Einsatzmöglichkeiten

Die Methode eignet sich besonders für multidimensionale, nicht einfach quantifizierbare Probleme und wird unter anderem bei der Entwicklung neuer Produkte, der Identifizierung von Maßnahmen zur Risikoverminderung oder für den Entwurf verschiedener Szenarien bei der Strategieentwicklung eingesetzt. Grundsätzlich ist sie für vielfältige Problemstellungen geeignet.

Die Methode kann während der gesamten Projektlaufzeit immer dann eingesetzt werden, wenn kreative Lösungen für konkrete Probleme gefunden werden sollen. Sie kann von einer Einzelperson durchgeführt werden, entfaltet ihre eigentliche Stärke jedoch erst in Teams von drei bis max. sieben Personen. Idealerweise ist die Gruppe interdisziplinär besetzt, um die Aufgabenstellung von möglichst vielen Seiten zu beleuchten.

Vorteile

- Eignet sich, um komplexe Systeme mit vielen Einflussfaktoren zu analysieren.
- Das zu analysierende Problem wird durch die Erarbeitung der Parameter und ihrer Ausprägungen umfassend beschrieben.
- Durch die Auflistung von Parametern und die systematische Sammlung möglicher Ausprägungen liegen alle theoretisch denkbaren Möglichkeiten grundsätzlich vor.

- Durch das leichte Erstellen neuer Kombinationen können schnell viele Ideen generiert werden.
- Die Mitglieder einer interdisziplinären Arbeitsgruppe inspirieren sich gegenseitig.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Die Erarbeitung geeigneter Parameter ist kritisch für den Erfolg der Methode und stellt anfangs oft eine Schwierigkeit dar.
- Die Auswertung wird bei vielen Parametern und Ausprägungen schnell unübersichtlich und zeitintensiv.
- Inhaltliches Expertenwissen über den betrachteten Gegenstand ist unbedingt notwendig, da ansonsten kaum umsetzbare Kombinationen gefunden werden.
- Die Vielzahl möglicher Lösungen kann zu Problemen bei der Auswahl und Priorisierung führen.
- Die Lösungen werden durch die Wahl der Parameter auf gewisse Grenzen beschränkt, sodass selten komplett neuartige Lösungen gefunden werden.
- Zielstellung der Methode ist es nicht, komplett neue Ideen zu generieren, sondern vorhandene Informationen zu neuen Lösungen zu kombinieren.

Ergebnisse

- Matrix mit Parametern und deren Ausprägungen, die zu Lösungen kombiniert werden können
- Priorisierte Liste möglicher Lösungskombinationen

Voraussetzungen

Der betrachtete Gegenstand muss einer Analyse zugänglich sein, auf eine "Black Box" kann die Methode nicht angewendet werden.

Qualifizierung

Die Methode ist von jedem ohne Vorkenntnisse anwendbar. Der Moderator sollte Erfahrung mit ihrer Anwendung haben.

Benötigte Informationen

- Expertenwissen der Teilnehmer
- Möglichst vollständige Informationen über die Problemstellung bzw. den betrachteten Gegenstand

Benötigte Hilfsmittel

- Flipchart bzw. Whiteboard und Stifte mit verschiedenen Farben
- Ggf. Tabellenkalkulationsprogramm oder Datenbank

Durchführung

- Schritt 1: Legen Sie den zu betrachtenden Gegenstand fest!
- Schritt 2: Stellen Sie die Parameter zusammen!
- Schritt 3: Sammeln Sie die Ausprägungen der Parameter!
- Schritt 4: Identifizieren Sie sinnvolle Kombinationen!
- Schritt 5: Priorisieren Sie die Kombinationen!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Schritt 1: Legen Sie den zu betrachtenden Gegenstand fest!

Betrachten Sie Ihre Aufgabenstellung näher und beschreiben Sie diese möglichst detailliert. Je allgemeiner Sie den betrachteten Gegenstand in diesem ersten Schritt beschreiben, desto universeller können die späteren Lösungsmöglichkeiten werden – desto schwieriger wird allerdings auch eine passende Parameterdefinition und die Auswahl von Lösungen. Allgemeine Oberbegriffe (z.B. "Neue Produkte") sollten Sie meiden und die Fragestellung möglichst konkret benennen. Ein einfaches Beispiel aus dem Alltag: "Welche Eigenschaften sollte unser neuer Abfalleimer aufweisen?".

Schritt 2: Stellen Sie die Parameter zusammen!

Definieren Sie im Team die Parameter, die Einflüsse auf das Problem haben. Die Parameter sollten das Problem vollständig beschreiben und überschneidungsfrei sein. Sie können die Parameter z.B. mit den Methoden Brainstorming oder Mind Mapping sammeln. Falls sie den Begriff "Parameter" ungern verwenden, können Sie die erste Spalte auch "Elemente", "Subprobleme" oder "Teilfunktionen des Produkts" bezeichnen.

Besonders wichtig ist eine möglichst hohe, logische Unabhängigkeit der Parameter, um die Ausprägungen später frei kombinieren zu können.

Tragen Sie die gesammelten Parameter als Zeilenüberschriften in eine Tabelle ein. Bild 1 zeigt dies anhand des Beispiels "neuer Abfalleimer".

Schritt 3: Sammeln Sie die Ausprägungen der Parameter!

Sammeln Sie nun für jeden Parameter mögliche Ausprägungen. Auch hier können Sie die Methoden Brainstorming oder Mind Mapping zur Ideengenerierung einsetzen. Tragen Sie die Ergebnisse in die Spalten neben dem Parameter ein. Bild 2 zeigt dies anhand des Beispiels.

Die Tabellenzeilen können dabei unterschiedlich lang werden, da pro Parameter unterschiedlich viele Ausprägungen identifiziert werden können.

Parameter	Ausprägungen			
Material				
Form				
Benutzung				
Lagerung/Aufbau				
Sonderausstattung				

Bild 1: Grundtabelle des Morphologischen Kastens. Beispiel: Parametersammlung für den Gegenstand "Abfalleimer".

Schritt 4: Identifizieren Sie sinnvolle Kombinationen!

Die Anzahl aller theoretisch möglichen Kombinationen ergibt sich als Produkt der Ausprägungen aller Parameter. Bereits in dem überaus einfachen Beispiel des Abfalleimers sind dies $4 \times 3 \times 4 \times 3 \times 4 = 576$ Möglichkeiten! Die parallele Auflistung aller Ausprägungen im Morphologischen Kasten erleichtert es nun, sinnvolle Kombinationen herauszufinden: Jede Kombination wird gewissermaßen von einem "Weg" durch die Tabellenzeilen beschrieben, wobei pro Zeile nur eine Zelle betreten werden darf.

Parameter	Ausprägungen			
Material	Metall	Plastik	Bambus	Pappe
Form	Zylinder	Würfel	Ungleichmäßig	
Nutzungsort	Küche	Garten	Büro	Keller
Lagerung/Aufbau	Faltbar	Stapelbar	Modular	
Sonderausstattung	Räder	Geruchsblocker	Leuchtend	Rostfrei

Bild 2: Sammlung von Ausprägungen für die Entwicklung eines neuen Abfalleimers.

Bilden Sie auf diese Weise nun Kombinationen aus den erarbeiteten Werten. Hierbei können Sie systematisch oder willkürlich vorgehen. Visualisieren Sie geeignete Kombinationen durch das Einzeichnen des entsprechenden Wegs durch die Tabelle.

Parameter	Ausprägungen			
Material	Metall	Plastik	Bambus	Pappe
Form	Zylinder	Würfel	Ungleichmäßig	
Nutzungsort	Küche	Garten	Büro	Keller
Lagerung/Aufbau	Faltbar	Stapelbar	Modular	
Sonderausstattung	Räder	Rostfrei	Leuchtend	Geruchsblocker

Bild 3: Identifikation möglicher Kombinationen.

Im Beispiel (Bild 3) wurden die folgenden beiden Lösungsmöglichkeiten identifiziert:

- Metall-Mülleimer in zylindrischer Form, der in Büros eingesetzt wird, modular aufgebaut und rostfrei ist
- Papp-Mülleimer in Würfelform für den Einsatz im Garten, der faltbar ist und über Räder verfügt

Schritt 5: Priorisieren Sie die Kombinationen!

Wählen Sie die Kombinationen aus, die am vielversprechendsten für die Problemlösung erscheinen. Bewerten und priorisieren Sie diese. Besprechen Sie im Team, wie mit den Ergebnissen weiter verfahren werden soll und legen Sie nächste Schritte fest.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Brainstorming** – zur Identifikation der Parameter und der Variationsmöglichkeiten
- **Mind Mapping** – zur strukturierten Identifikation von Parametern und Varianten

Praxistipps

- Legen Sie einen Moderator fest, der mit der Methode vertraut ist und den Ideenfindungsprozess generiert.
- Achten Sie besonders auf eine geeignete Parameterauswahl: Sie sollten möglichst unabhängig voneinander sein und das Problem vollständig beschreiben.
- Achten Sie auf eine sinnvolle Gruppengröße. Da die Ergebnisse stark vom Wissen und der Kommunikation der Teilnehmer abhängen, kann die Moderation bei zu vielen Teilnehmern schwierig werden. Fehlen hingegen wichtige Knowhow-Träger, ist das Ergebnis nicht optimal.

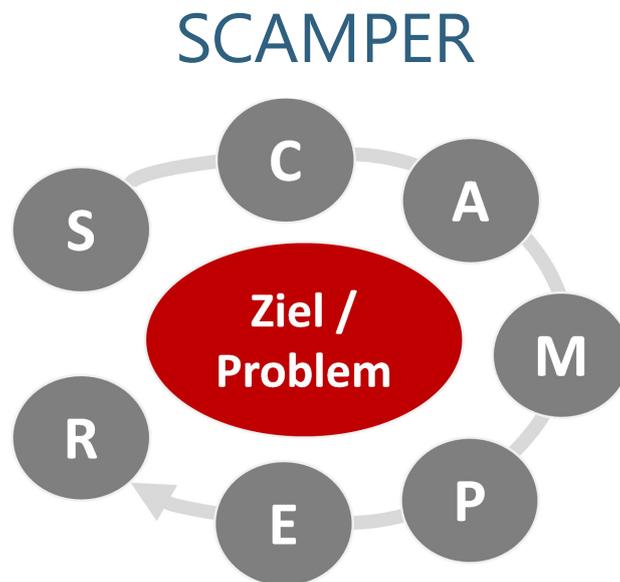
Herkunft

Der Morphologische Kasten wurde vom Schweizer Astrophysiker Fritz Zwicky in den 1960er Jahren entwickelt und wird auch als Zwicky-Box bezeichnet.

Der Morphologische Kasten bildet das Kernstück der Morphologischen Analyse, die bei komplexen Problemstellungen eingesetzt wird, um möglichst viele Lösungsmöglichkeiten und Kombinationen zu einem gegebenen Problem zu finden.

Autorin

Andrea Windolph
Erstellt am: 08.05.2016



SCAMPER ist eine Kreativitätstechnik, die mit sieben gezielten Aufforderungen zur Variation einer Ausgangskonfiguration Ideen für die Verbesserung von Produkten oder Dienstleistungen generiert. Die Methode wird zur Ideenfindung eingesetzt, z.B. im Rahmen von Brainstorming. Sie basiert auf der Annahme, dass alle neuen Entdeckungen Modifikationen von etwas Bestehendem sind.

"SCAMPER" ist ein Akronym und steht für:

- Substitute
- Combine
- Adapt
- Modify / Magnify
- Put to another use
- Eliminate / Minify
- Reverse

Ein Moderator führt die Teilnehmer durch diese sieben Kategorien und ermutigt sie dazu, eingefahrene Denkmuster zu verlassen und bestehende Sachverhalte aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten.

Einsatzmöglichkeiten

- Optimierung und Neuentwicklung von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen
- Generierung von Ideen und Lösungsansätzen
- Problemlösung

- Entwicklung von Strategien

Die Methode kann während der gesamten Projektlaufzeit eingesetzt werden, am besten in einer Gruppe, um sich gegenseitig zu inspirieren und Anregungen zu geben.

Vorteile

- Die vorgegebenen Fragen strukturieren den Prozess der Ideenfindung und machen ihn dadurch effizienter als unstrukturiertes Brainstorming.
- Durch das neue und nähere Betrachten bestehender Sachverhalte sowie das bewusste Verändern von bisherigen Anordnungen oder Mustern hilft die Methode dabei, neuartige Lösungen zu finden
- SCAMPER kann Hürden und Grenzen im Unternehmen aufdecken und so neue Chancen aufzeigen.
- Die Methode ist einfach und ohne große Vorbereitung einsetzbar.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- SCAMPER ist kaum geeignet für sehr eng gefasste Problemstellungen.
- Innerhalb eines starren Prozessablaufs mit vorgegebenen Lieferterminen sind SCAMPER-Sessions weniger effektiv.
- Manchen Teilnehmern fällt es schwer, die sieben Aufgaben auf ihr konkretes Problem anzuwenden.
- Bei ungenügender Moderation kann die Session in unproduktive Diskussionen abgleiten.
- Bei großen Gruppen kann die Durchführung und Auswertung schnell unübersichtlich werden.

Ergebnis

Sammlung von Ideen und Lösungsansätzen, evtl. strukturiert und priorisiert

Voraussetzungen

- Die Unternehmenskultur bzw. Projektkultur muss freies, unvoreingenommenes Denken unterstützen.
- Die Gruppenarbeit benötigt eine entspannte Atmosphäre ohne Ergebnis- oder Termindruck.

Qualifizierung

Mindestens der Moderator sollte mit der Methode und den sieben Kategorien vertraut sein und bereits Erfahrungen damit gesammelt haben. Ansonsten kann die Methode ohne besondere Vorkenntnisse angewendet werden. Für den Einsatz in Gruppen ist Moderationserfahrung empfehlenswert.

Benötigte Informationen

- Klar formuliertes Problem oder Fragestellung
- Vorhandenes Produkt / vorhandener Prozess als Ausgangsbasis
- Möglichst breit gefächertes Expertenwissen der Teilnehmer

Benötigte Hilfsmittel

- Einfachste Variante (z.B. Einzelperson): Papier und Stift
- Alternativ oder ergänzend: Software für Textverarbeitung, Präsentation oder Tabellenkalkulation zur Dokumentation
- Typische Materialien in einer Gruppe: Flipchart/Whiteboard/Pinnwand, Stifte, ggf. Moderationskarten oder Klebezettel
- Bei realen Produkten: Mehrere Exemplare des Produkts, die beschädigt werden dürfen.
- Evtl. Möglichkeiten für Rapid Prototyping (CAD-Arbeitsplatz mit 3D-Drucker)

Durchführung

- Schritt 1: Definieren Sie Thema und Ziel!
- Schritt 2: Führen Sie die Teilnehmer in die Methode ein!
- Schritt 3: Bearbeiten Sie die sieben Bereiche!
- Schritt 4: Analysieren Sie das Ergebnis!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Wenn Sie eine SCAMPER-Session mit Ihrem Team im Rahmen eines Workshops durchführen wollen, dann orientieren Sie sich bei Vorbereitung und Durchführung an der [Methodenbeschreibung "Workshop"](#).

Bereiten Sie insbesondere für die sieben Aufgaben zu Ihrem Thema passende Fragen vor (s.u.). Stellen Sie die benötigten Materialien bereit und gewährleisten Sie die Dokumentation der Ergebnisse.

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird im Folgenden nur noch die grammatikalisch männliche Form (Teilnehmer, Moderator) verwendet. Es sind dabei aber stets Personen jeden Geschlechts gemeint.

Schritt 1: Definieren Sie Thema und Ziel!

Formulieren Sie klar, was Sie mit der SCAMPER-Session erreichen wollen und visualisieren Sie die Fragestellung für alle sichtbar, z.B. an Flipchart oder Whiteboard.

Gute Ausgangspunkte sind existierende Produkte oder Prozesse, die entweder verbessert werden sollen oder die Probleme bereiten.

Beispiele:

- "Wir wollen möglichst viele Ideen zur Verbesserung unseres Kaffeevollautomaten sammeln."
- "Welche Möglichkeiten haben wir, unseren Beschwerde-Annahmeprozess zu einem begeisternden Erlebnis für unsere Kunden zu machen?"

Schritt 2: Führen Sie die Teilnehmer in die Methode ein!

Verschaffen Sie den Teilnehmern einen Überblick über SCAMPER und den Ablauf der Session. Die Ideenfindung verläuft reibungsloser, wenn alle ein einheitliches Verständnis von der Methode haben. Eine Möglichkeit ist es, die sieben Teilbereiche als Mind Map zu visualisieren, wie in Bild 1 gezeigt.

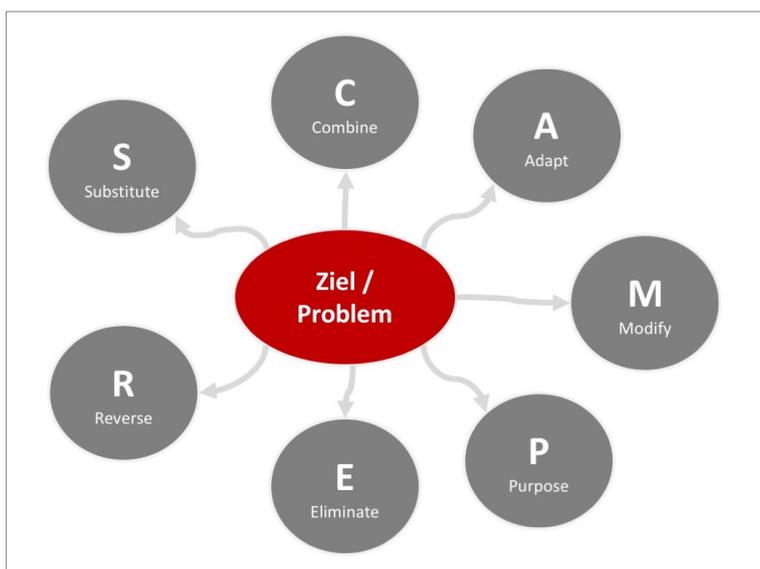


Bild 1: Die Ausgangsbasis der SCAMPER-Methode

Schritt 3: Bearbeiten Sie die sieben Bereiche!

Betrachten Sie mit der Gruppe alle sieben Bereiche. Für einen geordneten Ablauf ist es sinnvoll, in einem ersten Schritt die Fragestellungen nacheinander durchzugehen. Stellen Sie die vorbereiteten Fragen (s.u.) und visualisieren Sie die Antworten auf Karten oder direkt auf Flipchart oder Whiteboard. Sie können die gesammelten Ideen in Form einer Mind Map oder mit Listen strukturieren (s. Bild 2 und Bild 3).

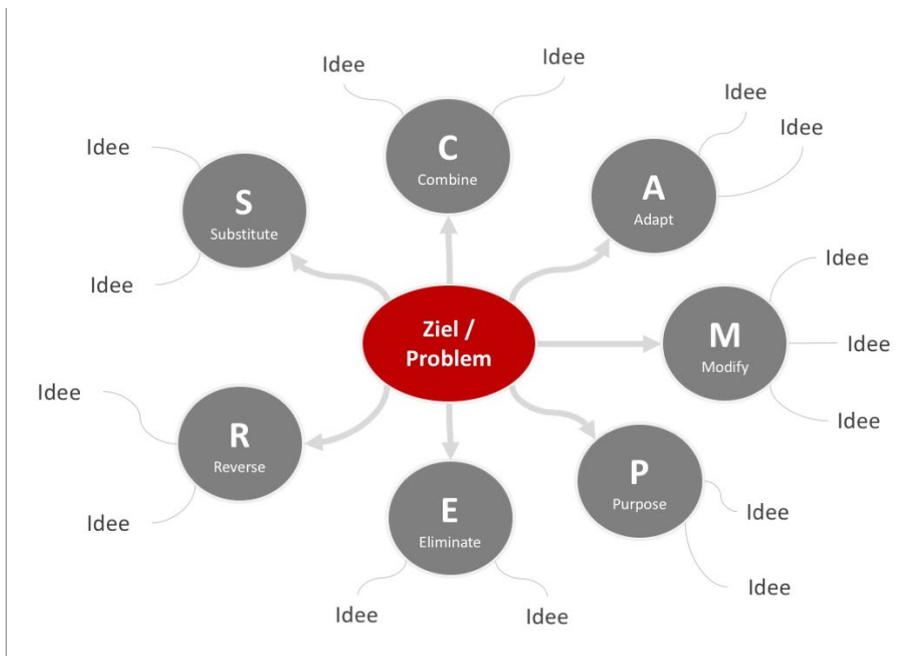


Bild 2: Anordnung der SCAMPER-Ideen in Form einer Mind Map

S	C	A	M	P	E	R
Substitute	Combine	Adapt	Modify	Put to other use	Eliminate	Reverse

Bild 3: Anordnung der SCAMPER-Ideen in Listenform

Um ein möglichst freies Denken anzuregen, sollten Sie darauf achten, auch abwegige Ideen zuzulassen. Kritik sollte wie in typischen Brainstorming-Sessions' während der Ideenfindungsphase unterbleiben.

Im Folgenden erhalten Sie einen Überblick über die Elemente von SCAMPER sowie beispielhafter Trigger-Fragen. Falls Sie kein physisches Produkt betrachten, achten Sie darauf, den Begriff "Produkt" konsequent durch z.B. "Prozess" oder "Problem" zu ersetzen, um die Teilnehmer nicht zu verwirren.

S – Substitute - Ersetzen

Denken Sie über verschiedene Wege nach, eine Komponente durch etwas anderes zu ersetzen. Diese können sowohl andere Elemente, aber auch neue Materialien, Eigenschaften usw. sein. Betrachten Sie jede Komponente des Produkts bzw. jeden Schritt des Prozesses und überlegen Sie, ob sie durch Alternativen ersetzt werden können.

Mögliche Fragen an das Team sind:

- Was kann in der Zusammenstellung, dem Material, dem Erscheinungsbild usw. geändert werden?
- Wie kann ein Teil des Produkts / Themas durch ein anderes ersetzt werden?
- Kann das Produkt auch woanders eingesetzt werden?
- Welche anderen Produkte könnten für meinen Einsatzzweck benutzt werden?

Beispiele

vegetarische Hotdogs, Kunststoffgläser in Brillen, Notizen im Projektportal statt E-Mail-Korrespondenz

C – Combine – Kombinieren

Überlegen Sie, welche unabhängigen Funktionen oder Komponenten des Produkts kombiniert und / oder zusammengelegt werden können.

Mögliche Fragen an das Team sind:

- Was kann am Produkt kombiniert werden, um es zu verbessern?
- Was passiert, wenn das Produkt mit einem anderen kombiniert wird?
- Welche weiteren Produkte wären nützlich, um den Nutzen des Produkts zu maximieren?

Beispiele

Kombination von TV-Gerät und Desktop-Computer, Kombination von Telefon und Kamera, Grußkarten mit Melodie

A – Adapt – Anpassen / Erweitern

Denken Sie über Möglichkeiten nach, ein existierendes Produkt, eine Komponente oder Funktion anzupassen oder die Funktionalität zu erweitern.

Mögliche Fragen an das Team sind:

- Welche zusätzlichen Produkte oder Elemente wären nützlich?
- Wie kann das Produkt angepasst werden, damit es noch weiteren Einsatzzwecken dient?
- Welche Eigenschaften könnten ausgebaut werden, um das Produkt universeller einsetzbar zu machen?
- An welchen anderen Produkten und Lösungsansätze kann man sich orientieren?
- Können Ansätze anderer Einsatzzwecke kopiert werden?

Beispiele

Roll-on-Deo in Anlehnung an Kugelschreiber, Autoreifen mit Spikes für Eisglätte, drahtlose Druckerschnittstelle zum Smartphone für direkten Ausdruck von Bildern

M – Modify / Magnify – Verändern / Vergrößern

Überlegen Sie, welche Bestandteile des Produkts Sie verbessern oder vergrößern können, um Ihre Ziele zu erreichen.

Mögliche Fragen an das Team sind:

- Welche Möglichkeiten gibt es, das Produkt zu ändern?
- Wie kann ein Mehrwert geschaffen werden?
- Welche Produkteigenschaften könnten angepasst werden – und was passiert dann?
- Worauf sollten wir uns am meisten konzentrieren, um das Beste aus dem Produkt herauszuholen?
- Welches Element des Produkts sollte hervorgehoben werden, um etwas noch Besseres zu erstellen?

Beispiele

Kinderbetten im Rennauto-Design, extra-starkes Kopfschmerzmittel, maschinenwaschbare Papiertaschentücher, Vergrößerung des Mobiltelefons zum Smartphone

P – Put to other use / purpose – Für einen anderen Zweck einsetzen

Denken Sie darüber nach, wie Ihr Produkt alternativ eingesetzt werden kann.

Mögliche Fragen an das Team sind:

- Könnte das Produkt auch woanders eingesetzt werden?
- Wie würde sich das Produkt in einer anderen Umgebung machen?
- Gibt es "Abfallprodukte", die anderweitig eingesetzt werden könnten?
- Wer könnte das Produkt noch einsetzen?

Beispiele

Nahrungsmittelabfälle in Großküchen (z.B. auf Schiffen) direkt kompostieren statt wegwerfen, Industriediamanten für Schmuck verwenden, Bohrmaschine als Antrieb für Kleingeräte einsetzen

E – Eliminate / Minify – Weglassen / Verkleinern

Suchen Sie nach Möglichkeiten, negative Aspekte und Probleme zu eliminieren, z.B. durch Reduzierung der Komplexität und Weglassen überflüssiger Schritte oder Funktionen. Gleichmaßen können Sie überlegen, was passiert, wenn man scheinbar unverzichtbare Elemente weglässt.

Mögliche Fragen an das Team sind:

- Was würde passieren, wenn Teile des Produkts weggelassen werden?
- Wie könnte das Produkt klarer, leichter gestaltet werden?
- Wie kann die Benutzung des Produkts einfacher gestaltet werden?

Beispiele

Weglassen der Tastatur bei einem Computer führt zum Tablet-PC, zuckerfreie Schokolade

R – Reverse / Rearrange – Umdrehen / Umsortieren

Überlegen Sie, Prozessschritte oder Produktteile anders anzuordnen, um die Abläufe effizienter und einfacher zu gestalten.

Mögliche Fragen an das Team sind:

- Können die Schritte des Prozesses in einer anderen Reihenfolge angeordnet werden?
- Was passiert, wenn er umgedreht wird?
- Wie kann das Produkt neu organisiert werden?
- Was passiert, wenn alles andersherum als bisher gemacht wird?

Beispiele

beidseitig tragbare Wende-Kleidung, vertikales Bücherregal

Schritt 4: Analysieren Sie das Ergebnis!

Sobald Sie genügend Ideen gesammelt haben, strukturieren Sie die Antworten. Fassen Sie ähnliche Ideen zusammen, z.B. alle Ideen, die eine bestimmte Funktion des Produkts betreffen.

Anschließend bewerten die Teilnehmer ihre Ideen nach Umsetzbarkeit, Kosten, Zeithorizont (oder für Sie passende Kriterien) und priorisieren sie ggf. Diese Schritte können je nach Gruppengröße und Umfang der Ideen sofort oder in einem separaten Schritt durchgeführt werden.

Bei umfangreichen Ideensammlungen kann hierfür die Methode "Six Thinking Hats" eingesetzt werden.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Brainstorming** – ergänzende bzw. rahmengebende Methode
- **Mind Mapping** – zur Strukturierung der Ideen
- **Workshop** – rahmengebende Methode
- **Design Thinking** – alternative oder rahmengebende Methode
- **Morphologischer Kasten** – ergänzende Methode für "Combine" und "Rearrange"
- **Six Thinking Hats** – ergänzende Methode für Schritt 3 zur Beurteilung der Ideen

Praxistipps

- Behalten Sie die Regeln des Brainstormings im Hinterkopf: Die Ideen dürfen gern abwegig oder unwahrscheinlich sein – Kritik ist im ersten Schritt nicht erwünscht.
- Konzentrieren Sie sich zunächst auf Quantität statt auf Qualität der Ideen. Das Aussortieren und Bewerten geschieht erst in Schritt 3.
- Falls Sie die Technik neu anwenden, machen Sie sich mit den Fragestellungen vertraut: SCAMPER verläuft flüssiger, wenn die Formulierung der Fragen gut zum Problem passt.
- Achten Sie darauf, sich nicht in langwierigen Diskussionen zu verlieren.
- Ziehen Sie in Erwägung, die Methode mit Kartentechniken wie dem Brainwriting zu kombinieren.

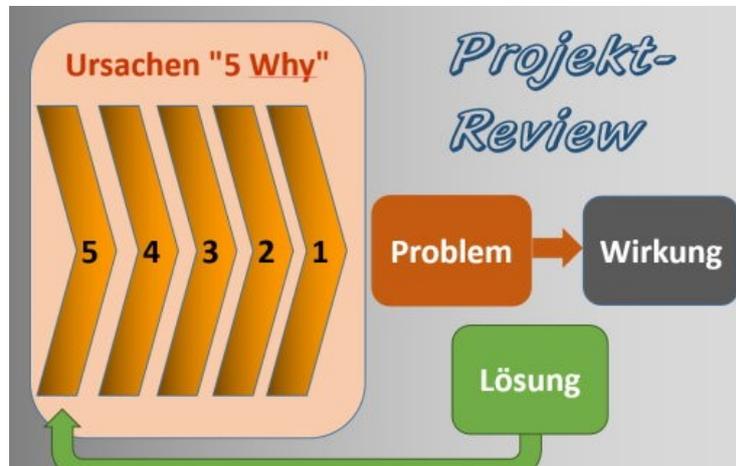
Herkunft

Alex Osborn, einer der Erfinder des Brainstormings, stellte mit der nach ihm benannten Osborn-Checkliste neun Fragestellungen zur Problemlösung vor. Bob Eberle wollte mit SCAMPER (englisch für flitzen, huschen, herumtollen) diese Liste greifbarer machen und einen spielerischen Ansatz zur Ideenfindung entwickeln (Eberle, Bob: Scamper: Games for Imagination Development, 1996, Prufrock Press).

Autorin

Andrea Windolph
Erstellt am: 21.05.2017

Projektreview mit Schwachstellenanalyse



Ein Projektreview leitet aus dem bisherigen Projektablauf oder einem schon abgeschlossenen Projekt ab, welche Lerninhalte für den weiteren Projektverlauf bzw. für zukünftige Projekte gewonnen werden können. Mit der Schwachstellenanalyse als methodischen Kern lassen sich identifizierte Schwachstellen mit dem sog. "Fünf-Warum-Prinzip" bis zur Wurzel des Problems verfolgen. Projektreviews versetzen einzelne Projekte wie auch die gesamte Organisation in die Lage, sich besser an ihrer Strategie auszurichten und sowohl Projektmanagement als auch fachliches Knowhow systematisch zu verbessern und in Zukunft besser zu nutzen.

Einsatzmöglichkeiten

- Als Zwischenreview: Verbesserung von laufenden Projekten aufgrund von Lerneffekten durch effiziente Anpassungen der Projektdurchführung
- Wissenssicherung von abgeschlossenen Projekten
- Korrigieren bestehender Projektplanungen bei laufenden Projekten
- Motivation von Projektteams durch Aufarbeitung von Projekt ereignissen in der Vergangenheit
- Neuaufsetzen eines gescheiterten Projekts
- Neuausrichtung eines Projekts wegen eines Strategiewechsels oder aus anderen Gründen

Ein Projektreview wird im Normalfall im Projektteam durchgeführt. Es kann bei Bedarf auch nur im Kernteam (Projektleitung, Teilprojektleiter usw.) durchgeführt werden. In Einzelfällen ist ein Review auch nur mit der Projektleitung denkbar, die Lerneffekte sind dann aber wesentlich geringer.

Der Aufwand für ein Projektreview beträgt normalerweise einen halben Tag bis zwei Tage für die Vorbereitung und Durchführung. Für die Nachbereitung ist ungefähr ein halber bis ein Tag anzusetzen.

Vorteile

- Lerneffekte aus der bisherigen Projektdurchführung werden transparent und können aktiv genutzt werden.
- Motivationssteigerung im Projektteam durch erkannte, dokumentierte und umsetzbare Verbesserungspotenziale
- Effizienzsteigerung der Projektarbeit durch Beseitigung erkannter Hindernisse

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Wenn die aus einem Review abgeleiteten Maßnahmen nicht verbindlich vereinbart und danach verlässlich umgesetzt werden, wird die Durchführung zukünftiger Reviews von Projektteams als unglaubwürdig und nicht lohnenswert bewertet.
- Während des Reviews können bisher unbekannte Konflikte zu Tage treten, die nicht im Rahmen eines Reviews gelöst werden können, sondern einer eigenständigen Konfliktklärung bedürfen.

Ergebnis

- Dokumentiertes Wissen, mit dem aktuelle Projekte und zukünftige Projekte sowie das Projektmanagement-System an sich zielgenau verbessert werden können.
- Verbindlicher Maßnahmenplan für die weitere Umsetzung.

Voraussetzungen

- Laufendes oder abgeschlossenes Projekt, das für eine Analyse ausreichend dokumentiert ist
- Vertrauensvolle Atmosphäre, die es den Teilnehmenden ermöglicht, offen über sensible Themen zu sprechen.
- Es muss gewährleistet sein, dass die erarbeiteten Review-Ergebnisse vertraulich behandelt werden.
- Bereitschaft der Teilnehmenden, an einem Review teilzunehmen und Maßnahmen zur Verbesserung zu ergreifen.

Qualifizierung

Erfahrener Moderator mit ausgewiesener Moderationskompetenz und rhetorischen Fertigkeiten. Projektmanagementkenntnisse des Moderators sind von Vorteil.

Benötigte Informationen

- Vorhandene Projektdokumentation, insbesondere Projektauftrag, Pläne, Berichte
- Fachwissen und Erfahrungen der Teilnehmenden
- Falls vorhanden: Ergebnisse früherer Reviews

Benötigte Hilfsmittel

- Ca. ein bis zwei Flipcharts sowie Pinnwände und Pinnwandpapier
- Moderationskoffer mit Moderationskarten, Stiften, Pinn-Nadeln und Klebestiften oder Kreppband
- Ggf. Beamer und Leinwand
- Großer, gut lüftbarer Raum mit ausreichend Platz entsprechend der Teilnehmerzahl
- Ausreichende Bestuhlung zur Durchführung eines Stuhlkreises
- Ausreichende Anzahl von Tischen an den Seiten als Stellfläche
- Digitalkamera oder Smartphone mit gleichwertigen Funktionalitäten zur Erstellung eines Fotoprotokolls

Durchführung

- Erfolgsfaktor interessenneutrale Moderation
- Auftragsklärung und Vorbereitung des Reviews
- Schritt 1: Planen Sie den Ablauf und laden Sie die Teilnehmer zum Review ein!
- Schritt 2: Eröffnen Sie das Review!
- Schritt 3: Erfassen Sie die Review-Themen!
- Schritt 4: Führen Sie das Review durch!
- Schritt 5: Schließen Sie das Review ab!
- Schritt 6: Bereiten Sie das Review nach!
- Ähnliche und ergänzende Methoden

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird im Folgenden nur noch das grammatikalisch Geschlecht (Person, Projektmanager, Teilnehmer, Moderator usw.) verwendet. Es sind dabei aber stets Personen jeden Geschlechts gemeint.

Die Methode richtet sich an Projektmanager und an das Projektteam. Auch Projektentscheider können mit einbezogen werden, wenn sich dadurch das Projektteam nicht beeinträchtigt fühlt.

Auf Basis einer effizienten Moderation lassen sich mit Projektreviews oft überraschende Ergebnisse gewinnen, die Projekte inhaltlich oder methodisch verbessern. Auch durch eine Optimierung der strategischen Ausrichtung oder der projektübergreifenden Zusammenarbeit kann der Projekterfolg gesteigert werden.

Erfolgsfaktor interessenneutrale Moderation

Die interessenneutrale Haltung des Moderators stellt einen Schlüsselfaktor für den erfolgreichen Verlauf des Projektreviews dar. Häufig kommt der Moderator aus der eigenen Organisation. Auch in diesem Fall ist es

wesentlich, dass er diese Rolle neutral ausübt. Das bedeutet: Der Moderator bringt sich selbst inhaltlich nicht ein, nimmt die Interessen aller Teilnehmer gleichberechtigt wahr, steuert und fasst die Beiträge der Teilnehmer zusammen und versteht sich als Prozessbeschleuniger. Erfahrungsgemäß eignen sich als Moderatoren Mitarbeiter aus Unternehmensbereichen, die mit Moderationstechniken vertraut sind, wie z.B. Mitarbeiter aus den Bereichen Organisation und Personal, oder – soweit vorhanden – aus dem Project Management Office.

Wenn in der eigenen Organisation kein geeigneter Mitarbeiter zu Verfügung steht oder die im Review zu bearbeitenden Themen zu konfliktträchtig sind, betraut der Auftraggeber des Reviews gegebenenfalls auch einen externen Berater mit der Moderation. Wesentlich ist hierbei, dass auch der externe Moderator sich nicht nur interessenneutral verhält, sondern seine Interessenneutralität zu Beginn als eine Spielregel für das Projektreview benennt und die Teilnehmer diese Neutralität auch wahrnehmen und anerkennen. Der Moderator benötigt hierfür eine entsprechende innere Haltung und Klarheit im Auftreten.

Wenn kein projektexterner Moderator zur Verfügung steht, kann auch der Projektleiter die Moderation übernehmen. Voraussetzung dafür ist, dass er innerlich auf Abstand zu seiner Führungsrolle im Projekt geht. Er sollte sich darüber im Klaren sein, dass seine Moderationsrolle eine neutrale Haltung erfordert. Ggf. kann er sich diese Klarheit im Vier-Augen-Gespräch mit einer vertrauten Person verschaffen. Auch gegenüber den Teilnehmern des Projektreviews sollte er seine neue Rolle verdeutlichen, z.B. mit der Aussage: "Ich habe während des Projektreviews den 'Moderationshut' auf, d.h., dass ich die unterschiedlichen vorhandenen Interessen gleichberechtigt berücksichtigen und mich selbst nicht inhaltlich einbringen werde."

Auftragsklärung und Vorbereitung des Reviews

Ein Projektreview erfordert eine systematische Vorbereitung. Der Moderator muss als erstes sicherstellen, wer der Auftraggeber des Reviews ist. Ist es die Projektleitung selbst, ist es die Geschäftsführung oder der Projektsteuerkreis als Entscheidergremium?

Mit dem Auftraggeber muss der Moderator den Auftrag abstimmen. Ziel ist ein präzise dokumentierter Auftrag, der aussagt, was Anlass, angestrebtes Ergebnis und Zielsetzung des Reviews sind. Ähnlich wie zu Beginn eines Projekts müssen hierfür Hintergründe und Zielsetzungen des Reviews geklärt werden:

- Geht es z.B. vorrangig darum, Wissen aufzubereiten?
- Geht es darum, eine Stärken- und Schwächenanalyse durchzuführen?
- Spielten ungelöste Konflikte eine tragende Rolle für die Projektentwicklung?
- Geht es darum, ein fachliches Problem zu verstehen und zu lösen?

Im Klärungsgespräch mit dem Review-Auftraggeber sind insbesondere folgende Fragen wichtig.

Wozu wird der Review durchgeführt?

Mit dieser Frage leuchten Sie die Motivation des Auftraggebers aus. Wichtig ist es, die Hintergründe für die Durchführung des Reviews zu kennen. Ein häufiger Grund ist z.B., dass die Komplexität des aktuellen Projekts alle

bisherigen Projekte übertroffen hat und ein deutlicher Lernbedarf für zukünftige Projekte erkennbar wurde. Es kommt auch vor, dass Projektmitarbeiter während des laufenden Projekts zu wenig Zeit hatten, um die Projekthistorie zu dokumentieren. Nach Projektabschluss wollen sie aber unbedingt die guten, aber auch die verbesserungswürdigen Seiten des Projekts reflektieren und die Lessons Learned für künftige Projekte sichern.

Für wen wird der Review durchgeführt und wer wird daran teilnehmen?

Mit dieser Frage ermitteln Sie die direkten und indirekten Nutzer der Review-Ergebnisse. Direkte Nutzer sind die Teilnehmer selbst. Indirekte Nutzer sind z.B. das Project Management Office, das die Ergebnisse des Reviews im Sinne einer lernenden Projektorganisation für zukünftige Projekte weiter verwenden wird.

Durch die Bestimmung des Teilnehmerkreises werden sowohl die verschiedenen Interessenlagen transparent als auch das Ausmaß ihrer Homogenität bzw. Heterogenität. Neben dem Projektteam können z.B. Linienführungskräfte teilnehmen, wenn es u.a. um Fragestellungen zur Freistellung von Projektmitarbeitern aus dem Tagesgeschäft geht.

Was kommt am Ende des Reviews heraus?

Diese Frage ist eine Projektion in die Zukunft. Sie hilft dabei, ein klares, knappes Bild zu bekommen, welche Ergebnisse erwartet werden. Geht es um umsetzbare Lerneffekte auf der fachlichen Projektebene, um methodische Lernimpulse? Sollen strategische Erkenntnisse bezüglich der Verbesserung von Projektmanagement im Unternehmen allgemein gewonnen werden? Sollen als Nebeneffekt die Zusammenarbeit im Team verbessert und Konflikte bereinigt werden?

Schritt 1: Planen Sie den Ablauf und laden Sie die Teilnehmer zum Review ein!

Je klarer die Vorstellung des Review-Auftraggebers ist, desto zielführender kann der Moderator einen stringenten Ablaufplan entwickeln. Dieser enthält dann die notwendigen Impulse, um zu den gewünschten Ergebnissen zu kommen.

Erstellen Sie also auf Basis der Auftragsklärung einen detaillierten Ablaufplan. Dieser ist für Sie der "Fahrplan" zur professionellen Moderation des Reviews.

Bei der Erstellung des Ablaufplans und der weiteren Vorbereitung des Reviews können Sie sich an der Methode "**Workshop**" orientieren.

Laden Sie rechtzeitig die im Gespräch mit dem Auftraggeber ausgewählten Teilnehmer ein mit einer aus dem Ablaufplan erstellten, verdichteten Agenda.

Schritt 2: Eröffnen Sie das Review!

Wecken Sie mit der Eröffnung des Projektreviews – ähnlich wie die Vorspeise eines mehrgängigen Menüs – bei den Teilnehmern "Appetit auf mehr"! Es ist wichtig, die Teilnehmer dort abzuholen, wo sie emotional stehen. Dabei können Sie beispielsweise sehr gut suggestive Methoden der Gesprächsführung einsetzen.

Dadurch greifen Sie als Moderator bei der Begrüßung die unterschiedlichen Motivationen und Interessen auf, welche die Teilnehmer in das Review einbringen.

Beispiel für Anmoderation

"Meine Damen und Herren, herzlich Willkommen zum Review **unseres** Projekts. Für **manche von Ihnen** ist diese Form des Reviews **vielleicht** neu, andere haben das **möglicherweise** schon häufiger erlebt. Einige von Ihnen wollen **gegebenenfalls** eine ganze Reihe von Themen hier aufarbeiten, andere verfolgen **vielleicht** eher ein einzelnes konkretes Interesse. Lassen Sie **uns** dieses Review **gemeinsam** gestalten und die Zeit nutzen, um **unser** Projekt systematisch aufzuarbeiten. **Wir** wollen daraus für die Zukunft lernen ..."

Indem Sie relativierende Begriffe verwenden, wie z.B. "vielleicht", "einige", "manche von Ihnen", "möglicherweise", "gegebenenfalls", und das Gemeinsame, das "Wir" betonen, signalisieren Sie Offenheit und geben den Teilnehmer die Möglichkeit, sich mit dem Gesagten zu identifizieren. Dies ist besonders wichtig, wenn Sie davon ausgehen, dass im Verlauf des Projektreviews häufig Konflikte und schwierige Projektsituationen thematisiert werden. Sie sollten also bereits im Vorfeld versuchen, den Teilnehmern damit verbundene Ängste und Befürchtungen zu nehmen.

Entsprechend können Sie einfürend fortfahren: "... Bisweilen spielt auch die Aufarbeitung schwieriger Kommunikationsbeziehungen zwischen Projektbeteiligten in Reviews eine Rolle. Wichtig wird sein, dass wir in diesen Fällen sachlich und wertschätzend miteinander umgehen. Sollte es ggf. Fälle geben, die wir nicht im Plenum behandeln können, werden wir in moderierten Zweiergesprächen klären. Als Moderator werde ich dafür sorgen, dass diese Spielregel eingehalten wird. Darüber hinaus möchte ich Sie bitten, mir Bescheid zu geben, wenn Ihnen die Besprechung eines bestimmten Themas im Plenum unangenehm ist. Können wir uns auf dieses Vorgehen verständigen?"

An dieser Stelle holen Sie, z.B. durch Handzeichen, das Einverständnis aller Beteiligten ein.

Vorstellungsrunde, Klärung der Erwartungshaltungen und Vereinbarung von Spielregeln

Nach der Begrüßung bitten Sie die Beteiligten, sich kurz vorzustellen und insbesondere ihre Erwartungen an das Review zu nennen. Wenn Sie und die Teilnehmer sich schon alle kennen, fragen Sie nur die Erwartungen ab. Im Folgenden präsentieren Sie Ablaufplan und Programm und sichern sich hierfür die Zustimmung der Teilnehmer. Ebenso vereinbaren Sie mit den Teilnehmern Spielregeln für den Umgang miteinander. Diese Spielregeln orientieren sich beispielsweise an den Grundsätzen des Harvard-Konzepts oder den Spielregeln der Themenzentrierten Interaktion von Ruth Cohn.

Vereinbaren Sie beispielsweise Regeln wie:

- Wir trennen identifizierte Probleme von Menschen.
- Wir suchen nach Verantwortungen, nicht nach Schuldigen.
- Wenn sich jemand im Review persönlich angegangen fühlt kann er oder sie das thematisieren und Respekt einfordern.
- Wir wollen gemeinsam lernen.

Schritt 3: Erfassen Sie die Review-Themen!

Die zu bearbeitenden Themen werden im Review selbst im Detail von den Teilnehmern benannt. Diese Themen müssen natürlich mit der Zielsetzung zusammenpassen, die im Vorfeld geklärt und vereinbart wurde. Arbeiten Sie bei der Themengenerierung mit offenen Fragen. Dadurch gewinnen Sie Antworten, die dann geclustert werden können.

Mit Leitfragen Themen sammeln

Typische Fragen können beispielsweise sein:

- Wo liegen unsere Stärken?
- Wo müssen wir im Projekt besser werden? Was sind Schwachstellen im Projekt?
- Wie sind wir bislang mit dem Projektziel umgegangen, welche Verbesserungsansätze gibt es für die Zukunft?
- Wie können wir unsere Projektressourcen noch besser einsetzen?
- Welche Kompetenzen brauchen wir in Projekten zukünftig?

Bereiten Sie diese offenen Fragen vor und schreiben Sie sie auf die mit Papier bespannte Pinnwand oder auf ein Flipchart. Lesen Sie den Teilnehmenden die Fragen vor und stellen Sie Pinnwand oder Flipchart so, dass diese immer wieder auf die Fragestellung schauen können, während sie die Antworten auf Moderationskarten notieren.

Führen Sie die Abfrage mit Moderationskarten durch. Die Teilnehmer schreiben für jede Antwort eine eigene Karte. Bei einem großen Teilnehmerkreis kann es sinnvoll sein, die Zahl der Antwortkarten zu beschränken, z.B. auf fünf Karten, um die Gesamtzahl an Antwortkarten überschaubar zu halten.

Themen clustern und priorisieren

Alle Antwortkarten werden an eine Pinnwand gepinnt und dann gemeinsam geclustert. Beim Clustern helfen die Fragestellungen, oft sind die Themen aber sehr spezifisch, so dass sich ganz eigenständige Cluster ergeben.

Erfahrungsgemäß liegt die Anzahl der Cluster im niedrigen zweistelligen Bereich, häufig sind es zwischen zehn und 15 Cluster. Im nächsten Schritt priorisieren die Teilnehmer die Cluster durch Punktevergabe. Der Moderator gibt hierfür jedem Teilnehmer drei (bei vielen Clustern evtl. mehr) selbstklebende Punkte. Jeder Teilnehmer verteilt dieser frei auf die Cluster. Es ist sowohl möglich, sie auf mehrere Cluster zu verteilen als auch alle Punkte nur für ein Cluster zu vergeben, um eindeutige Abstufungen zwischen den Clustern herzustellen.

Das Team bearbeitet nun die geordnet vorliegenden Themen-Cluster nach ihrer Priorität in Arbeitsgruppen von jeweils ca. fünf Personen.

- Eine Schwachstellenanalyse bietet sich bei Antworten an, die sich auf Aspekte beziehen wie Schwachstellen, Stärken, Probleme in der Zusammenarbeit etc.
- Eine einfachere Bearbeitung mit Hilfe eines Ishikawa-Diagramms bietet sich an bei Antworten, die sich auf Aspekte beziehen wie technische Probleme und Fragestellungen beim Projektgegenstand. Wie Sie dabei im Detail vorgehen, lesen Sie in der Methodenbeschreibung [Ishikawa-Diagramm](#).

Nachfolgend beschreibe ich die Durchführung einer Schwachstellenanalyse.

Schritt 4: Führen Sie das Review durch!

Die Schwachstellenanalyse bietet sich als methodischer Kern eines Reviews für viele Fragestellungen an. Sie leitet sich aus der bekannten Ishikawa-Methode ab. Die Schwachstellenanalyse zielt darauf ab, identifizierte Schwachstellen mit Prinzip "Fünf-Warum" zu ergründen. Gemäß Taiichi Ohno, einem japanischen Qualitäts-Experten, sollte man ein Symptom/Problem hinsichtlich seiner Ursachen bis zur fünften Ebenen hinterfragen.

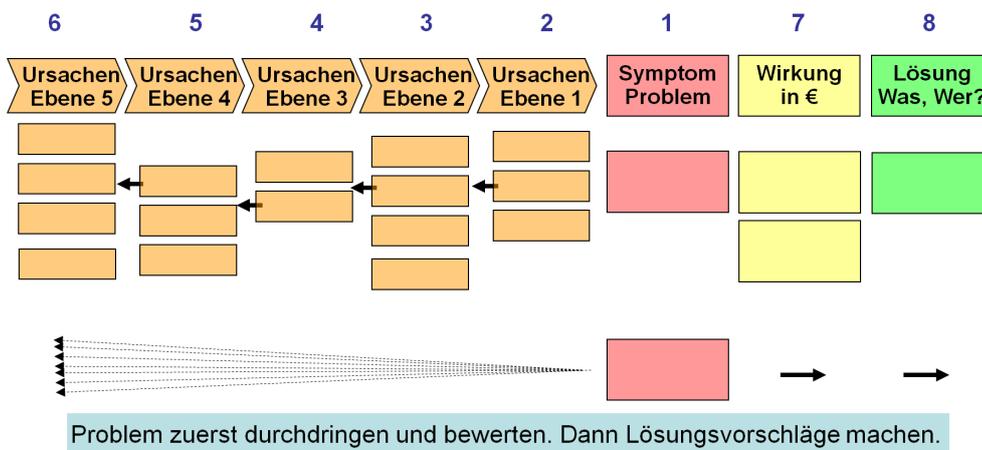


Bild 1: Prinzip einer Schwachstellenanalyse als methodischer Kern für Durchführung eines Projektreviews

Ablauf einer Schwachstellenanalyse

Die verantwortliche Arbeitsgruppe untersucht das Ursachengeflecht einer Schwachstelle so tiefgehend, bis sie die Wurzel des Problems gefunden hat:

- Nachdem die Arbeitsgruppe die Schwachstelle möglichst prägnant formuliert hat (Punkt 1 in Bild 1: "Symptom / Problem"), sammelt und notiert sie auf der ersten Ursachenebene die Gründe. Auch die Ursachen muss die Arbeitsgruppe prägnant und selbsterklärend formulieren.
- Danach entscheidet die Arbeitsgruppe, welcher der gefundenen Gründe am schwerwiegendsten ist und hinterfragt diesen auf der zweiten Ursachenebene.
- Dieser Prozess wird bis zur fünften Ursachenebene fortgesetzt und – wenn notwendig – in einem weiteren Durchlauf auf der ersten Ursachenebene mit dem Grund wiederholt, den die Arbeitsgruppe für am zweitwichtigsten hält.
- Bei diesem Prozess soll das Team ein tiefgreifendes Bewusstsein für das untersuchte Problem entwickeln, um dann die Auswirkung der Schwachstelle zu beschreiben. Wenn möglich, wird diese monetär ausgedrückt (Punkt 7 in Bild 1: "Wirkung in Euro"), ähnlich wie bei einer quantitativen Risikoanalyse. Sollte die monetäre Bewertung nicht möglich sein, bleibt man bei einer qualitativen Darstellung der Auswirkung der Schwachstelle.
- Im letzten Schritt definiert die Arbeitsgruppe Maßnahmen, wie die Schwachstelle beseitigt werden kann (Punkt 8 in Bild 1: "Lösung – Was? Wer?").

- Dieses Vorgehen wird so lange praktiziert, bis alle Schwachstellen bearbeitet sind. Nach jedem Durchgang präsentieren die Arbeitsgruppen ihre Analysen im Plenum. Dabei ist es wichtig, dass der Moderator die Ergebnisse nochmals zusammenfasst und die nächste Runde einleitet. Dadurch verhindert er, dass Schwachstellenanalysen wiederholt werden, die bereits in den Runden zuvor durchgeführt wurden.

Gestaltung der Schwachstellenanalyse bei unterschiedlichen Situationen

Pro Schwachstellenanalyse sind erfahrungsgemäß zwischen ein und zwei Stunden einzuplanen. Abhängig vom zeitlichen Rahmen für das gesamte Review kann der Moderator die Analyse der einzelnen Schwachstelle auch auf maximal eine Stunde begrenzen. Dadurch wird auch vermieden, dass eine Arbeitsgruppe ihre Schwachstellenanalyse "unendlich" weiterführt.

Der Moderator wird die Arbeitsgruppen bei ihren Schwachstellenanalysen begleiten, sich den Arbeitsfortschritt und die Ergebnisse ansehen sowie mit offenen Fragen und methodischen Empfehlungen den Arbeitsprozess unterstützen. Abhängig von der Projektsituation sollte eine Assistenz oder ein weiterer Moderator hinzukommen, besonders wenn die Arbeitsgruppen bei der Bearbeitung der Schwachstellen besondere Hilfestellung benötigen. Das kann z.B. der Fall sein, wenn die Teilnehmer im Umgang mit den Pinnwänden und Moderatorenkarten wenig oder gar nicht vertraut sind oder bei der Wahl von prägnanten und selbsterklärenden Formulierungen Unterstützung benötigen. Diese personelle Verstärkung erweist sich als besonders wichtig, wenn es um konflikträchtige Themen geht, die mit großer Sorgfalt zu behandeln sind.

Schritt 5: Schließen Sie das Review ab!

Wenn alle Schwachstellenanalysen durchgeführt und präsentiert sind, initiiert der Moderator die Abschlussrunde:

Neben allen in den einzelnen Schwachstellenanalysen erarbeiteten Maßnahmen und Lösungen geht es auch darum, einen abschließenden Maßnahmenkatalog zu erarbeiten, der definiert, wie mit den einzelnen Maßnahmen aus den Analysen umgegangen wird.

In der Methode "**Workshop**" beschreibt Schritt 7 den Aufbau eines Maßnahmenplans.

Darüber hinaus werden häufig auch übergreifende Maßnahmen abgeleitet, wie z.B. die Einbindung des PMOs, um im Detail abzustimmen, wie einzelne Maßnahmen sinnvoll, strategisch mit der entsprechenden Prozessbegleitung umgesetzt werden können.

Benennen Sie abschließend eine verantwortliche Person, welche die Umsetzung der Maßnahmen steuert und regelmäßig den Umsetzungsgrad prüft. Häufig ist das die Projektleitung oder der Moderator.

Schritt 6: Bereiten Sie das Review nach!

Nach dem Review sollte die für den Maßnahmenplan verantwortliche Person (Projektleitung oder Moderator) regelmäßig Status und Fertigstellungsgrad der definierten Maßnahmen überprüfen. Nach Bedarf muss

diese Person die Maßnahmenverantwortlichen bei der Umsetzung unterstützen und die weitere Abarbeitung einfordern.

Weitere Verwendung der Review-Ergebnisse

Die Review-Ergebnisse lassen in einem noch laufenden Projekt direkt verwenden. Bei abgeschlossenen Projekten sollten die Ergebnisse systematisch rückgespiegelt werden ins PMO oder in einen anderen strategischen Unternehmensbereich wie z.B. die Organisationsentwicklung, um das Projektmanagement-System der Organisation insgesamt zu verbessern.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Ishikawa-Diagramm** – Methode zur Ursachenanalyse und Grundlage für die hier ausführlich dargestellte Schwachstellenanalyse als Kernmethodik für ein Projektreview.
- **Moderation von Arbeitsgruppen** – erläutert wie Arbeitsgruppen zielführend und effizient Ergebnisse produzieren.
- **Workshop** – beschreibt detailliert den Gestaltungsprozess eines Workshops und seine Moderation
- **Sprint Retrospektive** – Review des zurückliegenden Sprints bei Scrum

Praxistipps

- Unterstützen Sie eine produktive Arbeitsatmosphäre und stellen Sie einen gut geeigneten Arbeitsrahmen sicher, mit möglichst störungsfreier Umgebung, gutem Catering und angenehmem Ambiente.
- Achten Sie darauf, dass eine erfahrene und qualifizierte Person das Projektreview moderiert.
- Wenn im Review voraussichtlich viele für die künftige Zusammenarbeit wichtige Konflikte bearbeitet werden müssen, sollte der Moderator weitere Schlüsselpersonen (z.B. Teilprojektleiter, Fachpromotoren, Linienmanager) ergänzend befragen, um ein möglichst vollständiges Bild von der Konfliktsituation zu erhalten.

Fachartikel zur Methode

- Nägele, Ulrich: "Projektreview mit Schwachstellenanalyse. 04.10.2010".
https://www.projektmagazin.de/artikel/projektreview-mit-schwachstellenanalyse_909
- "After Action Review" – Lessons learned für Zwischendurch
https://www.projektmagazin.de/artikel/after-action-review-lessons-learned-fuer-zwischendurch_1057611

- Einführung von Projekt-Reviews bei den Schweizerischen Bundesbahnen
https://www.projektmagazin.de/artikel/einfuehrung-von-projekt-reviews-bei-den-schweizerischen-bundesbahnen_1064435
- Projektretrospektiven. Teil 1: Nutzen und Vorbereitung
https://www.projektmagazin.de/artikel/projektretrospektiven-teil-1_7223
- Projektretrospektiven. Teil 2: Praktische Durchführung
https://www.projektmagazin.de/artikel/projektretrospektiven-teil-2_7228

Herkunft

Die hier dargestellte Schwachstellenanalyse entwickelte Arn Praetorius (Gründungsmitglied der Gesellschaft für Projektmanagement und Unternehmensberater im Ruhestand) aus dem Ishikawa-Diagramm und den Gedanken des japanischen Qualitätsmanagements. Wir haben sehr lange zusammen gearbeitet und ich habe die Methode weiter verfeinert. Sie ist sehr erfolgreich bei zahlreichen Reviews in unterschiedlicher Form eingesetzt worden:

- bei Projektzwischenreviews
- bei Reviews zu abgeschlossenen Projekten
- bei nationalen wie internationalen Projekten
- in klassischen, hybriden und agilen Projekten
- mit Projektteams von bis zu 20 Personen mit einem Moderator
- mit einem Zweitmoderator für Projektteams bis zu 35 Personen

Neben dem originären Einsatz in Projekten habe ich die Methode auch vielfach als strategisches Organisationsentwicklungsinstrument im Auftrag des PMO oder von Linienführungskräften angewandt. Teilnehmerkreis waren dann Projektleiter und Teilprojektleiter sowie Linienführungskräfte aus betroffenen Unternehmensbereichen. In diesen Einsatzfeldern wurden die im Review erzeugten Impulse verwendet, um das Projektmanagement-System an sich strategischer auszurichten und effizienter zu machen.

Englische Bezeichnungen & Synonyme

Project Review, Projektaudit

Autor

Ulrich Nägele, PMP®
Erstellt am: 25.08.2019

Personas

NAME			
	HOBBIES	HERAUSFORDERUNGEN	
BIOGRAPHIE	ÄNGSTE	ZIELE	

Eine Persona ist eine fiktive, aber detailliert beschriebene Person, die eine Kundengruppe repräsentiert. Die Persona hat konkrete Bedürfnisse, ausgeprägte Eigenschaften und verkörpert ein spezielles Benutzerverhalten mit Erwartungen und Befürchtungen. Der Einsatz von Personas ermöglicht es Produktverantwortlichen, Empathie für die Benutzergruppe entwickeln und sich in diese hineinzusetzen. Hierzu werden Personas möglichst konkret mit einem Namen, einem Gesicht und sozialen Hintergrundinformationen ausgestattet.

Einsatzmöglichkeiten

Personas dienen als Kommunikationsmittel, sowohl intern als auch zum Kunden. Sie sind für alle Anwendungsfälle geeignet, bei denen Benutzergruppen und deren Verhalten analysiert werden. Dies sind unter anderem:

- Zielgruppenanalyse
- Software- und Produktentwicklung
- Requirements Engineering
- Stakeholdermanagement
- Entwicklung und Optimierung von Vertriebsprozessen
- Akzeptanzmanagement
- Service-Management
- Ideenfindung für neue Produkte und Dienstleistungen

Vorteile

- Personas richten den Fokus der Projektbeteiligten auf die Zielgruppen und unterstützen so die Kundenorientierung
- Durch das visuelle Konzept erhält der Kunde /Stakeholder ein Gesicht und ist dadurch den Teammitgliedern gegenwärtiger, als wenn er nur in Textform (z.B. Liste von Anforderungen) beschrieben wird.
- Die Methode ist intuitiv anzuwenden.
- Personas können vielfältig angewendet werden und den gesamten Produktlebenszyklus begleiten.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Je genauer die Persona definiert ist, desto kleiner ist die von ihr repräsentierte Gruppe.
- Es besteht die Gefahr, dass Personas zu stereotyp oder nicht ausreichend realistisch beschrieben werden.
- Um möglichst alle Stakeholder oder Kunden zu erfassen, kann der Aufwand groß werden, da viele Personas definiert werden müssen.
- Fiktive Personen sind meist von den persönlichen Erfahrungen ihrer Ersteller geprägt. Es besteht die Gefahr, dass die Persona nicht auf präzisen Fakten beruht.

Ergebnis

- Eine oder mehrere Beschreibungen fiktiver Personen, die eine Benutzergruppe mit ihren Wünschen, Erwartungen und Befürchtungen repräsentieren
- Visualisierungen dieser Personen in Posterform, je nach Erstellung rein grafisch oder mit Textelementen. Ggf. in Form einer ausgefüllten Vorlage.

Voraussetzungen

- Es müssen ausreichend Informationen über die Zielgruppen vorliegen, z.B. durch Marktanalysen oder Kundenbefragungen (s. benötigte Informationen).
- Bereitschaft aller Teammitglieder, gemeinsam im Team am Entstehungsprozess mitzuwirken
- Kundenorientierung ist zentraler Bestandteil der Produkt- bzw. Unternehmensstrategie.

Qualifizierung

Es bedarf keiner speziellen Qualifikation. Beim ersten Erstellen einer Persona ist es hilfreich, ein Teammitglied dabeizuhaben, das mit der Erstellung vertraut ist.

Benötigte Informationen

- Daten über der zu visualisierenden Personengruppe. Diese können z.B. aus Interviews, Statistiken, Recherchen, Analyse des Benutzerverhaltens oder Beobachtungen gewonnen werden.
- Klare Definition, welche Zielgruppe mittels Persona dargestellt werden soll
- Ggf. Vorlage zur Erstellung von Personas

Benötigte Hilfsmittel

- Da die Personas am besten im Stehen angefertigt werden, sollten Sie eine ausreichend große Arbeitsfläche zur Verfügung haben, z.B. Flipchart oder Moderationswand.
- Ggf. Vorlage(n) zur Erstellung von Personas
- Haftnotizen bzw. Karten und ausreichend Stifte in mehreren Farben und Dicken passend für die Arbeitsfläche
- Wenn Sie die Persona in einem verteilten Team erstellen, empfiehlt es sich, dass einer der Teilnehmer die Ergebnisse auf seinem Rechner dokumentiert (z.B. in einer Vorlage) und seinen Bildschirm z.B. via Video-Konferenz mit den anderen Teilnehmern teilt.

Durchführung

- Schritt 1: Einigen Sie sich auf die Benutzergruppe und die Darstellungsweise!
- Schritt 2: Beginnen Sie mit Bild, Namen und Lebenssituation!
- Schritt 3: Formulieren Sie Wünsche, Erwartungen und Befürchtungen!
- Schritt 4: Ergänzen Sie individuelle Eigenschaften und Faktoren!
- Schritt 5: Dokumentieren Sie die Persona in geeigneter Form!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Je nach Aufgabenstellung und Gruppengröße kann die Erstellung einer Persona unterschiedlich lange dauern. Als Richtwert können Sie rund eine Stunde für die gesamte Erstellung der Persona planen.

Schritt 1: Einigen Sie sich auf die Benutzergruppe und die Darstellungsweise!

Bevor Sie mit der Erstellung der Persona beginnen, definieren Sie die zu repräsentierende Benutzergruppe klar und eindeutig. Im Idealfall ist dies z.B. anhand von Auswertungen, Beobachtungen oder Interviews bereits im Vorfeld geschehen.

Einigen Sie sich in der Gruppe, ob sie eine Vorlage verwenden oder die Persona frei Hand zeichnen. Vorlagen bieten zwar den Vorteil, dass die Informationen leichter zu strukturieren sind, aber sie haben den Nachteil, dass spezielle Eigenschaften der Persona übersehen werden können. Im Internet finden sich viele Vorlagen für Personas, die sich in Nuancen in den auszufüllenden Feldern unterscheiden. Sehen Sie sich mehrere Vorlagen an und wählen Sie die für Ihre Situation passende aus oder erstellen Sie sich eine individuelle Vorlage. Bild 1 gibt Ihnen hierfür Anregungen.

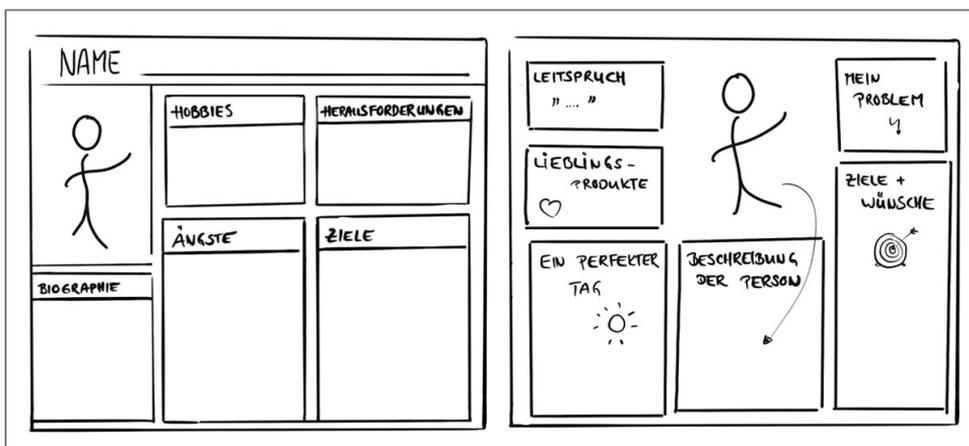


Bild 1: Beispiele für Persona-Vorlagen

Alternativ können Sie die Persona auch freihändig zeichnen (Bild 2). Dies erfordert in der Gruppensituation zwar etwas Mut, resultiert aber häufig in einem persönlicheren und emotionaleren Ergebnis.

Schritt 2: Beginnen Sie mit Bild, Namen und Lebenssituation!

Beginnen Sie am besten mit dem Bild der Persona. Sie können es entweder zeichnen oder ein Foto (z.B. aus einer großformatigen Werbung, einer Bildagentur oder dem eigenen Fundus) dafür verwenden.

Geben Sie der Persona als nächstes einen prägnanten Namen, der sie aus der Anonymität der Benutzer-

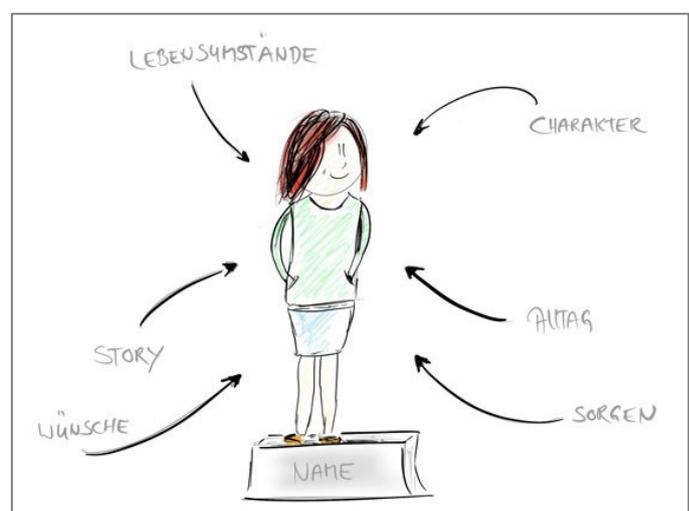


Bild 2: Beispiel für eine freihändig gezeichnete Persona

gruppe herauslöst und sie damit für alle greifbar macht. Verwenden Sie ab jetzt diesen Namen, wenn Sie über die Persona reden. Geben Sie der Person ein Aussehen. Beschreiben Sie z.B. Haarfarbe, Augenfarbe, Körpergröße, Gewicht usw.

Definieren Sie auch die persönlichen Daten und die Lebensumstände der Persona. Mögliche Fragen sind:

- Wie alt ist die Persona?
- Welchen Familienstand hat sie?
- Wie sieht das familiäre Umfeld der Persona aus?
- Welche Ausbildung hat die Persona?
- Welchem Beruf geht die Persona nach?
- Wie sieht ihr Alltag aus?
- Wer sind die Freunde der Persona bzw. wie sieht ihr soziales Umfeld aus?
- Was prägt ihr berufliches Umfeld? ...

Dokumentieren Sie diese Daten auf dem entstehenden Poster, z.B. mit Haftnotizen, illustrierenden Elementen oder kurzen Texten.

Schritt 3: Formulieren Sie Wünsche, Erwartungen und Befürchtungen!

Im dritten Schritt beschreiben Sie die Gefühlswelt der Persona. Sie formulieren hierzu einerseits Wünsche, Ziele und Erwartungen. Hierbei können Ihnen folgende Leitfragen helfen:

- Von was träumt die Persona?
- Wovon hat sie früher geträumt?
- Was ist ihr wichtig?
- Was motiviert die Persona?
- Welche Wünsche hat die Persona?
- Was will sie erreichen – sowohl beruflich als auch privat?
- Wie bemisst sie Erfolg?
- Was sind ihre Ziele?
- Wie definiert die Persona "Glück"?

Andererseits sollten nicht nur positive Aspekte beleuchtet werden, sondern auch Ängste, Probleme und wahrgenommene Risiken. Dabei können Ihnen folgende Leitfragen behilflich sein:

- Was frustriert die Persona?
- Was sind ihre Kriterien für einen miesen Tag?
- Was sind ihre Befürchtungen?
- Wovor hat die Persona Angst?
- Was sind Risiken, die die Persona nicht eingehen will oder kann?
- Welche Hürden muss die Persona in Ihrem Alltag überwinden?

Halten Sie auch diese Daten in geeigneter Weise auf dem Poster fest.

Schritt 4: Ergänzen Sie individuelle Eigenschaften und Faktoren!

Jetzt geht es darum, die Persona in ihrer Individualität auszugestalten und sie in Bezug zu Ihrem Produkt oder der Dienstleistung zu setzen. Denken Sie hierbei an Hobbys, Lebenseinstellung (z.B. als Motto formuliert), Einstellungen z.B. zu politischen Themen oder auch Zugehörigkeit zu gesellschaftlichen Gruppen (vgl. **Sinus-Milieus**®). Welche Vorbilder hat die Persona bzw. welche Personen hat die Persona (in ihrer Jugend) geprägt? Welche moralischen Grundsätze und Werte besitzt die Persona? Betrachten Sie dabei, wie sich dies jeweils auf die Beziehung Ihrer Persona zu Ihrer Dienstleistung, Ihrem Produkt oder Projekt auswirkt.

Schritt 5: Dokumentieren Sie die Persona in geeigneter Form!

Abhängig von der weiteren Verwendung der Persona – z.B. Übergabe an andere Teams – dokumentieren Sie die fertig erstellte Persona. Dies kann auf vielfältige Weise geschehen, z.B. durch:

- Abfotografieren der Arbeitsfläche
- Übertragen der endgültigen Version in eine leere Vorlage
- Aufhängen der Persona Im Team/Projektraum

Häufig sind mehrere Formate sinnvoll, z.B. um eine Galerie der Personas für das Projektbüro und zugleich eine elektronische Dokumentation im Projektordner zu haben, die für alle Projektbeteiligten jederzeit zugänglich ist.

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Umfeldanalyse** – ergänzende Methode zur Stakeholderanalyse
- **User Storys erstellen** – ergänzende Methode zur Formulierung von Anforderungen
- **Voice of the Customer** – ergänzende Methode zur Identifizierung von Anforderungen

- **Rollen Canvas** – ergänzende Methode zur Beschreibung von Rollen im Projektteam
- **Design Thinking** – weiterführende Methode zur Produktentwicklung

Praxistipps

- Machen Sie aus der Definition von Personas "Ihr Ding"! Verwenden Sie Vorlagen als Anregung, nicht als Formular und passen Sie diese auf Ihre Bedürfnisse an.
- Seien Sie kreativ! Verwenden Sie auch andere Materialien als Haftnotizen. Sie können die Beschreibung z.B. auch mit Hilfe von Foto-Collagen aus Zeitschriften erstellen.
- Haben Sie Spaß! Die Eigenschaften der Personas können auch überzeichnet werden, z.B. hinsichtlich ihres Erscheinungsbilds. Gestalten Sie den Austausch im Team humorvoll und erstellen Sie die Persona auch mit einem Augenzwinkern. Dadurch können Sie und Ihr Team sich die Eigenschaften der Person besser merken.
- Pflegen Sie die Persona! Auch eine Persona kann sich über die Laufzeit eines Projektes weiterentwickeln. Haben Sie ein Auge darauf, ob Ihre initialen Annahmen auch über einen längeren Zeitraum Bestand haben,

Hinweis: "Persona" bedeutet im Lateinischen "Maske". Die korrekte lateinische Pluralform von "persona" ist "personae", allerdings wird "Persona" in seiner Bedeutung als "Repräsentant einer Zielgruppe" mehrheitlich als Lehnwort (sowohl im Englischen als auch im Deutschen) betrachtet, so dass die Pluralbildung wie in der übernehmenden Sprache erfolgt, d.h. "die Personas". Vereinzelt findet sich jedoch auch die lateinische Pluralbildung "die Personae".

Varianten

Empathie-Karte

Eine Abwandlung der Persona ist die Empathie-Karte oder Empathy Map (Bild 3). Ähnlich der Persona wird eine Person analysiert, allerdings in vier vorgegebenen Kategorien (s.u.). Dabei entsteht quasi ein "Psychogramm" der Benutzergruppe. Ziel ist es, die wahren Beweggründe für das Handeln der Benutzergruppe zu eruieren. Auf die Empathie-Karte tragen Sie die Antworten auf die folgenden vier Fragenkategorien ein:

Was denkt und fühlt die Person?

Hier ist zu klären, was der Person wichtig ist, wovon sie träumt und was sie bewegt.

Was sieht die Person?

Analysieren sie das Umfeld der Person. Betrachten Sie z.B. ihren Freundeskreis und das Marktumfeld, in dem sie sich bewegt.

Was hört die Person?

Stellen Sie, abhängig von der Aufgabenstellung, z.B. folgende Fragen: Was sagen ihre Freunde? Was der Chef? Welche Relevanz haben die Medien auf die Person?

Wie handelt die Person?

Wie verhält sich die Person? Wie ist Ihr Erscheinungsbild? Was sind positive und negative Gesichtspunkte in Ihrem Handeln? Was frustriert die Person und was sind Erzeuger von positiven Gefühlen?

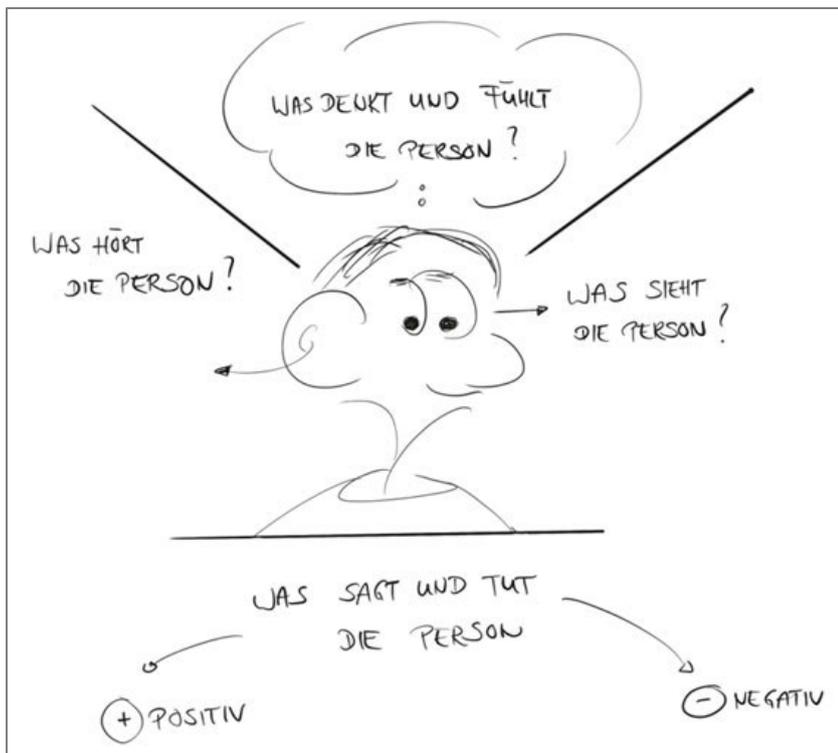


Bild 3: Die vier Fragestellungen der Empathie-Karte

Herkunft

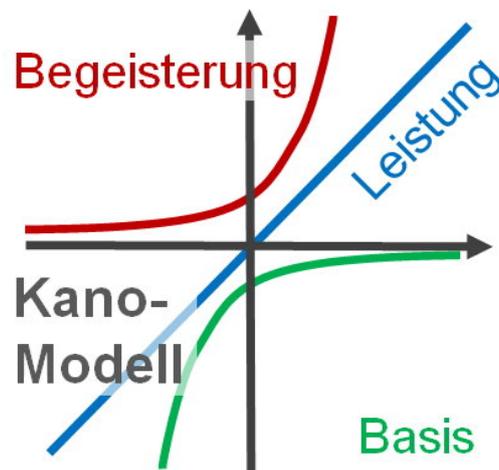
Das Arbeiten mit Personas stellte Alan Cooper 1999 in seinem Buch "The Inmates Are Running the Asylum: Why High Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity" (ISBN 978-0672326141) vor. In diesem Werk beschreibt er die Grundideen, die Entwicklung von Personas, einige Beispielanwendungen sowie positive und negative Aspekte.

Autor

Christian Botta

Erstellt am: 14.01.2018

Kano-Modell



Das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit strukturiert Kundenanforderungen in Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderungen. Diese Kategorisierung erfolgt durch Kundenbefragungen mit Hilfe eines spezifischen Fragebogens. Das Ergebnis liefert Anhaltspunkte für die Entscheidung, welche Kundenanforderungen bei einer Produkt- bzw. Dienstleistungsentwicklung berücksichtigt und in welchem Grad diese umgesetzt werden sollen. Benannt ist das Kano-Modell nach seinem Erfinder Noriaki Kano (s.u.).

Einsatzmöglichkeiten

Das Kano-Modell ist eine vorbereitende Methode des Qualitätsmanagements bei Produktentwicklungen. Es kommt vor allem bei Neuentwicklungen zum Einsatz, ist aber genauso gut bei Variantenbildung und Verbesserungen von Produkten und Dienstleistungen anwendbar. Dabei wird das Kano-Modell vor allem für folgende Aufgaben eingesetzt:

- Selektieren und Priorisieren von Kundenanforderungen an ein Produkt oder eine Dienstleistung
- Überprüfen von Anforderungslisten auf Vollständigkeit
- Lösen von Zielkonflikten bei der Produktdefinition

Vorteile

- Kundenanforderungen und deren Einfluss auf die Kundenzufriedenheit werden besser verstanden.
- Die Einteilung nach dem Kano-Modell hilft bei einer Produktentwicklung die richtigen Prioritäten zu setzen.

- Die Produktdefinition kann besser an die Produktstrategie ausgerichtet werden: Z.B. benötigt ein Pionierprodukt im Gegensatz zu Nachahmerprodukten klare Begeisterungsmerkmale.
- Das Ergebnis kann einen Anhaltspunkt für eine weitere Segmentierung der ausgewählten Kundengruppe liefern.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Das Kano-Modell liefert keine quantitativen Daten, sondern ist als qualitativer Leitfaden zu verstehen.
- Kunden sind in der Regel mit dem Aufbau des Kano-Fragebogens nicht vertraut. Bei ungenauer Erklärung kann es zu verfälschten Antworten kommen.
- Die Formulierung der funktionalen und dysfunktionalen Fragen ist anspruchsvoll und birgt die Gefahr von Fehlinterpretationen.
- Beim Entwurf des Fragebogens besteht die Gefahr, dass konkrete Produktmerkmale abgefragt werden. Kunden können jedoch viel besser auf Fragen nach der zugrunde liegenden Kundenanforderung antworten.

Ergebnis

- Die Kundenanforderungen sind in Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderungen eingeteilt und priorisiert.
- Für den Kunden indifferente Anforderungen wurden erkannt und eliminiert.
- Falsch formulierte Kundenanforderungen wurden berichtigt.

Voraussetzungen

- Die Kundenanforderungen an das Produkt oder die Dienstleistung müssen bereits durch andere Methoden ermittelt worden sein.
- Die relevante Kunden-Zielgruppe muss ausgewählt sein.
- Die Produktstrategie muss definiert sein (z.B. Nachahmerprodukt, Positionierung gegenüber bestimmten Wettbewerbern, Pionierprodukt ...).
- Das Management muss die Durchführung der Methode unterstützen, damit zum einen Ressourcen für die Kundenbefragung bereitstehen und zum anderen der Einfluss der Ergebnisse auf die Produktdefinition akzeptiert wird.

Qualifizierung

- Erfahrung im Entwerfen von Fragebögen und ggfs. Erfahrung in Gesprächsführung
- Kenntnisse der Branche, Zielgruppe und über den Einsatz des geplanten Produkts sind für die Formulierung der Fragen und die Auswertung erforderlich (meist durch Produktmanagement oder Marketing abgedeckt).

Benötigte Informationen

- Definition der Zielgruppe
- Liste repräsentativer Kunden aus der Zielgruppe zur Befragung
- Liste der Kundenanforderungen
- Produktstrategie

Benötigte Hilfsmittel

- Textverarbeitungsprogramm zur Fragebogenerstellung oder Software-Tool zur Online-Fragebogenerstellung
- Tabellenkalkulationsprogramm zur Auswertung der Fragebögen

Durchführung

- Schritt 1: Legen Sie die Art der Kundenbefragung fest!
- Schritt 2: Bereiten Sie den Kano-Fragebogen vor!
- Schritt 3: Testen Sie den Fragebogen und starten Sie die Befragung!
- Schritt 4: Werten Sie die Fragebögen aus!
- Schritt 5: Werten Sie die Ergebnisse aus!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Die Kano-Methode teilt Kundenanforderungen in Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderungen ein und ermöglicht es, indifferente Anforderungen und Rückweisungsmerkmale zu eliminieren. Bild 1 illustriert für jede Kano-Kategorie den Zusammenhang zwischen Erfüllungsgrad (Abszisse) der Anforderungen und dem Grad der Kundenzufriedenheit (Ordinate).

Basisanforderungen (M=Must-be)

Kunden setzen die Erfüllung dieser Anforderungen voraus, auch ohne diese explizit zu benennen. Werden Basisanforderungen nicht umgesetzt, ist der Kunde sehr unzufrieden, eine Optimierung dieser Anforderung macht

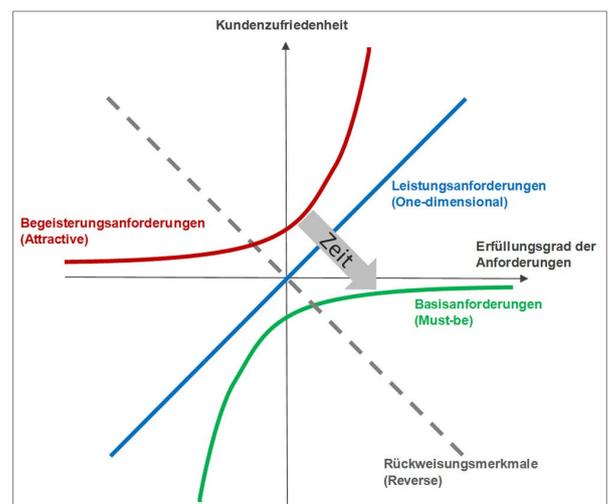


Bild 1: Das Kano-Modell beschreibt die Kundenzufriedenheit in Abhängigkeit von der Erfüllung von Kundenanforderungen

den Kunden jedoch nicht zufriedener (s. Bild 1). Beispiele sind gesetzliche Regelungen oder Marktstandards, wie z.B. das Vorhandensein eines Airbags im PKW.

Leistungsanforderungen (O=One-dimensional)

Diese Anforderungen werden vom Kunden wahrgenommen und explizit gefordert. Die Zufriedenheit der Kunden steigt linear an mit dem Grad der Umsetzung (s. Bild 1) von Leistungsanforderungen. Der Kunde vergleicht hier direkt mit Produkten des Wettbewerbs. Beispiele für Leistungsanforderungen sind der Kraftstoffverbrauch eines PKW oder die Leistungsaufnahme einer LED-Leuchte. Leistungsanforderungen werden im Laufe der Zeit zu Basisanforderungen.

Begeisterungsanforderungen (A=Attractive)

Eine besondere Rolle spielen die Begeisterungsanforderungen. Kunden nennen sie meist nicht und setzen sie auch nicht voraus. Oft sind dies Anforderungen, die den Kunden noch gar nicht bekannt sind. Werden diese Anforderungen nicht erfüllt, ist der Kunde nicht unzufrieden. Erfüllt ein Produkt jedoch ein Begeisterungsmerkmal, steigert dies die Zufriedenheit enorm (s. Bild 1). Diese Anforderungen haben deshalb den größten Einfluss auf die Kundenzufriedenheit, sind jedoch schwer zu ermitteln und erfordern ein gutes Marktverständnis und Kreativität. Im Lauf der Zeit werden Begeisterungsmerkmale zu Leistungs- und schließlich zu Basismerkmalen. Ein Airbag im PKW stellte vor vielen Jahren noch ein Begeisterungsmerkmal dar.

Indifferente Anforderungen (I=Indifferent)

Diese Anforderungen haben unabhängig vom Erfüllungsgrad keinen Einfluss auf die Kundenzufriedenheit. In Bild 1 entspricht dies einer Geraden direkt auf der horizontalen Achse. Produktmerkmale, die solche Anforderungen erfüllen, könnten z.B. dennoch aus Entwicklungs- oder Produktionssicht nötig sein. So ist eine stark modularisierte Bauweise für komplexe technische Produkte zwar für die Herstellung sehr relevant, die Kunden beurteilen aber nur das fertige Produkt.

Rückweisungsmerkmale (R=Reverse)

Eigenschaften eines Produkts, die vom Kunden abgelehnt werden, erfüllen sogenannte Reverse Anforderungen. Somit erhöht Nichterfüllung dieser Anforderungen die Kundenzufriedenheit. Wird die Anforderung hingegen umgesetzt steigt die Unzufriedenheit (s. Bild 1). Hier ist ein Fehler bei der Formulierung der Kundenanforderungen geschehen, oder es existiert ein Kundensegment, das eine andere Anforderung besitzt. Beispiel hierfür ist die Bildschirmgröße eines Laptops: Je nach Einsatzgebiet wird der Kunde einen möglichst kleinen oder möglichst großen Bildschirm fordern.

Für diese Anforderungskategorien gilt als gegebene Rangfolge: "M > O > A > I". D.h. bevor z.B. Begeisterungsfaktoren realisiert werden, müssen die Muss- und Leistungsanforderungen erfüllt sein. Anforderungen der Kategorie "R" dürfen nicht erfüllt werden, da sie der Kundenzufriedenheit schaden.

Schritt 1: Legen Sie die Art der Kundenbefragung fest!

Die Befragung kann auf zwei Arten erfolgen:

- Schriftliche Befragung (Fragebogen per Post, Internet-Umfrage): Für diese Form sprechen die geringen Kosten, vor allem bei einer großen Anzahl an zu befragenden Kunden. Die Rücklaufquote ist jedoch in der Regel gering. Die Fragen und die Antwortmöglichkeiten müssen sehr gut formuliert werden, damit der Befragte diese richtig interpretieren kann.
- Strukturiertes Interview (telefonisch, persönlicher Besuch): Diese Form ist aufwendiger als eine schriftliche Fragebogenaktion. Allerdings können Unklarheiten und Missverständnisse bei den Fragen und Antwortmöglichkeiten direkt ausgeräumt werden. Der vorgegebene Fragebogen erhöht die Objektivität verglichen mit einer rein mündlichen Befragung.

Die Auswahl der Befragungsart richtet sich nach Faktoren wie Anzahl der zu befragenden Kunden, vorhandene Ressourcen oder vorhandenes Zeitfenster. Es können auch beide Arten gemeinsam zum Einsatz kommen.

Schritt 2: Bereiten Sie den Kano-Fragebogen vor!

Die Einteilung der Kundenanforderungen in die Kategorien des Kano-Modells erfolgt mit Hilfe eines von Kano entwickelten Fragebogens. Dieser Fragebogen enthält zu jeder Kundenanforderung zwei Fragen: Die erste Frage bezieht sich auf die Kundenreaktion bei Vorhandensein der zu untersuchenden Eigenschaft (positiv formuliert, funktionale Frage). Die zweite Frage bezieht sich auf die Reaktion bei Nichtvorhandensein der Produkteigenschaft (negativ formuliert, dysfunktionale Frage). Für beide Fragen gibt es jeweils fünf vorgegebene Antwortmöglichkeiten. Tabelle 1 zeigt dies anhand eines Beispiels.

Kundenanforderung	Die Helligkeit der LED-Leuchte soll veränderbar sein.	
Funktionale Frage	Was würde Sie sagen, wenn die Helligkeit der LED-Leuchte veränderbar ist?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Das würde mich sehr freuen. 2. Das setze ich voraus. 3. Das ist mir egal. 4. Das nehme ich gerade noch hin. 5. Das würde mich sehr stören.
Dysfunktionale Frage	Was würde Sie sagen, wenn die Helligkeit der LED-Leuchte <u>nicht</u> veränderbar ist?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Das würde mich sehr freuen. 2. Das setze ich voraus. 3. Das ist mir egal. 4. Das nehme ich gerade noch hin. 5. Das würde mich sehr stören.

Tabelle 1: Fragepaar und mögliche Antworten zur Kundenanforderung

Schritt 3: Testen Sie den Fragebogen und starten Sie die Befragung!

Testen Sie den Fragebogen in der gewählten Art der Befragung um sicherzustellen, dass die Formulierung

der Fragen richtig verstanden wird. Testpersonen können sein:

- Teammitglieder,
- Kollegen aus verschiedenen Bereichen und wenn möglich Hierarchiestufen (Senior Manager, Entwicklungsingenieure, Marketingmitarbeiter,...)
- oder eine kleine Auswahl an Kunden.

Je nach Rückmeldung müssen die Fragen umformuliert und ggfs. noch einmal getestet werden. Führen Sie anschließend die Kano-Befragung in der festgelegten Form mit allen Personen aus der Kundenliste durch.

Schritt 4: Werten Sie die Fragebögen aus!

Zur Auswertung verwenden Sie die Evaluierungstabelle von Kano (Tabelle 2). Die Bedeutung der Buchstaben in der Tabelle bezieht sich auf die entsprechende Kano-Kategorie. Das Feld "Q" steht für fragwürdige Antworten. Fragwürdig ist z.B., wenn ein Kunde ankreuzt, dass ihn sowohl das Vorhandensein als auch das Nichtvorhandensein einer Eigenschaft sehr freut oder sehr stört.

In einer abgeänderten Evaluierungstabelle werden zusätzlich die Antwortkombination "Das setze ich voraus" sowohl für die funktionale als auch für die dysfunktionale Frage und ebenso die Kombination "Das nehme ich gerade noch hin" für beide Fragen als "Q" und nicht "I" eingestuft. Rückweisungsmerkmale können zusätzlich in reverse Basis-, Leistungs- und Begeisterungsmerkmale untergliedert werden. Allerdings treten Rückweisungsmerkmale eher selten auf. Wir führen die Auswertung mit der Originaltabelle von Kano durch, die nur die stärksten Bewertungen ("sehr freuen" bzw. "sehr stören") berücksichtigt.

		Dysfunktionale Frage				
		Das würde mich sehr freuen.	Das setze ich voraus.	Das ist mir egal.	Das nehme ich gerade noch hin.	Das würde mich sehr stören.
Funktionale Frage	Das würde mich sehr freuen.	Q	A	A	A	O
	Das setze ich voraus.	R	I	I	I	M
	Das ist mir egal.	R	I	I	I	M
	Das nehme ich gerade noch hin.	R	I	I	I	M
	Das würde mich sehr stören.	R	R	R	R	Q

<p>M (Must-be): Basisanforderung O (One-dimensional): Leistungsanforderung A (Attractive): Begeisterungsanforderung</p>	<p>I (Indifferent): Indifferente Anforderung R (Reverse): Rückweisungsmerkmal Q (Questionable): fragwürdige Antwort</p>
---	---

Tabelle 2: Die Evaluierungstabelle nach Kano

Zu jeder Kundenanforderung wird die Anzahl der Nennungen einer Kano-Kategorie ermittelt und in einer Auswertetabelle (Tabelle 3) festgehalten. Bild 2 zeigt den Prozess im Detail.

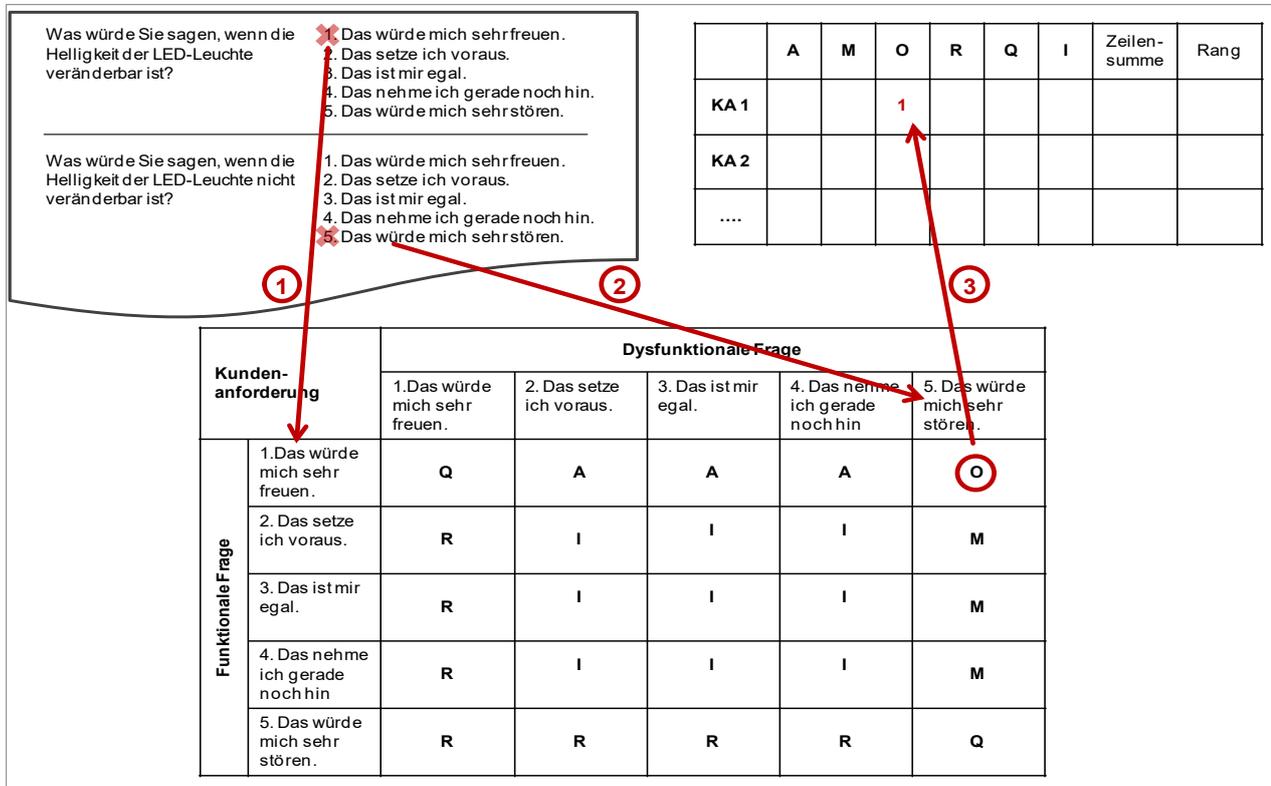


Bild 2: Die Auswerteschritte für die erste Kundenanforderung und den ersten Befragten

Die Auswertung beginnt mit der ersten Kundenanforderung des Fragebogens. Bild 2 visualisiert den Auswertungsvorgang: Der erste Befragte hat auf das erste Fragenpaar mit der Kombination "Das würde mich sehr freuen" auf die funktionale und "Das würde mich sehr stören" auf die dysfunktionale Frage geantwortet. Dafür liefert die Kano-Tabelle die Einordnung als Leistungsmerkmal (Schritte 1 und 2 in Bild 2). Dementsprechend wird für die erste Frage die Spalte "O" in der Kano-Evaluierungstabelle identifiziert. Der Zähler in der Auswertetabelle wird für die erste Anforderung in dieser Spalte auf eins gesetzt (Schritt 3 in Bild 2). Für den zweiten Befragten wird wiederum das entsprechende Kästchen identifiziert und der Zähler in der Auswertetabelle auf eins gesetzt, bzw. um eins erhöht, falls darin bereits eine Zahl steht. Die Antworten aller Befragten zur ersten Kundenanforderung werden in die Auswertetabelle eingetragen. Die Spalte "Zeilensumme" ist als Prüf-Zahl zu verstehen: Dort muss immer die Gesamtzahl der Befragten stehen. Alle Kundenanforderungen durchlaufen nun diesen Auswerteprozess. Die Spalte "Rang" enthält jeweils die am häufigsten genannte Kano-Kategorie. Tabelle 3 zeigt das Ergebnis einer vollständigen Auswertung.

	A	M	O	R	Q	I	Zeilen- summe	Rang
Kundenanforderung 1	12		8		2	3	25	A
Kundenanforderung 2		7	15		1	2	25	O
Kundenanforderung 3		22	2			1	25	M
Kundenanforderung 4	2	1	15			7	25	O
Kundenanforderung 5		12	13				25	O
...								

Tabelle 3: Auswertungstabelle mit fiktivem Ergebnis

Durch den Vorabtest des Fragebogens sollte keine Kundenanforderung eine erhebliche Anzahl an "Q"-Nennungen erhalten. Tritt dies dennoch auf, muss diese Kundenanforderung von der weiteren Analyse ausgenommen werden, bis der Gedankenprozess bei den Befragten verstanden ist. Ebenso sollte keine Kundenanforderung eine erhebliche Anzahl an "R"-Nennungen erhalten. Tritt dies dennoch ein, so ist zu prüfen, ob funktionale und dysfunktionale Frage nicht falsch herum verstanden wurden. Die Antworten aller Befragten zu dieser Kundenanforderung können dann neu ausgewertet werden: Die Antworten auf die funktionalen Frage werden als Antwort auf die dysfunktionale Frage interpretiert und umgekehrt. Eine geringe Anzahl an "R"-Nennungen zu einer Kundenanforderung kann auf eine weitere Marktsegmentierung hindeuten; ein Teil der Befragten bewertet die Anforderung umgekehrt.

Schritt 5: Werten Sie die Ergebnisse aus!

Jede Kundenanforderung fällt durch die Rangbildung in eine eindeutige Kano-Kategorie. Ein Grenzbereich entsteht, wenn eine Anforderung bei zwei Kategorien ähnlich hohe Nennungen erhält (s. Kundenanforderung 5 in Tabelle 3). Hier gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Die einzelnen Befragten werden erneut kontaktiert um dieses Ergebnis abzusichern oder entsprechend zu ändern.
- Die Kundenanforderung erhält von den ähnlich häufig genannten Kano-Kategorien, diejenige, die gemäß der Rangfolge der Bedeutung "M>O>A>I" die wichtigste Kategorie darstellt. Für die Kundenanforderung 5 ist dies Kategorie "M".
- Die gleichmäßige Verteilung auf zwei Kategorien kann auf eine weitere Kundensegmentierung hindeuten. Dies lässt sich über eine separate Auswertung der jeweiligen Fragebögen erhärten.

Als Ergebnis erhält man eine Einordnung der Kundenanforderungen in Kano-Kategorien und über die Rangfolge der Bedeutung M>O>A>I eine priorisierte Liste der Kundenanforderungen. Gibt es zu einer Kano-Kategorie mehrere Anforderungen, kann anhand der Kategorie mit der zweithöchsten Nennung priorisiert werden, wiederum anhand der Skala M>O>A>I. Das Modell liefert jedoch keine quantitative Antwort darauf, welche Kundenanforderungen in welchem Grad umgesetzt werden müssen. Das Ergebnis bildet vielmehr einen Leitfaden.

Als generelle Regel gilt:

Basisanforderungen müssen erfüllt werden. Eine Optimierung der entsprechenden Produktmerkmale über ein bereits zufriedenstellendes Maß ergibt allerdings wenig Sinn, da die Kundenzufriedenheit nicht steigt. Im Falle eines Zielkonfliktes bei der Umsetzung (Kosten, Ressourcen, Zeit) ist eine Verbesserung von Produktmerkmalen vorzuziehen, die Leistungsanforderungen erfüllen. Die Erfüllung von Leistungsanforderungen muss an den Hauptwettbewerbern ausgerichtet sein. Einige wenige Begeisterungsanforderungen sind zur Differenzierung zu Wettbewerbern hilfreich. Soll ein reines Nachahmer-Produkt geschaffen werden, können Begeisterungsanforderungen fehlen, allerdings muss das Produkt Leistungsanforderungen und Basisanforderungen erfüllen.

Ergänzende / ähnliche Methoden

Voice of the Customer (VoC) – Diese Methode liefert die für die Kano-Strukturierung notwendigen Kundenanforderungen

Praxistipps

- Den Befragten muss klar sein, dass die fünf Antwortmöglichkeiten kein Ranking darstellen, sondern die Zuordnung zu einer Kano-Kategorie ermöglichen. Erklären Sie dies bei einer schriftlichen Befragung in der Einleitung zum Fragebogen.
- Wenn möglich ziehen Sie ein strukturiertes Interview einer rein schriftlichen Fragebogenaktion vor, da sich in einem persönlichen Gespräch Unklarheiten sofort klären lassen. Antwortkombinationen, die zu einem "Q"- oder "R" führen können sofort hinterfragt werden.
- Die Einteilung in die Kano-Kategorien ist nicht statisch: Begeisterungsanforderungen werden im Laufe der Zeit zu Leistungsanforderungen, Leistungsanforderungen zu Basisanforderungen.

Varianten

Kano-Befragung mit zusätzlicher Abfrage der relativen Wichtigkeit

Der Kano-Fragebogen kann durch eine zusätzliche Abfrage der relativen Wichtigkeit jeder Kundenanforderung ergänzt werden. Die wählbare Skala verläuft von "unwichtig" bis "sehr wichtig". Diese Angabe erlaubt

es, die Kano-Klassifizierung zu überprüfen bzw. Unklarheiten auszuräumen: Basisanforderungen weisen eine relativ hohe Wichtigkeit auf, gefolgt von den Leistungsanforderungen und den Begeisterungsanforderungen. Zusätzlich erlaubt die Angabe eine direkte Priorisierung von Anforderungen innerhalb einer Kategorie ohne auf die Skala M>O>A>I zurückgreifen zu müssen.

Kano-Klassifizierung ohne Fragebogen

Vor allem im Investitionsgüterbereich wird die Kano-Klassifizierung häufig ohne Fragebogen durchgeführt. Meist besteht hier ein enger direkter Kundenkontakt und es existiert ein umfangreiches Wissen über die Anwendung, in der das Produkt bzw. die Dienstleistung eingesetzt werden soll. Anhand der inhärenten Eigenschaften der drei Kano-Kategorien wird die Einteilung in einer internen Arbeitsgruppe ggfs. gemeinsam mit Kunden in unstrukturierten Interviews durchgeführt. Dies ist wesentlich weniger aufwendig als eine Fragebogenaktion, allerdings muss gut darauf geachtet werden, dass die Einteilung aus Sicht des Kunden erfolgt und nicht anhand eigener subjektiver Kriterien.

Ermittlung von Kundenanforderungen gemäß der Kano-Klassifizierung

Hier werden umgekehrt zum eigentlichen Kano-Prozess gezielt Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderungen gesucht vor dem Hintergrund, dass ein Produkt oder eine Dienstleistung alle drei Kategorien abdecken sollte.

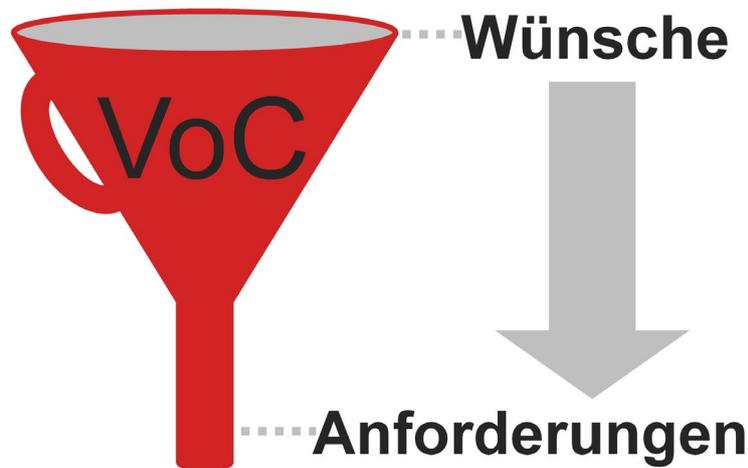
Herkunft

Das Kano-Modell ist nach Prof. Noriaki Kano (geb. 1940 in Tokyo) benannt. Kano trug maßgeblich zur Entwicklung des Total Quality Managements bei und entwickelte in den 1980er Jahren das Modell der Kundenzufriedenheit. Kano trägt als emeritierter Professor weiterhin in vielen verschiedenen Funktionen zur Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements bei.

Autorin

Dr. Christine Knorr
Erstellt am: 09.04.2017

Voice of the Customer (VoC)



Voice of the Customer (VoC) ist eine Methode, mit der ausgesprochene und unausgesprochene Kundenwünsche ermittelt und in quantifizierte, strukturierte und bewertete Kundenanforderungen transformiert werden. Voice of the Customer wird am Anfang einer Produktdefinition eingesetzt. Die bewerteten Kundenanforderungen bilden die Basis für die Ableitung technischer Produktmerkmale und Funktionen im weiteren Produktentwicklungsprozess.

Einsatzmöglichkeiten

Voice of the Customer kann immer dann eingesetzt werden, wenn Leistungen für Kunden festgelegt werden müssen. Eine Leistung kann dabei ein Produkt aus dem Konsumgüter- oder Investitionsgüterbereich sein, aber auch eine Dienstleistung, Software oder ein Prozess (z.B. Vertriebsprozess, Managementprozess). Im Folgenden werden all diese Leistungen vereinfacht als "Produkt" bezeichnet.

- VoC wird bei Produktneuentwicklung, Produktvariation, bei Variantenbildung und auch bei Produktverbesserung eingesetzt.
- Bei Six Sigma ist VoC ein wichtiges Werkzeug in der Define-Phase.
- Bei Durchführung von Quality Function Deployment (QFD) liefert VoC die Eingangsgröße für das erste House of Quality.

Vorteile

- VoC ermöglicht es, die Produkteigenschaften im Produktentwicklungsprozess so zu gestalten, dass die Nutzenerwartungen der Kunden erfüllt werden.
- Die Produktdefinition startet bei den Bedürfnissen der Kunden und nicht mit technischen Produktmerkmalen, die durch einen oft nicht nachvollziehbaren Übersetzungsprozess entstanden sind. Dies gewährleistet hohe Kundenorientierung.

- Eine getrennte Analyse von Anforderungen und technischen Lösungen erhöht die Flexibilität auf beiden Seiten. Es wird leichter, neue technische Lösungen abzuleiten.
- Fehlentwicklungen, die am Markt vorbeigehen, und Over-Engineering werden vermieden.
- Durch Anwenden von VoC entsteht ein umfangreiches Markt- und Produktverständnis im Unternehmen.

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Je nach Ausgangslage kann die gründliche methodische Erhebung der Stimme des Kunden einiges an Zeit- bzw. Ressourcenaufwand erfordern. Dieser Aufwand ist uneingeschränkt sinnvoll, der Nutzen für das Unternehmen wird jedoch erst nach Markteinführung des Produkts sichtbar.
- Bei hochinnovativen Produkten sind die Wünsche beim Kunden oft nur latent vorhanden und werden von ihm nicht explizit geäußert. Kundenanforderungen werden hier ohne direkte Kundenäußerungen abgeleitet und besitzen daher eine große Unsicherheit.

Ergebnisse

- Vollständige, strukturierte Liste gewichteter und überschneidungsfreier Kundenanforderungen, die direkt in den weiteren Produktentwicklungsprozess übernommen werden kann.
- Aktualisierte Liste der Kundenwünsche, evtl. in Form einer VoC-Tabelle

Voraussetzungen

Definierte Kunden-Zielgruppe

Eine Grundvoraussetzung um VoC erfolgreich anwenden zu können, ist eine stimmige Produktstrategie mit Marktsegmentierung und Auswahl der relevanten Zielgruppe. Sind die Zielkunden nicht bekannt oder die Kundensegmentierung zu ungenau, kann VoC keine sinnvollen Ergebnisse liefern.

VoC-Team

Vor Start des VoC-Projekts muss das VoC-Team definiert werden. Es sollte das Kernteam der Produktentwicklung enthalten. So kann das Produktwissen der Bereiche Vertrieb, Marketing, Produktmanagement, Entwicklung, Qualität, Produktion und je nach Unternehmen weiteren Abteilungen eingebracht werden. Je nach Größe und Organisation des Unternehmens sind das Mitarbeiter aus den einzelnen Bereichen, oder auch Personen, die verschiedene Funktionen in Personalunion ausfüllen. Es können auch Vertreter der wichtigsten Kunden temporär mit im Team sitzen.

Neutraler Moderator

Da das VoC-Team abteilungsübergreifend und ggf. auch interdisziplinär zusammengesetzt ist, wird eine neutrale Moderation benötigt. Die Moderation muss darauf achten, dass die unterschiedlichen Interessen zu

keinen Verfälschungen bei Erhebung der Kundenwünsche und Formulierung der Anforderungen führen.

Managementunterstützung

Das Management hat im Wesentlichen drei Aufgaben: Es muss dafür sorgen, dass die VoC-Teammitglieder für die Aufgabe zur Verfügung stehen. Zusätzlich muss es eventuell ressourcen- und zeitintensive Primärdatenerhebungen genehmigen. Nach Abschluss des VoC-Projekts muss es die Weiterentwicklung des Produkts basierend auf den Ergebnissen freigeben.

Qualifizierung

Jedes Teammitglied trägt mit der Produktkompetenz seines Fachbereichs bei. Die Teammitglieder benötigen darüber hinaus keine weiteren Qualifikationen.

Der Moderator des VoC-Teams muss mit der Methode vertraut sein und bereits Erfahrungen mit ihrer Anwendung gesammelt haben. Zusätzlich benötigt er entsprechende Moderationserfahrung.

Benötigte Informationen

- Fachkenntnisse der Teilnehmer aus den Bereichen Produktentwicklung, Produktion, Qualitätsmanagement, Marketing, Vertrieb u.a.
- Definition der Kunden-Zielgruppe und Marktsegmentierung
- Produktstrategie des Unternehmens
- Liste bekannter Kundenwünsche

Benötigte Hilfsmittel

- Tabellenkalkulationsprogramm
- Moderationskarten, Pinnwand, Flip-Chart

Durchführung

- Schritt 1: Ermitteln Sie relevante Einflussnehmer und Kaufentscheider!
- Schritt 2: Ermitteln Sie die Kundenwünsche!
- Schritt 3: Transformieren Sie die Kundenwünsche in Kundenanforderungen!
- Schritt 4: Strukturieren Sie die Kundenanforderungen!
- Schritt 5: Gewichten Sie die Kundenanforderungen!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Voice of the Customer verlangt eine genaue Definition der Begriffe "Kundenwunsch" (auch "Kundenerwartung") und "Kundenanforderung" (auch "Kundenbedürfnis"). Tabelle 1 schlägt Definitionen vor, die für diesen Zweck geeignet sind.

	Kundenwunsch	Kundenanforderung
Definition	Direkt vom Kunden (mündlich oder schriftlich) geäußerte Erwartungshaltung an das Produkt.	In der Kundensprache eindeutig beschriebene, für den Kunden nützliche Eigenschaft des Produkts.
Beispiel	"Ich erwarte eine einfache Bedienung."	"Das Gerät soll mit maximal zwei Handgriffen bedienbar sein." und "Das Gerät soll bei Erstbenutzung ohne Lesen der Bedienungsanleitung bedienbar sein."

Tabelle 1: Begriffe Kundenwunsch und Kundenanforderung.

Es gibt keine eins-zu-eins-Beziehung zwischen Kundenwünschen und Kundenanforderungen: Tabelle 1 zeigt z.B. zwei abgeleitete Kundenanforderungen aus einem Kundenwunsch. Während Kundenwünsche sehr unterschiedlich formuliert sein können, müssen Kundenanforderungen folgende Kriterien erfüllen:

- für jeden Stakeholder verständlich und nachvollziehbar formuliert
- so genau wie möglich quantifiziert (in der Kundensprache)
- eindeutig beschrieben
- nicht aus technischen Lösungen abgeleitet

Für die Liste der Kundenanforderungen insgesamt gelten die Kriterien:

- Die Anforderungen müssen die Erwartungen der Kunden an das Produkt vollständig beschreiben.
- Die einzelnen Anforderungen dürfen sich nicht überschneiden.
- Die Anforderungen müssen gewichtet sein.

Schritt 1: Ermitteln Sie relevante Einflussnehmer und Kaufentscheider!

Machen Sie sich zu Beginn klar, wie die Lieferkette bis zum Zielkunden aussieht und identifizieren Sie weitere Einflussnehmer auf die Kaufentscheidung. Wichtige Akteure müssen bei der Ermittlung der Kundenwünsche mit berücksichtigt werden. Bild 1 gibt einen Überblick über relevante Marktteilnehmer.

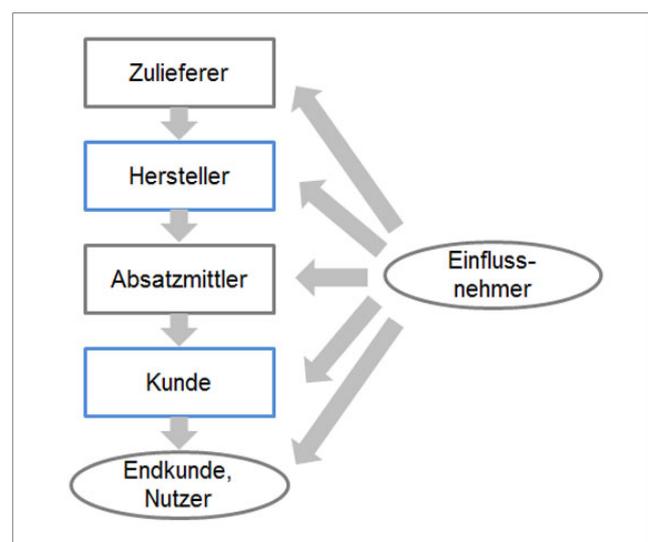


Bild 1: Lieferkette (Rechtecke) und Einflussnehmer (Ovale).

Überprüfen Sie, ob innerhalb einer Institution mehrere Einflussnehmer zu finden sind. Beim Kunden sind dies in der Regel der Einkauf und derjenige Bereich, der das Produkt einsetzt oder weiterverarbeitet.

Typische Absatzmittler als Bestandteil der Lieferkette sind z.B. der Großhandel, Erbringer von mit dem Produkt verbundenen Dienstleistungen (z.B. Handwerker) oder ein Online-Shop. Einflussnehmer sind z.B. im Baubereich Behörden (in Form von Richtlinien und Gesetzen), Fachplaner oder Architekten. Im B2B-Geschäft sind Kunde und Endbenutzer meist nicht identisch – aber auch der Endbenutzer des Produkts hat oft maßgeblichen Einfluss. Der Kunde berücksichtigt dessen Anforderungen jedoch nicht immer ausreichend.

Das Bestimmen relevanter Marktteilnehmer funktioniert am besten im Team, denn jedes Mitglied kann hier wichtige Informationen liefern. Soll z.B. als Vorgabe eine bestimmte Produktionslinie zum Einsatz kommen, so resultieren daraus bestimmte Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt. Die eigene Produktion ist hier ein sog. "interner Kunde".

Die Anzahl der so ermittelten, relevanten Einflussnehmer ist zwar meist klein, aber Ihnen entgeht so kein Marktteilnehmer, der später zu einer Verkaufsbarriere werden kann.

Schritt 2: Ermitteln Sie die Kundenwünsche!

Ermitteln Sie jetzt die Wünsche der Kunden und der in Schritt 1 identifizierten relevanten Einflussnehmer. Je nach Ausgangslage ist dieser Schritt mehr oder weniger aufwendig: Bei einer kompletten Neuentwicklung ist der Aufwand sicherlich am höchsten. Wird ein existierendes Produkt verbessert, ist der Aufwand wesentlich geringer, da viele Informationen bereits vom Vorgängerprodukt bekannt sind. Wichtig ist bei diesem Schritt, dass Sie die Kundenwünsche nicht nach eigenen Vorstellungen interpretieren.

Bitte Sie die Teilnehmer, für die Teambesprechung bekannte Kundenwünsche und Kundenanforderungen zu recherchieren und aufbereitet mitzubringen. So können Sie bereits die erste Runde nutzen, um Informationslücken aufzuzeigen und effektive Maßnahmen zu ihrer Schließung zu definieren.

Quellen für Sekundärdaten		Quellen für Primärdaten
intern	<ul style="list-style-type: none"> • CRM-Tools (Customer Relationship Management) • Offizielle Reklamationen • Mitarbeiterbefragung: Mitarbeiter identifizieren Schwachstellen oft als Erstes • Neue Technologien 	<ul style="list-style-type: none"> • Kundenworkshops • Kundenumfragen • Kooperation mit Schlüsselkunden • Erfahrung in der Anwendung sammeln (z.B. mit Pilotprojekten) • Kundenforen
extern	<ul style="list-style-type: none"> • Konsumforschung • Internetrecherche (Kunde, Wettbewerb etc.) • Marktstudien • Fachtagungen, -zeitungen • Richtlinien, Gesetze 	<ul style="list-style-type: none"> • Ideenwettbewerbe • Experteninterviews • Trendforschung

Tabelle 2: Auswahl möglicher Informationsquellen für Kundenwünsche.

Tabelle 2 zeigt eine Auswahl von Quellen für vorhandenes Datenmaterial (Sekundärdaten) und Methoden zur Erfassung neuer Informationen (Primärdaten). Legen Sie besonderes Augenmerk auf Sekundärdaten, die im Unternehmen vorhanden sind. Diese Informationen sind am einfachsten und billigsten zu erhalten.

Welche Methoden eingesetzt werden, hängt von der Ausgangssituation ab. Diskutieren Sie im Team die Quellen zur Schließung der Informationslücken. Lassen Sie sich aufwendige Methoden, wie z.B. große Kundenbefragungen, vom Management genehmigen und planen Sie ausreichend Zeit für die Durchführung ein. Werden Kunden direkt befragt, ist es sinnvoll, hier bereits die Wichtigkeit der einzelnen Kundenwünsche abzufragen. Dieses Ergebnis erleichtert in Schritt 5 die Gewichtung der Kundenanforderungen. Wenn immer es sich einrichten lässt, suchen Sie den direkten Kontakt zum Kunden. Man erhält so unverfälschte Wünsche und versteht den Einsatz des Produkts beim Kunden.

Schritt 3: Transformieren Sie die Kundenwünsche in Kundenanforderungen!

Leiten Sie aus den Kundenwünschen die zugrundeliegenden Anforderungen ab. Wenn es die Situation ermöglicht, kann dieser Schritt direkt mit Kunden durchgeführt werden. Häufig ist das nicht der Fall und die Übersetzung muss ohne direkte Kundenbeteiligung durchgeführt werden. Das Team muss dann bei der Bearbeitung immer die "Brille des Kunden" tragen. Ein Hilfsmittel für diesen Schritt ist die "6-W-Methode". Diese besteht darin, dass Sie für jeden Kundenwunsch die folgenden sechs Fragen beantworten:

- Wer hat es gesagt?
- Was ist der Inhalt der Aussage?
- Wo findet die Aussage statt?
- Wann findet die Aussage statt?
- Wie (unter welchen Bedingungen) findet die Aussage statt?
- Warum wurde die Aussage gemacht? Was ist der Nutzen für den Kunden?

Aus den Antworten dieser Fragen lässt sich das hinter dem Wunsch steckende Kundenbedürfnis besser verstehen und daraus die Kundenanforderung ableiten. Arbeiten Sie jeden Kundenwunsch sukzessive auf diese Weise im Team durch. Am Ende steht eine ausgefüllte, sog. VoC-Tabelle (Tabelle 3). Es kann durchaus sein, dass hinter einem Kundenwunsch mehrere Kundenanforderungen versteckt sind, oder dass zwei verschiedene Kundenwünsche nach der Analyse sich als eine einzige Anforderung darstellen. In der VoC-Tabelle werden die Wünsche sowohl der eigentlichen Kunden als auch der identifizierten relevanten Einflussnehmer erfasst und transformiert. Berücksichtigen Sie dabei die eingangs aufgeführten Kriterien für die einzelnen Kundenanforderungen.

Kundenwunsch	Wer	Was	Wo	Wann	Wie	Warum	Kundenanforderung

Tabelle 3: Aufbau einer VoC-Tabelle.

Die Kundenanforderungen sind jetzt für alle verständlich und nachvollziehbar formuliert, eindeutig, nicht aus technischen Lösungen abgeleitet und in der Kundensprache quantifiziert.

Schritt 4: Strukturieren Sie die Kundenanforderungen!

Strukturieren Sie zuerst die meist große Anzahl an Kundenanforderungen nach thematischer Zugehörigkeit. Dazu schreiben Sie am besten die Anforderungen auf Moderationskarten, gruppieren diese an einer Pinnwand und fügen abstrakte Oberbegriffe zu den erhaltenen Gruppen ein. So entsteht ein Affinitätsdiagramm. Typische Beispiele für Gruppenbegriffe bei der Definition von technischen Produkten sind "Leistungsfähigkeit", "Wartung", "Montage", "Bedienung", "Umwelt", "Design", "Wirtschaftlichkeit".

Folgendes ist zu beachten:

- Lässt sich eine Kundenanforderung keiner Gruppe zuordnen, bleibt sie alleine stehen.
- Bei identischen Kundenanforderungen werden die Mehrfachnennungen entfernt.
- Hat eine Kundenanforderung mehrere Bedeutungen, wird sie auf mehrere Karten aufgeteilt.
- Werden Lücken entdeckt, so werden fehlende Anforderungen ergänzt.
- Überschneiden sich Kundenanforderungen, müssen sie so in mehrere Anforderungen aufgeteilt werden, dass sie voneinander unabhängig sind.

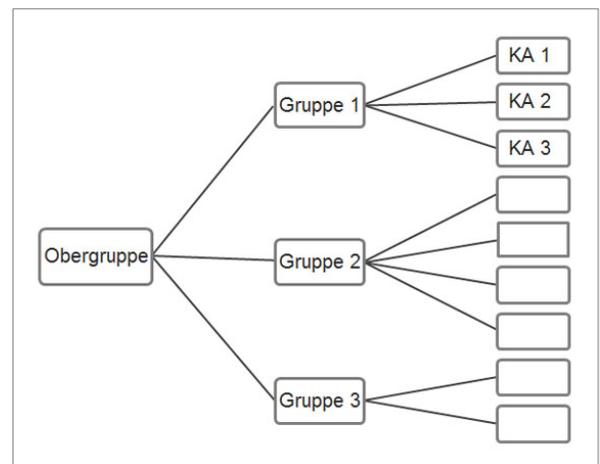


Bild 2: Kundenanforderungen (KA) strukturiert in einem Baumdiagramm.

Je nach Komplexität des untersuchten Produkts können viele Gruppen entstehen. Dann werden diese weiter gruppiert, so dass ein mehrstufiges Baumdiagramm (Bild 2) entsteht.

Die Kundenanforderungen erhalten so einen gleichen sprachlichen Detaillierungsgrad. Sie sind jetzt strukturiert, vollständig und überschneidungsfrei.

Übertragen Sie diese Struktur in das Tabellenkalkulationsprogramm zur weiteren Bearbeitung im nächsten Schritt.

Schritt 5: Gewichten Sie die Kundenanforderungen!

Nicht alle Kundenanforderungen sind dem Kunden gleich wichtig. Auch können nicht alle zu 100% im Produkt erfüllt werden. Wurde in Schritt 3 die Kundengewichtung eingeholt, wird dieses Ergebnis hier verwendet. Wenn noch keine Gewichtungen vorliegen, bewerten Sie in diesem Schritt die Anforderungen aus Sicht der Kunden. Es existiert eine Vielzahl von Bewertungsmethoden. Am häufigsten wird der paarweise Vergleich eingesetzt, bei dem jede Kundenanforderung mit jeder anderen verglichen und gewichtet wird.

Für eine weitere Bearbeitung im Produktentwicklungsprozess (z.B. mit QFD) empfiehlt es sich, das Gewichtungsergebnis auf die Skala 1 (unwichtig) – 10 (sehr wichtig) zu normieren. Ergänzen Sie hierzu die VoC-Tabelle (Tabelle 3) um die Spalte "Gewichtung aus Kundensicht".

Diese Tabelle bildet nun die Basis für die Ableitung von technischen Produktmerkmalen und Funktionen im weiteren Produktentwicklungsprozess.

Praxistipps

- Holen Sie die Mitwirkenden des VoC-Projekts mit ins Boot, indem Sie diese vor Start über das Projekt informieren (z.B. in einer Kick-Off-Besprechung).
- Führen Sie alle Schritte im Team durch.

Verwenden Sie angepasste Skalen: Die Bewertungsmethoden (z.B. paarweiser Vergleich) in Schritt 5 können mit verschiedenen Genauigkeitsskalen durchgeführt werden. Bevor Sie eine sehr detaillierte Skala festlegen, überlegen Sie gut, ob diese Genauigkeit in der Realität existiert. Wählen Sie im Zweifelsfall eine weniger detaillierte Skala.

Varianten

Voice of the Customer – Critical to Quality-Analyse (CtQ-Analyse)

Diese Variante ergänzt in einem weiteren Schritt die VoC-Tabelle durch die Spalte "kritische Qualitätsmerkmale" (auch Produktmerkmale). Dabei werden aus jeder Kundenanforderung ein oder auch mehrere messbare Produkteigenschaften mit Messgröße und Zielwert abgeleitet. Während die Kundenanforderungen in der Kundensprache quantifiziert sind, stehen hier spezifische und messbare Produktmerkmale (z.B. "Die Breite des Gerätes beträgt 10 bis 11 cm", "Das Licht wird in einem Abstrahlwinkel von 10° gebündelt"). Diese sog. CtQs gehen in den Produktentwicklungsprozess ein.

Voice of the Customer mit Kano-Modell

In dieser Variante werden die Kundenanforderungen in einer zusätzlichen Spalte nach den Faktoren des Kano-Modells kategorisiert. Die drei bekanntesten Kategorien für die Faktoren des Kano-Modells sind Basis-, Leistungs- und Begeisterungsfaktoren. Die Einteilung der Kundenanforderungen in diese Kategorien macht sichtbar, ob alle Bereiche abgedeckt sind und in welchem Grad sich die Erfüllung der Anforderungen auf die Kundenzufriedenheit auswirkt.

Herkunft

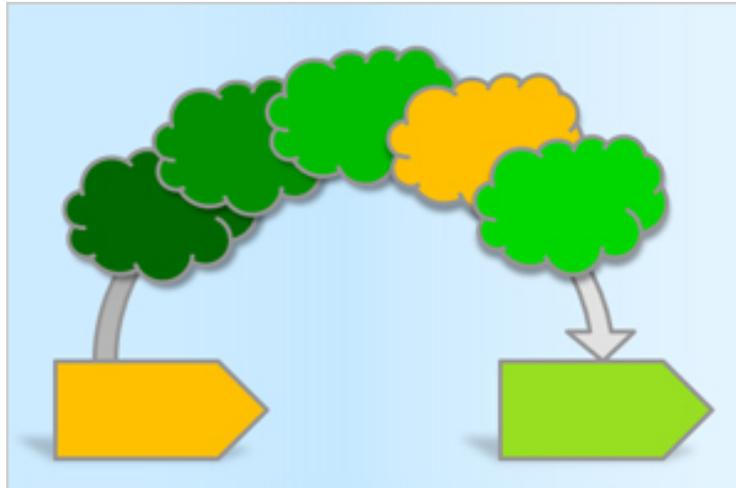
Voice of the Customer entstand Mitte der 80er bis Anfang der 90er-Jahre im Zuge der Weiterentwicklung von Quality Function Deployment (QFD). QFD benötigt als Eingangsgröße gewichtete Kundenanforderungen. Die Einführung von Voice of the Customer ermöglichte es, den dazu vorgelagerten Schritt zu strukturieren.

Autorin

Dr. Christine Knorr

Erstellt am: 24.04.2016

Synektik



Synektik ist eine Kreativitäts- und Problemlösungsmethode, die in zehn Schritten Muster und Lösungen umstrukturiert, anpasst und in neues Wissen und neue Muster umwandelt. Die Methode beruht darauf, mit Analogien das Problem zu verfremden und die so erhaltenen Ergebnisse wieder zurück auf die Problemstellung zu spiegeln. Dies regt die Kreativität der Teilnehmer an, sodass sie neue Lösungswege für Probleme oder Ideen für Produkte finden.

Synektik wird typischerweise in Arbeitsgruppen von vier bis zwölf Teilnehmern eingesetzt, die durch einen Moderator angeleitet werden. Je nach Komplexität der Aufgabe kann die Sitzung zwischen 30 Minuten und mehreren Stunden dauern. Aber auch Einzelpersonen können Synektik einsetzen.

Einsatzmöglichkeiten

- Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen
- Lösung von Problemen
- Analyse komplexer Strukturen
- Suche nach Innovationen Vorteile

Grenzen, Risiken, Nachteile

- Relativ hoher Zeitaufwand im Vergleich zu anderen Methoden, wie z.B. Brainstorming
- Der Ablauf der Synektik-Sitzung ist anspruchsvoll.
- Das Finden von Analogien muss erlernt werden.

Ergebnis

- Produktidee oder Idee für eine Dienstleistung
- Lösungsvorschlag für ein Problem

Voraussetzungen

- Das Unternehmensumfeld und die Entscheidungsträger müssen die Vorgehensweise und Ergebnisse der Synektik akzeptieren.
- Die Teilnehmer müssen sich auf einen komplexen und langen Ideenfindungsprozess einlassen können.
- Teilnehmer müssen durch Kombinationen neue Strukturen bilden können.
- Die Teilnehmer müssen Hemmungen überwinden, auch teilweise "absurde" Analogien zu nennen.
- Die Teilnehmerzahl sollte auf maximal 12 begrenzt werden, damit noch eine direkte Kommunikation unter den Teilnehmern möglich ist.

Qualifizierung

Der Moderator sollte mit den Besonderheiten der Synektik vertraut sein und sie selbst bereits mehrfach angewendet haben. Eine Moderationsausbildung ist empfehlenswert. Er führt durch den Prozess und dokumentiert die einzelnen Schritte sichtbar für die Teilnehmer. Der Moderator hat idealerweise die folgenden Eigenschaften:

- Optimismus und wertschätzende Haltung gegenüber den Teilnehmern
- genügend Kenntnisse und Erfahrungen, die es ihm ermöglichen, auch sehr unterschiedliche Ansätze zu integrieren
- emotionale Distanz, die es ihm ermöglicht, den Prozess ohne persönlich Betroffenheit zu moderieren

Die Teilnehmer sollten Übung und Erfahrung in der Anwendung der Methode haben. Der ideale Teilnehmer ist frei von persönlichen Voreingenommenheiten, handelt offen, konzentriert und zielgerichtet.

Benötigte Informationen

- Problem oder Aufgabenstellung
- Wissen der Teilnehmer

Benötigte Hilfsmittel

Flip-Chart, Pinnwand, Moderationskarten, Pinn-Nadeln, Haftnotizen, Moderationsmarker

Durchführung

- Schritt 1: Formulieren Sie das Problem oder die Aufgabenstellung!
- Schritt 2: Ermitteln Sie spontane Lösungsvorschläge!
- Schritt 3: Formulieren Sie das Problem neu!
- Schritt 4: Verfremden Sie das Problem durch Analogien aus anderen Bereichen!
- Schritt 5: Stellen Sie eine persönliche Identifikation mit der Analogie her!
- Schritt 6: Beschreiben Sie symbolische Analogien!
- Schritt 7: Bilden Sie direkte Analogien mit dem Themengebiet!
- Schritt 8: Analysieren Sie das Problem!
- Schritt 9: Übertragen Sie die Analogie auf das Problem!
- Schritt 10: Entwickeln Sie Lösungsansätze!
- Ergänzende / ähnliche Methoden

Synektik geht auf den Psychologen William Gordon zurück, der diese Kreativitätsmethode 1961 in seinem Buch "Synectics" publizierte (s.u. "Herkunft"). Das Wort "Synektik" ist vom griechischen Wort synechein = verknüpfen abgeleitet. Synektik basiert auf dem Wesen der Kreativität, die bekannte Muster reorganisiert und in neue Muster umwandelt. Zu diesem Zweck durchläuft die Arbeitsgruppe bei der Anwendung von Synektik drei Phasen (s. Bild 1), die in insgesamt zehn Schritte weiter unterteilt sind.

Phase 1: Beschäftigung mit dem Problem

In den drei Schritten "Problem formulieren", "spontane Lösungsansätze ermitteln" und "Problem neu formulieren" geht es darum, dass die Teilnehmer das Problem oder die Aufgabe so gut wie möglich beschreiben und sich intensiv mit der Ausgangssituation auseinandersetzen.

Phase 2: Entfernung vom Problem

In den nächsten fünf Schritten "Problem durch Analogie aus anderen Bereichen verfremden", "persönliche Identifikation mit der Analogie herstellen", "Beschreibung symbolischer Analogien", "Beschreibung direkter Analogien" und "Analyse der direkten Analogien" werden die Teilnehmer angeregt, Analogien zu bilden, um dadurch das Problem zu verfremden.

Phase 3: Übertragung der Lösungsansätze

Die letzten beiden Schritte "Übertragung auf das Problem", "Entwicklung von Lösungsansätzen" dienen dazu, diese Analogien wieder auf das Problem zu beziehen und daraus einen Vorschlag für das Problem oder das Thema zu erarbeiten. Der Prozess ist in Bild 1 dargestellt.

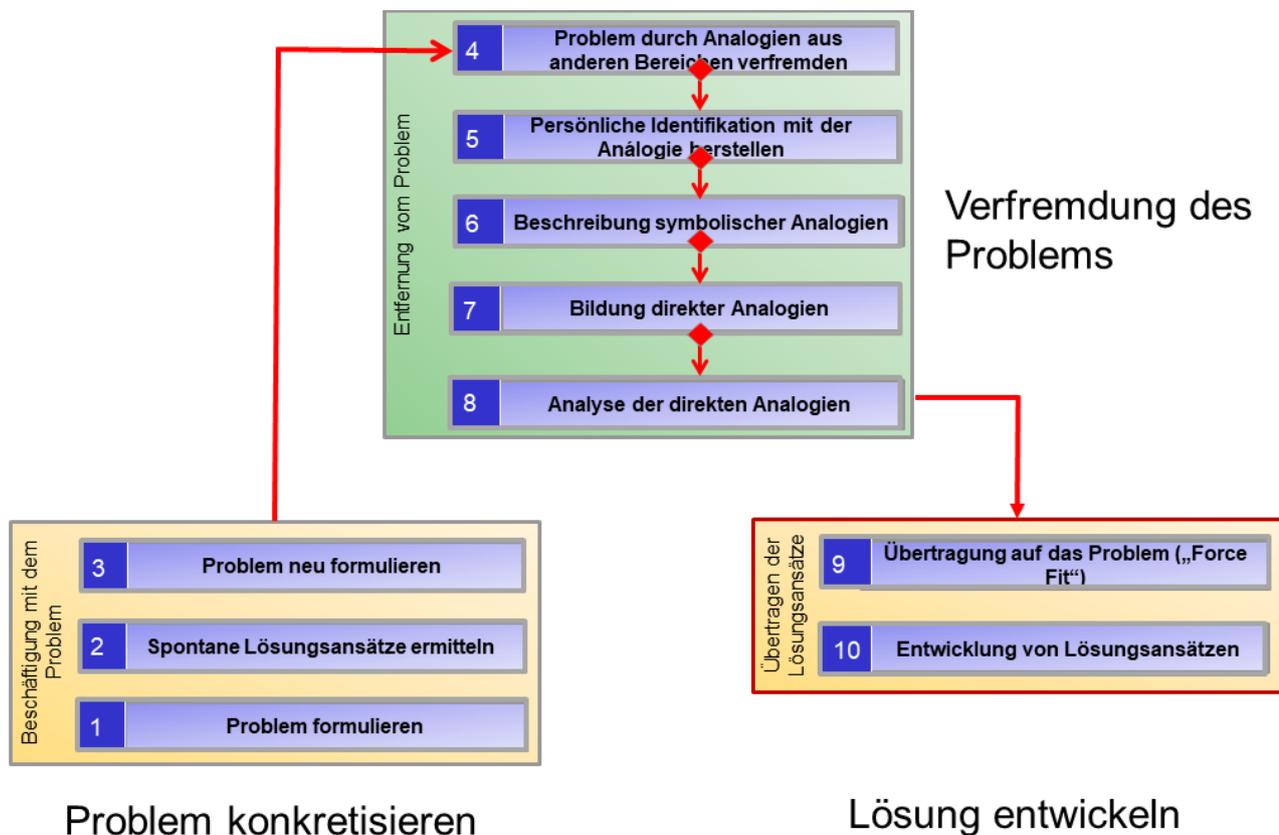


Bild 1: Vorgehensweise bei einer Synektik-Sitzung

Der Synektik-Prozess folgt dem Prinzip, dass Probleme niemals mit derselben Denkweise gelöst werden, durch die sie entstanden sind. Diese Aussage wird Albert Einstein in unterschiedlichen Zitationsweisen zugeschrieben – allerdings gibt es dafür keinen Quellennachweis (vgl. Wikipedia: https://en.wikiquote.org/wiki/Talk:Albert_Einstein).

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird im Folgenden nur noch die grammatikalisch männliche Form (Teilnehmer, Moderator, Experte) verwendet. Es sind dabei aber stets Personen jeden Geschlechts gemeint.

Schritt 1: Formulieren Sie das Problem oder die Aufgabenstellung!

Ein Experte beschreibt den Teilnehmern das Problem oder die Aufgabenstellung detailliert und eindeutig. Anschließend haben die Teilnehmer Gelegenheit, Fragen zu stellen. Dadurch soll das Problem von allen Seiten beleuchtet werden, damit die Teilnehmer ein Verständnis des Problems entwickeln.

Beispiel

Im Sommer belästigen Stechmücken Menschen, die sich auf der Terrasse und im Garten aufhalten. Es soll eine Möglichkeit zur Eindämmung der Mückenplage entwickelt werden.

Schritt 2: Ermitteln Sie spontane Lösungsvorschläge!

Die Teilnehmer nennen die Lösungen, die ihnen spontan einfallen. Dazu können Sie z.B. die **Methode Brainstorming** benutzen. Die Lösungen der Teilnehmer werden visualisiert, damit alle Teilnehmer die genannten Lösungen im Blick haben. Die Lösungsvorschläge werden nicht mehr explizit verwendet und haben hier die Funktion, das Problem näher einzugrenzen.

Sollte sich bereits nach diesem Schritt eine realisierbare Idee herauskristallisieren, kann der Prozess hier beendet werden.

Beispiel

Spontane Vorschläge könnten sein: Netz, das die Mücken von der Terrasse fernhält; Gerät, das ein für Menschen und Haustiere nicht schädliches Gift ausströmt; Klebeband, an dem die Mücken bei Berührung festkleben; Creme, welche die Haut vor Mückenstichen schützt; Lichtquelle, die Mücken anzieht; großmaschiges Netz, das elektrisch geladen ist und bei Berührung die Mücken tötet.

Schritt 3: Formulieren Sie das Problem neu!

Die spontan ermittelten Lösungen werden benutzt, um das Problem neu zu formulieren. Dadurch entwickeln die Teilnehmer ein tieferes Verständnis des Problems und können es damit konkreter formulieren.

Beispiel

Die spontanen Lösungsvorschläge ergaben, dass sie entweder störend sind (Netz, Klebeband), die Mücken vernichten (Gift, elektrisch geladenes Netz), oder wenig wirksam sind (Creme, Lichtquelle).

Neuformulierung des Problems: Es soll ein Gerät entwickelt werden, das die Mückenplage eindämmt, unauffällig ist und die Mücken nach Möglichkeit nicht tötet.

Schritt 4: Verfremden Sie das Problem durch Analogien aus anderen Bereichen!

In diesem Schritt wird das Problem durch sog. direkte Analogien verfremdet. Diese direkten Analogien sind Vergleiche mit Fakten, Wissen oder Techniken aus anderen Bereichen, die einen direkten Bezug zum Problem haben. Wenn das Problem aus der Technik kommt, sind Analogien aus der Natur oder dem sozialen Bereich hilfreich. Für die Analogiesuche können Sie ebenfalls Brainstorming einsetzen.

Die Analogie, die für das Problem am besten geeignet ist, wird ausgewählt.

Beispiel

Die Gruppe sammelt folgende Analogien aus der Natur: Pflanzen die einen störenden Geruch entwickeln; Stacheln, die Berührung erschweren (Kastanie, Stachelschwein, Igel); Tiere, die sich tarnen; bellende Hunde; fauchende Katzen; fleischfressende Pflanze.

Die Gruppe wählt "fauchende Katzen". Diese Analogie erfüllt am besten die Bedingungen, da das Fauchen nur für Feinde eine Bedrohung ist.

Schritt 5: Stellen Sie eine persönliche Identifikation mit der Analogie her!

Die Teilnehmer sollen sich nun mit der ausgewählten Analogie identifizieren. Dazu werden zu der ausgewählten Analogie sogenannte persönliche Analogien gesucht. Damit dies gelingt, sollen sich die Teilnehmer in die Analogien hineinversetzen und beschreiben, wie sie die ausgewählte Analogie aus einer Innensicht sehen. Die Bildung dieser Analogien wird angeregt, durch Sätze von der Form: "Wie fühle ich mich als ..." Die Teilnehmer beschreiben ihr Gefühl in kurzen Statements (diese sollten auf einer Moderationskarte Platz finden). Dabei formulieren sie Gefühle als Tatsachen. Die Teilnehmer teilen ihre Statements mit und der Moderator notiert diese. Die Gruppe wählt aus den Gefühlen eines aus, das mit der Analogie aus Schritt 4 einen sinnhaften Zusammenhang hat.

Beispiel

Leitfrage: Wie fühle ich mich als fauchende Katze?

Die vom Team gesammelten Antworten sind: Ich erzeuge ein für die Feinde unangenehmes Geräusch; Ich sende das Signal aus: "Lass mich in Ruhe!"; Fauchen strengt an; Fauchen kostet Energie; Ich muss Fauchen gelernt haben; Ich habe die Erfahrung gemacht, dass Fauchen mich schützt.

Die Gruppe wählt das Gefühl: "Ich sende das Signal aus: 'Lass mich in Ruhe!'" Für die Gruppe beschreibt dieses Gefühl am besten die Wirkungsweise des Fauchens auf Feinde.

Schritt 6: Beschreiben Sie symbolische Analogien!

Die Teilnehmer beschreiben in diesem Schritt Analogien, die zu dem ausgewählten Gefühl passen. Diese sogenannten "symbolischen Analogien" verdichten die Elemente des Problems in einem Bild. Dieses Bild braucht weder korrekt noch konkret sein. Typisch sind ungewöhnliche, paradoxe oder symbolische Vergleiche.

Beispiel

Zum Gefühl "Ich sende das Signal aus: 'Lass mich in Ruhe!'" findet die Gruppe die folgenden Bilder: Abschrecken, Warnen, Verbotsschild, Schranke, Schutzwall.

Schritt 7: Bilden Sie direkte Analogien mit dem Themengebiet!

In diesem Schritt werden Analogien gesucht, welche aus dem ursprünglichen Themengebiet des Problems oder der Aufgabenstellung stammen. Diese werden auch als "Fantasie"-Analogien bezeichnet. Es sind Lösungen, die unter der Voraussetzung getroffen werden, dass es keine Einschränkungen für deren Realisierung gibt.

Beispiel

Die Gruppe sucht nach technischen Analogien für das Gefühl: "Ich sende das Signal aus: 'Lass mich in Ruhe!'"

Als direkte Analogien werden gesammelt: Signalhorn, Sirene, Vogelscheuche, Schutzwall, Gebläse, Waffen

Schritt 8: Analysieren Sie das Problem!

Die Teilnehmer sollen in diesem Schritt die ausgewählte Analogie aus dem vorherigen Schritt so gut wie möglich beschreiben. Sie untersuchen dabei die Analogien auf Merkmale und Funktionsprinzipien, aus denen dann die Lösung entwickelt werden kann. Jeder Teilnehmer erstellt dabei eine eigene Beschreibung, die sie sich gegenseitig vorstellen.

Beispiel

Aus den Analogien aus Schritt 7 werden die folgenden Funktionsprinzipien abgeleitet: Geräusch erzeugen, abschrecken, wegblasen, verletzen, Fluchtreflex erzeugen.

Schritt 9: Übertragen Sie die Analogie auf das Problem!

In diesem Schritt erarbeiten die Teilnehmer Lösungsansätze für das Problem, indem Sie die Analogien mit dem Problem in Verbindung setzen. Nachdem sie sich durch die Schritte 4 bis 7 vom Problem entfernt haben, beziehen die Teilnehmer diese wieder auf das zu lösende Problem. William Gordon nennt diese Phase "Force-Fit" und drückt damit aus, dass die durch die Verfremdung gewonnen Ideen nun mit "Gewalt" auf das Problem bezogen werden, um eine Lösung zu finden. Diese Gedanken zur Lösung werden veröffentlicht. Dazu kann auch die Methode des Brainstormings genutzt werden. Anschließend wird unter der Fragestellung "Was haben diese Lösungsansätze mit unserem Problem zu tun?" diskutiert.

Beispiel

Als erste Ideen werden gesammelt:

- Gerät, das mit einer Membran Schwingungen im Ultraschallbereich erzeugt.
- Elektronischer Ultraschallgenerator, dessen Töne über einen Lautsprecher wiedergegeben werden.
- Ventilator, der einen Luftstrom erzeugt und die Mücken "wegbläst".

Die Diskussion der Lösungsansätze ergibt folgenden ersten Lösungsvorschlag:

Gerät, das Ultraschall ab 25 000 Hz erzeugt und mit Batterien betrieben werden kann. Das Geräusch wirkt abschreckend auf Mücken und hält diese in einem gewissen Abstand vom Gerät fern. Das Geräusch ist außerhalb des Hörbereichs von Menschen.

Die Alternative mit dem Ventilator wird ausgeschlossen, da der Luftstrom auch von Menschen als störend wahrgenommen werden kann.

Schritt 10: Entwickeln Sie Lösungsansätze!

In diesem Schritt werden die Lösungsansätze explizit beschrieben und für die weitere Bearbeitung dokumentiert.

Beispiel

Die Gruppe entwickelt folgende Lösungsvorschläge, mit denen die Lösung aus Schritt 9 umgesetzt werden kann:

- Elektronischer Ultraschallgenerator mit Lautsprechern
- Konstruktion spezieller Lautsprecher zur Erzeugung von Ultraschallwellen
- Variable Einstellung des Frequenzbereichs, um die Wirkung zu optimieren
- Wechselnder Frequenzbereich, um Gewöhnungseffekt für Mücken zu vermeiden
- Einstellbare Intensität, um Reichweite anzupassen
- Display, das die Funktion des Gerätes anzeigt
- Miniausführung, die am Körper getragen werden kann

Literatur

Luther, Michael: Das große Handbuch der Kreativitätsmethoden. Wie Sie in vier Schritten mit Pfiff und Methode Ihre Problemlösungskompetenz entwickeln und zum Ideen-Profi werden (Edition Training aktuell 24), managerSeminare Verlags GmbH, Düsseldorf, 2013

Ergänzende / ähnliche Methoden

- **Brainstorming** – zur Sammlung von Ideen
- **Mind Mapping** – zur Sammlung von Ideen
- **Workshop** – zur Rahmengestaltung des Synektik-Prozesses
- **Design Thinking** – alternative Methode zur Ideenfindung und Problemlösung

Praxistipps

- Auftraggeber und Moderator müssen die Aufgabenstellung genauestens vorbereiten.
- Die Teilnehmer sollten die Methode zumindest schon einmal geübt haben. Wenn dies nicht Fall ist, sollten Sie den Synektik-Prozess anhand eines sehr einfachen Beispiels vorab durchspielen.
- Bei gut trainierten Gruppen kann der Moderator auch unter den Teilnehmern wechseln.
- Wenn die Problemstellung durch einen Experten eingebracht wird, ist es nicht notwendig, dass alle Teilnehmer das gleiche Expertenwissen besitzen.
- Die Auswahl der Analogien in Schritt 4, 5, 6 und 7 sollte im Konsens der Teilnehmer erfolgen, da diese sich mit der Auswahl identifizieren müssen. Dazu können Priorisierungsmethoden wie z.B. das Vergeben von Punkten aus der Methode **Moderation von Arbeitsgruppen** verwendet werden.

Nachbereitung: Der ermittelte Lösungsansatz muss möglichst konkret beschrieben werden. Aus diesem Lösungsansatz muss dann ein Experte oder ein Expertenteam die technische oder organisatorische Umsetzung entwickeln.

Varianten

Visuelle Synektik

Bei der "Visuellen Synektik" überträgt das Kreativteam zufällige visuelle Reize, z.B. Bilder, auf die Aufgabenstellung, wodurch sich ihr Blickwinkel verändert und der kreative Prozess gefördert wird (Prinken, Mario: Kribbeln im Kopf, Schmidt, Mainz 2007).

Synektik-Konferenz / Synektische Konferenz

Die Synektik-Konferenz wurde von George M. Prince (Prince, George M.: The practice of creativity. New York 1970) entwickelt und vereinfacht den Ablauf der Synektik-Sitzung. Ausgehend von der Problemstellung werden in einem Brainstorming direkte Analogien gebildet, die auf Karten gesammelt werden. Alle Ergebnisse werden anschließend zueinander in Beziehung gesetzt und assoziiert, und dienen der Sammlung von Lösungsideen.

Basic-Synektik-Methode

Die Teilnehmer formulieren zum Problem Wunschsätze in der Form von: "Man müsste erreichen, dass...". Die Sätze werden visualisiert und auf ihre Realisierbarkeit überprüft (Baier, Peter: Praxishandbuch Controlling: Controlling-Instrumente, Unternehmensplanung und Reporting. Mi-Wirtschaftsbuch, München 2013).

Synektik für eine einzelne Person

Wenn Sie die Synektik-Sitzung alleine durchführen, dann können Sie die folgenden Fragen benutzen, um den Prozess zu durchlaufen:

1. Welches Problem oder welches Thema soll gelöst werden?
2. Welche Ideen fallen mir spontan zur Lösung ein?
3. Wie kann ich jetzt das Problem oder das Thema formulieren?
4. Welche Analogien fallen mir ein, die aus einem völlig fremden Bereich stammen?
5. Identifizieren Sie sich mit einer dieser Analogien: Versetzen Sie sich in die Analogie: Wie kann ich das Problem aus dieser Sicht beschreiben?
6. Wählen Sie eine der Beschreibungen aus: Welche symbolischen Analogien passen zu dieser Beschreibung und sind eine treffende Beschreibung des Problems?
7. Wählen Sie eine direkte Analogie aus: Welche Analogien aus dem Themenbereich passen zu dieser Analogie?
8. Welche Eigenschaften lassen sich aus dieser Beschreibung ableiten?
9. Welche Lösungen des Problems weisen diese Eigenschaften auf?

Konkretisieren Sie die gewählte Lösung für das Problem oder das Thema!

Herkunft

William J.J. Gordon (1919-2003) und Georg M. Prince (1918-2009) entwickelten Synektik zusammen mit ihrer Arbeitsgruppe bei der Unternehmensberatung Arthur D. Little in den 1950er-Jahren im Rahmen zur Untersuchung der Mechanismen von Kreativität. Gordon publizierte Synectics® 1961 im Buch: "Synectics. A new method of directing creative potential to the solution of technical and theoretical problems". Gordon und Prince gründeten 1965 die Unternehmensberatung Synecticsworld (<http://synectics-world.com/founders/>). Synectics® ist eine eingetragene Marke.

Autor

Dr. Tomas Bohinc

Erstellt am: 11.03.2018