

## Risikobeurteilung eines Bandförderers

### **Hausarbeit im Fach Risikobeurteilung**

des Studienganges Maschinenbau

an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg

Heidenheim an der Brenz

Abgabe: 03. Dezember 2019

Bearbeitungszeitraum

10 Wochen

Matrikelnummern

5620331 (KE), 3225750 (KE),  
1790705 (MT), 9269794 (MT)

Kurs

TM 2018 KM

# Selbstständigkeitserklärung

Studienbereich Technik  
Studiengang Maschinenbau

**Matrikelnummer**

5620331

**Matrikelnummer**

3225759

**Matrikelnummer**

1790705

**Matrikelnummer**

9269794

**Erklärung**

gemäß § 5 (3) der „Studien- und Prüfungsordnung DHBW Technik“ vom 01.10.2015.

*Ich habe die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet.*

----- <i>Ort, Datum</i>	----- <i>Unterschrift</i>
----- <i>Ort, Datum</i>	----- <i>Unterschrift</i>
----- <i>Ort, Datum</i>	----- <i>Unterschrift</i>
----- <i>Ort, Datum</i>	----- <i>Unterschrift</i>

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Anforderungsliste .....	2
3	FMEA .....	3
3.1	Betrachtungsumfang .....	3
3.1.1	Konzeptbeschreibung .....	3
3.2	Strukturanalyse.....	4
3.3	Vorselektion.....	4
3.3.1	Kano-Modell.....	5
3.3.2	Paarweiser Vergleich .....	6
3.4	Funktionsanalyse.....	6
3.4.1	T-Tabelle.....	6
3.5	Fehleranalyse .....	9
3.6	Risikobewertung.....	9
3.7	Optimierung.....	10
4	Quality Function Deployment (QFD) .....	12
5	CE- Konformitätsbewertung und -erklärung .....	14
6	Fazit .....	15

## **Anhang**

Anforderungsliste

Datenblatt Antriebsstrommellagerung

Strukturanalyse

Struktur-, Funktions- und Fehleranalyse

Paarweiser Vergleich

T-Tabelle

Ishikawa-Diagramm

FMEA-Tabelle

Maßnahmen: Warn-, Gebots- und Verbotszeichen

Pareto-Diagramm

House of Quality

Datenblätter Wettbewerber

CE-Risikobeurteilung (Grenzen der Maschine, Aufgaben in der Lebensphase, Risikobeurteilungstabelle)

EG-Konformitätserklärung

# 1 Einleitung

Das Projekt Bandförderer birgt in seiner Neuartigkeit sowohl für den Kunden als auch für die Konstrukteure neben den Chancen auf den ersten Blick unabwägbare Risiken. Es ist allgemein bekannt, dass rund 95 % aller Projekte nicht erfolgreich sind, weshalb ein methodisches Vorgehen unabdingbar ist. Das Ziel dieser Arbeit ist es, mithilfe von Werkzeugen der Risikobeurteilung und -analyse die Anforderungen des Kunden zu spezifizieren, zu bewerten und im Voraus Aussagen über mögliche Schwierigkeiten und Risiken zu machen. Auf dieser Informationsbasis können Handlungsnotwendigkeiten und Empfehlungen abgeleitet werden sowie Entscheidungen objektiv nachvollziehbar getroffen werden.

Die verwendeten Tools stammen aus der Vorlesung Risikobeurteilung des dritten Semesters an der DHBW Heidenheim im Wintersemester 2019. Außerdem wurde die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG verwendet. Die bearbeiteten Tabellen und erstellten Diagramme finden sich im Anhang, die zugehörigen Aussagen sind in dieser Arbeit dargelegt.

## 2 Anforderungsliste

Um die Basisanforderung und Wünsche des Kunden zu visualisieren, wurde eine Anforderungsliste erstellt. Sie gliedert sich in die verschiedenen Rubriken der Antriebstrommel, die auch für den Kunden von Bedeutung sind. Neben den konstruktiven Anforderungen sind auch funktionelle Anforderungen aufgelistet. Zudem erkennt man, wer für die jeweilige Anforderung zuständig ist. Anhand der Eintragung „Forderung“ oder „Wunsch“ wird erkennbar, wie erforderlich die Erfüllung einer Anforderung ist. Die Basisanforderungen stehen in den folgenden Kapiteln nicht zur Diskussion. Bei den mit „Wunsch“ gekennzeichneten Anforderungen ist jedoch im Rahmen des Budgets und Aufwands sowie anhand der Wichtigkeit zu präzisieren, ob und in welchem Ausmaß die Spezifikation erfüllt werden soll.

Während einige Grundanforderungen an die Geometrie zwingend erforderlich sind, weil sie vom Kunden in der Aufgabenstellung präzisiert wurden (zum Beispiel der Trommeldurchmesser oder die Motorposition), sind andere geometrische Anforderungen (z.B. die Kettenlänge) variabel.

Vor allem die Sicherheitsanforderungen und Termine sind Basisanforderungen, die in keinem Fall abgeändert werden dürfen. Auch die Antriebsart ist bereits vorgegeben. Die Forderung nach dem Herstellverfahren der Lagerböcke rührt von der Tatsache her, dass eine bestehende, vor kurzem gekaufte Anlage genutzt werden soll. Außerdem hat der Kunde schlechte Erfahrungen mit Lebenszeitschmierungen gemacht, weswegen eine Nachschmierung vorgesehen werden soll. Weiterhin soll dafür der bereits im Fettlager vorhandene Schmierstoff verwendet werden, um Verwechslungen zu vermeiden und übermäßigen Lagerbeständen vorzubeugen.

An die Umgebungsanpassungen werden einige Basisanforderungen gestellt, die den geplanten Aufstellort der Anlage berücksichtigen. Die als Wunsch gekennzeichneten Umgebungsanpassungsanforderungen könnten durch Abschirmung bzw. Isolierung realisiert werden, würden jedoch durch eine durchdachte Konstruktion wegfallen.

Die Anforderungsliste dient als Basis für den paarweisen Vergleich.

### 3 FMEA

Um das Risiko bei einer Neuproduktentwicklung zu reduzieren, wird eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse durchgeführt. Dabei wird das gesamte Produkt analysiert und im Team durchgeführt. Es werden Funktionen untersucht, die bei Versagen zum Scheitern des Produktes führen.

#### 3.1 Betrachtungsumfang

Im ersten Schritt der FMEA wird der Betrachtungsumfang festgelegt. Für den Bandförderer ist dies der standardmäßige Betrieb in geschlossenen Räumen, eine Außennutzung ist nur bei Überdachung der gesamten Bandlänge zulässig (ansonsten würden zusätzliche Betrachtungen notwendig werden). Auch eine Steigung von mehr als 3% des Bandförderers wird nicht berücksichtigt, es handelt sich um einen reinen Horizontalförderer. Es soll in den folgenden Schritten eine Design-FMEA (=Produkt-FMEA) erstellt werden.

##### 3.1.1 Konzeptbeschreibung

Eine Dreifachrollenkette, die vom Motor angetrieben wird, treibt das Kettenrad an. Mit einer Keilwellenverbindung wird das Drehmoment zunächst auf die Welle und dann mit einem Spannpressverband auf die Antriebstrommel übertragen. Mittels Reibschluss am Trommelumfang wird ein Band angetrieben. Auf dem Band sind Mitnehmer befestigt, um eine fortlaufende Förderung über die Reibkraft hinaus zu gewährleisten. Auf der anderen Seite wird das Band über die Untertrommel gespannt und umgelenkt. Die Welle ist durch zwei Kugellager in den Lagergehäusen gelagert. Die Schmierung erfolgt über einen Schmiernippel, ein kompletter Fettwechsel ist über einen Fettauslass möglich. Die Lagerböcke sind eine Schweißkonstruktion und werden mit Betonankern am Untergrund befestigt. Als Abschirmungsmaßnahme sind Schutzzäune um alle beweglichen Teile des Bandförderers außer der Beschickungszone vorgesehen. Ein Nothalt-Knopf wird durch eine Nothalt-Reißleine ergänzt. Das Datenblatt der „unfertigen Maschine“ der Antriebstrommellagerung mit Lagerböcken ist im Anhang zu finden. Da es sich hierbei um eine Unterbaugruppe handelt, sind keinerlei Schutzeinrichtungen mitgeliefert.

## 3.2 Strukturanalyse

Die Strukturanalyse zerlegt die große Gesamtbaugruppe des Bandförderers in kleinere Systemelemente. Durch die Visualisierung können so Schnittstellen, Wechselwirkungen und Beziehungen der einzelnen Systemelemente besser festgestellt werden.

Die grundlegende Vorgehensweise war hier, nach der logischen Struktur der CAD-Datei die Strukturanalyse zu erstellen. Ein Diagramm der Strukturanalyse ist im Anhang beigelegt. Hierbei sind die dunkelblauen Felder die Produktebene, die hellblauen Felder die Baugruppenebene und die grauen Felder die Unterbaugruppenebene/ Komponentenebene.

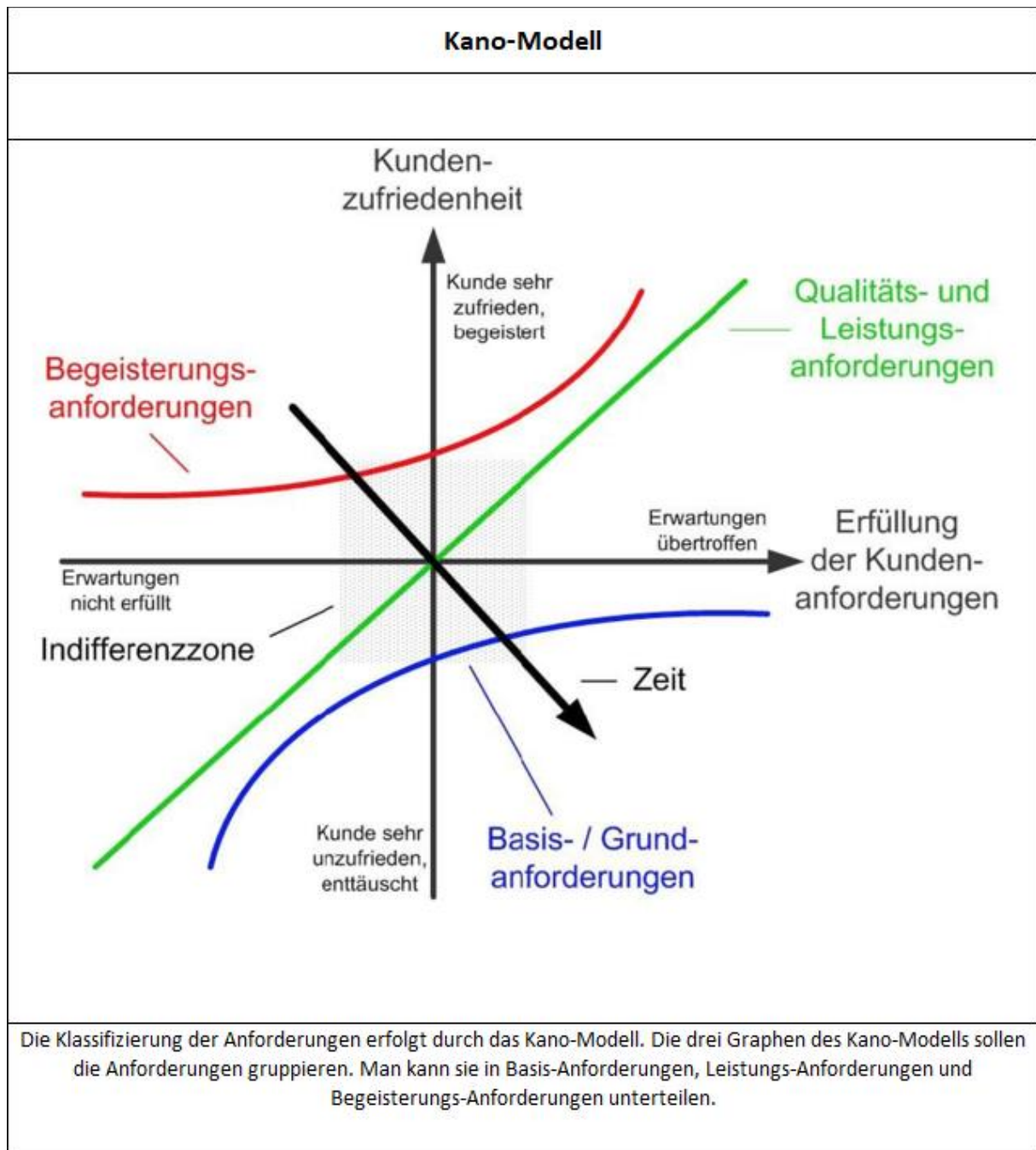
## 3.3 Vorselektion

In der Vorselektion werden komplexe Zusammenhänge auf wichtige und kritische Punkte reduziert. Hierfür wurde das KANO-Modell und der Paarweise Vergleich erstellt.

Aus der Vielzahl der Systemelemente, die in der Strukturanalyse ermittelt wurden, sollen nun diejenigen mit der höchsten Priorität hinsichtlich ihrer Kritikalität ausgewählt werden, um die Untersuchungsressourcen nur auf relevante Risiken zu verwenden. Im Diagramm „Struktur-, Funktions- und Fehleranalyse“ wurden die wichtigen Komponenten außerdem gelb hinterlegt.



### 3.3.1 Kano-Modell



Die Klassifizierung ist in der letzten Spalte der Anforderungsliste zu finden.

### 3.3.2 Paarweiser Vergleich

Mit der Methode des Paarweisen Vergleichs werden nun die Wunschanforderungen aus der Anforderungsliste miteinander verglichen, um Spezifikationen mit besonders hohem Stellenwert herauszufiltern. Jeweils zwei Anforderungen werden direkt gegenübergestellt, um ihre Wichtigkeit zueinander festzustellen. Aus den von mehreren Gruppenmitgliedern demokratisch und in Diskussion ermittelten Zahlenwerten (2 = wichtiger, 1 = gleich wichtig, 0 = weniger wichtig) wird die Summe sowie ein normierter Faktor gebildet. Die zehn Spezifikationen mit den höchsten normierten Faktoren und damit höchster Priorität werden in die T-Tabelle übernommen, in der sie weiter bewertet werden.

## 3.4 Funktionsanalyse

Für die Funktionsanalyse wird allen relevanten Systemelementen eine Funktion zugeordnet. Dies ermöglicht später eine Untersuchung der einzelnen Systemelementen auf Fehler. Die Funktionsanalyse ist in der Struktur-, Funktions- und Fehleranalyse im Anhang zusätzlich eingetragen worden, die Funktionen in hellblau und die Fehler in grün.

### 3.4.1 T-Tabelle

#### Auswertung Spezifikation-Funktion

In der T-Tabelle werden zunächst die zehn wichtigsten variablen Anforderungen im Vergleich zu den in der Konstruktion vorhandenen Funktionen gegenübergestellt. Eine Funktion ist eine zu erfüllende Aufgabe des Gesamtsystems. Anschließend wird betrachtet, welche Auswirkung die Erfüllung einer Funktion bzw. die Arbeit an dieser auf die Spezifikation hat. Umgekehrt beinhaltet die Bewertung mit den Werten von null bis drei auch, ob eine Spezifikation von der Arbeit an einer Funktion beeinträchtigt werden könnte. Könnten in der Spezifikation Probleme auftreten, wenn die entsprechende Funktion ausgelegt wird, ist ein hoher Zusammenhang anzunehmen.

Durch die Berücksichtigung der Gewichtung aus dem paarweisen Vergleich wird sichergestellt, dass wichtigere Spezifikationen weiterhin einen höheren Stellenwert erhalten. Zur besseren Übersichtlichkeit wird die gewichtete Summe dann noch auf einen Wert zwischen null und zehn normiert.

### *Horizontale gewichtete Summen*

Aus den horizontalen gewichteten Summen können Aussagen über die Komplexität und Bedeutung der Funktionen abgeleitet werden.

Der Motor hat als Antrieb die höchste normierte gewichtete Summe (10). Daraus ist abzuleiten, dass die Antriebsfunktion essenziell zur Erfüllung der Spezifikationen ist. Fiele sie heraus, wären nicht alle Spezifikationen zur Kundenzufriedenheit ausführbar. Andererseits ist sie auch eine komplexe Einheit, die die Berücksichtigung vieler konstruktiver Faktoren erfordert. Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Experten oder die Einsetzung vielseitiger Mitarbeiter könnte nötig werden. Als Risiko kann festgehalten werden, dass im Falle einer strukturlosen oder verzögerten Bearbeitung der Funktion „Antrieb/Motor“ Komplikationen mit anderen Funktionen auftreten könnten.

Die nächstniedrigere normierte gewichtete Summe ist bei Kettentrieb, Welle und Wellenlagerung zu finden (5). Auch diese Funktionen haben einen hohen Einfluss auf die Erfüllung der Kundenspezifikationen.

Die niedrigste normierte gewichtete Summe ist bei den Lagerböcken und der Trommel eingetragen (1). Das liegt daran, dass diese Funktionen keinen hohen Beitrag zu den Begeisterungsanforderungen nach Kano liefern. Da nur diese in der T-Tabelle gelistet sind, kommt den beiden Funktionen nur ein geringer Wert zu. Trotzdem müssen sie ausgeführt werden, um die Grundfunktion des Bandförderers zu gewährleisten. Die Annahme, dass diese Funktionen wenig wichtig sind, könnte zu einer inadäquaten Ausführung dieser führen, was jedoch nicht gerechtfertigt ist. Lediglich zusätzliche Zeit-, Personal- oder finanzielle Ressourcen sollten nicht zur Weiterentwicklung dieser Funktionen genutzt werden, sondern nach Möglichkeit in die höher gewichteten Funktionen gesteckt werden.

### *Vertikale Summen*

Die vertikalen Summen geben Aufschluss über die Vollständigkeit der aufgeführten Funktionen und über die relative Kostenhöhe für eine einzelne Spezifikation. Die Gewichtung aus dem paarweisen Vergleich fließt nicht ein.

In der Zeile der vertikalen Summen ist keine null als Wert eingetragen, somit wird jede Spezifikation von mindestens einer Funktion abgedeckt.

Die höchste vertikale Summe wird durch die Spezifikation „Lebensdauer“ (22) hervorgerufen. Abgeleitet daraus ergibt sich, dass die Lebensdauer in vielen Funktionen eine Rolle spielt. Sie muss von fast allen Projektteams berücksichtigt werden. Dementsprechend kann sie auch nicht im Nachhinein „mal kurz“ hinzugefügt werden, sondern muss von Anfang an fest eingeplant werden. Der Kostenfaktor wird tendenziell eher als hoch eingeschätzt, es können jedoch keine detaillierteren Angaben aus der T-Tabelle abgeleitet werden.

Auch die Spezifikation „Rostfreier Stahl“ hat eine hohe vertikale Summe (21). Für sie gelten dieselben Aussagen wie für die Spezifikation „Lebensdauer“.

Drei Spezifikationen tragen eine (3) als vertikale Summe. „Netzbetrieb des Motors möglich“, „Niedriger Stromverbrauch“ und „Regelbare Geschwindigkeit“ hängen alle nur von der Funktion „Antrieb/Motor“ ab. Dadurch sind sie im Zusammenspiel mit anderen Spezifikationen wenig komplex und auch kostengünstiger.

#### Auswertung Funktion-Arbeitspaket

Im zweiten Teil der T-Tabelle werden anstatt Spezifikation und Funktion die jeweilige Funktion und die Arbeitspakete in Relation gesetzt. Es gibt keine Gewichtung mehr, sondern es werden lediglich Summen in vertikaler und horizontaler Richtung gebildet.

#### *Horizontale Summen*

Aus den horizontalen Summen lassen sich Aussagen über den Grad der Abhängigkeit der Arbeitsgruppen treffen, die die Funktion bearbeiten. Eine hohe horizontale Summe kommt zustande, wenn viele Arbeitspakete durch die Funktion beeinflusst werden.

Die höchsten horizontalen Summen ergeben sich für die Welle und die Wellenlagerung (15). Daher ist es sinnvoll, die Arbeitspakete, die diese Funktionen betreffen, soweit als möglich einer Person bzw. einem Team zuzuordnen, um Kommunikationsprobleme zu vermeiden. Sind die Arbeitspakete zu umfangreich dafür, ist eine gute Abstimmung nötig, um die Funktion und damit auch die damit verbundenen Kundenanforderungen erfüllen zu können.

Die Funktionen „Befestigung Trum - Band“ und „Befestigung auf dem Untergrund“ haben die niedrigsten vertikalen Summen (5), und sind somit vergleichsweise unabhängig von anderen Funktionen.

### *Vertikale Summen*

Die vertikalen Summen geben den relativen Aufwand für ein Arbeitspaket an. Je mehr Funktionen in einem Arbeitspaket eine Rolle spielen, desto höher ist die vertikale Summe.

Das aufwändigste Arbeitspaket ist die Zeichnungserstellung (22). Das damit einhergehende Risiko ist eine zu geringe Ansetzung der benötigten Zeit für das Arbeitspaket.

Das Arbeitspaket Keilwellenauslegung (5) hat einen geringen Zeitaufwand und kann auch den weniger in das Projekt involvierten Mitarbeitern zugemutet werden, da es kaum Verbindungen zu mehreren anderen Funktionen erfordert.

### 3.5 Fehleranalyse

Die FMEA-Tabelle ist ein Werkzeug, um strukturiert auf Fehlersuche zu gehen. Begonnen wird mit der für den Kunden sichtbaren Auswirkung auf die Funktion des Produkts oder auf die Erfüllung der Anforderungen. Sodann folgt der Grund/ die Gründe dafür. Gibt es mehrere Gründe, werden sie in einzelnen Zeilen aufgetragen. Für jeden Grund gibt es einen oder mehrere Ursachen. Diese sollen mit der 5W-Methode, dem fünfmaligen Fragen nach dem Warum, bis zur Wurzel hin verfolgt werden, damit diese Wurzel des Fehlers beseitigt werden kann. Es ergeben sich Fehler-Folge-Ursache-Ketten. Diese sind im Anhang in der FMEA-Tabelle nachzulesen.

Um eine möglichst umfassende Betrachtung aller relevanten Auswirkungen zu erhalten, ist die vorher erarbeitete Funktions- und Strukturanalyse hilfreich.

### 3.6 Risikobewertung

Für jede Fehler-Folge-Ursache-Kette ist eine Bewertung des sich daraus ergebenden Risikos durchzuführen. Als Bewertungskriterien gelten die Schwere des Fehlers (1=niedrig, 10=sehr hoch), die Auftrittswahrscheinlichkeit (1=unwahrscheinlich, 10=wahrscheinlich) und die Entdeckungswahrscheinlichkeit (1=wahrscheinlich, 10=unwahrscheinlich). Diese Bewertung ist ebenfalls in der FMEA-Tabelle im Anhang zu finden. Fehler mit der Auswirkung einer Schädigung auf den Menschen sind als besonders schwer einzustufen. Die Multiplikation der drei Parameter ergibt die

Risikoprioritätszahl. Außerdem wird eine Aufgabenpriorität (high, middle, low) anhand von bestimmten Zahlenkombinationen vergeben, um besonders kritische Punkte hervorzuheben. Im Fall des Bandförderers sind das Hineinziehen von Kleidung oder Gliedmaßen und die Umweltgefährdung durch auslaufendes Öl als besonders hoch priorisiert und müssen deshalb auf jeden Fall durch Maßnahmen angegangen werden.

### 3.7 Optimierung

Diejenigen Fehler-Folge-Ursache-Ketten, deren Aufgabenpriorität als M (mittel) oder H (hoch) eingestuft wurde, müssen primär auf Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung untersucht werden. Diese Maßnahmen sind in einer weiteren Spalte der FMEA-Tabelle eingetragen. Anschließend erfolgt eine Zweitbewertung der drei Kriterien „Schwere“ (unverändert), „Auftrittswahrscheinlichkeit“ und „Entdeckungswahrscheinlichkeit“. Daraus ergibt sich eine neue Risikoprioritätszahl und eine neue Aufgabenpriorität, die niedriger sein sollte als die ursprüngliche Zahl.

#### *Gebots-, Verbots- und Warnzeichen*

Manche der als mittel oder hoch eingestuften Fehler-Folge-Ursachen-Ketten können nicht durch konstruktive oder routinemäßige Änderungen gelöst werden; ihre Risikoprioritätszahl sinkt nicht oder kaum. Für diesen Rest-Anteil des Risikos sind Warnzeichen auf der Anlage anzubringen. Eine Auflistung der ermittelten Warn-, Gebots- und Verbotszeichen ist im Anhang zu finden.

#### *Das Pareto-Diagramm*

Das Pareto-Diagramm ist im Anhang zu finden.

Im Balkendiagramm sind die Risikoprioritätszahlen sowie der Beitrag zum Gesamtrisiko in Prozent der einzelnen Fehler-Folge-Ursache-Ketten auf der y-Achse aufgetragen. Jeder Balken steht für eine Fehler-Folge-Ursache-Kette, deren fortlaufende Nummer unter dem Balken angegeben ist. Die Zahl über dem Balken gibt die absolute Risikoprioritätszahl an. Neben der Erstbewertung in blau ist die Zweitbewertung in grün aufgetragen. Es wurden nur Maßnahmen mit der Aufgabenpriorität H (hoch) und M (mittel) neu bewertet.

Das Pareto-Diagramm macht sichtbar, welche Maßnahmen zur Umsetzung des 80-20-Prinzips zuerst erledigt werden sollten. Alle Fehler-Folge-Ursache-Ketten werden hinsichtlich ihres Beitrages zum Gesamtrisiko klassifiziert. Ganz links stehen

diejenigen mit der höchsten Risikoprioritätszahl bei der Erstbewertung. Im konkreten Fall müssten 19 von 52 Fehler-Folge-Ursache-Ketten beseitigt werden (=37%), um 80% des Zieles zu erreichen. Dies entspricht nicht dem Optimum von 20%, weil viele kleinere Fehler bereits vor der FMEA konstruktiv gelöst wurden und somit nicht in der Liste erscheinen. Für die restlichen 20% würde ein wesentlich größerer Aufwand anfallen, weswegen außer in Fällen höchster Priorität darauf verzichtet wird, die Fehler-Folge-Ursache-Ketten anzugehen.

## 4 Quality Function Deployment (QFD)

Im House of Quality werden die einzelnen Schritte der QFD dokumentiert.

Quality Function Deployment (QFD) ist eine Methode, um Kundenwünsche und Kundenanforderungen in konkrete Leistungen eines Unternehmens und in Funktionen eines Produkts zu übersetzen. Diese Methode leitet in mehreren Schritten aus einer einzelnen Kundenanforderung ab, welches Produktmerkmal, welche Funktion oder welches Leistungsmerkmal wie konstruiert, verändert verbessert werden muss, um die Kundenanforderung zu erfüllen.

Quality: Instrumentarium zur kundengerechten Planung und Entwicklung von Qualitätsmerkmalen

Function: Sicherung der Q-Merkmale durch interdisziplinäre Zusammenarbeit im ganzen Unternehmen

Deployment: „Truppen in Stellung bringen“ (Bündelung der Kräfte) um die Q-Ziele auf allen Ebenen zu erreichen.

Zu Beginn werden die Kundenanforderungen gesammelt (Paarweiser Vergleich). Diese werden nach dem Ergebnis des paarweisen Vergleichs gewichtet. Außerdem wird das Produkt mit Wettbewerbsprodukten und Vorgängerprodukten verglichen. Mit einer Bewertung von eins bis drei erkennt man den Grad der Erfüllung der Kundenanforderungen für jede Variante. Nach der Auswertung erkennt man die Beziehungen zwischen den Kosten, der Komplexität, Herstellverfahren und Möglichkeiten für das Lösen der eventuell auftretenden Probleme.

Die Bewertungen der Erfüllung der Kundenanforderung werden addiert, daraus ergibt sich ein Summenprodukt im Zusammenspiel mit der Bewertung aus der T-Tabelle. Die grün markierten Felder sind diejenigen Produkte, die die Spezifikationen am besten erfüllen.

Die technische Bedeutung eines Wunsches ist am höchsten, wenn die Zahl der „technischen Bedeutung (Kunde)“ am höchsten ist. Hier ist im konkreten Fall der Motor am wichtigsten für den Kunden. Als eher unwichtig haben sich die Trommel und die Lagerböcke herausgestellt. Dies lässt sich auch logisch bestätigen, da die Trommel und die Lagerböcke einer Basisanforderung entsprechen und somit die Begeisterung



des Kunden nicht wecken können (d.h. in den aufgeführten Spezifikationen nicht erfasst sind).

Das Dach des HoQ beschreibt die Abhängigkeiten der Funktionen voneinander. Beim Vergleichen der Gruppen miteinander wird ein +, - oder eine 0 eingetragen. Das Plus oder Minus beschreiben eine positive oder eine negative Abhängigkeit. Bei einer Null besteht keine Abhängigkeit voneinander. Zum Beispiel hat eine Änderung der Welle unter Umständen einen negativen Einfluss auf den Motor. Jedoch hat die Änderung der Abdichtung eine positive Wirkung auf die Lagerböcke.

Am rechten Rand sind verschiedene Produkte in Abhängigkeit der erfüllten Kundenanforderungen dargestellt. Je höher die Zahl, desto besser wurde die Kundenanforderung erfüllt. Als vergleichbare Produkte zum Beurteilen wurden zwei Wettbewerbsförderbänder kategorisiert. Im House of Quality für das Produkt Bandförderer erfüllt das eigene Produkt die von uns erstellten Kundenanforderungen am besten.

## 5 CE- Konformitätsbewertung und -erklärung

Mit der CE-Kennzeichnung erklärt der Inverkehrbringer, dass das Produkt den geltenden Anforderungen entspricht. Somit gelten in Europa einheitliche sicherheitstechnische Bestimmungen für unterschiedlichste Produkte.

Das CE-Zeichen bringt der Inverkehrbringer in den meisten Fällen selbst an. Nur in Ausnahmefällen muss eine externe Zertifizierungsstelle beigezogen werden. Durch die Kennzeichnung in Kombination mit der Konformitätserklärung bestätigt der Inverkehrbringer, dass alle auf das Produkt zutreffenden CE-Vorschriften erfüllt wurden.

Man beginnt bei der CE-Konformitätsbewertung mit der Klärung wichtiger Fragen, wie beispielsweise vorhersehbare Fehlanwendung und Risiken. Im Anschluss werden die Lebensphasen, Personenkreise, die mit dem Produkt in Berührung kommen könnten, und die Tätigkeiten, die mit dem Produkt durchgeführt werden, analysiert. Es folgt die Risikoanalyse und Risikobewertung. Bei hoch bewerteten werden Maßnahmen formuliert. Dabei wird zuerst versucht das Risiko durch konstruktive Veränderungen zu senken. Ist dies nicht zielführend, so wird die technische Schutzvorrichtung der Maschine erweitert. Sollte auch dies nicht ausreichend sein, so steht als letzter Schritt eine Markierung der Maschine mit Warnhinweisen, ein Warnhinweis in der Bedienungsanleitung oder, wenn dies sinnvoll ist, eine Schutzausrüstungsvorschrift an. Nach der Optimierung folgt eine Zweitbewertung. Besteht danach bei manchen Punkten immer noch hohe Risiken, so wird erneut versucht passende Maßnahmen zu treffen. Hierbei muss allerdings auf Faktoren wie Geld, Zeitdauer, technische Komplexität und Umsetzbarkeit Rücksicht genommen werden. Es kann also vorkommen, dass am Ende immer noch ein Restrisiko bestehen bleibt.

## 6 Fazit

Die Durchführung einer Risikoanalyse können Problemstellen eines Projekts offenbart werden. Das Projekt schafft somit einerseits Transparenz bezüglich der Aufgabenstellung, andererseits wird ein angemessenes Sicherheitsniveau durch die Auswahl wirtschaftlicher Maßnahmen geschaffen. Dies sind vor allem die Abschirmung durch Schutzzäune sowie eine Sicherung gegen ungewolltes (Wieder-) Einschalten in allen Betriebsarten. Außerdem muss aufgrund des Gewichts der Teile auf die ergonomische Angemessenheit von Tätigkeiten in direktem Kontakt mit dem Bandförderer und seinen Einzelteilen geachtet werden.

Die Risikobeurteilung erschien bei der Entwicklung des Förderbands sinnvoll, da hier viele Vorsichtsmaßnahmen und Sicherheitsprobleme auftreten. Durch die FMEA konnte man die Ursachen und Folgen erkennen. Bestimmte Maßnahmen unterbinden die Probleme. Man erkannte außerdem die enormen Unterschiede zu den bereits entwickelten Produkten im House of Quality. Es folgt daraus, dass unser Produkt fortschrittlich konstruiert wurde und für das geplante Anwendungsfeld gute Chancen auf dem Markt hat.