



## Grundlagen der Qualitätswissenschaft

<b>Übung 1: Grundlagen der Qualitätswissenschaft .....</b>	<b>2</b>
Aufgabe 1 .....	2
Aufgabe 2 .....	4
Aufgabe 3 .....	4
<b>Übung 2: Grundlagen der Stochastik .....</b>	<b>5</b>
Aufgabe 4 .....	5
Aufgabe 5 .....	5
Aufgabe 6 .....	5
Aufgabe 7 .....	5
Aufgabe 8 .....	6
Aufgabe 9 .....	6
<b>Übung 3: Qualitätsprüfung und 7 Q.....</b>	<b>7</b>
Aufgabe 10 .....	7
Aufgabe 11 .....	7
Aufgabe 12 .....	8
Aufgabe 13 .....	8
Aufgabe 14 .....	9
<b>Übung 4: Statistische Versuchsplanung .....</b>	<b>11</b>
Aufgabe 15 .....	11
Aufgabe 16 .....	13
<b>Übung 5: Stat. Versuchsplanung und FMEA .....</b>	<b>15</b>
Aufgabe 17 .....	15
Aufgabe 18 .....	16
<b>Kurzlösungen (alle Aufgaben).....</b>	<b>17</b>

## Übung 1: Grundlagen der Qualitätswissenschaft

### Aufgabe 1

#### Quality Function Deployment (QFD), House of Quality (HoQ)

Füllen Sie das HoQ zum Thema Mittelklasse Kombi aus.

- a) Überlegen Sie zunächst min. 6 verschiedene Kundenanforderungen die an ein Mittelklasse Kombi gestellt werden und tragen Sie diese ein. Nehmen Sie dabei eine Gewichtung vor.
- b) Erstellen Sie einen kleinen Marktüberblick (3 Modelle) die die Konkurrenz für Ihr Produkt darstellen und bewerten Sie die Erfüllung der Kundenanforderungen mit einer Note.
- c) Geben Sie Produktmerkmale an, die Sie als Zielgrößen an Ihrem Produkt verändern können. Geben Sie zudem eine gewünschte Optimierungsrichtung vor. Z.B. Motor-drehmoment steigern.
- d) Führen Sie eine Korrelation der Kundenanforderungen und Produktmerkmale mit logarithmischer Staffelung (0,1,3,9) durch.
- e) Führen Sie eine Korrelation der einzelnen Produktmerkmale untereinander durch. Gibt es sich widersprechende Zielrichtungen?
- f) Geben Sie einen technischen Vergleich mit den Konkurrenzprodukten an.
- g) Schätzen Sie die einzelnen Produktmerkmale bezüglich der Schwierigkeit ihrer Umsetzung ein.
- h) Gibt es eine richtige Lösung des HoQ?
- i) Welche Schwierigkeiten haben Sie bei der Erstellung des HoQ festgestellt?
- j) Was sind die Vor- und Nachteile des HoQ in Bezug auf Informationsgehalt und Einsetzbarkeit?

Kundenforderungen "Voice of Customer"	Gewichtung %	Produktmerkmale																			Kosten/ Reklamation	Konkurrenz
Zielgröße																						
Schwierigkeitsgrad																						
Konkurrenzvergleich aus technischer Sicht																						
relative Gewichtung in %																						
absolute Gewichtung																						
Zusatzinformationen																						

**Bild 1.1: House of Quality zum Ausfüllen**

## Aufgabe 2

Bei der Fertigung von Antriebskomponenten im Raumfahrtbereich bietet ein Hersteller drei verschiedene Modelle A, B und C an. Es ist dabei bekannt, dass im Rahmen der Abnahmeprüfung der Modelle mit der Wahrscheinlichkeit  $p$  Produktionsfehler aufgedeckt werden. Die Wahrscheinlichkeiten sind in Tabelle 2.1 dargestellt:

**Tabelle 2.1: Wahrscheinlichkeiten für Produktionsfehler für die Modelle A, B und C**

Modell	Wahrscheinlichkeit $p$
A	0,1
B	0,15
C	0,25

Ein Kunde bestellt 3 Einheiten des Typs A, 4 des Typs B und 5 des Typs C.

Wie groß sind die Erfolgswahrscheinlichkeit  $p_{\text{ges}}$  und die Misserfolgswahrscheinlichkeit  $q_{\text{ges}}$  bezogen auf alle Artikel des Auftrags (wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass die gesamte Lieferung bei Abnahme einwandfrei ist)?

## Aufgabe 3

Einem Hersteller von Steckhülsen ist bekannt, dass in einer Fertigungslinie 2% Ausschuss entstehen. In einer Stichprobe mit dem Umfang  $n=20$  wird eine Charge untersucht.

- Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass in der Stichprobe kein Ausschuss enthalten ist?
- Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass 1 oder 2 Ausschussteile im Stichprobenumfang enthalten ist?

## Übung 2: Grundlagen der Stochastik

### Aufgabe 4

Bei der Abfüllung von Treibstoffen in Behälter mit Volumen von 5 Liter ist dem Hersteller eine mittlere Füllmenge von 4,95 Liter mit einer Standardabweichung von 25 ml bekannt. Bei der abschließenden Qualitätskontrolle eines Tages wird der Füllstand von 100 Behältern geprüft. Das Ergebnis dieser Kontrolle ist dabei entweder erfolgreich (=Behälter übergelaufen) oder nicht erfolgreich (=Behälter nicht übergelaufen).

- Um welche Art der Verteilung handelt es sich bei dieser Problemstellung?
- Wie hoch ist die Erfolgswahrscheinlichkeit?
- Mit welcher Wahrscheinlichkeit ist höchstens einer der Behälter der Stichprobe übergelaufen?
- Wie hoch dürfte der Ausschussanteil (Ausschuss = Überlaufen eines Behälters) höchstens sein, wenn in der Qualitätskontrolle mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% kein Ausschuss vorkommen soll?

### Aufgabe 5

In einer Sendung von 60 Monitoren befinden sich 5 defekte. Man greife 3 Geräte heraus. Die Zufallsvariable  $X$  beschreibe die Anzahl der defekten unter diesen.

- Um welche Art der Verteilung handelt es sich bei dieser Problemstellung?
- Mit welcher Wahrscheinlichkeit nimmt  $X$  seine Werte an?
- Mit welcher Wahrscheinlichkeit sind mindestens zwei defekte Monitore in der Auswahl?

### Aufgabe 6

Durch einen Fertigungsfehler befinden sich unter 250 Transformatoren einer Charge 50 mit falschem Kupferdraht.

- Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, bei 20 verkauften Transformatoren 5 fehlerhafte an den Kunden ausgeliefert zu haben?
- Mit welcher Wahrscheinlichkeit werden bei 20 verkauften Transformatoren mindestens 19 fehlerfreie an den Kunden ausgeliefert?

### Aufgabe 7

Von einem Prozess zur Herstellung von Flachglas weiß man, dass er, wenn er im erwünschten Zustand läuft, im Durchschnitt 1 Verunreinigung (z.B. Bläschen) je  $5 \text{ dm}^2$  Glasfläche produziert und die Verunreinigungen Poisson-verteilt sind.

Scheiben von der Größe  $S$  mit bis zu 10 Verunreinigungen sind 1. Wahl, mit 11 bis 15 Verunreinigungen sind 2. Wahl und mit mehr als 15 Verunreinigungen Ausschuss. Wie groß ist jeweils die Wahrscheinlichkeit, dass eine Scheibe einer bestimmten Kategorie zuzuordnen ist? Beachten Sie eine Glasfläche von  $5 \text{ dm}^2$  als die Größe, die dem Einheitsintervall entspricht.)

### Aufgabe 8

Ein Kunde ist mit einer Messanfrage an Sie herangetreten und möchte wissen, wie schwer seine produzierten Stahlbohrer sind. Er hat Ihnen direkt eine Kiste mit Stahlbohrern zur Messung mitgebracht. Insgesamt sind es 30 Stahlbohrer, die Sie in Ihre Vergleichsmessung mit aufnehmen können (siehe Tabelle 8.1).

**Tabelle 8.1: Einzelgewichte der Stahlbohrer in g**

70,08	70,72	68,13	74,54	70,45	68,59	71,82	66,59	69,98	68,39
72,67	69,64	69,69	66,3	68,87	68,75	71,83	70,43	71,07	69,59
64,48	66,38	76,16	75,07	70,43	71,98	70,34	72,26	70,45	67,43

- Berechnen Sie für die Stahlbohrer den Mittelwert  $\bar{m}$ , die empirische Varianz  $s(\bar{m})^2$  und die empirische Standardabweichung  $s(\bar{m})$  des Gewichts  $m$ .
- Zeichnen Sie die Häufigkeitsverteilung von  $m$ . Zeichnen Sie  $(\bar{m})$ ,  $s(\bar{m})$ ,  $2*s(\bar{m})$  und  $3*s(\bar{m})$  ein und geben die prozentualen Anteile der dadurch begrenzten Grundgesamtheit an. Zählen Sie wie viele Bohrer sich außerhalb von  $\bar{m} \pm 2s(\bar{m})$  befinden!
- Berechnen Sie das Gewicht zum Quantil  $F(0,25)$  und  $F(0,5)$ .

### Aufgabe 9

Eine Maschine produziert 50 mm lange Schrauben mit einer Standardabweichung von 1 mm. Die Länge der Schrauben kann als normalverteilt angesehen werden.

- Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit dafür, dass eine Schraube kürzer ist als 48,5 mm.
- Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit dafür, dass eine Schraube höchstens 50,1 mm und mindestens 49,9 mm lang ist.
- Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit dafür, dass eine Schraube nicht verkauft werden kann, also um mehr als 5 mm vom Standardwert (50 mm) abweicht.

## Übung 3: Qualitätsprüfung und 7 Q

### Aufgabe 10

Ein führendes Unternehmen der Zahnradfertigung möchte seine Reklamationsquote senken. Die produzierte Stückzahl pro Tag liegt bei  $N=10000$ . Die Defektwahrscheinlichkeit  $p$  ist nicht bekannt. Es wurde jedoch behauptet, dass pro Tag mindestens 500 defekte Zahnräder gefertigt werden.

- Wie groß ist  $p$ , wenn dies zutrifft?
- Mit welchem stochastischen Modell können Sie die Wahrscheinlichkeit eines defekten Gerätes innerhalb einer Stichprobe berechnen? Geben Sie die zugehörige Formel an.
- Wenn Sie statistisch zeigen wollen, dass die obige Behauptung falsch ist, wie lautet Ihre Nullhypothese?
- Was bedeutet der Fehler 1. Art? Was bedeutet der Fehler 2. Art?

### Aufgabe 11

Für die Zahnradfertigung ist eine zählende Abnahmeprüfung geplant, wobei das akzeptierte  $\alpha$  bei 20 % und  $\beta$  bei 10 % liegt. Es wurde ein AQL von 2 % und ein RQL von 19% festgelegt.

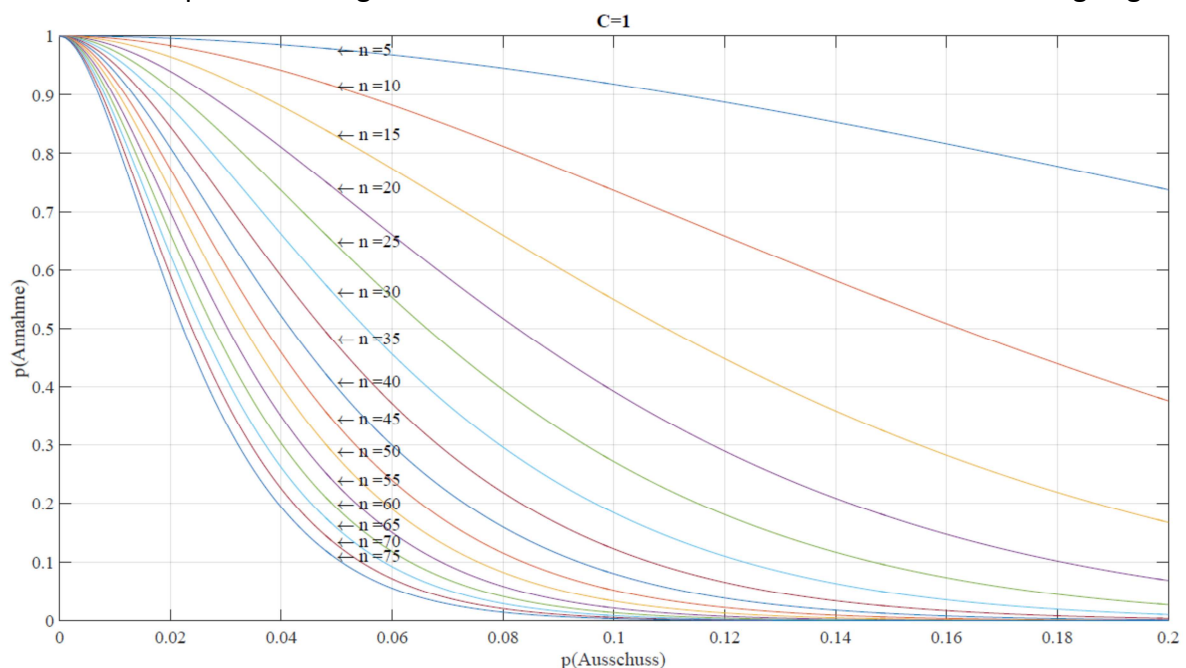


Bild 11.1: OC-Diagramm für unterschiedliche Stichprobengrößen  $n$  und  $c = 1$

- Zeichnen Sie den Produzentenpunkt und den Konsumentenpunkt in Bild 11.1 ein.
- Definieren Sie den erforderlichen Stichprobenumfang  $n$  anhand der vorliegenden Grafik.
- Beschriften Sie das OC-Diagramm mit den Bezeichnungen aus der Vorlesung: AQL, IQL, RQL,  $\alpha$ ,  $\beta$ , Produzentenpunkt, Konsumentenpunkt
- Welche Möglichkeit der Testanpassung haben Sie um wirtschaftlicher zu produzieren?
- Wie können Sie ein RQL von weniger als 10 % erreichen?

## Aufgabe 12

Sie sollen die Prozessfähigkeit eines Herstellungsprozesses für das Diamantschleifen feststellen. Ihr Sollmaß beträgt 2 mm. Die obere Sollwertgrenze liegt bei 2,3 mm und die untere Sollwertgrenze bei 1,9 mm. Sie untersuchen jeweils 500 geschliffene Diamanten aus 5 verschiedenen Chargen und erhalten folgende Messwerte:

Charge 1:  $(\bar{m}) = 2,1 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,01 \text{ mm}$

Charge 2:  $(\bar{m}) = 2,0 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,05 \text{ mm}$

Charge 3:  $(\bar{m}) = 2,2 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,02 \text{ mm}$

Charge 4:  $(\bar{m}) = 2,2 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,04 \text{ mm}$

Charge 5:  $(\bar{m}) = 2,0 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,03 \text{ mm}$

- Berechnen Sie den Prozessfähigkeitsindex  $c_p$ . Ist der Prozess potenziell fähig?
- Berechnen Sie den Koeffizienten des tatsächlichen Prozessfähigkeitsindex  $c_{pk}$ . Ist der Prozess tatsächlich fähig?
- Wie müsste Ihr Prozess verändert werden, damit der  $c_{pk}$  größer wird?
- Sie haben Ihren Prozess angepasst und 5 weitere Chargen gemessen. Haben Sie Ihr Ziel mit der Anpassung erreicht?

Charge 6:  $(\bar{m}) = 2,1 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,12 \text{ mm}$

Charge 7:  $(\bar{m}) = 2,05 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,08 \text{ mm}$

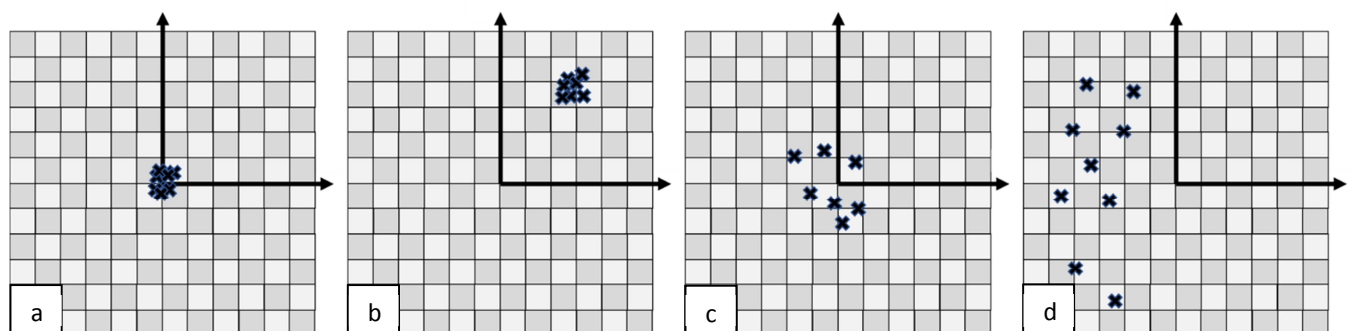
Charge 8:  $(\bar{m}) = 2,06 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,10 \text{ mm}$

Charge 9:  $(\bar{m}) = 2,04 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,07 \text{ mm}$

Charge 10:  $(\bar{m}) = 2,1 \text{ mm}$ ;  $s(\bar{m}) = 0,11 \text{ mm}$

## Aufgabe 13

Sie sollen einen optischen Aufbau justieren und erhalten folgende Ergebnisbilder auf ihrem CCD Sensor.



**Bild 13.1:** Verschiedene Ergebnisse ihrer Justierung im Vergleich zum Zielzustand im Zentrum des Sensors.

- Beschreiben Sie die in Bild 13.1 gezeigten Ergebnisse Ihrer Justierung in Bezug auf die Eigenschaft des Prüfmittels.
- Welcher Zustand ist für Ihr Prüfmittel anzustreben? Wie können Sie diesen erreichen?
- Was tun Sie, wenn Sie den Fall d haben?



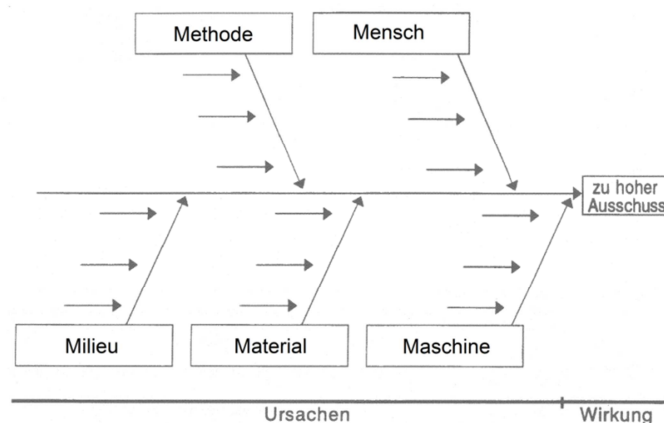
## Aufgabe 14

Ein Unternehmen stellt Antriebswellen für Landmaschinen her. Trotz zahlreicher Schulungen bleibt die Ausschussquote relativ hoch. Sie, als Experte für Qualitätsmanagement, erfassen daher, welche der Fehler wie oft zu einer fehlerhaften Produktion geführt haben. Zudem ermitteln Sie die aus dem Fehler resultierenden Fehlerkosten. Nach einem halben Jahr liegt Ihnen folgende Übersicht vor:

**Tabelle 14.1: Erfasste fehlerhafte Antriebswellen mit Anzahl und Kosten pro Ausfallursache**

Datenblatt: Fehler bei Antriebswellen		Untersuchte Stückzahl: 2021 Stück
Untersuchungszeitraum: 01.07.2010 - 31.12.2010		
Fehler an:	Anzahl der Fehler	Fehlerkosten pro Stück in €
1. Abdichtung	198	1,16
2. Bohrung	25	1,50
3. Anschlüsse	103	5,60
4. Drehring	18	2,72
5. Verbindungen	72	8,27
Summe	416	

- Sie möchten natürlich die vorhandenen Mittel möglichst wirkungsvoll einsetzen. Also müssen Schwerpunkte gebildet werden. Mit der Behebung welcher Fehlerarten würden Sie beginnen? Führen Sie dazu eine Pareto-Analyse unter den Gesichtspunkten der Häufigkeits-/ Kostenanalyse durch.
- Um den Ausschuss bei den Antriebswellen zu reduzieren, möchten Sie weitere Fehler bzw. die Ursachen dafür identifizieren. Sie führen dazu eine Analyse anhand des Ishikawa-Diagramms durch. Ergänzen Sie in der folgenden Abbildung die fünf „Hauptgräten“ mit möglichst konkreten Ursachen.



**Bild 14.1: Ishikawa Diagramm**

- c) Die Bohrungen der Antriebswelle ergaben nach dem Messen die unten tabellierten Werte. Bereiten Sie das nachstehende Zahlenmaterial auf. Zeichnen Sie dann eine Häufigkeitstabelle und darauf aufbauend ein Histogramm.

**Tabelle 14.2: Erfasste Messwerte der Antriebswellenbohrung**

Merkmalswerte in cm									
3,56	3,46	3,48	3,50	3,42	3,43	3,52	3,40	3,44	3,50
3,48	3,56	3,50	3,52	3,47	3,48	3,46	3,50	3,56	3,38
3,41	3,37	3,47	3,49	3,45	3,44	3,50	3,49	3,46	3,46
3,55	3,52	3,44	3,50	3,45	3,44	3,48	3,46	3,52	3,46
3,48	3,48	3,32	3,40	3,52	3,34	3,46	3,43	3,30	3,46
3,59	3,63	3,59	3,47	3,38	3,52	3,45	3,48	3,31	3,46
3,40	3,54	3,46	3,51	3,48	3,50	3,68	3,60	3,46	3,52
3,48	3,50	3,56	3,50	3,52	3,46	3,48	3,46	3,52	3,56
3,52	3,48	3,46	3,45	3,46	3,54	3,54	3,48	3,49	3,41
3,41	3,45	3,34	3,44	3,47	3,47	3,41	3,48	3,54	3,47

Gehen Sie dabei gemäß folgendem Rezept vor:

- 1) Ermittlung der Minimal- und der Maximalwerte
- 2) Festlegung der Anzahl der Klassen  $k = \sqrt{n}$
- 3) Klassenunterteilung  $w = \frac{(\max - \min)}{k}$
- 4) Aufstellen der Häufigkeitstabelle
- 5) Zeichnen des Histogramms

## Übung 4: Statistische Versuchsplanung

### Aufgabe 15

Fallstudie einer Beregnungsanlage. In Bild 15.1 ist das Konzept einer Beregnungsanlage gezeigt.

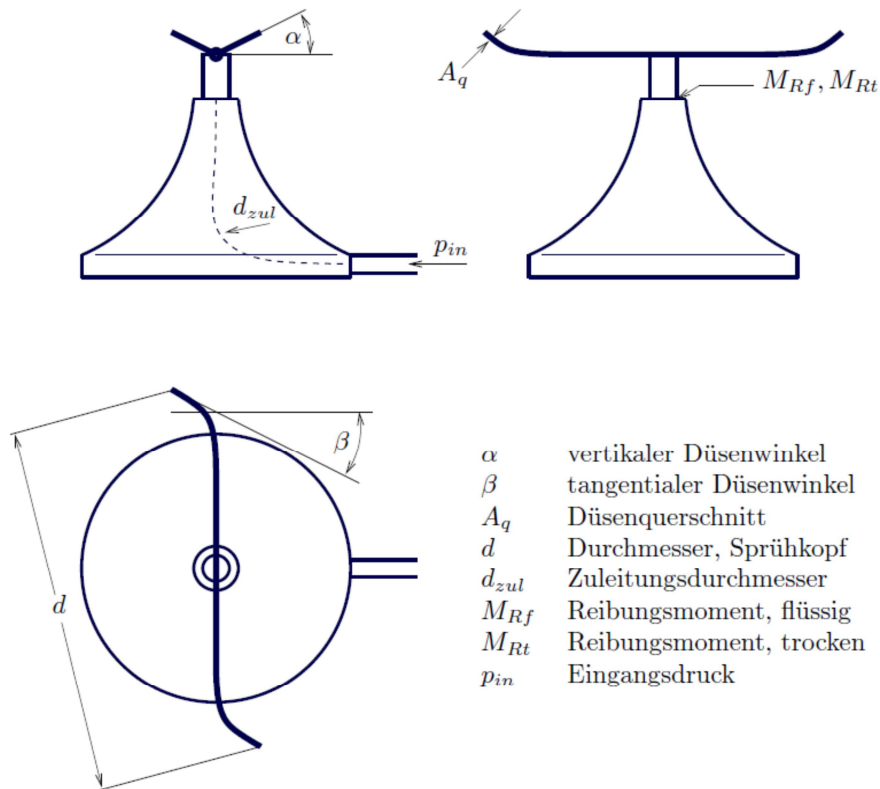


Bild 15.1: Aufbau der Beregnungsanlage mit zugewiesenen Parametern (Quelle: Siebertz et al., 2010)

In Tabelle 15.1 sind die Parameter mit ihren Funktionswerten angegeben. Zunächst werden nur die Düsenwinkel  $\alpha$  und  $\beta$ , sowie der Düsenquerschnitt  $A_q$  hinsichtlich ihres Effektes untersucht. Hierbei gibt es jeweils 2 mögliche Stufen.

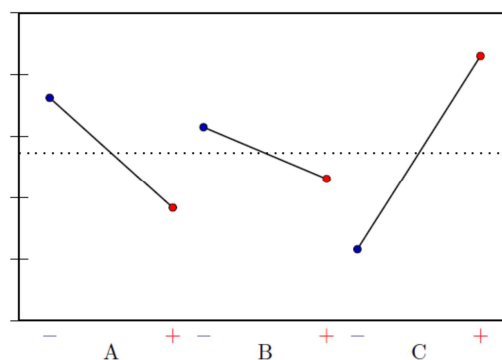
Tabelle 15.1: Funktionswerte der Designparameter

Faktor/Parameter	Symbol	Einstellung	Einheit
		- +	
vertikaler Düsenwinkel $\alpha$	A	15 45	°
tangentialer Düsenwinkel $\beta$	B	0 30	°
Düsenquerschnittsfläche $A_q$	C	2 4	mm <sup>2</sup>
Durchmesser Sprühkopf $d$	-	150	mm
Reibungsmom. trocken $M_{Rt}$	-	0,015	Nm
Reibungsmom. flüssig $M_{Rf}$	-	0,015	Nms <sup>-1</sup>
Eingangsdruck $p_{in}$	-	1,5	bar
Zuleitungsdurchmesser $d_{zul}$	-	7,5	mm

**Tabelle 15.2: Ergebnisse ihres Versuchsplans**

Drehzahl in $s^{-1}$	Reichweite in m	Verbrauch in $l \cdot min^{-1}$
4,13	4,41	4,17
2,77	5,02	4,15
3,44	4,54	4,16
2,27	5,07	4,15
8,10	4,85	8,39
5,58	6,49	8,28
6,82	5,24	8,33
4,70	6,64	8,26

- Wie viele Versuche müssen Sie für einen vollfaktoriellen Versuchsplan bei 3 Faktoren mit je 2 Stufen durchführen?
- Erstellen Sie einen vollfaktoriellen Versuchsplan und berechnen Sie die linearen Effekte für die Faktoren A, B und C in Bezug auf die erreichte Drehzahl, die Reichweite und den Verbrauch.
- Tragen Sie die Stufenabhängigen Ergebnisse für Drehzahl, Reichweite und Verbrauch in einem Diagramm folgender Form auf (siehe Bild 15.2). Diese Darstellung wird Effektdiagramm genannt. Was lässt sich an der Steigung der Geraden zwischen den beiden Stufen über den Effekt herausfinden?

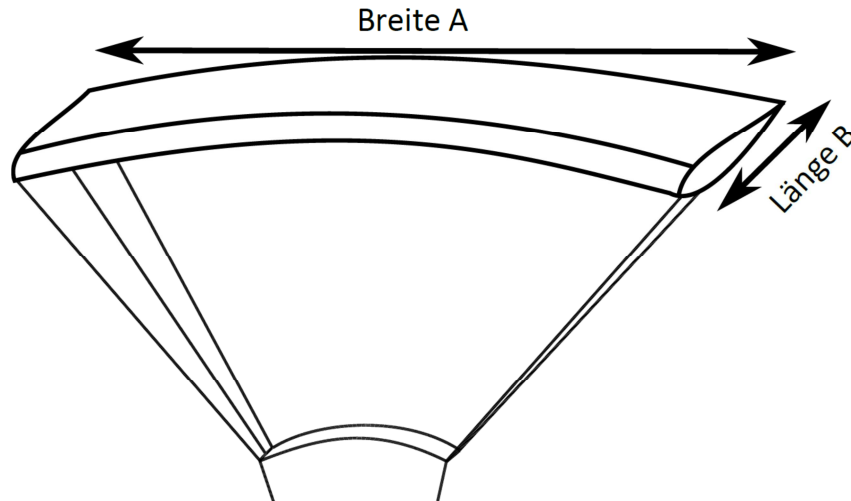


**Bild 15.2: Beispiel für ein Effektdiagramm**

- Berechnen Sie die Wechselwirkungen AB, AC, BC und ABC für den Versuchsplan.
- Prüfen Sie die Wechselwirkungen auf die Möglichkeit der Überlagerung mit einem neuen Faktor.
- Welche Konstruktionsvariante ist in Hinblick auf einen niedrigen Verbrauch zu favorisieren? Welche Variante würden Sie für eine hohe Reichweite verwenden?

## Aufgabe 16

Im Zuge einer Neuauslegung sollen die Qualitätsmerkmale von einem Gleitschirm untersucht werden. Der Gleitschirm folgt der dargestellten Skizze in Bild 16.1.



**Bild 16.1: Gleitschirm (eigene Darstellung)**

Die Schirmbreite (A) und die Schirmlänge (B) variieren zwischen jeweils 2 Werten. Der Schirm verfügt über ein Schirmgewicht (C), hervorgerufen durch das verwendete Gewebe und kann für unterschiedliche Absprunghöhen (D) verwendet werden.

**Tabelle 16.1: Untersuchte Einflussfaktoren des Gleitschirms**

Einstellgrößen	-	+
Schirmbreite (A)	5 m	10 m
Schirmlänge (B)	2 m	4 m
Schirmgewicht (C)	2000 g	5000 g
Absprunghöhe (D)	500 m	2500 m

Anhand der tabellarisch erfassten Gleitzeiten (siehe Tabelle 16.2) soll ermittelt werden, welche Parameter sich gegenseitig beeinflussen. Dabei sind im Mittel die folgenden Ergebnisse berechnet worden:

**Tabelle 16.2: Versuchsplan mit erreichter Gleitzeit**

	A	B	C	D	y
1	5 m	2 m	2000 g	500 m	53 s
2	10 m	2 m	2000 g	500 m	67 s
3	5 m	4 m	2000 g	500 m	48 s
4	10 m	4 m	2000 g	500 m	58 s
5	5 m	2 m	5000 g	500 m	49 s
6	10 m	2 m	5000 g	500 m	63 s
7	5 m	4 m	5000 g	500 m	44 s
8	10 m	4 m	5000 g	500 m	54 s
9	5 m	2 m	2000 g	2500 m	223 s
10	10 m	2 m	2000 g	2500 m	237 s
11	5 m	4 m	2000 g	2500 m	218 s
12	10 m	4 m	2000 g	2500 m	228 s
13	5 m	2 m	5000 g	2500 m	219 s
14	10 m	2 m	5000 g	2500 m	233 s
15	5 m	4 m	5000 g	2500 m	214 s
16	10 m	4 m	5000 g	2500 m	224 s

- Erstellen Sie einen vollfaktoriellen Versuchsplan und berechnen Sie die linearen Effekte für die Einflussfaktoren (A), (B), (C) und (D).
- Berechnen Sie die linearen Effekte der Wechselwirkungen (AB), (AC), (BC), (AD), (BD), (CD), (ABC), (ABD), (ACD), (BCD), (ABCD).
- Bei teilfaktoriellen Versuchen werden Kombinationen, die interpoliert werden können, weggelassen. Auftretende Wechselwirkungen werden durch zusätzlich Faktoren ersetzt. Erstellen Sie einen teilfaktoriellen Versuchsplan.
- Welche Bauart des Gleitschirms hat die höchste Qualität? Diskutieren Sie das Ergebnis.

## Übung 5: Stat. Versuchsplanung und FMEA

### Aufgabe 17

Bei der Entwicklung eines neuartigen Bohrverfahrens im Medizinbereich soll der Einfluss verschiedener Prozessparameter auf die Bohrleistung in  $\text{mm}^3/\text{s}$  untersucht werden.

Betrachtet werden dabei der vom Bohrer typ abhängige Spanwinkel  $\alpha$ , die Vorschubkraft  $F$ , die Wellendrehzahl  $n$  sowie die Kühlschmierstoffzufuhr  $KSS$  in jeweils zwei Stufen. Die konkreten Werte dieser Einstellungen sind in Tab. 17.1 dargestellt.

**Tabelle 17.1: Funktionswerte der Designparameter**

Faktor/Parameter	Symbol	Symbol	Einstellung		Einheit
			-	+	
Spanwinkel	$\alpha$	A	10	20	°
Vorschubkraft	$F$	B	10	30	N
Wellendrehzahl	$n$	C	500	800	$\text{U min}^{-1}$
Kuschmierstoffzufuhr	KSS	D	2	5	$\text{l min}^{-1}$

- Wie viele Versuche sind in einem vollfaktoriellen Versuchsplan mit allen vier Faktoren auf zwei Stufen durchzuführen?
- Aufgrund einer begrenzten Menge an vorhandenen Versuchsmaterialien können Sie nur maximal 8 Versuche durchführen. Stellen Sie einen vollfaktoriellen Versuchsplan auf und leiten Sie daraus den teilfaktoriellen Versuchsplan ab. Wählen Sie für den Parameter D das Muster der Wechselwirkung höchster Ordnung aus den ersten drei Faktoren! Warum sollte gerade diese Wechselwirkung mit dem zusätzlichen Faktor überlagert werden?
- Nach der Durchführung der Versuche liegen Ergebnisse nach Tabelle 17.2 vor. Berechnen Sie die linearen Effekte Für die Einflussfaktoren A-D!

**Tabelle 17.2: Ergebnisse der Versuchsreihe**

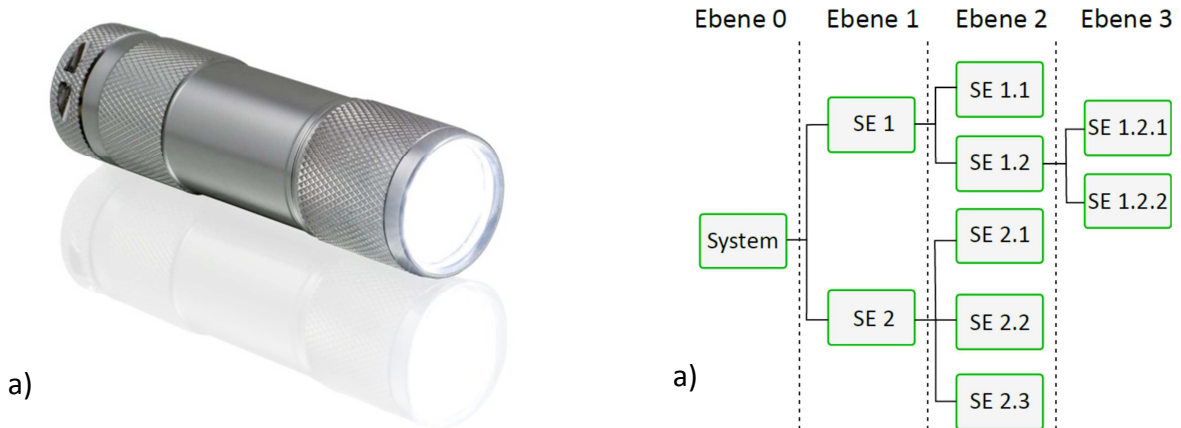
Versuchsnummer	Bohrleistung in $\text{mm}^3\text{s}^{-1}$
1	19,1
2	15,1
3	66
4	42,9
5	34,1
6	22,6
7	94,6
8	78,4

## Aufgabe 18

Führen Sie für eine Taschenlampe eine Fehlermöglichkeits- und Einfluss Analyse (FMEA) durch. Beginnen Sie als Vorbereitung mit einer Systemanalyse und im Anschluss verwenden Sie das FMEA-Formblatt in der Anlage.

Gehen Sie gemäß folgendem Rezept vor:

- a) Führen Sie als erstes eine Systemanalyse durch, in der Sie das Gesamtsystem Taschenlampe in Systemelemente (SE) aufteilen. Erstellen Sie hierfür eine Systemstruktur.



**Bild 18.1: a) Beispiel für eine Taschenlampe (Quelle: taschenlampe-kaufen.de) b) Systemstruktur**

- b) Definieren Sie in Vertretung des späteren Kunden die Anforderungen an die Taschenlampe in einer Anforderungsliste.
- c) Ordnen Sie den einzelnen Systemelementen der Taschenlampe ihre Funktionen zu.
- d) Beschreiben Sie mögliche Fehler (min 2) und mögliche Fehlerursachen (min 4 jeweils) für die Fehlerfolge: zu geringe Beleuchtungsstärke für das SE Lampenkopf.
- e) Bewerten Sie das Risiko der möglichen Fehlerursachen in Bezug auf die Bedeutung für die Funktion, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und die Entdeckungswahrscheinlichkeit mit den Zahlen 1-10, wobei 10 die negativste Bewertung darstellt.
- f) Durch Multiplikation der Risikozahlen berechnen Sie die Risikoprioritätszahl (RPZ) der Fehler (Werte von 1-1000).
- g) Ordnen Sie die Fehlerursachen absteigend nach der RPZ.
- h) Definieren Sie für die vier Fehlerursachen mit der höchsten RPZ Maßnahmen zur Vermeidung und Entdeckung des Fehlers. Fügen Sie dafür neue Zeilen im Vordruck ein.
- i) Beurteilen Sie die 3 Risikozahlen (Werte 1-10) unter Einbezug Ihrer Maßnahme erneut. Hierzu sind wiederum zu ermitteln: Wahrscheinlichkeit des Auftretens, Bedeutung für den Kunden und die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung.
- j) Vergleichen Sie die RPZ Ihrer Fehlerursachen vor und nach der Vermeidungsmaßnahme. Sind Verbesserungen feststellbar? Bewerten und diskutieren Sie das Ergebnis.



## Kurzlösungen (alle Aufgaben)

### Aufgabe 1

Vorgehensweise in Schritten

1. Kundenwünsche
2. Eigenes Produkt im Vergleich zu anderen bewerten
3. Hinzufügen von Serviceberichten, Reklamationen usw.
4. Produktmerkmale definieren und Optimierungsrichtung der Produktmerkmale vorgeben
5. Korrelation von Kundenanforderungen und Produktmerkmalen
6. Positive oder negative Korrelation der Produktmerkmale eintragen
7. Technischer Vergleich der Produktmerkmale mit der Konkurrenz
8. Schwierigkeitseinschätzung zu den Produktmerkmalen
9. Zusatzinformationen zum besseren Verständnis vermerken
10. Ergebnis des House of Quality.

### Aufgabe 2

82,08 %

### Aufgabe 3

- a) 66,76 %
- b) 32,53 %

### Aufgabe 4

- a) Füllstand normalverteilt. Kontrolle binomialverteilt
- b) 0,023
- c)  $W = W(x=0) + W(x=1) = 0,0976 + 0,2298 = 0,3274$
- d) 0,69%

### Aufgabe 5

- a) Tipp: Stichprobe ohne Zurücklegen
- b) Formel Hypergeometrische Verteilung
- c)  $x(0) = 0,7667$ ;  $x(1) = 0,2170$ ;  $x(>=2) = 0,0163$

### Aufgabe 6

$W(X=5) = \text{Binomial}(50,5) * \text{Binomial}(200,15) / \text{Binomial}(250,20) = 0,181$

### Aufgabe 7

I-Wahl = 0,58304; II-Wahl = 0,36822; Ausschuss = 0,04874

### Aufgabe 8

- a) 70,1037; 6,7630; 2,6006
- b) 68,73; 95,45; 99,73; 2
- c) 68,59; 70,21

**Aufgabe 9**

- a) 6,68% o. 15,87% m. Stetigkeitskorrektur
- b) 7,97%, o. 45,15% m. Stetigkeitskorrektur
- c)  $\approx 0\%$

**Aufgabe 10**

- a)  $p = M/N = 5\%$
- b) Hypergeometrische Verteilung oder Binomialverteilung
- c)  $H_0 = p > 5\%$
- d) siehe Vorlesung

**Aufgabe 11**

- a) Produzententpunkt  $(x, y) = (0,02, 0,8)$
- b)  $n = 20$  bis  $n = 40$ ; geringer Stichprobenumfang vorzuziehen
- c) siehe Vorlesungsskript
- d) c erhöhen
- e) n erhöhen

**Aufgabe 12**

- a)  $c_p(i) = 6,67, 1,33, 3,33, 1,67, 2,22$ ; Ja
- b)  $c_{pk}(i) = 6,67, 0,67, 1,67, 0,83, 1,11$ ; Nein
- c) siehe Vorlesungsskript
- d)  $c_p(i) = 0,56, 0,83, 0,67, 0,95, 0,61$ ;  $c_{pk}(i) = 0,56, 0,63, 0,53, 0,67, 0,61$ ; Nein

**Aufgabe 13**

- a) siehe Vorlesungsskript
- b) siehe Vorlesungsskript
- c) siehe Vorlesungsskript

**Aufgabe 14**

- a) nach absteigender Fehlerzahl sortieren, A-Fehler sind: 1 und 3 zusammen 72,3 % aller Fehlerfälle. Nach Kostengesichtspunkten sind 3 und 5 die A-Fehler, zusammen 78,76%.
- b) Ausgefülltes Ishikawa-Diagramm
- c) Schritt 1 Max- und Min-Werte feststellen,  $x_{min} = 3,3$ ;  $x_{max} = 3,68$   
Schritt 2 Klassenanzahl festlegen: 9  
Schritt 3 Klassengrenzen festlegen  
Schritt 4 Häufigkeitstabelle aufstellen  
Schritt 5 Histogramm zeichnen

**Aufgabe 15**

- a)  $2^n$
- b) Drehzahl: -1,7925; -0,8357; 3,1475; Reichweite: 1,045; 0,18; 1,045; Verbrauch: -0,0525; -0,0225; 4,1575
- c) Tipp: Mittelwerte der Faktoren mit positiven und der mit negativen Vorzeichen auftragen
- d) Drehzahl(AB;AC;BC;ABC) = 0,1475; -0,5275; -0,2425; 0,0525; Reichweite(AB;AC;BC;ABC) = -0,08; 0,475; 0,09; -0,04; Verbrauch(AB;AC;BC;ABC) = 0,0125; -0,0375; -0,0175; 0,0075
- e) Siehe Vorlesungsskript
- f) Variante (A,-B,-C) oder Variante (A,B,-C); Variante (A,B,C)

**Aufgabe 16**

- a) A: 12; B: -7; C: -4; D: 170
- b) AB: -2; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0
- c) A: 12; B: -7; C: -4; D: 170; AB: -2; AD: -4; BD: 0; CD: 12; ABC: 0; ABD: 0; BCD: -2; ABCD: -7;
- d) Diskussion je nach Ziel, Gleitzeit, Gewicht.

**Aufgabe 17**

- a)  $2^n$
- b) Höhere Wechselwirkungen sind im Allgemeinen klein und können mit guter Näherung zu Null gesetzt werden
- c) A: -13,7; B: 47,75; C: 21,65; D: 3,6; AB: -5,95; AC: -0,15; AD: 10,4

**Aufgabe 18**

- a) Ebene 0: Taschenlampe  
Ebene 1: Lampenkopf, Gehäuse, Deckel
- b) Mögliche Anforderungen: Beleuchtungsstärke, Netzabhängigkeit, Dauer  
Maße (Länge, Durchmesser), Gewicht, optische Eigenschaften
- c) Ebene 0: Beleuchtung gewährleisten  
Ebene 1 Lampenkopf: Licht fokussieren, Licht austreten lassen  
Ebene 1 Gehäuse komplett: Energie speichern ...
- d) Verwenden Sie den Vordruck FMEA nach VDA. Tragen Sie Fehlerfolge, Fehler und mögliche Fehlerursachen in die Tabelle ein.
- e) Entscheiden Sie selbst.
- f)  $RPZ = A \cdot B \cdot E$
- g) –
- h) z.B. Andere Materialwahl und verbesserte Entdeckung durch aufwendigere Testszenarien bei der Qualitätsprüfung.
- i)  $RPZ = A \cdot B \cdot E$
- j) Beurteilen Sie, ob Sie die Risiken der einzelnen Fehler minimieren konnten.