Belegarbeit Sicherheit und Zuverlässigkeit

Ständerbohrmaschine

Hochschule Heilbronn

Fred Härtelt

Winter Semester 2022/2023

07.12.2022

Fakultät: Mechanik und Elektrotechnik

Studiengang: Automotive Systems Engineering

Marc Grosse (210233), Moritz Höhnel (210258) und Mattis Ritter (210265)

Inhaltsverzeichnis

[1. Einleitung 1](#_Toc123648937)

[2. Festlegung der Grenzen 1](#_Toc123648938)

[2.1 Verwendungsgrenzen 1](#_Toc123648939)

[2.1.1 Bestimmungsgemäße Verwendung 1](#_Toc123648940)

[2.1.2 Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung 1](#_Toc123648941)

[2.1.3 Einsatzbereich der Maschine 2](#_Toc123648942)

[2.1.4 Nutzergruppen 2](#_Toc123648943)

[2.2 Räumliche Grenzen 2](#_Toc123648944)

[2.2.1 Beschreibung der Maschine 2](#_Toc123648945)

[2.2.2 Bewegungsraum 2](#_Toc123648946)

[2.2.3 Platzbedarf des Benutzers 2](#_Toc123648947)

[2.2.4 Mensch-Maschine Schnittstellen 2](#_Toc123648948)

[2.2.5 Schnittstellen zu andern Maschinen 3](#_Toc123648949)

[2.2.6 Schnittstellen zur Energieversorgung 3](#_Toc123648950)

[2.3 Zeitliche Grenzen 3](#_Toc123648951)

[2.3.1 Vorgesehene Verwendungsdauer 3](#_Toc123648952)

[2.3.2 Empfohlene Wartungsintervalle 3](#_Toc123648953)

[2.4 Weitere Grenzen 3](#_Toc123648954)

[2.4.1 Umwelt 3](#_Toc123648955)

[2.4.2 Erforderliche Sauberkeit 3](#_Toc123648956)

[2.4.3 Eigenschaft des zu bearbeitenden Materials 3](#_Toc123648957)

[3. Festlegung der Risikoprioritätszahl 3](#_Toc123648958)

[4. Fehler Möglichkeits- und Einfluss-Analyse 5](#_Toc123648959)

[4.1 Produkt-FMEA 5](#_Toc123648960)

[4.1.1 Elektronik 6](#_Toc123648961)

[4.1.2 Mechanik 9](#_Toc123648962)

[4.2 Prozess-FMEA 10](#_Toc123648963)

[4.2.1 Bohren eines Durchgangslochs 10](#_Toc123648964)

[4.2.2 Verletzungen bei Bedienung 11](#_Toc123648965)

[5. Fehlerbaumanalyse 12](#_Toc123648966)

[5.1 Top Event: Stromschlag bei Berührung 12](#_Toc123648967)

[5.2 Top Event: Maschine nicht funktionsfähig 13](#_Toc123648968)

[5.2.1 Event: Leistungselektronik defekt 14](#_Toc123648969)

[5.2.2 Event: Steuerelektronik defekt 15](#_Toc123648970)

[5.2.3 Event: Mechanik nicht funktionsfähig 16](#_Toc123648971)

[6. Fazit 16](#_Toc123648972)

[Abbildungsverzeichnis 17](#_Toc123648973)

[Tabellenverzeichnis 17](#_Toc123648974)

[Quellenverzeichnis 17](#_Toc123648975)

# 1. Einleitung

Für die Ausbildungswerkstatt eines Unternehmens der Metall- und Elektroindustrie soll eine neue Ständerbohrmaschine angeschafft werden. An dieser sollen die Auszubildenden zum ersten Mal selbständig an ihren Werkstücken aus Metall, Kunststoff oder auch Holz arbeiten. Da es hauptsächlich um die Vermittlung der Grundlagen wie das einfache Bohren, Senken und Schneiden von Gewinden geht und die Auszubildenden das Handwerk noch richtig erlernen sollen, wird bei der Maschine auf modernste Extras wie beispielsweise Laser gestützte Positionierung verzichtet. Man entscheidet sich daher für die Anschaffung einer etwas älteren Maschine.

Um die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Ständerbohrmaschine zu gewährleisten, wird im Folgenden eine Produkt- und Prozess-Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA) durchgeführt. Mit Hilfe dieser Methodik können bereits vor Beginn der Arbeiten potenzielle Fehler- und Sicherheitsrisiken der Maschine aufgedeckt und behoben werden.

Damit es möglich ist die Produkt-FMEA in aussagekräftiger Weise durchführen zu können werden zunächst die Grenzen der Maschine definiert. Anschließend wird die maximal vertretbare Risikoprioritätszahl (RPZ) festgelegt. Durch diese wird festgelegt wann es Handlungsbedarf zur Optimierung der Sicherheit und Zuverlässigkeit gibt.

Vor Inbetriebnahme wird die Prozess-FMEA durchgeführt, um auch auf mögliche Risiken im Arbeitsprozess reagieren zu können, um ein sichereres Arbeitsumfeld für die Auszubildenden zu schaffen und eine möglichst hohe Qualität der Erzeugnisse sicherzustellen.

Ist bei der FMEA eine höhere als die zulässige RPZ erreicht worden, so gilt es Maßnahmen festzulegen und zu implementieren, mit denen die RPZ mindestens auf den maximal zulässigen Wert gesenkt werden kann.   
Zusätzlich werden in manchen Fällen auch Maßnahmen zur Senkung der RPZ formuliert, wenn diese trotz nicht vorhandener Notwendigkeit, leicht umgesetzt werden können.

Abschließend wird noch eine Fehlerbaum-Analyse (FTA) des Top-Events, sowie des kritischsten Events der FMEA durchgeführt.

Die FTA ist eine auf boolescher Logik basierende Darstellung von Teilsystemausfällen, die zu einem Gesamtsystemausfall führen können. Sie hilft beim Auftreten von Fehlern die möglichen Ursachen schneller identifizieren zu können.

# 2. Festlegung der Grenzen

## 2.1 Verwendungsgrenzen

### 2.1.1 Bestimmungsgemäße Verwendung

Zur Bestimmungsgemäßen Verwendung zählt das Bohren von (Sack-) Löchern in verschieden Materialen, das Schneiden von Innengewinden mit Maschinengewindebohrern, sowie das Herstellen von Kegel- und Flachsenkungen.

### 2.1.2 Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung

Der Bediener wählt die falsche Drehzahl beim Bohrvorgang oder nutzt einen zu großen Vorschub.

Die Ständerbohrmaschine wird ohne regelmäßige Inspektion und Wartung benutzt.

Das Werkstück wird nicht vorschriftsmäßig eingespannt.

Das Werkstück ist aus einem nicht zulässigen Material (siehe 2.4.3).

### 2.1.3 Einsatzbereich der Maschine

Die Ständerbohrmaschine wird hauptsächlich industriell benutzt. Darüber hinaus gibt es auch private Nutzer, die eine Ständerbohrmaschine in ihrer eigenen Werkstatt haben.

### 2.1.4 Nutzergruppen

Zu den Bedienpersonen der Ständerbohrmaschine zählen Auszubildende, Ausbilder und Fachkräfte. Diese Personengruppen sind angelernt oder erfahren. Aber auch unerfahrene Personen werden die Maschine bedienen.

Mit der Wartung und Reparatur der Ständerbohrmaschine wird nur ausgebildetes Fachpersonal beauftragt.

## 2.2 Räumliche Grenzen

### 2.2.1 Beschreibung der Maschine

Der Aufbau der Ständerbohrmaschine wird im Folgenden von unten nach oben beschrieben.

Die Fußplatte bildet die Basis der Ständerbohrmaschine und sorgt für einen stabilen Stand. Aus dieser geht die Säule hervor, an welcher der höhenverstellbare Bohrtisch montiert ist. Dieser kann mit einer Kurbel hoch und runter gefahren werden, sowie auf einer Höhe festgeklemmt werden. Im Bohrtisch sind Nuten eingefräst, damit ein Maschinenschraubstock oder anderes Klemmwerkzeug darauf befestigt werden können. Am Kopf der Säule befindet sich die Bohrvorrichtung. Diese besteht unter anderem aus dem elektrischen Antriebsmotor (Drehstrom asynchron Maschine) und dem Getriebe für die Drehzahl. Die Drehzahl kann mit einem Schalter am Bedienelement auf etwa bzw. voreingestellt und mit einem Hebel weiter herunter geregelt werden. Am Bedienelement befindet sich darüber hinaus der An/Aus-Schalter, ein Not-Aus-Schalter und man kann auch die Drehrichtung einstellen. Darüber hinaus gibt es noch ein Griffkreuz für den manuellen Spindelvorschub, mit welchem die Bohrspindel linear bewegt werden kann. Die Bohrtiefe kann mit einem mechanischen Anschlag begrenzt werden. In die Bohrspindel wird das Bohrfutter geklemmt, in welches dann das Werkzeug (der Bohrer) gespannt werden kann.

### 2.2.2 Bewegungsraum

Der Bohrtisch ist höhenverstellbar und schwenkbar, d.h. unterhalb und neben dem Bohrtisch muss ausreichend Platz frei gelassen werden.

### 2.2.3 Platzbedarf des Benutzers

Der Benutzer der Ständerbohrmaschine benötigt in etwa 1,5 Meter Platz vor der Bohrmaschine und einen Meter zu beiden Seiten. Zur Wartung der Ständerbohrmaschine sollte diese auch von hinten zugänglich sein.

### 2.2.4 Mensch-Maschine Schnittstellen

An der Bedieneinheit kann die grobe Drehzahl und die Drehrichtung gewählt werden. Die Feineinstellung der Drehzahl findet mit einem Hebel statt. Die aktuelle Drehzahl wird am Display in Umdrehungen pro Minute angezeigt.

### 2.2.5 Schnittstellen zu andern Maschinen

Keine.

### 2.2.6 Schnittstellen zur Energieversorgung

Die Ständerbohrmaschine benötigt eine elektrische Energieversorgung. Dabei muss ein Drehstromanschluss vorhanden sein.

## 2.3 Zeitliche Grenzen

### 2.3.1 Vorgesehene Verwendungsdauer

Siehe Herstellerangaben.

### 2.3.2 Empfohlene Wartungsintervalle

Siehe Bedienungsanleitung.

## 2.4 Weitere Grenzen

### 2.4.1 Umwelt

Die Ständerbohrmaschine wird ausschließlich in geschlossenen Räumen, d.h. Werkstätten oder Maschinenhallen, verwendet. Die Maschine kann Sonneneinstrahlung durch Fensterscheiben ausgesetzt sein. Die Temperatur ist nach Arbeitsstättenverordnung auf minimal 12°C und maximal 35°C beschränkt. Je nach Betrieb kann die maximale Temperatur auch höher liegen. Für die private Benutzung ist die Temperatur nicht gesetzlich beschränkt. Allerdings ist zu erwarten, dass die maximale und minimale Temperatur kaum überschritten werden.

### 2.4.2 Erforderliche Sauberkeit

Vor und nach jeder Benutzung sollte eine hoher Grad an Sauberkeit, d.h. Spanfreiheit und Trockenheit, vorhanden sein, dabei ist vor allem der Bohrtisch und die Bohrspindel mit der Bohrfutteraufnahme von Relevanz. Während des Bohrvorgangs kann es zu starker Verschmutzung durch Späne und Kühlschmier-mittel kommen, welche erst beim Wechseln des Werkstücks oder Werkzeugs zu beseitigen ist.

### 2.4.3 Eigenschaft des zu bearbeitenden Materials

In der Ständerbohrmaschine können Metalle, Kunststoffe und organische Materialen bearbeitet werden. Die richtige Wahl des Bohrwerkzeugs, der Schnittgeschwindigkeit und des Vorschubs liegt dabei am Benutzer.

# 3. Festlegung der Risikoprioritätszahl

In dem folgenden Kapitel wird die Einordnung der Risikoprioritätszahl (RPZ) festgelegt. Dies erfolgt in tabellarischer Form. Die Risikoprioritätszahl ist ein Maß zum Bewerten des Risikos und besonders nützlich, um Aufgaben zu priorisieren. Sie ist Produkt aus Auftretenswahrscheinlichkeit, Bedeutung und Entdeckungswahrscheinlichkeit. Diese wurden nach folgender Tabelle ermittelt:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Auftretenswahrscheinlichkeit [A]** | **Bedeutung**  **[B]** | **Entdeckungswahrscheinlichkeit [E]** |
| **1** | **1** | **1-2** |
| - nahezu auszuschließen  - Wahrscheinlichkeit  ca. 1:20.000 | - keine Auswirkungen auf den  Prozess  - Kunde bemerkt nichts | - zwangsläufige Entdeckung in  bei folgenden Prozessschritten |
| **2** | **2-3** | **3-4** |
| - unwahrscheinlich  - Wahrscheinlichkeit  ca. 1:5.000 | - unbedeutend  - Kunde wird nur geringfügig  gestört | - hohe Wahrscheinlichkeit der  Entdeckung in den folgenden  Prozessschritten |
| **3** | **4-6** | **5-6** |
| - gering  - Wahrscheinlichkeit  ca. 1:1.000 | - Störungen im Prozess  - Probleme bei einigen Kunden | - Entdeckung nur im Rahmen  einer gezielten Prüfung |
| **4-6** | **7-8** | **7-8** |
| - gelegentliches Auftreten  - Wahrscheinlichkeit  ca. 1:500 – 1:100 | - eingeschränkte Dienstleistung  - Kunden sind verärgert | - keine Entdeckung vor dem  Zugang beim Kunden  - Kunde wird Fehler  wahrscheinlich entdecken |
| **7-8** | **9-10** | **9** |
| - häufiges Auftreten  - Wahrscheinlichkeit  ca. 1:50 – 1:20 | - Verletzung von Vorschriften  - finanzielle Schäden in der  Organisation oder beim Kunden | - sachverständiger Kunde wird  Fehler entdecken |
| **9-10** | **10** |
| - ständiges Auftreten  - Wahrscheinlichkeit  ca. 1:10 – 1:5 | - Entdeckung nicht sofort  möglich, erst im Laufe der Zeit |

Tabelle 1: Auftretenswahrscheinlichkeit, Bedeutung und Entdeckungswahrscheinlichkeit

Daraus folgend liegt der Wertebereich zwischen 1 und 1000. Die Tabelle ordnet RPZ-Werten eine Fehlerrisikostufe zu und legt fest, ob und in welchem Maß Handlungsbedarf besteht. Wir haben uns für die folgende Tabelle entschieden:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| RPZ | Fehlerrisiko | Handlungsbedarf | Maßnahmen |
| 100 ≤ RPZ ≤ 1.000 | hoch | dringender Handlungsbedarf | müssen formuliert und umgesetzt werden |
| 50 ≤ RPZ ≤ 100 | mittel | Handlungsbedarf | sollten formuliert und umgesetzt werden |
| 2 ≤ RPZ ≤ 50 | akzeptabel | kein zwingender Handlungsbedarf | können formuliert und umgesetzt werden |
| RPZ = 1 | keines | kein Handlungsbedarf | keine |

Tabelle 2: RPZ

Dies ist die Standardtabelle, wie sie im Organisationshandbuch des BMI zu finden ist. Es wurde entschieden keine Änderungen festzulegen. Die beschriebene Maschine ist eine handelsübliche Bohrmaschine. Außerdem ist dies eine allgemeine Einstufung einer Ständerbohrmaschine, es werden also keine Sonderfälle betrachtet. Dies ist kein besonders gefährliches Gerät. Darüber hinaus ist die Maschine in keinem kritischen Prozess involviert oder die „Engstelle“ eines Prozesses.

Somit ist festgelegt, dass wir RPZ-Werte bis 50 als akzeptabel einordnen. Bei Werten, die darüber liegen besteht Handlungsbedarf. Maßnahmen sollten oder müssen formuliert werden.

# 4. Fehler Möglichkeits- und Einfluss-Analyse

## 4.1 Produkt-FMEA

Bei dieser FMEA handelt es sich um eine System-FMEA Produkt. Es wird die Einzelanschaffung eines fertigen Produktes betrachtet.

Im Folgenden wird die Herleitung der FMEA beschrieben. Im Erstellungsprozess wurden zuerst alle Fehlerarten zusammengetragen und kategorisiert. Es gibt die Kategorien Elektronik und Mechanik. Die Kategorie Elektronik ist nochmals unterteilt in Bedienelemente (Elektronik 1) und die restliche Elektronik (Elektronik 2).

Nachdem die Fehlerarten aufgeschrieben waren, wurde die Analyse dieser durchgeführt. Dabei wurden Fehlerauswirkungen, Fehlerursachen und Kontrollmaßnahmen dokumentiert. Darauffolgend wurden die normierten Wahrscheinlichkeiten des Auftretens und der Entdeckung analysiert. Bevor der RPZ-Wert berechnet werden konnte, musste die Bedeutung des Fehlers festgelegt werden.

Das entstehende Ergebnis zeigte, in einigen Punkten Maßnahmen erforderlich waren. Diese haben wir im Anschluss ergriffen. Auch bei Fehlerarten, welche im akzeptablen Bereich lagen, wurden teilweise Maßnahmen ergriffen. Wir haben dies gemacht, wenn es sich um einfache Maßnahmen handelte, welche das Risiko jedoch trotzdem minderten.

### 4.1.1 Elektronik



Tabelle 3: Elektronik (1)



Tabelle 4: Elektronik (2)

Der Prozess der Einstufung für die FMEA Werte soll im folgenden Beispiel des Körperschlusses näher erklärt werden. Der Körperschluss ist nach der ersten Berechnung der RPZ das kritischste Ereignis.

Auftretenswahrscheinlichkeit: Ein Körperschluss tritt auf wenn eine blanke Leitung mit dem Gehäuse oder anderen leitfähigen Teilen in Kontakt gerät. Bei der Ständerbohrmaschine sind alle Leitungen fest verlegt und bewegen sich während des Betriebs nicht mit den beweglichen Teilen mit. Dennoch vibriert die Maschine im angeschalteten Zustand ständig und bei falscher Verwendung auch stärker. Diese Vibrationen können zur Beschädigung der Isolation oder dem Einklemmen einer Leitung führen. Aufgrund der trotzdem recht geringen gemeldeten Fehlerzahl ordnen wir den Wert 3 zu.

Bedeutung: Es handelt sich hierbei um einen äußerst schweren Fehler, da das Leben der an der Maschine arbeitenden Person gefährdet wird. Auch Ersthelfer werden hierdurch gefährdetet. Wir ordnen der Bedeutung deshalb eine 10 zu.

Entdeckungswahrscheinlichkeit: Die Prüfung der Maschine auf Körperschluss wird in der ersten Festlegung der Kontrollmaßnahme nur bei der Inbetriebnahme durchgeführt. Da dieser Fehler nicht mit bloßem Auge zu entdecken ist, ist es unwahrscheinlich den Fehler zu erkennen. Wir vergeben deshalb den Wert 10.

So kommt man auf eine RPZ von 300. Es müssen folglich Maßnahmen formuliert und umgesetzt werden.

Maßnahmen: Einbau eines RCDs, weil dieses bei Köperschluss die Versorgung in unter 0,4 Sekunden unterbricht und tödliche Folgen verhindert werden. Dadurch wird ein Körperschluss immer entdeckt, solange das RCD funktionsfähig ist und somit konnten wir diesen Wert auf 2 senken. Die Zweite Maßnahme ist die regelmäßige Prüfung nach DIN VDE 0100, sodass eingeklemmte, blanke oder beschädigte Leitungen auffallen, bevor die Maschine bedient wird. Dadurch kann die weithin auch die Auftretenswahrscheinlichkeit noch stärker verringert werden, sodass wir diesen Wert ebenfalls auf 2 verringern konnten.

Darauffolgend konnte eine neue Einstufung durchgeführt werden. Die Maßnahmen senkten die Wahrscheinlichkeiten. Die neue RPZ beträgt 40. Somit ist man in dem akzeptablen Bereich und es müssen keine weiteren Maßnahmen getroffen werden.

### 4.1.2 Mechanik



Tabelle 5: Mechanik

## 4.2 Prozess-FMEA

Diese FMEA beschreibt die System-FMEA Prozess. Dabei werden Risiken während des Betriebs analysiert. Auch hier wurden zuerst alle Fehlerarten zusammengetragen und dann kategorisiert. Es wurden der Prozess des Bohrens eines Durchgangsloch und Verletzungen bei der Bedienung betrachtet.

### 4.2.1 Bohren eines Durchgangslochs



Tabelle 6: Durchgangsloch bohren

### 4.2.2 Verletzungen bei Bedienung



Tabelle 7: Verletzung bei Bedienung

# 5. Fehlerbaumanalyse

## 5.1 Top Event: Stromschlag bei Berührung

Diagram

Description automatically generated

Abbildung 1: Top Event: Stromschlag bei Berührung

## Diagram Description automatically generated5.2 Top Event: Maschine nicht funktionsfähig

Abbildung 2: Top Event: Maschine nicht funktionsfähig

### Diagram Description automatically generated5.2.1 Event: Leistungselektronik defekt

Abbildung 3: Event: Leistungselektronik defekt

### Diagram Description automatically generated5.2.2 Event: Steuerelektronik defekt

Abbildung 4: Event: Steuerelektronik defekt

### Diagram Description automatically generated5.2.3 Event: Mechanik nicht funktionsfähig

Abbildung 5: Event: Mechanik nicht funktionsfähig

# 6. Fazit

Blablabla

# Abbildungsverzeichnis

# Tabellenverzeichnis

# Quellenverzeichnis

**Arbeitsrechte.de**: Arbeitsstättenverordnung: Temperatur in Arbeitsräumen, https://www.arbeitsrechte.de/arbeitsstaettenverordnung-temperatur/ [zuletzt aufgerufen: 02.01.2023]

**BMI:** Organisationshandbuch, https://www.orghandbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6\_MethodenTechniken/63\_Analysetechniken/633\_FehlermoeglichkeitUndEinflussanalyse/fehlermoeglichkeitundeinflussanalyse\_inhalt.html [zuletzt aufgerufen: 03.01.2023]