

Hochschule Merseburg

Fachhochschule

Fachbereich Ingenieur- Naturwissenschaften



Bachelorarbeit zum Thema:

Entwicklung und Umsetzung eines Produktionskonzeptes unter wirtschaftlichen und ökonomischen Gesichtspunkten für die Fertigung eines Bauteils unter Verwendung einer Dreh-Fräs-Einheit.

Zur Erlangung des Grades Bachelor of Engineering (B. Eng.)

Vorgelegt von:

Anschrift: Martin Hinsche

██████████

████████████████████

██████████

████████████████████████████████████████

Matrikelnummer: 22369

Fachsemester: 7

Studiengang: Ingenieurpädagogik

Abgabe: 29/04/2019

Erstgutachter: Prof. Dr. –Ing. Rolf Kademann

Zweitgutachter: Dipl. –Ing. (FH) Thomas Kirchofer

# Hochschule Merseburg

Fachbereich Ingenieur- und Naturwissenschaften

## Aufgabenstellung für die Bachelorarbeit von Herrn Martin Hinsche (BINGP15)

**Thema:** Entwicklung und Umsetzung eines Produktionskonzeptes unter wirtschaftlichen und ökonomischen Gesichtspunkten für die Fertigung eines Bauteils unter Verwendung einer Dreh-FräS-Einheit.

**Betreuer:** Prof. Dr. –Ing. Rolf Kademann,  
Hochschule Merseburg, Fachbereich INW  
Dipl. –Ing. (FH) Thomas Kirchhofer,  
Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

**Aufgabenstellung:** Aufgrund der Vielzahl an Fertigungsprozessen und spezieller Kundenanforderungen ist heutzutage eine wirtschaftliche und ökonomische Arbeitsweise von Nöten. Bei der Betrachtung zur Herstellung einer Vielzahl von identischen Bauteilen ist dies besonders wichtig.

Im Rahmen der Bachelorarbeit gilt es die Frage zu klären, inwiefern der Einsatz von modernen Fertigungsstrecken mit besonderem Augenmerk auf das Dreh-FräS-Zentrum gegenüber einer konventionellen Fertigung zur Herstellung eines kundenspezifischen Bauteils bevorzugt zu behandeln ist.

### Hinweise zur Lösung der Aufgabenstellung

1. Erstellung der zu Bewertenden Kriterien
2. Durchführung einer Produktionskostenanalyse hinsichtlich der Bauteilanforderungen
3. Bewertung des Fertigungsprozesses anhand der gewählten Kriterien
4. Darstellung der Lösung und Dokumentation des Produktionskonzeptes

**Anzahl der Exemplare:** 2 (zuzügliche 1 Exemplare in digitaler Form)

Prof. Dr. A. Spillner

Prof. Dr. –Ing. R. Kademann

Vorsitzender des  
Prüfungsausschusses  
Studiengangs BINGP

Themenstellender Hochschullehrer

## **Vorwort**

Vor Ihnen liegt die Bachelorarbeit zur Entwicklung und Umsetzung einer Produktion unter Betrachtung von wirtschaftlichen und ökonomischen Gesichtspunkten für die Fertigung eines kundenspezifischen Bauteiles und Verwendung eines Dreh-Fräs-Zentrums. Die Forschung für diese Bachelorarbeit wurde anhand einer umfassenden Literaturrecherche durchgeführt, um verschiedenste Kernkriterien der Fertigung zu untersuchen und vergleichbar darzustellen.

Diese Bachelorarbeit habe ich als Abschlussarbeit meines Studiums der Ingenieurpädagogik an der Hochschule Merseburg verfasst. Ziel war es die Produktion eines Bauteils unter Verwendung eines Dreh-Fräs-Zentrums zu entwickeln und dabei wirtschaftliche und ökonomische Aspekte einfließen zu lassen. Von Anfang Februar 2019 bis Ende April 2019 beschäftigte ich mich intensiv mit der Forschung und dem Schreiben meiner Bachelorarbeit.

Zusammen mit meinem Betreuer, Prof. Dr. -Ing. Rolf Kademann, und Mitkommilitonen, Sascha Müller, habe ich die Fragestellung für diese Bachelorarbeit entwickelt. Durch die Fachkenntnisse von Prof. Kademann im Bereich der Fertigungstechniken, konnte er mir wertvolle Einblicke in die Thematik verschaffen. Während der Bearbeitungszeit waren mein Betreuer, Prof. Kademann und Mitkommilitone, Sascha Müller stets an meiner Seite. Sie beantworteten meine Fragen und gaben wertvollen Anregungen für die methodische Herangehensweise zur Bearbeitung der Fragestellung

Diesbezüglich möchte ich meinen Begleitern für ihre gute Anleitung und ihre Unterstützung während dieser Zeit danken.

Martin Hinsche

Merseburg, 25. Februar 2019

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| Vorwort.....                                                         | III       |
| Abkürzungsverzeichnis .....                                          | VI        |
| <b>1. Einführung .....</b>                                           | <b>7</b>  |
| <b>1.1 Betrachtung und Definition der Aufgabenstellung .....</b>     | <b>8</b>  |
| <b>2. Trennen.....</b>                                               | <b>10</b> |
| <b>2.1 Allgemeines .....</b>                                         | <b>10</b> |
| <b>3. Spanende Fertigung .....</b>                                   | <b>11</b> |
| <b>3.1 Werkzeugschneide .....</b>                                    | <b>11</b> |
| <b>3.2 Geometrie am Schneidkeil.....</b>                             | <b>11</b> |
| <b>3.3 Anforderungen an Schneidkeil.....</b>                         | <b>12</b> |
| <b>3.4 Auswahl des Schneidstoffes .....</b>                          | <b>13</b> |
| <b>3.4.1 Allgemeines.....</b>                                        | <b>13</b> |
| <b>3.4.2 Arten des Schneidstoffes .....</b>                          | <b>13</b> |
| <b>4. Bearbeitungsverfahren mit rotatorischer Hauptbewegung.....</b> | <b>15</b> |
| <b>4.1 Drehen .....</b>                                              | <b>15</b> |
| <b>4.1.1 Allgemeines.....</b>                                        | <b>15</b> |
| <b>4.1.2 Verfahrensvarianten des Drehens .....</b>                   | <b>17</b> |
| <b>4.1.2.1 Runddrehen .....</b>                                      | <b>17</b> |
| <b>4.1.2.2 Plandrehen .....</b>                                      | <b>18</b> |
| <b>4.1.2.3 Schraubdrehen.....</b>                                    | <b>19</b> |
| <b>4.1.2.3.1 Gewindearten .....</b>                                  | <b>20</b> |
| <b>4.2 Fräsen.....</b>                                               | <b>22</b> |
| <b>4.2.1 Allgemeines.....</b>                                        | <b>22</b> |
| <b>4.2.2 Einteilung der Fräsverfahren .....</b>                      | <b>22</b> |
| <b>4.2.2.1 Stirnfräsen .....</b>                                     | <b>24</b> |
| <b>4.2.2.2 Umfangsfräsen .....</b>                                   | <b>25</b> |
| <b>4.3 Bohren .....</b>                                              | <b>26</b> |
| <b>4.3.1 Allgemeines.....</b>                                        | <b>26</b> |
| <b>5.1 Geometrie.....</b>                                            | <b>29</b> |
| <b>5.2 Werkstoffauswahl.....</b>                                     | <b>30</b> |
| <b>5.2.1 Eigenschaften von Nichteisenmetallen .....</b>              | <b>33</b> |
| <b>5.3 Wahl des Rohlings .....</b>                                   | <b>34</b> |
| <b>6. Werkzeugmaschinen und Bearbeitungszentren.....</b>             | <b>37</b> |
| <b>6.1 Drehmaschine .....</b>                                        | <b>39</b> |
| <b>6.2 Fräsmaschine .....</b>                                        | <b>43</b> |
| <b>7. Reihenfolge der Bearbeitungsschritte.....</b>                  | <b>46</b> |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| <b>8. Berechnung zur Herstellung eines Bauteils</b> ..... | 47 |
| <b>8.1 Hauptzeiten</b> .....                              | 47 |
| <b>8.1.1 Herstellung der Gewinde</b> .....                | 48 |
| <b>8.1.2 Fräsbearbeitung</b> .....                        | 50 |
| <b>8.1.3 Drehbearbeitung</b> .....                        | 53 |
| <b>8.2 Betriebsmittelrüstgrundzeiten</b> .....            | 56 |
| <b>9. Zusammenfassung</b> .....                           | 57 |
| <b>Quellenverzeichnis</b> .....                           | 60 |
| <b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> .....          | 62 |
| <b>Anhang</b> .....                                       | 64 |

## Abkürzungsverzeichnis

|             |                                                |
|-------------|------------------------------------------------|
| AlCuMg      | Aluminium-Kupfer-Magnesium                     |
| DIN         | Deutsches Institut für Normung                 |
| DM          | Deutsche Mark                                  |
| ebd.        | ebenda                                         |
| engl.       | Englisch                                       |
| HSS         | High Speed Steel                               |
| ISO         | International Organization for Standardization |
| Jh.         | Jahrhundert                                    |
| LH          | Left Hand                                      |
| Mrd.        | Milliarde                                      |
| NC-Gewinde  | National Coarse Thread Series                  |
| NC-Maschine | numerical control                              |
| NE-Metall   | Nichteisenmetall                               |
| UNC-Gewinde | Unified Coarse Thread Series                   |
| v. Chr.     | vor Christus                                   |
| vgl.        | vergleiche                                     |
| z.B.        | zum Beispiel                                   |

## 1. Einführung

Schon in den frühen Anfängen der Menschheit konnten Steinwerkzeuge mit bewusst hergestellter Arbeitskante durch Veränderung der Schneidengeometrie an die unterschiedlichsten Bearbeitungsaufgaben angepasst werden. Einen großen Einschnitt in die Entwicklungsgeschichte der Werkstoff- und Fertigungstechnik nannten Klocke & König (2008) die Erfindung der Gewinnung von Metallen wie Kupfer, Zinn und Eisen.<sup>1</sup>

Ungefähr 700 v. Chr. wurde größtenteils Eisen als Hauptbestandteil der Werkzeugproduktion eingesetzt. Von 1601 bis 1700 kam es durch ständige Verbesserungen der Eisenverhüttung zu der bevorzugten Verwendung von Eisen und Stahl als Konstruktionswerkstoff gegenüber dem damals dominierenden Werkstoff Holz. Durch das starke Wachstum der Textilindustrie und dem technologischen Wandel, der mit der Erfindung der Dampfmaschine einherging, setzten ab Beginn des 19. Jh. verstärkt die fertigungstechnischen Untersuchungen ein. Diese frühen systematischen Untersuchungen führten erstmalig zu den spanenden Fertigungsverfahren und initiierten ein neues Forschungsgebiet, die Zerspanungslehre.<sup>2</sup>

Die daraufhin folgenden Untersuchungen führten bis zum Anfang der 1900er zur Entdeckung und Entwicklung neuer Schneidstoffe.

Dem Amerikaner F.W. TAYLOR gelang um die Jahrhundertwende ein bedeutender Beitrag im Bereich der fertigungstechnischen Entwicklung. Auf Taylor geht die Entstehung des Schnellarbeitsstahls im engl. Highspeedsteel (HSS) zurück. Die daraus entstandenen gesinterten Hartmetalle und die Schneidstoffe auf oxidkeramischer Basis sind eine kleine Auswahl, welche zu den

---

<sup>1</sup> vgl. Klocke & König 2008: 1

<sup>2</sup> vgl. Klocke & König 2008: 1-2

weiteren Entwicklungen einer intensiven Forschung im Schneidstoffsektor zählen. Noch heute wird mit großem Interesse an der Verbesserung im Schneidstoffsektor der Fertigungstechnik gearbeitet, um die steigenden Anforderungen an die Werkstückqualität und die Wirtschaftlichkeit des Bearbeitungsprozesses zu erfüllen. Um dieses zu gewährleisten ist eine optimale Auslegung des Fertigungsprozesses sowie aller am Zerspanprozess wirkenden Größen wie Schnittbedingungen, Werkstoff, eventuelle Hilfsstoffe und die für die charakteristische Werkstückfertigung benötigte Schneidteilgeometrie notwendig.<sup>3</sup>

Bis heute bildet der Schnittvorgang selbst den Kernpunkt des Zerspanprozesses. Um diesen verstehen zu können, ist ein kurzer Überblick auf die Grundlagen der Fertigungsverfahren und deren unterschiedlichen Spezifikationen erforderlich. Grundlegend lassen sich die Fertigungsverfahren in fünf Verfahrensgruppen mit jeweils ähnlichen Wirkprinzipien aufteilen. Man unterscheidet in Verfahren mit geometrisch bestimmter und unbestimmter Schneide, in Abtragen und Generieren, dem Massivumformen und dem der Blechbearbeitung.<sup>4</sup>

In dieser Bachelorarbeit wird aufgrund der Bauteilgeometrie und der Anforderungen die an die Fertigung des Werkstückes gestellt werden, ausschließlich die Bearbeitung mittels geometrisch bestimmter Schneide betrachtet. Die übrigen Fertigungsverfahren werden dabei nur beiläufig erwähnt.

## **1.1 Betrachtung und Definition der Aufgabenstellung**

Hydranten dienen der Feuerwehr, im Falle eines Brandes, zum Anschluss der Feuerwehrschräuche und somit zur Feuerlöschung.

Jedoch sind solche Wasseranschlüsse nicht nur im Freien vorhanden, sondern auch in öffentlichen Gebäuden oder auch Industriehallen. Laut der Muster-Richtlinie

---

<sup>3</sup> vgl. Klocke & König 1997: 2

<sup>4</sup> vgl. Klocke & König 1997: 5

über den baulichen Brandschutz im Industriebau ist festgelegt, dass Betriebe über eine bestimmte Anzahl an Saugkupplungen verfügen, um bei einem Brand die Löschwasserversorgung sicherstellen zu können. Die Menge solcher Anschlüsse richtet sich nach der Größe des Betriebes. Diese Kupplungen, auch Storz genannt, gibt es in verschiedenen Größen und sind in Deutschland nach DIN 14301, 14303, 14321 oder 14323 genormt.

Im normalen Arbeitsalltag bleiben solche Anschlüsse, ohne Brandzwischenfälle, völlig ungenutzt. Es soll dem Betrieb ermöglichen werden die Leitungen auch im normalen Arbeitsalltag zu integrieren. Da jedoch handelsübliche Anschlüsse von Bewässerungsschläuchen nicht an die vorhandenen Saugkupplungen passen, soll ein Zwischenstück entwickelt werden, an welches solche Schläuche angebracht werden können. Hiermit nutzt der Betrieb schon vorhandene und vorgeschriebene Einrichtungen für seine eigene Herstellung und muss nicht zusätzlich Kosten für die Installation neuer Wasseranlagen ausgeben. Ein positiver Nebeneffekt wäre, dass an einen Adapter bis zu drei Schläuche angeschlossen werden können, um eine noch höhere Wirksamkeit zu erzielen. Damit wird zusätzlich ermöglicht, dass mehrere unterschiedliche Tätigkeiten über diesen Anschluss bewältigt werden können, wie Bewässerung von Grünflächen oder zum Kühlen.

Weiterhin soll auf die Produktion eines solchen Anschlussstückes eingegangen werden. Wichtig ist hierbei, dass dieses unter ökonomischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten hergestellt wird. Da es in der heutigen Zeit immer wichtiger wird eine hohe Stückzahl an Werkstücken in geringer Zeit und mit wenig Kosten herzustellen, muss versucht werden die bestmögliche Produktionsart zu finden.

Bauteile können auf verschiedene Weisen hergestellt werden, zum einen die konventionelle Herstellung und zum anderen die computergestützte Fertigung. Bei konventionellen Anfertigungen muss jedes Bauteil für sich einzeln und manuell bearbeitet werden, wobei die computergestützte Fertigung nach einmaliger Programmierung automatisiert über eine Maschine abläuft. Dahingehend sollen die verschiedenen Fertigungsarten betrachten werden.

## 2. Trennen

### 2.1 Allgemeines

Das Bearbeiten mit geometrisch bestimmter Schneide lässt sich klassisch dem Fertigungsprozess des Trennens zuordnen. Als Trennen bezeichnet man demnach ein Verfahren zur Änderung der Form eines Festkörpers. Der damit einhergehende örtliche Stoffzusammenhalt wird hierbei grundlegend aufgehoben. Trennen lässt sich strikt in sechs Gruppen unterteilen: dem Zerlegen nach DIN 8591, Spanen mit und ohne geometrisch bestimmter Schneide nach DIN 8589/ Teil 0, das Abtragen nach DIN 8590, Zerteilen nach DIN 8588 und dem Reinigen nach DIN 8592.

Die Verfahren Zerteilen und Spanen erfolgen unter mechanischer Einwirkung auf ein Werkstück mithilfe eines Werkzeugs. Das Trennen von ursprünglich gefügten Körpern, Entleeren oder Evakuieren von gasförmigen, flüssigen oder körnigen Stoffen aus Hohlkörpern werden dem Zerlegen zugeordnet. Beim Abtragen wiederum werden auf nicht-mechanischen Weg Stoffteilchen von festen Körpern entfernt. Beim Entfernen von Stoffen oder Stoffteilchen von einer Oberfläche eines Werkstückes spricht man vom sogenannten Reinigen.<sup>5</sup>

Zu den bekanntesten Verfahren des Trennens mit geometrisch bestimmter Schneide gehören das Drehen, Fräsen und Bohren. Bei diesen Verfahren werden durch Schneiden eines Werkzeuges Stoffteile, auch Späne genannt, von einem Rohteil mechanisch getrennt. Sie unterscheiden aber durch die Schnittbewegung (Schnittgeschwindigkeit  $v_c$ ), Vorschubbewegung (Vorschubgeschwindigkeit  $v_f$ ) und die daraus folgende Wirkbewegung (Wirkgeschwindigkeit  $v_e$ ). Im Gegensatz zum Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide sind in diesem Verfahren die Schneidenanzahl, Lage der Schneiden zum Werkstück und Form der Schneidkeile definiert.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> vgl. Grote & Feldhusen 2005: S39

<sup>6</sup> vgl. Grote & Feldhusen 2005: S39

### 3. Spanende Fertigung

#### 3.1 Werkzeugschneide

Wichtige Merkmale bei der Auswahl der Werkzeugschneide sind die Verschleißfestigkeit, welche der Schneidstoff gegenüber dem Werkstoff aufweist, auftretende Temperaturen und Kräfte während der Bearbeitung sowie die fertigungsbezogene Werkzeugschneidenform. Oft spricht man in der Fertigungsindustrie von so genannten Schneidkeilen. Der Schneidkeil beschreibt hierbei die Grundform aller Werkzeugschneiden.<sup>7</sup>

#### 3.2 Geometrie am Schneidkeil

Wie in Abbildung 1 dargestellt bildet sich aus Span- und Freifläche der sogenannte Schneidkeil, welcher in das weichere Werkstück eindringt. Der daraus resultierende Winkel wird als Keilwinkel  $\beta$  bezeichnet. Die Größe dieses Winkels richtet sich im Wesentlichen nach dem zu bearbeitenden Werkstück.

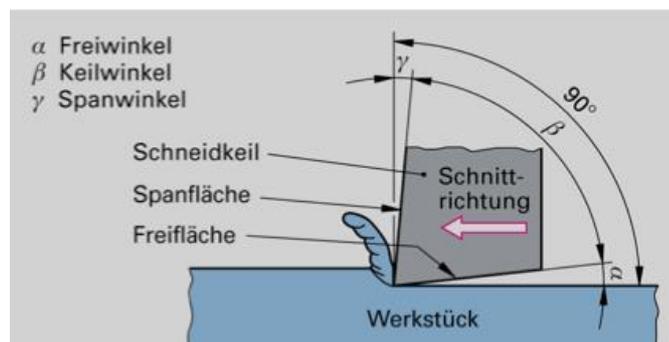


Abbildung 1 Flächen und Winkel am Schneidkeil

Je kleiner der Keilwinkel ausgebildet ist, umso leichter kann die Werkzeugschneide in das Material eindringen. Damit die Schneide, bei der

<sup>7</sup> vgl. Fachkunde Metall 2007: 112

Bearbeitung von Werkstoffen mit höherer Festigkeit, nicht ausbricht muss ein genügender Keilwinkel gewählt werden. Zwischen Spanfläche und einem senkrecht zur Bearbeitungsfläche gewählten Bezugspunkt liegt der Spanwinkel  $\gamma$ . Dieser Winkel wird vergleichsmäßig groß gewählt um die auftretenden Kräfte möglichst gering zu halten. Bei der Bearbeitung von härteren Werkstoffen, unterbrochenen Schnitten und spröden Schneidstoffen wird dieser wiederum möglichst klein gewählt oder sogar negativ ausgebildet. Als weiterer wichtiger Winkel ist der Freiwinkel  $\alpha$  näher zu betrachten, welcher sich zwischen der Freifläche und der zu bearbeitenden Fläche befindet. Dieser ist notwendig um die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück möglichst gering zu halten. Der bedeutendste Winkel von allen aufgeführten ist der Spanwinkel. Dieser beeinflusst maßgeblich die Spanbildung, Standzeit und Schnittkraft.<sup>8</sup>

### 3.3 Anforderungen an Schneidkeil

Um eine große Standzeit zu ermöglichen wird an die Schneide eine Vielzahl an Eigenschaften vorausgesetzt:

- eine große Wärmehärt sollte gegeben sein damit die Schneide bei hohen Bearbeitungstemperaturen eine genügend große Härte aufweist um in den Werkstoff einzudringen
- eine Große Verschleißfestigkeit gegenüber mechanischem Abrieb sowie chemische und physikalische Einwirkungen auf die Schneide
- eine Warmwechselbeständigkeit um bei sich rasch ändernden Wärmebedingungen während der Bearbeitung eine Rissbildung zu vermeiden
- eine hohe Dauerfestigkeit damit die Schneidkante nicht Ausbröckelt oder verformt
- eine ausreichende Zähigkeit und Biegefestigkeit gegenüber rapiden auftretenden Beanspruchungen

---

<sup>8</sup> vgl. Fachkunde Metall 2007: 112

### **3.4 Auswahl des Schneidstoffes**

#### **3.4.1 Allgemeines**

Die Auswahl eines geeigneten Schneidstoffes richtet sich nach der Wirtschaftlichkeit, dem zu zerspanenden Werkstoff und dem Fertigungsverfahren. Auch die Verschleißfestigkeit und Zähigkeit sind wichtige Eigenschaften nach dem ein Schneidstoff ausgewählt werden sollte.<sup>9</sup>

#### **3.4.2 Arten des Schneidstoffes**

Zu den gängigsten Schneidstoffen gehören Schnellarbeitsstahl (HSS), Hartmetall und Schneidkeramik. Der Schnellarbeitsstahl ist ein hochlegierter Werkzeugstahl, welcher aus den Hauptlegierungselemente Wolfram, Molybdän, Vanadium und Kobalt besteht. Dieser Schneidstoff hat im Gegensatz zu den zuvor genannten die größte Zähigkeit, dafür aber auch die geringste Härte. Die Schnittgeschwindigkeit und die Verschleißfestigkeit lassen sich hier durch die jeweiligen Beschichtungen verbessern. Wenn eine Reaktion zwischen Schneidstoff und Werkstoff vermieden werden soll und durch etwaige Spezifikationen eine hohe Wärmehärte verlangt wird hier die Schneidkeramik genutzt. Oxidkeramiken hingegen sind bei starken Temperaturwechseln gesondert zu betrachten, wodurch hier auch ohne Kühlschmierung zerspannt werden sollte. Oxidkeramiken bestehen meist aus Aluminiumoxid und werden hauptsächlich zum zerspanen von Gusseisen verwendet. Mischkeramiken besitzen hingegen eine bessere Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel. Hierbei wird das Aluminiumoxid mit Titancarbid versetzt. Für eine große Zähigkeit und Stabilität der Schneidkante versetzt man diese mit Siliziumnitrid. Siliziumnitride sind nicht oxidische Keramiken, diese ermöglichen mit Hilfe von Spiralbohrern Bohrungen in Grauguss mit einer hohen Schnittgeschwindigkeit herzustellen. Hartmetalle indessen bestehen aus

---

<sup>9</sup> vgl. Fachkunde Metall 2007: 113

Verbundwerkstoffen, welche durch Sintern aus pulverförmigen Grundstoffen hergestellt werden. Hierbei wird hartes Wolframkarbid mit dem weicheren Bindemittel Kobalt verbunden. Um die Verschleißfestigkeit auch bei hohen Temperaturen zu verbessern, helfen Anteile von Titan- und Tantalkarbid. Durch die Beteiligung der harten Metallkarbide im Hartmetall, welche in etwa zwischen 80 und 95 Prozent betragen, sind sie nahezu für die Bearbeitung aller Werkstoff geeignet. Je höher der Anteil der Metallkarbide umso höher ist auch die Verschleißfestigkeit. Ist die Beteiligung des Bindemittels höher, so führt dies unweigerlich zu einer hohen Zähigkeit. Auch mittels der Korngröße, die bis zu 10  $\mu\text{m}$  betragen kann, ist es möglich die Härte und die Zähigkeit des Hartmetalls zu beeinflussen. Bei einer Korngröße kleiner als 2,5  $\mu\text{m}$ , auch Feinkornhartmetall genannt, besitzt das Hartmetall eine große Kanten- und Verschleißfestigkeit. Diese werden für die Bearbeitung von gehärteten Werkstoffen eingesetzt. Durch das Beschichten verschiedener Hartstoffe können Hartmetalle verschleißfestere Eigenschaften zugeordnet werden, wodurch die Zähigkeit des Grundwerkstoffes erhalten bleibt. Durch diesen großen Vorteil werden unbeschichtete Hartmetalle weitestgehend vom Markt verdrängt. Hartmetalle werden allgemein in die Hauptgruppen *P*, *M* und *K* eingeteilt. *P* steht für langspanende Werkstoffe, wie beispielsweise Stahl und Temperguss. Je nachdem welcher Werkstoff zerspannt werden soll richtet sich auch die Auswahl der Hauptgruppe. *M* steht für lang- und kurzspanende Werkstoffe, wie rostfreier- und Automatenstahl. *K* hingegen umfasst die Gruppe der kurzspanenden Werkstoffe, wie z.B. Gusseisen, NE-Metalle und gehärtete Stähle. Eine weitere Unterteilung erfolgt mittels einer Anhängenzahl. Diese gibt eine Auskunft über die geeigneten Einsätze des Hartmetalls von Schrubb- bis Schlichtbearbeitung. Je geringer die Anhängenzahl, desto größer ist die Verschleißfestigkeit. Bei einer hohen Anhängenzahl ist die Zähigkeit groß und ist daher besser für Schrubbearbeitung geeignet. Abschließend ist zu betrachten, dass sich die genaue Auswahl über die

Hartmetallsorte nach dem zu spanenden Werkstoff, der Bearbeitung und der Sortenempfehlung der Hersteller richtet.<sup>10</sup>

## **4. Bearbeitungsverfahren mit rotatorischer Hauptbewegung**

Die spanabhebenden Verfahren mit geometrisch bestimmter Schneide lassen sich anhand der Art der Hauptbewegung klassifizieren. Man unterscheidet dabei in rotatorische und translatorische Hauptbewegungen. Um einen Exkurs über die einzelnen Verfahren zu geben werden nachstehend die Bearbeitungsverfahren Drehen, Fräsen und Bohren detaillierter betrachtet.

### **4.1 Drehen**

#### **4.1.1 Allgemeines**

Zu einem der bedeutendsten Verfahren der spanenden Formgebung gehört das Drehen. In den frühen 90er Jahren, zur Hochzeit der Industrialisierung, betrug der Produktionswert für das Jahr 1994 aller Drehmaschinen in Deutschland etwa 1,131 Mrd. DM. Damit nahmen die Drehmaschinen in der Gruppe der spanenden Werkzeugmaschinen umsatzmäßig den ersten Platz ein. Dieser Betrag überstieg den Produktionswert der Fräsmaschinen um etwa 0,241 Mrd. DM und den der Bohrmaschinen sogar um 0,971 Mrd. DM. Noch heute ist der Einsatz von Drehmaschinen unumgänglich und als Bearbeitungsverfahren nicht vom Markt zu verdrängen.<sup>11</sup>

Drehen, im engl. *turning*, ist nach DIN 8589 E T1 als Spanen mit einer meist geschlossenen, kreisförmigen Schnittbewegung und beliebiger Vorschubbewegung in einer zur Schnitttrichtung senkrechten Ebene definiert.

---

<sup>10</sup> vgl. Fachkunde Metall 2007: 114-115

<sup>11</sup> vgl. Klocke & König 1997: 325

Dabei behält die Drehachse der Schnittbewegung unabhängig von der Vorschubbewegung ihre Lage zum Werkstück.<sup>12</sup>

Wie in Abbildung 2 ersichtlich, unterscheidet man das Drehverfahren allgemein in Runddrehen, Plandrehen, Gewindedrehen, Stechdrehen, Profildrehen und Formdrehen, je nach Art ihrer zu erzeugenden Fläche.<sup>13</sup>

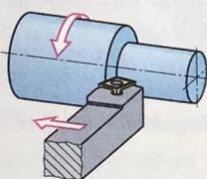
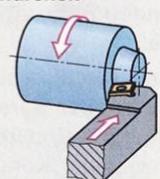
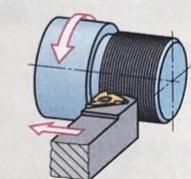
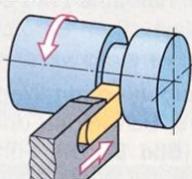
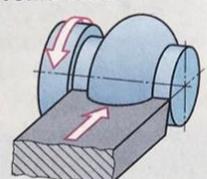
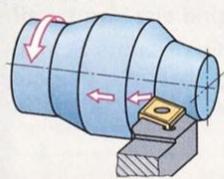
| Beispiel/Benennung                                                                                             | Kennzeichen/Einzelverfahren                                                                                                                 | Beispiel/Benennung                                                                                            | Kennzeichen/Einzelverfahren                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p><b>Runddrehen</b></p>     | <p>Beim Runddrehen wird eine zylindrische Fläche erzeugt: Längs-Runddrehen (Bild), Breitschichtdrehen und Quer-Runddrehen</p>               |  <p><b>Plandrehen</b></p>   | <p>Beim Plandrehen wird eine ebene Fläche senkrecht zur Drehachse des Werkstücks erzeugt: Quer-Plandrehen (Bild) und Quer-Abstechdrehen</p> |
|  <p><b>Gewindedrehen</b></p> | <p>Mit einem Profilwerkzeug werden schraubenförmige Flächen erzeugt: Gewindedrehen (Bild) und Gewindestrehen (mehrschneidiges Werkzeug)</p> |  <p><b>Stechdrehen</b></p> | <p>Das Stechdrehwerkzeug führt zur Erzeugung von Einstichen eine Vorschubbewegung quer (Bild) oder längs zur Drehachse aus</p>              |
|  <p><b>Profildrehen</b></p> | <p>Das Profil des Drehwerkzeuges bildet sich auf dem Werkstück ab: Längs-Profil-Drehen und Quer-Profil-Drehen (Bild)</p>                    |  <p><b>Formdrehen</b></p> | <p>Durch die Steuerung der Vorschubbewegung wird die Werkstückform erzeugt: NC-Formdrehen oder Kopierdrehen (Bild)</p>                      |

Abbildung 2 Unterteilung der Drehverfahren

Eine weitere Unterteilung erfolgt durch die Richtung der Vorschubbewegung quer oder längs zur Drehachse. Durch die Lage der Bearbeitungsstelle am Werkstück lassen sich die Drehverfahren in Außen- und Innendrehen klassifizieren. Beim Innendrehen wird durch die Form des Werkstücks die Werkzeugwahl eingeschränkt. Gegenüber dem Innendrehen ist beim Außendrehen genügend Spielraum für die außenliegenden Drehwerkzeuge. Diese können daher so gewählt

<sup>12</sup> vgl. Grote & Feldhusen 2005: S41

<sup>13</sup> vgl. Fachkunde Metall 2007: 134

werden, dass es durch die auftretenden Schnittkräfte nicht zu einer Verdrängung der Schneide kommt.<sup>14</sup>

Die in Abbildung 2 aufgeführten Drehverfahren sind teilweise einer untergeordneten Bedeutung zugehörig, weshalb in den folgenden Kapiteln nur auf die wichtigsten Verfahrensvarianten eingegangen.

## 4.1.2 Verfahrensvarianten des Drehens

### 4.1.2.1 Runddrehen

Kennzeichen des Runddrehens ist die Erzeugung einer koaxialen, kreiszylindrischen Fläche unmittelbar zur Drehachse des Werkstücks. Das Runddrehen findet bei der Bearbeitung von Kleinstteilen, z.B. in der Uhrenindustrie, bis hin zur Schwerzerspannung seine Anwendung. Die häufigsten Runddrehvarianten umfassen dabei das Längs-Runddrehen und das Schälldrehen. Hierbei ist das Längs-Runddrehen die am weitesten verbreitete Verfahrensvariante. An diesem Verfahren werden häufig zerspanungstechnische Phänomene beispielhaft erläutert. Als Schälldrehen bezeichnet man das Längs-Runddrehen mit mehreren auf einem Werkzeug angeordneten Hauptschneiden. Wie in Abbildung 3 zu erkennen, wird die Vorschubbewegung dabei vom Werkstück ausgeführt. Die Rotationsbewegung erfolgt Seitens des Werkzeugs.

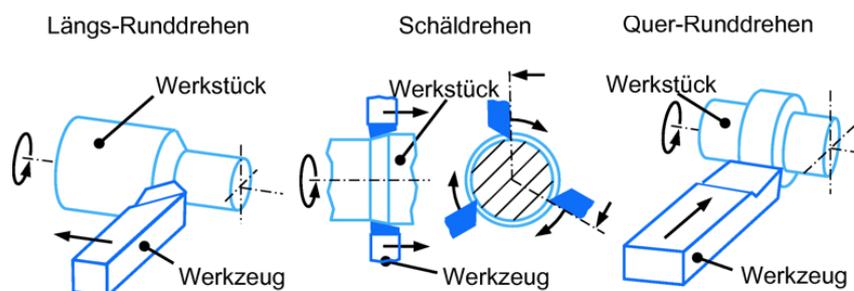


Abbildung 3 Varianten des Runddrehens

<sup>14</sup> vgl. Fachkunde Metall 2007: 134

Durch diese Anordnung wird ein hohes Zeitspannungsvolumen erreicht. Diese Verfahrensvariante wird überwiegend angewendet um Oberflächenrisse von Walz und Schmiederohlingen zu entfernen. Als Beispiel hierfür ist die Herstellung von Blankstahl zu nennen. Durch den Einsatz dieser Verfahrensvariante lassen sich die Oberflächengüte von Zwischenprodukten verbessern und unzulässige Formabweichungen können vermieden werden. In diesem Zusammenhang lassen sich Oberflächengüten von 2-10  $\mu\text{m}$  realisieren. Schlussendlich ist zu sagen, dass das Schälldrehen gegenüber dem Längs-Runddrehen ein höheres Maß an Produktivität mit sich bringt. Weiterhin reduziert sich aufgrund der hohen Oberflächengüte und Maßgenauigkeit die anschließenden Bearbeitungsvorgänge drastisch.<sup>15</sup>

#### 4.1.2.2 Plandrehen

Plandrehen ist das Drehen zum Erzeugen einer zur Drehachse des Werkstücks liegenden senkrechten, ebenen Fläche. Man unterscheidet unter anderem hierbei in das in Abbildung 4 dargestellte Quer-Plandrehen und das Quer-Abstechdrehen. Diese Verfahrensvarianten nach DIN 8589-1 dienen zum Abtrennen von Werkstückteilen oder des gesamten Werkstücks, wie es z.B. bei der Verwendung von Stangenmaterial zur Anwendung kommt.

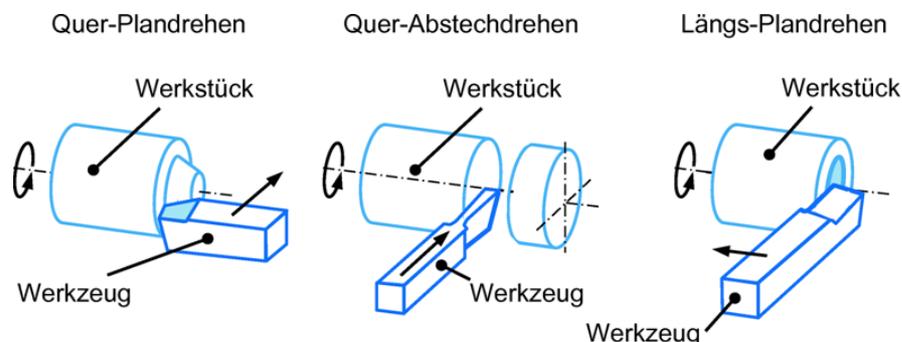


Abbildung 4 Varianten des Plandrehens

<sup>15</sup> vgl. Klocke & König 2008: 420-421

Der Schnittweg aller Quer-Plandrehvarianten liegt auf einer archimedischen Spirale. Bei den Längs-Plandrehvarianten liegt der Schnittweg hingegen auf einer wendelförmigen meist schraubenlinienartigen Kreisbahn. Plandrehaufgaben werden häufig auf Drehautomaten durchgeführt. Dies kommt insbesondere bei Kleinteilen, die von der Stange gefertigt werden müssen, vor. Beim Quer-Abstechdrehen sind die Werkzeuge schmal ausgeführt, um aus wirtschaftlicher Sicht den Materialverlust so gering wie möglich zu halten. Um ein Verklemmen des Werkzeugs zu vermeiden, werden die beiden Nebenschneiden so ausgelegt, dass sie sich zum Werkzeugschaft hin verjüngen. Durch die hohe auftretende Belastung, ausgehend von ihrer geometrischen Form, neigt das Werkzeug zum Schwingen was meist als Rattern am Werkzeug auftritt. Bei Plandrehvorgängen ist daher zu beachten, dass sich die Schnittgeschwindigkeit bei konstanter Drehzahl mit dem Werkzeugdurchmesser ändert.<sup>16</sup>

#### 4.1.2.3 Schraubdrehen

Als Schraubdrehen bezeichnet man das Drehen mit einem Profilwerkzeug zum Erzeugen von Schraubenflächen. Hierbei ist der Vorschub je Umdrehung gleich der Steigung der Schraube zu wählen. Unter diesen Oberbegriff lassen sich die Verfahrensvarianten Gewindedrehen, Gewindestrehlen und Gewindeschneiden nach DIN 8589-1 einordnen.

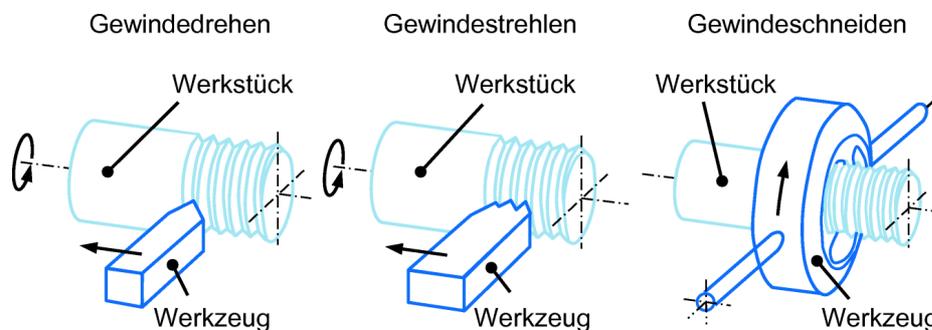


Abbildung 5 Varianten des Schraubdrehens

<sup>16</sup> vgl. Klocke & König 2008: 419-420

Wie in Abbildung 5 näher verdeutlicht, wird das Gewinde beim Gewindedrehen von nur einer profilierten Schneide gefertigt, bis die gewünschte Gewindetiefe erreicht ist. Ebenso wird verdeutlicht, dass die Gewindedrehwerkzeuge jeweils mit Teil- und Vollprofil dargestellt werden. Teilprofilwerkzeuge kommen bei bereits geforderten Außendurchmessern zum Einsatz, da bei diesen nur noch der Gewindegang geschnitten werden muss und keine äußere Bearbeitung von Nöten ist.

Vollprofilwerkzeuge hingegen werden so ausgeführt, dass die entsprechende Gewindetiefe direkt aus dem Werkstück geschnitten wird. Hierbei ist ein Vorbereiten des Ausgangswerkstücks nicht erforderlich.<sup>17</sup>

#### 4.1.2.3.1 Gewindearten

Nach der DIN 2244 sind die Begriffe am Gewinde, wie die Benennung des Durchmessers, Fläche, Winkel und Bolzen beschrieben. Um einen zylindrischen Kern winden sich die Gänge mit der Steigung  $P$  und dem Durchmesser  $d_k = d_3$ . Wird der Gang am Flankendurchmesser  $d_2$ , als mittleren Gewindedurchmesser abwickelt, ergibt sich ein Dreieck mit dem Steigungswinkel  $\alpha$ . Herkömmliche Befestigungsgewinde haben ein Profil mit einer dreieckigen Form mit einem Flankenwinkel  $\beta = 60^\circ$ .

Die Außendurchmesser von metrischen Gewinden sind in einer Reihe des metrischen Systems gestuft. Man teilt metrische ISO-Gewinde nach DIN 13 in drei Toleranzklassen ein: Gewinde, welche ein hohe Genauigkeit besitzen und bei welchen nur ein geringes Spiel auftreten darf in die Klasse „fein = f“, Gewinde für allgemeine Anwendungen in die Klasse „mittel = m“ und Gewinde ohne Anforderungen an Genauigkeit in die Klasse „grob = g“.

In DIN 13 werden weiterhin die Toleranzfelder und deren Abmaße für  $d$ ,  $d_2$ , und  $d_3$  angegeben. Man bezeichnet das Außengewinde auch als Bolzengewinde sowie ein Innengewinde auch als Mutterngewinde. Man unterscheidet weiterhin in

---

<sup>17</sup> vgl. Klocke & König 2008: 421-22

Regel- und Feingewinden. Regelgewinde haben eine größere Gewindetiefe  $h_3$  als Feingewinde und demzufolge auch eine größere Steigung  $P$ . Feingewinde eignen sich auf Rohren mit einer geringen Wandstärke, bei Schrauben mit einer geringen Länge, als Stellgewinde oder bei großen Tragfähigkeitsansprüchen. Die drei Auswahlreihen für Fein- und Regelgewinde sind ebenfalls in der DIN 13 festgehalten. Man zieht, wenn es möglich ist, das Regelgewinde dem Feingewinde vor. Auch soll die jeweils vorhergehende Reihe der Gewindegrößen der nachfolgenden Reihe bevorzugt werden, um die Zahl der Fertigungs- und Messwerkzeuge so gering wie möglich zu halten.

Rechtsgewinde sind die übliche Gewindeform und werden durch eine Rechtsdrehung angezogen. Für Sonderfälle kommen Linksgewinde in Betracht und sind in den englischsprachigen Ländern sehr verbreitet.

Robuste, unempfindliche Rundgewinde sind für Lampen- und Sicherungsfassungen geeignet. Auch für Verbindungen die häufig gelöst werden müssen oder der Witterung ausgesetzt sind, wie Armaturen und Wagonkupplung, kommen sie zum Einsatz.

Für Gas- und Wasserleitungen, Fittings und Gewindeflansche mit Zollabmessung finden heute noch die Withworth-Rohrgewinde, genormt nach DIN 2999, DIN 3858 und DIN ISO 228, ihre Anwendung. Diese sind mit kegligem Außengewinde und zylindrischen Innengewinde zum Dichthalten geeignet. Das Profil ähnelt dem metrischen ISO-Gewinde. Beispielsweise bedeutet DIN 2999-R 3/8, dass die Nennweite des Außengewindes 10 mm ( $\approx 3/8$ ) beträgt und es einen Außendurchmesser von 16,7 mm hat.

Ein Stahlpanzerrohrgewinde nach DIN 40430 kommt für Verschraubungen elektrischer Installationsrohre zum Einsatz.

Die DIN 202 enthält eine Übersicht der genormten Gewinde und deren Kurzbezeichnungen. Hierbei werden Linksgewinde mit LH gekennzeichnet.

Des Weiteren sollte auch die große Verbreitung von selten verwendeten Gewindetypen, wie zum Beispiel das des UNC-Gewindes, beachtet werden. Hierbei handelt es sich um ein amerikanisches Einheits-Grobgewinde. Vergleichbar ist es mit dem metrischen ISO Gewinde, deren alte Bezeichnungen

NC und UNC waren. Diese beiden Gewinde sind auswechselbar. Die Form, Größenabstufung und Toleranz sind für amerikanische Zoll-Gewinde spezifiziert (Unified Thread Standard). Hierin enthalten sind Unified Coarse, Unified Fine, Unified Extra Fine und Unified Special.

Zum Schluss seien noch die Trapez- und Sägegewinde erwähnt. Hierbei handelt es sich aber nicht um Befestigungsgewinde, sondern um Bewegungsgewinde.<sup>18</sup>

## **4.2 Fräsen**

### **4.2.1 Allgemeines**

Beim Fräsen, im engl. *milling*, wird die notwendige Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück durch eine kreisförmige Schnittbewegung des Werkzeugs und eine senkrecht oder schräg zur Drehachse des Werkzeugs verlaufende Vorschubbewegung erzielt. Im Vergleich zu anderen Fertigungsverfahren ist die Schneide nicht ständig im Eingriff. Man unterteilt die Fräsverfahren nach DIN 8589 anhand ihrer Merkmale zur Art der erzeugten Werkstückoberfläche, dem Profil des Fräswerkzeugs und nach der Kinematik des Zerspanvorgangs. Ein besonderer Vorteil der dem Fräsen zuzuschreiben ist, ist die Tatsache, dass nahezu beliebige Werkstückoberflächen erzeugt und bearbeitet werden können.<sup>19</sup>

### **4.2.2 Einteilung der Fräsverfahren**

Ein Kriterium zur Einteilung der Fräsverfahren besteht darin, welcher Schneidenteil die Werkzeugoberfläche erzeugt. Dabei unterscheidet man unter Stirnfräsen und Umfangsfräsen. Abbildung 6 zeigt die bildliche Gegenüberstellung von Stirn- und Umfangsfräsen.

---

<sup>18</sup> vgl. Decker 2007: 234-236

<sup>19</sup> vgl. Grote & Feldhusen 2005: S47

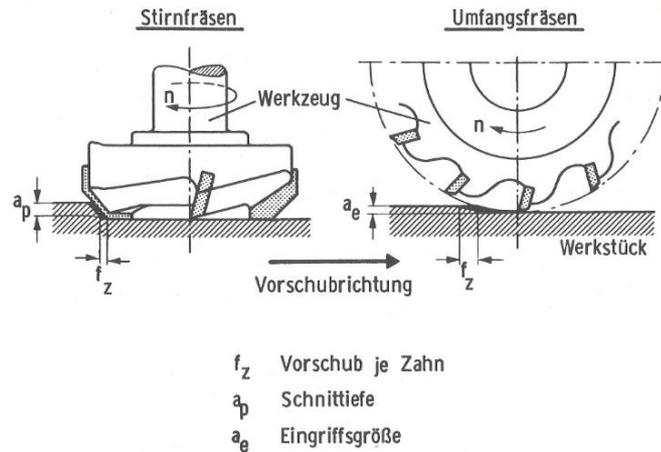


Abbildung 6 Gegenüberstellung Stirn- und Umfangsfräsen

Wird demnach die Werkstückoberfläche von der Stirnseite des Werkzeugs mit der Nebenschneide bearbeitet, spricht man hier vom Stirnfräsen. Wird wiederum die Werkstückoberfläche mit den Schneiden am Werkzeugumfang erzeugt, wird hier vom sogenannten Umfangsfräsen gesprochen. Je nach Vorschubrichtung und Werkzeugdrehrichtung unterscheidet man weiter in Gegenlauffräsen und Gleichlauffräsen, was in Abbildung 7 verdeutlicht gezeigt wird.

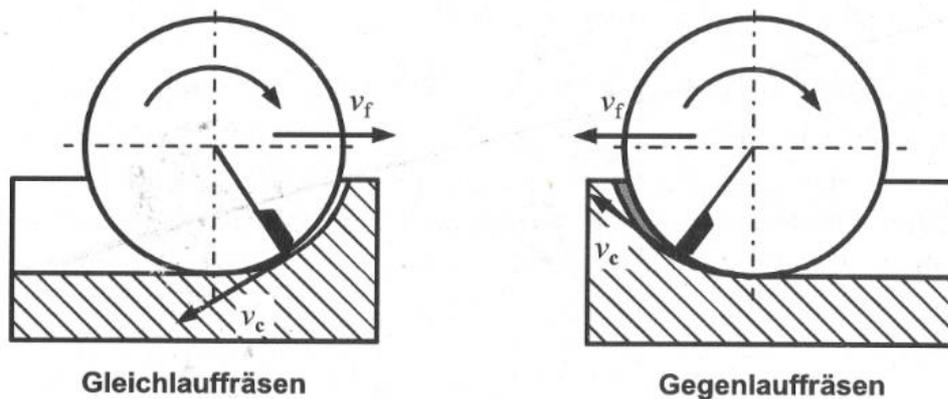


Abbildung 7 Gegenlauf- und Gleichlauffräsen

Beim Gegenlauffräsen sind Vorschub- und Schnittbewegung gegeneinander gerichtet, während beim Gleichlauffräsen Vorschub- und Schnittbewegung in dieselbe Richtung weisen. Betrachtet man die Lage des Fräasers zum Werkstück kann der Fräsprozess sowohl Anteile von Gegenlauf- und Gleichlauffräsen enthalten. Dies macht eine stringente Zuordnung nicht immer möglich.<sup>20</sup>

#### 4.2.2.1 Stirnfräsen

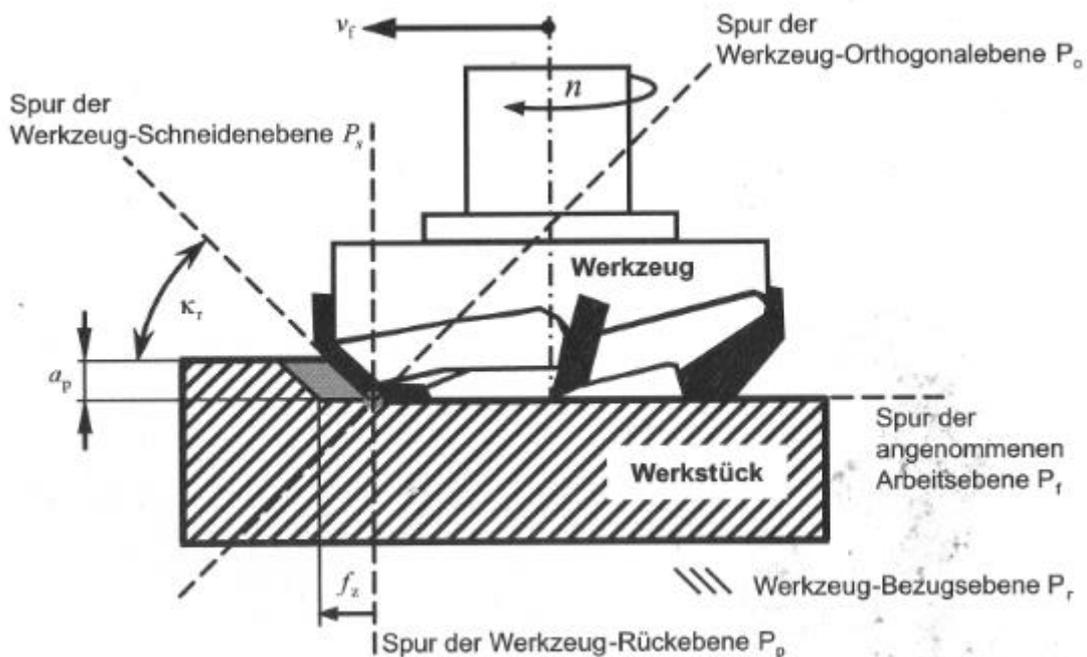


Abbildung 8 Kinematik beim Stirnfräsen

Beim Stirnfräsen ist die Eingriffsgröße  $a_e$ , wie in Abbildung 8 dargestellt, wesentlich größer als die Schnitttiefe  $a_p$ . Bei einem Einstellwinkel von  $\kappa_r = 90^\circ$  bezeichnet man diesen Vorgang als Eckfräsverfahren. Bei dieser Variante wird die Oberfläche sowohl mit der Nebenschneide, als auch mit der Hauptschneide erzeugt. Im Normalfall beträgt der Einstellwinkel beim Stirnfräsen  $45^\circ$  bis  $75^\circ$ . Er beeinflusst im starken Maß die Größe der Aktiv- und Passivkräfte und die damit einhergehende Stabilität beim Fräsprozess. Diese Stabilität ist insbesondere bei der

<sup>20</sup> vgl. Klocke & König 1997: 426-430

Bearbeitung dünnwandiger Teile von besonderer Bedeutung. Beim Stirnfräsen werden die Schnittbedingungen gegenüber dem Drehen in der Regel niedriger gewählt. Eine Begründung dafür ist, um die dynamische Belastung der Schneidstoffe gering zu halten und ein Werkzeugausbrechen zu vermeiden. Stirnfräsen samt Verfahrensvarianten werden sowohl zur Vorbearbeitung, als auch zur Endbearbeitung eingesetzt. Da bei Fräsen gegenüber dem Drehen mit höheren Werkzeugkosten und Werkzeugwechselzeiten gearbeitet wird, sind die wirtschaftlichen Standzeiten der Werkzeuge deutlich länger.<sup>21</sup>

#### 4.2.2.2 Umfangsfräsen

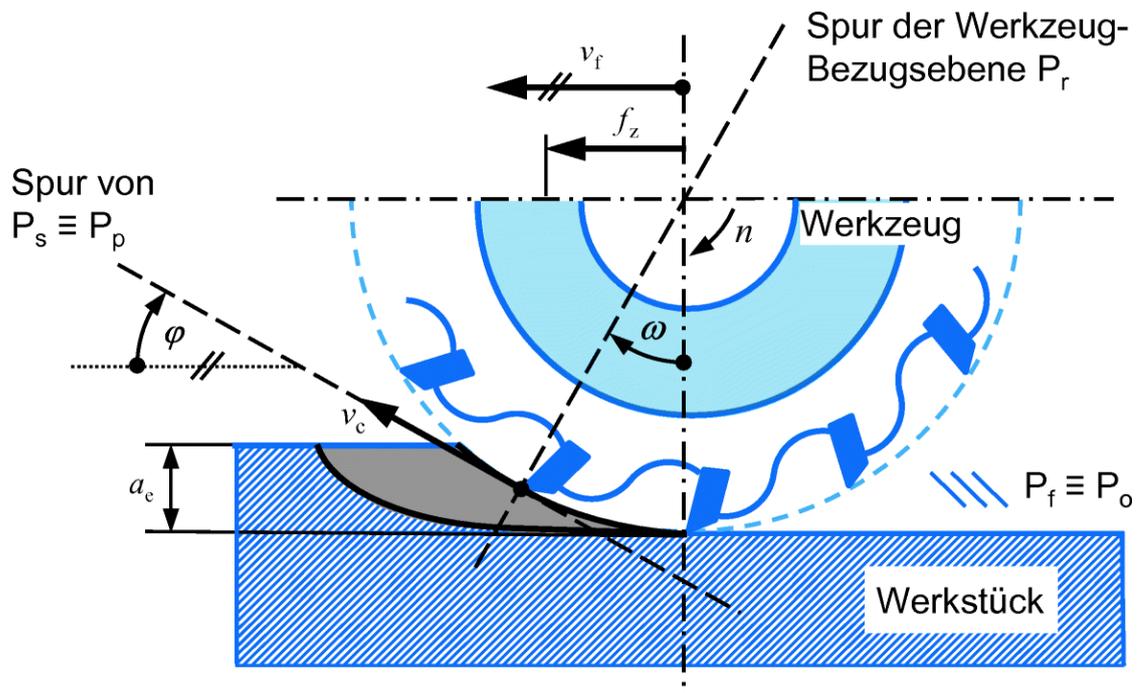


Abbildung 9 Kinematik beim Umfangsfräsen

Beim Umfangsfräsen ist, zum Vergleich zum Stirnfräsen, die Schnitttiefe  $a_p$  wesentlich größer als die Eingriffsgröße  $a_e$ , wie in Abbildung 9 zu sehen. Man unterscheidet, wie bereits erwähnt, hierbei in Gleichlauf-Umfräsen und Gegenlauf-Umfräsen. Beim Gleichlauf-Umfräsen wirkt die Schnittkraft

<sup>21</sup> vgl. Grote & Feldhusen 2005: S49 ff.

direkt auf das Werkstück, wohingegen sie beim Gegenlauf-Umfangsfräsen vom Werkstück weggerichtet ist. Labile Werkstücke, wie z.B. dünne Blechplatten, werden dabei von der Aufspannfläche abgehoben und ein Rattern somit begünstigt. Um Schwingungen und Stöße zu vermeiden, wird beim Gleichlauf-Umfangsfräsen auf eine spielfreie Tischvorschubantriebseinrichtung gesetzt. Während beim Gleichlauf-Umfangsfräsen der Anschnitt mit nahezu vollem Spanungsquerschnitt erfolgt, wird beim Gegenlauf-Umfangsfräsen der Spanungsquerschnitt langsam aufgebaut. Dabei kann es zu Quetschungen am Werkstoff kommen und zur Ausbildung einer schlechten Oberfläche.<sup>22</sup>

## **4.3 Bohren**

### **4.3.1 Allgemeines**

Mit Bohren, im engl. *drilling* genannt, werden spanende Verfahren mit einer rotatorischen Hauptbewegung bezeichnet. Die Werkzeuge beim Bohren erlauben nur eine Vorschubbewegung in Richtung der Drehachse. Die Abbildung 10 zeigt eine Auswahl der wesentlichen Verfahrensvarianten des Bohrens nach DIN 8589. Wichtige Besonderheiten, die bei der Bohrbearbeitung auftreten sind wie folgt:

- die abfallende Schnittgeschwindigkeit in der Bohrermitte,
- der erschwerte Abtransport der Späne,
- die ungünstige Verlagerung der Wärmeverteilung an der Schnittstelle,
- der erhöhte Verschleiß auf die Schneidenecke
- das Reiben der Führung an der Bohrungswand.

---

<sup>22</sup> vgl. Klocke & König 1997: 435-436

Eine Reihe verschiedener Zielsetzungen hinsichtlich Zerspanungsleistung, Bohrungstiefe, Maßgenauigkeit und der Oberflächengüte führten zur Entwicklung verschiedenster Bohrverfahren, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden.<sup>23</sup>

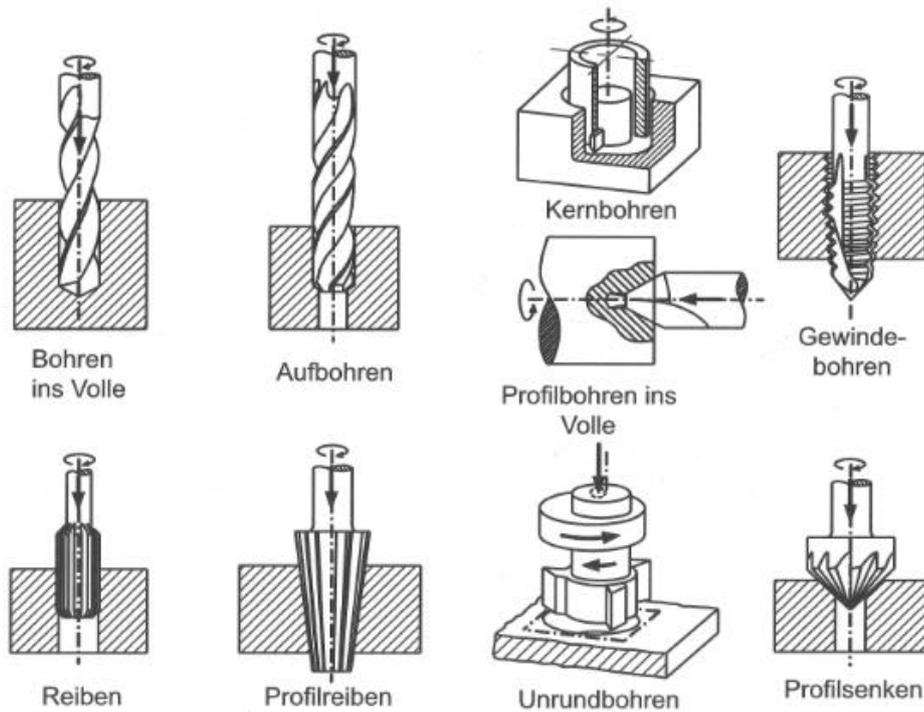


Abbildung 10 Verfahrensvarianten beim Bohren

## 5. Bauteilgestaltung

Die Gestaltung eines Bauteils geschieht unter Zuhilfenahme von drei Grundregeln. Zum einen sollte ein Bauelement immer eindeutig gestaltet werden. Das bedeutet, dass Wirkung und Verhalten zuverlässig vorausgesagt werden können, damit eine Zeitersparnis resultiert und aufwändige Untersuchungen vermieden werden können.

Zum zweiten, der Gesichtspunkt der Eindeutigkeit sollte für alle Eigenschaften des Produktes gelten. Darunter zählt, dass die Beschreibung der Funktion, die

<sup>23</sup> vgl. Klocke & König 2008: 452-453

Montage- und Demontagevorgänge sowie die Gebrauchseigenschaften eindeutig beschrieben sind. Ein weiterer Gesichtspunkt umfasst den der Einfachheit, welcher ebenfalls für alle Eigenschaften des Produktes gelten sollte. Dieser Punkt stellt meist eine wirtschaftliche Lösung dar, denn eine geringe Anzahl von Bauteilen und eine einfache geometrische Gestaltung stellt eine schnelle und einfache Fertigung sicher. Das heißt konkret, dass einfache geometrische Formen, wie Quadrate oder Zylinder, zu verwenden sind und somit eine Symmetrie ausgenutzt werden soll.

Auch die Bauteile sollen leicht zu identifizieren sein und der Montagevorgang selbst soll klar, schnell durchschaubar sein. Der letzte wichtige Gesichtspunkt ist der der Sicherheit. Dieser soll den Konstrukteur dazu zwingen sich mit der Haltbarkeit, Zuverlässigkeit, Unfallfreiheit und Umweltschutz auseinander zu setzen. Bauteile müssen für den Benutzer und die Umwelt sicher gestaltet sein, entsprechend folgende Maßnahmen sind nach DIN 31000 beschrieben. Durch geeignete konstruktive Maßnahmen sollten Gefahren möglichst ganz vermieden werden, ebenso sollten Schutzeinrichtungen und Schilder vor diesen schützen oder warnen. Bei Konstruktionen sollte möglichst auf die ersten beiden Punkte geachtet werden. Letzterer sollte möglichst nicht oder nur, wenn nicht anders umsetzbar, angewandt werden.

Weiterhin sollte bei der Herstellung nach Gestaltungsprinzipien vorgegangen werden. Hierbei wird darauf geachtet, dass das Produkt möglichst einen kleinen Raumbedarf hat, ein geringes Gewicht aufweist und günstig in der Handhabung ist. Diese Prinzipien können aber nicht zugleich in der technischen Lösung berücksichtigt werden. Es richtet sich hauptsächlich danach, welches der Prinzipie maßgebend für den Konstruktionsprozess ist. Zur Unterstützung der Einhaltung der Grundregeln und Prinzipien gibt es eine Reihe von Gestaltungsrichtlinien. Dabei handelt es sich zum großen Teil um korrosions- und verschleißgerechte, fertigungs- und montagegerechte, kosten- und normgerechte sowie gebrauch- und instandhaltungsgerechte Gestaltung.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> vgl. Conrad 2019: 245-263

## 5.1 Geometrie

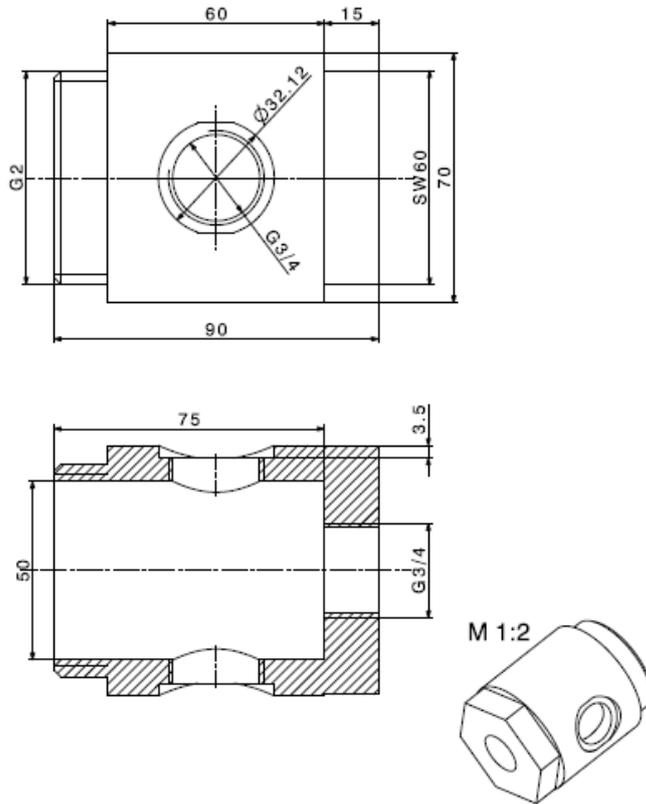


Abbildung 11 Adapter

Bevor ein Bauteil hergestellt wird, muss zuvor ein Plan erstellt werden, wie das Bauteil aussehen soll. Hierbei sind Überlegungen zu Abmaßen, Funktionen und möglicher Handhabung zu treffen.

Der in Abbildung 11 zu sehende Adapter, dient dazu handelsübliche Schläuche an Wasserversorgungsanlagen der Feuerwehr anzuschließen. Da dieser aber nicht direkt angeschlossen werden kann, wird ein Zwischenstück von einer externen Firma mitgeliefert. Aufgrund dieses Zwischenstücks wurde folgendes Bauteil entwickelt. Daraus ergibt sich ein Außengewinde des Adapters zum Einschrauben in das mitgelieferte Bauteil mit einer Größe von 2 Zoll und einer Länge von 15 mm, damit genügend Gewindegänge in das Zwischenstück eingreifen können. Somit ergibt sich ein Innendurchmesser von 50 mm. Diese Größe wurde so gewählt, damit das Wasser beim Einströmen vom Zwischenstück in den Adapter nicht zu stark verwirbelt wird und eine ausreichende Wandstärke zum Außengewinde vorliegt. Durch diese Bauweise wird ein regelmäßiger Durchfluss des Wassers und eine gute Stabilität des Anschlussstückes garantiert. Des Weiteren befinden sich im Adapter drei Anschlüsse, zwei an der Seite und einer an der Stirn des Bauteils. Diese haben jeweils ein  $\frac{3}{4}$  Zoll Gewinde, damit handelsübliche Wasserschläuche angeschlossen werden können. Da jedoch die Schläuche an den Seiten nicht dicht

sein würden, wenn man diese anschließt, wurden die Gewinde mit einer Senkung mit einer Tiefe von 3,5 mm in das Bauteil gefräst, um eine plane Fläche zu gewährleisten. Damit schließlich eine genügende Dichtfläche gegeben ist und mindestens drei Gewindegänge eingeschraubt werden können, muss das Gewinde ausreichend lang sein. Dadurch ergibt sich ein Außendurchmesser des Elementes von 70 mm. Um das Bauelement fest in das Zwischenstück einschrauben zu können, wurde eine Aufnahme für ein Maulschlüssel angebracht. Dieser wurde so bemessen, dass er den Maximaldurchmesser nicht überschreitet und sich somit eine Schlüsselweite von 60 mm ergibt. Um dem Maulschlüssel eine ausreichende Angriffsfläche zu bieten, wurde eine Höhe von 15 mm gewählt, damit ein ungewolltes Abrutschen vermieden werden kann. Somit ergibt sich für den  $\frac{3}{4}$  Zoll Anschluss an der Stirnseite eine ausreichende Gewindetiefe. Die Fläche an der Vorderseite ist plan, weshalb hier keine weitere Senkung für die Dichtfläche benötigt wird. Die Länge des innen liegenden Zylinders beträgt 75 mm, der mittlere Abschnitt des Bauteils misst 60 mm, dadurch ergibt sich aus allen genannten Längsmaßen eine Gesamtlänge von 90 mm.

## 5.2 Werkstoffauswahl

Heutzutage strömt eine Menge an Informationen von Werkstoffen auf den Konstrukteur ein. Fachzeitschriften spezieller und allgemeiner Natur sowie Bücher weisen dabei stets auf die Eigenschaftsmerkmale der Materialien hin, welche Aufschluss darüber geben, welcher Werkstoff sich am besten für das herzustellende Produkt eignet.

Besonders die Kombination von Werkstoffgruppen in Metallverbunden spielt hierbei eine große Rolle. Es wird geschätzt, dass dem Konstrukteur heute eine Auswahl von ca. 40.000 metallischen und ca. 40.000 nichtmetallischen Werkstoffen zur Verfügung stehen.

Dies hat Auswirkungen auf die Herstellung und den späteren Einsatz. Mit den konkreten Beanspruchungen und der Herstellung hat der Entscheidungsträger die Pflicht einen geeigneten Werkstoff auszuwählen. Die Eigenschaften von

Materialien sind Resultate von Mechanismen, die auf atomarer Ebene ablaufen. Diese unterscheiden sich, über das gesamte Werkstoffspektrum betrachtet, so stark, dass sie verschiedenste Merkmale aufweisen.

Ebenfalls wird ein Bauteil von zahlreichen äußeren Einflüssen beansprucht, wie Einflüsse des umgebenden Mediums, Temperatur, chemisch angreifende Stoffe und vor allem äußere angreifende Kräfte. Diese zusammen ergeben das spätere Anforderungsprofil an das Bauteil. Diese können zum einen die Festigkeitsbeanspruchung sein, wodurch innere Kräfte zu Verformungen oder eventuell zum Bruch führen können.

Auch die Korrosionsbeanspruchung ist zu beachten, bei der Reaktionen mit umgebenden Stoffen zu einer Rostbildung führen können und daraus ein Materialverlust resultiert.

Zu berücksichtigen ist weiterhin, dass die Verschleißbeanspruchung bei der Reibung zu Materialverlust an der Oberfläche führt.

Als letzter Punkt sei noch die thermische Beanspruchung erwähnt. Hier kommt es zur Abnahme der Festigkeit, Wärmeausdehnung bis hin zu Gefügeveränderungen bei hohen Temperaturen. Bei einigen Stoffen kommt es bei niedrigen Temperaturen zu einer Versprödung. Das Produkt muss diesen Anforderungen ohne Funktionsverlust widerstehen können.

Diese Eigenschaften ergeben zusammen das Eigenschaftsprofil des Werkstoffes im Bauteil, welches größer sein muss als das Anforderungsprofil an das Bauteil. Die Eigenschaften des Produktes werden mit physikalischen Größen beurteilt und mit genormten Prüfverfahren quantitativ ermittelt, somit hängen sie immer von den Prüfbedingungen ab. Beispielsweise wird die Streckgrenze mittels des Zugversuches ermittelt, welche die obere zulässige Belastungsspannung des Bauteils angibt. Prüfbedingungen können sein, dass die Probe einfach gestaltet ist und dass sie eine glatte Oberfläche hat, dass die Werkstoffbeschaffenheit überall gleich ist und das normale klimatische Verhältnisse vorherrschen. Am Rand und im Kern hat der Werkstoff im Bauteil oft unterschiedliche Eigenschaften, welche eventuell durch Fertigungsverfahren verändert werden können.

Ferner müssen die technologischen Eigenschaften, also das Verhalten bei den Fertigungsgängen vom Rohmaterial zum Fertigteil, betrachtet werden. Eventuell können örtliche Unterschiede auftreten durch ungleiche Wandstärken, Oberflächenstruktur und Spannungsverlauf durch Kerben oder Kraftangriff. In Versuchen zeigt sich, dass die aus dem Zugversuch ermittelten Werte nur zum Teil auf das fertige Bauteil in Funktion übertragen werden können. Der Grund dafür ist, dass in diesem die Spannung nie überall gleich ist. Es bilden sich z.B. an scharfen Kanten Spannungsspitzen an dem das Element brechen kann. Deshalb sollten Werkstoffkennwerte, die in einer Werkstoffprüfung ermittelt wurden, nicht ohne weiteres auf das Bauteil übertragen werden.<sup>25</sup>

| Werkstoff (Überzug) Bauteil            | Stahl (verzinkt) | Nickel/ Stahl (vernickelt) | Kupfer/ Stahl (verkupfert) | Messing/ Stahl (vermessingt) | Aluminium | Stahl (Dacromet/ Deltatone) | Rostfreier Stahl (A2/A3, A4/ A5) |
|----------------------------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|----------------------------------|
| <b>Schraube</b><br>Werkstoff (Überzug) |                  |                            |                            |                              |           |                             |                                  |
| Stahl (verzinkt)                       | +                | -                          | -                          | -                            | ●         | +                           | -                                |
| Stahl (vernickelt)                     | -                | +                          | +                          | ●                            |           | -                           | +                                |
| Stahl (verkupfert)                     | -                | +                          | +                          | ●                            | -         | -                           | ●                                |
| Stahl (vermessingt)<br>Messing         |                  |                            |                            | +                            |           |                             |                                  |
| WIROX <sup>®</sup>                     | +                | -                          | -                          | -                            | +         | +                           | -                                |
| Aluminium                              |                  | -                          | -                          |                              | +         | ●                           | -                                |
| Stahl (Dacromet/Deltatone)             | +                | -                          | -                          |                              | ●         | +                           | -                                |
| Rostfreier Stahl (A2/A3 ; A4/A5)       | ●                | +                          | +                          | ●                            | ●         | ●                           | +                                |

- Intensive Kontaktkorrosion    
 ● Keine nennenswerte Kontaktkorrosion    
 + Keine Kontaktkorrosion

Abbildung 12 Verträglichkeit unterschiedlicher Metalle

Stehen unterschiedlich edle Metalle in Kontakt, kann es zu Kontaktkorrosion kommen. Wenn beispielsweise eine Edelstahlschraube in ein verzinktes Stahlblech geschraubt wird fördert hier das edlere Metall die Korrosion.

<sup>25</sup> vgl. Weißbach, Dahms & Jaroschek 2015: 483-484

Eine Voraussetzung für den Prozess der Kontaktkorrosion ist ein korrosives Medium zwischen den beiden Metallen, z.B. Wasser oder feuchte Luft. Abbildung 12 zeigt Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Metalle und deren Verträglichkeit. Das Zwischenstück besteht aus Aluminium, weshalb Aluminium als Werkstoff gewählt wurde.<sup>26</sup>

### 5.2.1 Eigenschaften von Nichteisenmetallen

Alle reinen Metalle und ihre Legierungen, bei denen Eisen nicht den größten Anteil hat, werden als Nichteisenmetalle bezeichnet. Nach ihrer Dichte unterteilt man sie in Leicht- (z.B. Aluminium) und Schwermetalle (z.B. Kupfer). Die Dichte liegt bei Leichtmetallen unter und bei Schwermetallen über  $5 \text{ kg/dm}^3$ , da sie in ihrer reinen Form sehr biegsam sind eignen sie sich dadurch nicht als Konstruktionswerkstoff. Legierungen verändern jedoch die Eigenschaften des reinen Metalls. Damit erlangen die Stoffe eine größere Festigkeit aber werden auch spröder. Man unterteilt Nichteisenmetalle nach ihrer Herstellung in Knetlegierungen oder in Gusslegierungen.<sup>27</sup>

Leichtmetalle werden vor allem im Fahrzeug- und Metallbau häufig verwendet, da sie eine geringe Dichte und dabei trotzdem eine hohe Festigkeit besitzen. Eines der wichtigsten Leichtmetalle ist Aluminium mit einer Dichte von  $2,7 \text{ kg/dm}^3$ , dies umfasst ungefähr ein Drittel der Dichte von Stahl. Es besitzt ebenfalls eine niedrige Schmelztemperatur vom circa  $660 \text{ °C}$  und ist gut umformbar, schweißbar sowie gießbar.

Aluminium wird in verschiedene Unterarten unterteilt. Unter den Knetlegierungen unterscheidet man zwischen Reinaluminium, Automatenlegierungen und weiteren Aluminiumlegierungen.

---

<sup>26</sup> vgl. <https://www.spax.com/de/service/technisches-lexikon/kontaktkorrosion>

<sup>27</sup> vgl. Fachkunde Metall 2007: 268

Reinaluminium verwendet man ausschließlich dort, wo eine gute elektrische Leitfähigkeit gefordert ist, z.B. bei Hochspannungs-Freileitungen.

Automatenlegierungen sind bleilegierte Elemente. Sie werden dadurch gut zerspanbar, z.B. stranggepresste Automatenlegierung hoher Festigkeit.

Wenn Eigenschaften, wie gute Umformbarkeit, höhere Festigkeit, gute Tiefziehbarkeit und Witterungsbeständigkeit gefordert sind, werden dem Aluminium Kupfer, Magnesium, Mangan oder Silicium zulegiert. Auch Kombinationen dieser Zusätze sind möglich. Teilweise sind die Legierungen auch aushärtbar, z.B. gezogene AlCuMg-Knetlegierung mit hoher Festigkeit.

Eine weitere große Gruppe der Aluminiumarten sind die Gusslegierungen. Diese sind meist mit einem Siliciumanteil von bis zu 12% legiert. Hiermit erhält man eine gute Gießbarkeit, womit auch dünnwandige Bauteile gut herzustellen sind. Außerdem sind sie dadurch korrosionsbeständig und besitzen eine große Festigkeit.<sup>28</sup>

### 5.3 Wahl des Rohlings

Im Gegensatz zur Wahl der Rohmaterialart, bei der die Funktionsfähigkeit des Produktes im Vordergrund steht, ist die Auswahl des Rohlings, beziehungsweise des Halbzeugs, von entscheidender Bedeutung, um die zur Verfügung stehenden Produktionsfaktoren optimal auszunutzen und somit die größtmögliche Rentabilität des Fertigungsprozesses zu gewährleisten.<sup>29</sup>

Als Halbzeuge werden Stahlkörper bezeichnet, die bereits durch Walzen oder Stranggießen ein formgebendes Verfahren durchlaufen haben und bei denen durch weitere Umformvorgänge ein Fertigteil entsteht. Hierzu gehören vorgewalzte Blöcke mit rundem oder quadratischem Querschnitt, Brammen, Knüppel, Platinen

---

<sup>28</sup> vgl. Fachkunde Metall 2007: 268

<sup>29</sup> vgl. Opitz, Grabowski & Hemgesberg 1974: 77

oder Breitstahl. Der Unterschied zum Fertigerzeugnis ist, dass diese meist rundkantig, mit groben und nicht genormten Maßtoleranzen sind.

Auch den Halbzeugen zugerechnet werden die im Strangguss gefertigten Rohblöcke und Rohbrammen. Konstrukteure zählen nach der DIN 1353 in der verarbeitenden Industrie gewalzte, geschmiedete, gezogene, gepresste oder nach anderen Verfahren hergestellte Profile, Stäbe, Stangen, Rohre, Drähte, Bleche, Platten, Tafeln, Bänder, Streifen, Folien und ähnliche Erzeugnisse mit gleichbleibenden Querschnitt über ihre gesamte Länge zu den Halbzeugen.<sup>30</sup>

Rohre als Rohmaterial für den Adapter sind eher ungeeignet, da dieser keinen gleichmäßigen Innendurchmesser aufweist.

Bleche oder ähnliche Bauteile sind zur Herstellung nicht geeignet.

Als weitere Möglichkeit stehen noch urgeformte Halbzeuge zur Verfügung.

Das Urformen wird nach DIN 8580 als eines der sechs möglichen Fertigungsverfahren eingeordnet. Das Herstellen eines festen Körpers aus formlosen Stoffen mittels Zusammenhaltes wird als Urformen bezeichnet. Die Stoffeigenschaften des Werkstoffes treten hierbei bestimmbar in Erscheinung. Formlose Stoffe sind dabei Gase, Flüssigkeiten, Pulver, Fasern, Späne und Granulat.

Am häufigsten werden Bauteile aus dem flüssigen Zustand hergestellt. Das Urformen (Gießen) stellt bei dem technologischen Prozess der Einzelteilerfertigung den Anfang der metallischen Einzelteile dar. Beim Gießen wird im Wesentlichen zwischen zwei Prozessvarianten unterschieden. Zum einen in das Block- und Stranggießen und zum anderen in das Formgießen. Je nachdem wie die Schmelze vergossen wird, führt dies zu unterschiedlichen Arbeitsschritten.

Beim Blockgießen wird in metallische Dauerformen, auch Kokillen genannt, das flüssige Metall gegossen. Die Schmelze erstarrt durch Wärmeabfuhr und es entstehen dabei Blöcke oder Brammen. Diese Halbzeuge werden dann durch andere Verfahren weiterverarbeitet. Da die Blockgießkokillen eine aufwändige

---

<sup>30</sup> vgl. <http://www.stahlbauteile.com/stahllexikon/stahllexikon-h.html>

Vorbereitung erfordern, sie Einschränkungen in der Abmessung haben und einen hohen Anteil an Speisermaterial zur Kompensation der Lunkererscheinung benötigen, wurde aus den zuvor genannten Gründen das Starnnggießverfahren entwickelt. Das flüssige Metall wird in eine am Boden verschlossene, beidseitig offene, Kokille aus Kupfer gegossen, welche wassergekühlt ist. Der Anfahrblock, welcher die Kokille zu Prozessbeginn verschließt, gewährleistet, dass das flüssige Metall die Kokille füllt. Die Schmelze erstarrt durch die Wärmeabfuhr vom Rand und Boden her, wodurch beim Absenken des Anfahrblockes aus der Kokille ein Strang gezogen werden kann. Dieser enthält im Inneren noch flüssiges Metall. An der Kopfseite der Kokille wird durch kontinuierliches Nachgießen der Schmelze und einer darauf angepassten Absenkgeschwindigkeit ein endloser Strang erzeugt. Um den Abkühlprozess zu unterstützen wird der abgezogene Strang in einer sekundären Kühlzone mit Kühlwasser besprüht. Damit ein vollständig kontinuierlicher Prozess gewährleistet wird, kann der Strang nach durchlaufen eines Ofens direkt in ein Walzwerk überführt werden, wodurch ein Vorprodukt für ein Einzelteil erzeugt wird.

Vorteile dieses Verfahrens sind die Verminderung des Gießmetallverlustes, höhere Ausbringung, größere Produktivität und bessere Anpassung der nachgeschalteten Verarbeitungsprozesse. Bei diesen Verfahren wird der Hauptanteil des geschmolzenen Metalls verarbeitet.

Das Formgießen ist die zweite Variante und verbreitetste Form der Herstellung eines Fertigteils. Das flüssige Metall wird bei dieser Variante in Formen gegossen. Die Formen enthalten, als Hohlraum eingebettet, das herzustellende Gebilde. Dabei bestehen die Formen aus nichtmetallischen oder aus metallischen Werkstoffen. Die nichtmetallischen Formen, auch verlorene Form genannt, bestehen überwiegend aus Quarzsand und die metallischen Formen, auch Dauerformen genannt, überwiegend aus Eisenlegierungen. Verlorene Formen werden nach Erstarren des flüssigen Metalls zerstört, damit das Gussteil entnommen werden kann, während bei der Dauerform ein Öffnen die Entnahme des Gussteils ermöglicht. Dauerformen werden zur Herstellung von Bauteilen bei mittlerer bis hoher Stückzahl benutzt. Man strebt beim Formgießen eine

weitgehende Annäherung an die Endmaße der Bauteile an. Typische Verfahren bei der Herstellung von Gussteilen sind zum einen das Schwerkraftkokillengießen, bei der das flüssige Metall mit Hilfe der Schwerkraft in die Form gefüllt wird. Zum anderen das Druckgießen, hier wird das flüssige Metall unter hohem Druck und großer Geschwindigkeit in die Dauerform gepresst. Infolge dessen können dünnwandige Gussteile mit komplizierten Geometrien und einer guten Oberflächenbeschaffenheit realisiert werden. Das Druckgießen ist durch die rasche Fertigungsfolge für wirtschaftliche Produktion recht attraktiv. Vorwiegend für das Druckgießen kommen Aluminium-, Magnesium-, Zink- und Zinnlegierungen sowie in geringen Maß Kupferlegierungen zum Einsatz. Die Dauerform würde bei Eisenlegierungen den thermischen und mechanischen Belastungen nicht standhalten.<sup>31</sup>

Stangen und Bramen eignen sich für den Adapter eher weniger, da hier noch viel spanende Bearbeitungsschritte notwendig wären.

Für das Bauteil kommt als beste Variante ein im Druckguss hergestellter Rohling in Frage, da hier schon die grobe Kontur hergestellt werden kann und nur noch wenige Bearbeitungsschritte notwendig sind.

## **6. Werkzeugmaschinen und Bearbeitungszentren**

Um eine Fertigung im Bereich der Produktionstechnik zu realisieren sind Werkzeugmaschinen ein bedeutender Bestandteil. Sie gehören neben Werkzeugen, Vorrichtungen, Mess- und Prüfmitteln zu den Betriebsmitteln. Werkzeugmaschinen sind gegenüber anderen produzierenden Maschinen nicht ganz leicht abzugrenzen.

Wenn man festlegt, dass ein Werkzeug ein Werkstück bearbeitet, so trifft dies immer für eine Werkzeugmaschine zu. Jedoch arbeitet man auch an anderen Maschinen mit Werkzeugen, die nicht zugleich auch Werkzeugmaschinen sind.

---

<sup>31</sup> vgl. Bast 2016: 17-20, 34-35

Auch wenn man sich auf eine bestimmte Gruppe von Fertigungsverfahren einigt, bringt dies keine eindeutige Aussage. Bei der Buchherstellung gibt es z.B. trennende und beschneidende Maschinen. Die Festlegung, wie ein Werkstück definiert ist, ist dabei hilfreich.

Die Werkstücke, welche auf einer Werkzeugmaschine hergestellt werden, sind keine Halbzeuge, weder sind es Verbrauchsgüter. Es sind in der Regel Teile von Baugruppen, welche in Maschinen und Werkzeuge eingebaut werden. Werkzeugmaschinen sind nach der DIN 69651 wie folgt definiert: „Mechanisierte und mehr oder weniger automatisierte Fertigungseinrichtungen, die durch relative Bewegung zwischen Werkstück und Werkzeug eine vorgegebene Form an einem Werkstück erzeugen“.

Auch wenn man diese Definition beachtet, sind die Grenzen eher fließend. Sie lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten klassifizieren. Wichtig ist dabei die Unterscheidung nach dem Fertigungsverfahren und dem Automatisierungsgrad. Unterschieden wird nach dem Fertigungsverfahren in Fräsmaschinen, Bohrmaschinen, Drehmaschinen, um nur einige zu nennen.

Wird der Automatisierungsgrade betrachtet, wird in Maschinen, welche einen Antrieb für die Haupt- und Vorschubbewegung besitzen, unterschieden. Hier werden vom Maschinenbediener die Abfolge der Bewegungen, die Größe und auch der Werkstück- und Werkzeugwechsel ausgeführt. Demnach muss der Bediener immer an der Maschine anwesend sein.

Die nächst Stufe umfasst die NC-Maschinen. Diese besitzen zusätzlich neben dem Antrieb und der Bewegung eine numerische Steuerung.

Ihre Aufgabe ist es im Wesentlichen die Positionierung der Werkzeuge zum Werkstück sowie die Abfolge der Schnitt-, Vorschub-, Anstell- und Zustellbewegung und die Überwachung verschiedener Maschinenfunktionen. Das heißt, dass bei der unmittelbaren Bearbeitung des Werkstückes die Anwesenheit des Bedieners nicht notwendig ist. Von Hand erfolgt der Wechsel des Werkstückes und in Revolverköpfen können mehrere Werkzeuge vorhanden sein.

Ein höherer Automatisierungsgrad sind Zentren, sie besitzen zusätzlich zu den Komponenten der NC-Maschine einen Werkzeugspeicher und einen

Werkzeugwechsler. Demnach werden komplexere Arbeiten an einem Werkstück möglich. Auch hier erfolgt der Werkstückwechsel manuell oder durch Paletten mit aufgespanntem Werkstück, welche automatisch gewechselt werden.

Wenn auf einer Maschine mehrere Fertigungsverfahren durchgeführt werden können, wird die Bezeichnung des Verfahrens bei der Maschine z.B. Dreh-Zentrum durch den Ausdruck „Bearbeitungs-“ ersetzt.<sup>32</sup>

Bearbeitungszentren sind, die Werkzeugmaschinen die sich zur Komplettbearbeitung eignen. Hier werden die Funktionen einer Dreh-, Fräs- und Bohrmaschine vereint. Gründe für den Einsatz eines Bearbeitungszentrums sind die Sicherung der Qualität des Werkstückes, bei nur einer Aufspannung, besonders in den Lage- und Formtoleranzen.

Der Transportbedarf eines Werkstückes sowie der Lager- und Handlingsbedarf wird in der Produktion drastisch reduziert. Auch die Anzahl der Fertigungsplätze reduzieren sich auf ein Minimum. Die Produktion wird flexibler und die Anzahl der Bediener sinkt, wodurch auch die Kosten gesenkt werden.<sup>33</sup>

## 6.1 Drehmaschine

Bei Drehmaschinen werden hauptsächlich rotationssymmetrische Bauteile bearbeitet. Die Schnittbewegung erfolgt vornehmlich durch die Rotationsbewegung des Werkstückes. Heutzutage sind Drehmaschinen mit zahlreichen Zusatzfunktionen ausgestattet, wodurch ermöglicht wird fräsende und bohrende Bearbeitungen durchzuführen. Diese können senkrecht oder in einen beliebigen Winkel zur Achse des Werkstückes ausgeführt werden und involviert ebenfalls die Bearbeitung der Rückseiten. Durch Werkzeugrevolver und Werkzeugmagazine mit Werkzeugwechseinrichtungen ist es möglich verschiedene Werkzeuge nacheinander in Eingriff zu bringen.

---

<sup>32</sup> vgl. Hirsch 2016: 1-4

<sup>33</sup> vgl. Böge 2009: O71

Senkrecht zum Schnittgeschwindigkeitsvektors liegt die Ebene der Hauptvorschubbewegung, sie ergeben zusammen die x-z-Ebene. Definitionsgemäß ist festgelegt, dass die Rotationsachse des Bauteils die z-Achse ist. Wenn die x- und z-Achse numerisch gesteuert ist, mit angetriebenen Werkzeugen, ermöglicht dies komplexe Werkstückgeometrien herzustellen, was sonst nur auf Fräsmaschinen möglich war.

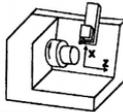
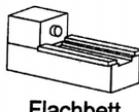
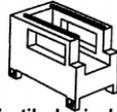
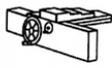
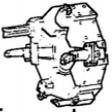
|                                                      |                                                                                                                  |                                                                                                        |                                                                                                                     |                                                                                                      |                                                                                                         |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bettformen</b>                                    |  Spindel parallel zum Fundament |                                                                                                        |  Spindel senkrecht zum Fundament |                                                                                                      |                                                                                                         |
| <b>relative Lage zwischen Werkzeug und Werkstück</b> |  Flachbett                      |  Schrägbett           |  Frontbett                         |  Ständer          |  Vertikalspindelbett |
| <b>Kreuzschlittenbauformen für</b>                   |  Flachbett                      |  Schrägbett          |  Frontbett                      |  Vertikalspindel |                                                                                                         |
| <b>Werkzeugträger</b>                                |  Meißelhalter                 |  Flachtischrevolver |  Sternrevolver                   |  Kronenrevolver |  Trommelrevolver   |

Abbildung 13 Bettformen und Werkzeugträger

In Abbildung 13 werden die wichtigsten Bauformen und konstruktiven Komponenten zusammengefasst.

Drehmaschinen werden vor allem in der relativen Lage der Achse des Bauteils unterschieden. Hierbei ist ein wichtiges Klassifizierungskriterium die Spindellage und wie das Maschinenbett aufgebaut ist. Wenn Maschinen benötigt werden die eine hohe Steifigkeit aufweisen sollen, kommen horizontale Flachbett-Drehmaschinen zum Einsatz. Ein Maschinenbett in der Schrägbauweise hat den Vorteil, dass die heißen Späne und das Kühlschmiermittel schnell abtransportiert werden können, wodurch die Gefahr der thermischen Verformung des Maschinenbettes nicht so groß ist wie bei anderen Bauformen.

Mittels Reitstocks mit Kornspitze werden lange Bauteile abgestützt um ein ausschlagen zu vermeiden. Für die Bearbeitung von Futterteilen mit

automatisierten Werkstückwechsel eignen sich besonders Frontbett-Drehmaschinen. Ist die Spindel vertikal hängend angeordnet, ermöglicht dies einen günstigen Werkstückwechsel und einen guten Abtransport der Späne. Senkrechtdrehmaschinen in Ständerbauweise bieten eine gute Werkstückaufnahme von dünnwandigen Werkstücken mit großem Durchmesser. Eine durch die Gravitation verursachte Verformung des Werkstückes wird weitgehend ausgeschlossen.

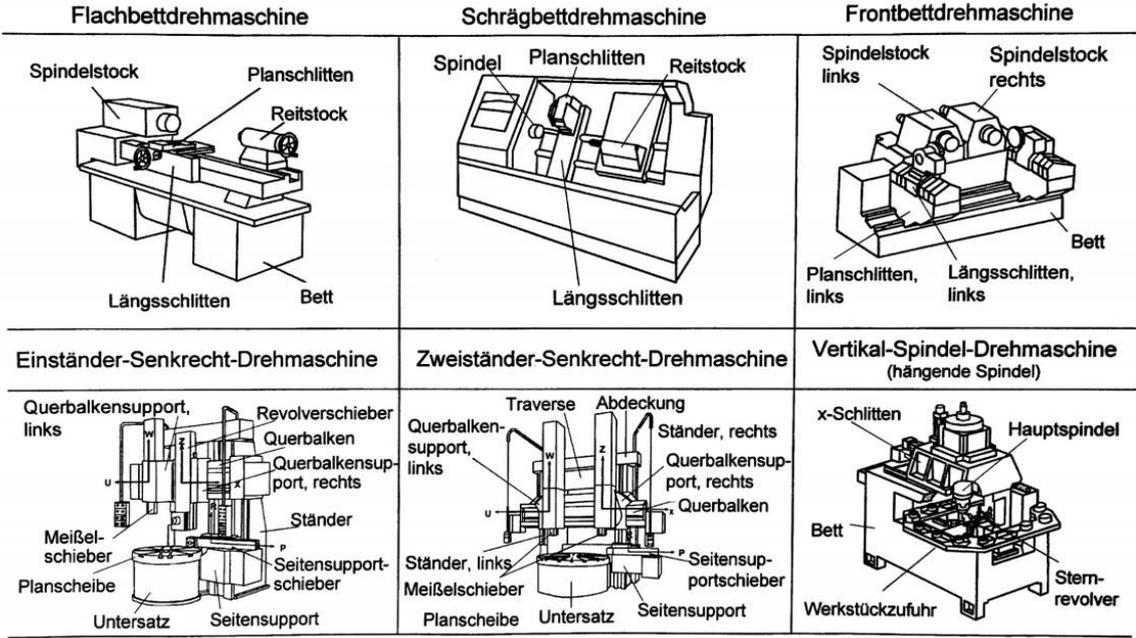
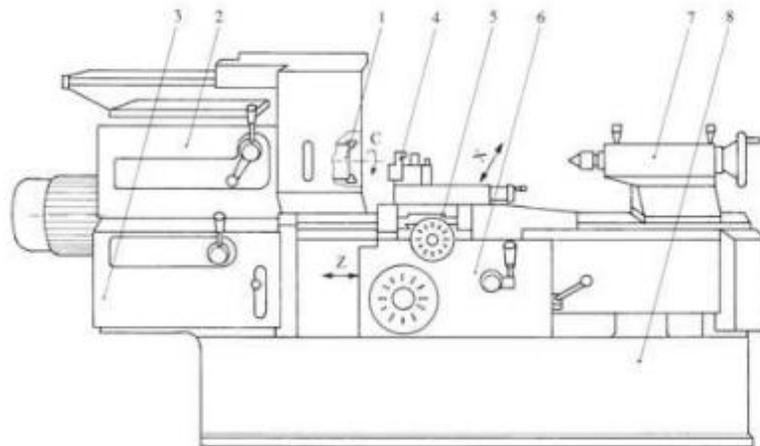


Abbildung 14 Bauformen von Drehmaschinen

Der Werkzeugträger kann ebenfalls unterschiedlich aufgebaut sein. Es ist drauf zu achten, dass je nach Bearbeitungsaufgabe die Anordnung der Werkzeuge und der Arbeitsablauf so geplant ist, dass es zwischen Werkstück und Werkzeug zu keiner Kollision kommt.

Bei Drehmaschinen sind im Allgemeinen zwei Spannarten möglich. Bei langen Bauteilen kommen zwei Drehspitzen zum Einsatz (Spitzendrehmaschine) und bei Werkstücken mit einem hohen Schlankheitsgrad werden diese mittels einer oder mehrerer Lünetten gegen Durchbiegen abgestützt.

In Futter (Futterdrehmaschine) werden kurze Bauteile gespannt und bei nicht rotationssymmetrischen Teilen werden diese in eine Planscheibe gespannt (Plandrehmaschine). Drehmaschinen mit typischem Aufbau und deren Bezeichnungen sind in Abbildung 14 dargestellt.



Moderne konventionelle handbediente Universaldrehmaschine (Boehringer)

1 Hauptspindel mit Futter (verdeckt), 2 Spindelstock, 3 Vorschubgetriebe, 4 Werkzeughalter, 5 Planschlitten, 6 Längsschlitten, 7 Reitstock, 8 Bett

*Abbildung 15 Universaldrehmaschine*

Zu sehen ist in Abbildung 15 eine von Hand betriebene Universaldrehmaschine zum Ausführen von Dreharbeiten, wie Außen- und Innendrehen, Konturdrehen und Bohr- und Gewindeschneidarbeiten.

Es handelt sich bei dieser Maschine um eine in der Horizontalbett-Bauweise ausgeführten Art. Für den Bettschlitten und Reitstock sind die Führungsbahnen eine Kombination aus Doppelprismen- und Flachführungen. Eine hohe Führungssicherheit sowie ein geringer Verschleiß, auch bei großem Überhang über die Drehmitte, gewährleisten große Führungsflächen mit kleiner Flächenpressung.

Schwalbenschwanzführungen sowie Flachführungen werden zur Bewegung des Planschiebers eingesetzt. Diese verhindern ein Abheben, selbst bei Belastungen des Schiebers durch große Momente. Die Drehmomente werden mittels Wechselradgetriebe auf das Vorschubgetriebe übertragen. Die damit erzeugten

Vorschubwerte werden mittels Zugspindel auf das Schloßkastengetriebe übertragen. Für die Vorschuberzeugung beim Gewindeschneiden kommt die mit großer Präzision gefertigte Leitspindel zum Einsatz. Die zur Erzeugung der Gewindesteigung erforderlichen Werkstückgeschwindigkeiten werden durch unterschiedliche Stellung der Zahnräder im Stufengetriebe erzeugt.<sup>34</sup>

## 6.2 Fräsmaschine

Das Bearbeitungsverfahren des Fräsen ist dem des Bohrens sehr ähnlich. Durch Rotation des Werkzeuges wird auch hier die Schnittbewegung ausgeführt. Ein Unterschied ist jedoch, dass die Vorschubbewegung im Gegensatz zum Bohren hauptsächlich senkrecht zur Drehachse des Werkzeuges geschieht. Mehrere miteinander gekoppelte Vorschubbewegungen überlagern sich bei einigen Verfahrensvarianten.

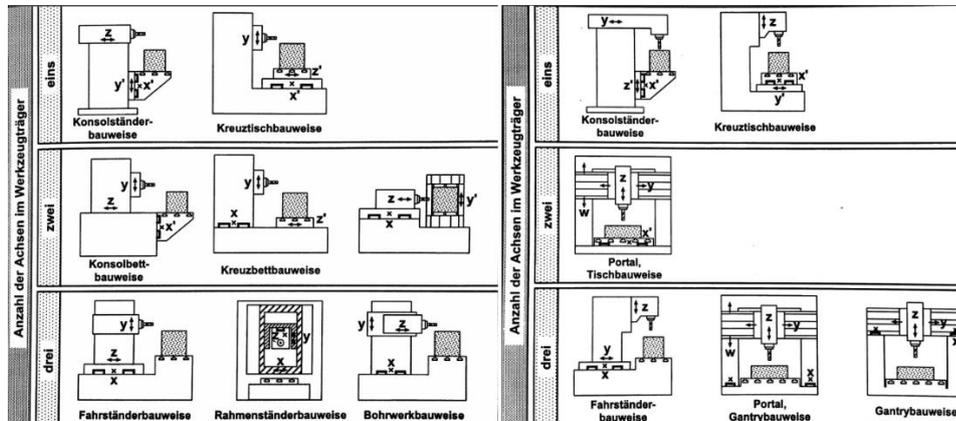


Abbildung 16 links horizontale und rechts vertikale Fräsmaschinen

Abbildung 16 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Bauformen von Fräsmaschinen mit horizontaler und vertikaler Werkzeugspindel.

Mittels Werkzeugträger und/oder Werkstückträger werden die Positionier- und Vorschubbewegungen ausgeführt. Schematisch sind auch im Bild die sinnvollen Konstruktionsprinzipien der Bewegungsachsen dargestellt.

<sup>34</sup> vgl. Weck 1998: 145-150

Da bei der senkrechten Bewegung des Werkzeugtisches der Tischantrieb das gesamte Gewicht des Bauteils tragen muss, kommt die Konsolenbauweise nur bei kleineren Werkzeugmaschinen zum Einsatz. Ihr Hauptanwendungsfeld hat diese Universalmaschine im Werkzeug- und Vorrichtungsbau sowie bei der Produktion von kleineren bis mittlere Losgrößen.

Wenn schwere Werkstücke bearbeitet werden müssen kommen Bettfräsmaschinen zur Anwendung. Hier ruht im Gegensatz zur Konsolenbauweise der Werkstücktisch auf einem starren Maschinenbett. Wenn der Werkstückträger zwei zueinander senkrechte Bewegungsrichtungen ausführen kann, spricht man von Kreuztischbauweise bei der Bettbauform.

Wenn zwei senkrechte Vorschubbewegungen auf dem Bett realisiert werden können, spricht man von der Kreuzbettbauweise, wo hingegen eine Vorschubbewegung dem werkzeugtragenden Baugruppe und eine der werkstücktragenden Baugruppe zugeordnet wird.

Als Fahrständer- oder Bohrwerkbauweise werden die Maschinenbauformen bezeichnet, denen alle linearen Bewegungsachsen der Werkzeugseite zuzuordnen sind. Nur bei Maschinen mit einer vertikalen Werkzeugspindel hat die Portalbauweise, auch Zweiständerbauweise mit Querhaupt genannt, Anwendung gefunden. Zwei Bewegungsachsen liegen bei der Tischbauweise auf der Werkzeugseite und auf der Werkstückseite eine Bewegungsachse. Alle Bewegungen werden bei der Gantryausführung von der Werkzeugseite ausgeführt.

35

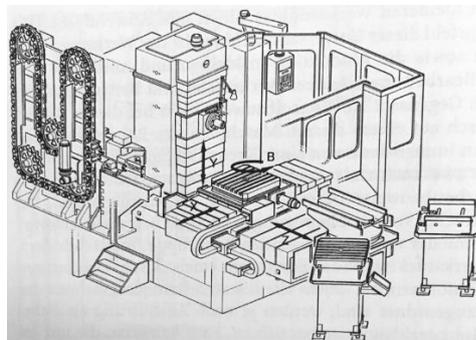


Abbildung 17 Universalfräsmaschine (horizontale Werkzeugspindel)

<sup>35</sup> vgl. Weck 1998: 184-187

In Abbildung 17 ist ein Beispiel für eine Fräsmaschine mit horizontaler Werkzeugspindel. Sie ist eine Lernbohrwerk in der Kreuztischbauweise. Hier liegen auf der Werkstückseite zwei und auf der Werkzeugseite eine Bewegungsachse. In Richtung der z-Achse wird der Tisch auf einen Langbett geführt. Zwei seitlich angeordnete Flachführungen und eine zentrale V-Führung bilden die Gleitführung für den Tisch. Die symmetrische V-Führung hat einen Öffnungswinkel von  $60^\circ$  und in ihrer Mitte liegt eine Kugelumlaufspindel, welche für den Vorschub des Tisches verantwortlich ist. Spindelkasten und Querschlitten verfügen über eine Kombination aus V- und Flachgleitführung. Die V-Führung hat hierbei die Aufgabe die bei der Zerspanung auftretenden Querkräfte aufzunehmen und sind unsymmetrisch ausgeführt mit einem Öffnungswinkel von  $30^\circ$  zu  $60^\circ$ . Der Drehtisch für die B-Achse ist in den X-Schlitten integriert. Die auf dem Drehtisch befindliche Aufspannplatte kann für den Werkstückwechsel ausgetauscht werden. In dem seitlich angebrachten Kettenmagazin können Werkzeuge gespeichert werden. Mittels eines Doppelarmgreifers werden die Werkzeuge der Werkzeugspindel zugeführt.<sup>36</sup>

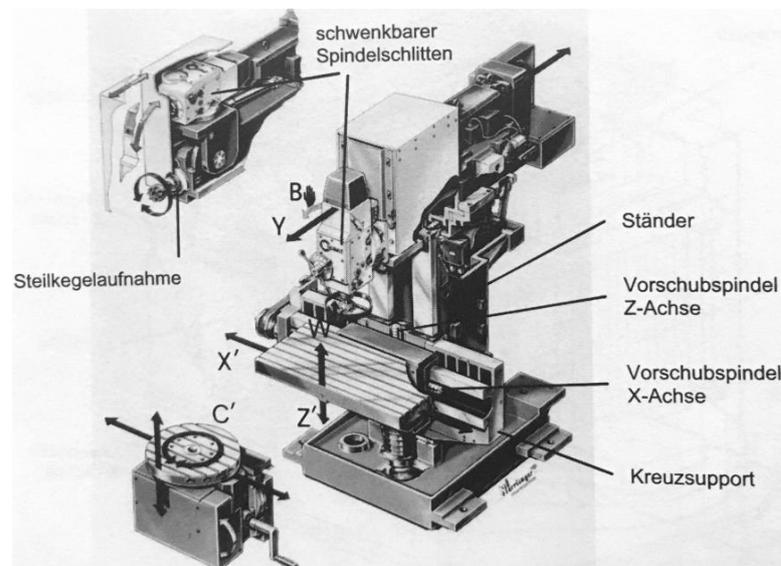


Abbildung 18 Universalfräsmaschine (vertikale Werkzeugspindel)

<sup>36</sup> vgl. Weck 1998: 187-188

Abbildung 18 zeigt eine Fräsmaschine in der Konsolenständerbauweise mit vertikaler Werkzeugspindel.

An einem Kreuzsupport ist der Werkstücktisch befestigt, dieser kann in vertikaler Richtung (Z-Achse) und quer zum Ständer (X-Achse) bewegt werden. Das Werkzeug führt die dritte Zustell- und Vorschubbewegung in Y-Richtung aus. Die Werkzeugspindel ist als Pinole ausgeführt, welche per Hand zusätzlich zur Hubbewegung des Tisches in Z-Richtung bewegt werden kann. Auch der Spindelkopf kann per Hand um  $\pm 90^\circ$  auf der B-Achse geschwenkt werden.

Für Bearbeitungen auf der horizontalen Ebene kann automatisch der Spindelkopf nach hinten geklappt werden, wodurch eine Steilkegelaufnahme frei wird für eine horizontale Einspannung der Werkzeuge.

Der abgebildete Universal-Aufspanntisch kann für die Fünf-Seiten-Bearbeitung eingesetzt werden, welcher eine C-Achse besitzt. Eine hohe thermische Stabilität der Maschine ergibt sich daraus, dass der Kreuzsupport und der Maschinenfuß als Verbundkonstruktion aus Grauguss und Reaktionsharzbeton ausgeführt sind. Als Flachführungen mit Umgriff sind die geradlinigen Führungen ausgelegt.<sup>37</sup>

## 7. Reihenfolge der Bearbeitungsschritte

Als „die gedankliche Vorwegnahme zukünftigen Handelns durch Abwägen verschiedener Handlungsalternativen und Entscheidungen für den günstigsten Weg“, beschreibt Günther Wöhe die Planung von Arbeitsschritten.<sup>38</sup>

Somit ist die genaue gedankliche Vorbereitung aus einer wirtschaftlichen und ressourcenschonenden Sicht von besonderer Bedeutung.

Mittels der vorherigen Überlegung der Arbeitsschritte, sollen unnötige Werkzeugwechsel und Umspannvorgänge vermieden werden.

---

<sup>37</sup> vgl. Weck 1998: 195-196

<sup>38</sup> vgl. Günter 2013: 140

Um auch bei der Herstellung des Adapters diese Gesichtspunkte zu berücksichtigen, wurden genaue Arbeitsschritte geplant.

Das Rohteil wird aus einem Druckguss hergestellt, wobei dadurch schon die Grobkontur entsteht und mit einem maximalen Übermaß von 1 mm angeliefert werden. Es ist somit nicht mehr nötig danach noch Löcher zu bohren, da diese sich bereits beim Gießen ergeben. Ebenfalls ist damit bereits der Sechskant vorhanden, welcher anschließend noch fein bearbeitet wird.

Nach dem Gießen wird der Rohling weiterbearbeitet. Als erstes spannt man ihn auf der sechziger Rundfläche ein, um dann mittels Gewindedrehung das G2-Rohrgewinde zu fertigen. Eine Innenbearbeitung des Adapters ist nicht nötig, da hier nur Wasser durchfließt und es keine besonderen Anforderungen erbringen muss. Danach wird das Werkstück von Innen eingespannt. Damit können jetzt drei  $\frac{3}{4}$  – Rohrgewinde mittels eines Gewindebohrers hergestellt werden.

Nach diesem Schritt werden die Senkungen und der Sechskant mit einem Schaftfräser bearbeitet. Zum Schluss wird das Werkstück komplett plan und rund gedreht. Mit diesen Arbeitsschritten ist es möglich, dass insgesamt nur zwei Umspannvorgänge und vier Werkzeugwechsel nötig sind.

## **8. Berechnung zur Herstellung eines Bauteils**

### **8.1 Hauptzeiten**

Die Hauptzeit beschreibt die Summe aller Zeiten, in dem das Werkzeug unmittelbar im Eingriff ist. Hierbei werden feste Größen verwendet um die genauen Zeiten für die Bearbeitung am Werkstück zu bestimmen.<sup>39</sup>

---

<sup>39</sup> vgl. Milberg 1992: 25

## 8.1.1 Herstellung der Gewinde

### Gewindedrehen

Die Herstellung des G2 Rohrgewinde geschieht mittels eines Gewindedrehmeißels. Die Oberfläche des Absatzes wird nicht noch einmal vorbehandelt. Der Vorschub bei dieser Bearbeitung ist gleich der Steigung des Gewindes und beträgt 2,31 mm/U. Auf dem Absatz von 15 mm sind 6,49 Gewindegänge angeordnet. Die Schnittgeschwindigkeit beim Gewindedrehen soll ungefähr 25% unter der beim Längsdrehen eingesetzten liegen. Als Schnittgeschwindigkeit wurden 100 m/min gewählt, was für das Gewindedrehen eine Geschwindigkeit von 75 m/min bedeutet.

**Gewinde-Tabelle für: Whitworth-Rohrgewinde für Rohre und Fittings**

| DIN ISO<br>228-1 | DIN 2999 | DIN 2999 | Gänge<br>je inch | Außen- | Kernloch- | Flanken- | Steigung | Gewinde- | Abstand der<br>Bezugsebene<br>in mm |
|------------------|----------|----------|------------------|--------|-----------|----------|----------|----------|-------------------------------------|
|                  | Außen-   | Innen-   |                  | durch- | durch-    | durch-   |          | tiefe    |                                     |
|                  | gewinde  | gewinde  |                  | messer | messer    | messer   |          |          |                                     |
|                  |          |          |                  | in mm  | in mm     | in mm    |          |          |                                     |
| G1/16            | R1/16    | Rp1/16   | 28               | 7,72   | 6,56      | 7,14     | 0,91     | 0,58     | 4,0                                 |
| G 1/8            | R 1/8    | Rp 1/8   | 28               | 9,73   | 8,57      | 9,15     | 0,91     | 0,58     | 4,0                                 |
| G ¼              | R ¼      | Rp ¼     | 19               | 13,16  | 11,45     | 12,30    | 1,34     | 0,86     | 6,0                                 |
| G 3/8            | R 3/8    | Rp 3/8   | 19               | 16,66  | 14,95     | 15,81    | 1,34     | 0,86     | 6,4                                 |
| G ½              | R ½      | Rp ½     | 14               | 20,96  | 18,63     | 19,79    | 1,81     | 1,16     | 8,2                                 |
| G ¾              | R ¾      | Rp ¾     | 14               | 26,44  | 24,12     | 25,28    | 1,81     | 1,16     | 9,5                                 |
| G 1              | R 1      | Rp 1     | 11               | 33,25  | 30,29     | 31,77    | 2,31     | 1,48     | 10,4                                |
| G 1¼             | R 1¼     | Rp 1¼    | 11               | 41,91  | 38,95     | 40,43    | 2,31     | 1,48     | 12,7                                |
| G 1½             | R 1½     | Rp 1½    | 11               | 47,80  | 44,85     | 46,32    | 2,31     | 1,48     | 12,7                                |
| G 2              | R 2      | Rp 2     | 11               | 59,61  | 56,66     | 58,14    | 2,31     | 1,48     | 15,9                                |
| G 2½             | R 2½     | Rp 2½    | 11               | 75,18  | 72,23     | 73,71    | 2,31     | 1,48     | 17,5                                |
| G 3              | R 3      | Rp 3     | 11               | 87,88  | 84,93     | 86,41    | 2,31     | 1,48     | 20,6                                |
| G 4              | R 4      | Rp 4     | 11               | 113,03 | 110,07    | 111,55   | 2,31     | 1,48     | 25,4                                |
| G 5              | R 5      | Rp 5     | 11               | 138,43 | 135,37    | 136,95   | 2,31     | 1,48     | 28,6                                |
| G 6              | R 6      | Rp 6     | 11               | 163,83 | 160,87    | 162,35   | 2,31     | 1,48     | 28,6                                |

*Abbildung 19 Gewindetabelle Zoll*

Die benötigten Gewindedaten für die Berechnungen werden aus der Abbildung 19 entnommen.

$$t_h = \frac{L * d * \pi * i * g}{f * v_c * 1000}$$

$$t_h = \frac{15 \text{ mm} * 59,61 \text{ mm} * \pi * 1 * 6,49}{2,31 \text{ mm/U} * 75 \text{ m/min} * 1000} = 0,105 \text{ min}$$

L – Drehweg in mm (Vorschubweg)

d – Gewindeaußendurchmesser in mm

i – Anzahl der Schnitte

g – Gangzahl des Gewindes

f – Vorschub in mm/U

$v_c$  – Schnittgeschwindigkeit in m/min

$$g = \frac{L}{P}$$

$$g = \frac{15 \text{ mm}}{2,31 \text{ mm}} = 6,49$$

P – Steigung des Gewindes

Somit ergibt sich für die Bearbeitung des Gewindes eine Zeit von 0,11 min.

### Gewindebohren

Für die Fertigung der drei  $\frac{3}{4}$  – Rohrgewinde wird ein Gewindebohrer verwendet. Da die Löcher durch den Druckguss schon vorhanden sind, müssen sie nicht extra gebohrt werden und es wird direkt das Gewinde gefertigt. Die Drehzahl wurde auf 80 U/min festgelegt.

$$t_h = \frac{L}{f * n}$$

$$t_h = 3 * \left( \frac{6,5 \text{ mm}}{1,81 \text{ mm/U} * 80 \text{ U/min}} \right) = 0,135 \text{ min}$$

L – Gesamtbohrweg in mm

f – Vorschub mm/U

n – Drehzahl in U/min

Für die Herstellung der drei Rohrgewinde wird eine Zeit von 0,14 min benötigt.

### 8.1.2 Fräsbearbeitung

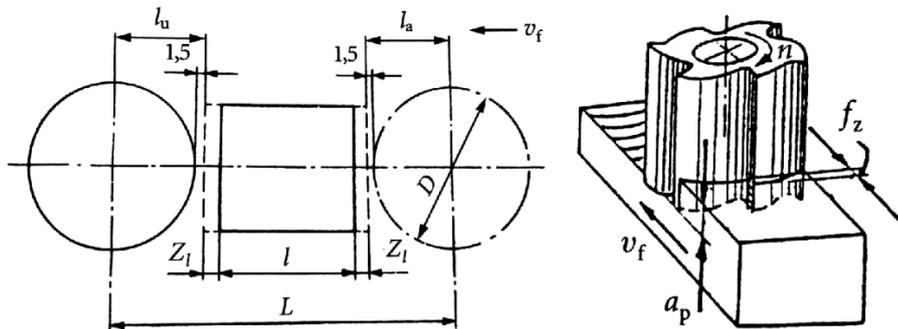


Abbildung 20 mittiges Stirnfräsen (Schichten)

Abbildung 20 zeigt Bemaßung beim mittigen Stirnfräsen.

#### Fräsen der Senkung

Das Fräsen der Senkung geschieht mittels Schaftfräser, mit jeweils einem Durchmesser von 15 mm und einer Schneidanzahl von 4.

Die Schnittgeschwindigkeit beträgt 150 m/min. Der Zahnvorschub beim Fräsen in Aluminium beträgt üblicherweise 0,1 mm/Zahn.

$$t_h = \frac{L * i}{v_f}$$

$$t_h = 2 * \left( \frac{77,35 \text{ mm} * 1}{1273,24 \text{ mm/min}} \right) = 0,12 \text{ min}$$

L – Fräslänge in mm

i – Anzahl der Schnitte

$v_f$  – Vorschubgeschwindigkeit in mm/min

$$L = \pi * d$$

$$L = \pi * (32,12 \text{ mm} - 7,5 \text{ mm}) = 77,35 \text{ mm}$$

d – Durchmesser des zu Fräsenden Kreises in mm

$$v_f = f_z * z * n$$

$$v_f = 0,1 \text{ mm} * 4 * 3183,1 \text{ U/min} = 1273,24 \text{ mm/min}$$

n – Drehzahl in U/min

z – Zähnezahl

$f_z$  - Zahnvorschub in mm/Zahn

$$n = \frac{v_c * 1000}{d_f * \pi}$$

$$n = \frac{150 \text{ m/min} * 1000}{15 \text{ mm} * \pi} = 3183,1 \text{ U/min}$$

$d_f$  – Durchmesser des Fräasers in mm

Die Zeit zur Herstellung der beiden Senkungen für die Dichtflächen beträgt 0,12 min.

### Fräsen des Sechskants

Zum Fräsen der Sechskantflächen wird derselbe Fräser benutzt, wie zum Bearbeiten der Senkungen. Alle Bearbeitungsdaten werden identisch übernommen. Die Bearbeitungszugabe würde auf 1 mm festgelegt und ist wichtig damit beim Auslaufen des Fräasers ein Nachschneiden vermieden wird.

$$t_h = \frac{L * i}{v_f}$$

$$t_h = 6 * \left( \frac{54,64 \text{ mm} * 1}{1273,24 \text{ mm/min}} \right) = 0,26 \text{ min}$$

$$L = l + 2 * Z_1 + l_a + l_u$$

$$L = 34,64 \text{ mm} + 2 * 1 \text{ mm} + 18 \text{ mm} = 54,64 \text{ mm}$$

$$l_a + l_u = 3 + d_f$$

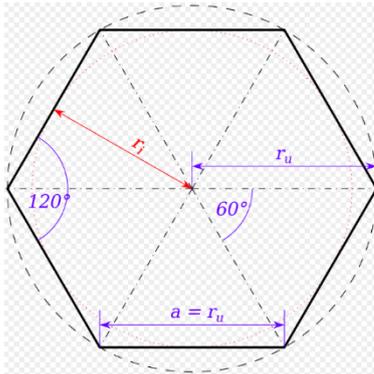
$$l_a + l_u = 3 + 15 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

$l$  – Länge der zu Bearbeitenden Fläche in mm

$Z_1$  – Bearbeitungszugabe in mm

$l_a$  – Anlaufweg des Fräasers in mm

$l_u$  – Überlaufweg des Fräasers in mm



$$l = \frac{2 * r_i}{\sqrt{3}}$$

$$l = \frac{2 * 30}{\sqrt{3}} = 34,64\text{mm}$$

Abbildung 21 Winkel und Längen am Sechskant

$r_i$  – Innenkreisradius des Sechskants in mm

Zum Nachbearbeiten der sechs Flächen wird eine Zeit von 0,26 min benötigt.

### 8.1.3 Drehbearbeitung

#### Längsdrehen

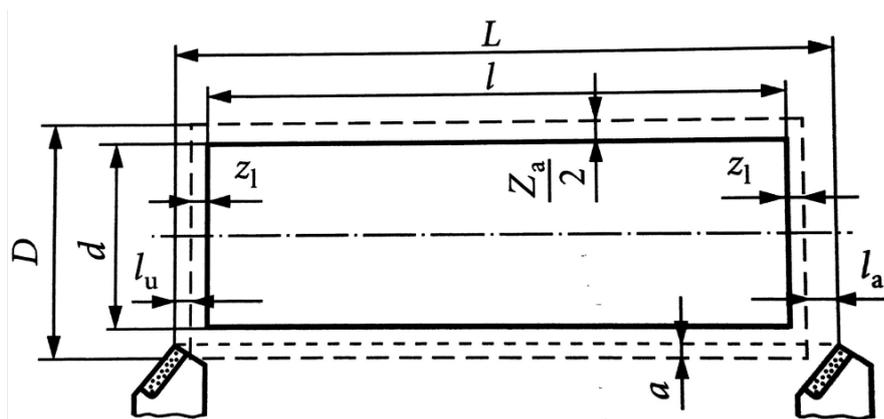


Abbildung 22 Vorschubweg und Bearbeitungszugaben am Drehteil

Das Längsdrehen geschieht mittels eine Längsdrehmeißels. Der Vorschub wurde auf 0,2 mm/U festgelegt. Die Schnittgeschwindigkeit beträgt 100 m/min.

$$t_h = \frac{L * i}{f * n}$$

$$t_h = \frac{64 \text{ mm} * 1}{0,2 \text{ mm/U} * 454,73 \text{ U/min}} = 0,70 \text{ min}$$

$$L = l + 2 * Z_1 + l_a + l_u$$

$$L = 60 \text{ mm} + 2 * 1 \text{ mm} + 1 \text{ mm} + 1 \text{ mm}$$

L – Länge der zu Drehenden Fläche in mm

l – Werkstücklänge in mm

l<sub>a</sub> – Anlauf des Werkzeuges in mm

l<sub>u</sub> – Überlauf des Werkzeuges in mm (für l<sub>a</sub> und l<sub>u</sub> reicht in der Regel wenige mm)

Z<sub>1</sub> – Längenzugabe in mm

i – Anzahl der Schnitte

f – Vorschub in mm/U

n – Drehzahl in U/min

$$n = \frac{v_c * 1000}{D * \pi}$$

$$n = \frac{100 \text{ m/min} * 1000}{70 \text{ mm} * \pi} = 454,73 \text{ U/min}$$

v<sub>c</sub> – Schnittgeschwindigkeit in m/min

D – Durchmesser des Bauteils

Um die Rundfläche zu bearbeiten wird eine Zeit von 0,70 min benötigt.

## Plandrehen

Zum Plandrehen wird derselbe Drehmeißel wie für das Längsdrehen verwendet. Die Parameter werden identisch übernommen. Die Länge der Flächen des Sechskantes ist auch der Durchmesser des Außenkreises und entspricht somit der Länge der zu Drehenden Fläche.

$$t_h = \frac{L * i}{f * n}$$

$$t_h = \frac{34,64 \text{ mm} * 1}{0,2 \text{ mm/U} * 918,91 \text{ U/min}} = 0,19 \text{ min}$$

$$n = \frac{v_c * 1000}{D * \pi}$$

$$n = \frac{100 \text{ m/min} * 1000}{34,64 \text{ mm} * \pi} = 918,91 \text{ U/min}$$

Zum Plandrehen wird eine Zeit von 0,19 min benötigt.

*Tabelle 1 Hauptzeiten*

| Bearbeitungsschritt         | Hauptzeitanteil |
|-----------------------------|-----------------|
| Gewindedrehen               | 0,11 min        |
| Gewindebohren               | 0,14 min        |
| Fräsen der Senkung          | 0,12 min        |
| Fräsen der Sechskantflächen | 0,26 min        |
| Längsdrehen                 | 0,70 min        |
| Plandrehen                  | 0,19 min        |
| Gesamtbearbeitung           | 1,52 min        |

Werden alle Hauptzeiten zusammengerechnet, wird eine Gesamtbearbeitungszeit von 1,52 min errechnet, in welcher das Werkzeug im Eingriff ist.

## 8.2 Betriebsmittelrüstgrundzeiten

Bei den Betriebsmittelrüstgrundzeiten handelt es sich um Zeiten, welche nur einmalig ausgeführt werden müssen. Hier werden alle Zeiten erfasst, die zur Einrichtung der Bearbeitungsstation benötigt werden. Auch wird die Wiederherstellung des Ausgangszustandes mitberücksichtigt, nachdem alle Bearbeitungen ausgeführt wurden. Diese Zeiten beruhen auf reinen Erfahrungswerten.<sup>40</sup>

Zum Lesen der Zeichnung und des Auftrages wird eine Zeit von 4,5 min veranschlagt. 3,6 min werden benötigt um alle notwendigen Werkzeuge und Messmittel bereit zu legen. Weitere 3 min werden benötigt um alle Werkzeuge einzuspannen und nach der Bearbeitung wieder zu entfernen. Um die Werkzeuge korrekt einzumessen und diese Daten in den Werkzeugspeicher einzulesen, und später wieder zu entfernen, wird eine Zeit von 5,4 min benötigt. Das Aufrufen des aktuellen Programmes und das spätere wieder auf null setzen dauert weitere 2,8 min. Somit ergibt sich insgesamt für die Vorbereitung und Verlassen der Maschine eine Zeit von 19,3 min.

---

<sup>40</sup> vgl. Milberg 1992: 25

## 9. Zusammenfassung

Ziel der Bachelorarbeit war die Konzipierung eines Anschlussstückes, welches an einen Wasseranschluss mit einem G2 Rohrgewinde angeschlossen werden kann und universelle Anwendung findet. Um solch ein Bauteil zu entwickeln, ist es notwendig ausreichende Überlegungen über Werkstoffauswahl, Herstellungstechnik und Fertigungsmaschinen zu treffen.

Anfänglich war diese Arbeit als Partnerarbeit angesetzt, um das umfangreiche Thema der Entwicklung eines Bauteils und deren Fertigung weitreichend abzudecken. Jedoch gliederte sich die Arbeit im Verlauf der Bearbeitung in zwei separate Bachelorarbeiten auf, wobei jeder sich auf einen eigenen Bearbeitungsweg spezialisierte.

Die Wahl des Werkstoffes und die Gestaltung des Bauteils stellten sich während der Bearbeitung als sehr komplex heraus, da es eine Vielzahl von Materialien und Kombinationen untereinander gibt. Auch zu berücksichtigen war dabei die Wahl des Rohlings. Da sich für einen Rohling aus Druckgusserstellung entschieden wurde und das Risiko der Kontaktkorrosion bestand, fiel die Wahl sehr schnell auf Aluminium. Bei der Gestaltung wiederum musste sehr darauf geachtet werden welche Anschlüsse gängig sind und auf dem Markt vorherrschen um eine praktikable Handhabung gewährleisten zu können.

Um einen wirtschaftlichen Fertigungsprozess zu garantieren, war es auch wichtig sich genau Gedanken über den Fertigungsablauf zu machen. Dies hat zur Folge, dass unnötige Umspannvorgänge und Werkzeugwechsel erspart wurden und somit eine schnellst mögliche Fertigung zu gewährleisten.

Auch der Wahl die Durchführung in einem Dreh-Fräs-Zentrum zu verwirklichen stellte sich als sinnvoll heraus, da hier in einer Maschine alle notwendigen Bearbeitungen durchgeführt werden können und man nicht zwischen zwei oder mehreren Maschinen wechseln muss.

Die computergestützte Fertigung gewährleistet, dass die gefertigten Bauteile von den Abmaßen identisch sind. Zusätzlich kommt es mit Hilfe eines solchen Systems zu einer erheblichen Zeitersparnis. Mittels abschließender Berechnungen konnten Aussagen über Werkzeugeingriffszeiten und Zeiten zur einmaligen Inbetriebnahme der Werkzeugmaschine getroffen werden.

Zusammenfassend ist zu beachten, dass alle wichtigen Punkte ausreichend betrachtet worden, um eine Planung und Herstellung eines Bauteils zu konzipieren. Jedoch fehlten für genaue Bearbeitungszeiten und Kosten maschinenbezogene Daten, welche je nach Hersteller variieren können.

## **Selbständigkeitserklärung**

Ich versichere hiermit diese Bachelorarbeit selbständig angefertigt zu haben. Alle verwendeten Quellen habe ich dabei vollständig und genau angegeben an den Stellen an denen ich Passagen wörtlich oder sinngemäß entnommen habe. Diese Arbeit wurde bisher noch nicht veröffentlicht und keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Halle, den 28.04.2019

---

Martin Hinsche

## Quellenverzeichnis

1. Awiszus, B., Bast, J., Dürr, H. & Mayr, P. (2016). *Grundlagen der Fertigungstechnik* (6. Auflage). München: Carl Hanser Verlag
2. Böge, A. (2009). *Handbuch Maschinenbau: Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik* (19. Auflage). Wiesbaden: GWV Fachverlage GmbH
3. Conrad, K.-J. (2019). *Grundlagen der Konstruktionslehre: Maschinenbau-Anwendungen und Orientierung auf Menschen* (7. Auflage). München: Carl Hanser Verlag
4. Decker, K.-H. & Kabus, K. (2007). *Maschinenelemente: Funktion, Gestaltung und Berechnung* (16. Auflage). München: Carl Hanser Verlag
5. Degner, W., Lutze, H. & Smejkal, E. (2015). *Spanende Formung: Theorie – Berechnungen – Richtwerte* (17. Auflage) München: Carl Hanser Verlag
6. Dillinger, J., Dobler, H.-D., Doll, W., Escherich, W., Günter, W., Heinzler, M., Ignatowitz, E., Oesterle, S., Reißler, L., Stephan, A. & Vetter, R. (2007). *Fachkunde Metall* (55. Auflage). Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel
7. Grote, K.-H. & Feldhusen, J. (2005). *Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau* (21. Auflage). Berlin: Springer-Verlag
8. Günter, W. (2013) *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre* Wiesbaden: GWV Fachverlage GmbH
9. Hirsch, A. (2016). *Werkzeugmaschinen: Anforderungen, Auslegung, Ausführungsbeispiele* (3. Auflage). Wiesbaden: Springer Fachmedien
10. Klocke, F. (2018) *Verfahren mit rotatorischer Hauptbewegung. In: Fertigungsverfahren I* Berlin: Springer Vieweg
11. Klocke, F. & König, W. (1997). *Fertigungsverfahren Drehen, Fräsen Bohren* (8. Auflage). Berlin: Springer-Verlag
12. Milberg, J. (1992). *Werkzeugmaschinen-Grundlagen: Zerspantechnik Dynamik Baugruppen Steuerungen* Berlin: Springer-Verlag
13. Opitz H., Grabowski H. & Hemgesberg G. (1974). *Planung der Gestalt des Optimalen Ausgangsmaterials*. Opladen: Westdeutscher Verlag GmbH
14. Perovic, B. (2009) *Spanende Werkzeugmaschinen* Berlin: Springer-Verlag

15. Spax. *Kontaktkorrosion.* Abgerufen von:  
<https://www.spax.com/de/service/technisches-lexikon/kontaktkorrosion/>  
[03.04.2019]
16. Stahlbauteile. *Stahllexikon.* Abgerufen von:  
<http://www.stahlbauteile.com/stahllexikon/stahllexikon-h.html> [06.04.2019]
17. Weck, M. (1998). *Werkzeugmaschinen Maschinenarten und Anwendungsbereiche* (5. Auflage) Berlin: Springer-Verlag
18. Weißbach, W., Dahms, M. & Jaroschek, C. (2015). *Werkstoffkunde: Strukturen, Eigenschaften, Prüfung* (19. Auflage). Wiesbaden: Springer Fachmedien

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

|                 |                                                                                                                                                                                                                                            |       |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Abbildung<br>1  | Dillinger, J., Dobler, H.-D., Doll, W., Escherich, W., Günter, W., Heinzler, M., Ignatowitz, E., Oesterle, S., Reißler, L., Stephan, A. & Vetter, R. (2007). <i>Fachkunde Metall</i> (55. Auflage). Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel | S. 11 |
| Abbildung<br>2  | ebd.                                                                                                                                                                                                                                       | S. 16 |
| Abbildung<br>3  | Klocke, F. (2018) <i>Verfahren mit rotatorischer Hauptbewegung. In: Fertigungsverfahren 1</i> Berlin: Springer Vieweg                                                                                                                      | S. 17 |
| Abbildung<br>4  | ebd.                                                                                                                                                                                                                                       | S. 18 |
| Abbildung<br>5  | ebd.                                                                                                                                                                                                                                       | S. 19 |
| Abbildung<br>6  | Klocke, F. & König, W. (1997). <i>Fertigungsverfahren Drehen, Fräsen Bohren</i> (8. Auflage). Berlin: Springer-Verlag                                                                                                                      | S. 23 |
| Abbildung<br>7  | ebd.                                                                                                                                                                                                                                       | S. 23 |
| Abbildung<br>8  | ebd.                                                                                                                                                                                                                                       | S. 24 |
| Abbildung<br>9  | ebd.                                                                                                                                                                                                                                       | S. 25 |
| Abbildung<br>10 | ebd.                                                                                                                                                                                                                                       | S. 27 |
| Abbildung<br>11 | Eigene Darstellung                                                                                                                                                                                                                         | S. 29 |
| Abbildung<br>12 | Spax. <i>Kontaktkorrosion.</i> Abgerufen von: <a href="https://www.spax.com/de/service/technisches-lexikon/kontaktkorrosion/">https://www.spax.com/de/service/technisches-lexikon/kontaktkorrosion/</a> [03.04.2019]                       | S. 32 |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Abbildung<br>13 | Weck, M. (1998). <i>Werkzeugmaschinen Maschinenarten und Anwendungsbereiche</i> (5. Auflage) Berlin: Springer-Verlag                                                                                                                                                                                                        | S. 40 |
| Abbildung<br>14 | ebd.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | S. 41 |
| Abbildung<br>15 | Perovic, B. (2009) <i>Spanende Werkzeugmaschinen</i> Berlin: Springer-Verlag                                                                                                                                                                                                                                                | S. 42 |
| Abbildung<br>16 | Weck, M. (1998). <i>Werkzeugmaschinen Maschinenarten und Anwendungsbereiche</i> (5. Auflage) Berlin: Springer-Verlag                                                                                                                                                                                                        | S. 43 |
| Abbildung<br>17 | ebd.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | S. 44 |
| Abbildung<br>18 | ebd.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | S. 45 |
| Abbildung<br>19 | Yumpu. <i>Gewindetabelle</i> . Abgerufen von:<br><a href="https://www.yumpu.com/de/document/read/32652112/gewindetabelle-faa-1-4-r-whitworth-rohrgewinde-faa-1-4-r-werkzeugladech">https://www.yumpu.com/de/document/read/32652112/gewindetabelle-faa-1-4-r-whitworth-rohrgewinde-faa-1-4-r-werkzeugladech</a> [10.04.2019] | S. 48 |
| Abbildung<br>20 | Degner, W., Lutze, H. & Smejkal, E. (2015). <i>Spanende Formung: Theorie – Berechnungen – Richtwerte</i> (17. Auflage) München: Carl Hanser Verlag                                                                                                                                                                          | S. 50 |
| Abbildung<br>21 | Academic. <i>Winkel und Längen am Sechskant</i> . Abgerufen von:<br><a href="https://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/1267727">https://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/1267727</a> [14.04.2019]                                                                                                                                  | S. 53 |
| Abbildung<br>22 | Degner, W., Lutze, H. & Smejkal, E. (2015). <i>Spanende Formung: Theorie – Berechnungen – Richtwerte</i> (17. Auflage) München: Carl Hanser Verlag                                                                                                                                                                          | S. 53 |
| Tabelle 1       | Eigene Tabelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | S. 55 |

Anhang

