

## Hochschule Merseburg

### Fakultät für Ingenieur- und Naturwissenschaften



# Bachelorarbeit

## Im Studiengang Mechatronik, Industrie- u. Physiktechnik

**Thema:** Erstellung eines Konzeptes für ein Rund-Schleif—Zentrum zur Endbearbeitung von wellenförmigen Teilen mit abgesetzten Konturen

**Betreuer:**

Prof. Dr.-Ing. Rolf Kademann; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kirchhofer; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

**Verfasser:** Yi Huang

**E-Mail:** huangyipxx@gmail.com

**Anschrift:** Eberhard-Leibnitz Str.1 Zim 031, 06217 Merseburg

**Matrikelnummer:** 21710

**Abgabetermin:** 23.11.2016

# Inhaltverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	4
<b>2. Grundlage</b> .....	5
2.1 Fertigungssystem.....	5
2.2 Einsatzcharakteristika für FFS.....	5
2.3 Aufbau und Planung des FFS.....	8
2.4 Einteilung der Fertigungsverfahren.....	9
2.5 Werkzeugmaschinen.....	9
2.6 Schleifverfahren.....	10
2.7 Schleifmaschinen.....	12
2.7.1 Rundschleifmaschinen.....	13
2.7.2 Universal-Außen- und Innenrundschleifmaschine.....	14
2.7.3 Generelle Maschinenanforderungen an Rundschleifmaschinen.....	15
<b>3. Lösungen für technischen Einrichtungen</b> .....	16
3.1 CNC- Universal -Rundschleifmaschine.....	16
3.2 CNC-Schrägeinstich-Rundschleifmaschine.....	19
3.3 Konventionelle Rundschleifmaschine.....	22
3.4 Spitzenlose Rundschleifmaschinen.....	25
<b>4. Auslegung und Bewertung von Lösungsvarianten</b> ..	29
4.1 CNC- Universal -Rundschleifmaschine.....	29
4.2 CNC-Schrägeinstich-Rundschleifmaschine.....	30

<b>4.3 Konventionelle Rundschleifmaschine.....</b>	<b>32</b>
<b>4.4 Spitzenlose Rundschleifmaschinen.....</b>	<b>33</b>
<b>4.5 Bewertungskriterien und Ergebnis.....</b>	<b>34</b>
<b>5. Prozess und Begründung.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Vorbereitungen.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1.1 Auswahl.....</b>	<b>37</b>
<b>5.1.2 Überprüfung und Berichtigung.....</b>	<b>37</b>
<b>5.1.3 Zentrierung.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1.4 Vorbearbeitung.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2 Bearbeitung mit CNC-Rundschleifmaschine.....</b>	<b>38</b>
<b>5.3 Begründung.....</b>	<b>39</b>
<b>6. Zusammenhang zwischen Schnittstellen.....</b>	<b>40</b>
<b>6.1 Rohteil.....</b>	<b>40</b>
<b>6.2 Transportsystem.....</b>	<b>40</b>
<b>6.3 Schleifscheiben.....</b>	<b>42</b>
<b>6.4 Handhabung.....</b>	<b>44</b>
<b>6.5 Kühlsystem und Filteranlage.....</b>	<b>44</b>
<b>7.Zusammenfassung.....</b>	<b>46</b>
<b>Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit.....</b>	<b>48</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabelleverzeichnis.....</b>	<b>51</b>
<b>Quelle .....</b>	<b>52</b>

# 1. Einleitung

## **Aufgabenstellung:**

Zunehmend gewinnt die Automatisierung in mannigfaltiger Form in der Produktionstechnik an Bedeutung, so dass es bei Auslegung der einzusetzenden Fertigungstechnik eine Vielzahl an technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu beachten gilt.

Im Rahmen der Bachelorarbeit sind, gemäß der o. g. Themenstellung, das Maschinenkonzept zu konzipieren, deren Struktur darzustellen sowie dazugehörige maschinenbautechnische und organisatorische Besonderheiten aufzuzeigen und deren Einbindung in den Prozessablauf zu analysieren.

## **Lösung der Aufgabenstellung**

1. Analyse des gegenwärtigen Standes der Fertigungssystemauslegung in der Rundschleif-Bearbeitung unter Berücksichtigung der Verfahrensvarianten
2. Dokumentation der vorhandenen Lösungen für die o. g. technischen Einrichtungen in derartigen Prozessen
3. Auslegung und Bewertung von allgemeinen Lösungsvarianten für das Koppeln der genannten Fertigungsverfahren
4. Beschreibung einer möglichen Lösungen an einem selbst gewählten Beispielteil (mit Begründung)
5. Darstellung des Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen Materialfluss (Rohteil, Fertigteil, Werkzeuge), Transport und Handhabung sowie Ver- und Entsorgung der einzelnen Elemente für die Vorzugsvariante gemäß Abschnitt 4

## 2. Grundlage

### 2.1 Fertigungssystem

Ein flexibles Fertigungssystem ist ein Produktionssystem, das eine Menge von ersetzenden und/oder ergänzende numerisch gesteuerte Maschinen enthält. Die Maschinen werden durch ein automatisiertes Transportsystem miteinander verbunden.

Im Gegensatz zu konventionellen Fertigungseinrichtung stellt die Planung und Inbetriebnahme eines Flexiblen Fertigungssystems(FFS) eine sehr komplexe Aufgabe dar, die durch einen das Gesamtsystem (technisch-, technologisch, betriebsorganisatorisch und betriebswirtschaftlich) betrachtenden Planungsansatz zu bewältigen ist.

Die Hauptmerkmale, die dabei berücksichtigt werden müssen, sind

- die **Systemkomponenten**
- das **Informationssystem**
- das **Personal**
- die **organisatorische Einbindung** in den innerbetrieblichen

Produktionsprozess sowie

- die **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**<sup>[1]</sup>

### 2.2 Einsatzcharakteristika für FFS

Flexible Fertigungssysteme sind unter heutigen Gesichtspunkten nach dem Maschinenkonzept systematisiert. Es existieren das Einzelmaschinenkonzept (NC-Maschine -- NCM, Bearbeitungszentrum -- BZ, Flexible Fertigungszelle -- FFZ) sowie das Mehrmaschinenkonzept (Flexible Taktstraße -- FTS, Flexibles Fertigungssystem -- FFS).

Die wichtigsten charakteristischen Kennzeichen flexibler Maschinenkonzepte sind dabei bezüglich der Automatisierung

- die **Prozessdurchführung**
- der **Werkstücktransport**
- die **Prozessüberwachung**
- der **Werkstückwechsel**
- der **Werkzeugwechsel**

Zu beachtende Kenngrößen im Hinblick auf die Bearbeitung sind

- ein **wahlfreier Materialfluss**
- die **Simultanbearbeitung**
- sich **ersetzende/ergänzende Stationen**
- eine **Mehrverfahrenbearbeitung**

die mittels einer übergeordneten Steuerung realisiert werden. <sup>[1]</sup>

Somit gilt:

Flexible Fertigungssysteme (FFS) stellen Mehrmaschinensysteme mit übergeordneter Steuerung in Form eines Leitrechners dar.

Das Hauptmerkmal eines FFS besteht darin, dass unterschiedliche Werkstücke auf verschiedenen Fertigungseinrichtungen simultan bearbeitet werden können. Die Bearbeitungsstationen, die von den einzelnen Werkstücken wahlfrei angelaufen werden, können dabei sowohl ersetzend oder auch ergänzend sein. Weiterhin kann ein großes Variantenspektrum im Teilemix bearbeitet werden.

Rüstvorgänge werden parallel zur Hauptzeit durchgeführt. Werkzeug- und Werkstückver- und -entsorgung erfolgen automatisch.

Alle diese prozessorientierten Vorgänge innerhalb des FFS werden durch den Leitrechner gesteuert und koordiniert. <sup>[1]</sup>

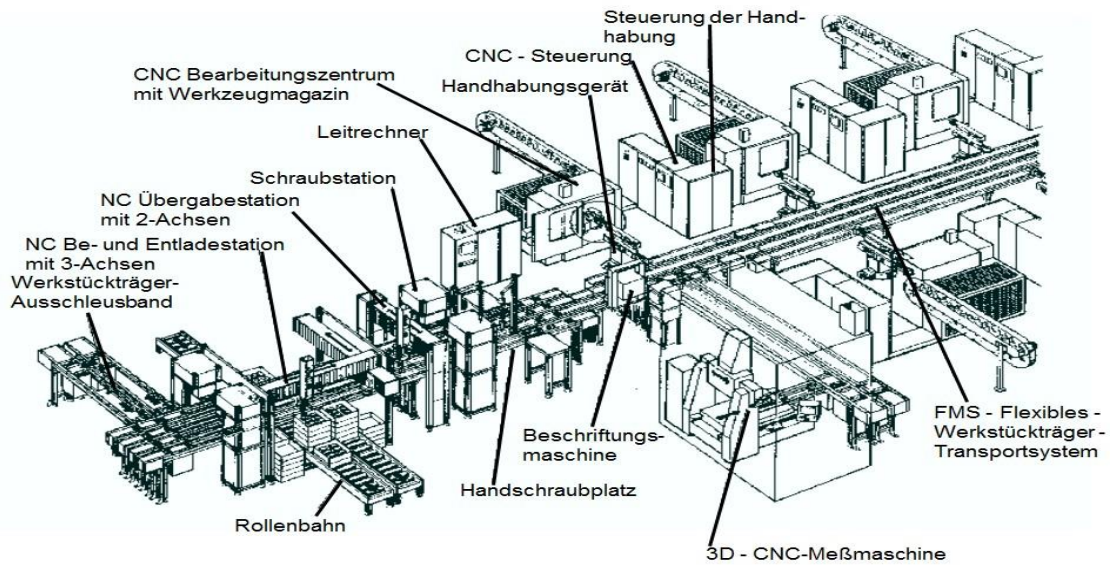


Abb. 1: Elemente und Grundaufbau eines FFS(BOSCH Industrierausrüstung, Anwender BOSCH Stuttgart)<sup>[1]</sup>

Das in Abbildung 1 dargestellte Beispiel eines FFS ist für die Bearbeitung prismatischer Teile ausgelegt und besteht aus acht Bearbeitungszentren, die rechts und links des Transportsystems angeordnet sind. Die Be- und Entladung jeder dieser integrierten Fertigungseinrichtungen erfolgt automatisch durch ein Handhabegerät (jeweils vier Spannvorrichtungen mit je zwei Werkstücken, d.h. acht identische Teile. Im Anschluss an die Bearbeitung wird eine der vier Paletten zur Messmaschine transportiert und in dieser kontrolliert. Bei positivem Messergebnis erfolgt die Freigabe aller acht Teile für deren Montage. Das automatisch Umspannen in die zweite Spannlage geschieht in der so genannten Schraub- und Umsetzstation.<sup>[1]</sup>

Einlaufträge können unter Berücksichtigung vorgegebener Bearbeitungsprioritäten sehr kurzfristig in den aktuellen Auftragspool eingelastet werden. Dieser Eigenschaft ist es zu verdanken, dass ein FFS heute dem hohen Flexibilitätsbedarf gerecht werden kann.<sup>[1]</sup>

## 2.3 Aufbau und Planung des FFS

Das FFS bildet unter betrieblichen Bedingungen eine technische und organisatorische Einheit aus verschiedenen Einzelkomponenten, wobei periphere Komponenten im Gegensatz zu konventionellen Maschinen fest integrierte Bestandteile des Gesamtsystems sind, sodass FFS als komplexe Einheit geplant werden muss. <sup>[1]</sup>

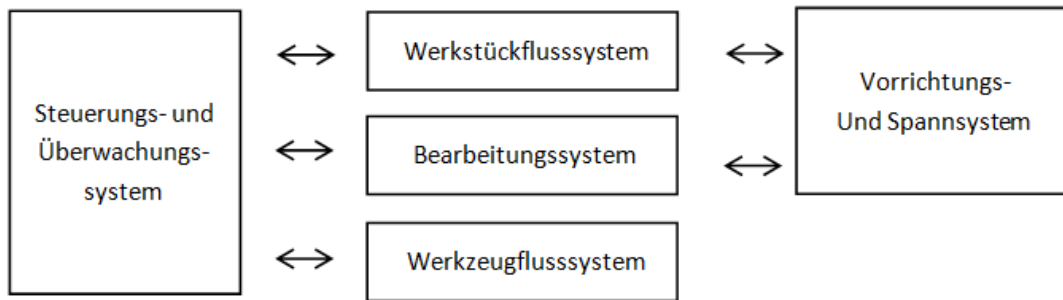


Abb. 2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen<sup>[1]</sup>

Das Grundschemata eines derartigen Fertigungskonzeptes ist Abbildung 3 zu entnehmen.

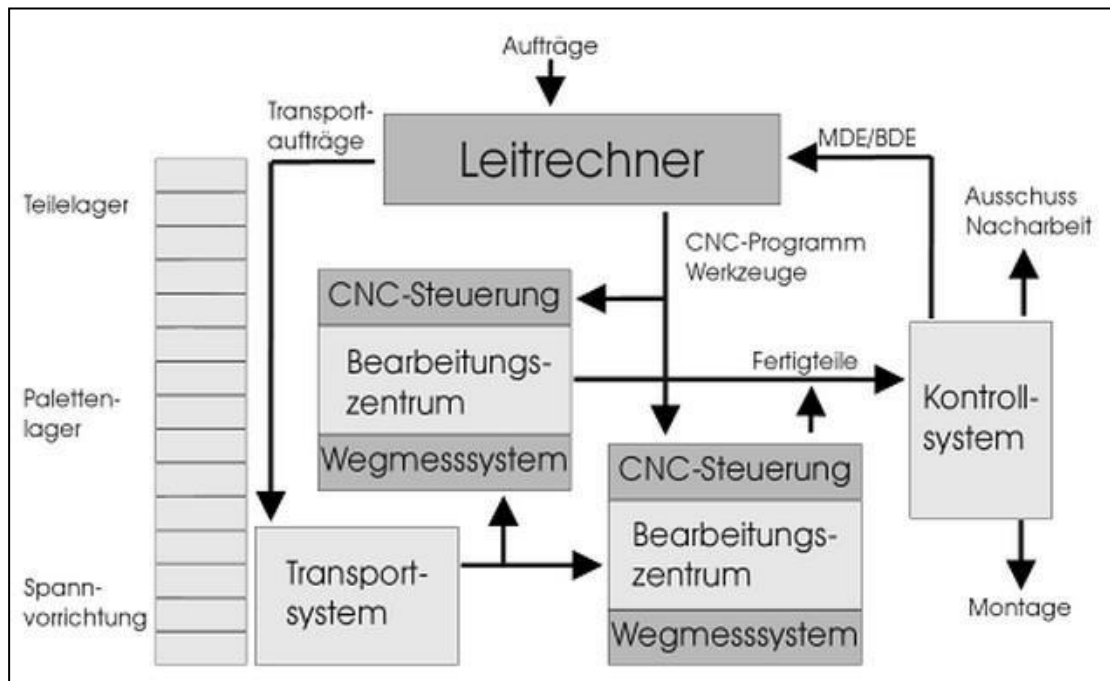


Abb. 3: Struktur eines flexiblen Fertigungssystems<sup>[1]</sup>



## 2.4 Einteilung der Fertigungsverfahren

Die Fertigungsverfahren werden in sechs Hauptgruppen unterteilt. Das Kriterium zur Einteilung der Fertigungsverfahren ist der Zusammenhalt einzelner benachbarter Materialteilchen.

Fertigungsverfahren					
Zusammenhalt - schaffen	Zusammen- halt beibehalten	Zusammen- halt vermindern	Zusammenhalt vermehrten		
Urformen	Umformen	Trennen	Fügen	Beschich- -ten	Stoffeigen- schaftändern

Tabelle 1: Einteilung der Fertigungsverfahren

## 2.5 Werkzeugmaschinen

Werkzeugmaschinen sind Mittel zum Zweck in der Produktion und realisieren damit die Kernprozesse der Fertigung. Die sich daraus ergebenden Herausforderungen für die Entwickler und Anwender von Werkzeugmaschinen sind Anlass, sich ständig mit neuesten Techniken auseinander zu setzen.

Werkzeugmaschinen können auch als technische Systeme definiert werden, die aus Rohteilen durch Anwendung der Fertigungsverfahren Fertigteile herstellen. Wie bei allen technischen Systemen werden die drei Grundgrößen Energie, Material und Information im System gewandelt.<sup>[2]</sup>

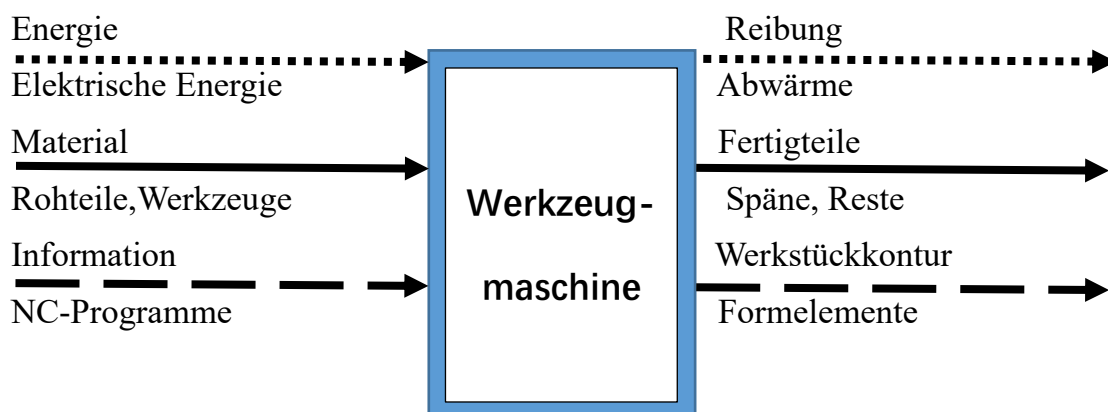


Abb. 4: Werkzeugmaschinen als technisches System <sup>[2]</sup>

Werkzeugmaschinen werden nach dem Fertigungsverfahren und dem Automatisierungsgrad bezeichnet.

Einzelmaschinen, die nur ein Fertigungsverfahren ausführen enthalten dieses in der Bezeichnung, z.B. Bohrmaschinen, Fräsmaschinen, Drehmaschinen. [2]

## 2.6 Schleifverfahren

Die Schleifverfahren sind nach Merkmalen der herzustellenden Flächenform unterteilt. (Abb. 5) Durch Planschleifen werden z.B. ebene Flächen und durch Rundschleifen kreiszylindrische Flächen erzeugt. Weiterhin unterscheidet man

- Außen- und Innenbearbeitung
- Art des verwendeten Schleifwerkzeugs (Umfangs- und Seitenschleifen)
- Art der Vorschubbewegung (Längs- und Einstechbewegung). [2]

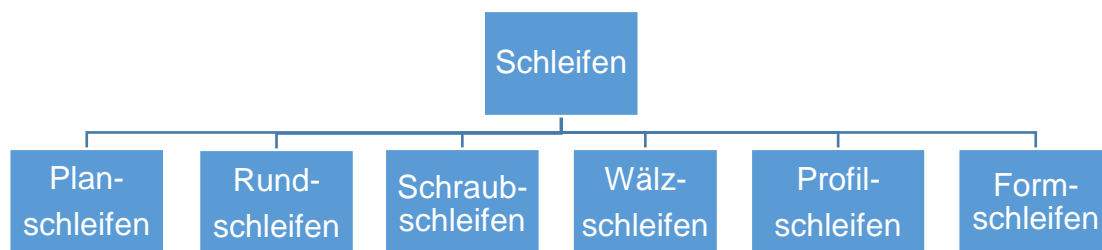


Abb. 5: Einleitung der Schleifverfahren

Der Schleifprozessverlauf wird hauptsächlich durch das Verhalten der Schleifscheibe bestimmt. Der Schleifscheibenzustand ändert sich unter der Einwirkung mechanischer und thermischer Beanspruchung und beeinflusst die Werkstückqualität.

Erreicht die Werkstückqualität nach einer Schnittzeit eine vorgegebene Qualitätsgrenze, so ist ein Standzeitende der Schleifscheibe gegeben. Qualitätsgrenzen können vorgegebene Rauheiten, noch zulässige Profil- und Rundheitsabweichungen und Auftreten von Brandflecken oder Rattermarken an der Werkstückoberfläche sein. Zur Wiederherstellung der geometrischen Form und der Schneidfähigkeit wird die Schleifscheibe abgerichtet.

Abbrichtverfahren und -bedingungen legen den Ausgangszustand der Schleifscheibe fest.

Komponenten der Schleifkraft sind die Norm-, die Tangential- und die Vorschubkraft. Abb. 6 verdeutlicht die Zusammenhänge. Die Normalkraft  $F_n$  steht senkrecht auf der zu bearbeitenden Fläche und ist verantwortlich für die Verformungen von Maschine, Werkstück und Werkzeug. Die Tangentialkraft  $F_t = F_c$  wirkt, bezogen auf das Werkstück, tangential zur Scheibenoberfläche in Richtung der Schnittbewegung und bestimmt die im Schleifprozess notwendige Schleifleistung. Die Vorschubkraft  $F_a$  bzw.  $F_f$  wirkt in Vorschubrichtung und ist verhältnismäßig klein. Werden die Komponenten der Schleifkraft auf die Breite des aktiven Scheibenprofils bezogen, so ergeben sich die bezogenen Schleifkräfte  $F'_n$ ,  $F'_t$  und  $F'_f$ .<sup>[2]</sup>

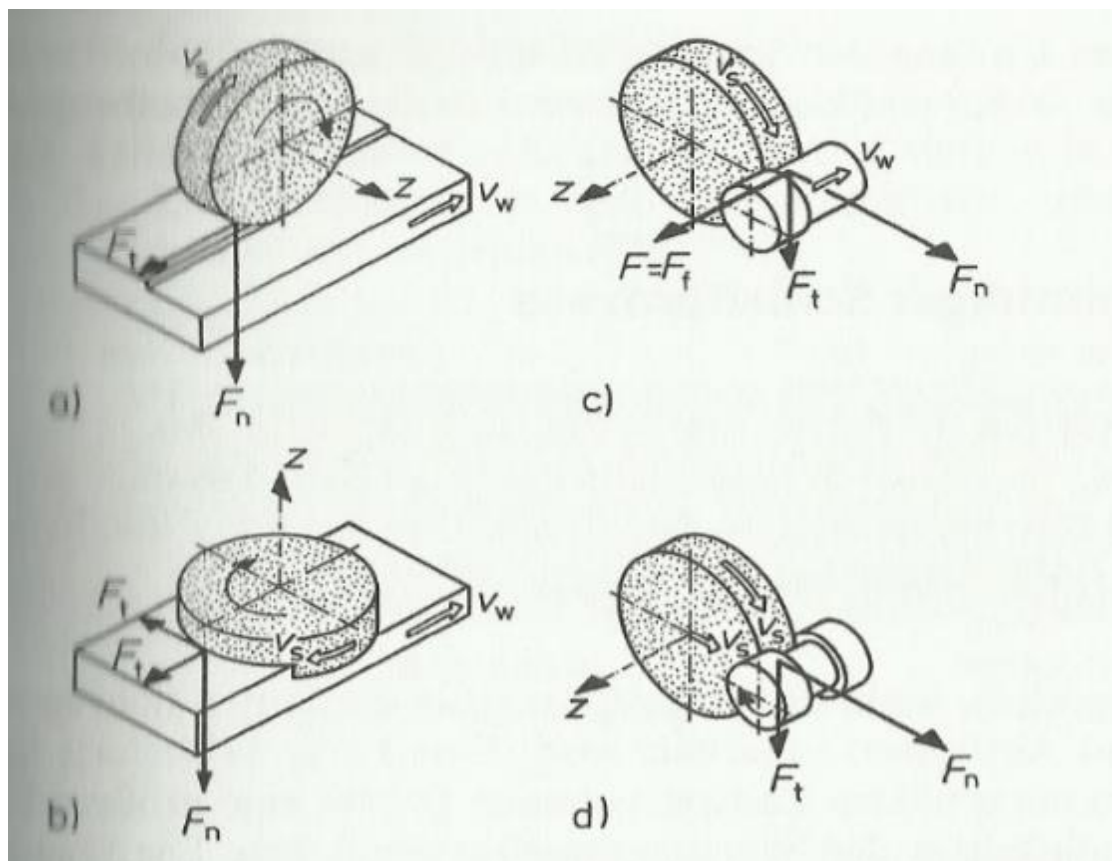


Abb.6: Schleifkräfte bei verschiedenen Schleifverfahren (auf das Werkstück bezogen). a) Plan- und Umfangsschleifen; b) Plan-Seitenschleifen; c) Außenrund-Längsschleifen; d) Außenrund-Seitenschleifen.  
 [2]

## 2.7 Schleifmaschinen

Entsprechend dem Schleifverfahren führt bei Schleifmaschinen grundsätzlich das zylindrische Werkzeug durch Rotation die Schnittbewegung aus. Der Schnittbewegung sind eine oder mehrere Vorschubbewegungen sowie die Zustellung überlagert. Die Form der zu schleifenden Werkstücke bestimmt die Bauart der Maschine. In Abb. 7 sind die prinzipiellen Aufgaben der verschiedenen Schleifmaschinenbauarten an je einem Bearbeitungsbeispiel dargestellt.<sup>[3]</sup>



Abb.7: Wirkprinzipien von Schleifmaschinen-Bauarten<sup>[3]</sup>

Obwohl beim Schleifen ähnlich wie beim Fräsen stirn- und umfangsschneidende Werkzeuge Anwendung finden und ähnliche Formelemente am Werkstück hergestellt werden, unterscheiden sich Schleifmaschinen wesentlich von Fräsmaschinen. Dies resultiert aus

- der Genauigkeit im Mikrometer- Bereich und den sich daraus ergebenden Forderungen hinsichtlich geometrischer Genauigkeit, statischer und dynamischer Steifigkeit, thermischen Verhaltens und der Steuerung
- den höheren Schnittgeschwindigkeiten
- den höheren Zustellgenauigkeiten und kleineren Zustellgeschwindigkeiten
- dem Aufwand für Sicherheitseinrichtung und ggf. Automatisierte Auswuchten

- der in die Maschine integrierten Abrichteinrichtung
- der Kühlschmierstoffaufbereitung u.a. [4]

## 2.7.1 Rundschleifmaschinen

Rundschleifmaschinen sind dadurch gekennzeichnet, dass eine Komponente der Vorschubbewegung durch das rotierende runde Werkstück ausgeführt wird. Die zweite Vorschubbewegung und die Zustellung wirken in Längs- und/oder Radialrichtung des Werkstücks. [3]

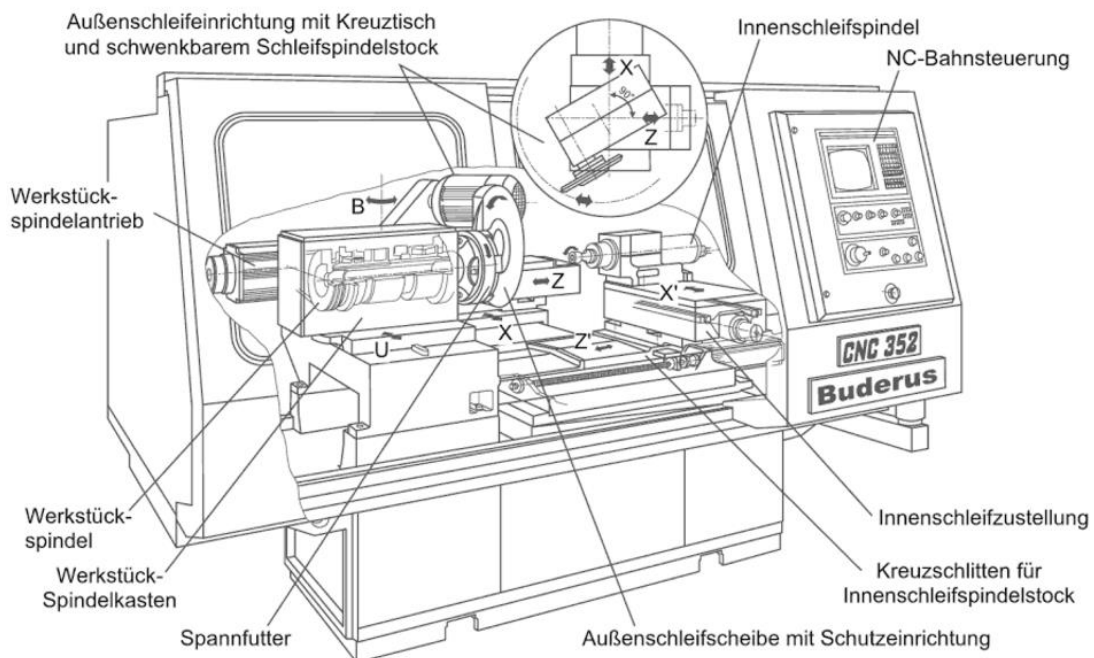


Abb.8 :Universal-Rundschleifmaschine(Buderus) [3]

Abb.8 zeigt die Ansicht einer Universal-Rundschleifmaschine, also einer Maschine, die für eine Außen- und Innenbearbeitung sowie eine Planbearbeitung vorgesehen ist. [3]

## 2.7.2 Universal-Außen- und Innenrundschleifmaschine

Für den universellen Einsatz auch im Werkstattbetrieb sind Außen- und Innenrundschleifmaschinen hervorragend geeignet. Mit ihnen sind alle wesentlichen Schleifoperationen an rotationssymmetrischen Werkstücken möglich.

Die wichtigsten Baugruppen von Rundschleifmaschinen sind (Abb. 9)

- das Maschinenbett zur Aufnahme aller andern Baugruppen
- der Zustellschlitten einschließlich seines Antriebes zur Realisierung der Zustell- oder Einstechvorschubbewegung(X)
- der Werkzeugspindelstock mit der Schleifspindel, ihrer Lagerung und ihrem Antrieb
- der Längsschlitten (Tisch) (Z) mit seinem Antrieb zur Realisierung des Längsvorschubes bzw. Der notwendigen Einstellungen in dieser Achse
- der Werkstückspindelstock mit der Werkstückspindel (C), deren Lagerung und Antrieb<sup>[4]</sup>



Abb.9: Beispiel einer Außenrundschleifmaschine; Arbeitsraum mit Bezeichnung der NC-Achsen (Werkbild: Schleifmaschinenwerk Chemnitz)<sup>[4]</sup>



## 2.7.3 Generelle Maschinenanforderungen an

### Rundschleifmaschinen

Anforderungen an Schleifmaschinen können in vier Punkte unterteilt werden und ergeben sich aus:

- der Geometrie der herzustellenden Werkstücke,
- der Ausbringung,
- der geforderten Genauigkeit der Werkstücke und
- der Bedienung der Maschine.

Diesen Anforderungen entsprechen Aufgaben im Aufbau der Maschine, wie Bewegungen auszuführen und Kräfte zu übertragen. Bewegungen werden unterschieden in Schnittbewegung, Zustellbewegung und Vorschubbewegung. Die Schnittbewegung wird beim Rundschleifen je nach Schleifverfahren vom Werkstück, vom Werkzeug oder durch Überlagerung beider Bewegungen erzeugt. Für Zustell- und Vorschubbewegung gibt es diese grundsätzlichen Möglichkeiten.

Für genaue Bewegungen von Werkstück und Werkzeug verwendet man Gerad- und Drehführungen. Diese Elemente müssen mit großer Genauigkeit Kräfte im geschlossenen System Gestell, Werkzeug und Werkstück übertragen.

Neben den Bewegungen haben die Stückzahl und die Losgröße wesentlichen Einfluss auf die Bauformen der Rundschleifmaschinen. Hieraus bestimmen sich bei der Konstruktion die Festlegungen für

- den Standort der Werkstücke,
- die Anforderung der Betriebsmittel,
- die Art der Betriebsmittel und
- die Art der Weiterbewegung der Werkstücke.<sup>[2]</sup>

### 3. Lösungen für technischen Einrichtungen

Die Rundschleifmaschinen unterscheidet man durch die Art der Steuerung konventionelle und die computergesteuerte CNC- Rundschleifmaschinen.

Die konventionelle Rundschleifmaschine braucht den permanenten Einsatz eines Bedieners und die ist unflexibel. Im Gegensatz dazu ist die moderne CNC- Rundschleifmaschine komplexer. Sie arbeitet die programmierten Bearbeitungsabläufe automatisch ab.

Es gibt viele Arten und Hersteller von Rundschleifmaschinen für die Endbearbeitung von wellenförmigen Teilen mit abgesetzten Konturen. Im folgenden sollen einige Rundschleifmaschinen als Beispiel genannt und näher betrachtet werden.

#### 3.1 CNC- Universal -Rundschleifmaschine

Die CNC- Universal- Rundschleifmaschine der Firma **EMAG** soll als Beispiel genannt werden.



Abb. 10: EMAG HG204 <sup>[5]</sup>



Abb.10 ist eine Rundschleifmaschine HG204 von der Firma EMAG.

Die Rundschleifmaschine HG 204 wurde für den komplexen Einsatz in Fertigungssystemen konzipiert. Customizing steht hier klar im Vordergrund. Aus einer großen Auswahl an Technologie- und Fertigungsmodulen werden die Maschinen speziell auf die Bearbeitungsanforderungen zugeschnitten. Durch den integrierten Lader lassen sich die Maschinen zu Fertigungssystemen verketteten, aber auch sehr gut in bestehende Anlagen integrieren. [5]

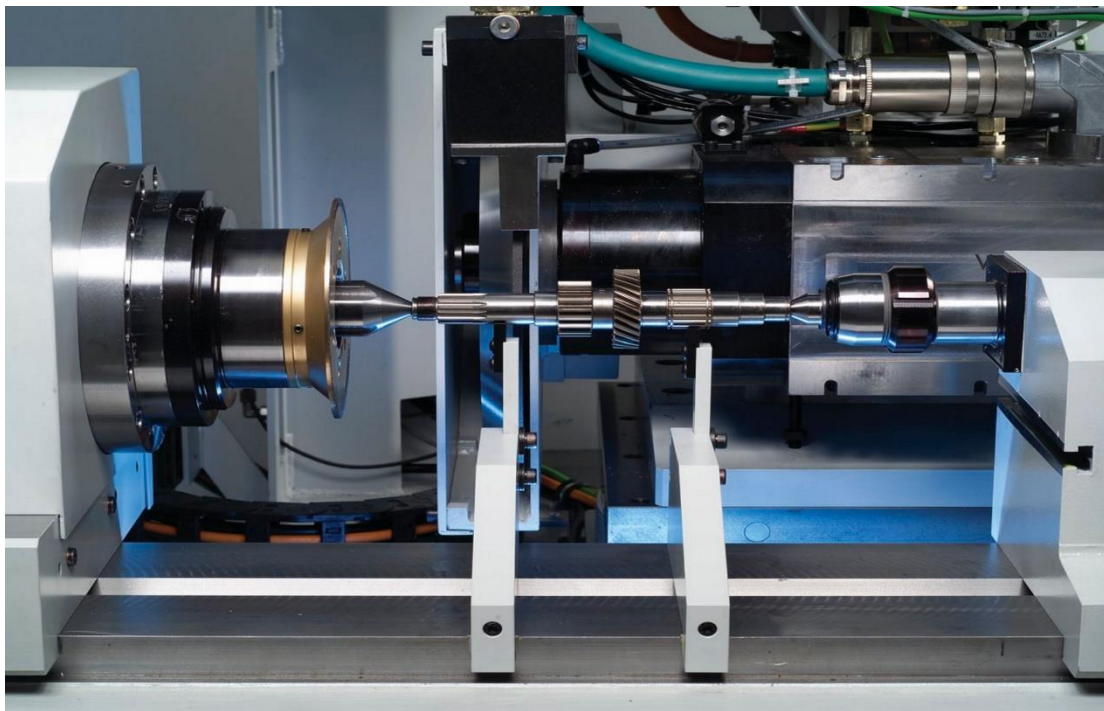


Abb.11: HG204<sup>[5]</sup>

Die HG 204 ist eine Rundschleifmaschine für das Außen- und Innenrundschleifen von der Mittel- bis zur Großserie. Auf der Rundschleifmaschine HG 204 können Wellen mit einer Schleiflänge bis 400 mm bearbeitet werden. Das Baukastenprinzip ermöglicht verschiedene Konfigurationen der Maschinen und damit die optimale Anpassung an die Bearbeitungsaufgabe. Möglich sind:

- Korund- oder CBN-Schleifmittel
- B-Achse mit zwei Schleifspindeln für Außenschleifscheiben, Ø max. 500 mm
- B-Achse mit einer Schleifspindel für Außenschleifscheiben, Ø max. 500 mm sowie zwei Innenschleifspindeln
- B-Achse mit drei Schleifspindeln für Außenschleifscheiben, Ø max. 400 mm
- Werkstückspindelstock mit Motorspindel oder Werkstückspindelstock mit riemengetriebener Spindel
- In- Prozess- Meßeinrichtung
- Abrichteinheit für CBN- und Korundschleifscheiben
- Anschnitterkennung beim Schleifen und Abrichten
- Automatische Auswuchteinrichtung
- Werkstückmitnehmer
- Spannfutter und Lünetten in verschiedenen Baugrößen
- Automatische Ladeluke zum Anschluss einer automatischen Be- und Entladeeinrichtung<sup>[5]</sup>

### Technische Daten

Werkstück-Ø max.	mm	200
	in	8
Werkstücklänge max.	mm	650
	in	25.5
Verfahrweg X	mm	360
	in	14
Verfahrweg Z	mm	1000
	in	39.5

Tabelle 2: HG204 Technische Daten<sup>[5]</sup>

## Vorteile

- Hohe Schleifscheibenantriebsleistung für kurze Bearbeitungszeiten
- Auswuchten mit Anschliff- und Crash-Erkennung zur Überwachung des Schleifprozesses
- In-Prozess-Messung für Außendurchmesser und Längspositionierung an Schultern zur Prozesssteuerung
- Bedien- und Einrichtmasken für einfachste Handhabung
- Hochpräzise und steife Linear-Rollenführungen in allen Achsen für lange Lebensdauer
- Absolute Messsysteme (Glasmaßstäbe) in allen Achsen für höchste Bearbeitungsgenauigkeit
- NC-Reitstock mit großem Hub für Umrüstfreundlichkeit
- Hohe Produktivität durch kurze Nebenzeiten
- Maßkorrektur des Werkstücks durch bedienerfreundliches Werkstückkorrektursystem
- Optimale Zugänglichkeit durch große Türen und geringem Abstand vom Bediener zum Werkstück<sup>[5]</sup>

## 3.2 CNC-Schrägeinstich-Rundschleifmaschine

Für diese Maschinenart soll die CNC- Schrägeinstich - Rundschleifmaschine der Firma **Aais** als Beispiel genannt werden

Die GA Serie von PARAGON ist eine einzigartige Schrägeinstich Rundschleifmaschine geeignet zum Längsschleifen, Mehrfacheinstechschleifen und Profilschleifen mit einer Zustellgenauigkeit von bis zu 0,1 µm.

- Positioniergenauigkeit 1µm und Wiederholgenauigkeit 0,5µm.
- Schleifspindel mit speziell entwickelter hydrostatisch / hydrodynamischer Hybridlagerung.
- Multifunktionaler hochpräziser Werk- stückspindelstock.
- Hydraulisch oder manuelle Betätigung des präzisen Reitstockes

- Hochsteifes Maschinenbett mit hydrostatischer Druckschmierung der Führungen
- Heidenhain Glasmaßstäbe im geschlossenen Regelkreis
- X- und Z-Achsenantrieb über hoch- dynamische Servomotoren direkt an die Klasse 1 Kugelgewindetriebe gekuppelt.
- Steuerung mit FANUC(Standard) oder SIEMENS/MITSUBISHI (Optional)<sup>[6]</sup>

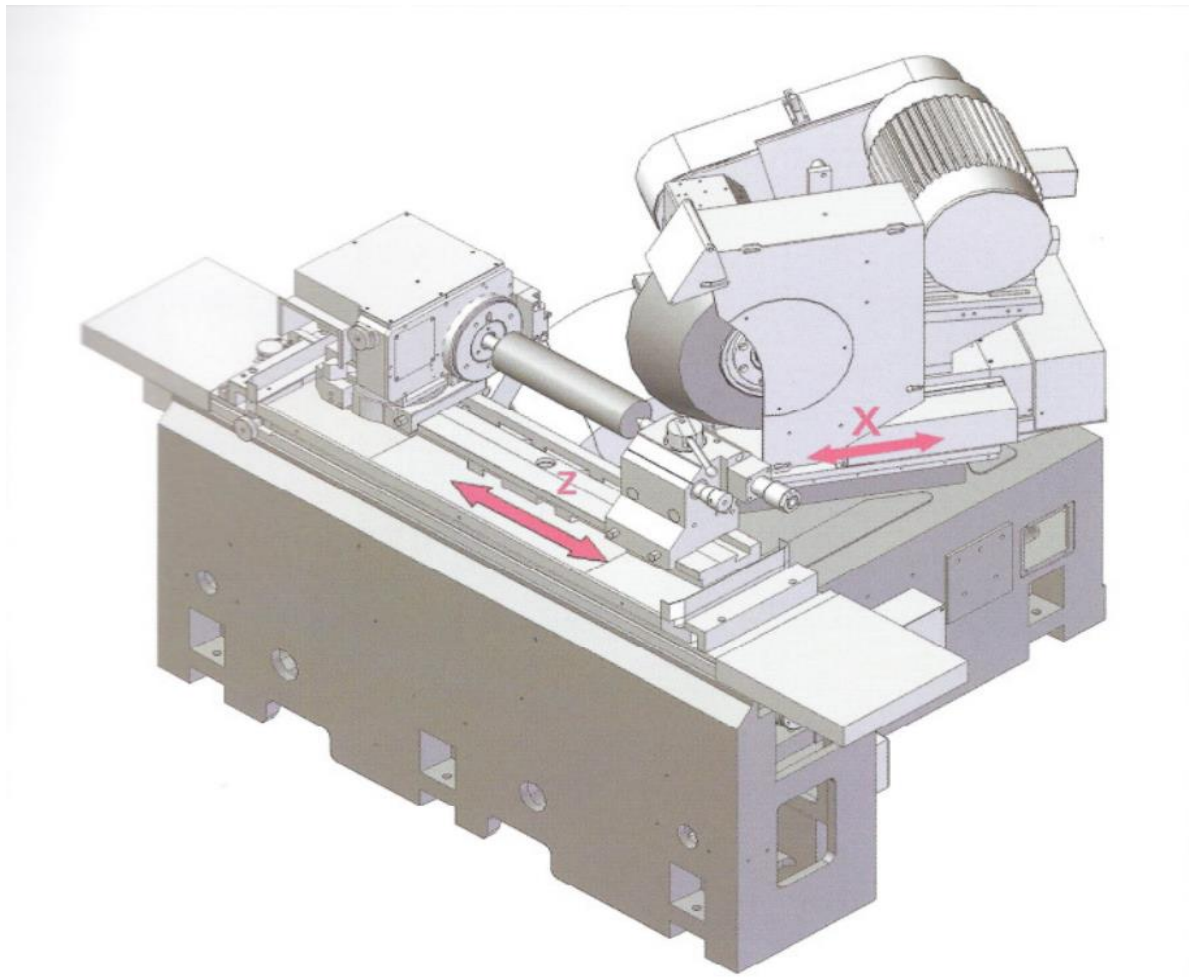


Abb.12: Aasi Schrägeinstich - Rundschleifmaschine<sup>[6]</sup>

Das Maschinenbett wird aus einem hochwertigen Meehanite Guss hergestellt. Das Maschinenbett hat einen niedrigen Schwerpunkt, eine extrem hohe Steifigkeit und eine Eigenfrequenz von über 150 Hz, welche durch eine FEM-Analyse ermittelt wurde. Zusammen mit dem spannungsfrei gemachten Material

stellt diese hervorragende Struktur hohe Steifheit, maximale Dämpfung und eine längere Lebensdauer der Komponenten sicher.<sup>[6]</sup>

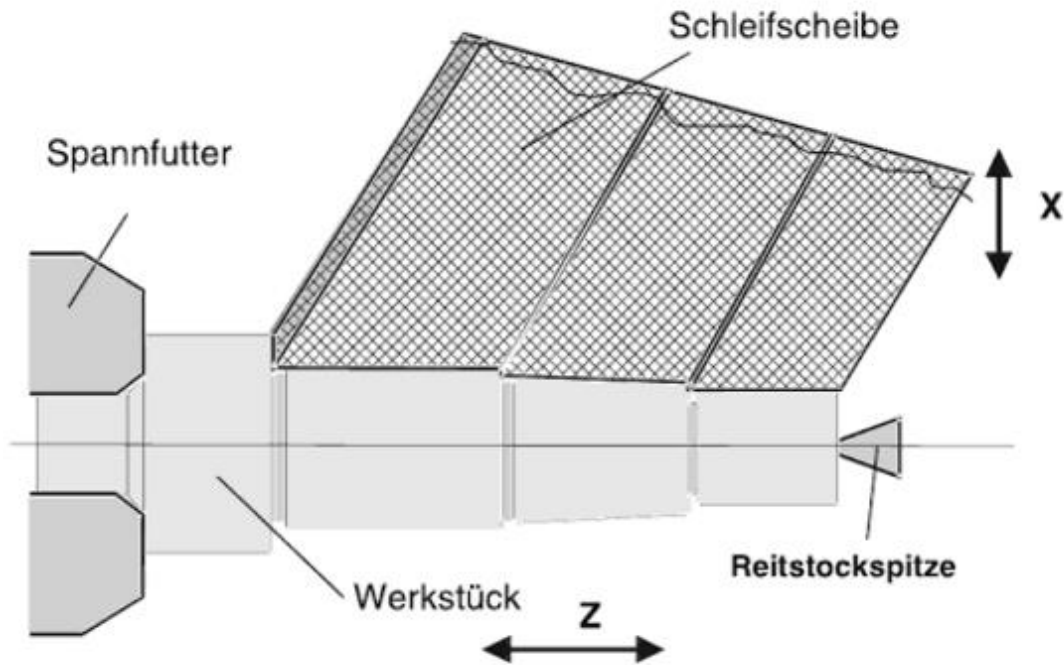


Abb.13: Arbeitsbeispiel einer Wellen-Komplettbearbeitung auf einer CNC-Schrägeinstech-Schleifmaschine mit einer durch eine Diamant-Abriechrolle profilierten Schleifscheibe<sup>[7]</sup>

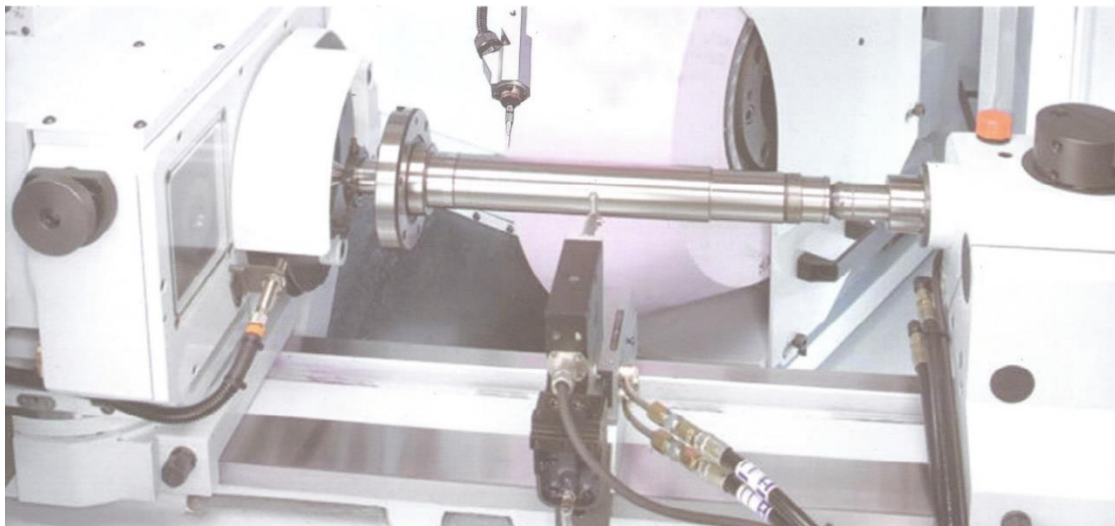


Abb.14: Aasi Schrägeinstich - Rundschleifmaschine<sup>[6]</sup>



### 3.3 Konventionelle Rundschleifmaschine

Für die konventionelle Rundschleifmaschine soll eine Schleifmaschine der Firma KNUTH als Beispiel stehen.



Abb.15 :RSM1000 Knuth<sup>[8]</sup>

RSM1000 ist eine hochpräzise Rundschleifmaschine für die Innen- und Außenbearbeitung. Die RSM1000 hat ein großes Maschinenbett in schwerer Ausführung, die den Platz für Werkstücke bis zu 1000mm Länge und 320mm Durchmesser bietet. Die breiten und präzisionsgeschliffenen Führungen garantieren Genauigkeit auf der gesamten Werkstücklänge und erlauben hohe Werkstückgewichte. Der Tisch kann in 2 Richtungen geschwenkt werden und seine Bewegung in Längsrichtung erreicht manuell über ein Handrad oder automatisch über einen regelbaren Hydraulikvorschub. Das robuste Vorschubventil kann eine sehr feine Vorschubregelung der X-Achse und am Ende der Tisch-Längsbewegung erreichen, sodass eine Verweildauer vom Anwender einstellbar ist. <sup>[8]</sup>



Abb.16 : RSM1000 Knuth<sup>[8]</sup>

Der Schleifspindelmotor, der bis zu 5,5 KW stark sein kann, ist für den Dauerbetrieb ausgelegt. Und der robust Schleifspindelkopf kann nach links und rechts um jeweils 30° und der Arbeitsspindelkopf um 45° geschwenkt werden. Die serienmäßige Innenschleifeinrichtung für Bearbeitungen kann bis zu 100mm Durchmesser sein.<sup>[8]</sup>

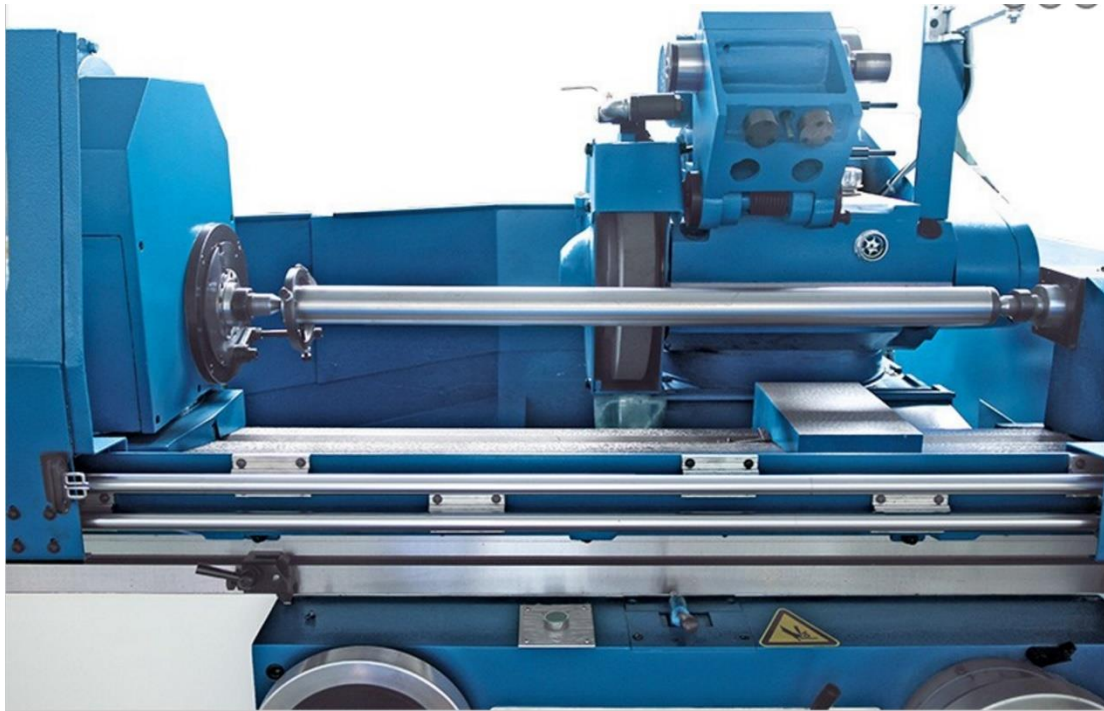


Abb.17 : RSM1000 Knuth<sup>[8]</sup>

## Technische Daten

Spitzenhöhe	180mm	Schleifdurchmesser	8-320mm
Mit fester Lünette	60mm	Schleiflänge	1000mm
Innenschleiftiefe	125mm	Werkstück, Gewicht zwischen den Spitzen max.	150Kg
Schleifscheibenzustellung min.	0,0025mm	Futterdurchmesser	200mm
Tischschwenkbereich max.	-3° /+7°	Umfangsgeschwindigkeiten	35m/s
Arbeitsspindeldrehzahlen	50 Hz: 25-220 1/min; 60 Hz: 30-264 1/min 1/min	Verfahrweg des Schleifkopfs	250mm

Tabelle 3: Technische Daten RSM1000<sup>[8]</sup>



### 3.4 Spitzenlose Rundschleifmaschinen

Bei spitzenlosen Rundschleifmaschinen wird das Werkstück von einer Auflageschiene unterstützt und zwischen einer Regelscheibe gespannt. Diese Regelscheibe treibt das Werkstück an und die Schleifscheibe wird zur Spanabnahme gegen das rotierende Werkstück gedrückt.

Spitzenloses Schleifen ist ein Außenrundschleifverfahren. Im Gegensatz zum normalen Rundschleifverfahren zwischen Spitzen wird das Werkstück beim spitzenlosen Schleifen nicht fixiert. Beim spitzenlosen Schleifen liegt das Werkstück in der Schleifmaschine mit seiner Oberfläche auf einer Auflageschiene und der Regelscheibe auf.

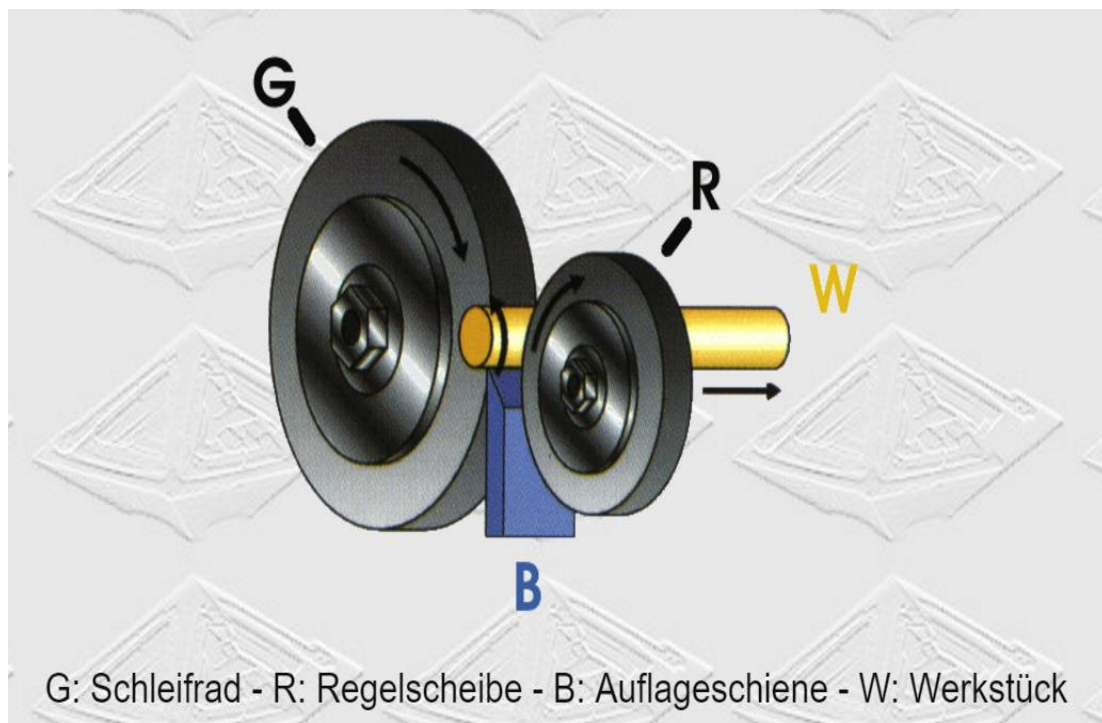


Abb. 18: Grundlagen des spitzenlosen Schleifens<sup>[9]</sup>

Gewöhnlich ist die Auflageschiene der Schleifmaschine positioniert. Das Zentrum der Werkstückachse liegt über der gedachten Verbindungslinie zwischen den Mittelpunkt von Regelscheibe und Schleifscheibe. Die Auflageschiene wird angeschrägt, um das Werkstück zwischen Auflageschiene und Regelscheibe zu fixieren. Die Regelscheibe besteht aus einem weichen Material, z.B. einer

Gummimischung. Diese kann harte Körner enthalten, um den Kraftschluss zwischen Werkstück und Regelscheibe zu gewährleisten.

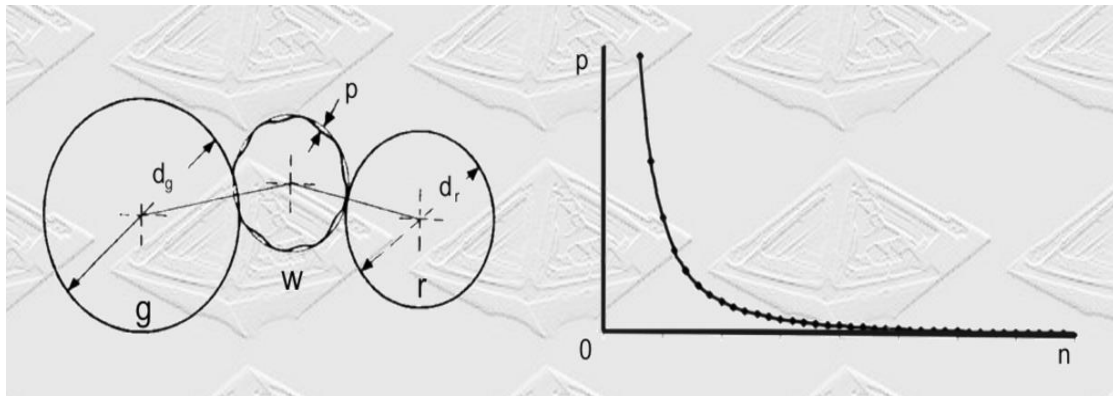


Abb19: g: Schleifrad - r: Regelscheibe - w: Werkstück -  $d_g$ : Schleifraddurchmesser –  
 $d_r$ : Regelscheibendurchmesser - p: Eindringtiefe - n: Polygonordnung<sup>[9]</sup>

Die spitzenlose Schleiftechnik kann sehr hohe Rundheiten erzeugen. Aber prozesstypische Rundheitsfehler können beim Schleifen entstehen, indem die Werkstückmantelfläche gleichzeitig gelagert und bearbeitet wird. Wenn ein hoher Punkt des Werkstücks die Regelscheibe berührt, wird ein niedriger Punkt im Werkstück auf der anderen Seite geschliffen. Es ist noch notwendig, dass die Schleifmaschine eingestellt wird, so dass eine Polygonstruktur mit sehr vielen Ecken geschliffen wird und das Werkstück dadurch nahezu rund wird.

Das spitzenlose Schleifen wird in zwei Arten unterschieden:

### **Einstechrundsleifen** und **Durchlaufmundschleifen**.

Beim Einstechrundsleifen kann das Werkstück über den gesamten Verlauf verschiedene Dicken aufweisen. Es wird nicht nur ein Teil des Werkstücks, sondern auch bei angepassten Schleifscheiben das ganze Werkstück geschliffen.

Beim Durchlaufmundschleifen können zylindrische Werkstücke bearbeitet werden. Diese Werkstücke können länger als die Schleifscheibe sein. Kleine Werkstücke können auch in einem Durchlauf mit bearbeitet werden. Es kommt oft vor, dass mehrere Werkstücke gleichzeitig in der Schleifmaschine bearbeitet werden und so hohe Schleifdurchsätze erzielt werden.

## **Vorteile des spitzenlosen Schleifens**

- Durch linienförmige Abstützung des Werkstücks sind auch biegeweiche oder spröde Werkstücke verarbeitbar (es liegt nur eine geringe Biege- / Torsionsbeanspruchung vor)
- Werkstück erfordert keine Vorbereitung zum Spannen oder zur Übertragung der Drehbewegung (keine Fehlerquellen durch Zentrieren oder Umspannen)
- Werkstückwechsel ist unkompliziert und leicht automatisierbar
- Werkstückwechselzeit entfällt beim kontinuierlichen Längsschleifen
- Beim Längsschleifen extrem lange Teile mit Maschinen kleiner Baugröße bearbeitbar
- Sehr große Schleifscheibenumfangsgeschwindigkeiten sind erreichbar. <sup>[9]</sup>

## **Spitzenlose Rundschleifmaschinen**

Im Anschluss soll eine spitzenlose Schleifmaschine als Beispiel genannt werden. Die Koyo Machine Industries ist eine japanische Firma, die der weltweit führende Anbieter von spitzenlosen Präzisionsschleifmaschinen mit CNC-Steuerungen ist.

Die kompakte 6015C-Maschine hat ein Schleifrad von  $\varnothing$  610mm Durchmesser. Sie ist serienmäßig mit einer CNC-Steuerung mit bis zu 15 Achsen ausgestattet. Der Diamant-Abrichter für die Regelscheibe ist drehbar auf einer Traverse montiert. Die Schleifscheibe ist auf einer frei tragenden Spindel montiert und ebenso wie die Regelscheibe sehr leicht zu tauschen. Beim spitzenlosem Schleifen wird das Werkstück von einer Auflageschiene abgestützt und zwischen einer rotierenden Schleifscheibe und einer Regelscheibe aus Gummi fixiert. Die Regelscheibe dreht das Werkstück. Die Schleifscheibe trägt es ab. <sup>[9]</sup>

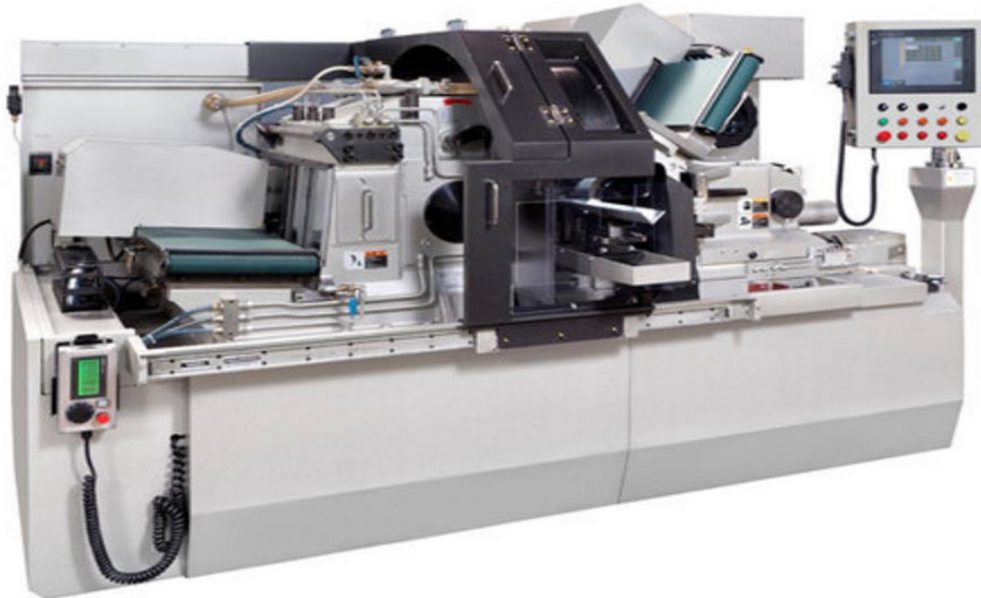


Abb.20: 6015C-Maschine <sup>[9]</sup>

Koyo nutzt in den Schleifmaschinen zu einem hohen Prozentsatz Schleifräder aus kubischem Bornitrid CBN- oder Diamantschleifräder.

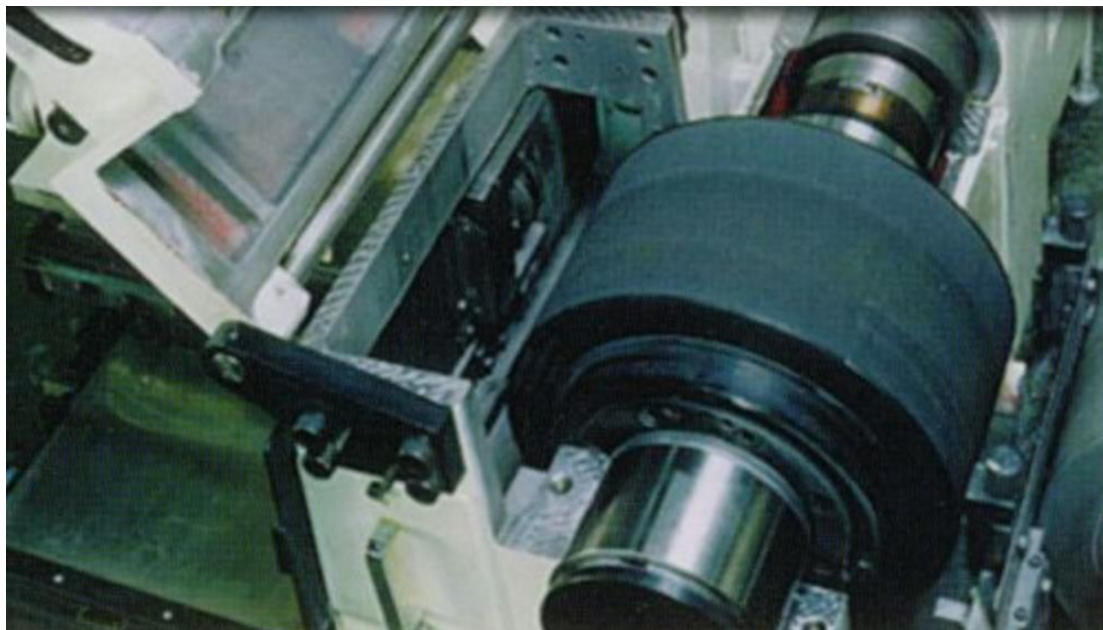


Abb. 21: 6015C-Maschine <sup>[9]</sup>

## 4. Auslegung und Bewertung von Lösungsvarianten

### 4.1 CNC- Universal -Rundschleifmaschine

Die CNC-Universal-Rundschleifmaschine ist eine Schleifmaschine, die durch den Einsatz moderner Steuerungstechnik in der Lage ist, Werkstücke mit hoher Präzision automatisch zu schleifen.

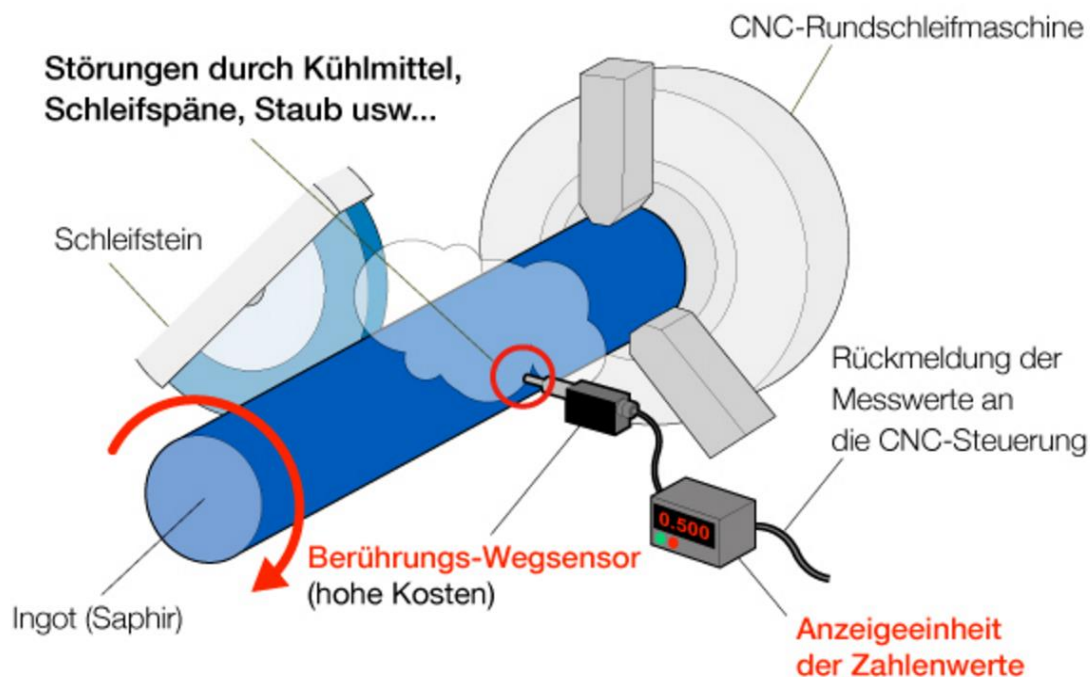


Abb. 22: Messung des Außendurchmessers eines Ingots mit einem Berührungs-Wegsensor<sup>[10]</sup>

Im Vergleich zur anderen Rundschleifmaschine hat eine CNC- Universal-Rundschleifmaschine die folgenden Vorteile.

- Hohe Produktivität durch kurze Nebenzeiten und flexibler Bearbeitung.
- Hochpräzise und steife Linear-Rollenführungen in allen Achsen für lange Lebensdauer.
- Hohe Schleifscheibenantriebsleistung für kurze Bearbeitungszeiten.
- Schnellere Werkzeugführung als bei der manuellen Herstellung durch einen Maschinenbediener.
- Maßkorrektur des Werkstücks durch bedienerfreundliches Werkstückkorrektursystem



Trotz der vielen Vorteile muss der Einsatz von CNC-Universal-Rundschleifmaschinen wohl überlegt werden. Es gibt nämlich auch einige Nachteile.

- Die hohen Anschaffungskosten der CNC-Universal-Rundschleifmaschine für die Maschine und Programmierungskosten.
- Wenn beim Werkstück eine große Fläche geschliffen wird, ist das Werkstück leicht gebogen.
- Es entsteht die Möglichkeit der Fehler beim Zentrieren.

## 4.2 CNC-Schrägeinstich-Rundschleifmaschine

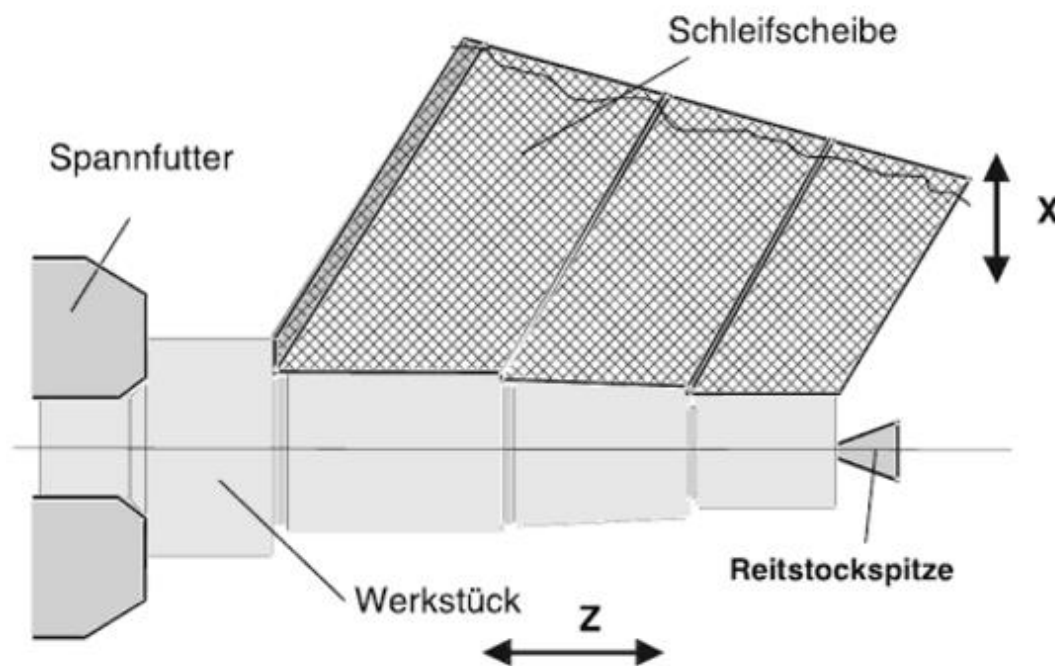


Abb. 23: Arbeitsbeispiel einer Wellen-Komplettbearbeitung auf einer CNC-Schrägeinstech-Schleifmaschine mit einer durch eine Diamant-Abbrichtrolle profilierten Schleifscheibe<sup>[7]</sup>

Die CNC-Schrägeinstich-Rundschleifmaschine gehört zu den CNC-Rundschleifmaschinen. Die Vorteile und Nachteile sind ähnlich wie bei der CNC-Universal-Rundschleifmaschine.

#### Vorteile:

- Hohe Produktivität durch kurze Nebenzeiten und flexibler Bearbeitung.
- Hochpräzise und steife Linear-Rollenführungen in allen Achsen für lange Lebensdauer.
- Hohe Schleifscheibenantriebsleistung für kurze Bearbeitungszeiten.
- Schnellere Werkzeugführung als bei der manuellen Herstellung durch einen Maschinenbediener.
- Maßkorrektur des Werkstücks durch bedienerfreundliches Werkstückkorrektursystem

#### Nachteile:

- Hohe Anschaffungskosten für Maschine und Programmierung
- mögliche Fehler beim Zentrieren

Im folgenden sollen einige Anwendungsgebiete von CNC-Schrägestich-Rundschleifmaschinen genannt werden:

#### **Anwendungsgebiete:**

- Teile für die Luftfahrt
- Hochpräzise Maschinenteile
- Hydraulik- und Pneumatikteile
- Teile für die Fahrzeugindustrie

### 4.3 Konventionelle Rundschleifmaschine

Eine konventionelle Rundschleifmaschine ist die Rundschleifmaschine, die immer den Einsatz eines Bedieners erfordert. Die ist eine unmoderne und unflexible Rundschleifmaschine im Vergleich zur CNC-Rundschleifmaschine.



Abb. 24: Konventionelle Rundschleifmaschine<sup>[11]</sup>

Im Vergleich zur anderen Rundschleifmaschine hat Konventionelle Rundschleifmaschine die folgende Vorteile und Nachteile.

Vorteile:

- Sehr günstiger Preis für Maschine und hoch Präzision
- Anwendung für das Schleifen von Werkstücken in der Einzel- und Kleinserienfertigung
- Eignen für den Einsatz in jeder Branche
- Die einfachere und schnellere Bearbeitung für das kleine Werkstück und Nachbearbeitung



Nachteile:

- Die manuelle Bearbeitung hat eine niedrigere Produktivität gegenüber der CNC-Rundschleifmaschine und eine unflexiblere Bearbeitung.
- Es besteht die Möglichkeit, falsch zu zentrieren
- Es gibt keine Möglichkeit zur Bearbeitung großer Werkstücke.

## 4.4 Spitzenlose Rundschleifmaschinen

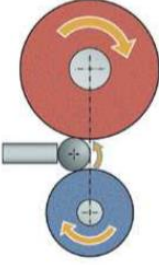
horizontal	schräg	vertikal
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• gebräuchlichste Bauform</li> <li>• gute Zugänglichkeit beim Einrichten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geeignet für schwere Werkstücke, da ein Teil der Gewichtskraft auf die Regelscheibe verlagert wird</li> <li>• Vermeidung von Anschliffen, da das Werkstück beim Andrehen unterstützt wird</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonderbauform</li> <li>• Vorteile bei Be- und Entladung der Werkstücke</li> <li>• nur „Schleifen unter Mitte“ möglich</li> </ul>

Abb.25:Klassifikation nach der Neigung des Maschinenbetts<sup>[12]</sup>

Das spitzenlose Schleifen ermöglicht gegenüber anderen Rundschleifverfahren einen Vorteil in der Fertigungsgenauigkeit. Der eingestellte Zustellbetrag entspricht beim spitzenlosen Schleifen der Durchmesserabnahme des Werkstückes. Beim Schleifen zwischen den Spitzen bzw. im Futter entspricht der Zustellbetrag der doppelten Durchmesserabnahme. Setzt man eine gleiche Zustellgenauigkeit der Maschinenachsen voraus, so ist die Grundgenauigkeit des Verfahrens doppelt so hoch.

Mit der spitzenlosen Schleifmaschine können Werkstücke in einem Durchmesserbereich von 0,1 bis 400 mm bearbeitet werden, wobei der größte Teil der zu schleifenden Werkstücke in einem Bereich von 3 bis 35 mm liegt. Die schleifbare Werkstücklänge wird beim Einstechschleifen durch die maximale Schleifscheibenbreite begrenzt.<sup>[12]</sup>

- Spitzenlose Schleifmaschine wird häufig zur Massenfertigung kleiner, zylindrischer oder kegelliger Teile angewandt. Selbst recht eckige, unförmige Werkstücke können relativ schnell rund geschliffen werden.
- Hohe Spanleistungen sind erreichbar.
- Im Gegensatz zur Schleifmaschine zwischen Spitzen erfordert das Werkstück keine Vorbereitung zum Spannen oder zur Übertragung der Drehbewegung
- Es entstehen keine Fehlerquellen durch Zentrieren oder Umspannen

Trotz der vielen Vorteile muss der Einsatz von Spitzenlose Schleifmaschinen wohl überlegt werden. Es gibt nämlich auch die Nachteile.

- Die hohe Anschaffung von Spitzenlose Schleifmaschinen.
- Bearbeitung nur für kleine Werkstücke und mittelgroße Werkstücke.

## 4.5 Bewertungskriterien und Ergebnis

Die Bewertungskriterien sollen in 3 Unterpunkte eingeteilt werden:

- **Funktional**
- **Ergonomisch**
- **Betrieblich**

Die sind 3 wichtige Anforderungen, um die obengenannte Rundschleifmaschine zu bewerten.

### **Funktional**

- Präzision
- Zuverlässigkeit
- Anwendungsbereich
- Montage

### **Ergonomisch**

- Arbeitssicherheit
- Bedienbarkeit

### Betrieblich

- Anschaffungskosten
- Energieeffizienz
- Zeitkosten

### Ergebnis

	CNC- Universal - Rundschleif- maschine	CNC- Schrägeinstich- Rundschleif maschine	Konventionelle Rundschleif- maschine	Spitzenlose Rundschleif- maschinen
Präzision	2	2	0	2
Zuverlässigkeit	2	1	1	1
Anwendungsbereich	2	0	1	1
Montage	1	1	2	1
Arbeitssicherheit	2	2	1	2
Bedienbarkeit	2	2	0	2
Anschaffungskosten	0	0	2	0
Energieeffizienz	1	1	2	1
Zeitkosten	2	2	0	2
<b>Summe</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>12</b>

Tabelle 4 :Bewertung der Rundschleifmaschinen

2-Sehr gut, 1-gut, 0-schlecht

**Ich kann aus dieser Tabelle ablesen, dass für wellenförmige Teile mit abgesetzten Konturen zur Endbearbeitung die CNC- Universal-Rundschleifmaschine die beste Lösung ist.**

## 5. Prozess und Begründung

Mit einer obengenannten Rundschleifmaschine beschreibe ich das Verfahren zur Endbearbeitung von wellenförmigen Teilen mit abgesetzten Konturen in einem Rund-Schleif-Zentrum.

Ich wähle eine **CNC- Universal -Rundschleifmaschine** zur Endbearbeitung von Welle (Abb.26) aus.

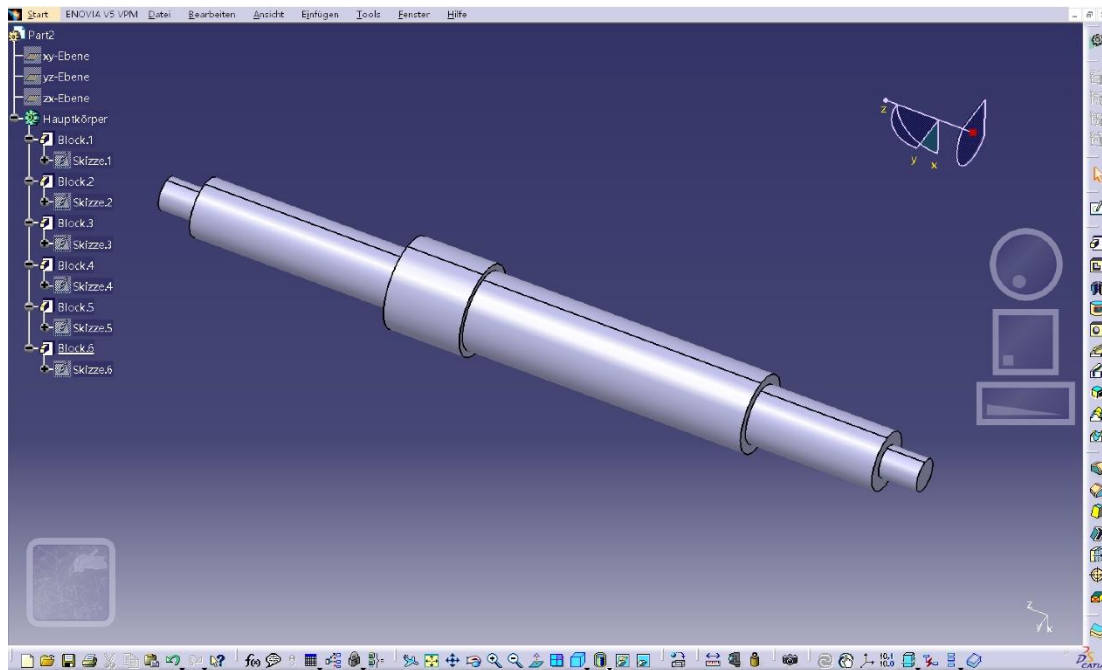


Abb.26: Die Zeichnung einer Welle mit abgesetzter Kontur (aus CATIA)

### 5.1 Vorbereitungen

Vor dem Beginn der Bearbeitung mit einer CNC-Rundschleifmaschine müssen wichtige Vorbereitungen getroffen werden:

- Auswahl des Schleifrads durch verschiedene Materialien von Werkstücke und Auswahl die Geschwindigkeit des Schleifrads
- Überprüfung und Berichtigung des Schleifrads
- Zentrieren
- Vorbearbeitung

### 5.1.1 Auswahl

C45 wird als Werkstoff für die Welle gewählt. Korund- oder CBN-Schleifmittel ist hierfür geeignet.

Abb.27 ist die Zeichnung von Welle und Schleifrad. Diese Welle hat abgesetzte Konturen und verschiedene Durchmesser, deshalb werden fünf Schleifräder ausgewählt, die fünf verschiedene Längen haben.

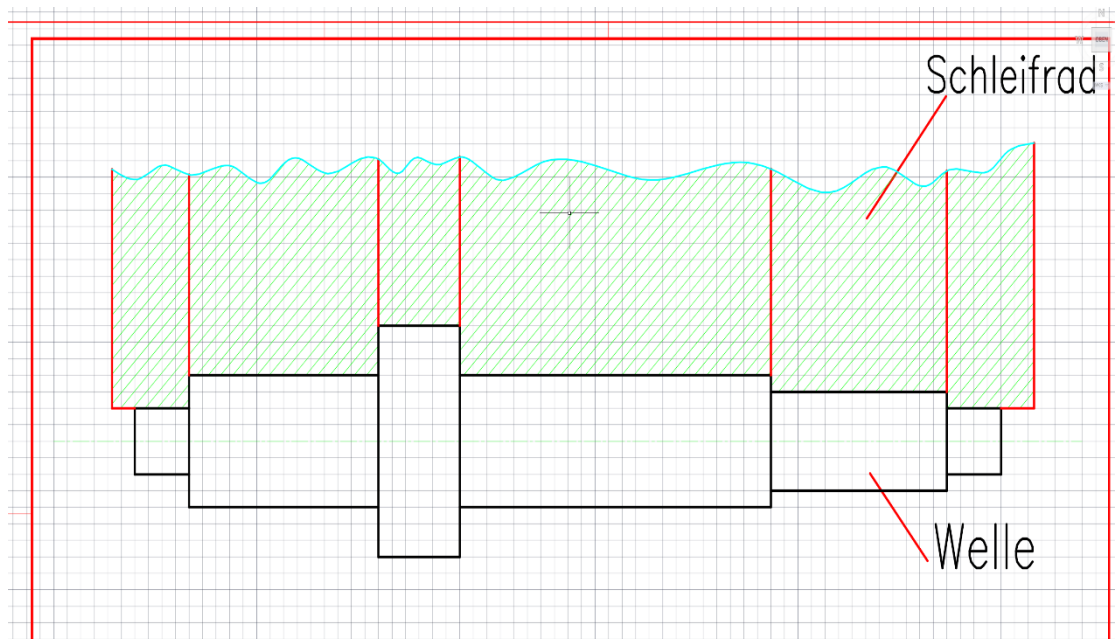


Abb.27: Die Zeichnung einer Welle mit abgesetzter Kontur (aus AutoCAD)

### 5.1.2 Überprüfung und Berichtigung

Die Abbildung 28 stellt einen Diamantabrichter zur Überprüfung und Berichtigung des Schleifrades dar. Als Vorbereitung der Bearbeitung und nach der Bearbeitung von vielen Werkstücken, muss die Berichtigung des Schleifrades mit einem Diamantabrichter werden gemacht.

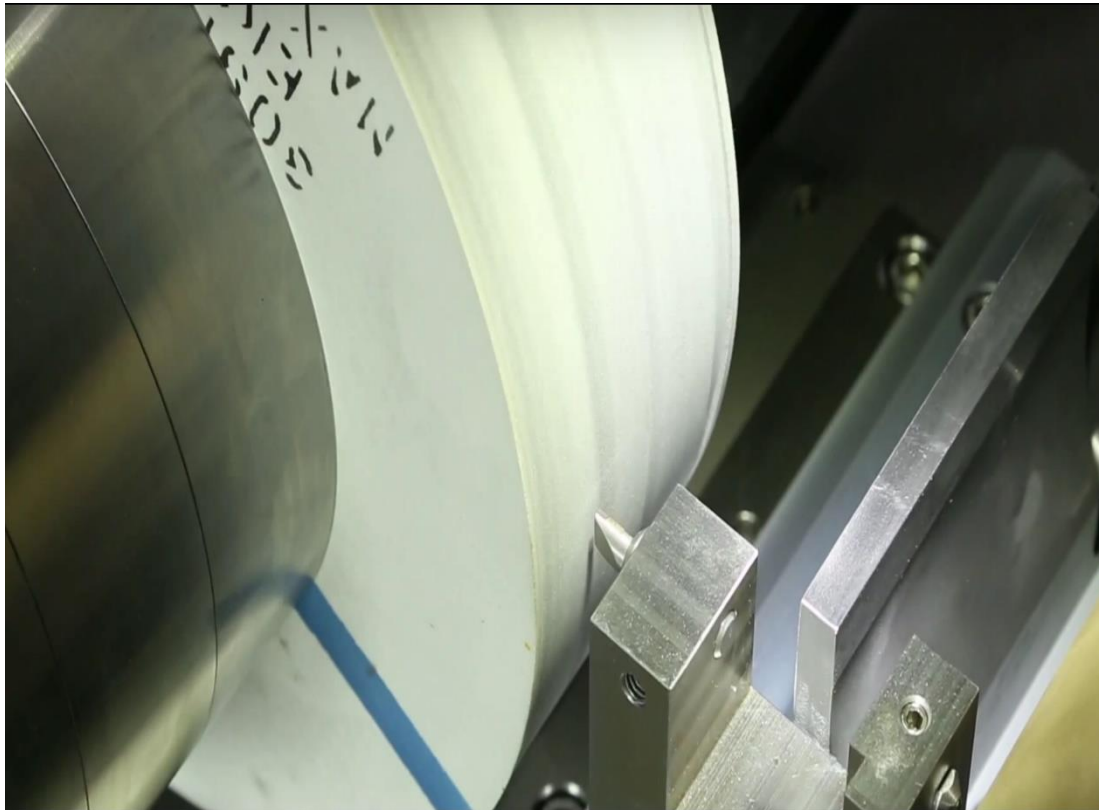


Abb.28:Diamantabrichter<sup>[13]</sup>

### 5.1.3 Zentrierung

Zur Bearbeitung von wellenförmigen Teilen gibt es noch einen wichtigen Schritt: die **Zentrierung**. Die Welle wird durch Hauptständer und Werkstückspindel festgelegt. Die Kreismittelpunkte von Welle und Werkstückspindel müssen in einer Linie sein.

### 5.1.4 Vorbearbeitung

Am Ende der Vorbearbeitung wird eine Welle in der Maschine vorbearbeitet. Wenn Welle und Schleifrad gut funktionieren entstehen noch Funken. Somit ist die Vorbereitung fertig und die Bearbeitung kann losgehen.

## 5.2 Bearbeitung mit einer CNC-Rundschleifmaschine

Die Welle, die noch Halbzeug ist, wird mit dem Fließband transportiert. Die CNC-Rundschleifmaschine hat eine automatische Ladeluke und im Anschluss eine automatische Entladeeinrichtung.



Abb.29: Bearbeitung mit CNC-Rundschleifmaschine<sup>[13]</sup>

Die Welle wird durch einen Roboterarm in der genauen Position festgelegt. Während der Bearbeitung der Welle muss der Prozess gleichzeitig mit einem Kühlmedium(Kühlwasser) durchgeführt werden, um die Welle zu kühlen. Die fertig geschliffene Welle wird nach der Bearbeitung mit einem Roboterarm auf ein Fließband gestellt und abtransportiert.

Der Prozess kann mit der automatischen Ladeluke und Entladeeinrichtung schnell und präzise durchgeführt werden.

### 5.3 Begründung der Auswahl

Aus folgenden Gründen wähle ich eine **CNC- Universal- Rundschleifmaschine** zur Endbearbeitung von wellenförmigen Teilen mit abgesetzten Konturen aus:

- CNC- Universal -Rundschleifmaschinen sind die häufigsten benutzten Rundschleifmaschinen, die automatisch und prozesssicher arbeiten
- Im Vergleich zur konventionellen Rundschleifmaschine hat die CNC- Universal -Rundschleifmaschine eine höhere Präzision und Produktivität.
- Die wellenförmigen Teile haben eine Mittellinie, deshalb können die präzise zentriert werden. Spitzenlose Schleifmaschinen werden häufig für Teile verwendet, die keine Mittellinie haben.



## **6. Zusammenhang zwischen Schnittstellen**

### **6.1 Rohteil**

Rohteil von wellenförmigen Teilen ist C45. Ein C45 ist ein Vergütungsstahl, der sich aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung zum Härten eignet und im vergüteten Zustand gute Zähigkeit bei gegebener Zugfestigkeit aufweisen kann. C45 ist ein unlegierter Stahl, der als einzigen Zusatz Kohlenstoff enthält. Sein Kohlenstoffanteil beträgt 0,45 Massenprozent C45 wird häufig zur Herstellung von Welle, Zahrad usw.

### **6.2 Transportsystem**

Die Gesamtheit des Werkstücktransportes ist in Flexiblen Fertigungssystemen durch ein integriertes Transportsystem vorzunehmen, das sowohl eine technische als auch eine informationsorientierte Schnittstelle zum innerbetrieblichen Gesamtprozess sowie zur jeweiligen Leiteinheit des FFS besitzt. Da die werkstückseitige Verkettung der Bearbeitungsstationen das wesentliche Kennzeichen eines FFS darstellt, kommen dem Transportsystem die Aufgaben:

- Erkennen
- Handhaben
- Transportieren

der Werkstücke mit oder ohne Spannvorrichtungen zu.

Eine wichtige Grundlage für die Auslegung eines FFS bezüglich der Anordnung der Bearbeitungsstationen stellt das Transportsystem dar, woraus sich prinzipiell die vier Grundstrukturen

- Linearstruktur
- Ringstruktur
- Flächenstruktur
- Leiterstruktur

des Transportsystems ableiten lassen.<sup>[1]</sup>



Abb.30 zeigt ein typisches FFS mit vier Bearbeitungszentren(Maschine), einem Spannplatz, einem Transportsystem für die Paletten und mehreren zentralen Pufferplätzen.

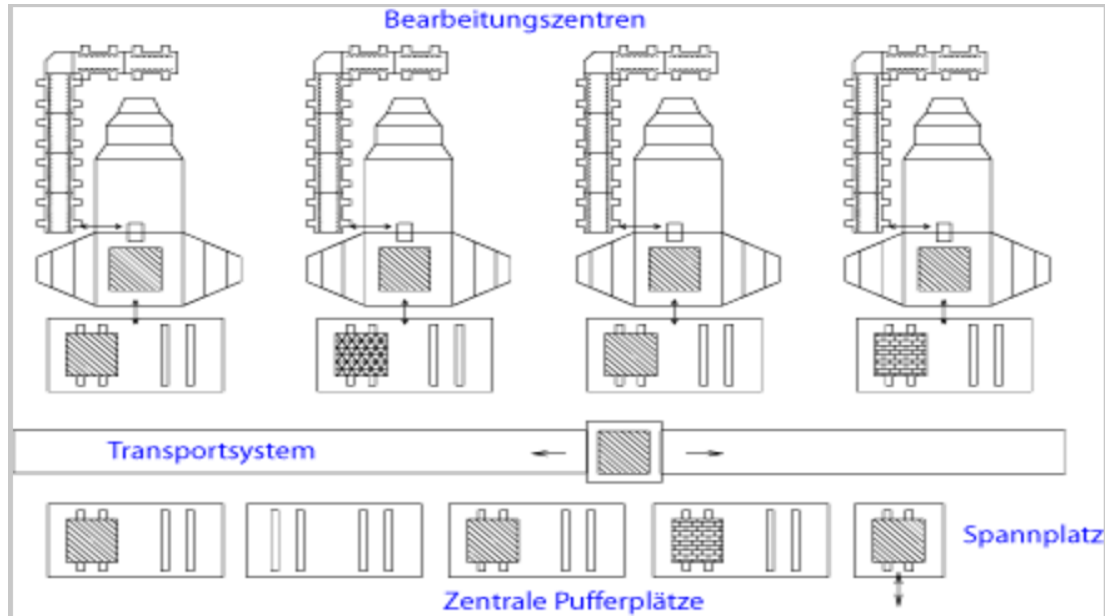


Abb.30: Bearbeitungszentrum<sup>[14]</sup>

### 6.2.1 Transport des Rohteiles

In der CNC- Universal -Rundschleifmaschine werden die Rohteile durch Roboterarme transportiert. Diese können durch die automatisch Ladeluke und Entladeeinrichtung besonders gut bedient werden.

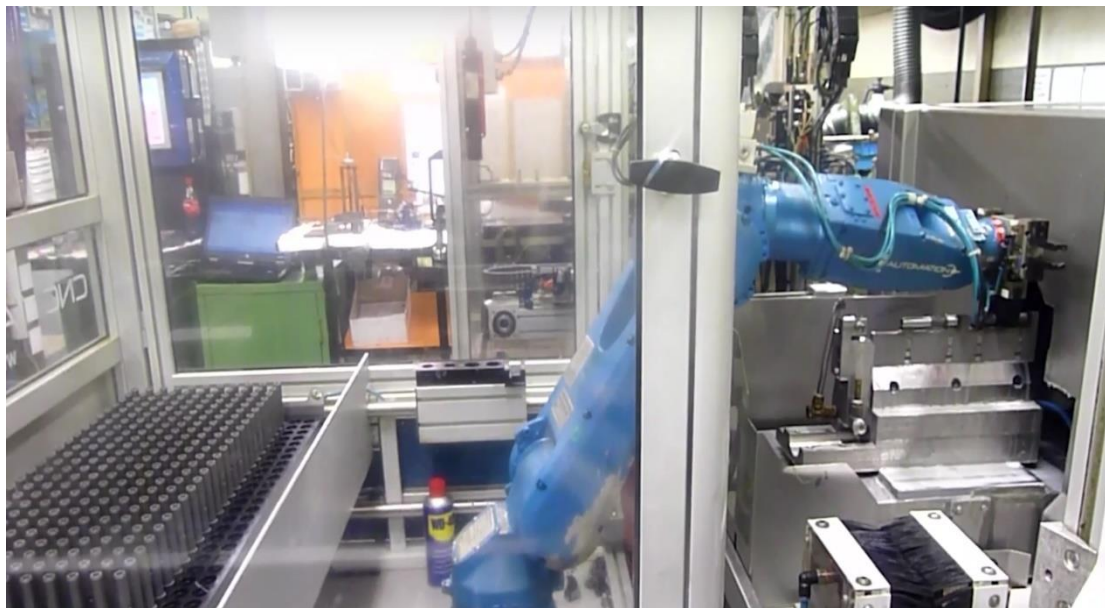


Abb.31: Roboterarm<sup>[13]</sup>

## 6.2.2 Transport von Fertigteil

In der FFS gibt es 2 Transportbandarten: Rollenbänder und Förderbänder. Um die fertige Welle zu transportiert wähle ich Förderbänder.

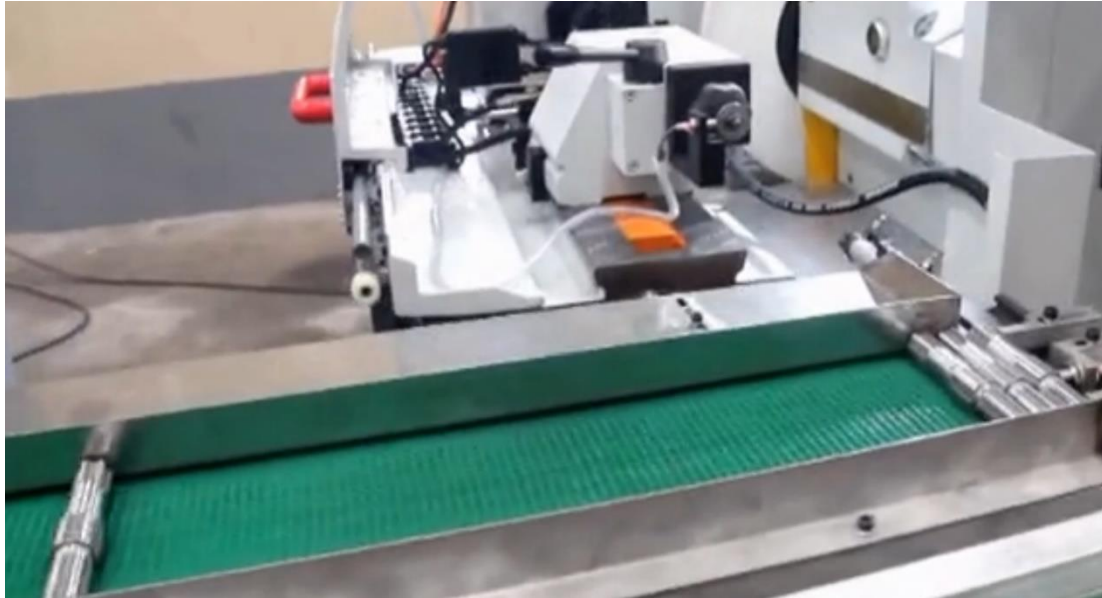


Abb 32: Förderband<sup>[13]</sup>

## 6.3 Schleifscheiben

Im Bearbeitungsprozess wähle ich die CNC-Rundschleifmaschine mit **CBN-Schleifscheibe**. Aufgrund der Entwicklung von immer besseren Schleifscheiben für einen wirtschaftlicheren Einsatz und der immer schwerer zerspanbaren Werkstoffen nimmt der Einsatz von hochharten Schleifstoffen, z.B. **CBN** (Cubic Boron Nitride) und **Diamant** ständig zu.

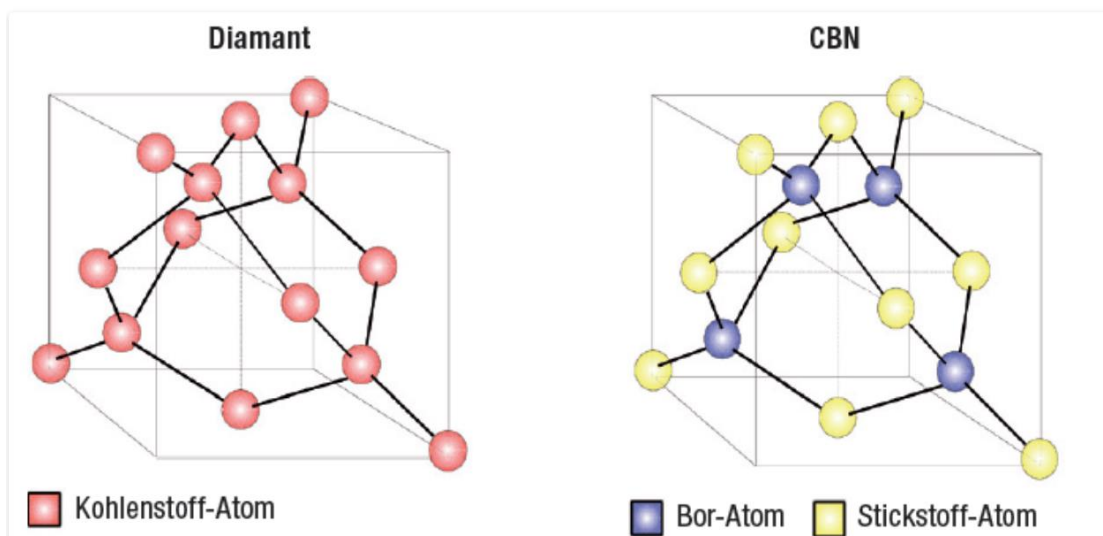


Abb.33 Struktur von Diamant und CBN<sup>[16]</sup>.

**CBN** (oder kubisches Bornitrid) ist nach Diamant das zweithärteste bekannte Material. CBN hat eine hohe Lebensdauer und ausgezeichnete Materialabtragsraten. CBN hat keinen Kohlenstoff. Im Gegensatz zu Diamant eignet sich es hervorragend zum Schleifen von gehärteten kohlenstoffhaltigen Stählen.

Merkmale von CBN:

- Hohe thermische Leitfähigkeit
- Niedriger Reibungskoeffizient
- Spezifisches Gewicht: 3,48 g/cm<sup>3</sup>
- Chemische Elemente: B (Bor) und N (Stickstoff)
- Gewichtseinheit: Karat (1 Karat = 0,2 g)

	Diamant	CBN
Quelle	synthetisch oder natürlich	synthetisch
Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Härte kN/mm<sup>2</sup></li> <li>➤</li> <li>➤ Dichte 3,52 g/cm<sup>3</sup></li> <li>➤</li> <li>➤ Temperaturstabilität ~700 °C</li> <li>➤</li> <li>➤ Farbe: transparent bis grün-gelblich</li> <li>➤</li> <li>➤ Reaktionsfreudig bzgl. Karbidbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Temperaturstabilität: &gt; 1.000 °C</li> <li>➤</li> <li>➤ Chemisch beständig</li> <li>➤</li> <li>➤ thermische Leitfähigkeit: 13 (W/cm<sup>2</sup>C)</li> <li>➤</li> <li>➤ Härte: ~4.500</li> <li>➤</li> <li>➤ Spezifisches Gewicht: 3,48 g/cm<sup>3</sup></li> </ul>
Einsatz	Bearbeitung von Hartmetallen, Keramik, Cermets, PKD, PKB, Glas	Stahlwerkstoffe, nickel- und kobaltbasierte Legierungen

Tabelle 5 : Vergleich von Diamant und CBN <sup>[16]</sup>

## 6.4 Handhabung

Die CNC-Rundschleifmaschine muss die Programmierung vorprogrammiert werden und die Daten werden im PC eingegeben. Die Steuerung von Bedienfeld wird mit Handhabung durchgeführt. Abb.34 zeigt ein Bedienfeld.



Abb.34: Bedienfeld<sup>[15]</sup>

## 6.5 Kühlsystem und Filteranlage

In der CNC-Rundschleifmaschine gibt es noch die wichtige Anlage: die Kühl- und Filteranlage. Aufgrund der hohen Geschwindigkeiten vom Schleifrad entsteht viel Wärme. Es muss mit einem Kühlmedium die Welle und das Schleifrad gekühlt werden. Die häufigsten Kühlmedien sind z.B. Kühlwasser, Öl oder eine Öl-in-Wasser-Emulsion.

Weil im Rundschleifverfahren viele feine Späne entstehen, ist eine gute Filteranlage notwendig.

In der Kühlanlage gibt es eine Düse. Wenn das Schleifrad mit sehr großer Geschwindigkeit arbeitet, wird die Kühlwassermenge erhöht. Diese Düse verhindert das spritzen des Kühlwassers.

Folgende Aufgaben hat das Kühlschmiermittel:

- Es kann die Reibung zwischen Schleifkorn und Werkstück verkleinern.
- Es kann die Werkstückoberfläche kühlen.
- Es kann die Schleifscheibe reinigen und benetzen.
- Außerdem hat das Kühlschmiermittel eine Funktion als Korrosionsschutz für Maschine und Werkstück

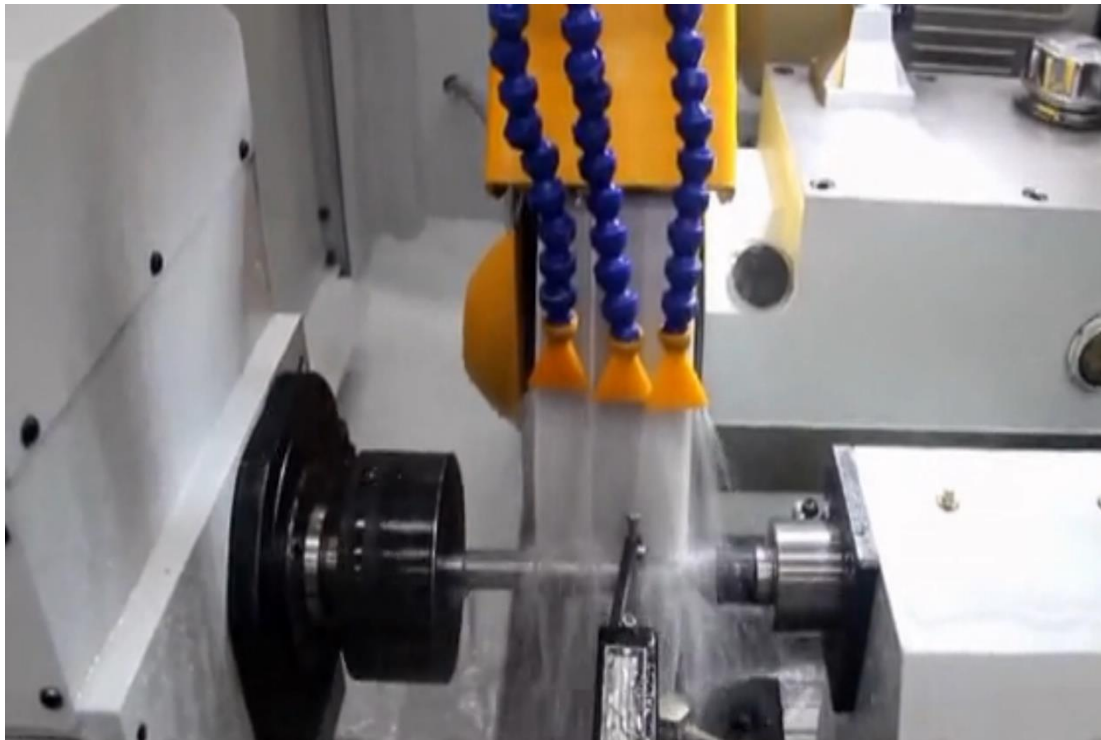


Abb. 35: Bearbeitung mit CNC-Rundschleifmaschine<sup>[13]</sup>





Abb.36: Kühlanlage <sup>[15]</sup>

Abb.37: Filteranlage <sup>[15]</sup>

## 7. Zusammenfassung

Das Schleifen ist ein Trennen mit vielschneidigem Werkzeug. Heutzutage wird Schleifen nur als Endbearbeitung zur Verbesserung der Qualität von Werkstücke für die vorbearbeitete Werkstücke eingesetzt.

Nach Merkmalen der herzustellende Flächenform wird die Schleifverfahren viele Arten unterteilt, z.B. Flachsleifen, Rundschleifen und Schraubschleifen usw.

Das Rundschleifen ist im Rahmen der industriellen Fertigung eines der wichtigsten Schleifverfahren.

Eine Rundschleifmaschine ist eine Werkzeugmaschine zum Bearbeitung von runden oder konischen metallischen Werkstücken. Nach Art der Steuerung wird in konventionelle Rundschleifmaschine und CNC- Rundschleifmaschine unterteilt.



Die Bearbeitung mit der konventionellen Rundschleifmaschine ist meist manuell. Sie braucht den Einsatz eines Bedieners. Im Gegensatz zur konventionellen Rundschleifmaschine ist die moderne CNC- Rundschleifmaschine durch den Einsatz moderner Steuerungstechnik in der Lage, Werkstücke mit hoher Präzision automatisch zu schleifen.

Um die wellenförmigen Teile mit abgesetzten Konturen zu endbearbeiten, wähle ich eine CNC- Universal -Rundschleifmaschine aus. Diese Maschine ist die häufigste angewandte Rundschleifmaschine in der Industrie und universell einsetzbar.

In einem Schleifprozess gibt es auch viele Faktoren, die die Qualität des Schleifergebnisses beeinflussen, z.B. Auswahl und Berichtigung der Schleifscheibe, Zentrierung usw.

Durch die Entwicklung der Technik entstehen immer mehr Rundschleifmaschinen, die höhere Präzision und Produktivität haben und flexibler sind.

## **Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und nur die angegebenen Literatur und Hilfsmittel benutzt habe.

Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Merseburg, den 20.11.16

Yi Huang

# Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Elemente und Grundaufbau eines FFS(BOSCH Industrierausrüstung, Anwender BOSCH Stuttgart) <sup>[1]</sup> .....	7
Abb. 2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen <sup>[1]</sup> .....	8
Abb. 3: Struktur eines flexiblen Fertigungssystem <sup>[1]</sup> .....	8
Abb.4: Werkzeugmaschinen als technisches System <sup>[2]</sup> .....	9
Abb.5: Einleitung der Schleifverfahren.....	10
Abb.6:Schleifkräfte bei verschiedenen Schleifverfahren(auf das Werkstück bezogen). a)Plan- und Umfangsschleifen; b)Plan-Seitenschleifen; c)Außenrund-Längsschleifen;d)Außenrund-Seitenschleifen. <sup>[2]</sup> .....	11
Abb.7:Wirkprinzipien von Schleifmaschinen-Bauarten <sup>[3]</sup> .....	12
Abb.8 :Universal-Rundschleifmaschine(Buderus) <sup>[3]</sup> .....	13
Abb.9: Beispiel einer Außenrundschleifmaschine; Arbeitsraum mit Bezeichnung der NC-Achsen (Werkbild: Schleifmaschinenwerk Chemnitz) <sup>[4]</sup> .....	14
Abb.10: EMAG HG204 <sup>[5]</sup> .....	16
Abb.11: HG204 <sup>[5]</sup> .....	17
Abb.12: Aasi Schrägeinstich - Runschleifmaschine <sup>[6]</sup> .....	20
Abb13: Arbeitsbeispiel einer Wellen-Komplettbearbeitung auf einer CNC-Schrägeinstech-Schleifmaschine mit einer durch eine Diamant-Abrichtrolle profilierten Schleifscheibe <sup>[7]</sup> .....	21
Abb.14: Aasi Schrägeinstich - Runschleifmaschine <sup>[6]</sup> .....	21
Abb.15 : RSM1000 Knuth <sup>[8]</sup> .....	22
Abb.16 : RSM1000 Knuth <sup>[8]</sup> .....	23
Abb-17 : RSM1000 Knuth <sup>[8]</sup> .....	24
Abb. 18: Grundlagen des spitzenlosen Schleifens <sup>[9]</sup> .....	25

Abb.19:g:Schleifrad-r:Regelscheibe - w:Werkstück - d <sub>g</sub> . Schleifraddurchmesser –d <sub>r</sub> : Regelscheibendurchmesser - p: Eindringtiefe - n: Polygonordnung <sup>[9]</sup> .....	26
Abb.20: 6015C-Maschine <sup>[9]</sup> .....	28
Abb.21: 6015C-Maschine <sup>[9]</sup> .....	28
Abb.22:Messung des Außendurchmessers eines Ingots mit einem Berührungs- Wegsensor <sup>[10]</sup> .....	29
Abb.23: Arbeitsbeispiel einer Wellen-Komplettbearbeitung auf einer CNC- Schrägeinstech-Schleifmaschine mit einer durch eine Diamant-Abbrichtrolle profilierten Schleifscheibe <sup>[7]</sup> .....	30
Abb.24: Konventionelle Rundschleifmaschine <sup>[11]</sup> .....	32
Abb.25:Klassifikation nach der Neigung des Maschinenbetts <sup>[12]</sup> .....	33
Abb.26: Die Zeichnung einer welleförmigen Teile mit abgesetzten Konturen mit CATIA.....	36
Abb. 27: Die Zeichnung einer welleförmigen Teile mit abgesetzten Konturen mit AutoCAD.....	37
Abb.28:Diamantabrichter <sup>[13]</sup> .....	38
Abb.29: Bearbeitung mit CNC-Rundschleifmaschine <sup>[13]</sup> .....	39
Abb.30: Bearbeitungszentrum <sup>[14]</sup> .....	41
Abb.31: Roboterarm <sup>[13]</sup> .....	41
Abb 32: Förderband <sup>[13]</sup> .....	42
Abb.33:Struktur von Diamant und CBN <sup>[16]</sup> .....	42
Abb.34: Bedienfeld <sup>[15]</sup> .....	44
Abb.35: Bearbeitung mit CNC-Rundschleifmaschine <sup>[13]</sup> .....	45
Abb.36: Kühlanlage <sup>[15]</sup> .....	46
Abb.37: Filteranlage <sup>[15]</sup> .....	46

# **Tabelleverzeichnis**

Tabelle 1: Einteilung der Fertigungsverfahren.....	9
Tabelle 2: HG204 Technische Daten <sup>[5]</sup> .....	18
Tabelle 3: Technische Daten RSM1000 <sup>[8]</sup> .....	24
Tabelle 4 :Bewertung der Rundschleifmaschinen.....	35
Tabelle 5 : Vergleich von Diamant und CBN <sup>[16]</sup> .....	43

## Quelle

- [1] Arbeitsblätter zur Lehrveranstaltung: Fertigungssysteme;  
Prof.Dr.-Ing R.Kademann
- [2]Taschenbuch der Werkzeugmaschinen 2. Auflage; Klaus-Jörg Conrad  
(Hrsg.);HANSER
- [3]Werkzeugmaschinen Maschinenarten und Anwendungsbereiche 5.  
Auflage ;Prof. Dr.-Ing.Dr.-Ing.E.h. Manfred Weck;Springer
- [4] Werkzeugmaschinen Grundlagen Lehr- und Übungsbuch; Andreas Hirsch
- [5] <http://www.emag.com/>
- [6] <http://www.aais-gmbh.de/>
- [7] Handbuch Maschinenbau: Grundlagen und Anwendungen der  
Maschinenbau-Technik
- [8] <http://www.knuth.de/>
- [9] Koyo Machine Industries Co., Ltd. Schleifmaschine
- [10] <http://images.google.de/> Problemlösungen für Positionseinstellung
- [11] [de.wikipedia.org/wiki/Rundschleifmaschine](http://de.wikipedia.org/wiki/Rundschleifmaschine)
- [12] [Ingenieur-buch.de](http://Ingenieur-buch.de)
- [13] [http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XMTQwNjI2NjI4MA.html](http://v.youku.com/v_show/id_XMTQwNjI2NjI4MA.html)
- [14] <http://www.produktion-und-logistik.de/>
- [15]<http://pdf.directindustry.de/pdf/studer/s41/26168-658167.html#open>
- [16]<http://www.schleifprofi.com/>