

## Hochschule Merseburg

### Fakultät für Ingenieur- und Naturwissenschaften



# Bachelorarbeit

## Im Studiengang Mechatronik, Industrie-u. Physiktechnik

**Thema:** Erstellung eines Konzeptes für ein Hon-(Ziehschleif)Zentrum zur Endbearbeitung von Vorgefertigten Bohrungen auf Endmaßqualität.

**Betreuer:**

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

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

**Verfasser:** Chang Bowen

**E-Mail:** changbowen.stefan@gmail.com

**Anschrift:** Mainweg 10, 06217 Merseburg

**Matrikelnummer:** 20983

**Abgabetermin:** 29. 03. 2017

# Inhaltverzeichnis

1. Einleitung .....	4
2. Grundlage .....	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 Honen .....	10
2.6.1 Honprozess .....	12
2.6.2 Werkzeuge beim Honen .....	13
2.6.3 Honmaschinen .....	14
3. Lösungen für technischen Einrichtungen .....	16
3.1 CNC - Mehrspindel-Honmaschine .....	17
3.2 CNC - Vertikal – Honmaschine .....	19
3.3 CNC - Horizontal-Rohr-Honmaschine .....	21
3.4 Konventionelle Honmaschine .....	24
4. Auslegung und Bewertung von Lösungsvarianten .....	26
4.1 CNC - Mehrspindel-Honmaschine .....	26
4.2 CNC - Vertikal – Honmaschine .....	27
4.3 CNC - Horizontal – Honmaschine .....	28
4.4 Konventionelle Honmaschine .....	30

4.5	Bewertung und Ergebnis .....	31
5.	Prozess und Begründung .....	33
5.1	Vorbereitungen .....	33
5.1.1	Auswahl .....	34
5.1.2	Befestigung .....	35
5.1.3	Zentrierung .....	35
5.1.4	Vorbearbeitung .....	35
5.2	Bearbeitung mit einer CNC – Honmaschine .....	36
5.3	Begründung der Auswahl .....	36
6.	Zusammenhang zwischen Schnittstellen .....	37
6.1	Transportsystem .....	37
6.1.1	Transport des Rohteiles .....	38
6.1.2	Transportmittel für Fertigteile .....	39
6.2	Honleisten .....	40
6.3	Handhabung .....	42
6.4	Kühl- und Reinigungsanlage .....	44
7.	Zusammenfassung .....	46
	Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit .....	48
	Abbildungsverzeichnis .....	49
	Tabellenverzeichnis .....	51
	Quelle .....	52

# 1. Einleitung

## Aufgabenstellung:

Zunehmend gewinnt die Automatisierung in mannigfaltiger Form in der Produktionstechnik an Bedeutung, so dass es bei der 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 Ziehschleif-Bearbeitung unter Berücksichtigung der Verfahrensvarianten.
2. Dokumentation der vorhandenen Lösungsvarianten 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 Lösung 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.

## 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 mit einander verbunden.

Im Gegensatz zu konventionellen Fertigungseinrichtung stellt die Planung und Inbetriebnahme eines Flexiblen Fertigungssystem(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 wichtigen charakteristischen Kennzeichen flexibler Maschinenkonzepte sind dabei bezüglich der Automatisierung. <sup>[1]</sup>

- 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 **Mehrverfahrende Bearbeitung**

Die mittels einer übergeordneten Steuerung realisiert werden

Somit gilt:

Flexible Fertigungssystem (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 Werkstück ver- und -entsorgung erfolgen automatisch.

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

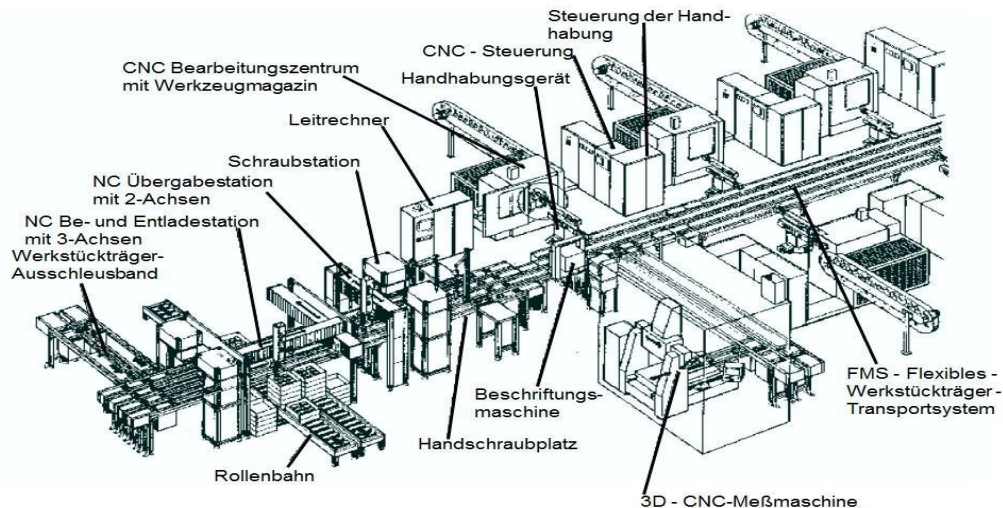


Abb. 1: Elemente und Grundaufbau eines FFS (BOSCH Industrieausrüstung, Anwender BOSCH Stuttgart) <sup>[1]</sup>

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. Die automatische 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, so dass FFS als komplexe Einheit geplant werden muss. [1]

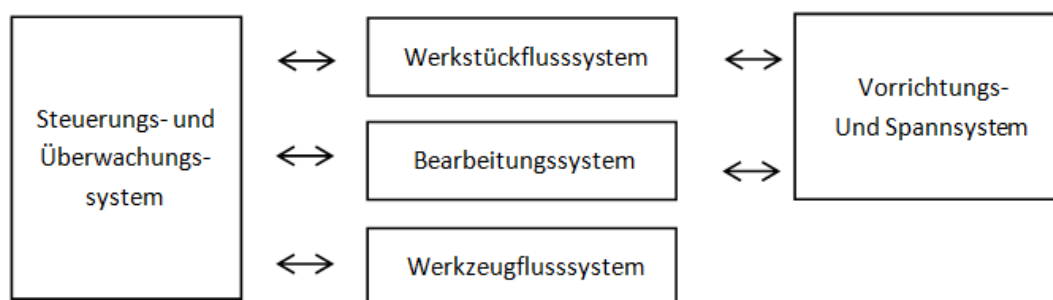


Abb. 2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen [1]

Das Grundschemata eines derartigen Fertigungskonzeptes ist Abbildung 3 zu entnehmen.

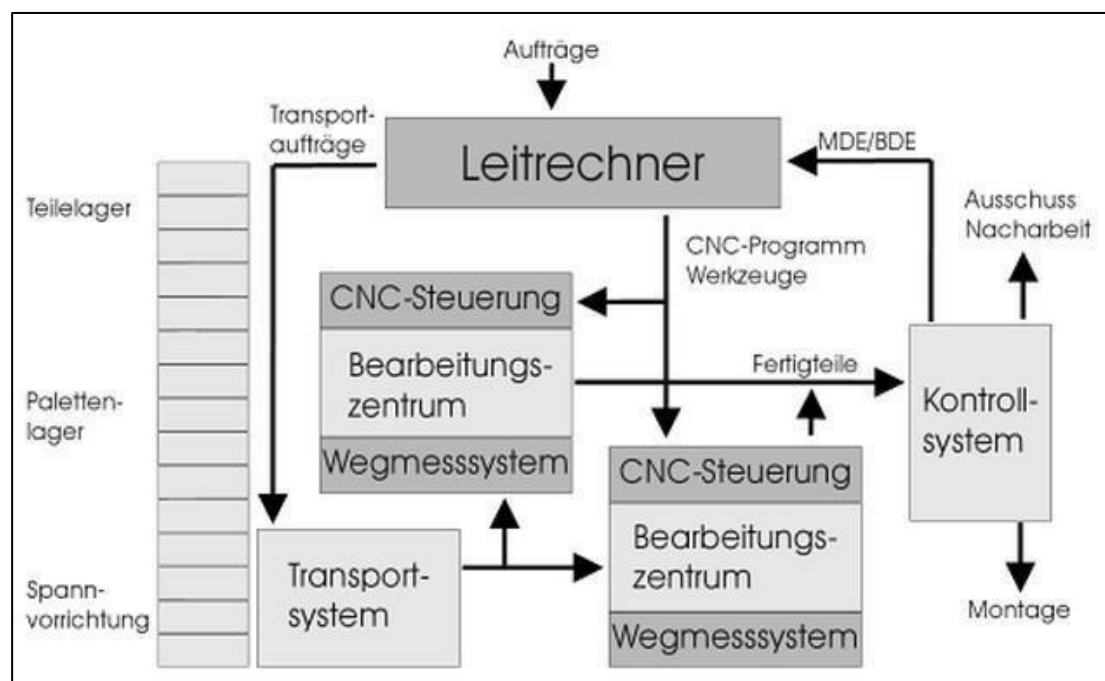


Abb. 3: Struktur eines flexiblen Fertigungssystems [1]



## 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	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt Vermindern	Zusammenhalt vermehren		
Urformen	Urformen	Trennen	Fügen	Beschriften	Stoffeigenschaft ändern

Tabelle1: 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. [2]

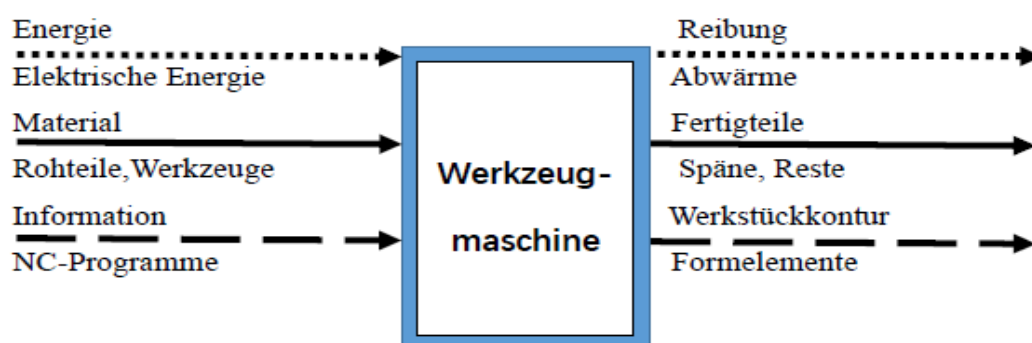


Abb. 4: Werkzeugmaschinen als technisches System [2]

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 Honen

Honen (auch Ziehschleifen, Schwingschleifen) ist ein spangebendes Feinbearbeitungsverfahren mit flächenschlüssigem Schleifwerkzeug zur Verbesserung von Form-, maß-, Oberflächen- und Randschichtgüte von vorwiegend zylindrischen, sphärischen oder ebenen Innen- oder Außenflächen. Das Verfahren wird in der Regel im Anschluss an eine Schleifbearbeitung eingesetzt. Die verschiedenen Verfahrensvarianten des Honens sind in Bild 5 dargestellt. [3]

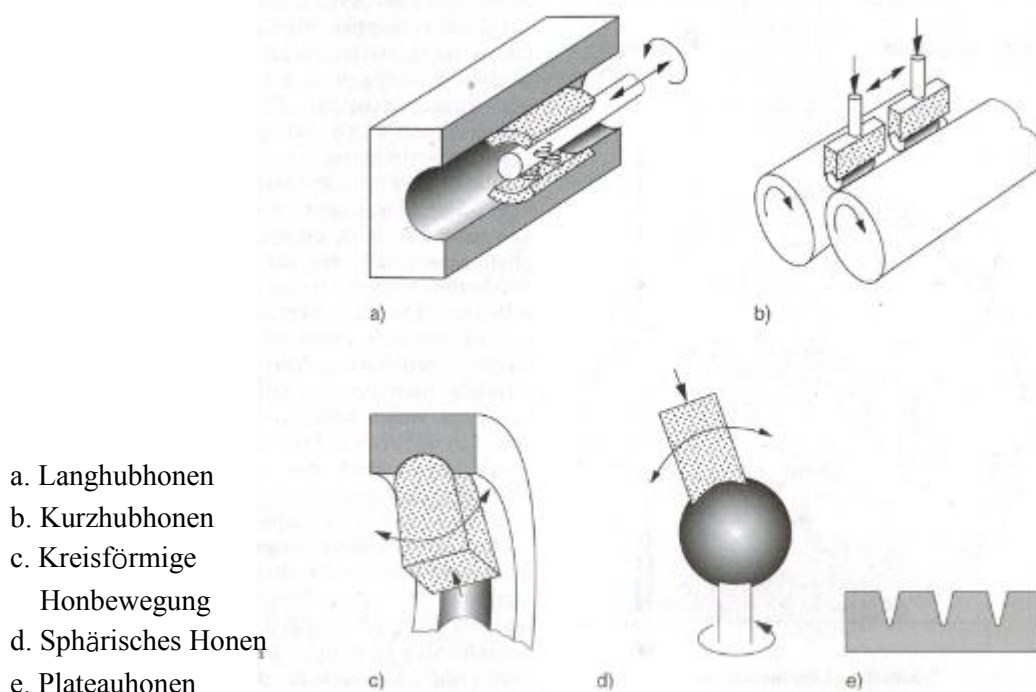


Abb. 5: Honen [3]

## **Langhubhonen**

Kennzeichen des Langhubhons (Abb. 5) ist ein Werkzeughub, der größer ist als die Länge der bearbeiteten Fläche (im allgemeinen Lochlänge). Das Werkzeug besteht aus leisten- oder segmentförmigen Schleifkörpern, die in einem Halter geführt werden. Die Schleifkörper werden senkrecht gegen die zu bearbeitende Fläche gedrückt und führen gleichzeitig eine rotierende und lineare Bewegung aus. Bearbeitet werden vorwiegend Innenflächen im Durchmesserbereich 2...2000mm (Pleuelbohrungen, Lager, Zylinder usw.) Möglich sind gezielte Rauheitsformen, z.B. Plateauhonen. Dabei werden Flächen mit hohem Traganteil, unterbrochen von Öltaschen, erzeugt. Derartige Flächenstrukturen werden vor allem bei Gleitflächen, z.B. Zylinderlaufflächen von Verbrennungsmotoren, benötigt. [3]

## **Kurzhubhonen (Superfinishen)**

Beim Kurzhubhonen (Bild 5) ist die Hublänge bzw. Schwingamplitude der Schleifkörper kleiner als die Länge der bearbeiteten Fläche. Üblich sind beim Kurzhubhonen Schwingamplituden von 1...5mm bei Schwingfrequenz von 20...30 Hz. Üblich sind sowohl mechanische. Das Verfahren ist ein Standard-Endbearbeitungsverfahren für Wälzkörper von Zylinderrollen- und Nadellagern (im spitzenlosen Durchlaufverfahren). Durch Modifikation von Werkstückaufnahme, Werkstückbewegung, Form der Schleifkörper und Art der Schwingbewegung der Schleifkörper lassen sich auch kreisringförmige und sphärische Flächen durch Kurzhubhonen bearbeiten. [3]

## **Flachhonen**

Beim Flachhonen wird eine Oberfläche gerichtet, indem drehende Werkzeuge sich darauf bewegen. [7]

## **Laser-Honen**

Ein gänzlich neues Verfahren, das aber nicht auf dem Verfahren Zerspanen sondern Abtragen (thermisches Abtragen) beruht, ist das

Laser-Honen (z. B. bei Zylinderlaufbuchsen). Der Einsatz dieser Technik findet sich vor allem bei Dieselmotoren. Bei diesem Laserhonen schmilzt ein Laserstrahl die metallische Oberfläche auf, verdampft sie teilweise, und erzeugt so die gewünschten feinen ölhaltenden Vertiefungen. Vorteil bei diesem Verfahren ist zusätzlich die Ausbildung von durch den Schmelzprozess erzeugten harten Schmelzkanten, die sehr verschleißfest sind. Eine Verschleißminderung und Lebensdauerverlängerung um etwa 75 % ist so zu erreichen. [7]

### 2.6.1 Honprozess

Beim Honen werden hohe Anforderungen an die Prozesssicherheit gestellt, da die zu honenden Werkstücke oft schon einen langen Weg entlang der Wertschöpfungskette durchlaufen haben. Ausschuss ist daher mit hohen Kosten verbunden, weil gehobene Oberflächen meist Funktionsoberflächen darstellen. So können Fehler in der Prozessführung beim Honen der Zylinderlaufbahnen von Verbrennungsmotoren z.B. zu unzulässig hohem Ölverbrauch oder schlimmstenfalls sogar zu Motorschäden führen. Daher ist das Wissen um die Einflüsse einzelner Prozessgangs- und Störgrößen auf das Honergebnis von besonderer Bedeutung des Verfahrens sind zudem die Auswirkungen einzelner Größen z.B. auf die Honzeit (erreichbare Taktzeit) und den Honleistenverschleiß zu bewerten. Die Eingangsgrößen des Honprozesses können nach Einstellgrößen, Werkzeugeigenschaften, Werkstückeigenschaften und Kühlschmierung unterteilt werden (Abb. 6) [4]

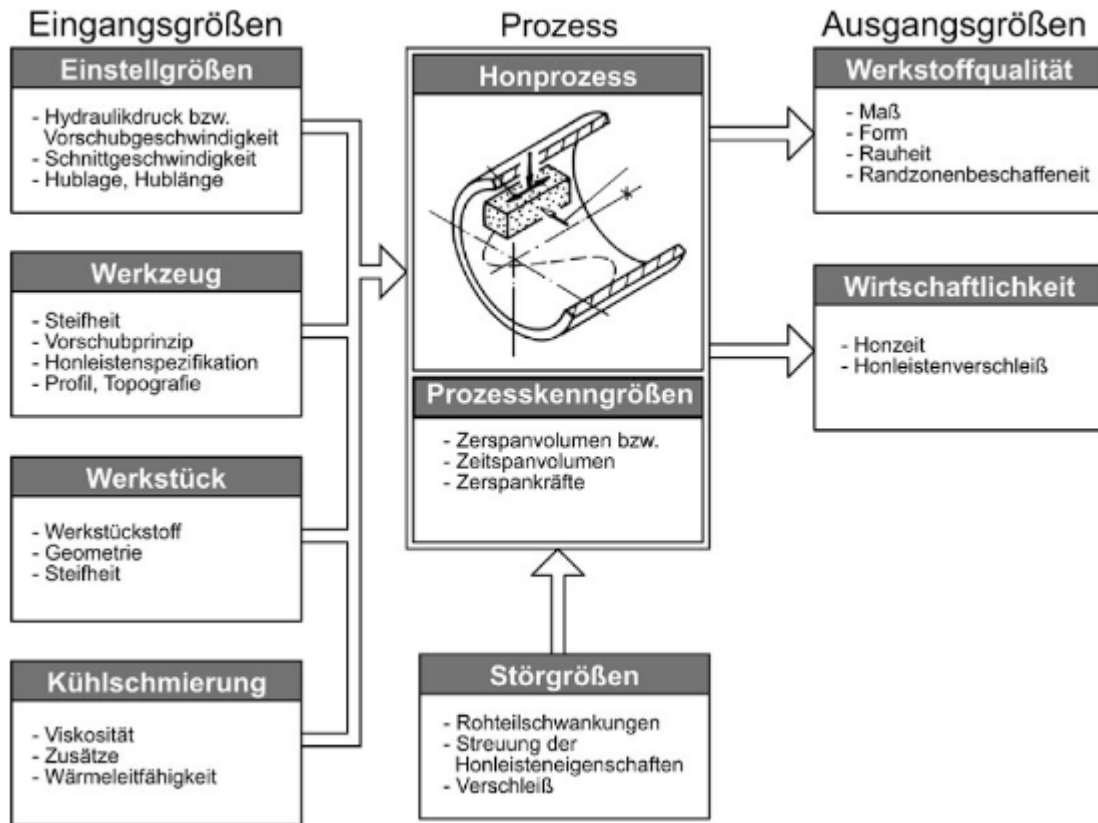


Abb.6 Systemdarstellung des Honprozesses nach v. See [4]

## 2.6.2 Werkzeuge beim Honen

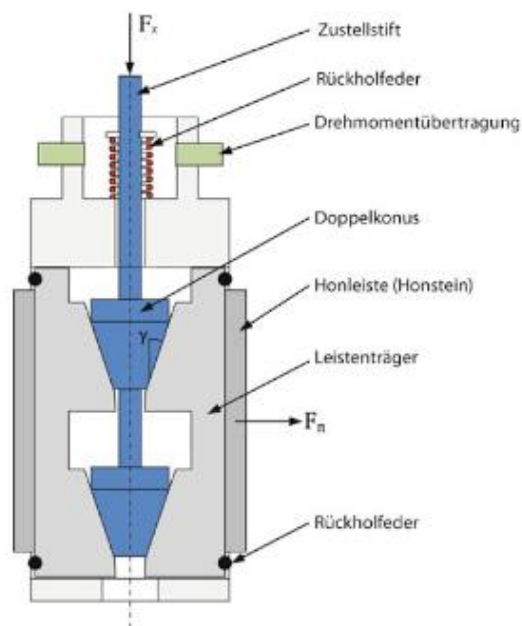


Abb. 7 Schnittdarstellung eines Honwerkzeugs zur Bohrungsbearbeitung [4]

Die beim Honen eingesetzten Werkzeuge können in aufweitbare (Durchmesser von ca. 5mm bis zu 1000mm) und nicht aufweitbare Werkzeuge (Durchmesser kleiner 5mm) unterteilt werden. Bei den aufweitbaren Werkzeugen findet während des Zerspanvorgangs eine kontinuierliche Aufweitung statt, bis der Solldurchmesser der Bohrung erreicht ist. Je nach Bohrungsdurchmesser können Werkzeuge mit einer oder mit mehreren Schneidleisten (Abb. 7) zum Einsatz kommen. [4]

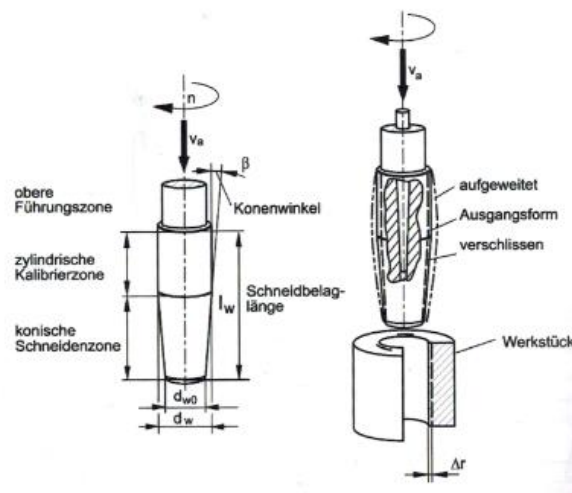


Abb.8 Prinzipieller Aufbau eines Dornhonorwerkzeugs mit konischer Schneidzone [4]

Bei kleineren Bohrungen kommt oft das sog. Dornhonen zum Einsatz. Hierbei wird ein vollflächig mit Schneidbelag besetztes Werkzeug, das eine konische Schneidzone und eine auf den Solldurchmesser eingestellte zylindrische Kalibrierzone aufweist eingesetzt, Abb. 8. Da sich der Auftretende Schneidbelagverschleiß direkt auf das Endmaß der Bohrung auswirkt, weisen Dornhonorwerkzeuge oft einen Aufweitmechanismus auf. [4]

### 2.6.3 Honmaschinen

In Abb. 9 ist der Arbeitsraum einer Kurzhub-Honmaschine mit mehreren, hintereinander angeordneten Honsteinen zur Bearbeitung automatisch

zugeführten Stangenmaterials abgebildet. Den axialen Werkstückvorschub (0,2 bis 3m/min) bewirken die sich um verschränkte Achsen drehenden Transportwalzen. Das Nutzen der Walzen in Umfangsrichtung sorgen für den Abtransport des abgetragenen Materials und dafür, dass das Werkstück durch das Honöl nicht aufgeschwemmt wird. Für die Einzel- und Kleinserienfertigung werden Kurzhubhongeräte zum Aufbau auf Dreh- oder Schleifmaschine angeboten. Sie bestehen im wesentlichen nur aus dem Werkzeug und einem pneumatischen Antrieb für die schnelle Kurzhubbewegung. Für die Vorschübe und deren Steuerung werden dann die Einrichtung der jeweiligen Trägermaschine herangezogen. [5]

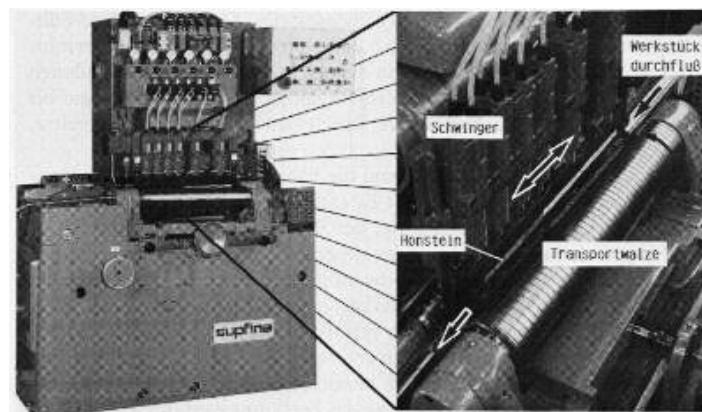


Abb. 9: Spitzenlose Durchlauf-Kurzhubhonmaschine, Arbeitsraum(Supfina) [5]

Abb. 10 zeigt das Kurzhubhonen einer Kolbenstange mit einem solchen, auf eine Drehmaschine aufgesetzten Gerät. [5]

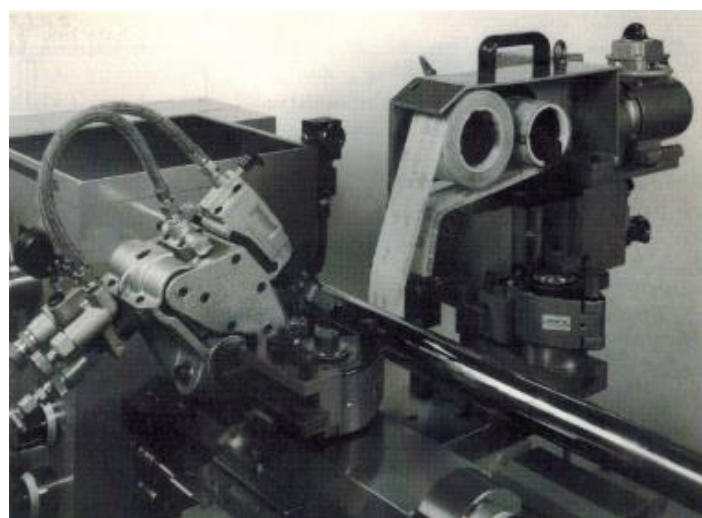


Abb. 10: Aufsetzgerät zum Kurzhubhonen und Bandfinishgerät (Supfina) [5]



Beim Rund-, Plan- und Formhonen kommt das Langhubhonen zur Anwendung, bei welchem die Schnittbewegung aus einer Drehbewegung und einer langhubigen Hin- und Herbewegung zusammengesetzt ist. Als serienmäßig hergestellte Universalmaschinen werden jedoch fast ausschließlich Langhub-Rundhonenmaschinen angeboten, Abb. 11. [5]

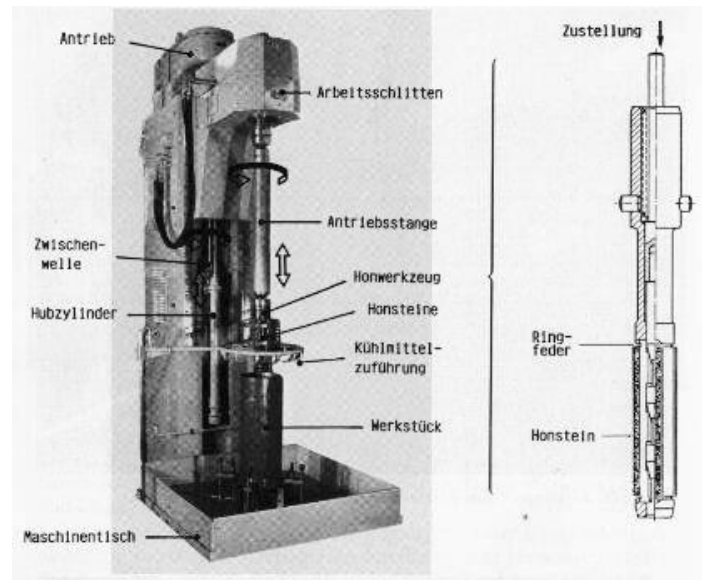


Abb. 11: Schwere Langhub-Vertikalhonenmaschine mit Hydraulischer Zustelleinrichtung (Gehring) [5]

### 3. Lösungen für technischen Einrichtungen

Der Honprozess als spanabhebendes Verfahren erzeugt finale Funktionsoberflächen von Bohrungen. Besonders hohe geometrische Anforderungen sind an Ventilbohrungen in Hydraulik-, Pneumatik- und Einspritzsystem gestellt. Zahnradbohrungen, Pleuelaugen, Hydraulikzylinder, Fahrwerkszylinder und Keramikbauteile sind ebenfalls Präzisionwerkstücke, die in unterschiedlichen Losgrößen gehont werden, unterscheidet man Honmaschinen durch unterschiedlichen Bearbeitungsbereichen (Durchmesser, Honlänge).



Es gibt viele Arten und Hersteller der Honmaschinen für Endbearbeitung von Vorgefertigten Bohrungen auf Endmaßqualität. Ich nenne die folgenden Honmaschinen als Beispiele.

### 3.1 CNC - Mehrspindel - Honmaschine

Die Universal-Honmaschine der Firma **Gehring** soll als Beispiel genannt werden



Abb. 12 Gearing PT 600 MODUL [6]

Abb. 12 ist eine Honmaschine PT600 MODUL von der Firma Gearing  
Die PT600 ist primär für die Bearbeitung von Motorblöcken mit Bohrungsdurchmessern von 68 – 105 mm entwickelt, wurde die Baugröße der Maschine optimiert. Ob als Einzelmaschine oder verkettete Produktionslinie – das modulare Konzept bietet höchste Flexibilität in der Konfiguration moderner Fertigungslösungen. [6]

- Honspindeln unabhängig verfahrbar.
- Steife Spindellagerung (z.B. für Positionshonen).
- Automatische Werkzeugwechselsysteme für bis zu 12 Werkzeuge.
- Kurze Bearbeitungszeiten durch hohe Schnittgeschwindigkeiten.
- Verwendung von Standard-Funktionsgruppen.
- Bearbeitung von thermisch beschichteten Funktionsflächen.
- Abtragleistung von bis zu 0,5 mm in 20 Sekunden.
- Abschaltgenauigkeit von ca. 10 µm bei einem Abtrag von 0,4 mm.
- Werkzeuginnenkühlung.
- Spindeltrieb über Servomotoren.
- Neueste Hon-Steuerungstechnik mit einfacher, nutzerfreundlicher Bedienoberfläche.
- Direkte Kraftgesteuerte elektromechanische Zustellsysteme.
- Direkte In-Prozess-Messeinrichtung zur Maß- und Formsteuerung. [6]

## Technische Daten

Hublänge	600mm
Durchmesser	68 – 105 mm
Drehzahl. Max	600 1/min
Drehmoment. Max	140 Nm
Hubgeschwindigkeit. Max	40 m/min
Spindelanzahl	2 – 4
Beladekonzept	Rundschalttisch oder Transfer

Tabelle 2: PT600 Technische Daten [6]

## Vorteile

- Einzelmodule
- Transfersystemlösung oder modular verkettete Einzelmodule
- Flexible Spindelanzahl
- Für Reihen- und V-Motoren
- Mit automatischem Werkzeugwechselsystem
- Mit verschiedenen Be- und Entladesystemen kombinierbar (Rollenbänder, Portallader, Roboter, usw.)

## 3.2 CNC - Vertikal - Honmaschine

Für diese Maschinenart soll die Vertikal Honmaschine der Firma **Rottler** als Beispiel genannt werden



Abb.13: Rottler H85A CNC Automatic Vertical Honing Machine [8]

## Technische Daten

Steuerung	CNC
Gewicht	1045kg
Durchmesserbereich	43 - 187mm
Drehmoment am Hone-Kopf	265 NM
Motor Drehmoment	40 NM
Hubbeschleunigung	5 m / sek <sup>2</sup>
Spindelhubgeschwindigkeit	0-38 m / min
Spindel - Drehmoment	53 NM
Motorleistung	2.47 KW
Länge des Werkstückes	1400 mm
Fahren - Horizontal (X-Achse)	965 mm
Drehzahl der Spindel	1 bis 400 RPM
Leistung der Spindel	2,77 KW
Kühlmittel	265 Liters
Maximale Länge des Zylinders	432 mm
Hublänge	483 mm

Tabelle 3: Rottler H85A Technische Daten [8]

## Vorteile

- Das digitale Bohrungsprofil-Anzeige gibt ein genaues Profil der Bohrung beim Honen.
- Die Rottler Software analysiert kontinuierlich die Bohrungen und Richtungen, die sich überall im Zylinder - Oben, Mitte oder Unten und automatisch verweilt oder kurze Hübe wie programmiert, Korrektur der engen Bereich.
- Der zweistufige Schrupp- und Fertigstellungszyklus ermöglicht eine höhere Belastung im Schruppzyklus für eine schnelle Materialentfernung und Leichte Lasten für das Finishing, die Steigerung der Produktivität und

### Genauigkeit.

- Stufenloses Hone Kopfgeschwindigkeit (1-400 RPM) ermöglicht hohe Geschwindigkeiten für das Schrumpfen, für den schnellen Materialabtrag und Eine geringe Geschwindigkeit zum Veredeln, die den gewünschten Kreuzschraffurwinkel und die Oberflächengüte ergibt.
- Der Schlicht-Zyklus arbeitet ähnlich wie ein "Funke out" System, wo es sehr leicht Stein Last beseitigen Jede Verzerrung, die zu einer genauen Bohrungsgeometrie und einer gleichmäßigen Oberflächengüte führt.
- Automatische Plateau-Modus hält die Steine auf eine voreingestellte Last und zählt die Anzahl der Striche so, dass Jeder Zylinder hat das gleiche Plateau Oberflächenfinish.
- Manuelle Kontrollen sind leicht erreichbar auf dem Touch-Screen für Feineinstellung Einstellungen bei den automatischen Zyklen und F&E. [8]

### 3.3 CNC Horizontal-Rohr-Honmaschine

Für diese Maschinenart soll die Horizontal – Honmaschine der Firma Robbi als Beispiel genannt werden



Abb. 14: Levigarici Orizzontali Robbi Lyor [9]

## Technische Daten

Bohrungsdurchmesser	20 – 400 mm
Max. Rohrlänge	5000 mm
Max. Honkopf	6000 mm
Anzahl der stehenden Auflagen für Honkopfverlängerung	2
Maschinenlänge	15
Maschinenbreite	3.4

Tabelle 4: Robbi Lyor 40.50 Technische Daten <sup>[9]</sup>

## Vorteile

- Ein hydraulischer Zylinder steuert die Honkopfbewegung.
- Dreiphasen-Elektromotor von einem Vektor-Wechselrichter gesteuert, servoventilated Steuerung der Spindel-Drehung.
- Die Antriebsübertragung erfolgt über ein Getriebegehäuse, in dem die Zahnräder gehärtet und geschliffen sind und ein hohes Drehmoment und eine Abtragsbewegung vorsehen.
- Die Programmierung ist mit dem Touchscreen sehr einfach.
- Die Visualisierung aller Arbeitsdaten ermöglicht es dem Bediener, während des Arbeitszyklus teilzunehmen
- Kopfführungen mit Gleitmaterial bedeckt
- Getriebe ist Öl gebadet. Das Getriebe erlaubt eine große Kupplung bei niedriger Drehzahl
- Bewegliche Kopfspindel- und Arbeitsspindelmotoren sind mit Vektor-Wechselrichter variabel.
- Hydraulikausdehnungssystem mit infinitesimaler Regelung des Steindrucks
- Hydraulikaggregat ist von der Maschine getrennt
- PLC erlauben das Arbeiten in automatischer und manueller <sup>[9]</sup>

Es gibt 2 Version bei dieser Maschine

### Lyor M - Grundaussführung

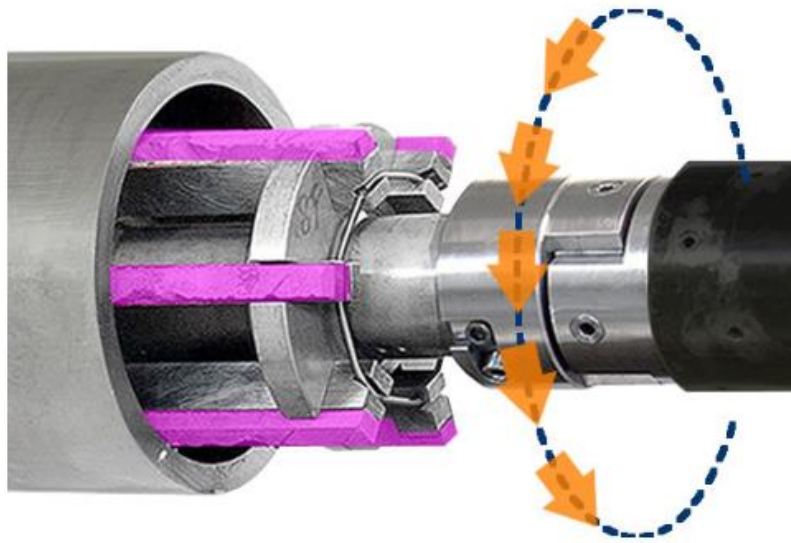


Abb. 15: Honkopf von Lyor M<sup>[9]</sup>

Die Rohre werden auf Prismen geklemmt. Der hydraulische Dehnhonkopf dreht sich innerhalb des Bauteils<sup>[9]</sup>

### Lyor S - Ausführung mit 2 Spindeln

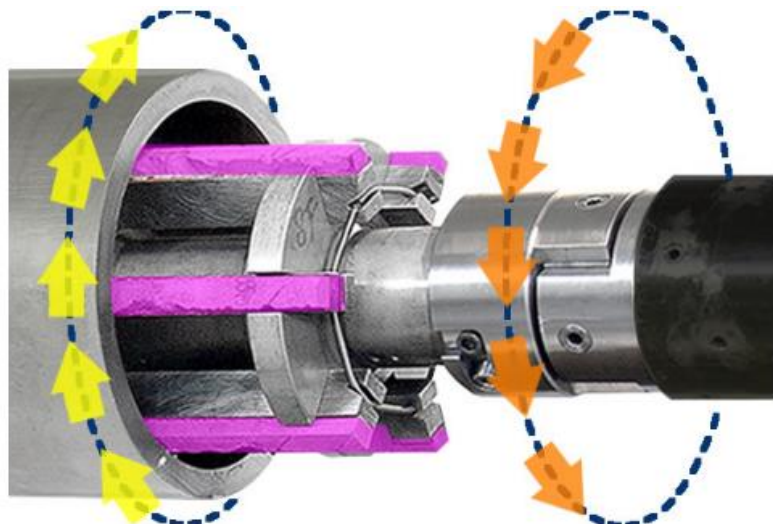


Abb. 16: Honkopf von Lyor S<sup>[9]</sup>

Neben der Honkopfspindel mit der Honsteinhydraulik wird eine zweite Spindel gedreht Komponente in entgegengesetzter Richtung zum Honkopf.<sup>[9]</sup>

### 3.4 Konventionelle Honmaschine

Für die Konventionelle Honmaschine soll eine Honmaschine der Firma Pemamo als Beispiel stehen.



Abb. 17: Pemamo MDR120 <sup>[10]</sup>

#### Technische Daten

Honbereich	Ø 0,6 - 70 mm
Spindeldrehzahl	310 - 1'860 RPM
Honölbehälter mit Pumpe	15 L
Ein / Aus	über Fusschalter
Gewicht	120 kg
Abmessungen	1'100 x 650 x 620 mm

Tabelle 5: Pemamo Technische Daten <sup>[10]</sup>



## **Vorteile**

- Der jeweilige Istwert der Aufweiteinheit kann während des gesamten Honvorgangs genau abgelesen werden.
- Die wiederholgenauigkeit innerhalb 1  $\mu\text{m}$  reduziert Kontrollmessungen auf ein Minimum.
- Erreichbare Oberflächengüte auch in weichen Materialien (Ra 0,025).
- Dank der Beschaffenheit unserer Honahlen und modernen mikrometrischem Aufweitsystem können Bohrungen mit unterbrochenem Schnitt oder mit Keilnuten ebenfalls problemlos gehont werden. Auch können zwei fluchtende Bohrungen selbst mit unterschiedlichen Durchmessern gleichzeitig gehont werden.
- Stützarm und Spanngrip.
- Ein / Aus über Fußschalter.
- Ideal für Einzelteile und Serienbearbeitungen.
- Kurze Einstell- und Umrüstzeiten.
- Sehr Bedienungsfreundlich und Flexibilität. <sup>[10]</sup>

## 4. Auslegung und Bewertung von Lösungsvarianten

### 4.1 CNC - Mehrspindel – Honmaschine

Die CNC – Mehrspindel – Honmaschine ist eine Honmaschine, die durch Steuerungstechnik gesteuert wird, Werkstücke mit hoher Präzision automatisch zu honen.



Abb. 18: Gehring Mehrspindelhonmaschine [6]

Im Vergleich zur anderen Honmaschine hat eine CNC – Mehrspindel – Honmaschine die folgenden Vorteile.

#### **Vorteile:**

- Hohe Produktivität durch kurze Nebenzeiten und flexibler Bearbeitung.
- Hohe Spindelantriebsleistung für kurze Bearbeitungszeiten.
- Schnellere Werkzeugführung als bei der manuellen Herstellung durch einen Maschinenbediener.

- Einsatz für meisten Werkstücke
- Neueste Hon-Steuerungstechnik mit einfacher, nutzerfreundlicher Bedienoberfläche

Trotzdem die CNC – Mehrspindel – Honmaschine viele Vorteile hat, gibt es nämlich auch einige **Nachteile**.

- Die hohen Anschaffungskosten der CNC-Universal-Rundschleifmaschine für die Maschine und Programmierungskosten.
- Es entsteht die Möglichkeit der Fehler beim Zentrieren.

## 4.2 CNC - Vertikal – Honmaschine



Abb. 19: Vertikal – Honmaschine (Zylinderlaufbuchsen bearbeiten) <sup>[11]</sup>

Die CNC – Vertikal – Honmaschine gehört zu die CNC – Honmaschinen. Ich nenne die folgenden Vorteile und Nachteile der Vertikal – Honmaschine

### **Vorteile:**

- Hohe Produktivität durch kurze Nebenzeiten und flexibler Bearbeitung.
- Hohe Spindelantriebsleistung 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
- Nicht geeignet für Länge Rohre

## **4.3 CNC – Horizontal – Honmaschine**

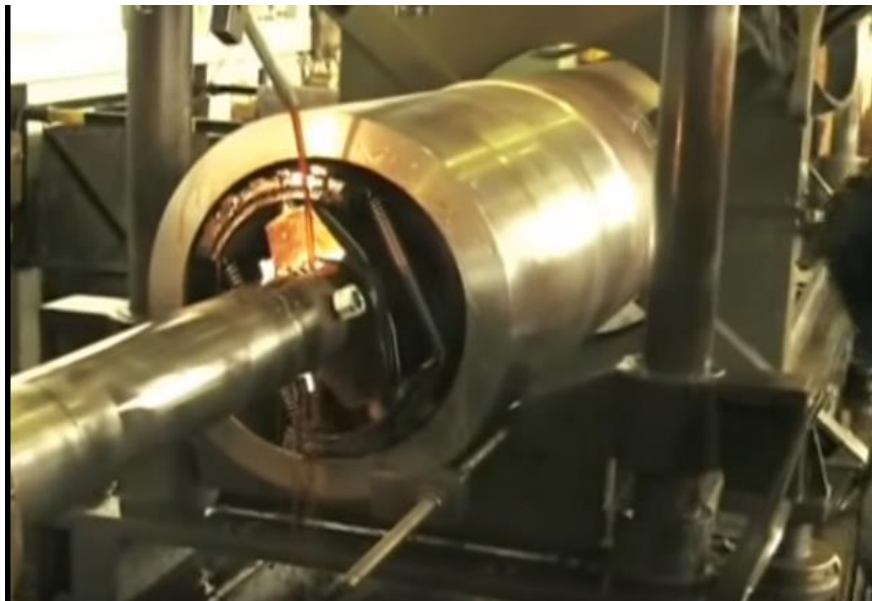


Abb. 20: Horizontal – Honmaschine (Rohr bearbeiten) <sup>[12]</sup>

Die CNC - Horizontal – Honmaschine gehört auch zu den CNC - Honmaschine. Die Vorteile und Nachteile sind ähnlich wie bei der CNC - Vertikal - Rundschleifmaschine.

### **Vorteile:**

- Hohe Produktivität durch kurze Nebenzeiten und flexibler Bearbeitung.
- Hohe Spindelantriebsleistung 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.
- Nicht geeignet für kleine Werkzeuge.

Im folgenden sollen einige Anwendungsgebiete von CNC – Vertikal / Horizontal – Honmaschine genannt werden

### **Anwendungsgebiete**

- Hochpräzise Maschinenteile.
- Teile für Verbrennungsmotor (z. B. Zylinderlaufbuchsen.).
- Teile für Luftlager.
- Teile für die Fahrzeugindustrie.

## 4.4 Konventionelle Honmaschine



Abb.21: Konventionelle Honmaschine [13]

Im Vergleich zur anderen Honmaschinen hat Konventionelle Honmaschine die folgenden Vorteile und Nachteile.

### **Vorteile:**

- Sehr günstiger Preis und hohe Präzision
- Geeignet für den Einsatz in jeder Branche
- Klein Aufbau und platzsparende Bauweise
- Anwendung für das Honen von Werkstücke in der Einzel – und – Kleinserienfertigung

### **Nachteile:**

- Niedrigere Produktivität und Präzision.
- Keine Möglichkeit zur Bearbeitung großer Werkstücke.

## 4.5 Bewertungskriterien und Ergebnis

Die Bewertungskriterien kann man in 3 Punkte einteilen

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

Darunter sind die Wichtige Anforderungen, um die Honmaschinen zu bewerten

### **Funktional**

- Präzision
- Zuverlässigkeit
- Anwendungsbereich
- Montage

### **Ergonomisch**

- Arbeitssicherheit
- Bedienbarkeit

### **Betrieblich**

- Anschaffungskosten
- Energieeffizienz
- Zeitkosten



## Ergebnis

	<b>CNC - Mehrspindel- Honmaschine</b>	<b>CNC - Vertikal - Honmaschine</b>	<b>CNC - Horizontal- Rohr- Honmaschine</b>	<b>Konventionell e Honmaschine</b>
Präzision	2	2	2	0
Zuverlässigkeit	2	1	1	1
Anwendungsbereich	2	1	1	1
Montage	1	1	1	2
Arbeitssicherheit	2	2	2	1
Bedienbarkeit	2	2	2	0
Anschaffungskosten	0	0	0	2
Energieeffizienz	1	1	1	2
Zeitbedarf	2	2	2	0
summe	14	12	12	9
Gewichtung [%]	100	85,7	85,7	64,3

Tabelle 6: Bewertung der Honmaschinen

**2-Sehr gut, 1-gut, 0-normal**

$$Gewichtung[\%] = \frac{\sum n}{\sum max} * 100\%$$

Durch diese Tabelle kann ich ablesen, dass zur Endbearbeitung von Vorgefertigten Bohrungen die **CNC – Mehrspindel – Honmaschine** die beste Lösung ist.



## 5. Prozess und Begründung

Mit einer obengenannten Honmaschine beschreibe ich das Verfahren zur Endbearbeitung von vorgefertigten Bohrungen in einem Honzentrum.

Ich wähle eine CNC – Mehrspindel – Honmaschine zur Endbearbeitung von Bohrungen (Abb. 22) aus.

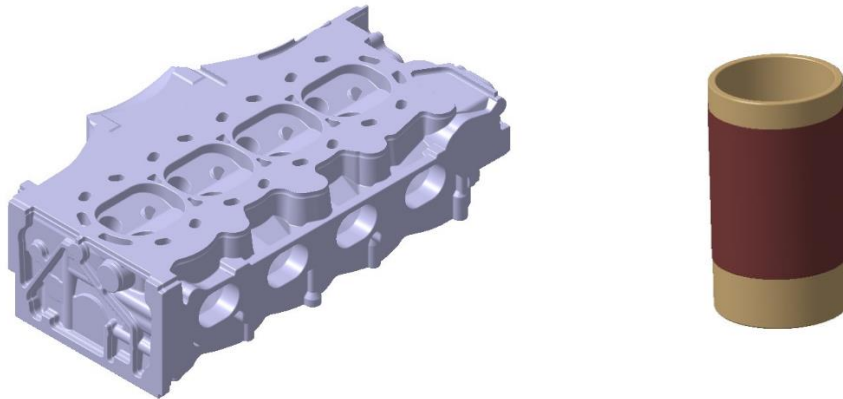


Abb. 22: Die Zeichnung einer Laufbuchse (aus CATIA)

### 5.1 Vorbereitungen

Vor dem Beginn Bearbeitung mit einer CNC – Mehrspindel – Honmaschine müssen einige wichtige Vorbereitungen durchgeführt werden.

- Auswahl die Geschwindigkeit der Spindel und Auswahl der Honahle und Honleisten durch verschiedene Materialien von Werkstücke
- Befestigung
- Zentrierung
- Vorbereitung

### 5.1.1 Auswahl

Die Auswahl von Honstein wird durch Material des Werkstücks bestimmt. Das Werkstück besteht aus C45. Diamant- und CBN-Honleisten ist hierfür geeignet.

Die Vorteile von Diamant- und CBN-Honleisten gegenüber konventionellen keramik-Honleisten sind

- Höhere Standzeit
- Bessere Formstabilität
- Geringere Toleranzen
- Kühleres Arbeiten, d. h. Veränderung der Oberflächenstruktur durch Wärmeeinwirkung
- Weniger Verformung

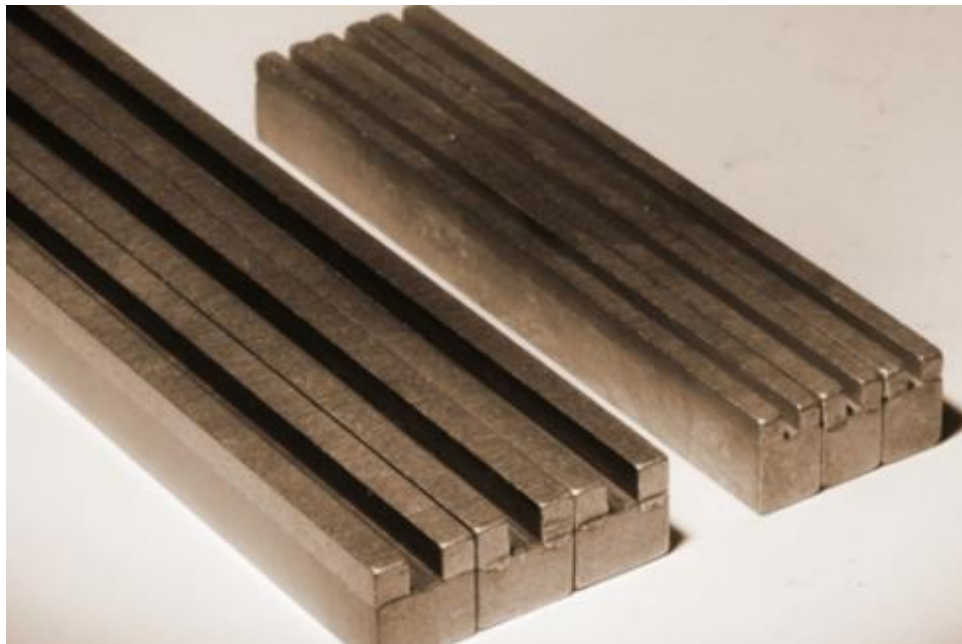


Abb. 23: Honleisten <sup>[14]</sup>



Abb. 24: Diamant-Kristalle zur Honleisten <sup>[14]</sup>

### 5.1.2 Befestigung

Das Werkstück wird durch elektromagnetischen Tisch festgelegt. Nach der Arbeit wird der Strom abgeschaltet, so hat der elektromagnetische Tisch keinen Magnetismus.

### 5.1.3 Zentrierung

Zur Bearbeitung von Laufbuchse gibt es noch einen wichtigen Schritt: die Zentrierung. Das Rohr wird durch Hauptständer festgelegt. Die Kreismittelpunkte von Rohr und Honahle müssen in einer Linie sein.

### 5.1.4 Vorbereitung

Am Ende der Vorbereitung wird eine Laufbuchse in der Maschine vorbearbeitet. Wenn Rohr und Honahle gut funktionieren noch Funken. Somit ist die Vorbereitung fertig und die Bearbeitung kann losgehen.

## 5.2 Bearbeitung mit einer CNC - Honmaschine

Das Rohr, das vorgefertigt ist, wird mit dem Fließband transportiert. Die CNC – Honmaschine hat eine automatische Ladeluke und im Anschluss eine automatische Entladeeinrichtung.



Abb. 25: Bearbeitung mit CNC – Honmaschine [12]

Die Laufbuchse wird durch einen Roboterarm in der genauen Position festgelegt. Während der Bearbeitung der Laufbuchse muss der Prozess gleichzeitig mit einem Kühlmittel(Öl) durchgeführt werden, um die Laufbuchse zu kühlen. Die gefertigte gehonte Laufbuchse wird nach der Bearbeitung mit einem Roboterarm auf ein Fließband gestellt und transportiert.

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

## 5.3 Begründung der Auswahl

Ich wähle eine CNC – Universal – Honmaschine zur Endbearbeitung von Vorgefertigten Bohrungen auf Endmaßqualität aus, wegen

- CNC – Universal – Honmaschinen sind die häufigsten benutzen Honmaschinen, die automatisch und prozesssicher arbeiten.

- Im Vergleich zur konventionellen Honmaschine hat die CNC – Universal – Honmaschine eine höhere Präzision und Produktivität.
- Die Rohre in der Laufbuchse haben Mittellinie, deshalb können die präzise zentriert werden.

## 6. Zusammenhang zwischen Schnittstellen

### 6.1 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. <sup>[1]</sup>

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>

Automatische Ver- und Entsorgungseinrichtungen tragen aufgrund ihrer Vorteile wesentlich zur Komplettbearbeitung der Teile innerhalb eines FFS bei.

Ein wesentliches Element des Transportsystems stellt das Transportmittel dar. Für prismatische (kubische) Werkstücke werden in FFS vorrangig Paletten verwendet. Als technische Ausführungen dieses Transportmittels kommen

- Einfache Transportunterlagen
- Transportpaletten
- Wechselfaletten und
- System-Paletten mit Standardabmessungen nach DIN: Euro-Palettenmaß 800mm \* 1200mm zur Anwendung <sup>[1]</sup>

Gemäß den vorrangegangenen Ausführungen wird der Materialfluss wie folgt definiert:

Materialfluss ist die Zusammenfassung aller Lager-, Speicher- und Bewegungsvorgänge beim Ver- und Entsorgen von Lagern Puffen und Arbeitsstationen. Diese Prozesse betreffen Rohstoffe, Werkstück, Werkzeuge, Betriebsmittel und Abfallstoffe. <sup>[1]</sup>

### 6.1.1 Transport des Rohteiles

Die Rohteile werden durch Roboterarme transportiert, die Honmaschine eine automatische Ladeluke und Entladeeinrichtung zur Beschickung hat.



Abb. 26: Roboterarm <sup>[15]</sup>



## 6.1.2 Transportmittel für Fertigteile

In der FFS gibt es 2 Transportbandarten: Rollenband und Förderband. Um die fertige Rohre zu transportiert wähle ich **Förderbänder**.



Abb. 27: Rollenband<sup>[16]</sup>



Abb. 28: Förderband<sup>[17]</sup>



## 6.2 Honleisten

Im Bearbeitungsprozess wähle ich die CNC – Honmaschine mit **Diamant- und CBN-Honleisten**. Als Schleifmittel werden natürliche und synthetische Werkstoffe eingesetzt. Flint, Quarz, Korund, Schmirgel, Granat und Naturdiamant zählen zu den natürlichen Schleifmitteln. Korunde, Siliziumcarbide, kubisches Bornitrid(CBN) und Diamanten zählen zu den synthetischen Schleifmitteln. CBN und Diamant sind zwei härteste Schleifmittel.



Abb. 29: Diamant- und CBN-Honleisten [18]

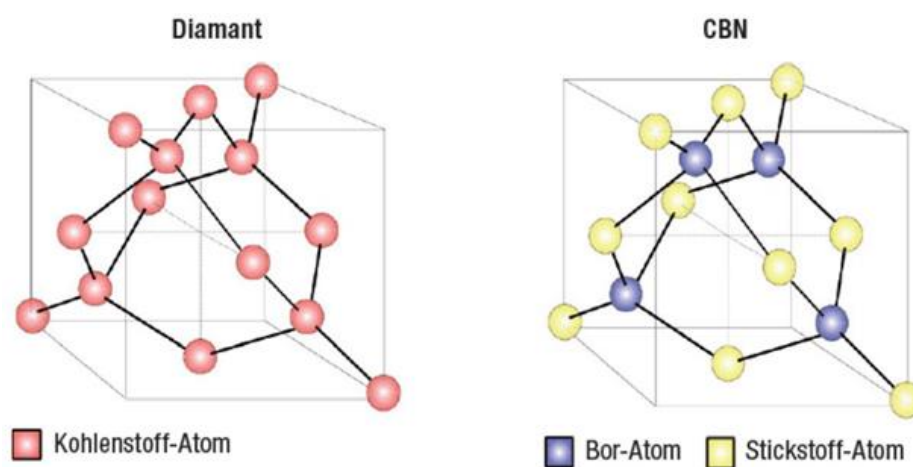


Abb. 30: Struktur von Diamant und CBN [19]

**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.

Kornwerkstoff	Eigenschaften und Anwendungen
Siliziumkarbid (SiC)	Bearbeitung kurzspanender Werkstoffe mit zumeist niedriger Zugfestigkeit, z.B. Grauguss, Hartmetalle, NE-Metalle und nichtmetallische Werkstoffe
Kubisch kristallines Bornitrid (CBN)	Bearbeitung schwer zerspanbarer Schnellarbeitsstähle mit hohem Karbidanteil sowie Nickelbasislegierungen
Diamant	Bearbeitung von Hartmetall und Keramik, Glas, Beton, Natur- und Kunststein, Kunststoff sowie Halbleiter- Werkstoffen Nicht geeignet für die Bearbeitung von niedrig legierten kohlenstoffarmen Stählen wegen der Affinität zu Eisen und Legierungselementen, sogenannten Karbidbilden

Tabelle 7: Kornwerkstoff<sup>[17]</sup>

## 6.3 Handhabung

Bei Werkzeugmaschinen sind Raumkoordinaten und Maschinenkoordinaten identisch ( $x$ -Koordinate des Werkzeugs hängt ausschließlich von der Stellung der Planvorschubachse). Dagegen hängt bei einem knickarmroboter jede Raumachse des Werkzeugmittelpunktes von mehreren Maschinenachsen ab (im Extremfall von allen). Die Koordinatentransformation stellt deshalb hohe Anforderungen an die Rechenleistung der Steuerung (z.B. wenn der Roboter mit großer Geschwindigkeit fahren soll) <sup>[1]</sup>

Zu Recht gilt die SINUMERIK 840D sl als Maßstab in der CNC-Premiumklasse. Ein Maximum an CNC-Performance sowie eine unerreichte Flexibilität und Offenheit sind die Basis für nahezu jedes Maschinenkonzept.

Fräsen und Drehen am Limit ist eine der Stärken der SINUMERIK 840D sl. Darüber hinaus erschließt die SINUMERIK 840D sl ein nahezu unerschöpfliches Technologiespektrum: vom Schleifen und Lasern über Zahnrad- bis hin zur Multitasking-Bearbeitung. Ihre hohe Systemflexibilität macht die SINUMERIK 840D sl zur CNC der Wahl, wenn es um die Erschließung völlig neuer Technologiefelder geht.

### Vorteile

- **Modular und skalierbar**

Neben skalierbarer NCU-Performance bietet die SINUMERIK 840D sl auch eine hohe Modularität der Bedienkomponenten. Mit einem flexiblen M:N Bedienkonzept – z. B. der Kombination beliebiger Bedienfelder mit der NCU – passt sich die SINUMERIK 840D sl ideal an die Bedienphilosophie moderner Premium-Maschinenkonzepte an.

- **Benchmark in Open Architecture**

Die Systemoffenheit der SINUMERIK 840D sl sucht ihresgleichen. So kann die CNC optimal an die Technologie der Maschine angepasst werden und verfügt über einen hohen Freiheitsgrad in der Fertigungsautomatisierung.

- **Kommunikativ auf allen Ebenen**

Mit PROFINET fügt sich die SINUMERIK 840D sl perfekt in die Siemens TIA-Welt ein. Totally Integrated Automation steht für einzigartige Durchgängigkeit – von der Feldebene über die Produktions- bis hin zur Unternehmensleitebene. <sup>[18]</sup>



Abb. 31: SIEMENS Sinumerik 840D <sup>[18]</sup>

## 6.4 Kühl- und Reinigungsanlage

In der CNC-Honmaschine gibt es noch eine wichtige Anlage: die Kühl- und Reinigungsanlage. Denn die beim Honen auf der Innenseite des Zylinders entstehenden Riefen (auch “Honlinien” genannt) sorgen für eine ordentliche Öl-Schmierung, weil in ihnen bei der Auf- und Abwärts-Bewegung der Kolben das Öl hängen bleibt. Daher ist genauestens darauf zu achten, dass die Winkel dieser Linien in einem Bereich zwischen  $35^\circ$  und  $45^\circ$  liegen. Ist der Winkel größer als  $45^\circ$ , so wird zu viel Öl mitgezogen, sind sie kleiner als  $30^\circ$ , so frisst sich der Kolben eventuell fest, da er zu trocken läuft.

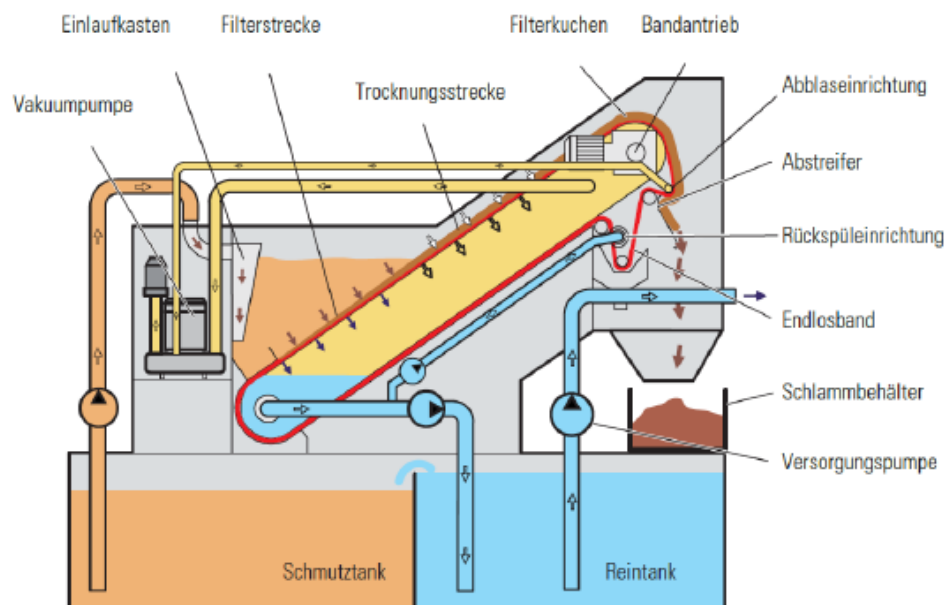


Abb. 32: Kühl- und Reinigungsanlage <sup>[19]</sup>

### Aufgaben von Kühlschmiermittel

- Reibung zwischen Honahle und Werkstück verkleinern
- Werkstückoberfläche kühlen
- Honleisten reinigen und benetzen
- Eine Funktion als Korrosionsschutz für Maschine und Werkstück

## Arten der Kühlschmiermittel (Hydrauliköle oder Motoröle)

### **z.B.**

- Honda CR 250 2000
- KTM EXC 500 2012
- Honda VTR 1000 SP1 2000
- KAWASAKI Z650 Classic-Racer 1977

## 7. Zusammenfassung

Mit dem Honverfahren werden die Ziele: Verbesserung der Maß- und Formgenauigkeit sowie die Oberflächenbehandlung erreichen. Das Honen ist auch ein zerspanendes Feinbearbeitungsverfahren für fast alle Werkstoffe und stellt in der Produktion den letzten Fertigungsprozess dar. In den Fertigungsprozess wird das Honen für eine hohe Qualität Endproduktes bei geringsten Toleranzen eingesetzt.

Nach Merkmalen der herzustellenden Form wird die Honverfahren viele Arten unterteilt, z.B. Langhubhonen, Kurzhubhonen und Flachhonen

Das Langhubhonen ist im Rahmen der industriellen Fertigung eines der wichtigsten Honverfahren.

Eine Honmaschine ist eine Werkzeugmaschine zum Bearbeitung von Bohrungen. Nach Art der Steuerung wird in konventionelle Honmaschine und CNC – Honmaschine unterteilt.

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

Um die vorgefertigten Bohrungen zu endbearbeiten, wähle ich eine CNC – Universal – Honmaschine aus. Diese Maschine ist die häufigste angewandte Honmaschine in der Industrie und universell einsetzbar.

In einem Honprozess gibt es Faktoren, die die Qualität des Ergebnisse beeinflussen, z.B. Auswahl und Berichtigung der Honahle, Honleisten, Zentrierung usw.



Durch die Entwicklung der Technik entstehen immer mehr Honmaschinen, 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 15.03.2017

Bowen Chang

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Elemente und Grundaufbau eines FFS (BOSCH Industrieausrüstung, Anwender BOSCH Stuttgart) .....	7
Abb. 2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen .....	8
Abb. 3: Struktur eines flexiblen Fertigungssystem .....	8
Abb. 4: Werkzeugmaschinen als technisches System .....	9
Abb. 5: Honen .....	10
Abb. 6: Systemdarstellung des Honprozesses nach v. See .....	13
Abb. 7: Schnittdarstellung eines Honwerkzeugs zur Bohrungsbearbeitung .....	13
Abb. 8: Prinzipieller Aufbau eines Dornhonwerkzeugs mit konischer Schneidzone .....	14
Abb. 9: Spizenlose Durchlauf-Kurzhubhonmaschine, Arbeitsraum(Supfina) .....	15
Abb. 10: Aufsetzgerät zum Kurzhubhonen und Bandfinishgerät (Supfina) .....	15
Abb. 11: Schwere Langhub-Vertikalhonmaschine mit Hydraulischer Zustelleinrichtung (Gehring) .....	16
Abb. 12: Gehring PT 600 MODUL .....	17
Abb. 13: Rottler H85A CNC Automatic Vertical Honing Machine .....	19
Abb. 14: Levigarici Orizzontali Robbi Lyor .....	21
Abb. 15: Honkopf von Lyor M .....	23

Abb. 16: Honkopf von Lyor S .....	23
Abb. 17: Pemamo MDR120 .....	24
Abb. 18 Gehring Mehrspindelhonmaschine .....	26
Abb. 19: Vertikal – Honmaschine (Zylinderlaufbuchsen bearbeiten) .....	27
Abb. 20: Horizontal – Honmaschine (Rohr bearbeiten) .....	28
Abb. 21: Konventionelle Honmaschine .....	30
Abb. 22: Die Zeichnung einer Laufbuchse (aus CATIA) .....	33
Abb. 23: Honleisten .....	34
Abb. 24: Diamant-Kristalle zur Honleisten .....	35
Abb. 25: Bearbeitung mit CNC – Honmaschine .....	36
Abb. 26: Roboterarm .....	38
Abb. 27: Rollenband .....	39
Abb. 28: Förderband .....	39
Abb. 29: Diamant- und CBN-Honleisten .....	40
Abb. 30: Struktur von Diamant und CBN .....	40
Abb. 31: SIEMENS Sinumerik 840D .....	43
Abb. 32: Kühl- und Reinigungsanlage .....	44

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der Fertigungsverfahren .....	9
Tabelle 2: PT600 Technische Daten .....	18
Tabelle 3: Rottler H85A Technische Daten .....	20
Tabelle 4: Robbi Lyor 40.50 Technische Daten .....	22
Tabelle 5: Pemamo Technische Daten .....	24
Tabelle 6: Bewertung der Honmaschinen .....	32
Tabelle 7: Kornwerkstoff .....	41

## Quelle

- [1] Arbeitsblätter zur Lehrveranstaltung: Fertigungssysteme;  
Prof. Dr.-Ing R. Kademann
- [2] Tachenbuch der Werkzeugmaschinen 2. Auflage; Klaus-Jörg Conrad (Hrsg.);  
HANSER
- [3] Fertigungsverfahren / Rudolf Sautter. 1. Auflage. – Würzburg: Vogel, 1997
- [4] Fertigungstechnik 11. Auflage Prof. Dr. -Ing. Alfred Herbert Fritz / Prof. Dr.  
-Ing. Günter Schulze
- [5] Werkzeugmaschinen Maschinenarten und Anwendungsbereiche 5. Auflage  
Prof. Dr. -Ing. Dr. -Ing. E.h. Manfred Weck
- [6] <http://www.gehring.de/>
- [7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Honen>
- [8] <http://www.rottermfg.com/>
- [9] <http://grinding-machines-robby.com/horizontal-tube-honing-machines/>
- [10] <http://www.pemamo.ch/de/products/mdr-120.php>
- [11] <http://www.directindustry.de/prod/az-spa/product-51483-530620.html>
- [12] <https://www.youtube.com/>
- [13] <http://www.ebay.de/>
- [14] <http://www.diahon.de/>
- [15] <http://www.5648.cc/>
- [16] <http://www.rollenband.de/>
- [17] <http://www.iwf.tu-berlin.de/>
- [18] <http://w3.siemens.com/>
- [19] <http://www.maegerle.com/de/produkte/mfp-flach-und-profil/mfp.html>