

0.Hochschule Merseburg

Fachbereich INW



Bachelorarbeit

Oberflächenschleifbehandlung von ebenen Teilen. Und Handhabung von Ausgangs- und Fertigteil

Li Zhi

Bachelorarbeit

Oberflächenschleifbehandlung von ebenen Teilen. Und Handhabung von Ausgangs- und Fertigteil

vorgelegt bei

Prof. Dr.-Ing. Rolf Kademann

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kirchhofer

Hochschule Merseburg

Studiengang BMMP, Studienrichtung Mechatronik.

eingereicht von

Li Zhi

25870

Inhaltsverzeichnis

0. Einleitung.....	4
1. Grundlegende Schleiftheorie.....	6
1.1 Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide - Fräsen.....	6
1.2 Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide.....	7
2. Flexible Fertigungssysteme (FFS).....	9
2.1 Definition des FFS.....	9
2.2 Vorteile und Nachteile.....	9
2.3 Aufbau und Planung des FFS.....	10
2.4 Das Maschinenkonzept im FFS.....	11
2.5 Materialflusssystem im FFS.....	13
2.6 Informationssystem.....	15
2.7 Qualitätssicherung in flexiblen Fertigungslösungen.....	16
3. Technische Eigenschaften im 4 Varianten.....	18
3.1 Fräsen.....	18
3.1.2 Werkzeuge von Fräsen.....	21
3.1.3 Maschinen von Fräsen.....	22
3.1.4 Mikrofräsen.....	23
3.2 Schleifen mit rotierendem Werkzeug.....	24
3.2.1 Aufbau des Werkzeugs.....	24
3.2.2 Standkriterien an Schleifscheiben.....	28
3.2.3 Verfahrensvarianten beim Planschleifen.....	29
3.2.4 Hochgeschwindigkeitsschleifen.....	31
3.3 Bandschleifen.....	33
3.3.1 Konstruktionsprinzip.....	33
3.3.2 Verfahrensprinzip des Bandschleifens.....	34
3.4 Läppen.....	35
3.4.1 Definition von Läppen:.....	35
3.4.2 Eigenschaften von Läppen.....	37
3.4.3 Planschleifen mit Planetenkinematik.....	38
3.5 Kühlschmiermittel.....	39
4. Die mögliche Lösung.....	42
4.1 Die Auswahl eines geeigneten Beispielteils.....	42
4.2 Entfernung von Oberflächenfett.....	44
4.3 Entfernung des Oberflächenoxidfilms.....	45
4.4 Fräsen.....	46
5. Darstellung des Zusammenhangs im FFS.....	48
5.1 Materialfluss.....	49
5.2 Transport.....	50
5.3 Qualitätskontrolle für Werkstücke und Schleifkörper.....	54
6. Zusammenfassung.....	57
7. Quellenverzeichnis.....	58
8. Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit.....	60

0.Einleitung

Es ist ein Bearbeitungsverfahren, das die überschüssige Schicht auf der Oberfläche des Werkstücks mit Hilfe der Schneidwirkung des Schleifwerkzeugs entfernt, um die Oberflächenqualität des Werkstücks den vorgegebenen Anforderungen zu genügen.

Die Werkzeugmaschine zum Schleifen wird als Schleifmaschine bezeichnet.

Schleifen hat ein breites Anwendungsspektrum: Es wird normalerweise als Finishing-Verfahren für Teile (insbesondere gehärtete Teile) verwendet, mit dem eine hohe Bearbeitungsgenauigkeit und Oberflächengüte erreicht werden kann, und kann auch zum Schrappen, Trennen usw. verwendet werden. In den letzten Jahren wurde das Spektrum der Schleifbearbeitung kontinuierlich erweitert und der Anteil von Schleifmaschinen an spanenden Werkzeugmaschinen ist gestiegen.

Mit der Entwicklung der Zeit brauchen wir ein sichereres, effizienteres und kontrollierbarereres Schleifverfahren

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.

Hinweise zur Lösung der Aufgabenstellung

- Analyse des gegenwärtigen Standes der Fertigungssystemauslegung der o. g. Zielstellung unter Berücksichtigung der möglichen allgemeinen technischen Lösungen
- Dokumentation der vorhandenen Lösungen für die o. g. technischen Einrichtungen in derartigen Prozessen
- Auslegung und Bewertung der unter Abschnitt 2 ermittelten Lösungsvarianten
- Beschreibung einer möglichen Lösung an einem selbst gewählten Beispielteil (mit Begründung)
- 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

1. Grundlegende Schleiftheorie

1.1 Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide - Fräsen

Definition: Der Planfräser wird hauptsächlich für die Bearbeitung von Ebenen verwendet. Seine Eigenschaften sind: hohe Produktionseffizienz; gute Steifigkeit, die einen großen Vorschub annehmen kann; gleichzeitig sind beim Schneiden mehrere Schneidzähne beteiligt

Schneiden, reibungslos arbeiten; nimmt eine starre Zahnstruktur an, ist leicht zu schärfen und die Messerzähne zu ersetzen und hat eine lange Lebensdauer.

Planfräser werden in zwei Kategorien unterteilt. Eine besteht darin, die Hartmetalleinsätze an den Schneidzähnen durch Hartlötungen zu befestigen und dann die Schneidzähne am Schneidkörper zu installieren. Dies wird als Planfräser vom Einsatztyp bezeichnet. Hartmetallklinge direkt auf den Fräserkörper des Fräasers, und dann mit Schrauben usw. befestigen, der als Wendeschneidplattenfräser bezeichnet wird.

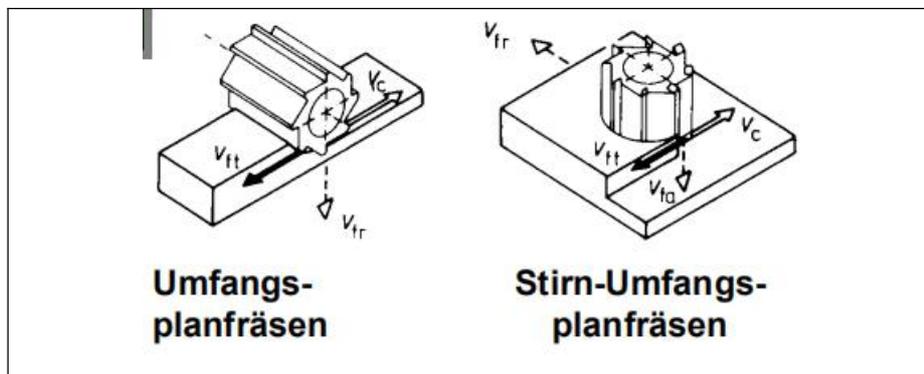


Abb 1: Grundlagen von Fräsen

1.2 Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide

Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide		
Schleifen mit rotierendem Werkzeug	Läppen	Bandschleifen

Definition: Schleifen mit rotierendem Werkzeug ist ein spanendes Fertigungsverfahren mit vielschneidigen Werkzeugen, deren geometrisch unbestimmte Schneiden von einer Vielzahl gebundener Schleifkörner aus natürlichen oder synthetischen Schleifmitteln gebildet werden und mit hoher Geschwindigkeit, meist unter nichtständiger Berührung zwischen Werkstück und Schleifkorn den Werkstoff abtrennen.

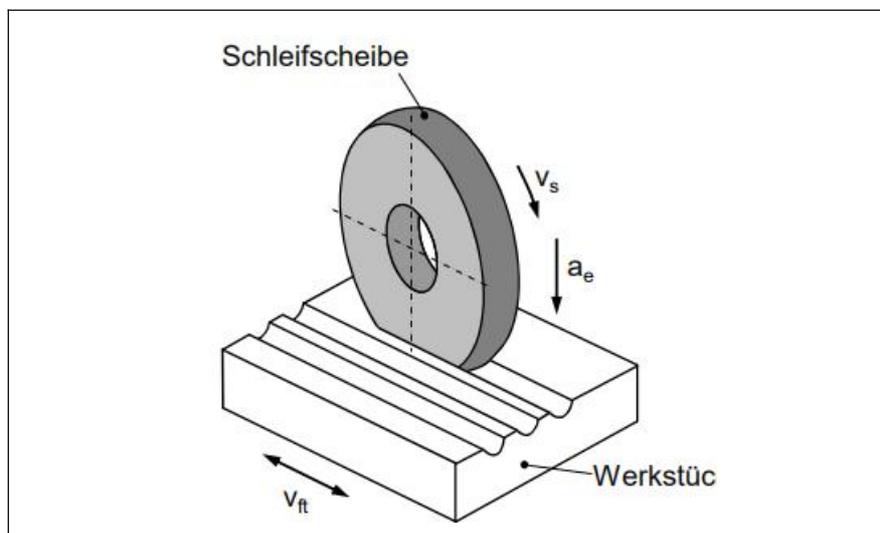


Abb 2: Grundlagen von Schleifen

Planschleifen

- nach Art der zu erzeugenden Fläche in Plan-, Rund-, Schraub-, Wälzprofil- und Formschleifen,
- nach der Bearbeitungsstelle am Werkstück in das Außen- und Innenschleifen,
- nach der Wirkfläche am Werkzeug in das Umfangs- und Seitenschleifen sowie
- nach der Art der Vorschubbewegung in das Längs-, Quer-, Schräg-, Freiform-, Nachformschleifen unterteilen.

Plan- und Flachsleifen dient zur Erzeugung von Flächen, die entweder vollständig eben sind bzw. in Hauptvorschubrichtung der Schleifscheibe geradlinig verlaufen. Die am häufigsten anzutreffende Variante des Planschleifens ist das Längs-Umfangs-Planschleifen, das sowohl zur Erzeugung ebener Flächen (Pendelschleifen) als auch für Nuten (Tiefschleifen) eingesetzt wird.

Planschleifen

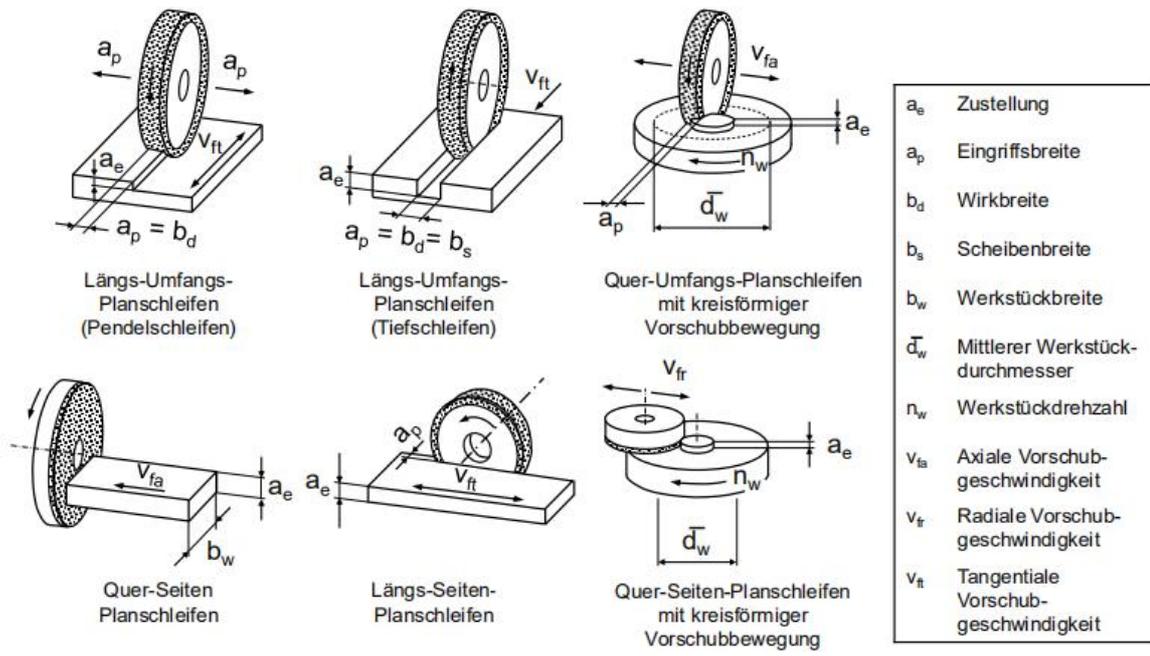


Abb 3: Planschleifen

2. Flexible Fertigungssysteme (FFS)

2.1 Definition des FFS

Flexible Fertigungssysteme (abgekürzt FFS, auch FMS für Flexible Manufacturing System) sind Mehrmaschinensysteme zur Bearbeitung von Werkstücken. Die einzelnen Bearbeitungsstationen sind meist handelsübliche numerisch gesteuerte Bearbeitungszentren. Über ein Transport- und Lagersystem sind diese miteinander verkettet verbunden, um so den automatisierten Werkstückfluss zu ermöglichen. Sie haben zusätzlich zu den Bearbeitungsstationen Werkstück- und Werkzeugspeicher mit den entsprechenden Übergabestationen. Das Aufspannen der Werkstücke und das Magazinieren der Werkzeuge können unabhängig und zum Teil zentralisiert durchgeführt werden, wodurch sich Neben- und Verteilzeiten bei den Maschinen einsparen lassen. Durch die Automatisierung des Transports werden außerdem Flächen- und Personalkosten verringert und die Durchlaufzeiten der Aufträge verkürzt.

2.2 Vorteile und Nachteile

Flexible Fertigungssysteme besitzt Vor- und Nachteile.

Zu den Vorteilen gehört ein hohes Rationalisierungspotential und verkürzen die Rüstzeiten, usw.

Nachteilig sind die hohen Kosten für die Anschaffung und benötigen hochqualifiziertes Personal, das sie bedienen kann. (siehe Tabelle)

Tab. 1: Vor- und Nachteile der Simulation

Vorteile	Nachteile
+ hohes Rationalisierungspotential + die Rüstzeiten drastisch verkürzt + hohes Flexibilität + hohe Maschinenauslastung +Hohe Produktqualität	- hohen Kosten für die Anschaffung - hochqualifiziertes Personal benötigen - lange Amortisationszeit

2.3 Aufbau und Planung des FFS

2.3.1 Hauptkomponenten 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.



Abb.4: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen

FFS gliedern sich in drei hauptsächliche Subsysteme^[3]:

1. Bearbeitungssystem

Beim Bearbeitungssystem ist automatische Bearbeitung unterschiedlicher Werkstücke in wahlfreier Folge unter Berücksichtigung von automatisiertem Werkstück- und Werkzeugwechsel.

2. Materialflusssystem

Materialflusssystem gliedert sich in Transport-, Lager- und Handhabungssysteme. Materialflusssystem gewährleistet eine automatische, taktgebundene, variable Verkettung der Fertigungseinrichtungen, wie z.B. dem Lager und dem Bearbeitungssystem mit dem Transportsystem, Bsp.: Werkstückflusssystem und Werkzeugsystem.

3. Informationssystem

Informationssystem dient zur Prozesssteuerung und -überwachung, automatische Steuerung der Bearbeitungs- und Materialflusssysteme, und auch Online-Betriebsdatenerfassung.

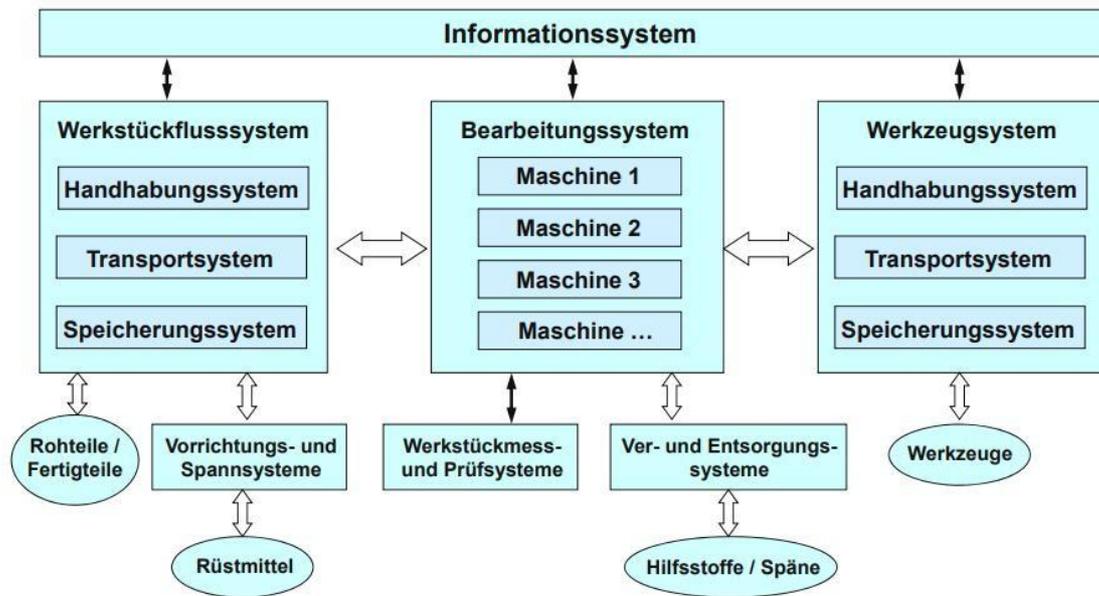


Abb.5: Komponenten und Schnittstellen eines flexiblen Fertigungssystems

2.3.2 Varianten Flexibler Fertigungssysteme

Flexible Fertigungskonzepte weisen auf Grund ihrer jeweiligen Charakteristika unterschiedliche Einsatzbereiche auf. Die Einordnung wird allgemein nach den Hauptmerkmalen: Anzahl der unterschiedlichen Werkstücke, Jahresstückzahl pro Werkstück, Produktivität und Flexibilität vorgenommen.

Anhand dieser Merkmale lassen sich drei Einsatzbereiche abzuleiten:

- Einzelmaschinen: NC-Maschine, konventionelle Universalmaschinen, Bearbeitungszentrum
- Flexible Fertigungskonzepte: Fertigungsinsel, flexible Fertigungszelle, Flexibles Fertigungssystem.
- Starre Fertigungseinrichtungen: Flexible Transferstraße, konventionelle Transferstraße, Sondermaschinen.

In Abbildung 3 ist ein Überblick über die wichtigsten automatisierten Fertigungskonzepte für die spanabhebende Bearbeitung kleiner und mittlerer Stückzahlen gegeben.

- Maschine: Der von mechanischen Elementen gesteuerte Automat ist heute weitgehend von der NC- oder CNC-Maschine abgelöst.
- Bearbeitungszentrum: Werkzeugspeicher und automatischer Werkzeugwechsler.
- Zelle: Eine oder mehrere Bearbeitungsmaschinen, die über einen Werkstückspeicher

verfügen. Zusätzlich können Handhabungsgeräte und Meßstationen integriert sein. Koordinierung durch einen zentralen Zellenrechner.

- Automatisiertes flexibles Fertigungssystem (AFFS) und Transferstraßen besitzen einen automatischen Werkstückfluss. Sie sind aus Rohteillager, Bearbeitungs-, Mess- und Montagestationen zusammengesetzt.

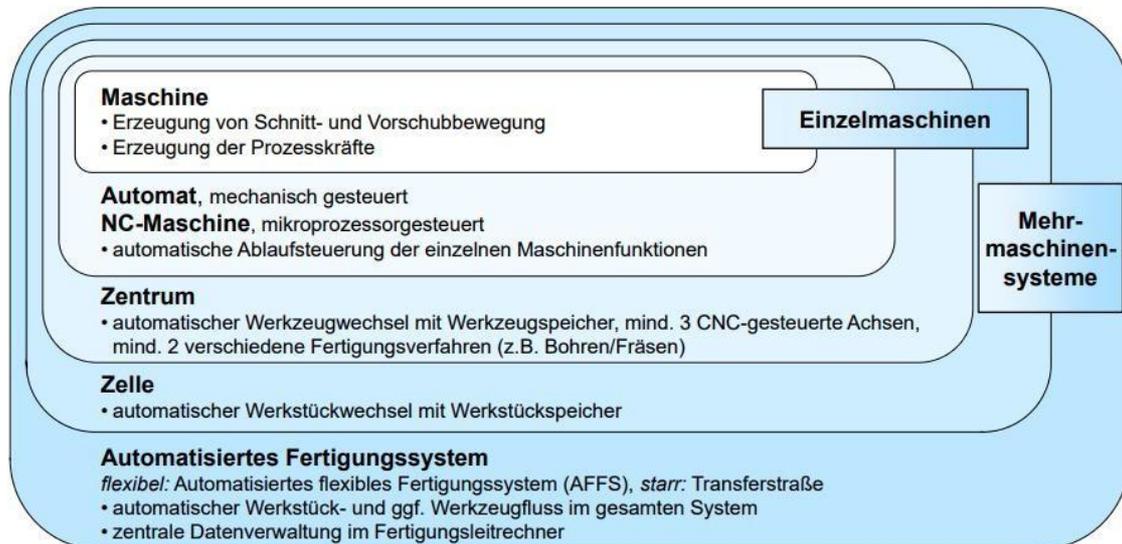


Abb.6: Einteilung von Fertigungssystemen nach dem Automatisierungsgrad

2.4 Das Maschinenkonzept im FFS

2.4.1 Bearbeitungszentrum oder Flexible Fertigungszelle

Ein Bearbeitungszentrum ist eine NC- (meist CNC-) Werkzeugmaschine, die zur Ausführung von mindestens zwei Bearbeitungsoperationen und zu automatischem Werkzeugwechsel aus einem Magazin oder einer ähnlichen Speichervorrichtung entsprechend dem Bearbeitungsprogramm geeignet ist^[3].



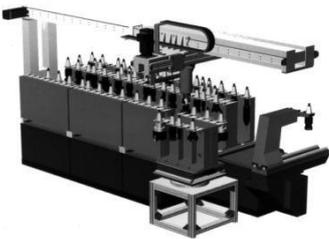
Abb.7: Bearbeitungszentrum

2.4.2 Werkzeugmagazin und Werkzeugwechsel

Werkzeugmaschinen sind häufig mit Werkzeugspeichern ausgestattet, aus denen je nach Bedarf Werkzeuge direkt oder über einen vollautomatischen Werkzeugwechsler in Arbeitsspindel oder Werkzeughalter eingewechselt werden können. Drehmaschinen besitzen häufig Revolver, die das benötigte Werkzeug nicht wechseln, sondern in die Arbeitsebene drehen. Bei modernen Werkzeugmaschinen wird zunehmend auch nach Ablauf einer programmierten Standzeit oder nach dem tatsächlichen Werkzeugverschleiß selbstständig ein bereitgestelltes Ersatzwerkzeug eingewechselt, sodass solche Maschinen dann in Kombination mit automatischen Werkstückwechslern weitgehend unbeaufsichtigt Werkstücke bearbeiten können.

Das Folgende sind drei verschiedene Magazinbauformen.

Tab. 2: Magazinbauformen [2]

Magazinbauformen	Bild	Beschreibung
Kettenmagazin	 <p>Abb.8: Kettenmagazin [5]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Stationäre Ausführung mit schwenkbarer Wechseinheit • hier 86 Werkzeugplätze • Hauptzeitparallele Bereitstellung des neuen Werkzeuges im Doppelgreifer
Kassettenmagazin	 <p>Abb.9: Kassettenmagazin [6]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Stationäre Ausführung mit Handhabungsgerät in Portalbauweise, • hier zwischen 117 und 225 Werkzeuge, • Drehtischausführung für hauptzeitparallelen Werkzeugaustausch, • Automatischer Kassettenwechsel bei Einsatz in flexiblen Fertigungssystem
Scheibenmagazin	 <p>Abb.10: Scheibenmagazin</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Stationäre Ausführung mit automatisierter Wechseinheit • Hier 30 Werkzeugplätze

2.4.3 Automatische Messeinrichtung

Moderne Werkzeugmaschinen besitzen Messsysteme, die zur Erfassung der Lage z. B. des Werkzeug oder eines Achsschlittens dienen. Die dazu nötigen Winkel- und Längenmessungen erfolgen überwiegend optoelektronisch, z. B. mit Inkrementalgebern oder Absolutwertgebern auf drehenden Wellen und direkt die Position messenden Glasmaßstäben. Des Weiteren sind ohmsche, induktive, kapazitive, magnetische oder elektromagnetische Wirkprinzipien der Aufnehmer üblich.[5]

Bei den Messeinrichtungen unterscheidet man direkte und indirekte Wegmesssysteme. Bei beiden Messsystemen werden über Sensoren die zurückgelegten Skalenabschnitte gezählt, und aus dieser Anzahl wird dann der zurückgelegte Weg errechnet. Bei indirekten Wegmesssystemen ist die Skala kreisförmig angeordnet, so dass das System die Winkeländerung der Gewindespindel misst und über die Steigung des Gewindes dann die Wegänderung berechnet. Bei den genaueren direkten Wegmesssystemen ist die Skala parallel zur Bewegungsrichtung angebracht, so dass die Länge der Abschnitte direkt dem zurückgelegten Weg entspricht.[6][7]

2.5 Materialflusssystem im FFS

Materialflusssystem ist die Bezeichnung für ein technisches System zum Lagern, Verteilen, Zusammenführen oder Bewegen von Waren und Gütern. Es besteht aus Fördertechnik und Lagertechnik und aus einem Informations- und Steuerungssystem.[8]

2.5.1 Werkzeugverwaltung

Die Werkzeugverwaltung beinhaltet den automatischen Werkzeugaustausch zwischen dem Magazin an der Bearbeitungseinheit und einem zentralen Werkzeuglager, den automatischen Werkzeugwechsel zwischen Hauptspindel und Werkzeugmagazin einer Maschine, die Fixierung des jeweils programmierten Werkzeuges in der Arbeitsposition sowie die Überwachung der zulässigen Einsatzdauer und des technischen Zustandes während dieses Zeitraumes inklusive seiner Identifikation und Zuordnung zum Aufgabengebiet.[2]

2.5.2 Werkstücktransport

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 und Transportieren der Werkstücke mit oder ohne Spannvorrichtungen zu.^[2]



Abb.11: Transferstraße [8]



Abb.12: Handling-Roboter von Yaskawa [9]

Um die Fertigung ähnlicher Werkstücke mit hohen Stückzahlen bei minimaler Durchlaufzeit zu realisieren, werden Bearbeitungsstationen in einer vorgegebenen Reihenfolge miteinander verkettet. Die Werkstücke durchlaufen alle Bearbeitungsstationen der Fertigungslinie. Der automatisierte Fertigungsablauf ist taktgebunden.^[9]

Die flexible Transferstraße kennzeichnen folgende Merkmale^[9]:

- Mehrere Bearbeitungsstationen sind zu einer Fertigungslinie verkettet
- das Werkstück durchläuft alle Bearbeitungsstationen
- der Werkstückfluss ist automatisiert und taktgebunden
- zur Abstimmung der Bearbeitungszeiten je Station werden Ausgleichspuffer eingerichtet.

Vorteile der flexiblen Transferstraße sind z. B. Hohe Produktivität, Minimierung der Durchlaufzeit und meist nur angelerntes Personal erforderlich.

Nachteile der flexiblen Transferstraße sind z. B. Beeinträchtigung der gesamten Fertigungslinie beim Ausfall einer Bearbeitungsstation und auch bei Änderungen des

Fertigungsprogramms ist eine aufwändige Taktabstimmung erforderlich.

2.6 Informationssystem

Informationssystem ist eine Summe aller geregelten betriebsinternen und -externen Informationsverbindungen sowie deren technische und organisatorische Einrichtung zur Informationsgewinnung und -verarbeitung.

Ein Informationssystem dient der rechnergestützten Erfassung, Speicherung, Verarbeitung, Pflege, Analyse, Benutzung, Verbreitung, Disposition, Übertragung und Anzeige von Information. Ein Informationssystem besteht aus Hardware (Rechner oder Rechnerverbund), Datenbanken, Software, Daten und all deren Anwendungen. Informationssysteme sind soziotechnische Systeme, die aus Teilsystemen für optimale Bereitstellung von Information und (technischer) Kommunikation dienen. Die dafür notwendige Kommunikation beschränkt sich i.a. auf technische Vorgänge, ohne auf die daran beteiligten Personen stärker einzugehen. Dies kann Probleme der zwischenmenschlichen Kommunikation vermeiden, aber solche auch verursachen bzw. bewusstmachen.^[10]

Die Abbildung 10 unten zeigt Aufgabenverteilung betrieblicher Informationssysteme. ERP-Systeme bilden das Rückgrat der betrieblichen Auftragsbearbeitung.

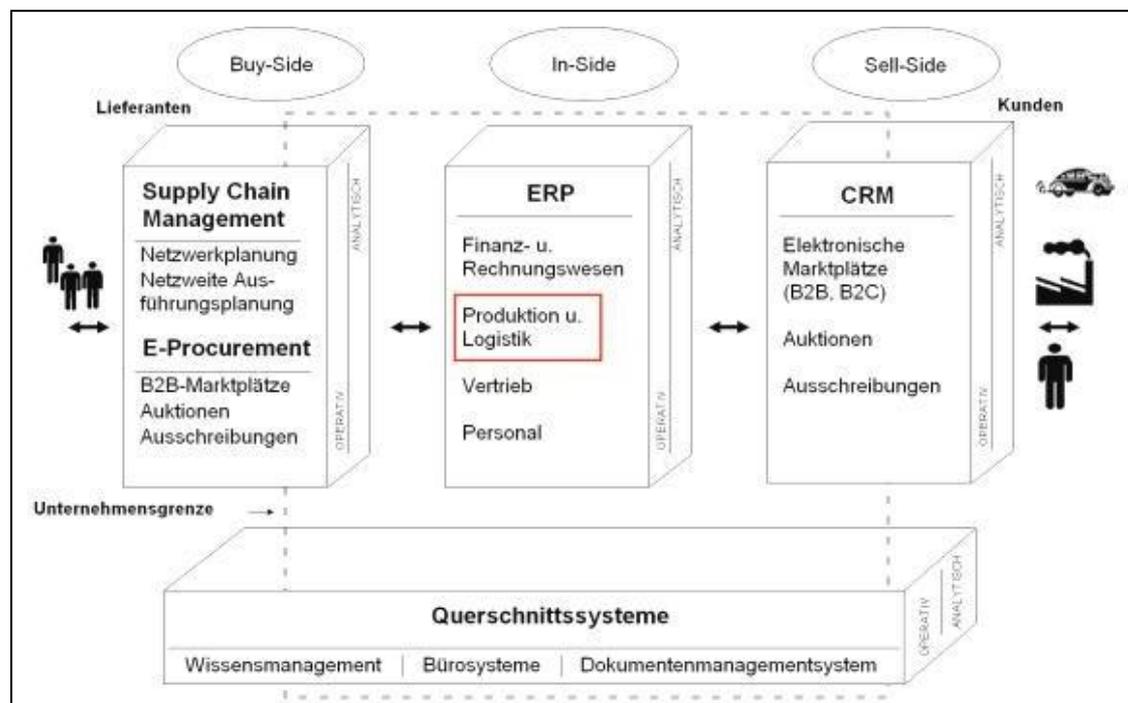


Abb.13: Aufgabenverteilung betrieblicher Informationssysteme [10] (Quelle: Gronau 2010, S. 11)

Die schwache Unterstützung der Fertigungssteuerungsaufgaben in den PPS-Systemen bzw. ERP-Systemen hat zu Beginn der 1990er Jahre zur Entwicklung von dedizierten Informationssystemen geführt, z. B. Leitstandssystemen. Derartige Systeme waren im Gegensatz zu den zentralen, hostbasierten PPS-Systemen PC- oder Workstation-basiert und nutzten zur Visualisierung von Terminierung und Maschinenbelegung die Möglichkeit der graphischen Benutzeroberfläche^[11].

Heute wird ein System, das die wesentlichen Funktionen der Fertigungssteuerung übernimmt und die Schnittstelle zu den Systemen der Produktionsebene (z. B. Flexible Fertigungssysteme, Roboter, automatisierte Lager- und Transportsysteme) realisiert, als Manufacturing Execution System (MES) bezeichnet. Der zunehmende Einsatz des Internet der Dinge und cyber-physischer Systeme (CPS) in der Produktion (Industrie 4.0) führt zu besseren Informationen über den Produktionsablauf (Datenmenge, -qualität und -aktualität), so dass neue Verfahren zur Fertigungssteuerung entwickelt werden können, bspw. Steuerung in Echtzeit (Echtzeitunternehmen) oder autonome Planung und Koordination der CPS (Multiagentensysteme).^[12]

2.7 Qualitätssicherung in flexiblen Fertigungslösungen

Stabile Bearbeitungsprozesse sind die Grundlage für eine gute Qualität.

Die Qualitätssicherung besteht darin, dass " ein Teil des Qualitätsmanagements darauf ausgerichtet ist, das Vertrauen in die Erfüllung der Qualitätsanforderungen zu schaffen."

Inspektion ist der Prozess des Messens, Untersuchens und Prüfens, um eine oder mehrere Eigenschaften eines Produkts zu messen und diese mit bestimmten Anforderungen zu vergleichen, um die Konformität zu bestimmen. Produkte, Prozesse und verschiedene andere Ergebnisse können inspiziert werden, um sicherzustellen, dass das Objekt, das von einer Produktionslinie kommt, korrekt ist und die Spezifikationen erfüllt. Eine Qualitätssicherung dient zur Festlegung und Erhaltung von Qualitätsstandards und ist ein Sammelbegriff für Methoden und Ansätze dafür.^[13]

Eine vorbeugende Qualitätssicherung wirkt Kosten senkend. Die Fertigungsprüfung dient der Qualitätslenkung, indem sie die laufende Fertigung überwacht und aus den Prüfergebnissen Daten zur Steuerung und Optimierung des Fertigungsprozesses zur

Verfügung stellt. Darüber spielt Fertigungsmesstechnik eine wichtige Rolle.

Mit Mehrkoordinatenmessgeräten erfolgt im Gegensatz zur konventionellen Abstandsmessung mit Einkoordinaten- und Unterschiedsmessgeräten eine punktweise Erfassung der Geometrielemente.

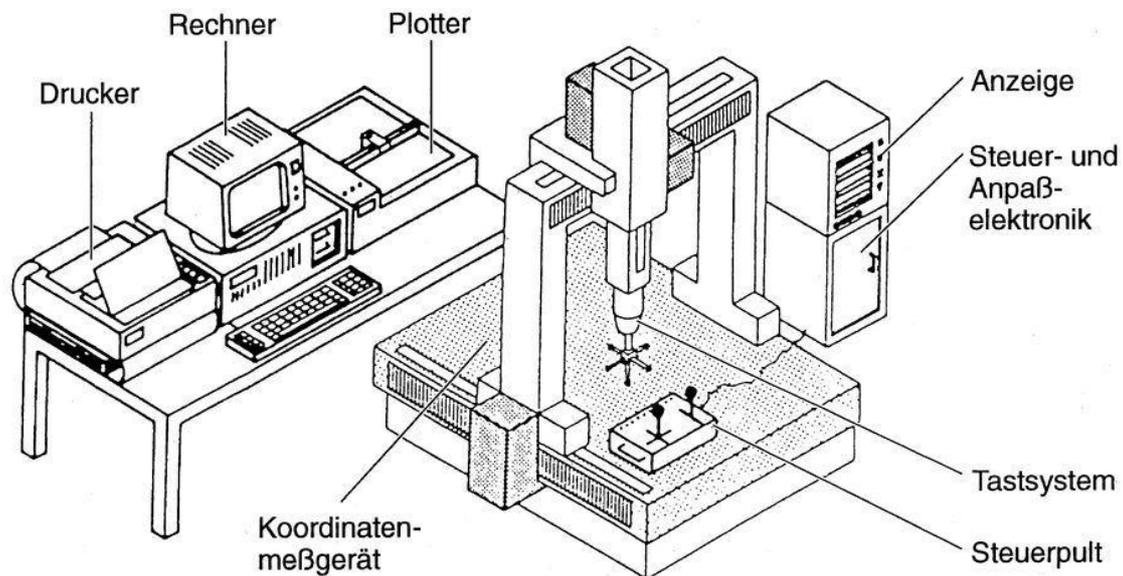


Abb.14: Koordinatenmessgeräte [11]

Nachfolgend werden mit Hilfe der analytischen Geometrie aus den Messpunktkoordinaten die Ist-Formelemente des Werkstücks berechnet und mit der im Rechner gespeicherten Sollgeometrie verglichen. Die ermittelten Maße, Maßabweichungen, Form- und Lageabweichungen werden ausgegeben oder zur schnellen Korrektur von Prozessparametern, zur Optimierung der Montage sowie für die statistische Messdatenverarbeitung weitergeleitet.^[14]

3. Technische Eigenschaften im 4 Varianten

3.1 Fräsen

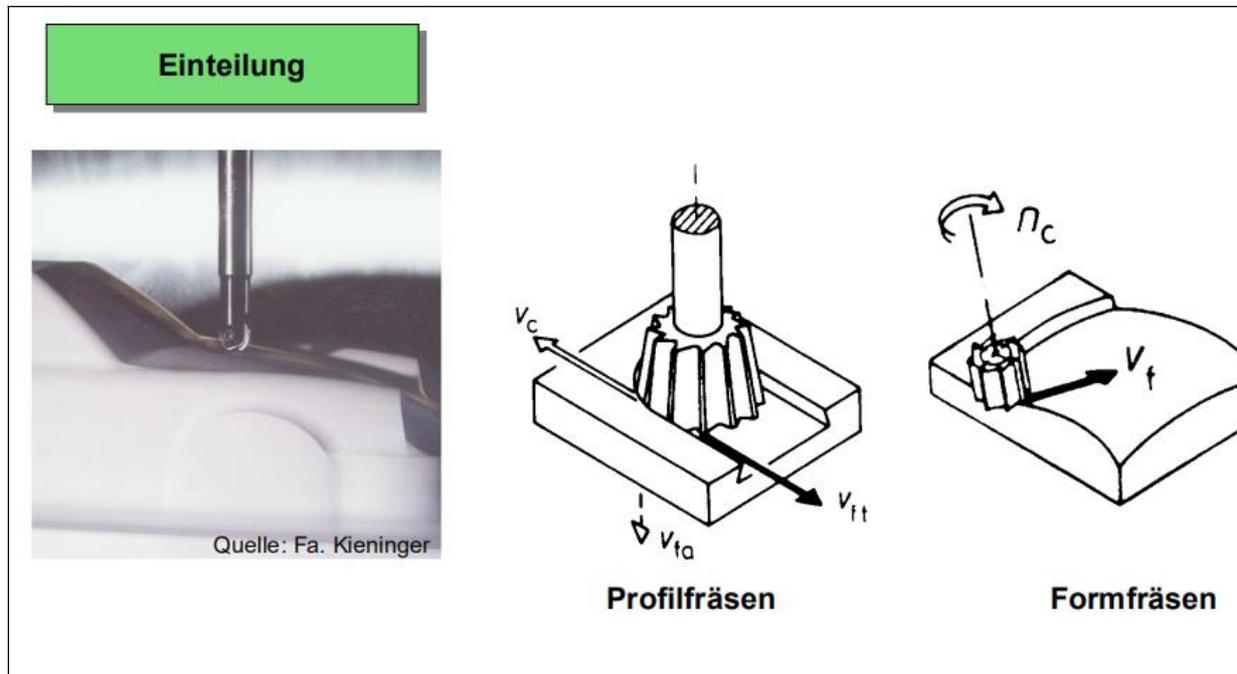


Abb 15: Einleitung von Fräsen

Ein wesentliches Verfahrensmerkmal sind die sich ständig ändernden Eingriffsverhältnisse. Die Bearbeitung erfolgt im unterbrochenen Schnitt. Die in Abhängigkeit vom Vorschubrichtungswinkel schwankende Spannungsdicke und damit verbunden die Schnittkräfte erfordern ein dynamisch hinreichend steif ausgelegtes System Werkstück-Werkzeug-Werkzeugmaschine.

Beim Profilfräsen wird ein Werkzeug mit werkstückgebundener Form verwendet. Beispiele sind das Fräsen von Nuten, Radien, Zahnflanken oder Führungsbahnen.

Beim Formfräsen wird die gewünschte Werkstückgeometrie durch eine gesteuerte Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück erzeugt. Dazu werden mittlerweile größtenteils CNC-Fräsmaschinen eingesetzt.

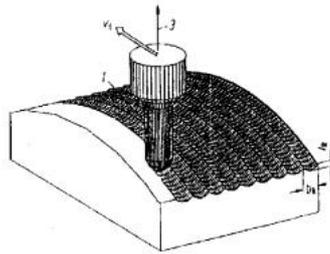
3.1.1 Technologie von Fräsen

Technologie

Vergleich von 3- und 5-Achsfräsen

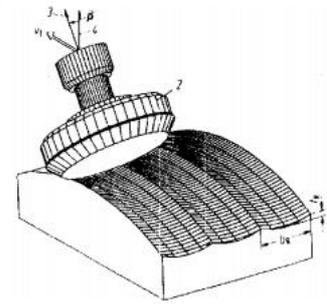


Quelle: Fa. Open Minds



3-Achsen-Fräser:

nur 3 translatorische Achsen



5-Achsen-Fräser:

Simultane, kontinuierliche
Bewegung in 5 Achsen
(3 translatorische,
2 rotatorische)

Abb 16: Technologie von Fräsen

Wichtigstes Unterscheidungsmerkmal beim Formfräsen ist inzwischen die Anzahl der gesteuerten Achsen. So wird in 3-Achs- und 5-Achs-Fräsen unterschieden.

Beim 5-Achs-Fräsen wird nicht nur die Fräterspitze sondern auch die Fräserachsenrichtung kontinuierlich und simultan relativ zum Werkstück gesteuert. Das 5-Achs-Fräsen ermöglicht es, bei vorgegebener Rillentiefe den Zeilenabstand zu vergrößern und somit die Anzahl der Fräsbahnen und damit die Bearbeitungszeit zu senken. Zudem können komplexe Bauteile in einer Aufspannung bearbeitet werden, wodurch höhere geometrische Genauigkeiten erzielt werden.

Darüber hinaus können preiswerte Standardwerkzeuge verwendet werden. Eine wichtige Voraussetzung ist jedoch die Verwendung eines leistungsfähigen CAD/CAM-Programms und die Programmierung und Maschinen-Bedienung durch gründlich geschultes Personal.

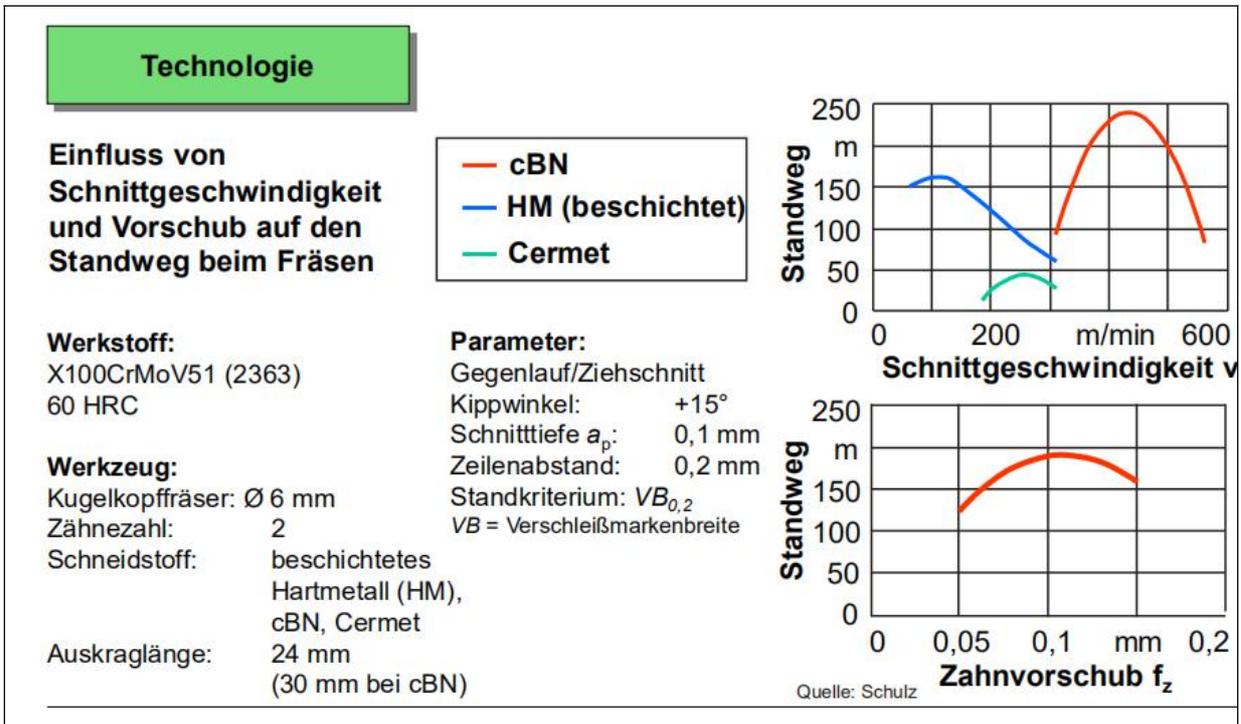


Abb 17: Technologie von Fräsen

Beim Einsatz von Fräsern aus HSS kann wegen der geringen Temperaturfestigkeit nicht auf den Einsatz von Kühlschmierstoff verzichtet werden. Mit Hartmetallwerkzeugen kann aufgrund höherer Temperaturfestigkeiten eine Bearbeitung ohne Kühlschmierstoff durchgeführt werden.

Bei Keramikwerkzeugen kann, bei Verwendung von Kühlschmierstoff, der Temperaturschock beim Austritt des Werkzeuges aus dem Werkstück zur Ausbildung von Rissen an der Schneidkante führen. Deshalb ist hier im Trockenschnitt eine höhere Standzeit möglich.

Der Einsatz von cBN macht das Hartfräsen möglich, eine ausreichende Antriebsleistung und Steifigkeit der Maschine vorausgesetzt. Erreicht werden bei der Bearbeitung der im Werkzeugbau üblichen Gusslegierungen (z.B. GG25CrMo) Schnittgeschwindigkeiten von bis zu 1500 m/min, mit Cermets werden zum Vergleich bis zu 600 m/min realisiert. Bei der Schlichtbearbeitung lassen sich diese Schnittwerte noch erhöhen, man spricht dann vom Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSM).

Die beim HSM erreichbaren Oberflächengüten ermöglichen die Substitution mancher Schleifprozesse zumindest jedoch deren Verkürzung auf ein Mindestmaß durch das Fräsen.

Die Hauptzeit und das Zeitspanvolumen werden beim Fräsen im Wesentlichen durch die Vorschubgeschwindigkeit v_f bzw. Vorschub pro Zahn f_z bestimmt. Dieser ist mittelbar von der Drehzahl des Fräserwerkzeuges abhängig, die auch die

Schnittgeschwindigkeit v_c beeinflusst. Als Vorschub je Zahn bezeichnet man den Abstand zweier hintereinander entstehender Schnittflächen, gemessen in der Vorschubrichtung. Es gilt demnach $f_z = f/z$. Hierbei ist z die Anzahl der Zähne oder Schneiden.

3.1.2 Werkzeuge von Fräsen

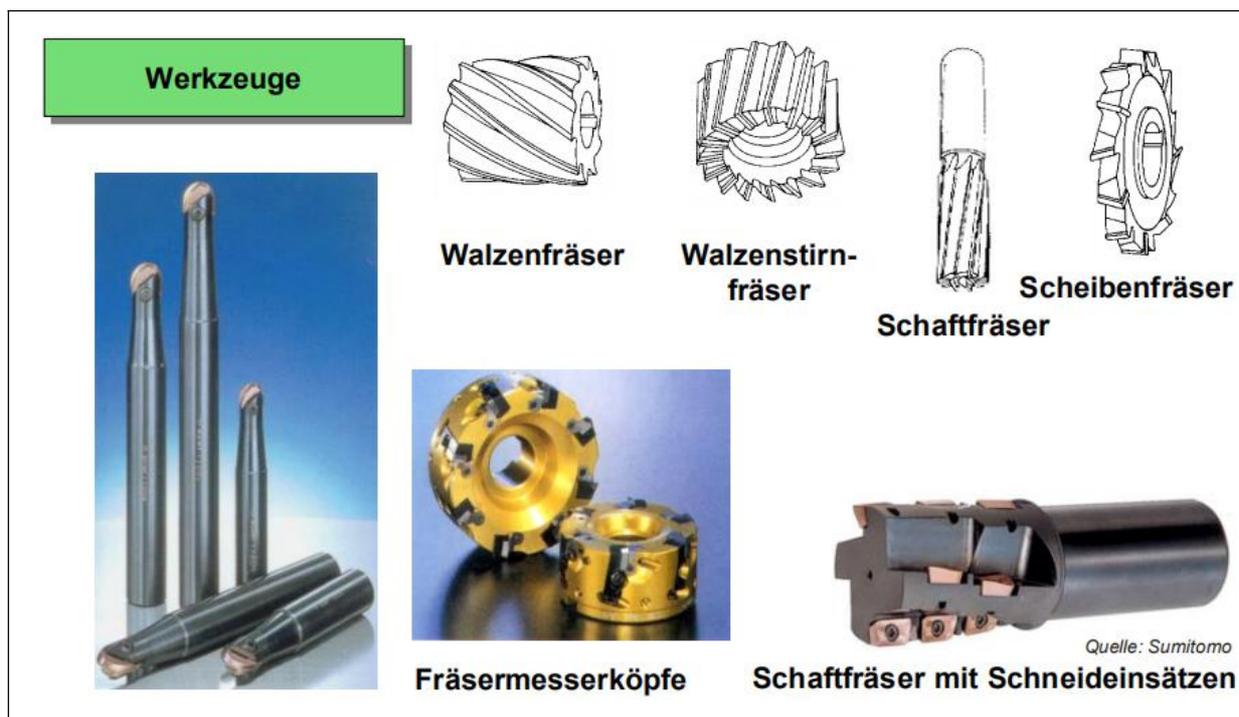


Abb 18: Werkzeuge von Fräsen

Fräswerkzeuge sind nicht nach einheitlichen Gesichtspunkten unterteilt. Je nach konstruktions- und anwendungsbezogenen Kriterien unterscheidet man Walzenfräser, Walzenstirnfräser, Scheibenfräser, Kreissägenwerkzeuge, Prismenfräser, Fräsermesserköpfe, Schaftfräser, T-Nutfräser, Wälzfräser, Gewindefräser u.a.. Die Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl werden in vielen Anwendungsbereichen durch Vollhartmetallwerkzeuge oder mit Schneidplatten aus Hartmetall bestückten Grundwerkzeugen ersetzt. Für die Gussbearbeitung haben sich auch Mischkeramikschneidplatten qualifiziert. Die Zerspaltung abrasiver Leichtmetalllegierungen erfolgt dagegen immer häufiger mit Diamantwerkzeugen, als polykristalliner Einsatz oder als Verschleiß-schutzschicht auf einem Hartmetallsubstrat.

Schnittbe-Schneid- dingung stoff	Schnitt- geschwindigkeit v_c [m/min]	Zahnvorschub f_z [mm]	Schnitttiefe a_p [mm]
HSS	5 - 40	0,05 - 0,3	1 - 12
HSS, beschichtet	10 - 80	0,05 - 0,6	1 - 12
Hartmetall	40 - 240	0,1 - 1	1 - 12
Hartmetall, besch.	140 - 360	0,1 - 0,6	1 - 12
Keramik	60 - 500	0,05 - 0,15	0,05 - 2
cBN	100 - 400	0,01 - 0,7	0,05 - 2

Tabelle 1: Schnittwerte für die Stahlbearbeitung

3.1.3 Maschinen von Fräsen

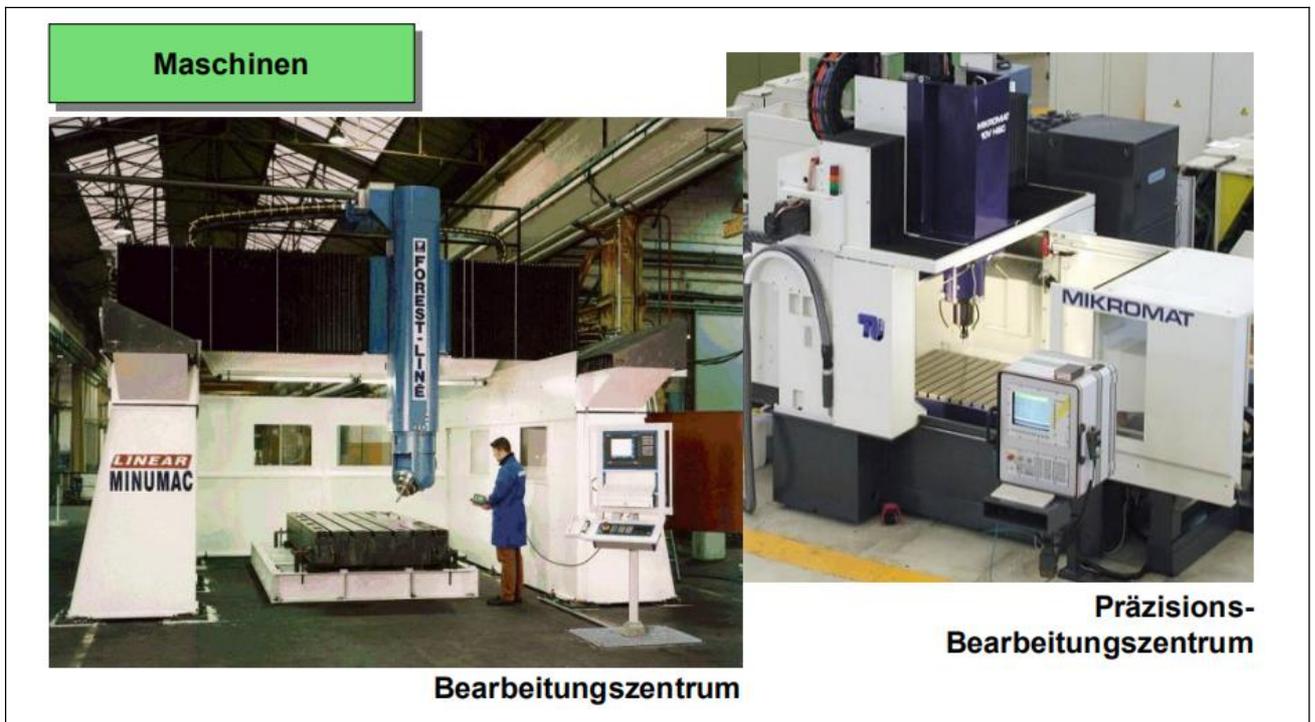


Abb 19: Maschinen von Fräsen

Die modernen CNC-gesteuerten Fräsbearbeitungsmaschinen unterscheiden sich hinsichtlich Bauart und -größe je nach Verwendungszweck.

Merkmale moderner Fräsbearbeitungszentren sind:

- Komplettbearbeitung auch komplizierter Werkstücke in einer

Aufspannung

- große Flexibilität durch hohen Automatisierungsumfang, automatisierter Betrieb,
- mindestens 3 numerisch gesteuerte translatorische Achsen, die um 2 rotatorische Achsen ergänzt werden können,
- vornehmlich Fräs- und Bohroperationen.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wird die Schrapp- und Schlichtbearbeitung oft auf verschiedenen Maschinen durchgeführt. Für die Hochgeschwindigkeits-technologie müssen Werkzeugmaschinen mit entsprechend hoher Dynamik eingesetzt werden. Demgegenüber erfordern Schrappprozesse besonders steife Maschinen mit ausgesprochen hoher Antriebsleistung.

3.1.4 Mikrofräsen

Anwendungsgebiete:

Mikrooptik

z. B. Formeinsätze für die Abformung von Intraokular-Linsen, Kodierscheiben, Blenden, Spiegelkomponenten

Medizintechnik

z. B. BioMEMS, Augeneptesen, Ti-Zahnimplantate, Herzklappen, Fingergelenke, Komponenten von Hörgeräten, Herzschrittmachern, Manipulatoren

Mikroreaktions- und Mikroverfahrenstechnik

z. B. Mikrowärmetauscher, Mikromischer, Mikroventile

Informations- und Kommunikationstechnik

z. B. SmartCards, Abformwerkzeuge für GlasfaserSteckverbindungen, Kühlkörper für passive Elektronikbauelemente

Mikromechanische Komponenten

z. B. Uhrenkomponenten, MEMS für Schaltrelais, Schmuckindustrie, Nähmaschinenkomponenten, Spielwarenindustrie, Musterbau

Werkzeug- und Formenbau

z. B. Elektroden, Press-, Prägestempel, Mikrospritzgusswerkzeug

Für die Mikrofräsbearbeitung lassen sich folgende Einflussfaktoren identifizieren:

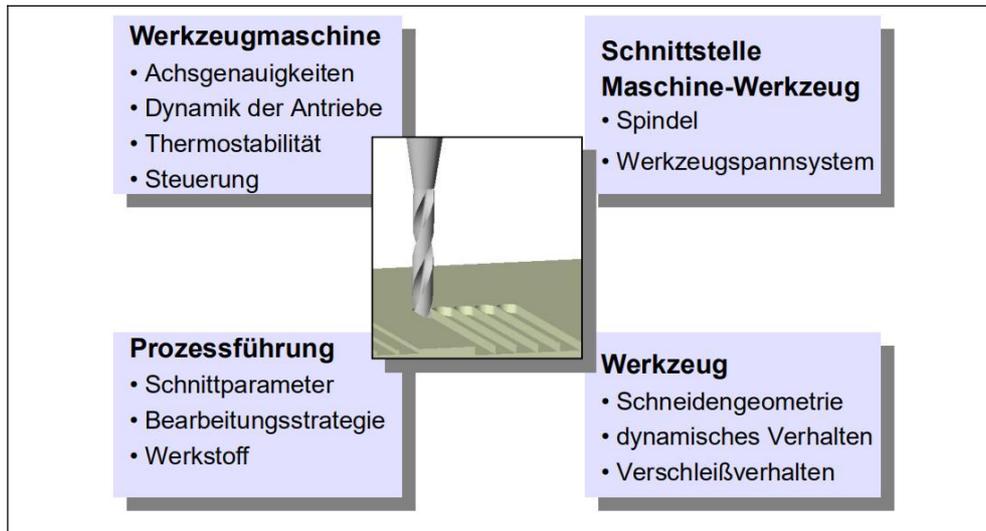


Abb 20: Einflussfaktoren für die Mikrofräsbearbeitung

3.2 Schleifen mit rotierendem Werkzeug

3.2.1 Aufbau des Werkzeugs

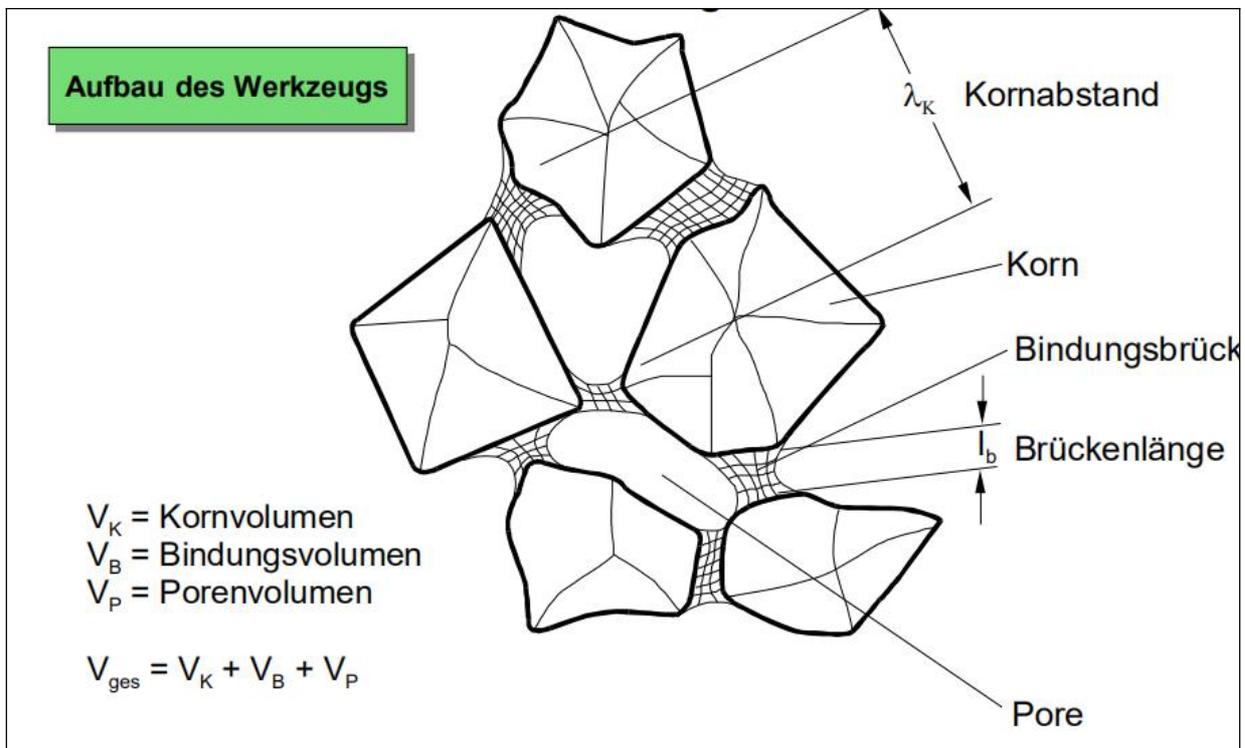


Abb 21: Aufbau des Werkzeugs

Neben der geometrischen Charakterisierung werden Schleifwerkzeuge durch das Schleifmittel, die Körnung, den Härtegrad, das Gefüge sowie die Bindung beschrieben.

Die Bindung hat die Aufgabe, die Schleifkörner zu halten. Nach Erreichen eines bestimmten Verschleißzustandes soll die Bindung die Schleifkörner während des Schleifvorgangs freigeben, so dass das nachfolgende scharfe Korn zum Eingriff kommen kann (Selbstschärfungseffekt). Dabei ist die Härte einer Schleifscheibe als deren Widerstand gegen Kornausbruch definiert.

In der folgenden Folie werden verschiedene Schleifmittel vorgestellt. Im Vorlesungsskript befindet sich zudem eine Zusammenstellung von Bindungsarten.

Schleifmittel	Anwendungen
Elektrokorund (Al_2O_3)	Bearbeitung langspanender Werkstoffe mit hoher Zugfestigkeit; z. B. unlegierte, legierte, ungehärtete und gehärtete Stähle sowie Stahlguss
Siliciumcarbid (SiC)	Bearbeitung kurzspanender Werkstoffe mit zumeist niedriger Zugfestigkeit; z. B. Grauguss, Hartmetalle, NE-Metalle und nichtmetallische Werkstoffe
Sol-Gel-Korund	Bearbeitung langspanender Werkstoffe mit hoher Zugfestigkeit bei höheren Schnittgeschwindigkeiten u. Zeitspannungsvolumina
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 Halbleiterwerkstoffen; nicht geeignet für die Bearbeitung von niedrig legierten, kohlenstoffarmen Stählen wegen der Affinität zu Eisen und Legierungselementen, sogenannten Carbidbildnern

Abb 22: Kornwerkstoffe

Man kann grundsätzlich zwischen natürlichen und synthetischen Schleifmittel unterscheiden. Technische Bedeutung haben nur die synthetischen Schleifmittel, von denen Elektrokorund, Siliciumcarbid, kubisch kristallines Bornitrid und Diamant die wichtigsten sind.

Kubisch kristallines Bornitrid ist nach Diamant das härteste Schleifmittel. Seine Herstellung erfolgt aus dem hexagonal kristallinen Bornitrid durch Kristallumwandlung. Gegenüber dem Diamanten weist kubisches Bornitrid eine höhere thermische Stabilität auf, da es erst oberhalb 1000 °C erste Oxidationserscheinungen zeigt.

Der Diamant gilt als härtestes Schleifmittel. Bei der Synthetisierung können gezielt die Eigenschaften des Diamanten gesteuert werden. Beim Schleifen von

niedrig legierten kohlenstoffarmen Stählen ist der Diamantverschleiß wesentlich größer als man aufgrund seiner Härte vermuten könnte. Infolge der chemischen Affinität des Diamanten zu den Legierungsbestandteilen von Stahl bei höheren Temperaturen kommt es zu einem chemisch bedingten Verschleiß, zudem kommt es bereits bei einer Temperatur von 700 °C zu Oxidationserscheinungen.

Kunsthartzbindung	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Bearbeitungskräfte • Hohe Oberflächengüten • Hoher Verschleiß bei hohen Zeitspannungsvolumina • Geringe Anschaffungskosten
Keramikbindung	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau der Bearbeitungskräfte und der Rautiefe einstellbar • Komplexe Schleifscheibenprofile • Schleifprozesse im Selbstschärfbereich • Derzeit hohe Anschaffungskosten
Gesinterte Metallbindung	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Bearbeitungskräfte, hohe Zeitspannungsvolumina möglich • Lange Profilstandzeit • Geringer Verschleiß insbes. bei hohen Zeitspannungsvolumina
Galvanische Bindung	<ul style="list-style-type: none"> • Instationäres Prozessverhalten • Lange Profilstandzeit • Geringer Verschleiß • Schleifscheiben mit komplexem Profil • hohe Zeitspannungsvolumina

Abb 23: Bindungsarten

Die Bindung hat die Aufgabe, die Schleifkörner zu halten und soll diese nach Erreichen eines bestimmten Verschleißzustandes während des Schleifvorganges freigeben. Die gegenüber dem Schleifmittel wesentlich weichere Bindung ist neben einer mechanischen auch einer hohen thermischen Beanspruchung unterworfen. Gebräuchlich sind keramische Bindungen, Kunsthartzbindungen sowie metallische Bindungen. Die Eigenschaften und Einsatzgebiete der entsprechenden Bindungen sind der Folie zu entnehmen.

Aus der Definition der Schleifscheibenhärte als Widerstand gegen das Ausbrechen einzelner Körner aus dem Bindungsverband ist ersichtlich, das Bindung und Scheibenhärte im Zusammenhang stehen. Von den Bindungsarten wird bei den konventionellen Schleifmitteln heute vorwiegend die Keramikbindung verwendet, bei hochharten Schleifmitteln kommen vorwiegend Kunsthartz- und Metallbindungen sowie in zunehmenden Maße keramische Bindungen zum Einsatz.

Kornverschleiß infolge der Prozessbelastung

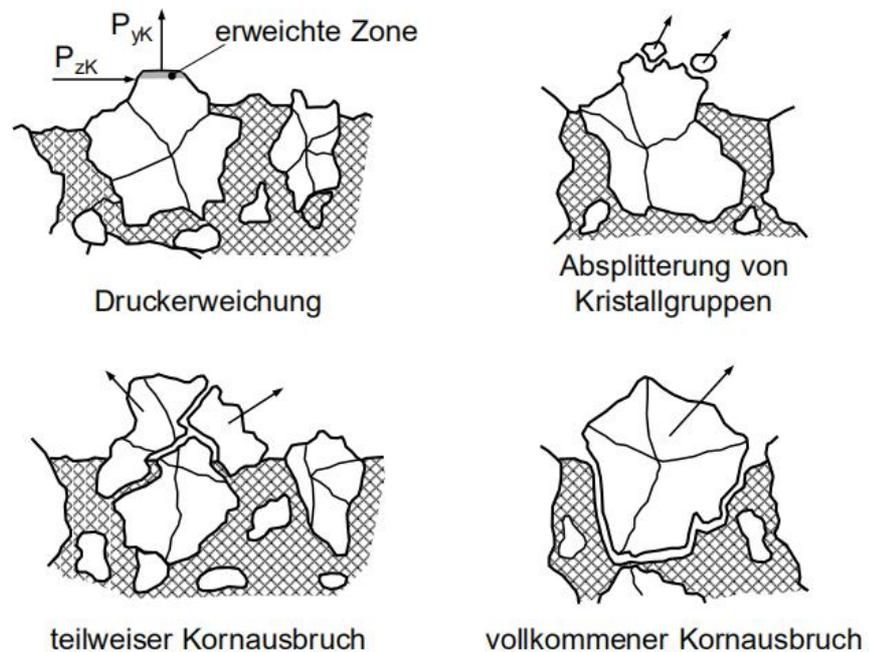


Abb 24:Kornverschleiß infolge der Prozessbelastung

Der Schleifscheibenverschleiß wird durch das Verhalten der Schleifkörner und ihrer Bindung unter der Wirkung der im Zerspanprozess auftretenden Kräfte und Temperaturen bestimmt. Dabei können vier Verschleißformen auftreten: Die Verschleißflächenbildung durch Druckerweichung der Kornschneide, Absplitterungen von Kornkristallgruppen sowie teilweiser und vollständiger Kornausbruch.

Während die Druckerweichung der Schneide vorwiegend auf die in der Kontaktzone wirkende hohe Temperatur zurückzuführen ist, werden die drei weiteren Verschleißformen primär durch die mechanische Belastung des Schleifkornes verursacht. Vollständige Kornausbrüche können auch bei thermischer Überlastung der Schneidflächen auftreten, wenn die Bindung erweicht bzw. zerstört wird. Liegt bei bestimmten Bearbeitungsbedingungen ein großer Verschleiß der Schleifscheibe vor, so muss diese häufig abgerichtet werden. Sowohl die Arbeitsgenauigkeit als auch die Fertigungskosten werden demnach durch den Schleifscheibenverschleiß beeinflusst.

3.2.2 Standkriterien an Schleifscheiben

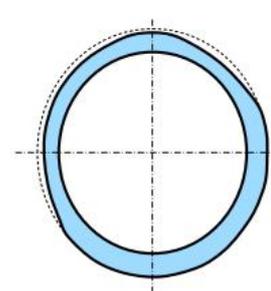
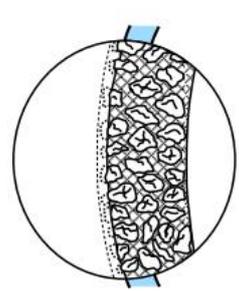
Kriterium	Profilverschleiß	Rundheitsabweichung	Schärfe
			
Arbeitsergebnis	Formfehler beim Einstechschleifen Gewinderillen beim Längsschleifen	Rattermarken durch Aufschwungung des Systems durch dynamische Wechselkräfte	Form- und Lagefehler sowie Maßabweichungen durch Verlagerungen des Systems Rattermarken durch unkontrollierten Schleifprozess infolge zu hoher Prozesskräfte

Abb 25:Standkriterien an Schleifscheiben

Schleifscheiben werden nach Erreichen eines Standzeitkriteriums abgerichtet. Die Standkriterien sind Formabweichungen in Achsrichtung, Rundheitsabweichungen sowie die Schärfe der Schleifscheibe. Zu hohe Formabweichungen führen beim Einstechschleifen, bei dem das Profil der Schleifscheibe im Werkstück abgebildet wird, zu Formfehlern. Beim Längsschleifen werden sogenannte Gewinderillen erzeugt. Rundheitsabweichungen führen zu Rattermarken durch das Aufschwingen des Systems. Der Kornverschleiß führt zu Anflächungen sowie einer Verminderung des Kornüberstandes. Daraus resultieren erhöhte Schleifkräfte mit Reibanteilen. Die Folge sind Form- und Lagefehler sowie Maßabweichungen durch dynamische und thermische Verlagerungen.

3.2.3 Verfahrensvarianten beim Planschleifen

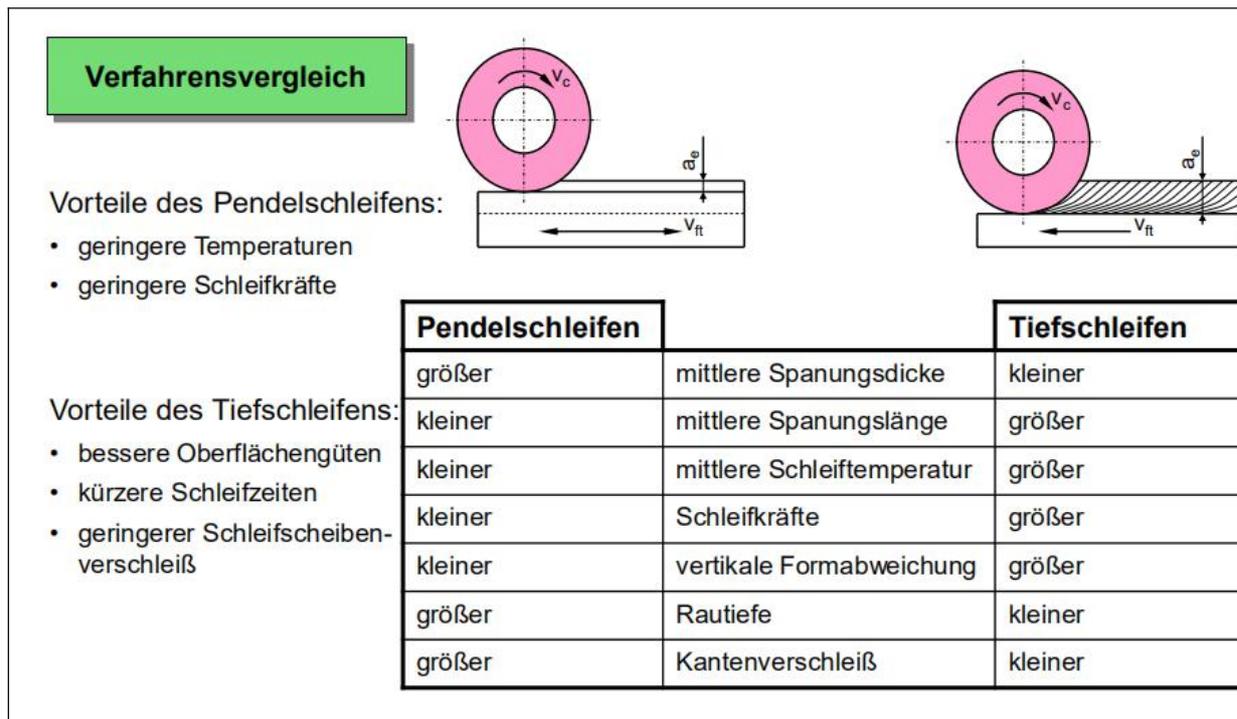


Abb 26: Verfahrensvarianten beim Planschleifen

Beim Tiefschleifen (Vollschnitt-, Schleichgangschleifen) wird die Werkstückform mit großen Zustellungen, oft sogar in einem Überschleiff und mit herabgesetzten Vorschubgeschwindigkeiten aus dem vollen Material geschliffen.

Das Tiefschleifen stellt höhere Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der Vorschubantriebe und an die Gesamtsteifigkeit der Maschine, da hohe Schnittkräfte auftreten.

Aufgrund der großen Kontaktlänge zwischen Schleifscheibe und Werkstück wird der Abtransport der Späne und eine ausreichende Versorgung der Schnittzone mit Kühlschmierstoffen erschwert.

Die Vorteile des Tiefschleifens gegenüber dem Pendelschleifen bestehen in der besseren Oberflächengüte der Werkstücke und einem geringeren Schleifscheibenverschleiß, wodurch sich dieses Verfahren besonders zum Schleifen genauer Profile anbietet. Darüber hinaus ergeben sich kürzere Schleifzeiten.

Beim Pendelschleifen erfolgt das Abtrennen des Materials während mehrerer Überschleiffe mit geringen Einzelzustellungen und verhältnismäßig großen Vorschubgeschwindigkeiten. Das wiederholte Anfahren der Schleifscheibe an die Werkstückkanten führt zu starkem Schleifscheibenverschleiß. Pendelgeschliffene Oberflächen sind durch kurze unterbrochene Schleifspuren gekennzeichnet und sehen daher matt aus, während beim Tiefschleifen durchgehende Schleiffrillen

entstehen, die den für dieses Verfahren charakteristischen Oberflächenglanz ergeben.

Wirtschaftlichkeit	Längs-Umfangs-Planschleifen	Längs-Umfangs-Außenrundscheifen
Kostentreiber	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vorschubgeschw. v_f ➤ Eingriffsbreite a_p ➤ Vorschubweg L ➤ Werkstückbreite b_w ➤ Zustellung a_e ➤ Aufmaß a 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ axiale Vorschubgeschw. v_{fa} ➤ Vorschubweg L ➤ Zustellung a_e ➤ Aufmaß a
Hauptzeitberechnung	$t_h = \frac{L \cdot b_w \cdot a}{v_f \cdot a_p \cdot a_e} + t_a + t_u$ <p style="text-align: center;">t_a Anfahrzeit</p>	$t_h = \frac{L \cdot a}{v_{fa} \cdot a_e} + t_a + t_u$ <p style="text-align: center;">t_u Überlaufzeit</p>
Zeitspanvolumen	$Q_w = v_{ft} \cdot a_e \cdot b_w$	$Q_w = v_{fa} \cdot a_e \cdot \pi \cdot d_w$ <p style="text-align: center;">d_w Werkstückdurchmesser</p>

Abb 27: Wirtschaftlichkeit beim Planschleifen

Eine Beurteilung von Schleifverfahren ist nur möglich, wenn die dabei entstehenden Kosten berücksichtigt werden. Dem Prozess sind im Allgemeinen die Energiekosten, Betriebsmittelkosten, Werkzeugkosten, Instandhaltungskosten, anteilige Gebäudekosten und Personalkosten zuzurechnen. Bezieht man diese auf das Schleifverfahren, so ergeben sich zeitproportionale Kosten für die Inanspruchnahme von Werkzeugmaschinen, Lohn- und Lohngemeinkosten, Werkzeugkosten einschließlich der Kosten für Beschaffung und Instandhaltung. Im Bild sind die „Kostentreiber“ der zeitproportionalen Kosten aufgeführt. Das Zeitspannungsvolumen Q_w ist eine Funktion der Schleifzeit und beschreibt, wie viel Volumen an Werkstoff pro Zeiteinheit abgetrennt wird.

3.2.4 Hochgeschwindigkeitsschleifen

Hochgeschwindigkeitsschleifen

- Schnittgeschwindigkeiten im Bereich von $v_c = 80$ m/s bis 280 m/s
- bezogene Zeitspannungsvolumina von $Q'_W = 10$ mm³/mms bis 1.000 mm³/mms.
- Hochgeschwindigkeits-Leistungsschleifen
Ziel: Verkürzung der Bearbeitungszeiten bei gleicher Qualität
- Hochgeschwindigkeits-Qualitätsschleifen
Ziel: Verbesserung der Werkstückqualität bei konstanten Zerspanleistungen

Abb 28: Hochgeschwindigkeitsschleifen

Beim Hochgeschwindigkeitsschleifen werden die Schnittgeschwindigkeiten im Bereich von $v_c = 80$ m/s bis 280 m/s geführt. Dies erfolgt bei Zustellungen im Bereich zwischen $a_e = 0,01$ mm bis 15 mm. In Abhängigkeit vom Werkstückwerkstoff und den Prozessbedingungen sowie dem entsprechenden Maschinensystem sind bezogene

Zeitspannungsvolumina von $Q'_W = 10$ mm³/mms bis 1.000 mm³/mms möglich.

Das Hochgeschwindigkeitsschleifen lässt sich grundsätzlich in das Hochgeschwindigkeits-Leistungsschleifen und das Hochgeschwindigkeitsqualitätsschleifen unterteilen.

Ziel des Hochgeschwindigkeits-Leistungsschleifens ist eine Verkürzung der Bearbeitungszeiten bei gleicher Qualität. Beim Hochgeschwindigkeits-Qualitätsschleifen ist eine Verbesserung der Werkstückqualität bei konstanten Zerspanleistungen das Ziel.

Beim Qualitätsschleifen liegen die Werte für die Zustellung zwischen $a_e = 0,01$ mm und 1 mm.

Konditionieren		
Abrichten		Reinigen
Profilieren	Schärfen	
Makrostruktur Herstellen von - Rundlauf - Scheibenprofil	Mikrostruktur Erzeugen der Topographie	Mikrostruktur Beseitigen von Spänen aus dem Spanraum
Veränderung von Korn- und Bindung beabsichtigt	Zurücksetzen der Bindung beabsichtigt	Keine Veränderung der Schleifscheibe beabsichtigt

Abb 29: Hochgeschwindigkeitsschleifen

Schleifkörper, wie zum Beispiel Schleifscheiben müssen genau laufen und einen griffigen Schleifbelag aufweisen. Die Schleifmaschinen sind daher mit Abrichteinheiten ausgerüstet. Als Abrichtwerkzeuge kommen Einzelkorndiamanten, Vielkornabrichter, Diamantfliesen, Stahlprofilrollen oder Diamantprofilrollen zum Einsatz.

Alle Prozesse, die der Schaffung oder der Regeneration der Schleiffähigkeit von Schleifkörpern dienen, können unter dem Begriff Konditionieren zusammengefasst werden. Das beinhaltet somit das Profilieren, das Schärfen und das Reinigen der Schleifkörper.

Das Profilieren dient zur Schaffung der axialen und radialen Makrostruktur des Schleifkörpers. Topographische Veränderungen im Schneidenraum sind dabei nicht beabsichtigt.

Der für den Schleifprozess erwünschte mikrogeometrische Schneidenraumzustand wird in einem meist nachgeschalteten Schärfprozess geschaffen.

Beim Reinigen wird der Schneidenraum von Verunreinigungen, die vom Werkstück, vom Abrichtwerkzeug oder von der Schleifscheibe selbst stammen, befreit. Eine Beeinflussung auf die geometrische Gestalt ist dabei nicht vorgesehen

3.3 Bandschleifen

3.3.1 Konstruktionsprinzip

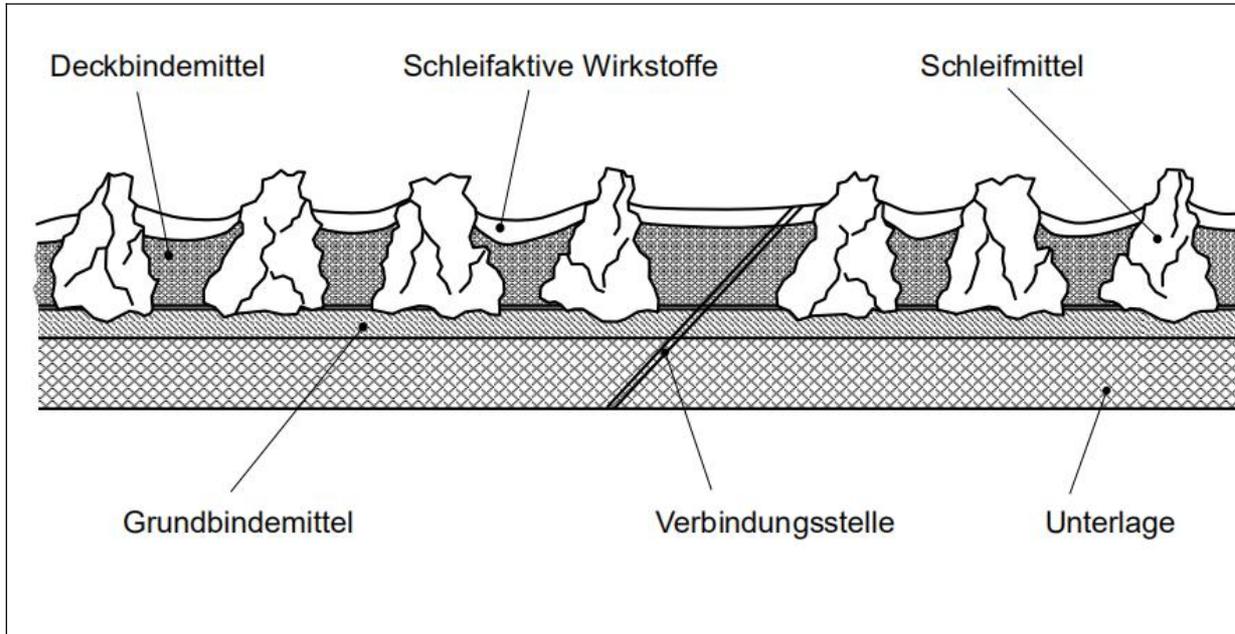


Abb 30: Konstruktionsprinzip des Schleifbandes

Bandschleifen ist nach DIN 8589-12 ein spanendes Fertigungsverfahren mit einem vielschneidigen Werkzeug aus Schleifmittel auf Unterlage, dem Schleifband. Dieses läuft über mindestens zwei rotierende Rollen. In der Kontaktzone wird das Schleifband durch eine dieser Rollen, ein anderes zusätzliches Stützelement oder ohne Stützelement an das zu schleifende Werkstück gedrückt. Die geometrisch unbestimmten Schneiden trennen mit hoher Geschwindigkeit, unter nichtständiger Berührung zwischen Werkstück und Schleifkorn, den Werkstoff ab.

Schleifbänder sind Schleifwerkzeuge bestehend aus Schleifmittel, Bindemittel, Unterlage und Verbindungsstelle.

Die Schleifbandabmessungen sind seit 1976 in der DIN 69130 und seit 1993 in der ISO 1929 normiert. In der Praxis gibt es von diesen Normen zahlreiche Abweichungen.

Die wichtigsten Vorteile gegenüber dem Schleifen mit Schleifscheiben bestehen in

- den schnellen Werkzeugwechseln (kein Auswuchten),
- der geringen Unfallgefahr,
- der Anpassungsfähigkeit an profilierte Werkstückformen. - Außerdem können durch Einsatz großer Bandbereiten bzw.

Bandlängen große Menge von Werkstückstoff wirtschaftlich zerspant werden und sehr hohe Werkzeugstandzeiten erreicht werden.

3.3.2 Verfahrensprinzip des Bandschleifens

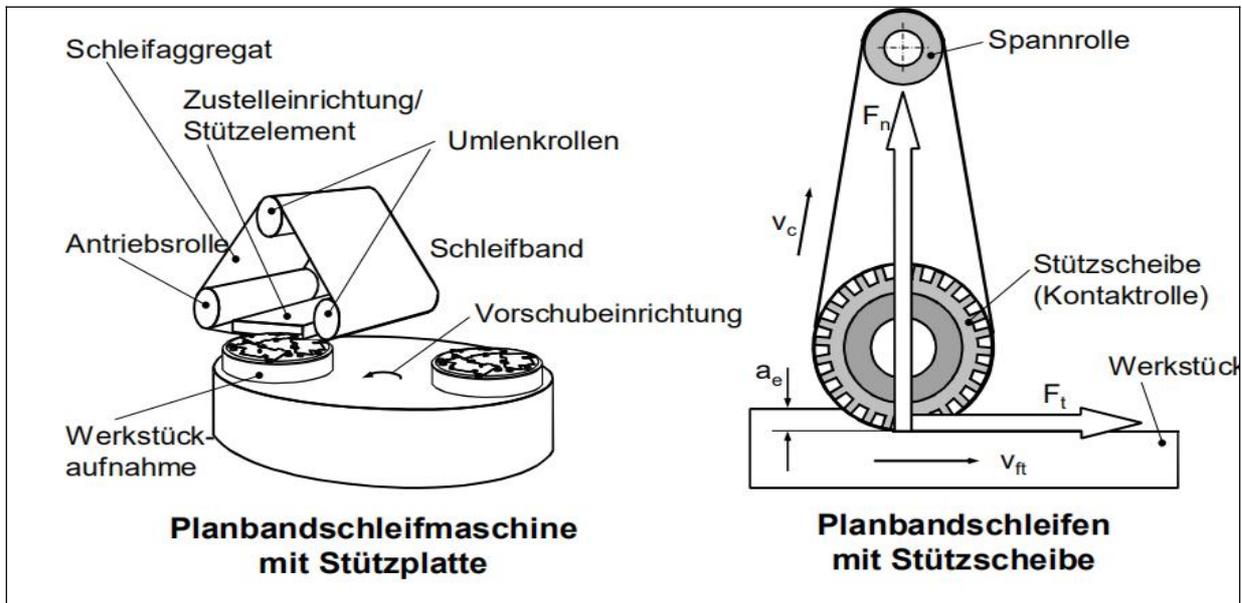


Abb 31: Verfahrensprinzip des Bandschleifens

Bandschleifmaschinen bestehen im Wesentlichen aus den folgenden funktionalen Einheiten: Maschinengestell, Schleifaggregat, Vorschub-/Zustellungseinrichtung, Werkstückzuführung, Werkstückaufnahme, Kühlschmiersystem, Absaugeinrichtung sowie Antrieb.

Das Schleifaggregat ist die zentrale Einheit der Bandschleifmaschine; seine Aufgabe ist es, das Schleifband zu führen und anzutreiben. Das Grundgestell des Schleifaggregats nimmt die Rollen auf, um die das Band läuft. Um ein Schleifband auflegen und wechseln zu können, ist es erforderlich, dass das Grundgestell an einer Seite offen oder für den Bandwechsel zugänglich ist.

Durch das Stützelement (Stützscheibe, -rolle, -balken, -platte) werden die Schleifkräfte aufgenommen. Es ist eben, zylindrisch oder profiliert; die Oberfläche ist genutet oder glatt. Es ist auch eine Bearbeitung ohne Stützelement, am freien Band möglich.

Das Schleifband läuft um mindestens zwei Rollen, von denen eine durch den Antriebsmotor angetrieben wird. Ihre Aufgabe ist es, das Drehmoment des Antriebsmotors auf die Unterlage des Schleifbandes zu übertragen. Die Antriebsrolle kann mit der Stützrolle identisch sein. Das Schleifband läuft neben der Antriebsrolle

um mindestens eine weitere Umlenkrolle. Im Allgemeinen handelt es sich um zylindrische oder ballige Rollen.

Zur Positionierung der Werkstücke oder Werkzeuge in der Maschine dienen Vorschub- und Zustelleinrichtungen. In Abhängigkeit vom Anwendungsfall kann die Bewegung durch das Stützelement, das Werkstück oder auch gekoppelt erfolgen. Funktion und Form der Fläche bestimmen die zweckmäßige Art von Vorschub und Zustellung

3.4 Läppen

3.4.1 Definition von Läppen:

Läppen ist Spanen mit losem, in einer Paste oder Flüssigkeit verteiltem Korn, dem Lappgemisch, dass auf einem meist formübertragenden Gegenstück bei möglichst un geordneten Schneidbahnen der einzelnen Körner geführt wird.

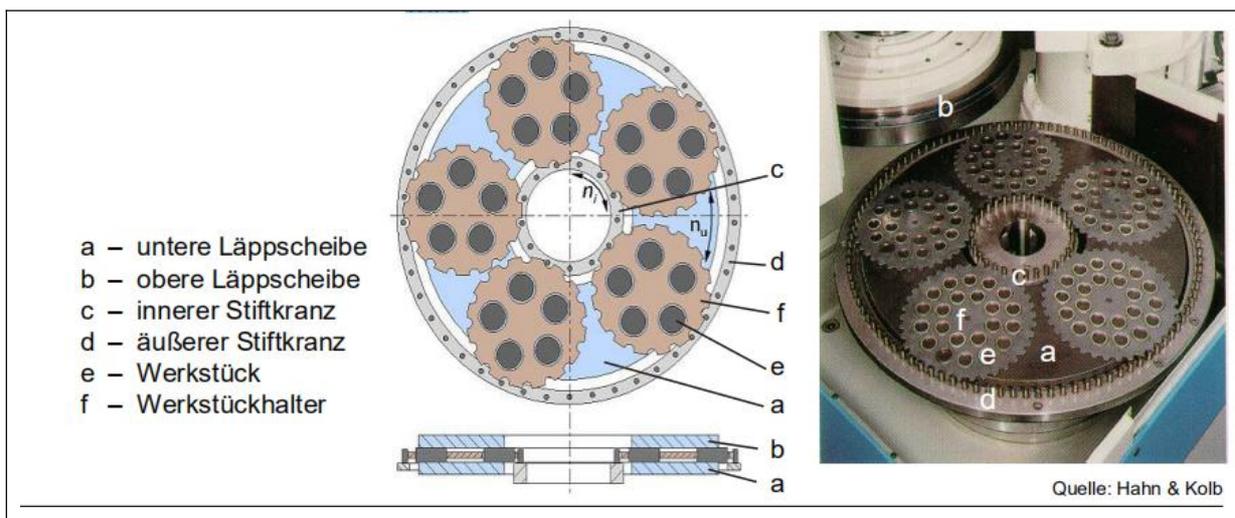


Abb 32: Strukturdiagramm

Grundsätzlich können alle Läppverfahren in die zwei Hauptgruppen Läppen mit und Läppen ohne formübertragendes Gegenstück eingeteilt werden. Das Läppen ohne formübertragendes Gegenstück wird eingesetzt, wenn nur eine Verbesserung

der Oberfläche ohne Berücksichtigung der Form- und Maßgenauigkeit erzielt werden soll.

Beim Läppen mit formübertragendem Gegenstück gleiten Werkstück und Gegenstück unter Verwendung des in einer Flüssigkeit dispergierten losen Kornes und bei fortwährendem Richtungswechsel aufeinander. Das Läppwerkzeug bildet sich also im Prozess aus dem formübertragenden Gegenstück und dem Läppgemisch aus. Das

Läppgemisch setzt sich aus dem Läppmedium (Flüssigkeit oder Paste) und dem darin verteilten Läppmittel (Korn) zusammen. Die einzelnen Läppkörner gelangen temporär und stochastisch infolge des über das Gegenstück aufgebrachtten Läppdrucks zum Eingriff und bewirken die Werkstoffabtrennung.

Da die Bearbeitungsspuren geläppter Oberflächen keine bevorzugte Richtung aufweisen, sind auch die Flächeneigenschaften richtungsunabhängig. Dies ist besonders bei der Herstellung von Dichtund Gleitflächen von Bedeutung. Sichtbar wird diese Besonderheit in der matten Ausbildung geläppter Flächen.

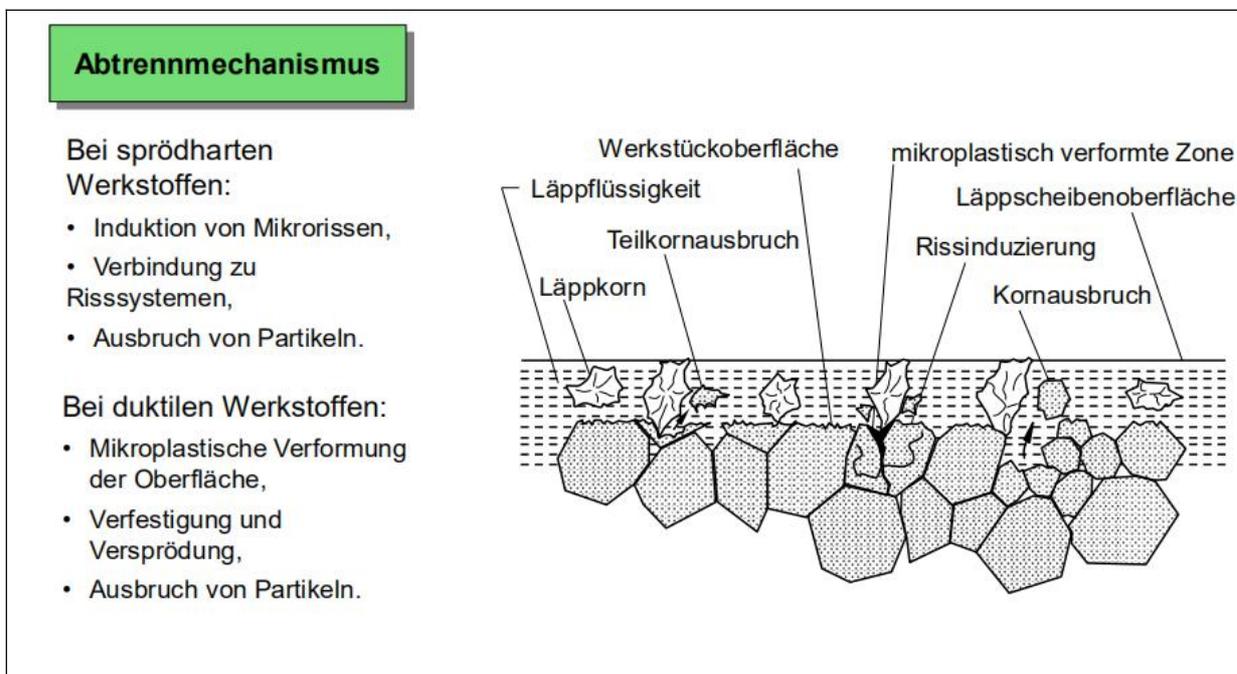


Abb 33: Abtrennmechanismus von Läppen

Die Werkstoffabtrennung wird durch die in einer wässrigen bzw. Öligen Flüssigkeit verteilten Läppkörner bewirkt. Die zu erzeugende Form wird durch formübertragende Gegenstücke auf das Werkstück übertragen.

Man unterscheidet zwei Arten der Werkstoffabtrennung:

1. Die Läppkörner rollen auf der Werkstückoberfläche ab. Dabei drücken sich die Körner sowohl in das formübertragende Gegenstück als auch in das Werkstück ein und bewirken mikroplastische Verformungen. Die Eindringtiefe hängt vor allem von der Läppflächenbelastung ab. In der Regel werden die Körner nicht fest eingebettet, so dass sie als stehende Schneiden schleifend bzw. schabend wirksam würden. Bei der Bearbeitung sprödharter Werkstoffe werden durch das Eindringen der Läppkörner Mikrorisse induziert. Diese vernetzen im Lauf der weiteren Bearbeitung zu Rissystemen, so dass sich einzelne Partikel aus dem Werkstoffverbund lösen. Auch bei der Bearbeitung duktiler Werkstoffe kommt es zu einer Verfestigung und Versprödung der oberflächennahen Randschicht infolge der fortwährenden Verformung durch das Eindringen der Läppkörner. Wird die Schubfestigkeit durch das fortgesetzte Eindringen der Kornspitzen überschritten, werden einzelne Partikel abgetrennt. Dabei entstehen die für das Läppen typischen kraterförmigen Strukturen.
2. Ist das Material der formübertragenden Gegenstücke zu weich, setzen sich einzelne Läppkörner in diesen fest. Diese Läppkörner werden schneidend wirksam. Die Folge sind unerwünschte Gleit- bzw. Ritzspuren auf der Oberfläche.

3.4.2 Eigenschaften von Läppen

Vorteile

- Kaum Einschränkungen hinsichtlich Werkstoff und Größe des Werkstücks
- Keine gerichteten Bearbeitungsspuren
- Isotrope Oberflächenstrukturen
- Spannungsfreie Werkstückaufnahme
- Kurze Umrüstzeiten, geringe Kosten für Vorrichtungen
- Geringe Bearbeitungstemperaturen
- Geringe Bearbeitungskräfte
- Gleichmäßige Beanspruchung der Werkstücke durch flächenhaften Eingriff

Nachteile

- Nur einfache Geometrien bearbeitbar
- Hoher Kornverbrauch
- Starke Schmutzentstehung, Reinigung der Teile notwendig
- Lappschlamm muss als Sondermüll entsorgt werden
- Vergleichsweise geringe Abtrennraten

Mit dem Läppen lassen sich Oberflächenrauigkeiten kleiner als $R_t = 0,5 \mu\text{m}$ und zugleich höchste Formgenauigkeiten erzielen. Die erreichbare Maßgenauigkeit liegt bei IT4 bis IT5, in Einzelfällen sogar bei IT1. Notwendige Bearbeitungsaufmaße betragen 0,02 mm bis 0,04 mm.

Zur Orientierung können folgende Werte genannt werden, die heute in der Praxis bezogen auf einen Durchmesser von 100 mm erreicht werden:

- Ebenheit: 0,10 μm

- Parallelität: 0,50 μm
- Maß: 1,00 μm
- Rauheit (Ra): 0,01 μm

Die Nachteile des Läppens, die vor allem auf die Verwendung des losen Kornes zurückzuführen sind wie die geringen Abtrennraten und die starke Verschmutzung haben zu der Entwicklung des Planschleifens mit Planetenkinematik geführt.

3.4.3 Planschleifen mit Planetenkinematik

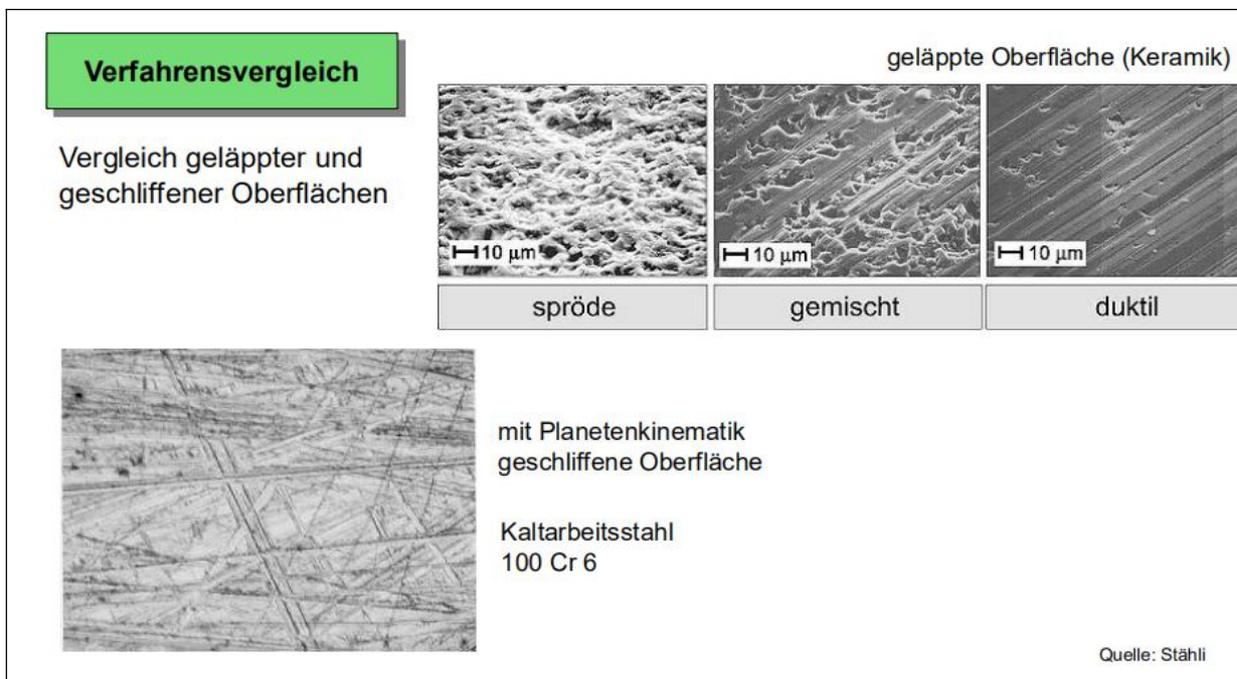


Abb 34: Vergleich geläppter und geschliffener Oberflächen

Die erreichbaren Genauigkeiten liegen beim Planschleifen mit Planetenkinematik im gleichen Bereich wie die des Läppens, allerdings weisen die erzeugten Oberflächen in unterschiedlichen Richtungen deutlich erkennbare Schleifspuren auf. Eine Substitution kann also nur

dann sinnvoll durchgeführt werden, wenn die durch Läppen erzeugbare Oberflächenstruktur kein Zielkriterium der Bearbeitung darstellt.

3.5 Kühlschmiermittel

Definition:Ein Kühlschmiermittel, oder Kühlschmierstoff (KSS), auch Bohrmilch, oder Schleifmilch dient in der Fertigungstechnik beim Trennen und Umformen auf Werkzeugmaschinen der Wärmeabfuhr und Verminderung der Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück durch Schmierung. Zusätzlich dient es bei einigen Zerspanungsprozessen zur Entfernung der Späne durch Abspülen aus dem Arbeitsumfeld, sorgt für bessere Maßhaltigkeit des Werkstückes, bessere Oberflächengüte, Verringerung der Aufbauschneidenbildung am Werkzeug und Bindung des Staubes (z. B. beim Schleifen). Nebeneffekt der Kühlschmiermittel ist der Korrosionsschutz des Werkstücks.

Schmierung

Beim Spanen und Umformen tritt vor allem Mischreibung auf. Kühlschmiermittel verringern die Reibung durch Schmieren und vermindern damit den Verschleiß des Werkzeugs, das Erwärmen des Werkstücks und den Energiebedarf. Den Kühlschmiermitteln können Additive beigemischt sein, um sie verschiedensten Anforderungen anzupassen. Zum Beispiel reagieren EP-Additive (Extreme-Pressure-Additives) bei hohen Drücken und Temperaturen mit dem zu bearbeitenden Werkstoff und verhindern dadurch Rauheitsspitzen, AW-Additive (Antiwear-Additive) bilden an der Oberfläche von Werkzeug und Werkstück einen haftenden Film.

Kühlung

Kuschmiermittel sollen die Wärme möglichst schnell von der Wirkstelle entfernen, um ein Ändern des Gefüges in den Randschichten von Werkzeug und Werkstoff zu vermeiden. Auch die Bearbeitungsgenauigkeit profitiert von einer guten Kühlung. Bei wassermischbaren Kühlschmiermitteln trägt neben dem Verdampfen des Wassers auch die hohe Wärmekapazität des Wasseranteils zur Kühlung bei.

Bestandteile

Neben Wasser und Ölen sind Zusatzstoffe gebräuchlich, die vor und während eines Einsatzes zugesetzt werden. Dazu zählen beispielsweise Entschäumer, Biozide (Bakterizide / Fungizide) zur Vor- und Nachkonservierung, Desinfektionsreiniger, Stabilisatoren, Emulgatoren, Korrosionsschutzzusätze, Hochdruckzusätze.

Kühlschmiermittel und deren Zubereitungen sind in der Regel Gemische im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP),[2] daher müssen Sicherheitsdatenblätter für diese zur Verfügung gestellt werden.

Arten der Kühlschmiermittel

- Nichtwassermischbare (nw) Kühlschmierstoffe
- Wassermischbare (wm) und wassergemischte (wg) Kühlschmierstoffe

Nichtwassermischbare KSS

→ Hauptartikel: Schneidöl

Unlegierte (ohne chemisch wirkende Zusätze) sowie legierte Öle. Meistens naphthen- oder paraffinbasierte Mineralöle, seltener synthetische Öle wie Hydrocracked-Öle, Esteröle, Hydrieröle. Für sehr einfache Bearbeitungen reicht ein „reines“ Mineralöl, meistens werden jedoch Phosphor-, Schwefel- und in ganz seltenen Fällen Chloradditive zugesetzt, um die Leistungsfähigkeit des Öls zu steigern. Chlorhaltige Öle sind höchstwirksam, jedoch gesundheitlich sehr bedenklich und in der Entsorgung sehr teuer. Weitere Additive dienen dem Rostschutz, der Verminderung von Schaumbildung sowie Ölnebel, verbessern das Fließverhalten bei niedrigen Temperaturen und den Viskositätsindex. Nichtwassermischbare KSS kommen vornehmlich dann zum Einsatz, wenn hohe Schmierwirkung erwünscht ist.

Traditionell wurde „fettes Rüböl“ mit guten Ergebnissen als universelles Bohr- und Schneidöl eingesetzt

Wassermischbare KSS

Wassermischbare Konzentrate oder anwendungsfertige Emulsionen. Mineralöhlhaltige wassermischbare KSS enthalten neben Emulgatoren und Mineralöl

auch Additive zur besseren Schmierung, wie zum Beispiel Esteröle und geschwefelte Additive, Korrosionsschutz-Zusätze und Zusätze, die Schaumbildung verhindern. Mineralölfreie wassermischbare KSS können Emulsionen sein, beispielsweise auf der Basis von Rapsöl, aber auch Lösungen, die zum Schmieren statt Öl zum Beispiel polymere Alkohole enthalten. Die Eigenschaften wassermischbarer KSS sind gute Wärmeabfuhr, aber geringere Schmierwirkung. Der Ölanteil bei Emulsionen liegt meist zwischen 5 und 8 Prozent.

Reinigung des Kühlschmiermittels

Sinnvollerweise werden die Kühlschmiermittel filtriert, um sie länger nutzen zu können. Saubere Kühlschmiermittel ergeben eine bessere Oberflächengüte.[5] Bei Werkzeugmaschinen mit Kühlmittelzufuhr durch Spindel und Werkzeug ist häufig eine Filtereinrichtung vom Hersteller zwingend vorgeschrieben. Hierzu werden spezielle KSS-Filter, Absetzbecken oder Magnetscheider sowie Ölabscheider (Skimmer) eingesetzt. Der Einsatz von Kühlschmiermitteln ist wichtig für die Verbesserung der Standzeiten der Werkzeuge und die Oberflächengüte der Werkstoffe. Die Entsorgung erfolgt unproblematisch über alle öffentlichen Entsorger, auf eine regelmäßige Überwachung der KSS hat der Betreiber zu achten (wöchentliche Messungen der Konzentration, des Nitrat- und Nitritwertes, sowie des pH-Wertes).

<https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BChlschmiermittel>

4. Die mögliche Lösung

4.1 Die Auswahl eines geeigneten Beispielteils

Als Beispielteil wähle ich niedriglegierten Stahl.

Niedriglegierter Stahl wird häufig bei der Herstellung von Baumaschinen, Schiffen, Brücken, Hochhäusern, Kesseln und Druckbehältern, Strom und verschiedenen Fahrzeugen verwendet.

1) Stärke

Die Streckgrenze der Stahlkonstruktion bestimmt die Belastung, der die Konstruktion ohne bleibende Verformung standhalten kann. Die Mindeststreckgrenze eines typischen

Kohlenstoffbaustahls beträgt 235 MPa. Die Mindeststreckgrenze eines typischen niedriglegierten hochfesten Stahls beträgt 345 MPa. Die Verwendung von niedriglegiertem hochfestem Stahl erlaubt daher entsprechend dem proportionalen Verhältnis seiner Streckgrenze eine 1,4-mal höhere Spannung als die von Kohlenstoffbaustahl. Im Vergleich zu Baustahl aus Kohlenstoff kann die Verwendung von niedrig legiertem hochfestem Stahl die Größe von Strukturteilen reduzieren und das Gewicht reduzieren. Es ist zu beachten, dass bei Bauteilen, die gebogen werden können, die zulässige Spannung korrigiert werden muss, um die Robustheit der Struktur zu gewährleisten. Manchmal werden niedriglegierte hochfeste Stähle als Ersatz für Kohlenstoffbaustahl verwendet, ohne die Querschnittsgröße zu ändern, um eine stärkere und haltbarere Struktur ohne Gewichtszunahme zu erhalten.

2) Schweißleistung

Da bei der Herstellung und Bearbeitung von Stahlkonstruktionen häufig Schweißverfahren eingesetzt werden, ist es sehr wichtig, dass niedriglegierte hochfeste Stähle dieser Art durch Lichtbogenschweißverfahren geschweißt werden,

die in der Dicke von dünnen Blechen und Stahlbändern weit verbreitet sind. Es ist auch sehr wichtig, dass die Schweißnaht der hergestellten Stahlkonstruktion die erforderliche Festigkeit und Zähigkeit aufweist, um den ungünstigsten Bedingungen für den vorgesehenen Verwendungszweck standzuhalten. Gegenwärtig laufen die Entwicklung niedriglegierter hochfester Stähle und die Entwicklung verschiedener Schweißverfahren parallel, wobei besonderes Augenmerk darauf gelegt werden muss, dass diese Stähle ein einwandfreies Schweißverhalten aufweisen können. Bei richtiger Schweißung lassen sich die meisten niedriglegierten hochfesten Stähle gut schweißen. Bei Großprofilstählen und Güten mit höherem Kohlenstoff- und Mangangehalt sind Vorwärm- oder wasserstoffarme Elektroden erforderlich. Unabhängig von der Dicke einiger niedriglegierter hochfester Stähle sollten sauerstoffarme Elektroden verwendet werden.⁴⁴

3) Korrosionsbeständigkeit

Bei der Verwendung von niedriglegiertem hochfestem Stahl ist es wünschenswert, seine hohe Festigkeit zu nutzen und dünnere Profile zu verwenden, um nicht nur Gewicht zu sparen, sondern auch möglichst wirtschaftlich zu sein. Der Faktor Korrosion muss jedoch vollständig berücksichtigt werden: Je dünner das Stahlprofil, desto mehr Aufmerksamkeit sollte dem Korrosionsschutz geschenkt werden. Der Korrosionsschutz jeder Stahlkonstruktion wird im Allgemeinen durch Aufbringen einer Korrosionsschutzschicht auf eine ordnungsgemäß vorbereitete Oberfläche und durch den Schutz der Korrosionsschutzschicht erreicht. Einige niedriglegierte hochfeste Stähle haben eine gute atmosphärische Korrosionsbeständigkeit, die nicht nur die Wirkung von Korrosionsschutzbeschichtungen verbessern kann, sondern in einigen Fällen entsprechende Vorkehrungen trifft und sogar ohne Beschichtung in der Atmosphäre verwendet werden kann. Die Elemente, die die atmosphärische Korrosionsbeständigkeit verbessern, sind Kupfer, Phosphor, Silizium, Chrom, Nickel und Molybdän. Die ausgezeichnete atmosphärische Korrosionsbeständigkeit einiger niedriglegierter hochfester Stähle hat zu neuen Konzepten bei der Gestaltung von Gebäuden, Brücken und anderen Bauwerken geführt, d.h. diese Bauwerke werden mit entsprechenden freiliegenden Bauteilen aus niedriglegierten hochfesten Stärke Stahl. Blanker Stahl bildet während der ersten Monate der atmosphärischen Korrosion bei normaler Atmosphärenbelastung einen dichten schützenden Oxidfilm. Manchmal entscheiden sich Architekten für blanke Stahlkonstruktionen, weil sie den Anschein einer gleichmäßigen atmosphärischen Oxidation auf der Stahloberfläche

erhoffen, und manchmal sollen sie die Schutzbeschichtung aus wirtschaftlichen Gründen sparen. Um diese niedriglegierten hochfesten Stähle im blanken Zustand verwenden zu können, muss bei der Konstruktion berücksichtigt werden, dass die Oberfläche des Stahls für längere Zeit nicht benetzt werden kann, und es sollte besonderes Augenmerk auf die besondere atmosphärische Umgebung gelegt werden, um sicherzustellen, dass die Korrosionsrate des Stahls ist unter dieser Bedingung zulässig.

4.2 Entfernung von Oberflächenfett

Es gibt mehrere Möglichkeiten, Fett auf der Stahloberfläche zu entfernen: Wischen und Waschen mit organischen Lösungsmitteln/Reinigen in organischen Lösungsmitteldämpfen, Laugenreinigung, elektrochemisches Entfetten und Ultraschallreinigung. Zur Reinigung verwende ich organische Lösungsmittel.

Der Vorteil des Entfettens und Reinigens mit organischen Lösungsmitteln besteht darin, dass es eine starke Fähigkeit zum Auflösen von Fett und eine hohe Flüchtigkeit aufweist. Daher müssen die Teile nach der Reinigung im Allgemeinen nicht getrocknet werden und das Reinigen und Entfetten kann bei Raumtemperatur durchgeführt werden.

Üblicherweise verwendete organische Lösungsmittel sind Ethanol, Aceton, Benzin, Tetrachlorkohlenstoff, Trichlorethylen, Dichlorethan und Trichlorethan. Zur gezielten Entfettung können die Teile zum Einweichen direkt in ein flüssiges organisches Lösungsmittel oder zum Reinigen in den Dampf eines organischen Lösungsmittels gelegt werden.

Ich entschied mich für die Dampfwaschmethode, um Fett von der Stahloberfläche zu entfernen. Das Dampfwaschverfahren besteht darin, ein organisches Lösungsmittel auf den Boden eines geschlossenen Behälters zu füllen, und das Werkstück wird an das organische Lösungsmittel gehängt. Das organische Lösungsmittel wird erhitzt und der Lösungsdampf kondensiert zu einer Flüssigkeit auf der Oberfläche des Werkstücks und löst das Fett auf und tropft zusammen mit dem Fett in den Lösungsmittelbehälter, um das Fett auf der Oberfläche des Werkstücks zu entfernen.

4.3 Entfernung des Oberflächenoxidfilms

Beim Lötprozess ist das Entfernen des Oxidfilms auf der Oberfläche des Grundwerkstoffs die Grundvoraussetzung dafür, dass das flüssige Hartlot den Grundwerkstoff gut benetzt und die Lötverbindung erfolgreich schließt. Die Dicke des Oxidfilms auf der Metalloberfläche ist oft ungleichmäßig. Im Allgemeinen ist der Film an der Korngrenze dicker und das Zentrum des Korns ist dünner. Die Lage des Oxidfilms auf der Legierungsoberfläche ist komplizierter: Die Komponenten in der Legierung, die die Oberflächenenergie reduzieren, und die sauerstoffphilen Komponenten werden weiterhin an die Oberfläche diffundieren und an der Bildung des Oberflächenoxidfilms teilnehmen, wodurch die Situation des Oxidfilms der Legierungsoberfläche komplizierter wird.

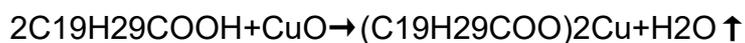
Um eine gute Lötverbindung zwischen den Grundwerkstoffen zu erreichen, muss der Oxidfilm auf der Oberfläche des Grundwerkstoffs entfernt werden, um eine gute Benetzung und Füllung des flüssigen Lots auf der Oberfläche des Grundwerkstoffs zu gewährleisten, und dann die Verbindung herstellen. Die Entfernung des Oxidfilms auf der Metalloberfläche kann normalerweise in zwei Schritten erfolgen, der erste besteht darin, den Film vor dem Löten zu entfernen, und der zweite besteht darin, den Film während des Lötens zu entfernen. Die sogenannte Filmentfernung vor dem Löten bezeichnet eine bestimmte Methode, um den Oxidfilm und Ölflecken auf der Oberfläche des Grundmaterials vor dem Löten zu entfernen. Die am häufigsten verwendete Methode ist die chemische Reinigung. Nur die Reinigung vor dem Löten genügt jedoch bei weitem nicht den Anforderungen des Lötens, da sich während des Lager- und Lötprozesses nach der Reinigung wieder ein dünner Oxidfilm auf der Oberfläche des Grundmaterials und des Lötzusatzes bildet. Daher müssen beim Löten eine gewisse Oxidschichtentfernung und entsprechende Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Ich entschied mich für Flussmittel auf Kolophoniumbasis, um den Oxidfilm auf der Stahloberfläche zu entfernen. Kolophonium ist ein Naturharz mit einer hellgelben Farbe und einem besonderen Geruch, das in Alkohol, Aceton, Glycerin, Benzol und anderen organischen Lösungsmitteln löslich ist, jedoch in Wasser unlöslich ist. Kolophonium ist eine Mischung aus mehreren Verbindungen, und die Zusammensetzung variiert mit der Quelle des Rohstoffs. Ungefähr 70~80% der Zusammensetzung sind Kolophoniumsäure, 10~15% sind D-Pilotininsäure und L-Pilotininsäure.

Kolophoniumsäure (auch bekannt als Kolophoniumsäure) ist ein heterozyklisches Dien mit einem Schmelzpunkt von 174 ° C, und bei 300 ° C findet eine molekulare Umlagerung statt, um neue Kolophoniumsäure zu bilden. Der Schmelzpunkt von neuer Kolophoniumsäure beträgt 169 ° C, und weiteres Erhitzen führt zu einer Disproportionierung zu Pyrorosinsäure. d-Pimarsäure stellt eine weitere ursprüngliche Kolophoniumstruktur dar. Es ist ein nicht-konjugiertes Dien mit einem Schmelzpunkt von 219 ° C. l-pinaceous Säure ist eine andere Struktur von Kolophonium Es ist ein homozyklisches Dien mit einem Schmelzpunkt von 152 ° C.

Hochreines Kolophonium kann durch Erhitzen des Kolophoniums zum Verdampfen und anschließendes Kondensieren des Kolophoniumdampfs erhalten werden. Dieses hochreine Kolophonium wird allgemein als wasserweißes Kolophonium bezeichnet. Um die Aktivität des Kolophoniumflussmittels zu verbessern, kann dem Kolophonium ein Aktivator zugesetzt werden, der ein aktiviertes Kolophoniumflussmittel darstellt.

Kolophonium wird als Flussmittel verwendet, da Kolophoniumsäure mit Metalloxiden wie Kupferoxid reagieren kann, um Metallverbindungen wie Kolophoniumkupfer herzustellen:



Kolophoniumkupfer ist eine grüne, durchscheinende, Kolophonium-ähnliche Substanz, die sich leicht mit nicht reagiertem Kolophonium mischen lässt und eine blanke Kupferoberfläche für das Lot zum Benetzen hinterlässt. Kolophoniumsäure reagiert nicht mit reinem Kupfer, daher gibt es kein Korrosionsproblem.

4.4 Fräsen

1) Höhere Produktivität. Der Fräser ist ein typischer Vielzahnfräser. Beim Fräsprozess nehmen nacheinander mehrere Fräserzähne an der Schneidarbeit teil, die Hauptbewegung ist eine Drehbewegung, die Hochgeschwindigkeitsschneiden ausführen kann.

2) Beim Fräsen treten leicht Vibrationen auf. Die Schneidzähne des Fräasers erzeugen beim Ein- und Ausschneiden einen Schlag. Die Schnittstärke jedes Schneidzahns ändert sich mit der Bewegung des Schneidzahns und entsprechend ändert sich auch die Schnittkraft, was den Schneidprozess instabil macht und anfällig

für Vibrationen, was die Verarbeitungsqualität beeinträchtigt. Gleichzeitig schränkt es auch die weitere Verbesserung der Bearbeitungsqualität und Produktivität ein.

3) Der Wärmeableitungszustand der Messerzähne ist besser. Die Fräserzähne des Fräasers können beim Abtrennen vom Werkstück innerhalb einer Zeitspanne eine gewisse Abkühlung erfahren, die der Wärmeableitung der Fräserzähne förderlich ist. Wenn die Schneidzähne jedoch in das Werkstück hinein und von diesem weg schneiden, werden sie nicht nur einer Stoßkraft, sondern auch einem thermischen Schock ausgesetzt, der den Verschleiß des Werkzeugs beschleunigt und sogar das Hartmetallwerkzeug bricht.

Das Fräsen kann in Schruppfräsen, Halbschlichtfräsen und Schlichtfräsen unterteilt werden. Die Bearbeitungsgenauigkeit beim Schlichtfräsen beträgt im Allgemeinen IT8~IT7 und der Oberflächenrauigkeits-Ra-Wert kann 1,6 bis 2,3 μm erreichen. Gleichzeitig Fräsen ist ein herkömmliches Metallkaltbearbeitungsverfahren, das sich vom Drehen dadurch unterscheidet, dass das Werkzeug beim Fräsen von der Spindel angetrieben wird und das Werkzeug mit hoher Geschwindigkeit gedreht wird, während das bearbeitete Werkstück relativ still steht.

<https://www.mmsonline.com.cn/info/224023>

5. Darstellung des Zusammenhangs im FFS

Ich werde die Bearbeitung von Wälzlager bzw. Außenring und Innenring als Beispiel verwenden, um den gesamten Verarbeitungsablauf eines automatisierten flexiblen Fertigungssystems und die Beziehung zwischen den verschiedenen Teilen zu erklären.

Der gesamte Bearbeitungsprozess ist komplizierter. Der Aufbau eines flexiblen Fertigungssystems ist in der Abbildung 20 in einer vereinfachten Form dargestellt.

Erkennbar sind 4 Elemente:

- Werkzeugmaschinen mit numerischer Steuerung, mit einem Werkzeugmagazin und mit Aufspanntischen für eine automatisierte Beschickung,
- ein Transportsystem, in dem die Werkstücke auf Paletten gespannt oder frei transportiert werden können,
- ein überlagertes Informationssystem, das sowohl die Maschinen als auch das Transportsystem steuert und überwacht,
- Arbeitsplätze im System, an denen die Aufgaben personell bewältigt werden, die von der Technik nicht vollautomatisch gelöst werden.

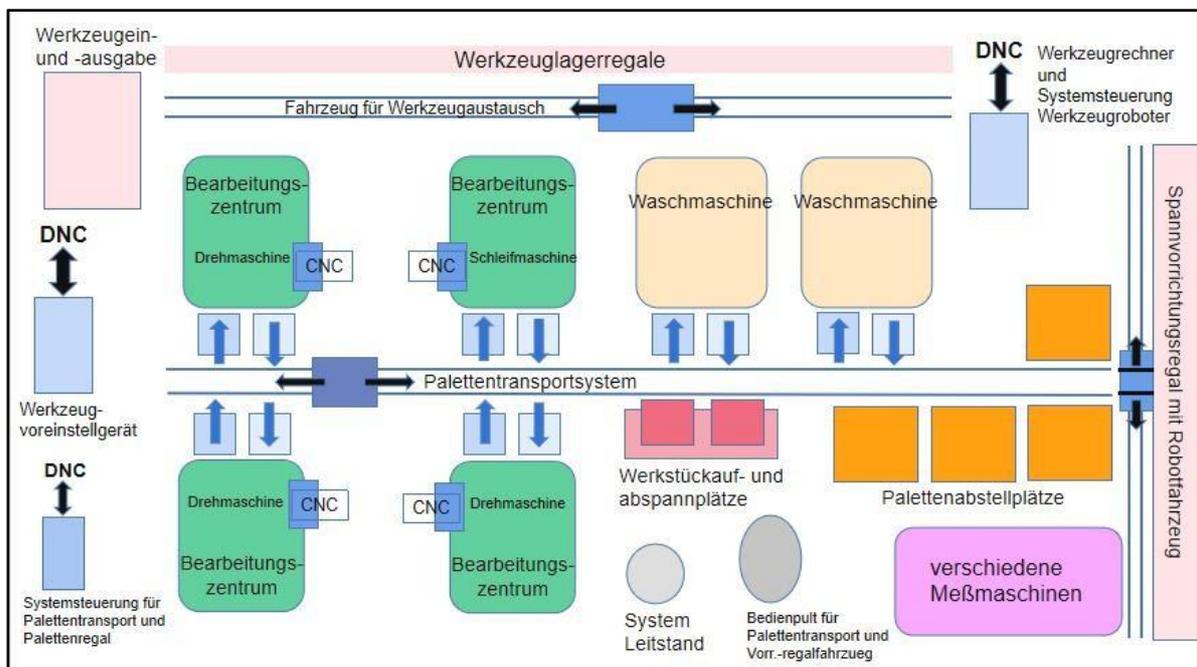


Abb.35: Systemlayout eines flexiblen Fertigungssystems [20]

5.1 Materialfluss

Der Materialfluss entsteht durch eine Aneinanderreihung von Vorgängen zur Erzielung des Endproduktes. Das Material für die Ringe ist in der Regel ein niedrig legierter, durchhärtender Chromstahl von hoher Reinheit.

Das Materialflusssystem übernimmt die Ver- und Entsorgung der Produktion durch Erfüllung der Funktionen Transportieren, Umschlagen, Lagern und Kommissionieren, und zwar für:

- den Werkstückfluss: Werkstücke, Montageteile, Fertigwaren
- den Werkzeugfluss: Werkzeuge, Vorrichtungen, Prüfmittel
- Hilfsstoffe, Späne, Abfälle.

Der gesamte Materialfluss ist wie folgt gezeigt:

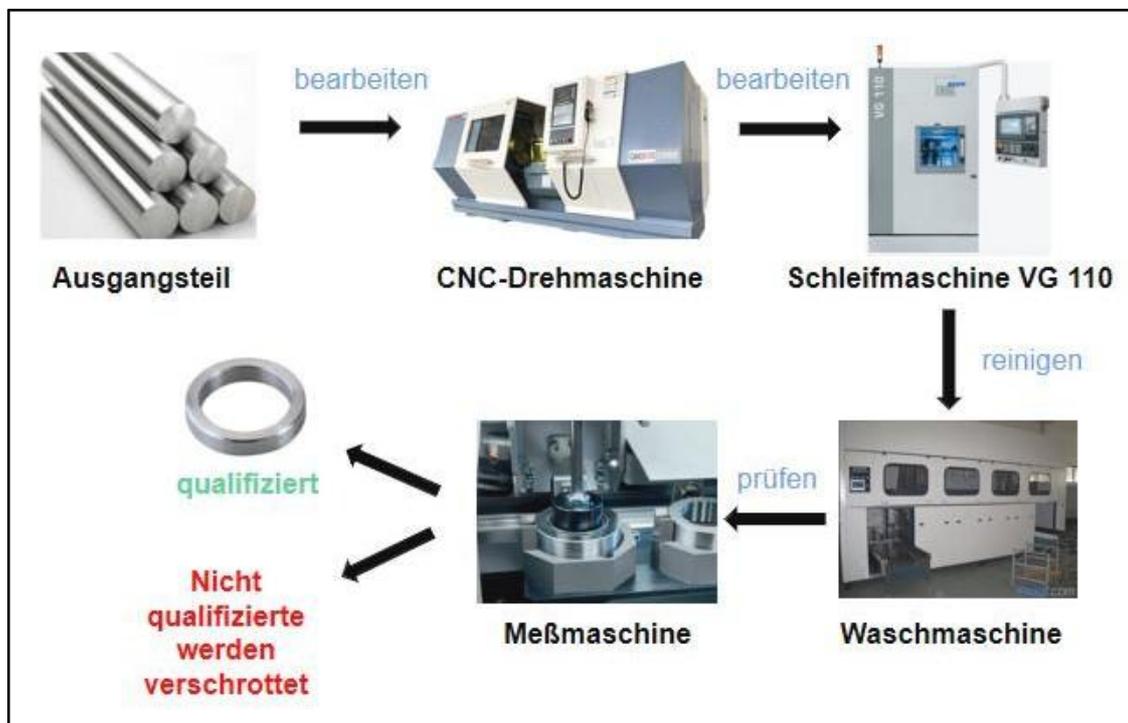


Abb.36: Materialfluss [21]

Die Ausgangsteile werden durch Drehmaschine und Schleifmaschine bearbeitet. Anschließend werden die Werkstücke über das Transportsystem zur Reinigungsanlage transportiert. Schließlich werden die Fertigteile gesammelt, die die Prüfung bestehen. Ebenso werden nicht qualifizierte Werkstücke gesammelt und verschrottet. Nach Erreichen einer bestimmten Menge wird es ins Lager geliefert.

5.2 Transport

5.2.1 Palettentransportsystem



Abb.37: Palettentransportsystem [22]

Die Fahrerlosen Transportsysteme von GEBHARDT Fördertechnik erfüllen autonom und kooperativ logistische Aufgaben. Dabei nutzen die eingesetzten FTS eine dynamische Routenplanung, wodurch eine lose Verkettung von Prozessmodulen realisiert wird. Die autonomen, intelligenten und selbstorganisierten Fahrzeuge für die Intralogistik und Montage werden je nach Bedarf mittels einer induktiven oder optischen Spurführung navigiert und zusätzlich durch RFID Sensoren unterstützt. Diese werden vor Gabelungen, Stationen, etc. neben der Navigationsspur im Boden eingebaut, um das FTS auf maximal zehn Millimeter genau zu positionieren. Zusätzlich ist es möglich über optische 2D-Barcodes eine Positioniergenauigkeit von maximal fünf Millimeter zu ermöglichen. Dabei wird die induktive Variante durch die Messung des Magnetfelds über Linienleiter ermöglicht, während die optische Navigation durch ein kamerabasiertes Sensorensystem erfolgt. Dieses Sensorensystem erkennt die lackierten oder aufgeklebten Navigationslinien und ist störungsunempfindlich gegen Reflektion, Sonneneinstrahlung und Hallenbeleuchtung. Die FTS erkennen durch einen integrierten Sicherheitsscanner eigenständig Hindernisse, so dass sie Ihre Geschwindigkeit verringern und stehen bleiben können. Bleibt die Strecke durch ein anderes Fahrzeug belegt, ist das FTS dazu in der Lage, in den Energiesparmodus zu wechseln und meldet die Belegung der Strecke weiter. Sobald die Strecke wieder frei ist, fährt das FTS automatisch weiter. ^[21]

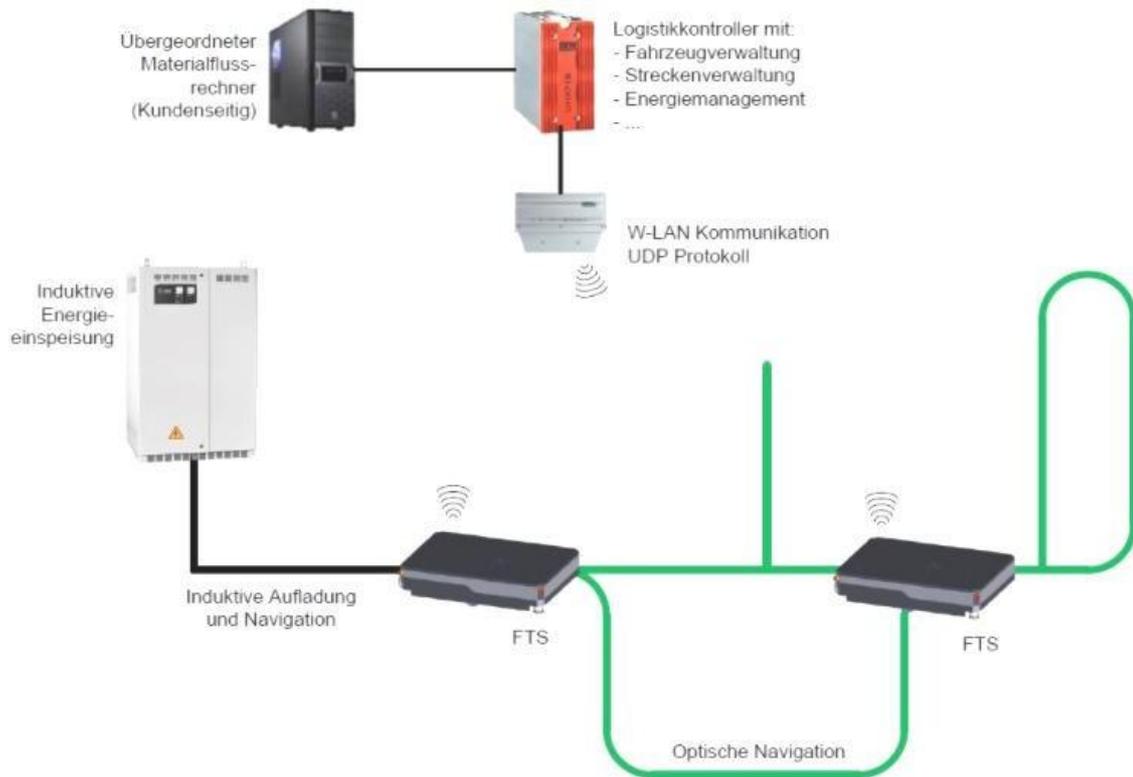


Abb.38: Materialflussrechner [23]

Der übergeordnete Materialflussrechner, welcher kundenseitig betrieben wird, ist durch einen Logistikcontroller mit der Fahrzeugverwaltung, Streckenverwaltung, Energiemanagement, etc. verbunden und kommuniziert über W-LAN samt UDP Protokoll mit den einzelnen Fahrerlosen Transportsystemen.

Die Bedienung der Fahrerlosen Transportsysteme erfolgt über einen bedienungsempfindlichen Bildschirm. Dadurch ist es möglich durch eine Bedienschnittstelle den Status oder einen Fehler des FTS direkt vor Ort abzufragen. Weiterhin besteht die Möglichkeit das Fahrzeug manuell über eine Schnittstelle zu steuern.

Die Fahrerlosen Transportsysteme existieren in drei verschiedenen Ausführungen, um Lasten von 350kg bis zu 3000kg bei einer Geschwindigkeit von maximal 1,5m/s zu transportieren. Die autonomen Transportsysteme sind durch die Kombination von standardisierten Baugruppen in verschiedenen Ausführungen erhältlich.^[21]

5.2.2 Schwingförderer

Der Zentrifugalförderer ist ein Zuführsystem, welches mit sehr hoher Taktfrequenz (bis zu 1000 Teile/min) die nachfolgenden Arbeitsstationen mit Werkstücken versorgt. Geräuscharm und vibrationsfrei, eignen sich unsere Zentrifugalförderer besonders für die Zuführung von Komponenten, die eine sehr schonende Zuführung benötigen sind, aus Kunststoff, Gummi oder Metall. Unsere Zentrifugalförderer werden von unseren Technikern vollständig auf Ihre Bedürfnisse angepasst.^[22]

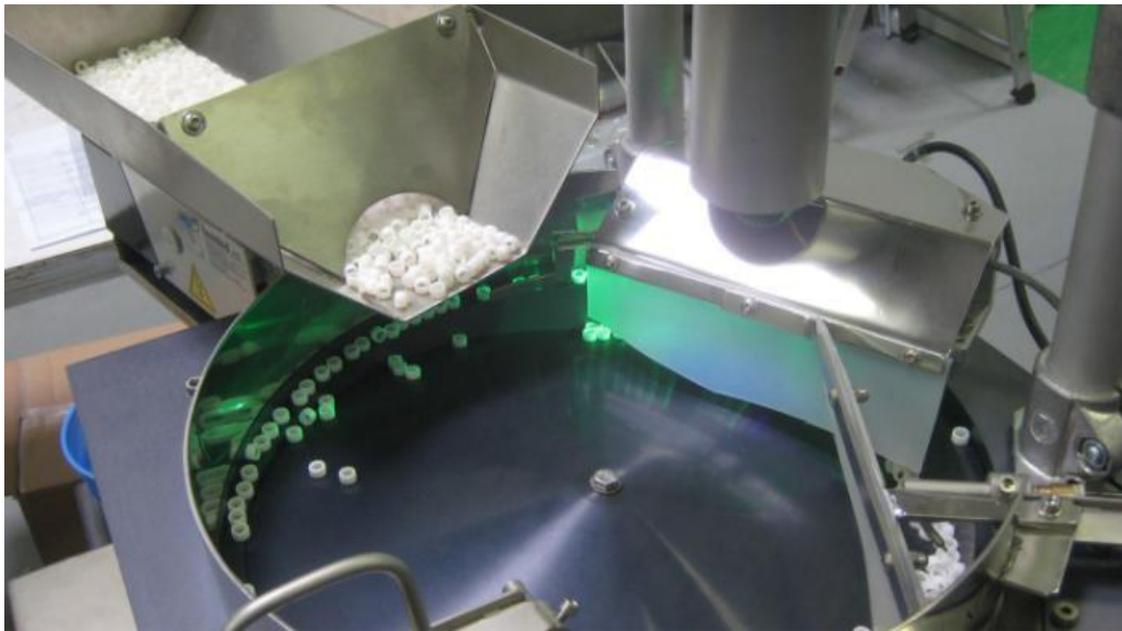


Abb.39: Schwingförderer [24]

Die gereinigten Teile werden zu diesem Schwingförderer transportiert und nach ordentlicher Anordnung überprüft.

5.2.3 Knickförderer Modulband

Geknickte Variante des Modulbandförderers für mobile Einsatzmöglichkeiten und zum vertikalen Transportieren.

Der Modulbandförderer KFM-P 2040 ist die geknickte Variante dieses Fördertyps. Die Knicke sind im Winkel variabel auslegbar. Durch die Mobilität kann der KFM-P als bewegliche Transporteinheit flexibel zur Befüllung von Containern oder Gitterboxen eingesetzt werden. In Kombination mit Geraden (MBF-P 2040) und vertikalen Kurven (KMF-P m2040) ist das Streckenlayout flexibel an jegliche vorhandene Umgebungsbedingung anpassbar und es kann nahezu jeder Streckenverlauf im

dreidimensionalen Raum realisiert werden.

Modulbandförderer sind äußerst robust und bieten Einsatzmöglichkeiten für nahezu jede Transportanwendung. Sie sind verschleißfester als Gurte und können auch dort eingesetzt werden, wo scharfkantiges Transportgut befördert werden muss oder wo eine raue Anwendungsumgebung herrscht. Das Fördersystem ist aufgrund verschiedener Kettenmaterialien zudem lebensmitteltauglich, für hohe Temperaturen geeignet und chemisch beständig.

Aufgrund seines formschlüssigen Antriebs sind Modulbandförderer auch bei geringen Breiten sehr hoch belastbar. Zudem können durch die seitliche Führung des Bandes Seitenkräfte abgefangen werden, wodurch Werkstücke auch quer abgeschoben werden können. Ein weiterer Vorteil ist, dass Flüssigkeiten vom Transportgut durch die Kette abtropfen können und die Reinigung der Modulbandkette somit einfach und schnell möglich ist.^[23]

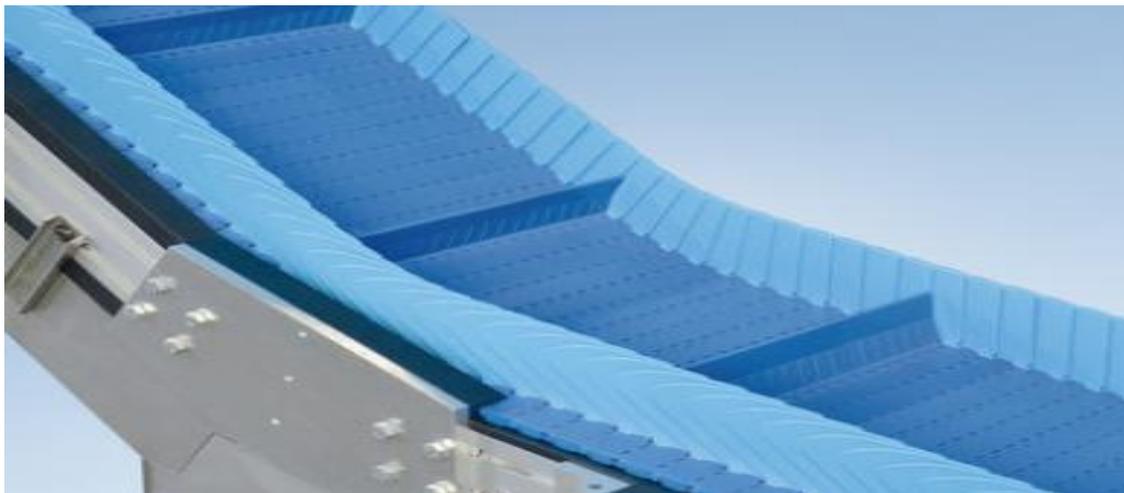


Abb. 40: Knickförderer Modulband [25]

Der Modulbandförderer kombiniert mit automatischen Be- und Entladesystemen.

5.3 Qualitätskontrolle für Werkstücke und Schleifkörper

Um die Qualität des Werkstücks und der Schleifscheibe zu gewährleisten. Ich ergreife Maßnahmen unter Qualitätsplanung, Qualitätssteuerung und Qualitätsprüfung.

5.3.1 Qualitätsplanung

Die Qualitätsplanung umfasst die Aufgaben der Qualitätssicherung im Stadium der ersten Schritte der Produktentwicklung (bzw. der Produktplanung). Die (erreichbare) Qualität eines Produkts wird zu einem großen Teil bestimmt durch die Qualität des Entwurfs. Hauptaufgaben sind die Festlegung allgemeiner Richtlinien zur Qualitätslenkung und -prüfung sowie die Auswahl der Qualitäts-/Prüfmerkmale und die Festlegung ihrer geforderten und ihrer zulässigen Werte (Toleranzen).

Der wichtigste Planungsschritt ist es, die Grundsätze des Unternehmens zu dokumentieren. Weiters sollen konkrete Ziele und Maßnahmen festgelegt werden, damit diese erreicht werden können. In dieser Phase muss man erkennen wo mögliche Fehlerquellen liegen, um diese berichtigen zu können. Dies bedeutet, dass Verbesserungsvorschläge gefunden, ausgewählt und vollständig geplant werden müssen. Verfahren wie Brainstorming, Prozess-FMEA, Fehlerbaumanalyse, DOE, Poka-Yoke und SPC können dazu herangezogen werden.^[24]

5.3.2 Qualitätssteuerung

Die Qualitätssteuerung (oft auch als Qualitätslenkung bezeichnet) wird definiert als Planung, Überwachung und Korrektur der Ausführung eines Produktes oder einer Tätigkeit mit dem Ziel, im Anschluss an die Qualitätsplanung unter Verwendung der Qualitätsprüfung und Qualitätsdaten die vorgegebenen Qualitätsanforderungen zu erfüllen.

Die vertikale Planschleifmaschine von EMAG ist auch mit EC-Daten ausgestattet. EC Data ermöglicht die Rückverfolgbarkeit jedes einzelnen Werkstücks. Dabei werden sowohl die gesamten Informationen zu den Bearbeitungsergebnissen gespeichert und dokumentiert als auch Betriebs- und Prozessdaten der Maschinen.^[24]

5.3.3 Qualitätsprüfung

Die klassische Qualitätsprüfung ist produktorientiert. Sie prüft qualitätsrelevante Merkmale wie Geometrie, Oberfläche, Aussehen, usw. Im Rahmen eines unternehmensweiten Qualitätsmanagementkonzepts stellen die bei der Qualitätsprüfung gewonnenen Daten eine Quelle wichtiger betrieblicher Qualitätsinformationen dar.^[24]

Zusätzlich wurde verschiedene Meßmaschine zur Prüfung von Werkstücken in Betrieb genommen, wie folgt gezeigt:

- Rundheitsprüfgerät
- Profil- und Oberflächengüte
- Koordinatenmessmaschine

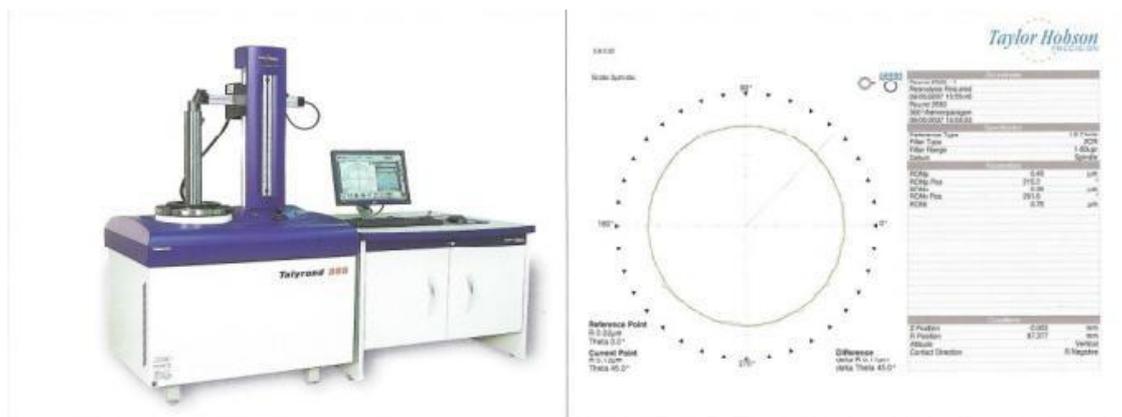


Abb.41: Rundheitsprüfgerät [26]

Es gibt auch die Meßmaschine für Schleifkörper:



Abb.42: Meßmaschine für Schleifkörper [27]

Das Voreinstellgerät HELISET misst komfortabel und einfach Schleifscheiben, wodurch Maschinenstillstände reduziert werden. Während die Schleifmaschine Werkzeuge produziert, kann bereits offline der nächste Schleifscheibensatz vorbereitet werden. Das Messgerät überzeugt durch einfache Bedienung und geführte Messsequenzen am Schleifscheibenpaket. Datenausgabe inklusive.^[25]

6. Zusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit erstelle ich das Konzept für ein automatisch arbeitendes Fertigungssystem zur Schleifbearbeitung mit integrierter Qualitätskontrolle.

Dann habe ich das theoretische Wissen über das Schleifen zusammengestellt. In Bezug auf die Schleifbearbeitung habe ich außerdem drei verschiedene automatisierte CNC-Maschinen aufgelistet und analysiert. Nach meinen eigenen Bedürfnissen habe ich die am besten geeignete Schleifmaschine ausgewählt.

Schließlich stellte ich ein automatisiertes System zur Schleifbearbeitung dar. Ich erklärte auch den Materialfluss, das Transportsystem und die spezifischen Qualitätskontrollverfahren des Werkstücks und der Schleifkörper.

Fertigungssysteme gelten als effiziente Lösung zur Reduzierung von Nebenzeiten. Zunehmend gewinnt die Automatisierung in mannigfaltiger Form in der Produktionstechnik an Bedeutung.

Durch die Bachelorarbeit habe ich viel über das flexible Fertigungssystem gelernt. Ich bedanke mich bei allen, die mich beim Schreiben meiner Bachelorarbeit unterstützt haben. Besonderer Dank geht an meinen Betreuer, Professor Dr.-Ing. Rolf Kademann und Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kirchhofer für hilfreichen Vorschläge.

7. Quellenverzeichnis

- [1] W. Eversheim: Organisation in der Produktionstechnik. Band 4: Fertigung und Montage. Düsseldorf 1989, ISBN 3-18-400841-X, S. 44f.
- [2] Fertigungssysteme; Prof. Dr.-Ing.R.Kademann; Hochschule Merseburg.
- [3] WZM_II_VL_09 - Flexible Fertigungssysteme.pdf; TUB.
- [4] M. Weck, C. Brecher: Werkzeugmaschinen. 5. Auflage. Band 1, Springer, 1998, S. 494–533.
- [5] M. Weck, C. Brecher: Werkzeugmaschinen. Band 3: Mechatronische Systeme, Vorschubantriebe, Prozeßdiagnose. 5. Auflage. Springer, Berlin/ Heidelberg 2001, S. 40–88.
- [6] H. K. Tönshoff: Werkzeugmaschinen. Springer, Berlin 1995, S. 220–233.
- [7] J. Milberg: Werkzeugmaschinen – Grundlagen. 2. Auflage. Springer, Berlin 1995, S. 318–322.
- [8] <https://logistikknowhow.com/logipedia/materialflusssystem/>
- [9] <https://www.wiwiweb.de/fertigungstechnik/>,
- [10] https://www.is.inf.uni-due.de/wiki/images/3/32/Vortrag_Fadwa_Siham.pdf, .
- [11] Scheer, August-Wilhelm: Fertigungssteuerung : Expertenwissen für die Praxis. München et al. : Oldenbourg, 1991.
- [12] Lasi, Heiner; Fettke, Peter; Kemper, Hans-Georg; Feld, Thomas; Hoffmann, Michael: Industrie 4.0. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 56 (2014) 4, S. 261-264.
- [13] <https://www.qualitaet-ist-messbar.de/>,
- [14] Masing Handbuch Qualitätsmanagement, Herausgeber: Tilo Pfeifer, Robert Schmitt, 05/2014,ISBN: 978-3-446-43992-4, S. 537-551.
- [15] <https://www.mmsonline.com.cn/info/224023>
- [16] [https://de.wikipedia.org/wiki/Konditionieren_\(Schleifen\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Konditionieren_(Schleifen)),
- [17] <https://www.gebhardt-foerdertechnik.de/de/produkte/fahrerlose-transportsysteme/>,

- [18] <http://www.icm-automation.com/de/zufuehrtechnik/>, abgerufen am 20.08.2020.
- [19] <https://www.mk-group.com/produkte/foerdertechnik/>, abgerufen am 20.08.2020.
- [20] https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-13475-3_8.pdf,
abgerufen am 25.08.2020.
- [21] <https://www.walter-machines.com/de/werkzeugbearbeitungsmaschinen/>,

8.Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit

Hier 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. 29.08.21 Li Zhi