



Fertigungstechnik

Unterrichtsplanung für TGTM-E

Inhaltsverzeichnis

- Literaturverzeichnis.....2
- Vorüberlegungen.....4
- Einleitung.....4
- CNC-Koordinaten.....4
- Fräsrichtung.....4
 - Gleichlaufräsen.....
 - Gegenlaufräsen.....
- Werkstoffbezeichnung.....
- Aufbau metallischer Werkstoffe.....5
- Bindungsmechanismus bei Metallen.....
- typische Merkmale der Metalle.....
- Verformung von Metallen unter Spannung.....
 - elastische Verformung.....
 - plastische Verformung.....
 - Kaltverfestigung.....
 - Legierung.....
- mikroskopische Struktur.....
 - Wachstum aus der Schmelzen.....
 - Gefüge.....
 - Gitterfehler.....
- Bezeichnungen metallischer Werkstoffe...6
 - .. nach Zusammensetzung.....
 - unlegierte Stähle.....
 - (niedrig-)legierte Stähle.....
 - (hoch-)legierte Stähle.....
 - Schnellarbeitsstähle.....
 - NE-Metalle.....
 - .. nach Verwendungszweck.....
 - Stähle.....
 - Gusseisen.....
- Sonstige Bezeichnungen.....
 - Stahlgruppen nach Einsatzzweck.....
 - Einteilung nach Gebrauchseigenschaften....
 - Werkstoff-Nr / Stahlschlüssel.....
 - Stahl für Bleche.....
 - Sintermetalle.....
- Stahlschlüssel.....
- Einteilung nach Reinheit.....
- Hauptgruppen der Fertigungsverfahren am Beispiel eines roten Autos.....8
 - Urformen.....
 - Umformen.....
 - Trennen.....
 - Stoffeigenschaft ändern.....
 - Fügen.....
 - Beschichten.....
- Einteilung der Fertigungsverfahren.....9
- GA Bleistiftspitzer.....
- Arbeitsplanung.....9
- Arbeitsplan für TG-Zug erstellen.....
- Visualisierung.....10
- Produkte.....
 - Aluminiumleitern.....
 - Akkumulator.....
 - (Amphibienfahrzeuge).....
 - Anstecknadeln.....
 - Bleiakku.....
 - Bleistiftspitzer.....
 - Bohrer.....
 - (Damaszenerklinge).....
 - Dosen.....

- Druckknopf.....
- Eisenbahnschienen.....
- Federn.....
- Funkenerosion !.....
- Kette Rundstahl.....
- Kolben!.....
- Generatorwelle!.....
- Spritzgussform.....
- Fertigungsverfahren.....
- Umformen.....
 - Walzen.....
 - Biegeautomaten.....
- Umformen: Schmieden.....
 - Freiformschmieden.....
 - Gesenkschmieden.....
- Trennen.....
 - Drehen.....
 - Stanzen.....
- Vorgehen.....
 - Gießen.....
 - Schmieden.....
 - Sintern.....
 - Spanen.....
 - Allgemein.....
- Schneidkeil.....12
- Wirkung des Keilwinkel β
 - im Werkstück (Blech).....
 - in der Schneide (Keil).....
 - Trennwirkung durch.....
- Wahl des Keilwinkels:.....
- Winkel und Flächen am Schneidkeil.....12
- z.B. Sägezahn z.B. Drehmeißel für Hartguss.....
- Winkel und Flächen am Drehmeißel.....
- Spanentstehung.....14
- Spanarten.....
 - Reißspan.....
 - Scherspan.....
 - Fließspan.....
 - Ursachen.....
 - Wirkungen.....
- Spanleitstufe.....
- Spanformen.....
- Aufbauschneide.....
 - Ursache.....
 - Folgen.....
- Drehen.....15
- Spanungsgrößen.....
- Einflüsse auf die Standzeit.....
- Schnittkraft beim Fräsen.....17
- Schnittdaten.....
- Einstellwerte.....
- Schnittkraft.....
 - Spanungsquerschnitt.....
- Schnittleistung.....
 - Schnittleistung P_c
- Schnittkraftberechnung.....18
- Grundformel.....
- Zerspanungsgesetz.....
 - Ermittlung der spezifischen Schnittkraft k_c
 - m_c Werkstoffkonstante [].....
- Korrekturfaktoren.....
 - C_1 für den Schneidstoff.....

- C_2 für den Schneidenverschleißstoff.....
- Schnittkräfte beim Drehen.....20
- Einfluss der Einstellungen.....
 - Einstellwinkel χ
 - Mittenstellung.....
 - Neigungswinkel λ
- Fräsen.....22
- Vergleich der Planfräsverfahren.....
 - Stirn-Planfräsen.....
 - Umfangs-Planfräsen.....
 - Werkzeuglage.....
 - Zeitspannungsvolumen.....
 - Spanbildung.....
 - Schneidenbeanspruchung.....
 - Oberflächengüte.....
- Drehrichtung beim Umfangs-Planfräsen.....
- Gleichlaufräsen.....
- Gegenlaufräsen.....
 - Bewegungsrichtung.....
 - Schnittverlauf.....
 - Werkstückoberfläche wird.....
 - Oberflächenqualität.....
 - Schnittkraft.....
 - Lastwechsel.....
 - Sonstiges.....
- Fräswerkzeuge.....
 - Fräserformen.....
 - Werkzeugtypen.....
 - Zahnformen.....
 - Zahnrichtung.....
 - wendelgezahnte Fräser.....
 - kreuzgezahnt.....
 - geradgezahnt.....
 - Schrupfräser.....
- 3D-Drucker.....25
- Aufbau des 3D-Druckers.....
 - Ablauf.....
- CAD: Anforderung an Konstruktionen für 3D-Druck.....
- Herstellung einer Kurbelwelle.....26
- Funktion / Anwendung.....
- Herstellverfahren.....
 - Fügen ('gebaute' Kw).....
 - Gießen.....
 - (Gesenk-)Schmieden.....
 - Trennen - Spanen.....
- Fertigung.....
 - Prinzip.....
 - Skizze.....
 - Arbeitsschritte.....
 - Nachbearbeitung.....
 - Merkmale.....
 - Kosten.....
 - Ausgangsmaterial.....
 - Werkzeug, Vorbereitung.....
 - Energiekosten.....
 - Arbeitszeit.....
 - Videos.....
- Hauptnutzungszeit t_h28
- Herleitung.....
 - Vorschubwege.....
 - Formel.....
 - Fertigungszeiten FZ für IUS.....



Literaturverzeichnis

- Bargel/Schulze 2005: H.-J. Bargel, G. Schulze, Werkstoffkunde, 2005
Doering 1968: Ernst Doering, Technische Wärmelehre, 1968
Mattheck 2003: Claus Mattheck, Warum alles kaputt geht, 2003
Tipler 1995: Paul Tipler, Physik, 1995
Hering 1992: Ekbert Hering ua., Physik für Ingenieure, 1992
Hütte 29: Ahrendts ua., Hütte - die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften, 1989
Skolaut 2014: Werner Skolaut (Hrsg.), Maschinenbau - Ein Lehrbuch für das ganze Bachelor-Studium, 2014
Schwab 2013: Rainer Schwab, Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung für Dummies, 2013
EuroTabM: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall,
GrundwissenIng8: Dr. Erna Padelt ua., Das Grundwissen des Ingenieurs 8.Auflage, 1970
EuroTabM46: Roland Gommeringer ua., Tabellenbuch Metall 46.Auflage, 2014
Sandvik 1998: , CoroKey - Ausgewählte Werkzeuge zum Drehen - Fräsen - Bohren, 1998

Kurbelwelle kalkulieren erst nach den Zeugnissen



Lehrplan TGTM Stand 10.09.2010
Vorbemerkungen

...

Im Unterricht des Profulfaches Technik und Management gewinnen die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen, Einsichten und erwerben Fähigkeiten, die ihnen die Denk- und Arbeitsweisen der Technik, verknüpft mit wirtschaftswissenschaftlichen Grundlagen anschaulich erschließen. Die Schüler begreifen, dass das Denken in Systemen eine für die Technik typische Vorgehensweise ist und technische Problemlösungen oft Kompromisse verlangen. Sie lernen die Übertragung und Umsetzung ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse und Verfahren in technische Systeme unter Berücksichtigung wirtschaftlicher, rechtlicher und sozialer Gesichtspunkte. Lösungsansätze werden analysiert und technische wie wirtschaftliche Bewertungsverfahren durchgeführt. Die technischen und betriebswirtschaftlichen Lehrplaneinheiten sind aufeinander bezogen und werden vernetzt unterrichtet.

...

Ziele des Unterrichts sind:

- Grundlagenwissen aus den Bereichen Maschinenbau und Betriebswirtschaft am Beispiel ausgewählter Themen zu vermitteln,
- Ingenieur- und wirtschaftswissenschaftliche Arbeitsmethoden, Analysieren, Problem lösen, experimentelles Arbeiten und Bewerten erlernen,
- Umsetzen theoretischer Kenntnisse in die Praxis, Arbeiten im Team, systematische Darstellung und Beurteilung von Ergebnissen in einer Projektarbeit.

In der Eingangsklasse planen und realisieren die Schülerinnen und Schüler den Herstellungsprozess von Bauteilen. Sie berücksichtigen hierbei Konstruktion, Werkstoffeigenschaften und Fertigungsverfahren. Um diese technischen Inhalte mit betriebswirtschaftlichen Aspekten zu verbinden, erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler die Grundlagen des Vertragsrechts, sie organisieren und optimieren die Beschaffung und Lagerung des benötigten Materials sowie die Gestaltung des Fertigungsablaufs. In der Buchführung dokumentieren sie die anfallenden Zahlungsströme und ermitteln den wirtschaftlichen Erfolg in einem Jahresabschluss.

Aufbauend auf den Inhalten der Fertigungstechnik aus der Eingangsklasse erarbeiten die Schülerinnen und Schüler in der Jahrgangsstufe 1 nun vertieft computergesteuerte Fertigungsverfahren. Sie lernen die Funktion einer CNC-Maschine kennen und erhalten auf diese Weise Einblick in moderne Fertigungssysteme. Darüber hinaus verbinden sie weitere technische Themen mit betriebswirtschaftlichen Aspekten. Die Kostenrechnung ist ein wesentliches Bindeglied zwischen technischen Lösungen und betriebswirtschaftlichen Fragestellungen. Die Statik als physikalisch-mathematische Grundlage jeder technischen Konstruktion stellt Lösungsverfahren zur Ermittlung von Bauteilbelastungen bereit. Die Grundlagen der Steuerungstechnik ermöglichen den Entwurf von Schaltplänen und SPS-Programmen, um steuerungstechnische Problemstellungen zu lösen. Technik und Management (TG) 3

....

Eingangsklasse

T 2	Fertigungstechnik	20 Stunden
	Die Schülerinnen und Schüler entscheiden sich bei der Herstellung von Bauelementen für geeignete Fertigungsverfahren. Sie erstellen Arbeitspläne und berechnen die Prozessdaten.	
	Fertigungsverfahren	Vgl. LPE 10 Fertigung
	– Umformen	
	– Trennen	Vgl. LPE 7 Realisierung eines technischen Produkts
	– Zerspanungsdaten	
	– Hauptnutzungszeit	Vgl. LPE 16 Kostenrechnung
	– Arbeitsplanung	
	– Fügen	

Vorüberlegungen

Neben einer Auswahl von Fertigungsverfahren können folgende Themen behandelt werden:
Fertigungsmethoden: manuelle Fertigung, kurvengesteuerte Automaten, CNC-Fertigung, Fließbandfertigung, Organisationsverfahren bei Fließbandfertigung



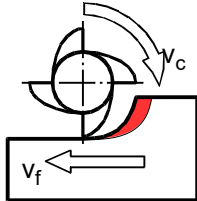
Einleitung

CNC-Koordinaten

Übung 1

Fräsrichtung

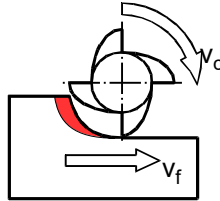
Gleichlaufräsen



Schnittbewegung mit ...
Oberfläche wird geschnitten
→ bessere Qualität

Werkstück wird nach unten
gedrückt ⇒ dünne Bleche

Gegenlaufräsen



... gegen Vorschubrichtung
Oberfläche wird geschabt
→ mehr Verschleiß

Oberfläche wird von hinten
durchgeschnitten ⇒ harte
Oberflächen, z.B. Guss

Gleichlaufräsen ist besser als Gegenlaufräsen

Ausnahmen: harte Oberflächen (z.B. Guss), alte Tische

Werkstoffbezeichnung

Übung 2

- 1) Bei der Fertigung des TG-Zuges werden die Schüler auch fräsen. Die ungewohnte Arbeit mit Koordinaten kostet dort Zeit. Diese Einheit wird eingeschoben, damit es weniger der knappen Zeit in der Werkstatt ist.

[Arbeitsplan_AB_Fräskoordinaten](#)

- 2) Was ist ein Fräser?

Ein Zapfenfräser arbeitet wie ein Bohrer, darf sich aber quer bewegen.

- 3) Nullpunkt ist unten links, Koordinatenrichtung ist eingetragen.

- 4) Was ist Gleichlaufräsen? (Nicht in die Tiefe gehen)

- 5) Was ist S235?

Im TabB suchen lassen, aber nicht verallgemeinern

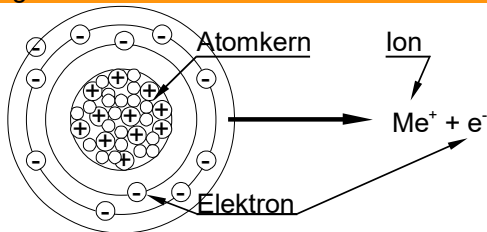
[Fräskoordinaten TG-Zug](#)

- 6)



Aufbau metallischer Werkstoffe

Bindungsmechanismus bei Metallen



Me geben leicht die äußeren (Valenz-)elektronen ab. e⁻ bilden frei bewegliches Elektronengas und binden Me⁺.

Die Bindung ist richtungsunabhängig (isotrop).

typische Merkmale der Metalle

Elektronenwolke / Elektronengas

→ hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit
elektrochemische Korrosion, Supraleitung

→ hohe Festigkeit

FO Schildkröttaktik

→ richtungsunabhängige Bindung (Isotropie)

→ Metallatome streben zur dichtesten Packung

→ einfache umformbare Gitter (Kristalle)

Gleitebenen ermöglichen Verschieben und erneute Bindung, Details s.u..

Erst Umformbarkeit macht Metalle technisch nutzbar.

→ Atome sind austauschbar → Legierbarkeit

→ metallischer Glanz nach dem Bruch

Verformung von Metallen unter Spannung

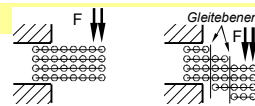
elastische Verformung

erfordert Überbiegen o.ä.



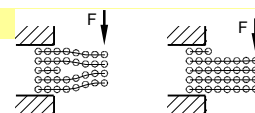
plastische Verformung

durch Versatz an Gleitebenen oder Zwillingsbildung



Kaltverfestigung

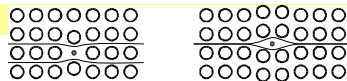
durch Schließen von Gitterfehlern



Legierung

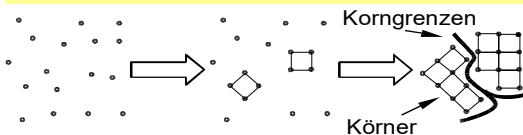
stört Gleitebenen

→ steigert Festigkeit



mikroskopische Struktur

Wachstum aus der Schmelzen



Gefüge

- Körner (Kristalle) + Korngrenzen = Gefüge
(feines Korn erhöht die Festigkeit)

[Schwab 2013] S.45: „Erst bei hohen Temperaturen stellen Korngrenzen Schwachpunkte dar, weil dann ein Korn am anderen abgleiten kann, so wie Menschen auf Glatteis.“

Gitterfehler

- Fremdatome (→ erhöhte Festigkeit)
- Lücken (→ Umformbarkeit)
- Verschiebung ganzer Lagen
- Gitterfehler senken die Festigkeit

Ohne Gitterfehler sind Metalle mechanisch nicht nutzbar.

[GrundwissenIng8] S.1003: „Metallische Bindung beruht darauf, dass Metalle sehr dazu neigen, positive Atomrümpfe zu bilden, wobei sie Elektronen der äußeren Schale abgeben, die dann nicht mehr zu einem bestimmten Atom gehören, sondern sich gewissermaßen 'frei' zwischen den positiven Atomrümpfen bewegen (freie Elektronen, Elektronengas). Sie bewirken als 'Kitt' den Zusammenhalt der gleichnamig geladenen Metallatomrümpfe. Außerdem ist ihre Beweglichkeit die Ursache für die gute Leitfähigkeit der Metalle für Elektrizität und Wärme.“

AM Al-Blech mit großen Kristallen

- 1) Welche Struktur ist hier zu erkennen ?
- 2) Welcher Bindungsmechanismus verursacht solche Strukturen ? bzw. Wie sind Metallatome miteinander verbunden ?

Metallatome geben leicht ihre äußeren Valenzelektronen ab. Da im reinen Metall keine Atome vorhanden sind, die Elektronen aufnehmen, bilden sie eine frei bewegl. Elektronenwolke, die für die typischen metallischen Eigenschaften verantwortlich ist. Die richtungsunabhängige Bindung bewirkt, dass Metallatome zu dichten und dichtesten Packungen neigen.

FO Bindungsarten

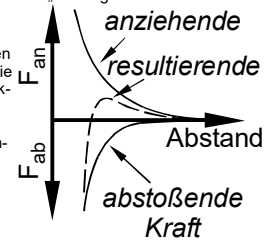
[Tipler 1995] S.1317: Die „Wellenfunktion (der Valenzelektronen) erstreckt sich über das ganze Volumen“

Bindungsarten: [Hering 1992] S.634

Kräfte: Elektromagnet. Kraft bindet Atome zu Molekülen, schwache und starke Kraft binden Protonen und Neutronen, starke Kraft bindet Quarks. Protonen bestehen aus 2 up- und 1 down-Quarks, Neutronen aus 2 down- und 1 up-Quark. Isotropie = Unabhängigkeit einer Eigenschaft von der Richtung. Nicht zu verwechseln mit isentrop (= Zustandsänderung mit konstanter Entropie → Thermodynamik)

[Bargel/Schulze 2005] S.2

[Doering 1968] S.3: mechanisches Vergleichsmodell; [Mattheck 2003] S.7: „Lieblingsabstand“



- 1) Welche typischen Merkmale folgen aus dem Bindungsmechanismus ?

[Hering 1992] S.684: "In reinen Metallen ist die Wärmeleitfähigkeit durch Elektronen stets ein bis zwei Größenordnungen größer als durch Gitterschwingungen..."

[Hütte 29] B156: Elektrischer Widerstand bei Metallen durch Gittergrenzen und -fehler und durch schwingende Atome.

Salze zerfallen unter elektrischem Strom (Elektrolyse). Ihre thermische Leitfähigkeit beruht auf der engen Kopplung der Ionen, die Gitterschwingungen übertragen, und ist vermutlich geringer als bei Metallen.

Tischtennisbälle (Metallatome) ordnen sich in einer Kiste richtungsunabhängig, im Gegensatz zu Nägeln (Salzionen mit gerichteter Ionenpaarbindung).

- 2) Wie ordnen sich TT-Bälle an ?

Verformung findet in den Gitterebenen statt. Komplizierte Gitter (Zementit, Diamant, Quarz usw.) sind schwerer verformbar. Salze haben gerichtete Pole (Ionen), die bei Verschiebung einer Atomlage zu Abstoßung führen; [Skolaut 2014] S.344 Salze brechen im Spröbruch.

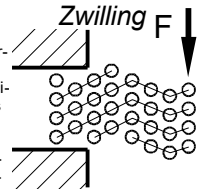
FO Gittertypen

Kristall (von grch. *krystallos* bzw. lat. *crystallus* = 'Eis, Bergkristall') bedeutet 'fester, regelmäßig geformter, von ebenen Flächen begrenzter Körper'.

Weil die Atomrümpfe rund erscheinen und ähnlich groß sind, sind sie vielen Kombinationen austauschbar. Fremdatome stören die Gitterebenen und erhöhen die Festigkeit. Salze können kaum Fremdiionen aufnehmen, weil auch die Richtung der Bindungen passen müsste. Verformung und Bruch findet in den Gitterebenen statt, sodass frische Bruchflächen sehr glatt sind und glänzen.

Kurve Kräfte zwischen Atomen

- 1) *Vergleiche die harte Feder: Wie verhält sich die Bindung unter Druck*
Abstand zwischen 2 Atomen verringert sich, abstoßende Kraft steigt sehr stark an: Metall kann nicht komprimiert werden.
- 2) *Wie verhält sich die Bindung unter leichtem Zug*
Verschiebung der Atomkerne, federn nach Entlastung ohne Veränderung (außer Hysterese) zurück: elastische Verformung
- 3) *Wie verhält sich die Bindung unter großem Zug*
Es verschieben sich komplette Lagen des Gitters und springen in ein neues Gitter: plastische Verformung. Die Besonderheit von Metallen ist, dass der Körper nicht nur nicht bricht, sondern eine hohe Festigkeit behält. Zwillingsbildung: Teile eines Kornes klappen in eine spiegelbildliche Lage (besonders hexagonale Gitter)



Kaltverfestigung entsteht durch Schließen der Gitterfehler.

Für monokristallines Fe wird $R_m \approx 14000 \text{ N/mm}^2$ errechnet, tatsächlich ist $R_m(\text{Fe}) \approx 150 \text{ N/mm}^2$. Die Verschiebung entlang der Gitterebene muss also abgeschwächt sein.

Die Verschiebung der Gitterebenen endet an den Korngrenzen oder an Gitterfehlern. Ohne Gitterfehler wären Metalle praktisch nicht verformbar bzw. bearbeitbar, d.h. technisch nicht verwendbar.

Im Bild: Substitutionsmischkristall: Fremdatom ersetzt Wirtsatom, z.B. CuNi. Einlagerungsmischkristall: Fremdatom auf Zwischengitterplätzen, z.B. C in Fe.

AM Rogers Connection

- 1) *Wie wird Metall fest? Wie erstarrt es aus einer Schmelze?*

Wenn die Atome beim Abkühlen Bewegungsenergie verlieren, binden sich an vielen Stellen einzelne Atome. Mit weiterer Abkühlung binden sich weiterer Atome an die Keimzellen, die Kristalle wachsen und bilden ein System von Körnern mit Korngrenzen.

[Schwab 2013] S.45: Korngrenzen haben meist eine Dicke von 1 bis 2 Atom \varnothing .

Bei Stahl erfolgt das Wachstum aus der Schmelze in Dendriten ähnlich wie bei Eisblumen.

"Runde" Kristallen mit höhere Festigkeit entstehen erst beim Umformen.

Korngrenzen beeinflussen die Festigkeit: Je kleiner die Körner, desto höher die Festigkeit (vgl. Kettenglieder beim Kettenhemd: Je kleiner, desto fester). Viele Körner erhöhen die Umformbarkeit, das es mehr Gleitebenen in mehr Richtungen gibt.

Rekristallisation: [Bargel/Schulze 2005]

- 2) *Bezug auf Eingangsbeispiel*

Gitter beginnen beim Abkühlen an vielen Kristallkeimen zu wachsen, jedes Gitter bildet ein Korn. An den Korngrenzen lagert sich ab: Schlacke, nicht gelöste Fremdstoffe, Grafit in GJ

[EuroTabM]: Schlibilder

- 3) *Welche Bauweise hält besser: Mit Zement verbundene große Steine oder feinkörniger Kies mit Zement (= Beton)?*

- 4) *Folgen von Gitterfehlern*

Wie sehr die Form von den äußeren Bedingungen, vor allem Abkühlgeschwindigkeit und Störfaktoren abhängen kann, sieht man bei Eiskristallen an der Fensterscheibe.

- **Verformbarkeit:** Bei plastischer Verformung muss nicht eine ganze Gitterebene verschoben werden, sondern nur bis zur nächsten Lücke. Die theoretische Festigkeit idealer Kristalle ist 100-fach höher als die reale → kann nicht bearbeitet werden könnten.
- **Fremdatome** können leicht von Lücke zu Lücke wandern. Dies ist wichtig beim Ändern von Stoffeigenschaften, (z.B. Aufkohlen)
- **Kaltumformung** nutzt die Gitterfehler aus. Der Werkstoff lässt sich bis zu einer bestimmten Grenze kalt umformen, dabei wird er härter und spröder (Kaltverfestigung). Wenn alle nutzbaren Baufehler genutzt sind, beginnt ein Teil zu reißen.
- **el. und therm. Widerstände** Gitterfehler stören el. und therm. Leitfähigkeit.

positive Atomrümpfe zu bilden, wobei sie Elektronen der äußeren Schale abgeben, die dann nicht mehr zu einem bestimmten Atom gehören, sondern sich gewissermaßen 'frei' zwischen den positiven Atomrümpfen bewegen (freie Elektronen, Elektronengas). Sie bewirken als 'Kitt' den Zusammenhalt der gleichnamig geladenen Metallatomrümpfe. Außerdem ist ihre Beweglichkeit die Ursache für die gute Leitfähigkeit der Metalle für Elektrizität und Wärme."

**Bezeichnungen metallischer Werkstoffe****Ziel: Werkstoffbezeichnung kennen und im TabB finden.**

[Schwab 2013]: Ggü den alten Bezeichnungen fallen die Leerstellen weg, Zahlen werden durch Bindestriche getrennt.

.. nach Zusammensetzung**unlegierte Stähle**

Stahl = Fe mit max. 2% C

C45E

C Kennbuchstabe (enthält neben Fe nur C)

45 Kohlenstoffgehalt 0,45%

E Zusatzsymbole (hier: wenig S)

(niedrig-)legierte Stähle

kein Legierungselement über 5%

30NiCrMo16-6

30 Kohlenstoffgehalt 0,30%

→ Fe und C sind immer drin,
muss man nicht angeben

Ni, Cr, Mo Legierungselemente Nickel, Chrom ..

→ TaB „Periodensystem“

16 Ni-Gehalt = 16%/4 = 4%

6 Cr-Gehalt = 6%/4 = 1,5%

Mo-Gehalt = nicht angegeben

(hoch-)legierte Stähle

mind. ein Legierungselement > 5%

X38CrMoV5-3

X Kennbuchstabe für hochlegierter Stahl

38 Kohlenstoffgehalt 0,38%

Cr, Mo, V Legierungselemente Chrom,
Molybdän ..

→ TaB „Periodensystem“

5 Cr-Gehalt =

3 Mo-Gehalt = 3%

V-Gehalt nicht angegeben

Schnellarbeitsstähle

Stähle für Bohrer, Drehmeißel usw.

HS10-4-3-10

HS Kennbuchstabe für Schnellarbeitsstahl
'High Speed Steel'

10-4-3-10 Anteile W-Mo-V-Co

10% W, 4% Mo, 3% V, 10% Co

NE-Metalle

EN AW – AlZn5Mg3Cu

ENEuropäische Norm (entfällt oft)

AW Aluminium-Halbzeug (Knetlegierung)

AC: Gusslegierung

Al Hauptlegierungselement

Zn5 5% Zink

Mg3 3% Magnesium

Cu Anteile Kupfer

keine Teiler, Elemente und Anteil stehen beieinander

- 1) Nehmen Sie das TabB, Kapitel Werkstofftechnik (Griffleiste W), suchen Sie Werkstoffe und nennen Sie mir die Abkürzungen.
[EuroTabM46] S.130..144 (Stahl); S.163ff (Gusseisen), S.171..181 (NE-Metalle)
Alle Abkürzungen durcheinander (!) an der Tafel notieren. Anschließend je ein Beispiel aus den Werkstoff-Gruppen verschieden markieren (Farben). Für die anderen Beispiele geben SuS nach dem Prinzip der Mustererkennung die Farbe an.

- 2) GA: Erklären Sie die Bedeutung der Werkstoffbezeichnung.

Eine Schülergruppe je Werkstoffgruppe.

Beispiele → [EuroTabM46] S.133 (Einsatzstähle), S.134 (Vergütungsstähle), S.135 (Stähle für Flamm- und Induktionshärtung; S.136 (Werkzeugstähle), S.140 (Automatenstähle), weitere möglich

Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.125

- 1) Am TG suchen wir die Werkstoffe meist wegen der Festigkeitswerte. Wie unterscheiden sich diese Werte bei C60 und C60E?

Im Rohzustand (normalgeglüht) sind die Festigkeitswerte bei beiden Werkstoffen gleich, der Unterschied kommt erst durch die Wärmebehandlung Vergüten (+QT) zustande.

Beispiele → [EuroTabM46] S.133 (Einsatzstähle), S.134 (Vergütungsstähle), S.135 (Stähle für Flamm- und Induktionshärtung; S.136 (Werkzeugstähle), weitere möglich
Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.125 (einschließlich Faktoren)

- 1) 16% Ni und 6% Cr wäre nicht niedriglegiert. Bedeutung der Zahlen?

Man möchte Kommas und mehrstellige Zahlen in der Bezeichnung vermeiden.

- 2) Welchen Teiler hat Kohlenstoff?

Kohlenstoff hat den Teiler 100 (s.o.):

- 3) Eselsbrücke für die Elemente mit dem Teiler 4 (M für Mangan statt Mn):

Das Cr Co Si Wohnt Meist am Ni!

Teiler heißen im TabB „Faktoren für die Anteile“.

Erst die Liste der Elemente, dann die Liste der Anteile!**Teiler beachten! → TabB S.....**Beispiele → [EuroTabM46] S.136 (Werkzeugstähle), S.137f (Nichtrostende Stähle)
Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.126

- 1) Entschlüsselung der Legierungsanteile?

In der Hoffnung, das SuS den Teiler einsetzen..

- 2) Warum jetzt wieder keinen Teiler

Bei höheren Anteilen braucht es keine Kommastrichen. Und wenn alles so einfach wäre, bräuchte man keine Abiturienten :-)

X → Fe und C sind immer drin, muss man nicht angeben**X → keine Faktoren (außer für C)**Beispiele → [EuroTabM46] S.136 (Werkzeugstähle)
Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.125

TG: nicht benötigt

Beispiele → [EuroTabM46] S.171-173 (Al), S.177 (Mg, Ti), S.180-181 (Cu)
Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.170 (Al Knet-Leg.), S.173 (Al Guss-Leg.), S.179 (Schwermetalle)

Man unterscheidet zwei Legierungstypen:

Gusslegierungen bestehen aus verschiedenen Kristallen, die wie bei einem Wasser-Salz-Gemisch den Schmelzpunkt senken. Knetlegierungen bestehen aus Kristallen, die 'intern' legiert sind; wegen ihres gleichartigen Aufbaus nehmen sie die Umformarbeit gleichmäßig auf und sind für Umformen geeignet.

Halbzeug: Halbfertiges Produkt, z.B. Stangen, Rohre, Platten .. werden durch Walzen oder anderen Umformverfahren hergestellt.



.. nach Verwendungszweck

Stähle

S275JR

S Verwendungszweck

- S: structure steel = Baustahl, für Stahlbau
- E: engineering steel = Maschinenbaustahl
- P: pressure vessel steel = Druckbehälterstahl

..

275 Eigenschaft

(hier: Streckgrenze $R_e = 275 \text{ N/mm}^2$
 über 275 MPa beginnt plastische Verformung)

JR Zusatzsymbole

Kerbschlagarbeit 27J bei RT = 20°C

Gusseisen

GJL-150

G Gusseisen

J Iron

L Lamellengrafit

S: Kugelgrafit (Sphärisch)

150 Eigenschaft

(hier: Zugfestigkeit $R_m = 150 \text{ N/mm}^2$)

Sonstige Bezeichnungen

Stahlgruppen nach Einsatzzweck

- Einsatz- und Vergütungsstähle
- Stähle für Flamm- und Induktionshärtung
 → für Wärmebehandlungsverfahren
- Werkzeugstähle
 → Drehmeißel ..
- Automatenstähle
 → für Verarbeitung auf Dreh- und Fräsaufmaschinen besonders geeignet

Einteilung nach Gebrauchseigenschaften

Grundstähle: ohne besondere Eigensch.

Qualitätsstähle: höhere Reinheit

→ für Wärmebehandlung

Edelstähle: besonders rein und gleichmäßig

→ für Vergütung und Randschichthärtung

Werkstoff-Nr / Stahlschlüssel

Stahl für Bleche

- D C 04 – A – m Blech
- H C 300 B höherfestes Blech
- DX53D+Z veredeltes Blech

Sintermetalle

Sint E Sinter-Aluminium

Stahlschlüssel

Einteilung nach Reinheit

Allgemeiner Baustahl, Einsatzstahl, Vergütungsstahl, Nitrierstahl, Federstahl, Ventilstahl, Automatenstahl, Werkzeugstahl, Kesselstahl (Druckbehälterstahl?)
 Beispiele → [EuroTabM46] S.131: S185
 Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.123
Alt: St 37

1) *Am TG suchen wir die Werkstoffe meist wegen der Festigkeitswerte. Wie unterscheiden sich diese Werte bei S235JR, S235JO und S235J2?*

Bei Baustählen werden häufig Angaben zum Kerbschlagarbeit gemacht (JR, JO..), weil Baustählen bei Kälte, Kerbwirkung und schlagartiger Belastung zum spröden Brechen (ohne Vorankündigung) neigen. Angegeben wird die Kerbschlagarbeit (J für 27J; K für 40 J) und zugehörige Temperatur (R für 20°C, 0 für 0°C, 2 für -20°C). Je niedriger die Temperatur und je höher die Kerbschlagarbeit, desto besser.

Zusatzsymbole können am TG meist ignoriert werden

Beispiele → [EuroTabM46] S.164..166
 Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.163
Alt: GG-15

S.261: J für Iron, weil man im Englischen manchmal J statt I schreibt, um das I nicht mit der 1 zu verwechseln, die im Englischen ebenfalls I geschrieben wird. Da Gusseisen praktisch keinen plastischen Bereich hat, wird weiterhin R_m angegeben.

2) *Was ist ein Vergütungsstahl?*

Vergütungsstähle sind für das Wärmebehandlungsverfahren Vergüten geeignet, und erreichen nach dem Vergüten deutlich höhere Festigkeitswerte.

Automatenstähle enthalten geringe Anteile von S, Pb (kommt aus der Mode, Bismut als Ersatzstoff siehe NE-Metalle)... die Späne brechen. A. werden verwendet, wenn spanende Fertigung gewünscht ist und keine besonderen Werkstoffeigenschaften gefordert sind. Pb kommt aus der Mode wegen seiner gesundheitsgefährdenden Wirkung.

Beispiele → [EuroTabM46] bei jedem Werkstoff
 Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.122

Beispiele → [EuroTabM46] S. 143f
 Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.124

Beispiele → [EuroTabM46]
 Entschlüsselung → [EuroTabM46] S.183

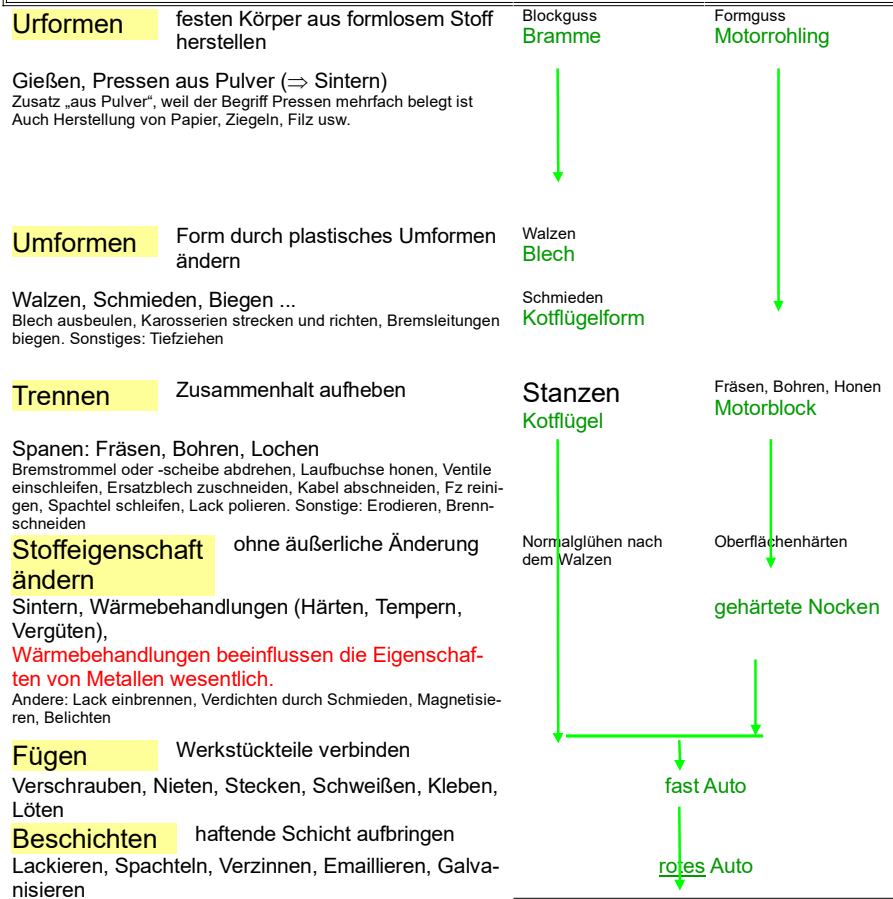
Sintern = Urformen durch Pressen von Metallpulver

Grundstahl, Qualitätsstahl, Edelstahl

Hauptgruppen der Fertigungsverfahren am Beispiel eines roten Autos

z.B. Roheisen

Das Thema ist zur Einführung vor Fertigungsverfahren geeignet. Stoffeigenschaft ändern vertiefen, weil es keine LPE dazu gibt.



Vertiefung
TG, Mbm AB Einteilung der Fertigungsverfahren

Modellauto; Klotz Roheisen

1) **Modellauto zeigen: Wie hat es vorher ausgesehen?**
TA jeweils nach dem Durchsprechen zur Wiederholung

2) **Klotz Roheisen: wie macht man daraus ein Auto?**

3) **Wir betrachten nur 2 ausgewählte Teile mit ausgewählten Bearbeitungsschritten**

3) **Welcher Arbeitsschritt muss vor allem mit Roheisen oder Schrott erfolgen? Gießen.**
Merkmal des Gießens: flüssiger, formloser Stoff erhält die erste Form => Urformen. (Uroma (=Oma vor der Oma), Uraufführung, Urgestein, Urknall, Urvogel, Urform, Urwerte). Bramme = Block (2x2x5m³) für das Walzwerk, heute sparen Dünnbrammen Umformenergie.

Pressen: AMSinterblech zeigen; Werkstoff?, Wasserdurchlässigkeit zeigen; warum für Filter und Lager?; wie hergestellt (Tipp: wie Fleischküchle aus formlosem Werkstoff?); Pressen aus Pulver. Vorteile: Hohlräume, hoch- oder unterschiedlich schmelzende Werkstoffe, z.B. **HM-Schneidplättchen** (harte, hochschmelzende verbunden mit klebrigen Metallen) und Fleischküchle. Festigkeit des HM wird wie bei Fleischküchle erst durch Druck und Hitze erreicht. => Sintern, s.u.

Urformende Arbeiten des Kfz-Mechanikers? keine: Spachteln, Verzinnen gehört zum Beschichten, weil es keine eigene Form herstellt.

Urgeformte Teile am Kfz: Gehäuse, Kw und Nw wegen Kosten, Kunststoffteile usw.;

Walzen: Wie wird aus der Bramme ein Blech? **FO Walzen.**

Umformen: Welcher Unterschied besteht zum Urformen? Es ist eine Form vorhanden, die (um-)geändert wird: Umformen.
Wie wird aus dem Blech ein Kotflügel? **FO Schmieden und Gesenkkformen.**

Umformende Arbeiten des Kfz-Mechanikers: FO Richtbank, Strecken

Umgeformte Kfz-Teile: Achsschenkel, Bremscheibe, Pleuel, Kw = hochbelastete Teile werden massiv geschmiedet, umgeformte Blechteile sind leicht.

TA Umformen; Welche weitere Umformung findet am Motorblock statt? keine => Ültg.
Wie muss der Motorblock weiter bearbeitet werden? Fläche zum Zylinderkopf planfräsen, Zylinder ausdrehen und honen, Löcher zur Befestigung bohren und reiben, Gewinde bohren.
Merkmal dieser Verfahren: das ursprüngliche Werkstück wird weniger, es wird etwas getrennt

FO Honen
Trennende Arbeiten des Kfz-Mechanikers:; Getrennte Kfz-Teile: praktisch alle, außer Spritzgussteile uä.
TA Umformen; Welche weitere Umformung findet am Motorblock statt? keine => Ültg.
Muss am Kotflügel ebenfalls getrennt werden? Kanten abschneiden, ggfs. Löcher stanzen

AM Nockenwelle: Welche Belastungen erfährt der Nocken, welche Eigenschaften muss er haben? Darf man einen harten Werkstoff nehmen, der meist auch spröde ist? Wie muss der Nocken bearbeitet werden? Härten. Wie habt ihr euren Meißel gehärtet? Wärmebehandlung.
Video Härten eines Nocken (max 30")

Wird beim Härten die Form geändert? nicht absichtlich und nur geringfügig, ggfs. nachschleifen. Was wird geändert? Eigenschaft! Bekannte Verfahren (TA s.o.)?

AM HM-Schneidplättchen: Die Festigkeit von HM nach dem Pressen genügt nicht: Sintern.
AM gegossene Rohrschelle aus demselben GG; eine wurde durch Hammerschlag zerbrochen, die andere umgeformt worden. Welche unterschiedliche Eigenschaften hatten die beiden Teile? Wie wurde die Sprödigkeit in Zähigkeit geändert? Wärmebehandlung, hier tempern.
Stoffeigenschaft ändernde Arbeiten des Kfz-Mechanikers? Einbrennen von Lackierungen, beim Schweißen unabsichtlich Stoffeigenschaft geänderte Teile am Kfz: Nocken, Lager, Ventil Sitzringe, Zahnräder usw. Praktisch alle Metallteile erst durch unerwünschte, dann durch neutralisierende Wärmebehandlungen oder Kaltumformen (Verdichten).
Ist das Auto jetzt komplett? Zusammenbauen = Fügen

Fügende Arbeiten des Kfz-Mechanikers? Schrauben, Schweißen, Stecken, Clippen,
Man kann noch gar nicht erkennen, dass es ein Ferrari ist.
Impuls für Spachteln und Verzinnen: vor einer Reparaturlackierung

1BFM / BVJ

1) 6 Hauptgruppen drillmäßig wiederholen; Verfahren zu den Hauptgruppen; in welche Hauptgruppe gehören die Verfahren: Einbrennen, Lötten, Spachteln, Verzinnen, Kabelschuh einstecken, Türverkleidung herausnehmen und wieder einsetzen, Ventile einschleifen, usw.

2) Logitech: a) Haus: Wir kommen aus dem Haus, es gießt: Urformen; b) Garage: Nachbar holt sein Auto aus der Garage: Trennen; c) Zaun: Muss jährlich gestrichen werden: Beschichten; d) Dahinter ein Baum: Man muss die Äste herunterbiegen, um an die Kirschen zu kommen: Umformen; e) Kreuzung: Zwei Auto stoßen zusammen: Fügen; f) Schule: Dumm hinein, schlau heraus: Stoffeigenschaft ändern

Einteilung der Fertigungsverfahren

Englische Begriffe für die Fertigungsverfahren
Youtube-Videos finden und
... auflisten (URL; Titel)
Gruppenarbeiten mit Smartphones

GA Bleistiftspitzer

Gehäuse:

- Rundmaterial aus Mg
- Erhitzen und Strangpressen ergibt Stange mit Profil des Gehäuses und Riffelung im Griff
- auf Länge sägen (Kreissäge)
- Prägungen auf dem Gehäuse können beim Einklemmen für die folgenden Schritte erfolgen
- kegelige Bohrung für den Bleistift
- zylindrische Bohrung für die Bleistiftspitze
- Tasche für die Schneide fräsen
- Gewinde vorbohren
- Gewindebohren

Schneide

- aufgewickelte Stahlband
- Stanzen (1. Durchgangsbohrung; 2. Kontur)
- Schneide schleifen
- Schneide härten (möglich, nicht wahrscheinlich)

Montage

- Teile zusammensetzen
- Schraube einschrauben

Arbeitsplanung

Arbeitsplan für TG-Zug erstellen

Vertiefung

Hausaufgabe

Fertigungsverfahren_Einteilung_AB

- 1 Finden Sie für jedes Gruppe der Fertigungsverfahren ein Teil, das so gefertigt wird.

Einfacher Bleistiftspitzer aus Metall

2016 hatten ca. 40% der Schüler einen solchen Spitzer; dabei eingerechnet sind auch Modelle mit zusätzlichen Kunststoffgehäusen.

- 1 Überlegen Sie, wie der Bleistiftspitzer gefertigt wird.
- 2 Betrachten Sie das Gehäuse aus Mg und die Schneide aus St erst als Einzelteile. Gehen Sie von Halbzeug aus, das Sie im TabB finden, wobei die genaue Größe und der Werkstoff keine Rolle spielt.
- 3 Berücksichtigen Sie auch die Montage der Teile, die Herstellung der Schraube ist nicht Teil der Aufgabe.
- 4 Benennen Sie jeden Fertigungsschritt und skizzieren Sie jedes Zwischenprodukt.

Vertiefung

Bleistiftspitzer (Maus)

Ft_TA_00_Fertigungsverfahren.odt

FO Grundplatte des TG-Zuges

- 1) Wie wird die Grundplatte hergestellt (Einzelteilfertigung unter Schulbedingungen)

AB Arbeitsplan

AB Einzelteile des DLM

Benennung, Zeichnungsnummer, Werkstoff → Zeichnung

Halbzeug → TabB „Flachstahl“

Kernlochbohrer → TabB „Gewinde „ M4

- 2) Selbst konstruierte Teile des TG-Zuges
- 3) Jeder erstellt alle Arbeitspläne für seine Einzelteile des TG-Zuges
- 4) und trägt die benötigte Zeit ein → wird im Teilfach Management benötigt

TZ_TA_Arbeitsplanung.odt

Visualisierung

Produkte

Aluminiumleitern

Aluminiumleitern – So wird's gemacht (04'59")

Schmelzöfen – Legieren – Rundprofil gießen – Sägen – Profil Extrudieren – Richten – Nieten – Aufkleber – Montage – Pressen

Akkumulator

Batterien und Akkus – So wird's gemacht (04'36")

Tiefziehen (Rohlinge mit fortschreitendem Ziehen) Pulver pressen – Falz formen – Schneiden – kleben – Füllen mit elektrolyt – Löten – Bördeln – Etiketten aufschrupfen

(Amphibienfahrzeuge)

Amphibienfahrzeuge – So wird's gemacht (04'59")

Schweißen – Pressen – WIG-Schweißen – Füllen mit Fett – Rostschutz beschichten – Zahnrad fräsen – Getriebe schalten – Variomatic – Schrauben – Polyethylen – Vakuumpresse – Ketten Nieten

Anstecknadeln

Anstecknadeln – So wird's gemacht (04'38")

Kupiersäge – Kleben – Schneiden – Stoffeigenschaften ändern (Lösemittel, Vulkanisieren) – Gießtrichter schneiden – Messingstift stecken – Schleuderguss – Füllen – Polieren mit Steinen (Bezeichnung) – Galvanisieren – Füllen mit Farbe – Tampondruck

Bleiakku

Akku Blei – So wird's gemacht (05'00")

Blei schmelzen und gießen – Füllen – Stecken -

Bleistiftspitzer

Bleistiftspitzer – Maus (05'14")

Extrudieren – auf Länge sägen – Bohren – Schlitz fräsen – Gewindebohren – Klingen aus Bandstahl stanzen – Klingen schleifen – Schrauben sortieren - Verschrauben

Bohrer

Bohrer – So wird's gemacht

4;58": Stabmaterial – Zentrierbohren Runddrehen – Fräsen – Bohren – Einstechen – Innendrehen Schleifen

(Damaszenerklinge)

0'0":

Dosen

Dosen Getränke – So wird's gemacht

4'45": Alu-Coil → Ronde stanzen – Becher formen – Tiefziehen kaum zu sehen – Oberfläche ätzen – Reinigen – Spülen – Trocknen – Bedrucken – Lackieren – Beschichten – Bördeln kaum zu sehen

Druckknopf

Druckknopf – So wird's gemacht (08'14")

Messingband – Stanzumformen – Schmelzen – Brammen gießen – Walzen bis 0,3 mm – Streifen schneiden – Nieten in Ausrichtung sortieren – Transmissionsantrieb – Lackieren – Draht biegen

Eisenbahnschienen

0'0":

Federn

Federn – So wird's gemacht (05'00")

Biegeautomaten – Steuerung durch Nocken

Funkenerosion !

0'0":

Kette Rundstahl

0'0":

Kolben!

0'0": Gravieren, Schleifen

Generatorwelle!

0'0":

Spritzgussform

0'0":

Fertigungsverfahren

Umformen

Walzen

Aluminiumfolie – So wird's gemacht (04'48")

Eisenbahnschienen – Maus (06'32")

Stahlstäbe – Erhitzen im Ofen – Entzundern mit Wasserstrahl – mehrstufiges Walzen – Richten

Biegeautomaten

Federn – So wird's gemacht (05'00")

Flüssiggasflaschen

Umformen: Schmieden

Freiformschmieden:

Schmieden klassisch – Maus (06'01")

Dampfhämmer – Krupp um 1900 nach ZDF (0'11")

Damaszener Klingen – Galileo 2006 (08'51")

Brennschneiden – Schmiedehammer – Feuerschweißen – Umformen – Schleifen – Ätzen – Härten (schlecht bis falsch erklärt)

Schmieden Generatorwelle – Maus (11'18")

Schmiedestahl – So wird's gemacht (04'29")

Gesenkschmieden

Funkenersoison - FWU

Trennen

Drehen

Drehen - GS Achern (14:37")

Stanzen

Druckknopf - Galileo (08:14")

Vorgehen

Gießen

Hand- und Maschinenformen

Fein- und Druckgießen

Motorblock

Gullydeckel

Schmieden

Schmieden Klassisch

Dampfhämmer

Funkenerosion im Film Gesenkschmieden

Sintern

Spanen

Fräsen bibb 1982

Schneidstoffe

Schiffsdiesel

Drehen GS Achern

TA Meißel

Spanentstehung

Allgemein

Lokomotivfertigung Krauss-Maffei 1920er

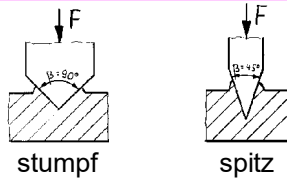
Seitenumbruch

Wasserhahn: Zwei Filme mit der Maus zeigen die Entwicklung der Fertigungstechnik

Ft_TA_Visualisierung.odt

Youtube-Videos finden und listen! Als HA vergeben?

Schneidkeil



AM Plastilin, verschiedene Keile
Grundform der Schneiden = Keile

- 1) Welche Schneide übt den größeren Druck aus?
- 2) Welche Folge hat der Druck für den Werkstoff?
- 3) Bei welchem Keil muss der Werkstoff weiter fließen?
- 4) Welche andere Wirkung, die wir vom Holz spalten kennen, ist größer?

Wirkung des Keilwinkel β
im Werkstück (Blech)

Druck \Rightarrow Werkstofffließen	-	<	+
nötige Verformung	-	>	+
Spaltwirkung	-	<	+

in der Schneide (Keil)

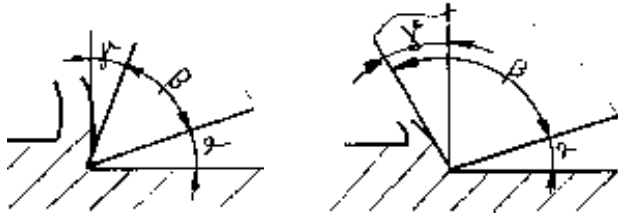
Festigkeit	+	>	-
Wärmeableitung	+	>	-
Schneidentemperatur	+	<	-
Verschleiß	+	<	-

Wahl des Keilwinkels:

- Spitzer Keil wenn möglich (weiche Wkstf), stumpfer Keil wenn nötig (harte, zähe W.)
- Weiche Werkstoffe erlauben kleine Keilwinkel, harte Werkstoffe erfordern große Keilwinkel

Winkel und Flächen am Schneidkeil

z.B. Sägezahn z.B. Drehmeißel für Hartguss



$\alpha = \text{Freiwinkel} > 0^\circ$

klein: Reibung, Temperatur und Verschleiß; groß: schwacher Keilwinkel, Punktlast an der Schneide: großer Verschleiß. 3° bei Harten und 12° bei zähen Werkstoffen (federn hinter der Hauptschneide zurück).

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

Die Summe von Frei-, Keil- und Spanwinkel beträgt 90° .

Winkel und Flächen am Drehmeißel

Trennwirkung durch

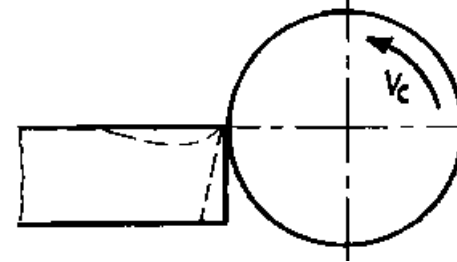
Druck des Schneidkeils staucht das Werkstück \Rightarrow Werkstoff fließt
 \Rightarrow Werkstück reißt bevorzugt im Bereich der Stauchung (höchster Druck); an den Korngrenzen (schwächste Stelle) oder vor der Spitze des Schneidkeils (größte Kräfte)

- 5) Ültg: der spitze Keilwinkel scheint ideal, warum wendet man ihn nicht immer an?

FO Keilwinkel beim Spanen für verschiedene Stoffe

Keilwinkel muss aus Spanwinkel und Freiwinkel ausgerechnet werden.
Andere mögliche Formulierung: so spitz wie möglich (weiche Werkstoffe), so stumpf wie nötig (harte Werkstoffe).
Wdhg: 3 verschiedene Werkstoffe und Bilder von 3 verschiedenen Keilwinkeln zuordnen lassen.

Ein: AM Pappmodell von Drehmeißel und Werkstück an die Tafel kleben:



Der Meißel bewegt sich ja gar nicht - v_c am Werkstück andeuten.

An der Freifläche reiben Werkzeug und -stück - Freifläche aufklappen

Wie kann der Schnitt erleichtert werden - Spanfläche aufklappen.

z.B. Schaber für Öltaschen und tragende Oberflächen haben $\beta < 0$.

$\beta = \text{Keilwinkel} > 0^\circ$

klein: bessere Schneidwirkung (s.u.), aber geringere Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit

FO Keilwinkel beim Spanen

EuroTabM39 S246 „Drehen, Richtwerte

γ kann kleiner als Null werden. Schnittwinkel $\delta = \alpha + \beta$

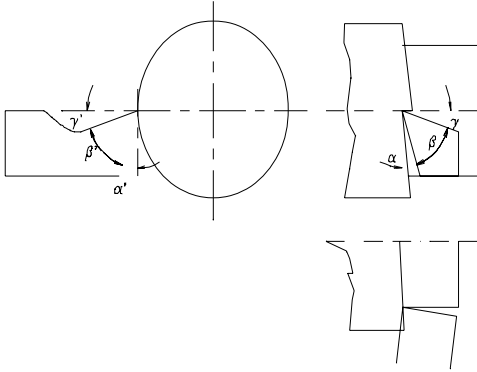
Wdhg: Bilder mit verschiedenen Bezeichnungen der Winkel.

TG: ab hier überspringen und direkt zum Drehen

- 6 Wie wird die Außenfläche bearbeitet?

AM Kolben mit Kolbenbolzen und Pleuel

FO entwickeln



AM Holzmodell

gegen VA eines Drehwerkstückes halten. TA offline!: 3-Tafel-Projektion in der Folge VA, SR und DA entwickeln, um Ansichten zu üben. Konturen zunächst dünn weiß zeichnen, entwickelte Formen am Holzmodell zeigen und in korrespondierenden Farben als Volllinie zeichnen.

- Wo werden die (meisten) Späneabgenommen - (Haupt-)Schneide in Vorschubrichtung
 - Spanquerschnitt in DA zeigen - (Neben-)schneide, bearbeitet die Oberfläche
 - Wo ist die Hauptschneide in den anderen Ansichten? Wie groß soll α sein, wie groß ist es hier? - Hauptfreifläche und -winkel freilegen und zeigen;
 - Wie groß soll γ für kleine Schnittkraft sein, wie groß ist er - Hauptspanfläche und - \angle zeigen
 - Wo ist die Nebenschneide und "Nebenspan"fläche? - Nebenfreifläche und -winkel zeigen
 - Wo sind Haupt- und Nebenkeilwinkel
 - Kann eine Ecke vollkommen spitz sein: nein - Also muss man eine (genormte) Eckenrundung r angeben: je größer, desto besser Oberflächengüte und desto fester.
 - Vorteile großer Keilwinkel: Festigkeit - Modelle mit verschiedenen ϵ und gleichen β - Warum haben diese Meißel nicht die gleiche Festigkeit - Eckenwinkel ϵ zwischen Haupt- und Nebenschneide, je größer, desto stabiler
- AB, damit die Schüler den TA nicht abschreiben müssen

AB Begriffe am Schneidteil eines Werkzeuges

Ft_TA_32_Schneidkeil.odt
Seitenumbruch

Spanentstehung

FO Spanentstehung , FO Gefüge in der Scherzone (Drehen)

Durch den eindringenden Keil wird der Werkstoff vor der Spanfläche gestaucht, getrennt und fließt als Span ab.

Spanarten

Bilder

Entstehung

Span

Video Spanentstehung ca. 13'

Vorbereitung: Wdhg metallisches Gefüge = Korn + Korngrenzen

Kurzbeschreibung: Zeigt Spanvorgänge beim Drehen unter dem Mikroskop. Sehr anschaulich für Verständnis der Vorgänge beim Spannen.

Begriffe: Spanwinkel, Aufbauschneide, Fließspan, Reißspan, Scherspan, Korn, Spanfläche.

Nachbesprechung

Spanwinkel ist nur ein Einfluss, aber man kann die anderen oft nicht beeinflussen

Fließspan bei großem Spanwinkel und weichem Werkstoff

Reißspan bei kleinem (negativen) Spanwinkel und hartem Werkstoff

Scherspan ist Mittelding und erwünscht

Zusätzliche neue Begriffe

Aufbauschneide entsteht, wenn sich Werkstoffteile vor der Schneide ablagern. Besondere Beanspruchung der Schneide, da die Aufbauschneide zunächst mit der wirklichen Schneide verschleißt, später abreißt und Material der Schneide herausreißen kann.

Korngefüge des Werkstoffes und Einfluss auf Spanvorgang.

Ursachen

Werkstoff

Spanwinkel γ

Schnittg. v_c , Vorschub f

Wirkungen

Oberfläche

Maßhaltigkeit

Schnittkraft

Reißspan

kaum Umformung in Scherzone, Werkstoff wird herausgerissen \Rightarrow

nicht zusammenhängend

TG: nur Video und Vertiefung, Rest zur Info

Ein Wie nimmt der Meißel den Span ab ?

\Rightarrow EuroM52 S.96 „Spanbildung, -formen“

Scherspan

schuppenförmiges Abscheren der Spanteile und z.T. Verschweißen

Übergang zum Fließspan

0025 Spanentstehung; Einleitung; Versuchsaufbau; Mikroskop, Vorgänge beim Spanen

0060 Spanvorgänge unter Mikroskop: **Bildbreite, Korngefüge**

0080 **Fließspan**: entsteht **ohne große Rissbildung** vor dem Keil wegen örtlicher großer Spannung. Es entstehen wenige kleine Risse auf der Unterseite und wird **durch große Spanwinkel und plastische Verformbarkeit begünstigt**.

0106 **Spanwinkel >0** : kaum Scherrisse

0120 **Spanwinkel =0** : mehr Stauchung, mehr Scherung, mehr Scherrisse

0146 **Spanwinkel <0** : viel mehr Verformung, viel mehr Scherrisse; Werkstückoberfläche teils verdichtet; große Beanspruchung der Spanfläche; **Materialablagerung an der Schneide = Aufbauschneide**; Scherrisse an der Spanunterseite, beinahe Scherspan

0169 **Scherspan** : unveränderte Bedingung, aber **größere Schnitttiefe**; Haften an Spanfläche, Stauchen, Reißen

0192 **abgerundete Spitze** : **Übergang von Frei- zu Spanfläche**; **Man kann sehen, bei welchem Spanwinkel was auftritt**; **sehr negativer Spanwinkel**: Schaben

0262 **Fließ- und Scherspan**: **wechselndes Verhalten je nach Korngröße**

0294 **Reißspan** : **spröder Werkstoff (grobes Korn)**, **kaum plastische Verformung**, schlechte Oberfläche durch Herausreißen

0365 abgerundete Oberfläche, geringen Schnitttiefe; zunächst Verdichtung, dann je größer der Spanwinkel, desto typischer die Rissbildung

Scherwinkel $\Phi \approx 19$

spröde mit grobem, heterogenem Gefüge

klein

kleines v_c , großes f

Zerspanung schwingungsarm

Scherwinkel $\Phi \approx 32$

zäh, verformbar mit gleichmäßigem Gefüge

groß

großes v_c , kleines f

glatt

gut

ruhigeres Arbeiten der Werkzeuge

\Rightarrow erwünscht wg. guter Oberfläche

\Rightarrow lange Fließspäne stören Arbeitsablauf

Spanleitstufe

Ültg: Wie kann die Spanform vom Werkzeug beeinflusst werden

beeinflusst Spanformen = vereinigt beide Vorteile

Fließspäne werden nachträglich gebrochen

\Rightarrow z.B. kurze Wendelspäne

\Rightarrow gute Oberfläche, ungestörte Arbeit

Spanformen

Einflüsse: v_c , f , h ↓ : Spanlänge ↑; χ ↓ : breitere, dünnere, längere Späne; λ ↓ : Späne laufen gegen Werkstück und können brechen.

Aufbauschneide

Werkstoff lagert sich vor der Schneide ab

Ursache

kleine oder negative Spanwinkel, niedrige v_c , zähe Werkstoffe, Verwandtschaft zum Schneidwerkstoff

Folgen

Änderung der Schneidengeometrie \Rightarrow Verschlechterung von Maßhaltigkeit und Oberfläche, Verschleiß.

Vertiefung

Ültg: Neben den Spanarten unterscheidet man auch Spanformen.

EuroM52 S96 „Spanformen“

Band-, Wirr-, Wendel-, Spiralspäne: nach Eignung für die Handhabung (Spanabfuhr Entsorgung)

Einflüsse: Reichard10 S.99ff

Wenn nicht schon bei Werkzeugverschleiß

Ültg: aus dem Video heraus

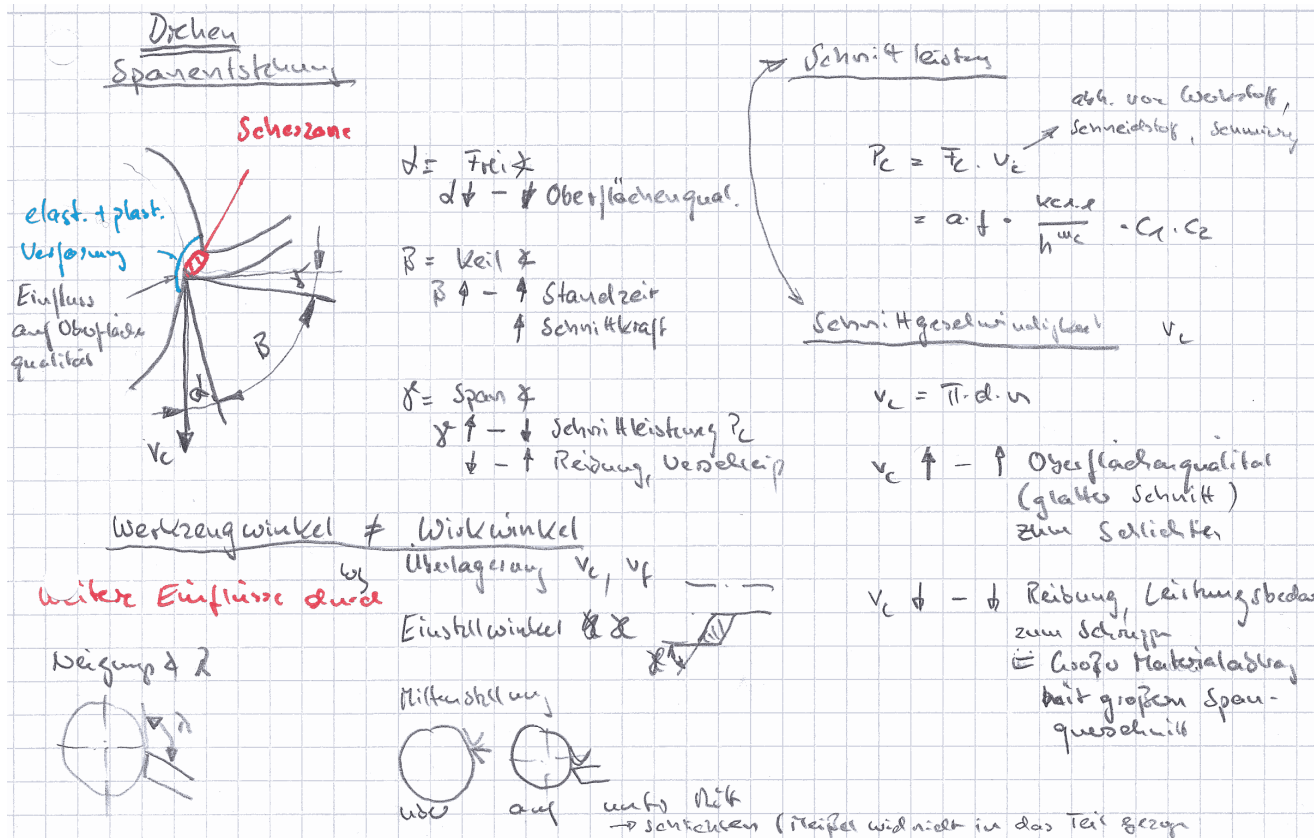
Ab einer werkstoff- und werkzeugabhängigen Grenzgeschwindigkeit nimmt die Bildung der Aufbauschneide ab, aber bei sehr zähen Werkstoffen (z.B. Cu, Al99, Zn-Legierungen) kann die Geschwindigkeit nicht erreicht werden. Verwandtschaft der Werkstoffe liegt z.B. bei Al und Al_2O_3 vor.

Verschweißen und Losreißen von Teilchen \Rightarrow Verschleiß

[EuroTabM46] S.300 Spanbruchdiagramm

Drehen
AB entwerfen

- 1) Wie entsteht ein Span? Wie schneidet der Meißel durch Metall? Betrachtung am Beispiel Drehen, weil es leichter darstellbar ist.
 AM Drehteil, z.B. Kolbenbolzen, Drehmeißel, Späne
- 2) TA Drehteil, Meißel, Span. Winkel? → α, β, γ eintragen
- 3) Was passiert im Werkstück bei der Spanbildung?
 Kraft von der Spanfläche auf den Span
 → Span gleitet über Spanfläche → Reibung, Wärme, Umformung im Span, Scherung
 → Spankräfte bewirken elastische + plastische Verformung um die Scherzone herum → Rückfederung der elast. Vfg. bewirkt Reibung an der freifläche → γ darf nicht zu klein sein.
 → Keilwirkung = voreilender Riss → Meißelspitze wird nicht unmittelbar belastet
 Video Spanbildung beim Drehen
- 4) Welche Wirkungen haben α, β, γ ? TA ergänzen.



- 1) Welche Einflüsse haben
 TA Wirkwinkel: Neigungswinkel, Mittenstellung, Einstellwinkelwinkel, v_c v_f
- 2) TA Wirkwinkel

- 1) Woher kommt die Schnittbewegung? Was stellt man an der Maschine ein? n
- 2) Was braucht der Meißel? v_c
- 3) Wie werden die Größen umgerechnet?

Spanungsgrößen

AB Spanungsgrößen beim Drehen
 AB Spanungsgrößen beim Fräsen

Einflüsse auf die Standzeit

AB [Sandvik 1998] S.8

Vertiefung

Überleitung

1) *Wdhg von der Kurbelwelle: Wie groß ist die Schnittleistung?*

[AB Schnittkräfte](#)

Spanungsgrößen beim Fräsen

Vergleich Gleichlauf–Gegenlaufräsen

CNC-Koordinaten ermitteln

Koordinatenberechnung (Pythagoras,

Zur Übung: AB Kontrollmaßberechnung

Ft_TA_32_Drehen.odt
Seitenumbruch

Schnittkraft beim Fräsen

Schnittdaten

Werte → TabB "Schnittdaten Fräsen" (I)

- v_c Schnittgeschwindigkeit
- f_z Vorschub je Zahn
- a_p max. Schnitttiefe

sind abhängig von

- Schneidstoff (HM, HSS)
- Werkstoff
- Schruppen / Schlichten bzw. Grob- /Feinbearbeitung

Einstellwerte

Formeln → TabB (II, III)

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} \quad (\text{Drehzahl})$$

$$V_f = f_z \cdot z \cdot n \quad (\text{Vorschubgeschwindigkeit})$$

Schnittkraft

Formeln → TabB (II)

$$F_C = 1,2 \cdot A \cdot k_C \cdot C$$

- Korrekturfaktor 1,2 für Fräsen
- Spanungsquerschnitt $A = a_p \cdot f_z$
- spez. Schnittkraft k_C → TabB (II), hängt ab von:
 - Werkstoff
 - Spanungsdicke $h = f_z \cdot \sin \kappa$ bzw. $h \approx f_z$ für $d = 1,2 \dots 1,6 \cdot a_e$ (Bild → II)
- Korrekturfaktor C für Schnittgeschwindigkeit v_c

Schnittleistung

Schnittleistung P_C

- $P_C = z_e \cdot F_C \cdot v_c$
 - Korrekturfaktor 1,2 für Fräsen
 - Anzahl Schneiden im Eingriff z_e → TabB II
- Antriebsleistung P_{Mot}
berücksichtigt Verluste in der Maschine

$$P_M = \frac{P_C}{\eta}$$

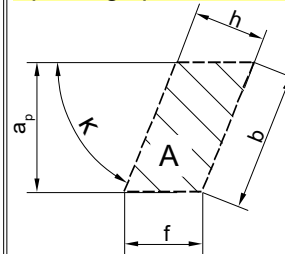
- η Wirkungsgrad der Fräsmaschine
= wichtigste Kenngröße des Ingenieurs

Fräsen_AB_TG-Zug

1) Schaftfräser Ø14 HSS in Al, $z = 6$, Schruppen. Ges.: Schnittdaten, Schnittkraft, Schnittleistung

Fundstellen		[Euro-TabM46]			
I "Schnittdaten, Fräsen"					
II "Schnittkraft, Stirnfräsen"					
III "Drehzahldiagramm"					

Spanungsquerschnitt

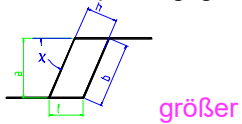


Ft_TA_39_Schnittkraftberechnung.odt

Schnittkraftberechnung

(typische Ingenieurslösung)

Span- und Spanungsgrößen



Die grünen Angaben a und f sind Spangrößen, die Blauen sind Spanungsgrößen.

Grundformel

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = h \cdot b \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = f \cdot a \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2$$

F_c Schnittkraft [N]

A Spanungsquerschnitt [mm]

k_c spezifische Schnittkraft [N/mm²]

– spezifisch = bezogen auf die Spanfläche

– ≠ const, hängt von vielen Faktoren ab

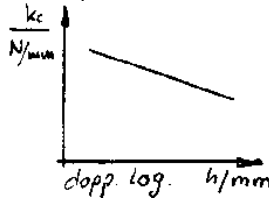
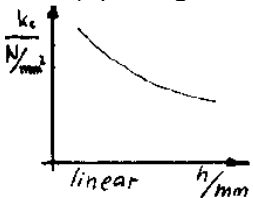
– wird in Versuchen ermittelt

Zerspanungsgesetz

1) $F_c \approx b$ (proportional der Eingriffslänge der Hauptschneide)

⇒ k_c ist unabhängig von b

2) $k_c = f$ (Spanungsdicke h, Werkstoff).



Ermittlung der spezifischen Schnittkraft k_c

– aus Tabellen

– Zwischenwerte interpolieren

oder:

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \quad \text{für Zwischenwerte}$$

– $k_{c1.1}$ Hauptwert der spezifischen Schnittkraft [N/mm²]

– h Spanungsdicke in mm []

– m_c Werkstoffkonstante []

Korrekturfaktoren

C_1 für den Schneidstoff

C_2 für den Schneidverschleißstoff

AB Übungsaufgaben zu Schnittkraft- und Leistung

Video Vorgänge beim Spanen

1) *Ein Aufgabe 1a*

Eine Welle aus 20MnCr5 soll mit einer Spanungsdicke von $h=0,2\text{mm}$ und einer Spanungsbreite $b=0,5\text{mm}$ überdreht werden. Wie groß ist die Schnittkraft F_c ?

2) *Entnehmen Sie den Lösungsweg aus dem Tabellenbuch*

[EuroTabM] „Schnittkraft, Drehen“

Genauere Berechnung "Scherfläche x Scherfestigkeit + Umformkraft + Reibungsverluste = Schnittkraft" ist in der Praxis schwierig weil die Umformung vom Scherwinkel ϕ und die Scherfestigkeit von Kühlung und v_c abhängen und die Reibungsverluste nicht genau bekannt sind. Deshalb löst man solche Aufgaben typisch für Ingenieure mit Näherungsformeln und Tabellenwerten.

3) *Vorgänge bei der Spanenstehung*

FO Zerspanvorgang

Der Zusammenhang zwischen A, h, b, f, und a ergibt sich aus der Geometrie

AB Spanungsgrößen beim Längsdrehen

Immer mit Einheiten rechnen!

Als Konstrukteur wäre euch das egal, aber als TG'ler interessiert euch natürlich brennend

4) *Einflussfaktoren auf die (spezifische) Schnittkraft und ihre Auswirkungen auf die Berechnung (im Detail siehe Reichard)*

- Die Scherkraft ist proportional zur Scherfläche, diese steckt im Spanungsquerschnitt A
- Durch die Spanungsbreite b verändert sich der Spanvorgang nicht, außer dass die doppelte Spanungsbreite b auch die doppelte Schnittkraft benötigt. Die Schnittkraft ist also proportional zu b, das ist in der Formel mit dem Spanungsquerschnitt berücksichtigt.
- Der Umformgrad hängt vom Scherwinkel ϕ und vom Werkstoff ab. Der Scherwinkel hängt wiederum von der Spanungsdicke h und dem Werkstoff ab. Die spezifische Schnittkraft hängt also von der Spanungsdicke h und dem Werkstoff ab.
- Mit steigender Spanungsdicke h wird der Span immer weniger umgeformt, d.h. doppelte Spanungsdicke h bzw. doppelte Spanmenge benötigt nicht mehr doppelte Schnittkraft. Die spezifische Schnittkraft k_c sinkt mit der Spanungsdicke h.

Einheiten:

Viele ingenieurstypische Formeln werden ohne Einheit gerechnet, entweder weil der Umrechnungsfaktor in der Formel enthalten ist oder weil die Einheit keinen Sinn ergäbe (wie hier mit mm^{m}). Obwohl die Einheit scheinbar vernachlässigt wird, muss sie hier noch viel stärker beachtet werden, weil in der „richtigen“ (nicht cm statt mm) Einheit eingesetzt werden muss. In „normalen“ Gleichungen ist dies nicht notwendig, weil man die Einheit noch umrechnen kann, hier dient das Rechnen mit Einheiten der Kontrolle des Rechenweges.

[EuroTabM] „Schnittkraft, spezifische“

Lsg Aufgabe 1a

$$F_c = h \cdot b \cdot k_c = 0,2\text{mm} \cdot 0,5\text{mm} \cdot 2225 \text{ N/mm}^2 = 222,5 \text{ N} \text{ oder}$$

$$F_c = h \cdot b \cdot k_{c1.1} / h^{m_c} = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 1465 \text{ N} / 0,2^{0,26} = 222 \text{ N/mm}^2$$

Die Korrekturfaktoren wechseln gelegentlich in den TabB
 [EuroTabM46] S.319 „Drehen, Schnittkraft und Schnittleistung“
 [EuroTabM46] S.329 „Fräsen, Schnittkraft und Schnittleistung“
 [EuroTabM46] S.335 „Bohren, Schnittkraft und Schnittleistung“

Ingenieurwissenschaften

verfolgen zuallererst brauchbare Lösungen

Vertiefung

AB Übungsaufgaben zu Schnittkraft und -leistung

Zum Verständnis der Ingenieurwissenschaften:

Technische Probleme sollen mit vertretbarem Aufwand gelöst werden und können nicht wie in der Physik von der realen Umwelt getrennt werden. Die zugrundeliegenden Zusammenhänge sind meist so komplex, dass sie mathematisch gar nicht gelöst werden können.

Man versucht deshalb, die Lösung technischer Probleme in möglichst einfach handhabbaren Formeln, Diagrammen oder Tabellen nieder zu legen. Ggf. notwendige Kennwerte werden in standardisierten Versuchen ermittelt, Abweichungen vom vorgegebenen Parametern in Korrekturfaktoren eingebracht. Sollten die Zusammenhänge selbst dafür zu komplex werden, werden Sicherheitsfaktoren eingeführt.

Alle Angaben stammen dann entweder aus Versuchen oder aus Erfahrungswerten, mathematische Lösungsanteile stammen meist von Ingenieuren. Die Beiträge der Mathematiker oder Physiker hinken oft um Jahrhunderte hinterher (z.B. Festkörperphysik oder Statik von Kathedralen), moderne numerische Verfahren (FE?) stammen häufig von Ingenieuren.

Ingenieurlösungen sind nicht exakt im physikalisch-mathematischen Sinne, aber brauchbar.

Wenn große Sicherheitsfaktoren nicht möglich sind (z.B. im Flugzeugbau), muss großer Aufwand in Forschung vorher und Wartung nachher betrieben werden.

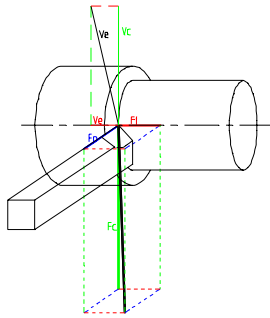
Programmablaufplan gemäß Handskizze

Seitenumbruch

Schnittkräfte beim Drehen

Zur Verdeutlichung der 6 Freiheiten dient ein Flugzeug, das Bewegungen in 6 Richtungen ausführen kann.

FO Flugzeug



$$\begin{aligned}
 & F_c \text{ Schnittkraft} \\
 + & F_f \text{ Vorschubkraft} \\
 + & F_p \text{ Passivkraft} \\
 = & F \text{ Zerspankraft}
 \end{aligned}$$

vektorielle Addition (Parallelogramm)!

1) Wdh.:

AB Spanungsgrößen beim Drehen

2) Welche Kräfte und Bewegungen muss die Meißelspitze übertragen?

AB Einstellungen und Schnittkraft beim drehen

} **Aktivkraft, bestimmt die Maschinenleistung**

Passivkraft, auch Rückkraft, bewirkt Reibung und Verformung von Werkstück und Maschine (lange Werkstücke werden ballig).

$$\begin{aligned}
 & v_c \text{ Schnittgeschwindigkeit} \\
 + & v_f \text{ Vorschubgeschwindigkeit} \\
 + & v_e \text{ gibt's nicht} \\
 = & v_w \text{ Wirkgeschwindigkeit}
 \end{aligned}$$

Vorschubbewegung ermöglicht zusammen mit der Schnittbewegung eine stetige oder mehrmalige Spanabnahme während mehrerer Umdrehungen. Statt Umdrehung sind auch Hübe möglich (Hobeln, Stoßen). Zustellbewegung bestimmt die Dicke der jeweiligen Schicht im Voraus. Nachstellbewegung gleicht Werkzeugverschleiß, thermische Längenänderungen usw. aus. Anstellbewegung führt das Werkzeug an das Werkstück heran.

Einfluss der Einstellungen

Einstellwinkel χ

zwischen Hauptschneide und Werkstückachse

Bestimmt die Verteilung zwischen F_f und F_p .

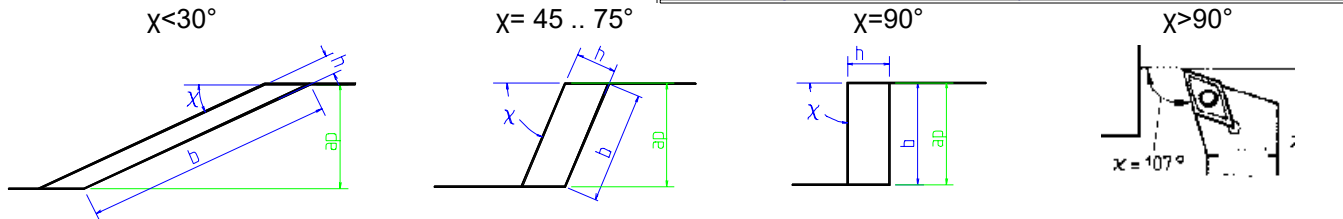
Ültg: Wie die Kräfte und Geschwindigkeiten verändern sich auch die Winkel am Meißel im Einsatz. Während die Werkzeugwinkel am ruhenden Werkzeug betrachtet werden, hängen die Wirkwinkel von den verschiedenen Einstellungen ab.

Vergleiche Flugzeug: Gieren

FO Einfluss des Einstellwinkels χ auf Passiv- und Vorschubkraft

Kräfteverteilung Schroedel S65

FO zweckmäßige Wahl des Einstellwinkels Zerspantechnik S.8



große Spanungsbreite
 => geringe spezifische Schneidenbelastung
 => harte Werkstoffe
 Schälspan
 => gute Oberfläche, => Schlichten.

Kompromiss zwischen Schneidenbelastung und Kräften
 => Schruppen

geringe Passivkraft
 => schlanke, schwingungsfähige Werkstücke und
 => zum Schlichten.

Formdrehen, Freistiche usw.
 Spitze ist bruchgefährdet.

große Passiv-(Rück-)Kräfte

Die Spanungsbreite nimmt zu, d.h. ein längerer Teil der Schneide ist im Einsatz und die spezifische Schneidenbelastung nimmt ab. Kräfte werden senkrecht zur Oberfläche übertragen. Um die Vorschubkraft zu erzeugen, muss man radiale Kräfte aufbringen. Diese kosten zwar keine Leistung, verformen aber Maschine und Werkstück.

Erklärung Schälspan

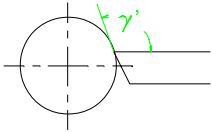
Große Passivkraft erzeugt ballige Körper, da das Werkstück weggedrückt wird, ohne dass das Werkzeug folgt.

Mittenstellung

Vergleiche Flugzeug: Steigen oder Sinken

FO Abhängigkeit der Wirkwinkel von der Lage des Werkzeuges

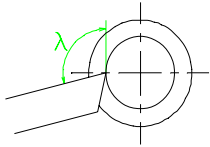
über Mitte



verringert Wirkspanwinkel
 ⇒ Schnittkraftverringering
 ⇒ Schruppen (gelegentlich)

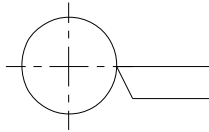
Neigungswinkel λ

$\lambda > 0$ (positiv)



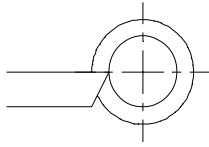
Span weg von der Oberfläche ab
 ⇒ Schlichten
 Spananschnitt an der Spitze
 ⇒ Verschleiß

auf Mitte

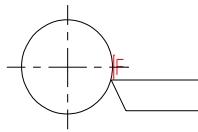


ist die Regel
 beim Formdrehen zwingend.

$\lambda = 0$



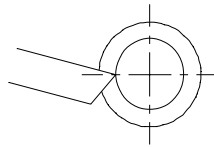
unter Mitte



Werkzeug wird weniger in das
 Werkstück gezogen
 ⇒ Schlichten (gelegentlich)

Vergleiche Flugzeug: Nicken
[FO Wirkungen des Neigungswinkels \$\lambda\$](#)

$\lambda < 0$ (negativ)



Span auf die Oberfläche
 ⇒ spanbrechend ⇒ Schruppen
 Spananschnitt an der Schneide
 ⇒ unterbrochener Schnitt

Wirkwinkel und Werkzeugwinkel sind unterschiedlich

Vgl. Wirkwinkel beim Drehen von Trapezgewinden, v_c und v_e sind unterschiedlich (wegen v_r)
 FO Werkzeugwinkel und Wirkwinkel

ziehender Schnitt ist negativ!
 Winkelkonvention wie beim Spanwinkel γ .

Fräsen

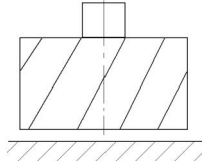
Definition und Verfahren

Vergleich der Planfräsverfahren

Werkzeuglage

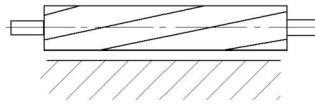
Stirn-Planfräsen

Fräserachse senkrecht ..



Umfangs-Planfräsen

... parallel zur Oberfläche



Skizze

FO Planfräsverfahren

Zeitspannungsvolumen

leichter zu wechseln
größer, da die kürzere Ein-
spannung größere Kräfte
erlaubt.

geringer

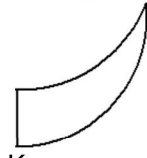
die größere Vorschübe beim Stirnplanfräsen
senken auch den Energiebedarf je Spa-
nungsvolumen

Spanbildung

gleichmäßig oder



ungleichmäßig



doppelter Kommaspan

Kommaspan

FO Stirnplanfräsen

Schneidenbeanspruchung

niedriger, wegen gleichmä-
ßiger Späne

höher durch schlagartigen
Ein- oder Austritt

Oberflächengüte

glatter, da
- gleichmäßige Belastung
- Schichten durch Neben-
schneide

rauer, da ungleichmäßige
Belastung
und wegen erschwerten Flusses des Kühl-
schmierstoffes

Stirn-Planfräsen meist besser als Umfangs-Planfräsen

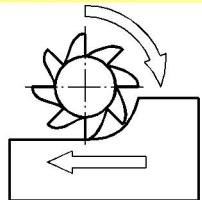
Ausnahmen: Scheibenfräser, gleichzeitiges Fräsen mehrerer Ebenen, Mischverfahren Stirn-
Umfangs-Planfräsen

**Durchmesser des Messer-
kopfes.**

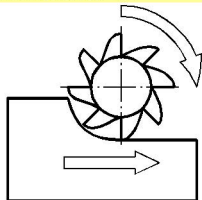
FO Umfangsplanfräsen

Drehrichtung beim Umfangs-Planfräsen

Gleichlaufräsen



Gegenlaufräsen



Bewegungsrichtung

Schneidenbewegung mit ...

... gegen Vorschubrichtung

Es gilt die Vorschubbewegung des Werkstü-
ckes

Schnittverlauf

schlagartiger Eintritt
geschnitten

schlagartiger Austritt
geschabt, gedrückt

Schaben erhöht Werkzeugverschleiß

Werkstückoberfläche wird

Einschnitt in die alte Oberfläche

Einschnitt in die neue Oberfläche

<u>Oberflächenqualität</u>	besser erkennbar am matten Glanz	schlechter
<u>Schnittkraft</u>	abnehmend	zunehmend
<u>Lastwechsel</u>	waagrecht: Werkstück wird geschoben → spielfreier Antrieb nötig (Kugelumlaufspindel)	senkrecht: Werkstück wird aus der Halterung gezogen → Rattermarken
<u>Sonstiges</u>	Werkstück wird nach unten gedrückt → dünne Bleche längere Standzeit bzw. höhere v_c und v_f möglich	Oberfläche wird von hinten durchgeschnitten → harte Oberflächen, z.B. Guss schabender Anschnitt → Freiflächenverschleiß → kürzere Standzeit
<p>Gleichlaufräsen ist besser als Gegenlaufräsen Ausnahmen: harte Oberflächen (z.B. Guss), alte Tische</p>		

AM Kugelumlaufspindel
FO Tischführung

Standzeit = Zeit im Eingriff bis zum Nachschleifen

Ft_TA_32_Fraesen.odt

Fräswerkzeuge

Fräserformen

Werkzeugtypen

Zahnformen

spitzgezahnt / hinterdreht

Zahnrichtung

wendelgezahnte Fräser

- + ruhiger Lauf, geringe Schnittkräfte
- + gute Spanabfuhr
- + Axialkräfte (aufs Spindellager richten)

kreuzgezahnt

- + Vorteile wie wendelgezahnt ohne Axialkraft
- nur für schmale Fräser

geradgezahnt

Schruppfräser

Zähne auf Lücke ⇒ kurze, dicker Späne

AB Fräswerkzeuge

Hinterdrehen von Formfräsern notwendig

Vgl. Bohrer: schwach gewendelte Bohrer sind ebenfalls Typ H. Der Typ W ist bei allen spanenden Werkzeugen am besten an den größeren Spanräumen zu erkennen.

[EuroTabM46] S.332 „Bohren, Schnittdaten“

FO Fräser verschiedener Typen

Hinterdrehte Fräser haben eine spiralförmige Freifläche, damit der Freiwinkel bei durch Nachschleifen verringertem Durchmesser konstant bleibt: konstanter Freiwinkel heißt aber auch, dass das Verhältnis Abnahme der Spanfläche zu Durchmesser verringert konstant bleibt, sodass das Fräserprofil erhalten bleibt, wenn der Spanwinkel korrekt eingehalten wird.

AM Fräser mit verschiedener Zahnrichtung

kombinierte Fräser möglichst gegenläufige wenden.

AM Schruppfräser

Ft_TA_32_Fraesen.odt

Seitenumbruch

Aufbau des 3D-Druckers

- 3 Achsen + Extruder
- Heizspulen, Temperatursensoren
- Endstopp als Referenzmarken
- Schrittmotoren (Stepper, ohne Lageregelung)
- Ansteuerung von Motoren und Heizung über RAMPS (Leistungselektronik)
- Steuerung über Arduino Mega (=Kleincomputer)
- Treiber übersetzt G-Befehle in Signale für Stepper
- erhält G-Befehle vom PC (SW: Replicator, Pronterface ..)
- Slicer erzeugt G-Befehle aus SLT-Datei (Einstellungen: Schichtdicke, Verfahrgeschwindigkeit, Support-Verfahren, Füllgrad von massiven Körpern ..)
- SLT-Datei von CAD-Programm (SW: Inventor), Scanner oder fertig aus Internet-Katalogen (Thingiverse.com...)

CAD: Anforderung an Konstruktionen für 3D-Druck

- druckt ab XY-Ebene in +z-Richtung (Achtung bei älteren Inventorversionen und Drehteilen)
- Überhänge mit $< 60^\circ$ zur Waagerechten müssen gestützt werden (→ Support)
 - Support macht Slicer, wenn es in den Einstellungen vorgegeben ist
 - Support muss manuell mühselig entfernt werden.
- massive Teile bekommen ca. 3 Außenschichten, innen wird nicht massiv gedruckt. Anzahl der Außenschichten, Füllgrad, Füllmuster kann man im Slicer einstellen.

Ziel:

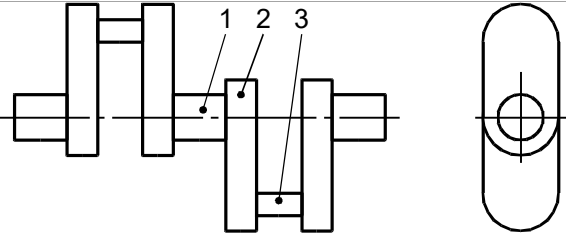
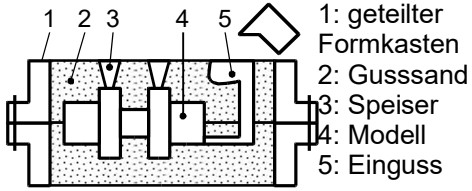
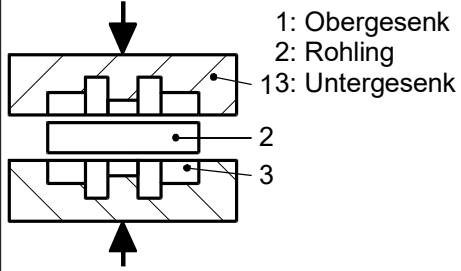
- Aufbau und Funktion kennenlernen
- Selbst drucken

Details: <https://ulrich-rapp.de/stoff/>.

Ablauf

- Drucker aufstellen und justieren
- Umbau ABS ↔ PLA
- Winkligkeit kontrollieren und korrigieren
- Teile konstruieren und drucken (TG-Zug, Schachspiel ..)
- Zeit organisieren :
 - Vormittags nur kurze Probedrucke
 - Größere Teile vormittags konstruieren, Druckplatte voll machen, über Nacht drucken

Ft_TA_1_3D-Drucker.odt
Seitenumbruch

Herstellung einer Kurbelwelle [EuroTabM], [EuroTabM46]		AM Kurbelwelle, Nockenwelle o.ä., Lempaket Verbrennungsmotor 1 Welche Funktion hat dieses Teil? 2 Wie kann man eine Kurbelwelle (Nockenwellen sind leichter) herstellen?	
		1: Kurbellager 2: Kurbelwange 3: Kurbelzapfen	
		Funktion / Anwendung Kurbeltrieb (Kw + Pleuel) wandelt oszillierende in drehende Bewegung Nockenwelle öffnet Ventile	
Herstellverfahren		Fügen ('gebaute' Kw)	
		Einzelteile: Wellenstücke, Kurbelwangen, Kurbelzapfen werden mit Schrauben gefügt. Geringe Festigkeit,	
		Nur für kleine (Moped) oder sehr große Motoren. Die größte Kw (gebaut?) MAN-2Takt-Schiffsdiesel 14K98MC7 mit 14 Zyl. 116kPS und 30 m Länge [mot 3/2011, S.8]	
Gießen		(Gesenk-)Schmieden	
Fertigung Prinzip 1) Welche Arbeitsschritte sind erforderlich? 2)		Trennen - Spanen	
Flüssiges Material wird in eine Negativform gegossen und erstarrt		Halbzeug wird durch Schläge im Gesenk (Negativform) umgeformt. Freiformschmieden mit Hämmern aller Größe (Hand- bis Dampfhammer) ist ungenauer, aber für Kleinserien zu bevorzugen	
Skizze - Modell/Gesenk sind größer als Fertigteil wegen Schwindmaß [EuroTabM] → Gießereitechnik -		Form wird durch Spanen herausgearbeitet	
			
Arbeitsschritte - Schmelztemperatur siehe EKD - Verlorene Modelle werden ausgeschmolzen und benötigen keine geteilte Form (Wachsausschmelzverfahren) - Große Teile (Kw für Schiffsmotoren) werden Freiformgeschmiedet		1: geteilter Formkasten 2: Gussand 3: Speiser 4: Modell 5: Einguss	
Nachbearbeitung		1: Obergesenk 2: Rohling 13: Untergesenk	
- Modell erstellen (Positiv) - Modell in Gießsand einformen (Negativ) - Modell ausformen (geteilte Form) - Gusseisen schmelzen ~ 1400°C - Mit flüss. Gusseisen ausgießen - Sandform zerstören		- Gesenk erstellen (negativ) - Rohling auf auf Rekristallisationstemperatur bringen ~1250°C - Rohling im Gesenk schmieden	
- Ausformen, entgraten, putzen - Speiser usw. entfernen - Funktionsflächen spanen (schlichten) - Wärmebehandlung		- Funktionsflächen spanen (schruppen)	
- Entgraten - Funktionsflächen spanen (schlichten) - Wärmebehandlung		- Funktionsflächen spanen (schlichten) - Wärmebehandlung Ft_TA_00_Kurbelwellen.odt	

Merkmale <i>Kw</i> <i>Klangprobe mit Nw aus GG und Ventil aus Stahl</i> <i>Schnittbilder schrauben</i>	<ul style="list-style-type: none"> – alle Formen möglich – preisgünstig – Vorteile des Gusseisens <ul style="list-style-type: none"> – schmierend – schwingungsdämpfend 	<ul style="list-style-type: none"> – hohe Festigkeit – Kaltverfestigung – Fasern nicht unterbrochen 	<ul style="list-style-type: none"> – Mit Standardausstattung herstellbar – Späne sind teuer!
Kosten	1) <i>Welches Verfahren ist billiger ?</i> 2) <i>Welche Faktoren haben Einfluss auf den Preis?</i>	3) <i>Schätzen Sie Fertigungskosten je Stück für 1, 500 und 100000 Stück ab</i>	
Ausgangsmaterial wird 'eingangs' der Fertigung eingesetzt 1) <i>Menge anhand der Kw abschätzen</i> 2) <i>Preis: 2,50 €/kg (07/2010, legierter Stahl)</i>	Gusseisen, Schrott Volumengleich mit Endprodukt + Einguss, Speiser, ..	Rundstahl Volumengleich mit Endprodukt	Rundstahl Mit dem Hüllvolumen der Kw
Werkzeug, Vorbereitung	Modell: Herstellung 500€, Lebensdauer ∞	Gesenk: Preis 100k€, Lebensdauer 10000 Kw	Programm: Preis: 500€; Lebensdauer ∞ Drehmeißel: Preis: 40€; Standzeit: 2h
Energiekosten 3) <i>Energiekosten 10Ct/kWh</i> 4) <i>[EuroTabM] →Spez. Wärmekapazität; → Schmelzwärme</i>	Gießtemperatur 1450°C [EuroTabM] → „Eisen-Kohlenstoff-Diagramm“	Rekristallisationstemperatur (Stahl): 1250°C [EuroTabM]?	Antriebsenergie z.B.42CrMo4 mit HM $f=0,5\text{mm} \sim h \rightarrow kc = 3890 \text{ N/mm}^2$ $F_c = A \cdot kc \cdot C = 0,5 \cdot 4\text{mm}^2 \cdot 3890 \text{ MPa} \cdot 1 = 7,78 \text{ kN}$ $P_c = F_c \cdot v_c = 7,78\text{kN} \cdot 100\text{m/min} = 13\text{kW}$ bei 0,5 Zerspanzeit ~ 65 Ct
Arbeitszeit 5) <i>Arbeitskosten 75€/h</i>	Einformen, Ausformen, Putzen: 10min Maschinenstunde: 200€ Arbeiter: 0,5	Schmieden: 10min Maschinenstunde: 500€ Arbeiter: 1	Spanen: 1Std Maschinenstunde: 200€ Arbeiter: 0,5
Videos	<ul style="list-style-type: none"> – Gießen, Hand und Maschinenformen <ul style="list-style-type: none"> – Handformen (Prinzip) 3:45 – 9:30 – Automatisierung 9:30 – 14:00 – Motorblock - So wirds gemacht 2008 – Gusspfannen Herstellung 1'-5' 	Gesenk: <ul style="list-style-type: none"> – Hammerköpfe schmieden - Die Maus 2005 0:00-1:35 – Das Fett muss weg - Günter Ederer 1994; 25:30-28' – Stechbeitel - So wirds gemacht 2009 ab 0:45' Freiform: <ul style="list-style-type: none"> – Dampfhammer - ZDF – Schmiedestahl - So wirds gemacht 2:30 - 3:30 	<ul style="list-style-type: none"> – CNC-Maschinen – Deckel (geht auf Kosten und Zeiten ein) 0:00 – 1:30 (2 Stunden für kleines Teil) 42CrMo4 = legierter Vergütungsstahl → [EuroTabM46] S.135 Drehen, Schnittkraft und -Leistung → [EuroTabM46] S.319 Drehen, Schnittdaten → [EuroTabM46] S.316..318 <i>Ft_TA_00_Kurbelwellen.odt</i>



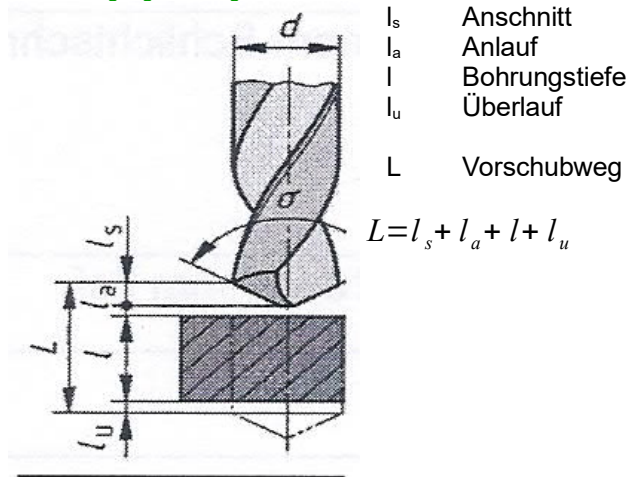
Seitenumbruch

Hauptnutzungszeit t_h

ist die Zeit, in der eine Maschine
– ihre eigentliche Funktion erfüllt
– mit Arbeitsvorschub fährt

Herleitung**Vorschubwege**

z.B. Durchgangsbohrung

**Formel**

$$t = \frac{s}{v_f}$$
$$t_h = \frac{L}{v_f \cdot i} = \frac{L \cdot i}{v_f} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

t_h Hauptnutzungszeit
 v_f Vorschubgeschw.
 i Anzahl der Schneiden
 n Bohrerndrehzahl

Fertigungszeiten FZ für IUS

$$FZ = t_h + \text{Nebenzeiten}$$

Nebenzeiten: z.B Rüstzeiten

Vertiefung

Ein: Wie lange braucht man für eine Bohrung?

Bei einer Bohrmaschine ist die Hauptnutzungszeit der Bohrvorgang, aber nicht Rückhub, Spannen des Werkstückes, Wechsel des Werkzeuges ...

[EuroTabM] „Hauptnutzungszeit, Bohren“

AB Hauptnutzungszeit beim Bohren