

# *Refa-Schriften*

---

H e f t 2

## **Fräsen**

---

1940

*Herausgeber Reichsausschuß für Arbeitsstudien Berlin NW 7*  
*Beuth-Vertrieb GmbH Berlin SW 68*

ISBN 978-3-642-47094-3  
DOI 10.1007/978-3-642-47330-2

ISBN 978-3-642-47330-2 (eBook)

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, sowie  
der auszugsweisen Bearbeitung, vorbehalten.

Copyright 1940 by  
Reichsausschuß für Arbeitsstudien (Refa)  
Berlin NW 7

## Vorwort

Die in der Refa-Mappe Spangebende Formung zusammengefaßten Blätter sollten ursprünglich den Teilnehmern der Refalehrgänge lediglich als Gedächtnisstütze dienen, um während des Unterrichts das zeitraubende Nachschreiben und Nachzeichnen der von dem Vortragenden entwickelten Unterlagen zu ersparen. Im Laufe der Jahre stellte sich jedoch heraus, daß auch viele Arbeitskameraden, die keine Gelegenheit hatten, einen Refakurs zu besuchen, die Lehrmittel zum Selbststudium benutzten, und daß auch viele Betriebe ihre Kalkulationsunterlagen an Hand der Angaben der Refablätter überprüften. Um diesen Verhältnissen Rechnung zu tragen, entschloß sich der Refa zu einer Neubearbeitung der Refa-Mappe Spangebende Formung.

Während die Gruppe Fräsen in dieser Mappe nur in gedrängtester Form eine Anzahl Tafeln mit Richtwerten für Rüst-, Haupt- und Nebenzeiten, sowie zur Bestimmung des Arbeitsweges bringt, ist in dem vorliegenden Heft der Stoff auf völlig neuer Grundlage geordnet. Durch ausführlichen Text sind alle Tafeln und Darstellungen erläutert. Immer wieder sind die Gesichtspunkte herausgestellt, die bei der Entwicklung und dem Aufbau von Unterlagen beachtet werden müssen, immer wieder wird auf die Größen und Einflüsse hingewiesen, die bei der Errechnung der richtigen Arbeitszeit zu berücksichtigen sind.

Entsprechend der Entwicklung, die der Werkzeugmaschinenbau genommen hat und voraussichtlich weiter nehmen wird, sind die Leistungsangaben der Maschinen nicht mehr in PS, sondern in kW gemacht worden. Die Werkzeugdrehzahlen und ebenso die Vorschubgeschwindigkeiten sind nach Normdrehzahlreihe — Stufensprung 1,26 — gestuft, die Richtwerte für Vorschubgeschwindigkeiten sind je nach der Oberflächengüte, die erzeugt werden soll, unterschiedlich angegeben. Alle Abschnitte sind ausgiebig durch Beispiele erläutert.

Wie alle Refa-Veröffentlichungen, so ist auch dieses Heft das Ergebnis einer vorbildlichen Gemeinschaftsarbeit. Dem Arbeitsausschuß, dessen Obmann Herr Direktor *E. Rösner*, AEG, ist, gehören an die Herren: Ing. *Brüggmann*, Dipl.-Ing. *Frieling*, Dipl.-Ing. *Holling*, Ing. *Keil*, Dipl.-Ing. *Klein*, Dipl.-Ing. *Mayer*, Obering. *Rennecke*, Ing. *Wacke*. Ihnen allen sagt der Refa für ihre selbstlose Mitarbeit seinen Dank. Aber nicht nur ihnen, sondern auch den Firmen: AEG, Loewe-Fabriken, R. Stock & Co., sowie Fritz Werner A.G., in deren Werkstätten und Prüffeldern zahlreiche Zeitaufnahmen gemacht und Zerspanungsversuche durchgeführt wurden, und die durch dieses Entgegenkommen die Arbeiten überhaupt erst ermöglichten, hat der Refa seinen Dank abzustatten.

**Reichsausschuß für Arbeitsstudien**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>A. Technologische Bemerkungen</b> . . . . .	7
I. Fräsvorgang . . . . .	7
II. Wahl und Instandhaltung der Maschine . . . . .	8
III. Wahl und Instandhaltung des Werkzeuges . . . . .	8
<b>B. Gliederung des Arbeitsablaufes einer Fräsarbeit</b> . . . . .	11
<b>C. Arbeitszeitermittlung auf Grund von Erfahrungswerten durch Rechnen</b>	11
<b>I. Rüstzeit</b> . . . . .	13
a) Berechnungsunterlagen für Rüstzeiten bei Waagrecht- und Senkrecht-Fräsmaschinen . . . . .	13
b) Beispiele für die Anwendung der Berechnungsunterlagen	14
<b>II. Hauptzeit</b> . . . . .	20
a) Bestimmung des Arbeitsweges . . . . .	20
1. An- und Überlaufwege bei Walzen- und Scheiben- fräsern . . . . .	23
2. An- und Überlaufwege bei Stirnfräsern und Messer- köpfen . . . . .	23
b) Richtlinien für die Bestimmung der Vorschub- und Schnitt- geschwindigkeiten . . . . .	23
1. Werkstück . . . . .	24
2. Maschine . . . . .	25
3. Werkzeug . . . . .	26
4. Arbeitsvorgang . . . . .	28
c) Berechnungstabellen mit Richtwerten für Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten . . . . .	31
Walzenfräser	für Stahl und Gußeisen . . . . . 31
Walzenstirnfräser	für Stahl und Gußeisen . . . . . 32
	für Nichteisenmetalle . . . . . 33
Messerköpfe	für Stahl und Gußeisen . . . . . 35
	für Nichteisenmetalle . . . . . 36
Messerköpfe mit Hartmetallschneiden	für Gußeisen . . . . . 37
Scheibenfräser	für Stahl und Gußeisen . . . . . 38
	für Nichteisenmetalle . . . . . 39
Kreissägen	für Stahl und Gußeisen . . . . . 40
Radiusfräser	für Stahl und Gußeisen . . . . . 43
Winkelstirnfräser	für Stahl und Gußeisen . . . . . 44
T-Nutenfräser	für Stahl und Gußeisen . . . . . 45
Schafffräser	für Stahl und Gußeisen . . . . . 46

	Seite
<b>III. Nebenzeit</b> . . . . .	47
a) Spannen . . . . .	47
b) Tisch verstellen . . . . .	51
c) Span anstellen und Messen . . . . .	53
<b>IV. Beispiele für Arbeitszeitermittlung</b> . . . . .	59
a) Allgemeine Gesichtspunkte . . . . .	59
b) Durchgerechnete Beispiele . . . . .	60
1. Vor- und Fertigfräsen von Parallelstücken . . . . .	60
2. Fertigfräsen von Gleitschienen . . . . .	62
3. Profilfräsen in Keilwellen . . . . .	62
4. Vor- und Fertigfräsen von Winkelstücken . . . . .	65
5. Fräsen von Kurvenscheiben . . . . .	65
<b>D. Arbeitszeitermittlung durch Vergleichen und Sonderberechnungstafeln</b>	69
I. Vergleichen, Fräsen von Walzenfräsern . . . . .	69
II. Sonderberechnungstafeln, Fräsen von Keilnuten nach DIN 144	73

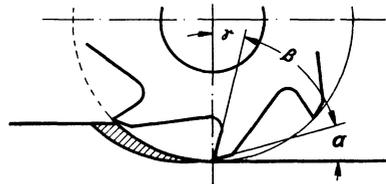
# A. Technologische Bemerkungen

## I. Fräsvorgang

Das Fräsen, eine spanabhebende Verformung durch umlaufende Schneidwerkzeuge, die Fräser, ist wegen der Art der Spanbildung einer der am schwierigsten zu erforschenden Zerspanungsvorgänge in der Metallbearbeitung.

Beim Drehen oder Hobeln bleibt die einmal eingestellte Spandicke während der Dauer des Schneidvorganges erhalten, beim Fräsen ändert sie sich dagegen fortwährend, da die Fräserzähne, gegen die sich das Werkstück bewegt, kommaförmige Späne abheben (Fräs 1). Infolge-

Fräs 1. Spanbildung beim Fräsen  
 $\alpha$  = Freiwinkel  
 $\beta$  = Keilwinkel  
 $\gamma$  = Spanwinkel



dessen werden Werkzeug und Maschine besonders stark beansprucht. Die Ungleichförmigkeit der Schnittkräfte läßt sich durch Verwendung spiralverzahnter Fräser erheblich verringern. Günstige Verhältnisse ergeben sich, wenn die Fräsbreite ein Mehrfaches der Zahnteilung (in Achsrichtung gemessen) beträgt. Auch positive Spanwinkel ( $\gamma > 0^\circ$ ) tragen erheblich zur Verringerung der Schnittkräfte bei.

Der Vorschub je Umdrehung verteilt sich beim Fräsen auf mehrere Zähne. Infolgedessen sind Schrapp- und Schlichtspäne wesentlich dünner als Dreh- oder Bohrspäne bei entsprechendem Vorschub.

Der spezifische Schnittwiderstand liegt höher als beim Drehen oder Bohren, da der Anteil der Reibungsleistung an der Schneide die Gesamtzerspanungsleistung erheblich beeinflusst.

Diesen Besonderheiten muß Rechnung getragen werden durch richtige Wahl und Instandhaltung von Maschine und Werkzeug und durch geeignete Schnittbedingungen.

## II. Wahl und Instandhaltung der Maschine

Bei der Wahl der richtigen Maschinenart (Senkrecht- oder Waage-recht-Fräsmaschine) sind zu bedenken:

gute Aufspannmöglichkeit,  
günstige Lage der Arbeitsfläche zur Aufspannfläche,  
gute Beobachtungsmöglichkeit,  
reichliche, unbehinderte Zu- und Ableitung des Kühlmittels,  
leichter Späneabfluß,  
richtige Ausnutzung der Maschinen.

Bei längeren Leerwegen werden zweckmäßig Maschinen mit Eilgängen eingesetzt.

Drehzahlbereich, Auswahl der Vorschübe und Maschinengröße sind der Fräsarbeit anzupassen. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß auch die kräftigste Maschine nur bei richtiger Wahl der Arbeitsbedingungen schwingungsfrei arbeitet. Für Hartmetallwerkzeuge und Leichtmetallbearbeitung sollen Maschinen mit hohen Drehzahlen zur Verfügung stehen.

Der gute Zustand der Maschine ist Vorbedingung für sauberes Arbeiten. Vor allem müssen Frässpindellagerung, Spindelkegel und Gegenhalterbuchse einwandfrei sein. Auch Durchmesser und Beschaffenheit des Fräsdornes oder der Fräseraufnahme sind von Bedeutung. Nur mit kräftigen Fräsdornen kann eine hohe Arbeitsgenauigkeit und gute Spanleistung der Fräsmaschine erreicht werden. Der Fräser soll möglichst dicht an dem Spindelkopf aufgenommen und gut abgestützt werden, wenn möglich mit zwei Fräsdornlagern und Gegenhalterstütze. Der Schlag des Fräasers zusammen mit dem Fräsdorn soll 0,05 mm (je nach Fräsdornlänge und Fräserdurchmesser) möglichst nicht überschreiten.

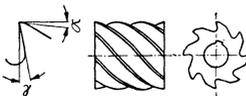
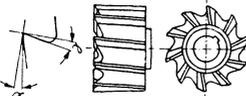
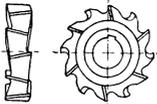
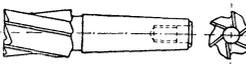
Zur Vorbereitung der Fräsarbeit gehört, daß man die Klemmen und Anschläge der Maschine — soweit erforderlich — festzieht und den Gegenhalter gut stützt. Das Werkstück muß so niedrig wie möglich eingespannt werden; dies ist auch beim Entwerfen und Verwenden von Spannvorrichtungen zu beachten.

## III. Wahl und Instandhaltung des Werkzeuges

Die richtige Ausnutzung der Maschine hängt in hohem Maße von dem verwendeten Werkzeug ab. Nur mit neuzeitlichen Werkzeugen können gute Leistungen erreicht werden. Der Fräser soll der einzelnen Fräsarbeit und dem zu bearbeitenden Werkstoff angepaßt sein (Übersicht Fräs 2)\*).

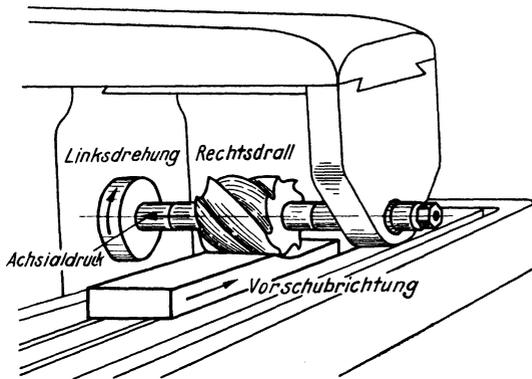
---

\*) Vgl. „Gestalt und Anwendung der Fräser“. Masch.-Bau/Betrieb (1939) S. 175.

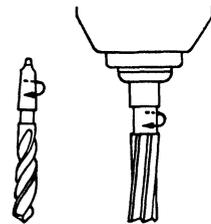
Art des Fräasers	Form	Richtwerte der Schnittwinkel im Mittel für: senkrecht zur Spirale gemessen			
		Werkstoff- gruppe	I	II, III, IV, IX	V bis VIII
Walzen- Fräser		Freiwinkel $\alpha$	3°	5°	7°
		Span- winkel $\gamma$	5°	10°	25°
Walzen- stirn- Fräser		Freiwinkel $\alpha$	3°	6°	8°
		Span- winkel $\gamma$	5°	10°	25°
Scheiben- Fräser		Freiwinkel $\alpha$	3°	5°	8°
		Span- winkel $\gamma$	6°	12°	25°
Schaft- Fräser		Freiwinkel $\alpha$	3°	5°	8°
		Span- winkel $\gamma$	4°	8°	20°
<p>Werkstoffgruppe: I VCN 35 verg., VCMo 140 vergütet</p> <p>Werkstoffgruppe: St 50.11, St 60.11, St 70.11, StC 45.61, Te 38.92, II, III, IV, IX VCN 25 gegl., ECN 25 gegl., ECMo 100 gegl., VCMo 125 gegl., Stg 52.81, Ge 18.91, Ms 58, Rg 8</p> <p>Werkstoffgruppe: Reinaluminium, zähe Al-Legierungen, Magnesium- V bis VIII Legierungen.</p> <p><i>Beispielsweise gelten für Hochleistungs-Walzenfräser</i></p>					
Werkstoffgruppe	Spiralwinkel	Zähnezahl	z. B. für Fräser von 90 mm $\varnothing$		
I	$\approx 35^\circ$	groß	12 ÷ 16		
II, III, IV, IX	$\approx 45^\circ$	mittel	6 ÷ 8		
V bis VIII	$\approx 50^\circ$	klein	5 ÷ 6		

Fräs 2. Übersicht über Fräser-Grundformen

Walzenfräser werden zweckmäßig immer so verwendet, daß der Axialdruck auf das Spindellager gerichtet ist (Fräs 3). Hierdurch wird gleichzeitig der Fräsdorn fest in den Aufnahmekegel gedrückt. Dies ist der Fall, wenn Walzenfräser mit Rechtsdrall linksschneidend, solche mit Linksdrall rechtsschneidend verwendet werden. Rechtsdrall entspricht einer Rechtsschraube, Linksdrall einer Linksschraube. Die Bezeichnung der Schnitttrichtung beim Fräsen ist die gleiche wie beim Bohren (Fräs 4). Man bezeichnet die dem Rechtsbohrer entsprechende Drehrichtung der Frässpindel mit rechts und die dem Linksbohrer entsprechende mit links.



Fräs 3. Drall und Axialdruck



Rechtsdrehung

Fräs 4.  
Drehrichtung und Drall

Wichtig ist, daß die Schneiden ordnungsmäßig geschärft sind. Ist dies nicht der Fall, so gleiten infolge der Durchbiegung des Fräsdornes zunächst die Fräserzähne unter steigendem Druck auf der Fräsfläche, bis sie in den Werkstoff eindringen und einen Span abheben. Als Folge stellt sich ein rascher Verschleiß der Schneiden ein; Genauigkeit und Oberflächengüte des Werkstückes werden beeinträchtigt. Ähnliche Erscheinungen treten auf, wenn der Fräsdorn zu dünn oder nicht genügend abgestützt ist. Ferner wirkt sich der Schlag des Werkzeuges ungünstig aus und führt außerdem zu einer unnötigen stoßartigen Beanspruchung der Maschine. Schnellaufende Messerköpfe (z. B. für Leichtmetallbearbeitung) sollen ausgewuchtet sein, um Schwingungen mit ihren schädlichen Folgen zu vermeiden.

## B. Gliederung des Arbeitsablaufes einer Fräsarbeit

In der Übersicht Fräs 5 wird gezeigt, welche Arbeitsverrichtungen zu einer einfachen Fräsarbeit einschließlich des Rüstens (Einrichtens) gehören. Aus den schraffierten Feldern ist zu ersehen, wie die Zeiten der einzelnen Arbeitsverrichtungen den Rüst-, Haupt- und Nebenzeiten zuzuordnen sind. Am Schluß dieser Übersicht ist der allgemeine Kalkulationsaufbau angeführt, und zwar getrennt nach Rüstzeit und Stückzeit, wie es für die Zeitvorgabe erforderlich ist. Die Gesamtzeit der Fertigung  $T_z$  wird errechnet aus der für den vorliegenden Arbeitsauftrag einmal vorzugebenden Rüstzeit  $t_r$  und dem Produkt aus Stückzeit  $t_{st}$  mal Anzahl  $z$  der anzufertigenden Werkstücke. Es wird also

$$T_z = t_r + z \cdot t_{st}$$

## C. Arbeitszeitermittlung auf Grund von Erfahrungswerten durch Rechnen

Die Ermittlung der Arbeitszeiten (sowohl Rüst- wie auch Grundzeiten) kann je nach dem gewünschten Genauigkeitsgrad nach verschiedenen Methoden erfolgen. Solche Methoden sind

- Schätzen (überschlägliches Rechnen),
- genaues Rechnen,
- Zeitstudie,
- Vergleichen.

Beim Fräsen sollte das Schätzen ohne jede Unterlage nicht angewendet werden; die Zeitersparnis gegenüber dem Rechnen ist unwesentlich, das Ergebnis dagegen recht ungenau.

Die Methode des Rechnens ist gerade beim Fräsen sehr einfach; es braucht nur der Arbeitsweg  $L$  durch den Vorschub je Minute  $s'$  geteilt zu werden, um die Hauptzeit  $t_h$  zu erhalten. Da es sich im wesentlichen darum handelt, Unterlagen für die Bewertung des Vorschubes zu schaffen, und diese Unterlagen, wenn sie einmal da sind, sowohl für eine überschlägliche als auch für eine genaue Rechnung benutzt werden, ist davon Abstand genommen, für das überschlägliche Rechnen besondere Unterlagen mit Annäherungswerten zu entwickeln.

Lfd. Nr.	Unterteilung	$t_{rg}$	$t_h$	$t_n$
1	Auftrag empfangen	///		
2	Werkzeug beschaffen	///		
3	Tisch aufrüsten zum Spannen	///		
4	* Werkzeug einspannen	///		
5	Werkstück aufspannen			///
6	* Maschine einschalten	///		
7	* Einstellen nach Anriß oder Lehre, Anschläge einstellen u.s.w.	///		
8	* Schnittgeschwindigkeit u. Vorschub einstellen	///		
9	Fräsvorgang a Einschalten (Frässpindel u. Vorschub) b Anstellen c Fräsen d Ausschalten e Rücklauf oder Zurückkurbeln			///
			///	///
				///
				///
				///
10	Vorrichtung oder Werkstück schwenken, (Schwenkvorrichtung) umstellen oder umspannen, teilen			///
11	Werkstück abspannen			///
12	Messen			///
13	Erstes Werkstück prüfen (Bei großer Reihenfertigung u. in besonderen Fällen)	///		
14	Spannfläche reinigen (Späne entfernen, soweit notwendig)			///
15	* Maschine ausschalten	///		
16	* Werkzeug ausspannen	///		
17	Tisch abrüsten	///		
18	Werkzeug u. Maschine reinigen	///		
19	Werkzeug abgeben	///		
20	Arbeit liefern	///		
* Kann auch als Nebenzeit vorkommen				
<b>Rüstgrundzeit</b> (Summe der Einzelzeiten)		$t_{rg}$		
<b>Rüstverlustzeit</b> (Zuschlag in v.H. Satz)		$t_{rv}$		
<b>Rüstzeit</b>		$t_r$		
<b>Hauptzeit</b> (Summe der Einzelzeiten)			$t_h$	
<b>Nebenzeit</b> (Summe der Einzelzeiten)			$t_n$	
<b>Grundzeit</b> (Summe von $t_h + t_n$ )			$t_g$	
<b>Verlustzeit</b> (Zuschlag in v.H. Satz)			$t_{gv}$	
<b>Stückzeit</b>			$t_{st}$	
<b>Gesamtzeit der Fertigung:</b>		$T_z = t_r + z \cdot t_{st}$		

Fräs 5. Arbeitsablauf einer Fräsarbeit

Im folgenden ist in den Abschnitten CI bis CIII die Methode des Rechnens und die Benutzung von Erfahrungswerten ausführlich dargestellt. Mit besonderer Sorgfalt sind Richtwerte für Vorschübe bei den gebräuchlichsten Fräsarten und Werkstoffen aus der Praxis zusammengetragen. Die in den Abschnitten CI (Rüstzeiten) und CIII (Nebenzeiten) entwickelten Zeitwerte können auch für die einfachere Methode des überschläglichen Rechnens benutzt werden, wenn man mehrere dieser Werte in noch weitergreifende Gruppen zusammenfaßt. Man erreicht dadurch in manchen Fällen eine kürzere Berechnungszeit, muß aber auch ein ungenaueres Ergebnis in Kauf nehmen. Die Zahlenwerte der Tafeln des Abschnittes CII (Hauptzeiten) müssen natürlich den Arbeitsverhältnissen angepaßt werden.

Die Zeitstudie wird für die Ermittlung der Stückzeiten besonders in der großen Reihen- oder Massenfertigung angewendet. Es ist in dieser Schrift darauf verzichtet, ein besonderes Beispiel zu bringen, es wird vielmehr auf die Ausführungen im Refa-Buch, Abschnitt Zeitstudien, verwiesen.

Die Methode des Vergleichens wird dann durchgeführt, wenn es sich um Werkstücke handelt, die der Form nach gleich, der Größe nach aber verschieden sind. Im Abschnitt D ist die Methode des Vergleichens und der Aufbau von Berechnungstafeln näher erläutert.

## **I. Rüstzeit**

Die folgenden Darstellungen enthalten Richtlinien und Richtwerte für die Berechnung der Rüst-Grundzeit beim Fräsen. Die Richtwerte stellen Erfahrungswerte dar, die aus Arbeits- und Zeitbeobachtungen in einem bestimmten Betriebe gewonnen sind. Aus diesem Grunde können und dürfen diese Richtwerte nicht ohne weiteres übernommen werden, es ist vielmehr zu überprüfen, ob die Voraussetzungen für die Anwendung der Richtwerte gegeben sind. Andernfalls sind sie den andersartigen Bedingungen anzupassen und umzurechnen.

### **a) Berechnungsunterlagen für Rüstzeiten bei Waagrecht- und Senkrecht-Fräsmaschinen**

In der Tafel Fräs 6 Grundwerte sind die am häufigsten vorkommenden Arbeitsverrichtungen für das Auf- und Abrüsten beim Fräsen zusammengestellt. Grundsätzlich ist die Rüstzeit in folgende Gruppen unterteilt:

1. Arbeitsbeschaffung,
2. Werkzeugbeschaffung,
3. Maschine und Werkzeug umstellen,
4. Umstellen zum Spannen,
5. Sonderarbeiten.

Die für die einzelnen Gruppen oder Arbeitsverrichtungen angegebenen Zeiten sind ab- oder aufgerundet und entsprechen in ihrem Vorkommen und ihrer Höhe einer bestimmten Betriebsorganisation. Für jede andere Organisation müssen andere Werte eingesetzt werden; so sind z. B. die Zeiten für Werkzeugbeschaffung oder Auftragsempfang fortzulassen, falls diese Arbeiten durch eine andere Betriebsstelle erledigt werden. Andererseits sind noch Zeiten für „Erstes Werkstück prüfen“ oder „Arbeit liefern“ hinzuzufügen, falls diese Arbeiten besonders verlangt werden. Da die Berechnung der Rüstgrundzeiten aus den Einzelzeiten oder Grundwerten der Tafel zeitraubend ist, sind für häufig vorkommende Rüstarbeiten Zeitwerte in Berechnungstafeln für drei Maschinengrößen (s. a. S. 25) zusammengestellt (Fräs 7, 8 u. 9). Außerdem sind Zuschlagwerte für solche Fräsarbeiten vorgesehen, bei denen ein Umrüsten für weitere Arbeitsstufen erforderlich wird. Einige Beispiele (Fräs 10) zeigen, wie die Rüstzeiten mit Hilfe der Berechnungstafeln ermittelt werden.

## b) Beispiele für die Anwendung der Berechnungsunterlagen

Wie die Zeitwerte der Berechnungstafeln Fräs 7, 8, 9 aus den Grundwerten der Tafel Fräs 6 gebildet werden, zeigen die folgenden Beispiele:

### 1. Beispiel:

Auf Tafel Fräs 10 Beisp. 1 (Maschinengruppe A) ist angegeben für die

#### 1. Arbeitsstufe:

Spannen im Schraubstock, Arbeiten mit Fräsdornlager und einfachem Fräser nach Tafel Fräs 7/2 g

der Zeitwert . . . = 21 min

Diese 21 min sind ermittelt nach Tafel Fräs 6 aus:

- |                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| 1. Arbeitsbeschaffung             | I a = 4 min     |
| 2. Werkzeugbeschaff.              | II a = 4 „      |
| 3. Maschine u. Werkzeug umstellen | . III b = 5,5 „ |
|                                   | III d = 2 „     |
| 4. Umstell. z. Spannen            | IV b = 3,5 „    |
| 5. Sonderarbeiten                 | . V a = 2 „     |
|                                   | 21 min          |

#### 2. Arbeitsstufe:

Spannen im Schraubstock, Arbeiten mit Fräsdornlager und einfachem Fräser nach Tafel Fräs-7/10 g

ein Zuschlagwert . . = 2 min

Diese 2 min sind ermittelt nach Tafel Fräs 6 aus:

- |                                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| Maschine und Werkzeug umstellen | . . III d = 2 min |
|---------------------------------|-------------------|

Gruppe	Unterteilung	Ziffer	Maschinengruppe		
			A	B	C
			Antriebleistung		
			2,5 kW	5 kW	7,5 kW
Aufspannfläche des Tisches in mm					
700x250			1200x355		
1600x400					
min			min		
I Arbeits- beschaffung	Auftrag empfangen u. abgeben, Zeichnung u. Arbeitsplan empfangen u. abgeben, einschl. Gang zur Ausgabe, Zeichnung u. Arbeitsplan lesen oder Bearbeitungsfolge überlegen	a	4	4	4
II Werkzeug- beschaffung	Zeit für das Besorgen v. 1 Fräsdorn u. 1 Fräser	a	4	5	6
	Aus-u. Abgabezeit f. je zwei Fräser bzw. 1 kompl. Satzfräser	b	1	1,5	2
	" " " " ein sonstiges Werkzeug	c	1	1	1
III Maschine und Werkzeug umstellen	ohne Gegenhalter	a	4	5	6,5
	mit Fräsdornlager	b	5,5	7	9
	in Fräsdornlager u. Gegenhalter-Stütze	c	7	9	12
	Einfachem Fräser	d	2	2,5	3
	Zuschlag <sup>*)</sup> bei	e	5	6,5	8
	" " 3 "	f	7	8,5	10
	" " 4 "	g	10	12	14
	Verwendung von	h	3	3,5	4
	" " 320 " $\phi$	i		4,5	5
IV Umstellen zum Spannen	auf Tisch	a	3,5	4	5
	im Schraubstock	b	3,5	4	6
	in kleiner Vorrichtung	c	3,5	4	5,5
	Aus-u. Abgabezeit der kl. Vorrichtung	d	1	1,5	
	in großer Vorrichtung	e		6	8
	Aus-u. Abgabezeit der groß. Vorrichtung	f		2	
	am kleinen Winkel	g	3,5	4	5,5
	Aus-u. Abgabezeit des kleinen Winkels	h	1	1,5	
	am großen Winkel	i		6	8
	Aus-u. Abgabezeit des groß. Winkels	k		2	
	im Teilkopf	l	5,5	7	9
mit " " 4 "	m	8	10	13	
Zuschlag bei Verwendung von	n	0,5	0,5	0,5	
je weitererem Spanneisen, Spannschraub. u. Spannklatz	o	10	1,5	1,5	
V Sonderarbeiten	Werkzeug und Frästisch reinigen	a	2	3	4

<sup>\*)</sup>einschließlich erstmaligem Spannenstellen u. Messen

Fräs 6. Grundwerte für Rüstzeiten

Ziffer	Spannart	Arbeiten ohne Gegenhalter				mit Fräsdrönnlager				mit Fräsdrönnlager u. Gegenhaltersstütze				Zuschlag für jede weitere Werkstückspannart beim gleichen Arbeitsgang		
		mit einfach Fräser	mit Satzfräser	im Messerkopf bis etwa 220°	im Messerkopf bis etwa 320°	mit einfach Fräser	mit Satzfräser	mit einfach Fräser	mit Satzfräser	mit einfach Fräser	mit Satzfräser	mit einfach Fräser	mit Satzfräser			
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p
1	auf dem Tisch (Spannschraub-, 2-Spannweisen)	20	23	25	28	21		21	24	26	29	23	26	28	31	4
2	im Schraubstock (2-Spannschrauben)	20	23	25	28	21		21	24	26	29	23	26	28	31	4
3	in kleiner Vorrichtung (2-Spannschrauben)	21	24	26	29	22		22	25	27	30	24	27	29	32	5
4	in großer Vorrichtung (4-Spannschrauben)															
5	am kleinen Winkel (2-Spannschrauben)	21	24	26	29	22		22	25	27	30	24	27	29	32	5
6	am großen Winkel (4-Spannschrauben)															
7	im Teilkopf ohne Gegenspitze	22	25	27	30	23		23	26	28	31	25	28	30	33	6
8	im Teilkopf mit Gegenspitze	24	27	29	32	25		26	29	31	34	27	30	32	35	8
9	Zuschlag für jeden weiteren Fräser beim gleichen Arbeitsgang	7	10	12	15	8		9	12	14	17	10	13	15	18	Für jede weitere Spannschraube 0,5 min
10	Zuschlag bei jeder weiteren Arbeitsstufe für erstmaliges Anstellen u. Messen, wenn Spannart und Fräser gleichbleiben	2	5	7	10	3		2	5	7	10	2	5	7	10	Für jede weitere Spannschraube mit Spannart und Spannart 1 min

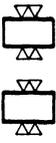
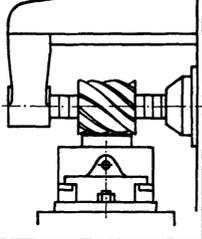
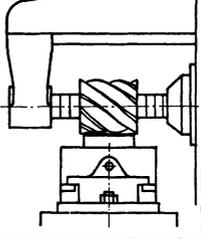
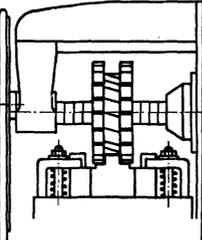
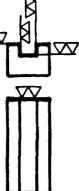
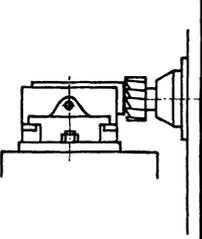
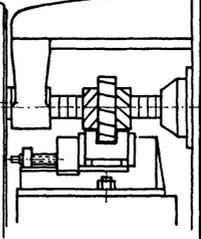
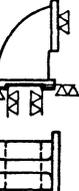
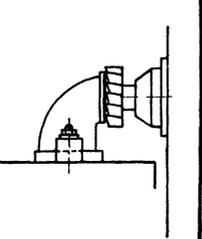
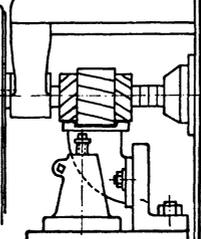
Fräs 7. Berechnungstafel für Rüstzeiten, Maschinengruppe A, Aufspannfläche des Tisches 700 × 250 mm

Ziffer	Spannart	Arbeiten ohne Gegenhalter						mit Fräsdornlagen						mit Fräsdornlager u. Gegenhalterstütze						Zuschlag für jede weitere Werkstückspannarzt beim gleichen Arbeitsgang						
		mit einfach. Fräser	2 teilig	3 teilig	4 teilig	m. Messerkopf bis etwa 220°	f	g	h	i	k	l	mit einfach. Fräser	2 teilig	3 teilig	4 teilig	mit Satzfräser	2 teilig	3 teilig		4 teilig	m	n	o	p	
1	auf dem Tisch (2 Spannschraub., 3 Spannisen)	24	28	30	33	25	26	26	30	32	35	28	32	34	37											4
2	im Schraubstock (2 Spannschrauben)	24	28	30	33	25	26	26	30	32	35	28	32	34	37											4
3	in kleiner Vorrichtung (2 Spannschrauben)	25	29	31	35	26	27	27	31	33	37	29	33	35	39											6
4	in großer Vorrichtung (4 Spannschrauben)	28	32	34	37	29	30	30	34	36	39	32	36	38	41											8
5	am kleinen Winkel/ (2 Spannschrauben)	25	29	31	35	26	27	27	31	33	37	29	33	35	39											6
6	am großen Winkel/ (4 Spannschrauben)	28	32	34	37	29	30	30	34	36	39	32	36	38	41											8
7	im Teilkopf ohne Gegenspitze	27	31	33	36	28	29	29	33	35	38	31	35	37	40											7
8	im Teilkopf mit Gegenspitze	30	34	36	39	31	32	32	36	38	41	34	38	40	43											10
9	Zuschlag für jeden weiteren Fräser beim gleichen Arbeitsgang	9	13	15	19	10	11	11	15	17	21	13	17	19	23											Für jede weitere Spannschraube 0,5 min
10	Zuschlag bei jeder weiteren Ar- beitsstufe für einseitiges Anstellen u. Messen, wenn Spannarzt und Fräser gleichbleiben	2,5	6,5	8,5	12	3,5	4,5	2,5	6,5	8,5	12	2,5	6,5	8,5	12											Für jedes weitere Spannen mit Spann- schraube und Spann- klotz 1,5 min

Fräs 8. Berechnungstafel für Rüstzeiten, Maschinengruppe B, Aufspannfläche des Tisches 1200x355 mm

Ziffer	Spannart	Arbeiten ohne Gegenhalter						mit Fräsornlager						mit Fräsornlager u. Gegenhaltersätze						Zuschlag für jede weitere Werkstückspannart beim gleichen Arbeitsgang
		mit einfach Fräser	2 teilig	3 teilig	4 teilig	im Messerkopf bis 220°	e	f	mit einfach Fräser	2 teilig	3 teilig	4 teilig	mit einfach Fräser	2 teilig	3 teilig	4 teilig	mit einfach Fräser	2 teilig	3 teilig	
		a	b	c	d				g	h	i	k	l	m	n	o				p
1	auf dem Tisch (3spannschrauben, 3spanneisen)	29	34	36	40	30	31	31	31	36	38	42	34	39	41	45				5
2	im Schraubstock (2 spannschrauben)	30	35	37	41	31	32	32	32	37	39	43	35	40	42	46				6
3	in kleiner Vorrichtung (2 spannschrauben)																			
4	in großer Vorrichtung (4 spannschrauben)	35	40	42	46	36	37	37	37	42	44	48	40	45	47	51				11
5	am kleinen Winkel (2 spannschrauben)																			
6	am großen Winkel (4 spannschrauben)	35	40	42	46	36	37	37	37	42	44	48	40	45	47	51				11
7	im Teilkopf ohne Gegensätze	33	38	40	44	34	35	35	35	40	42	46	38	43	45	49				9
8	im Teilkopf mit Gegensätze	37	42	44	48	38	39	39	39	44	46	50	42	47	49	53				13
9	Zuschlag für jeden weiteren Fräser beim gleichen Arbeitsgang	12	17	19	23	13	14	14	14	19	21	25	17	22	24	28				Für jede weitere Spannschraube 0,5 min
10	Zuschlag bei jeder weiteren Arbeitsstufe für erstmaliges Anstellen u. Messen, wenn Spannart und Fräser gleichbleiben	3	8	10	14	4	5	5	3	8	10	14	3	8	10	14				Für jedes weitere Spanneisen mit Spannschraube und Spannholz 1,5 min

Fräs 9. Berechnungstafel für Rüstzeiten, Maschinengruppe C, Aufspannfläche des Tisches 1600 x 400 mm

Werkstück Masch.-Gruppe	1.Arbeitsstufe	2.Arbeitsstufe	Erläuterungen Zeitwerte inmin
<p><b>A</b></p>  <p>Beispiel 1</p>			<p>1. Arbeitsstufe Spannen im Schraubst., arbeit. m. Fräsdornlag. u. einfach. Fräser Zeit nach Fräs 7/2g 21</p> <p>2. Arbeitsstufe Spannen im Schraubst., arbeit. m. Fräsdornlag. u. einfach. Fräser Zeit nach Fräs 7/10a 2</p> <p>Rüstgrundzeit <math>t_{rg} = 23</math></p>
<p><b>B</b></p>  <p>Beispiel 2</p>			<p>1. Arbeitsstufe Spannen in kleiner Vorrichtung, arbeit. m. Fräsdorn- lager u. Gegen- halterstütze, m. 3teilig. Satzfräser Zeit nach Fräs 8/3n 35</p> <p>Rüstgrundzeit <math>t_{rg} = 35</math></p>
<p><b>B</b></p>  <p>Beispiel 3</p>			<p>1. Arbeitsstufe Spannen im Schraubst., arbeit. ohne Gegenhalter m. einfach. Stirnfräser Zeit nach Fräs 8/2a 24</p> <p>2. Arbeitsstufe Spannen im Schraubst. Zeit nach Fräs 8/2p 4 arbeit. m. Fräsdornlag. u. Gegenhalterstütze m. 3teilig. Satzfräser Zeit nach Fräs 8/9n 19</p> <p>Rüstgrundzeit <math>t_{rg} = 47</math></p>
<p><b>C</b></p>  <p>Beispiel 4</p>			<p>1. Arbeitsstufe Spannen auf d. Tisch, arbeit. ohne Gegenhalter m. einfach. Fräser Zeit nach Fräs 9/1a 29</p> <p>2. Arbeitsstufe Spannen a. groß. Winkel Zeit nach Fräs 9/6p 11 arbeit. m. Fräsdornlag. u. Gegenhalterstütze m. 3teilig. Satzfräser Zeit nach Fräs: 9/9n 24</p> <p>Rüstgrundzeit <math>t_{rg} = 64</math></p>

Fräs 10. Beispiele für die Berechnung von Rüstzeiten

## 2. Beispiel

Auf Tafel Fräs 10 Beisp. 3 (Maschinengruppe B) ist angegeben für die

### 1. Arbeitsstufe:

Spannen im Schraubstock, Arbeiten ohne Gegenhalter mit einfachem Stirnfräser nach Tafel Fräs 8/2 a  
der Zeitwert . . . = 24 min

Diese 24 min sind ermittelt nach Tafel Fräs 6 aus:

- |                                   |             |               |
|-----------------------------------|-------------|---------------|
| 1. Arbeitsbeschaffung             | I a = 4     | min           |
| 2. Werkzeugbeschaff.              | II a = 5    | „             |
| 3. Maschine u. Werkzeug umstellen | III a = 5   | „             |
|                                   | III d = 2,5 | „             |
| 4. Umstell. z. Spannen            | IV b = 4    | „             |
| 5. Sonderarbeiten                 | V a = 3     | „             |
|                                   |             | <hr/>         |
|                                   |             | 23,5 min      |
|                                   |             | gerundet 24 „ |

### 2. Arbeitsstufe:

Spannen im Schraubstock nach Tafel Fräs 8/2 p ein Zuschlagwert = 4 min

Diese 4 min sind ermittelt nach Tafel Fräs 6 aus:  
Umstellen z. Spannen IV b = 4 min

und Arbeiten mit Fräsdornlager und Gegenhalterstütze mit dreiteiligem Satzfräser nach Tafel Fräs 8/9 n  
ein Zuschlagwert . . = 19 min

Diese 19 min sind ermittelt nach Tafel Fräs 6 aus:

- |                                   |             |        |
|-----------------------------------|-------------|--------|
| 1. Werkzeugbeschaff.              | II b = 1,5  | min    |
| 2. Maschine u. Werkzeug umstellen | III c = 9   | „      |
|                                   | III f = 8,5 | „      |
|                                   |             | <hr/>  |
|                                   |             | 19 min |

## II. Hauptzeit

Die Hauptzeit  $t_h$  wird nach der Formel  $t_h = \frac{L \cdot i}{s'}$  ermittelt. Hierin bedeutet

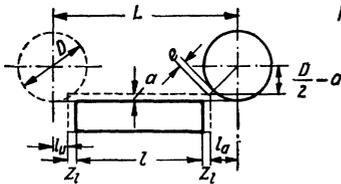
$L$  = Arbeitsweg des Frästisches einschließlich An- und Überlauf in mm,

$s'$  = Vorschubgeschwindigkeit in mm/min,

$i$  = Anzahl der Schnitte.

### a) Bestimmung des Arbeitsweges

Der gesamte Arbeitsweg  $L$  ist von der Länge der zu fräsenden Fläche, der verwendeten Fräserart und dem Fräsvorgang abhängig. Außer der Fräslänge, die durch das Zeichnungsmaß  $l$  und gegebenenfalls durch die Bearbeitungszugaben  $Z_i$  bestimmt wird, hat der Fräsmaschinentisch vor und nach dem eigentlichen Fräsen zusätzliche Wege  $l_a + l_u$  zurückzulegen.



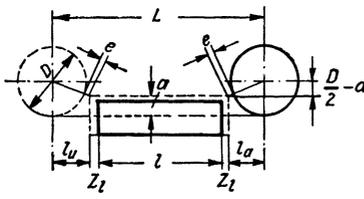
Für Schruppen mit Walzen- u. Scheibenfräser

Für Schlichten mit Walzenfräser

$$e = 1 \text{ mm}, l_u = 1 \text{ mm}$$

$$l_a = \sqrt{D(a+1) - (a^2 - 1)}$$

$$L = (l + 2Z_l) + (l_a + l_u)$$



Für Schlichten mit Scheibenfräser

$$e = 1 \text{ mm}, l_u = l_a$$

$$l_a = \sqrt{D(a+1) - (a^2 - 1)}$$

$$L = (l + 2Z_l) + 2l_a$$

Bezeichnungen

- L = Arbeitsweg
- l = Länge der fertigen Fläche
- l<sub>a</sub> = Anlaufweg
- l<sub>u</sub> = Überlaufweg
- b = Fräsbreite
- D = Fräserdurchmesser
- a = Spantiefe
- Z<sub>l</sub> = Bearbeitungszugabe
- e = Kleinstabstand des Fräfers vom Werkstück

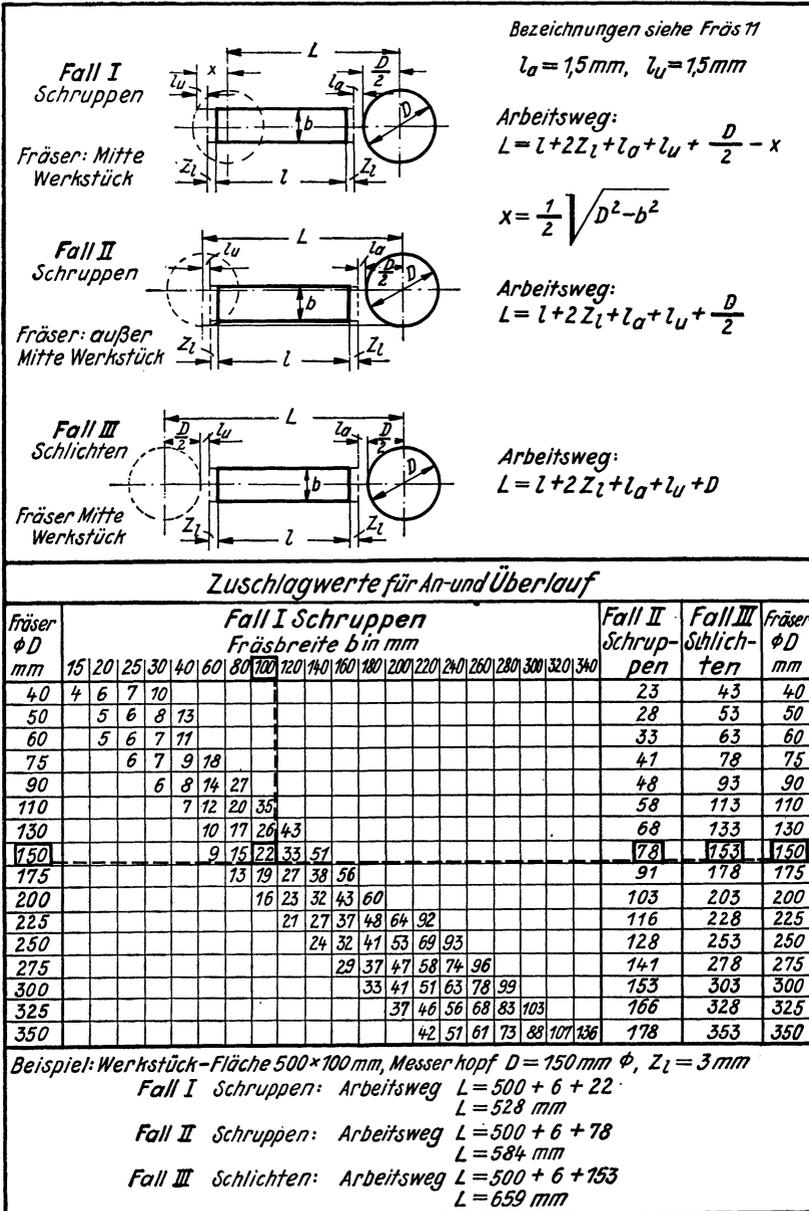
Zuschlagwerte für An- und Überlauf in mm

Spantiefe a in mm	Scheibenfräser (2 l <sub>a</sub> )								Walzenfräser (l <sub>a</sub> + l <sub>u</sub> )							
	Fräserdurchmesser D in mm								Fräserdurchmesser D in mm							
	40	50	60	75	90	110	130	150	40	50	60	75	90	110	130	150
0,5	16	17	19	21	23	26	28	30	9	10	11	12	13	14	15	16
1	18	20	22	25	27	30	32	35	10	11	12	13	14	16	17	18
2	22	24	27	30	33	36	39	42	12	13	14	16	17	19	21	22
3	25	28	30	34	38	42	45	49	13	15	16	18	20	22	24	25
4	27	31	34	38	42	46	50	54	15	16	18	20	22	24	26	28
5	29	33	37	41	45	50	55	59	16	18	19	21	24	26	29	31
6	31	36	39	44	49	54	59	64	17	19	21	23	25	28	31	33
8	34	39	44	49	55	61	67	72	18	21	23	26	28	31	34	37
10	37	42	47	54	60	67	73	79	19	22	25	28	31	34	37	40
12	—	45	50	58	64	72	79	85	—	24	26	30	33	37	40	44
15	—	—	54	62	70	78	86	93	—	—	—	—	36	40	44	48
20	—	—	—	69	77	87	97	105	—	—	—	—	—	45	49	53
25	—	—	—	—	83	95	105	114	—	—	—	—	—	48	54	58
30	—	—	—	—	—	100	112	123	—	—	—	—	—	—	57	62
40	—	—	—	—	—	—	122	135	—	—	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	144	—	—	—	—	—	—	—	—

Beispiel: Werkstück: l = 200 mm, Z<sub>l</sub> = 3 mm, a = 4 mm, Fräser φ D = 75 mm

Scheibenfräser: Arbeitsweg L = 200 + 6 + 38 = 244 mm, Walzenfräser: Arbeitsweg L = 200 + 6 + 20 = 226 mm

Fräs 11. Zuschlagwerte für An- und Überlauf bei Walzen- und Scheibenfräsern



Fräs 12. Zuschlagwerte für An- und Überlauf bei Stirnfräsern und Messerköpfen

## 1. An- und Überlaufwege bei Walzen- und Scheibenfräsern

Die Formeln für die Berechnung dieser zusätzlichen Wege und die hierdurch bedingten Zuschlagwerte sind in der Tafel Fräs 11 angegeben. Einige Berechnungsbeispiele zeigen ihre Anwendung.

Bei Walzen- und Scheibenfräsern wurde für den Anlaufweg  $l_a$  ein radialer Abstand  $e = 1$  mm von der äußeren Werkstückkante zugrunde gelegt, der bei jedem Fräserdurchmesser gut zu sehen ist. Derselbe Wert gilt für den Überlaufweg beim Schlichten mit Scheibenfräsern. Für das Fräsen mit Walzenfräsern und das Schruppen mit Scheibenfräsern wurde der Überlaufweg mit  $l_u = 1$  mm festgelegt, da man die Beendigung dieser Fräsvorgänge leicht erkennen kann.

## 2. An- und Überlaufwege bei Stirnfräsern und Messerköpfen

Für Stirnfräser und Messerköpfe sind in der Tafel Fräs 12 An- und Überlaufwege für Schruppen und Schlichten angegeben. Beim Schruppen Fall I steht der Fräser auf Mitte Werkstück, beim Schruppen Fall II außer Mitte Werkstück. Dieser zweite Fall, der größere An- und Überlaufwege ergibt, kommt häufig vor, in erster Linie bei Stirnfräsern und Messerköpfen mit empfindlichen Schneiden (z. B. Hartmetallschneiden). Denn bei dieser Arbeitsweise wird mit einem schwachen Span begonnen und beim Auslauf vermieden, daß wie im Fall I durch die links und rechts von der Mitte stehenbleibenden Dreiecke stoßartige Beanspruchungen der Schneiden auftreten.

Beim Schlichten Fall III steht der Fräser auf Mitte Werkstück. Er muß bei Beendigung der Fräsarbeit das Werkstück vollkommen verlassen haben, so daß ein Nachschneiden durch die zurückliegenden Zähne oder Messer nicht mehr stattfindet. Der Überlaufweg ist deshalb beim Fall III Schlichten gleich dem Anlaufweg.

## b) Richtlinien für die Bestimmung der Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten

Die Vorschubgeschwindigkeit  $s'$  wird beim Fräsen in der Regel auf die Geschwindigkeit des Frästisches bezogen und in mm/min angegeben. Im Gegensatz zum Drehen und Bohren ist beim Fräsen die Schnittgeschwindigkeit  $v$  in m/min ohne Einfluß auf die Größe der Hauptzeit, da der Vorschub des Tisches unabhängig von der Drehzahl der Frässpindel ist. Um lange Standzeiten der Fräswerkzeuge zu erreichen, arbeitet man mit verhältnismäßig niedrigen Schnittgeschwindigkeiten. Andererseits ist eine gute Spanleistung anzustreben, um die Fertigungskosten in wirtschaftlich tragbaren Grenzen zu halten.

Die Wahl von Vorschub- und Schnittgeschwindigkeit wird im wesentlichen durch die Arbeitsmittel und Arbeitsbedingungen beeinflusst, und zwar:

1. Beim Werkstück durch	2. Bei der Maschine durch	3. Beim Werkzeug durch	4. Beim Arbeitsvorgang durch
Werkstoff Form u. Starrheit	Bauart Größe u. Leistg. Drehzahlbereiche Starrheit	Werkstoff Art und Form Durchmesser Art u. Durchmess. der Aufnahme (Fräsdorn- durchmesser) Zulässige Beanspruchung	Aufspannart Schnitttiefe Fräsbreite Oberflächengüte Kühlung

### 1. Werkstück

Die in den einzelnen Tafeln Fräs 16 bis 31 aufgestellten Vorschubwerte sind für folgende Werkstoffgruppen vorgesehen:

Gruppe	Werkstoff	Brinellhärte	Festigkeit kg/mm <sup>2</sup>
<i>I</i>	VCN 35 vergütet	290	100
	VCMo 140 vergütet	290	100
	VCN 25 geglüht	220	75
	VCMo 125 geglüht	220	75
<i>II</i>	ECN 25 geglüht	220	75
	ECMo 100 geglüht	220	75
	St 70.11	220	75
	Stg 52.81		52
	StC 45.61	180	65
<i>III</i>	St 60.11	170	60
	St 50.11	140	50
	Te 38.92	150	38
	Ge 18.91	170	18
<i>V</i>	Reinaluminium DIN 1712	35	14
	zähe Al-Leg. DIN 1713	60	25
<i>VI</i>	Ausgehärtete Al-Leg. DIN 1713	120	42
<i>VII</i>	Al-Gußleg. DIN 1713	60	25
<i>VIII</i>	Magnesium-Leg. DIN E 1717	65	33
	Spröde Al-Sonder-Leg. (Automatenleg.)	95	40
<i>IX</i>	Ms 58	70	15
	Rg 8		

Nicht angeführte Werkstoffe können nach Bearbeitbarkeit, Brinellhärte und Festigkeit entsprechend eingeordnet werden.

Die Form des Werkstückes hat großen Einfluß auf die Größe des zu wählenden Vorschubes. Es wurde deshalb festgelegt, daß die in den Richtwerttafeln (Fräs 16 bis 31) angegebenen Werte für einfach gestaltete Werkstücke gelten sollen, die starr eingespannt werden können. Unstarrere Werkstücke müssen mit geringeren Vorschüben (1 bis 2 Stufen niedriger) gefräst werden (s. a. Abschnitt 4, Seite 28).

## 2. Maschine

Die Richtwerte für Vorschübe gelten für Waagrecht- und Senkrecht-Fräsmaschinen, und zwar für folgende Maschinengruppen:

### *Maschinengruppe A:*

Leichte Maschine mit 2,5 kW (3,4 PS) Antriebleistung.  
Aufspannfläche des Tisches bis 700 · 250 mm.

### *Maschinengruppe B:\*)*

Mittlere Maschine mit 5 kW (6,8 PS) Antriebleistung.  
Aufspannfläche des Tisches 1200 · 355 mm.

### *Maschinengruppe C:\*)*

Schwere Maschine mit 7,5 kW (10,2 PS) Antriebleistung.  
Aufspannfläche des Tisches 1600 · 400 mm.

Es werden neuzeitliche starre Maschinen mit Einzelantrieb vorausgesetzt. Unter Antriebleistung ist dabei die gesamte in die Maschine geführte Leistung in kW zu verstehen, auch bei Maschinen mit besonderem Motor für den Vorschubantrieb. Für Maschinen mit geringerer Antriebleistung ist ein entsprechend kleinerer Vorschub zu wählen.

Für die Vorschübe und Drehzahlen der Maschinen wurde eine Abstufung nach einer Normzahlenreihe mit dem Stufensprung 1,26 gewählt. In dem Schaubild Fräs 13 ist die Zuordnung von Fräserdurchmesser und Schnittgeschwindigkeit zu der Drehzahlreihe

12, 15, 19, 24, 30, 38, 48, 60, 75, 95, 118, 150,  
190, 236, 300, 375, 475, 600, 750, 950, 1180, 1500

dargestellt. Die eingezeichneten Beispiele lassen die Handhabung der Tafel erkennen.

Die in den Berechnungstafeln durch die Maschinenleistung bedingten Grenzwerte für die Vorschubgeschwindigkeit sind durch ein Sternchen

---

\*) Maschinen älterer Bauart können zwar ihrer Tischgröße nach zu Gruppe C gehören, ihrer Antriebleistung nach aber zu Gruppe B. Man berechnet dann in einem solchen Falle die Hauptzeit nach der Antriebleistung, die Rüstzeit und die Nebenzeiten nach der Aufspannfläche des Tisches. Jedenfalls muß beim Aufstellen solcher Richtwerttafeln immer die Leistung der vorhandenen Maschine berücksichtigt werden.

besonders gekennzeichnet; sie wurden durch Versuche in namhaften Betrieben der Berliner Industrie festgelegt und dem Stufensprung entsprechend abgerundet.

Für Walzenfräser kann die Maschinenleistung in kW angenähert nach folgender Formel gerechnet werden:

$$N = \frac{a \cdot b \cdot s'}{1000 \cdot V'}$$

Hierin bedeutet:  $N$  = Maschinenleistung in kW

$a$  = Spantiefe in mm

$b$  = Fräsbreite in mm

$s'$  = Vorschubgeschwindigkeit in mm/min

$V'$  = zulässige Spanleistung in  $\text{cm}^3/\text{kW min}$ .

Die zulässige Spanleistung beträgt unter Berücksichtigung des Maschinenwirkungsgrades erfahrungsgemäß für

	<b>Walzenfräser</b> in $\text{cm}^3/\text{kW min}$	<b>Walzenstirnfräser und Messerköpfe</b> in $\text{cm}^3/\text{kW min}$
Werkstoffgruppe I	8	10
Werkstoffgruppe II	10	12
Werkstoffgruppe III	12	15
Werkstoffgruppe IV	22	28

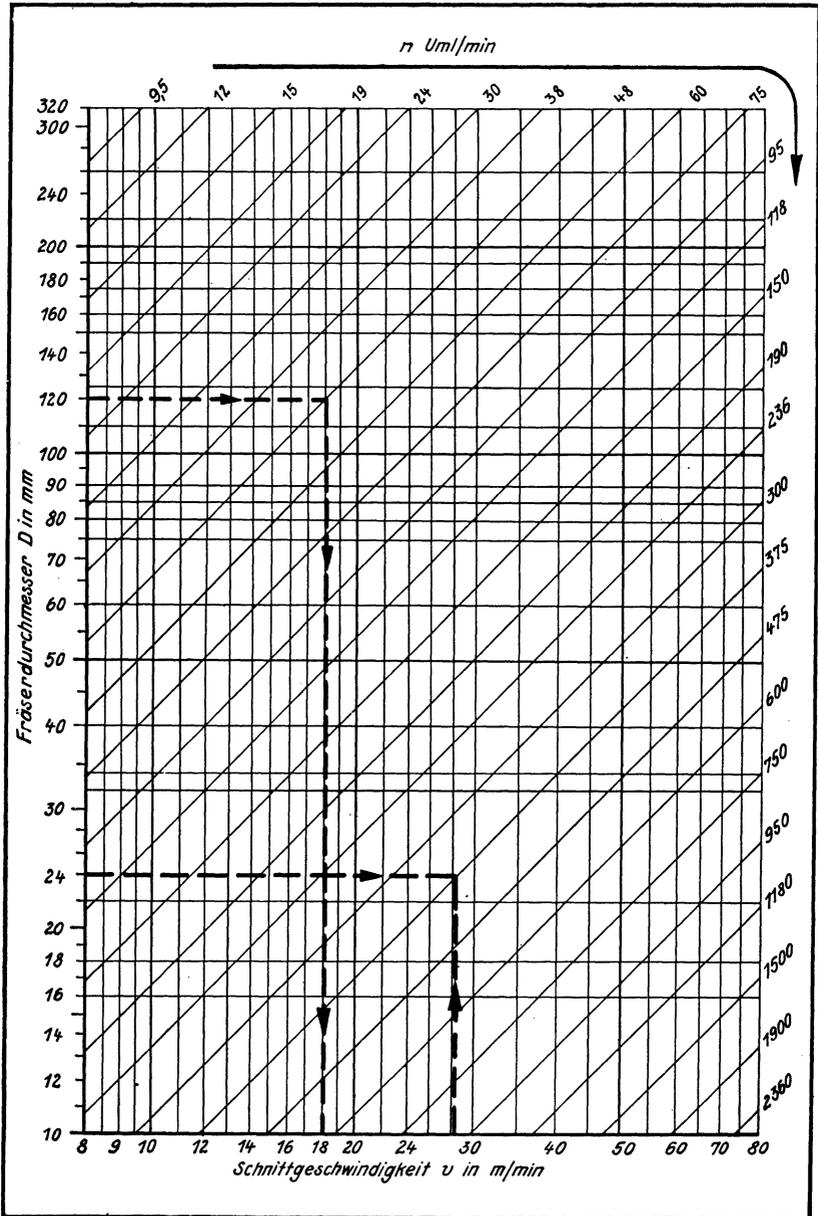
### 3. Werkzeug

Folgende Fräserarten wurden bei der Aufstellung der Berechnungstafeln berücksichtigt:

Walzenfräser,	Kreissägen,
Walzenstirnfräser,	Radiusfräser,
Messerköpfe,	Winkelstirn- und T-Nuten-Fräser,
Scheibenfräser,	Schaftfräser.

Die Verwendung neuzeitlicher Fräserformen, wie sie für die einzelnen Werkstoffgruppen geeignet und in der Tafel Fräs 2 Fräsergrundformen dargestellt sind, wird vorausgesetzt.

Die Richtwerte der Berechnungstafeln gelten für Fräser aus normalem Schnellstahl, nur die Tafel Fräs 22 gibt Richtwerte für Messerköpfe mit Hartmetallschneiden.



Fräs 13. Normzahlenreihe (Stufensprung 1,26), Fräserdurchmesser  $D$  in mm und Schnittgeschwindigkeit  $v$  in m/min

Da die Dicke des Fräsdornes auf die Leistungsfähigkeit des Fräasers großen Einfluß hat — ein dünner Dorn wird sich z. B. viel mehr abbiegen als ein dicker —, so sind bei gleichen Durchmesser Fräser mit größerer Bohrung vorzuziehen. Auch die Art der Fräsermitnahme hat Einfluß auf die Spanleistung des Werkzeuges. Ein Walzenstirnfräser mit Quernute kann höher beansprucht werden als ein solcher mit Längsnute.

Die in den Berechnungstafeln für Schruppen angegebenen Vorschubwerte sind Grenzwerte für die *Werkzeugbeanspruchung*, sie wurden ebenso wie die Grenzwerte für Maschinenleistung, die durch einen \* gekennzeichnet sind, durch Versuche festgelegt und sollten nicht ohne weiteres überschritten werden.

#### 4. Arbeitsvorgang

Das Werkstück muß starr eingespannt sein, wenn gute Fräseleistungen erzielt werden sollen. Unter dieser Voraussetzung gelten die angegebenen Vorschubwerte. Bei unstarrer Aufspannung, die sich manchmal wegen der Form des Werkstückes nicht vermeiden läßt, müssen die Vorschubwerte (um 1 bis 2 Stufen) herabgesetzt werden. In besonders günstigen Fällen, beispielsweise wenn ein dicker Fräsdorn verwendet wird oder der Werkstoff besonders gleichmäßig ist oder an die Oberflächengüte keine besonderen Ansprüche gestellt werden, kann der Vorschub um 1 bis 2 Stufen erhöht werden. Die höher oder niedriger liegenden Stufen entsprechen der Normenreihe und können der Zahlentafel Fräs 14 entnommen werden.

↑ 2 Stufen höher	30	38	48	60	75	95	118	150	190	236	300
1 Stufe höher	24	30	38	48	60	75	95	118	150	190	236
• In den Tafeln angegebene Vor- schubgeschwindigkeit in mm/min	19	24	30	38	48	60	75	95	118	150	190
• 1 Stufe niedriger	15	19	24	30	38	48	60	75	95	118	150
↓ 2 Stufen niedriger	12	15	19	24	30	38	48	60	75	95	118

Fräs 14. Stufung der Vorschubgeschwindigkeiten  $s'$  in mm/min

Ist beispielsweise ein Richtwert für die Vorschubgeschwindigkeit mit 60 mm/min angegeben, so kann in günstigen Fällen die Vorschubgeschwindigkeit auf 75 oder 95 mm/min erhöht werden; bei unstarrer Aufspannung soll sie dagegen auf 48 oder 38 mm/min herabgesetzt werden.

Bei größeren Spantiefen kann es zweckmäßiger sein, zwei oder mehrere flache Schnitte mit entsprechend höheren Vorschüben anstatt eines tiefen Schnittes mit geringerem Vorschub zu nehmen, weil dann die Spanleistung größer, dagegen die Beanspruchung von Maschine und Werkzeug geringer ist.

Soweit es die Form des Werkstückes zuläßt, werden für das Fräsen von Flächen vorteilhafter Stirnfräser und Messerköpfe verwendet; sie ergeben gegenüber Walzenfräsern bessere Oberflächen.

In den Berechnungstafeln sind für mehrere Fräsbreiten Vorschubwerte, die den üblichen Fräserbreiten angepaßt sind, angegeben. Auf gute Kühlung und Schmierung \*) mit Schneidöl oder Kühlöl (Bohrwasser-Emulsion) ist zu achten; Gußeisen, Temperguß und Magnesiumlegierungen werden trocken gefräst.

Beim Vorschruppen (in den Richtwerttafeln kurz Schruppen genannt) ist der Vorschub so zu wählen, daß ein möglichst schnelles Arbeiten einerseits und lange Standzeit des Werkzeuges andererseits erreicht werden. Diese Vorschubwerte sind Grenzwerte für die Werkzeugbeanspruchung oder, soweit sie mit \* versehen sind, für die Maschinenleistung. Dem Vorschruppen folgt in der Regel ein weiterer Fräsvorgang: das Schlichten.

Beim Fertigschruppen und beim Schlichten wird in erster Linie auf die Oberflächengüte Wert gelegt; dabei sind die Anforderungen, die an die fertig geschruppte Fläche hinsichtlich ihres Aussehens und ihrer Ebenheit gestellt werden, geringer als die Anforderungen an eine geschlichtete Fläche.

Jeder Fräser schlägt beim Arbeiten, auch wenn er ganz sorgfältig geschliffen ist; es läßt sich daher nicht vermeiden, daß je Umdrehung ein Fräserzahn einen besonders dicken Span abnimmt und eine entsprechende Vertiefung auf dem Werkstück zurückläßt. Diese Vertiefungen, die je Umdrehung sich wiederholen, bilden ein Maß für die Oberflächengüte. Die in der Tafel Fräs 15 angegebenen Vorschübe/Umdrehung wurden den Vorschubgeschwindigkeiten für Schlichten und Fertigschruppen in den Berechnungstafeln zugrunde gelegt. Die Zahlen können nur als Richtwerte gelten und müssen den vorliegenden Verhältnissen von Fall zu Fall angepaßt werden. Die unteren Grenzwerte entsprechen Fräsern mit kleinen Durchmessern und dünnen Dornen oder Aufnahmen, die oberen Grenzwerte Fräsern mit großen Durchmessern und kräftigen Aufnahmen, die hauptsächlich bei großen Fräsmaschinen (Maschinengruppe C) verwendet werden können.

---

\*) Vgl. Betriebsblatt AWF 37 Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung.

<i>Werkstoff</i>	<i>Arbeits- vorgang</i>	<i>Walzen- fräser</i>	<i>Walzenstirn- fräser</i>	<i>Scheiben- fräser</i>	<i>Messer- kopf</i>
<i>Stahl</i>	<i>Schlichten</i>	0,5 ... 0,8	0,5 ... 0,6	0,3 ... 0,6	1 ... 1,3
	<i>Fertig- schruppen</i>	0,8 ... 1,6	0,8 ... 1	—	1,3 ... 3
<i>Gußeisen</i>	<i>Schlichten</i>	0,6 ... 1	0,6 ... 0,8	0,4 ... 0,8	1,8 ... 3
	<i>Fertig- schruppen</i>	1,6 ... 2,5	1 ... 1,3	—	3,9 ... 4,7
<i>Rein- Aluminium</i>	<i>Schlichten</i>	—	—	0,2 ... 0,3	0,2 ... 0,3
	<i>Fertig- schruppen</i>	—	0,2 ... 0,3	—	0,4 ... 0,6
<i>ausgehärtete Aluminium- Legierungen</i>	<i>Schlichten</i>	—	—	0,2 ... 0,3	0,3 ... 0,4
	<i>Fertig- schruppen</i>	—	0,2 ... 0,3	—	0,6 ... 0,9
<i>Aluminiumguß- Legierungen</i>	<i>Schlichten</i>	—	—	0,2 ... 0,3	0,3 ... 0,4
	<i>Fertig- schruppen</i>	—	0,3 ... 0,4	—	0,5 ... 0,7
<i>Magnesium- Legierungen</i>	<i>Schlichten</i>	—	—	0,2 ... 0,3	0,2 ... 0,3
	<i>Fertig- schruppen</i>	—	0,2 ... 0,3	—	0,4 ... 0,6
<i>Messing</i>	<i>Schlichten</i>	—	0,8 ... 1	0,5 ... 0,7	0,9 ... 1,1
	<i>Fertig- schruppen</i>	—	1,3 ... 1,6	0,6 ... 0,8	1,2 ... 2,4

Fräs 15. Vorschubrichtwerte in mm je Fräserumlauf für Schlichten und [Fertigschruppen

### c) Berechnungstabellen mit Richtwerten für Vorschub und Schnittgeschwindigkeiten

	Maschinen-Gruppe	A		B		C		Fläche erzeugt durch:					
	Aufspannfläche d. Tisches	bis 700×250		bis 1200×355		bis 1600×400							
	Antriebsleistung	2,5kW		5kW		7,5kW							
Werkstoff	Brinell-Härte Festigkeit Schichten Schruppen Schnitttiefe a in mm	Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite b in mm											
		50	100	50	100	150	50	100	150				
VCN 35 vergütet VCMo 1+0	290/100 290/100	14	0,5	38	38	38	38	38	38	38	38	38	Schichten
		11	3	38	38	48	48	48	48	48	48	48	fertigschruppen
				60	48	75	60	48	95	75	60	Schruppen	
		11	5	48	38	60	48	38	75	60	48		
		9	8	—	—	38	30	24	48	38	30		
VCN 25 VCMo 125 ECN 25 ECMo 100 St 70.11 Stg 52.81	220/75 220/75 220/75 /52	18	0,5	48	48	48	48	48	48	48	48	48	Schichten
		14	3	60	60	75	75	75	75	75	75	75	fertigschruppen
				95	75	118	95	75	150	118	95	Schruppen	
		14	5	75	60*	95	75	60	118	95	75		
		11	8	—	—	60	48	38*	75	60	48		
StC 45.61 St 60.11 St 50.11 Te 38.92	180/65 170/60 140/50 150/38	22	0,5	60	60	60	60	60	60	60	60	60	Schichten
		18	3	75	75	95	95	95	95	95	95	95	fertigschruppen
				118	95	150	118	95	190	150	118	Schruppen	
		18	5	95	75*	118	95	75	150	118	95		
		14	8	—	—	75	60	48*	95	75	60		
Ge 18.91	170/18	18	0,5	60	60	60	60	60	60	60	60	60	Schichten
		14	3	95	95	118	118	118	118	118	118	118	fertigschruppen
				150	118	190	150	118	236	190	150	Schruppen	
		14	5	118	95	150	118	95	190	150	118		
		11	8	—	—	95	75	60	118	95	75		

Fräs 16. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Stahl und Gußeisen mit SS-Walzenfräsern  
Schichten, Fertigschruppen, Schruppen

Voraussetzung: Starre Einspannung des Werkstückes, kräftiger Fräsdorn, guter Rundlauf des Fräasers, zweckmäßige Kühlung. Fräser so einspannen, daß Axialdruck auf Spindel-lager gerichtet ist.

Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 11, Fall I

	Maschinen-Gruppe		A	B	C	Fläche erzeugt durch:								
	Aufspannfläche d. Tisches		bis 700×250	bis 1200×355	bis 1600×400									
	Antriebleistung		2,5kW	5kW	7,5kW									
Werkstoff	Brinell-Härte Festigkeit	Schnittgeschw u in m/min	Schichten	Schruppen	Schnitttiefe a in mm	Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite b in mm								
						30	60	30	60	100	30	60	100	
VCN 35 vergütet VCMo 140	290/100 290/100		14	0,5	60	48	60	48	38	60	48	38	schlichten	
			11	3	75	60	75	60	48	75	60	48	fertig.schrupp.	
					75	60	95	75	60	118	95	75		
			11	5	60	48	75	60	48	95	75	60	schruppen	
9	8	—	—	48	38	30	60	48	38					
VCN 25 VCMo 125 ECN 25 ECMo 100 St 70. 11 Stg 52. 81	220/75 220/75 220/75 /52		18	0,5	75	60	75	60	48	75	60	48	schlichten	
			14	3	95	75	95	75	60	95	75	60	fertig.schrupp.	
					118	95	150	118	95	190	150	118		
			14	5	95	75	118	95	75	150	118	95	schruppen	
11	8	—	—	75	60	48	95	75	60					
StC 45. 61 St 60. 11 St 50. 11 Te 38. 92	180/65 170/60 140/50 150/38		22	0,5	95	75	95	75	60	95	75	60	schlichten	
			18	3	118	95	118	95	75	118	95	75	fertig.schrupp.	
					150	118	190	150	118	236	190	150		
			18	5	118	95	150	118	95	190	150	118	schruppen	
14	8	—	—	95	75	60	118	95	75					
Ge 18. 91	170/18		18	0,5	95	75	95	75	60	95	75	60	schlichten	
			14	3	118	95	118	95	75	118	95	75	fertig.schrupp.	
					190	150	236	190	150	300	236	190		
			14	5	150	118	190	150	118	236	190	150	schruppen	
11	8	—	—	118	95	75	150	118	95					

Fräs 17. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Stahl und Gußeisen mit SS-Walzenstirnfräsern  
Schlichten, Fertigschruppen, Schruppen

Voraussetzung: Starre Einspannung, kurzer kräftiger Fräsdorn, zweckmäßige Kühlung.  
Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 12, Fall I bis III

	Maschinen-Gruppe		A		B		C		Fläche erzeugt durch:			
	Aufspannfläche d. Tisches		bis 700×250		bis 1200×355		bis 1600×400					
	Antriebsleistung		2,5kW		5kW		7,5kW					
Werkstoff	Brinell-Härte Festigkeit	Schichtgeschwindigkeit v in m/min	Schichten	Schruppen	Schnitttiefe a in mm	Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite b in mm						
						50	70	50	70	90	70	90
Reinaluminium DIN 1712 zähe Al-Leg. DIN 1713 z.B. Al-Mg 3	35/14	280	0,5	150	118	150	118	95	118	95	75	schlichten
		220	3	300	236	375	300	236	375	300	236	
	60/25	220	5	236	190	300	236	190	300	236	190	} schruppen
		220	8	-	-	190	150	118	190	150	118	
ausgehärtete Al-Leg. DIN 1713 z.B. Al-Cu-Mg	120/42	220	0,5	118	95	118	95	75	95	75	60	schlichten
		180	3	236	190	300	236	190	300	236	190	
		180	5	190	150	236	190	150	236	190	150	} schruppen
		180	8	-	-	150	118	95	150	118	95	
Al-Gußleg. DIN 1713 z.B. G. Al-Si-Mg	80/25	180	0,5	95	75	95	75	60	75	60	48	schlichten
		140	3	190	150	236	190	150	236	190	150	
		140	5	150	118	190	150	118	190	150	118	} schruppen
		140	8	-	-	118	95	75	118	95	75	
Magnesiumleg. DIN E 1717 z.B. Mg-Al-Leg. spröde Al-Sonder- Leg.(Automatenleg.)	65/33	355	0,5	190	150	190	150	118	150	118	95	schlichten
		280	3	375	300	475	375	300	475	375	300	
	95/40	280	5	300	236	375	300	236	375	300	236	} schruppen
		280	8	-	-	236	190	150	236	190	150	
Ms 58	70/15	56	0,5	190	150	190	150	118	150	118	95	schlichten
		36	3	236	190	300	236	190	300	236	190	
		36	5	190	150	236	190	150	236	190	150	} schruppen
		36	8	-	-	150	118	95	150	118	95	

Fräs 18. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Leichtmetallen und Messing mit SS-Walzenstirnfräsern  
**Schlichten, Schrappen**

Voraussetzung: Starre Einspannung, kurzer kräftiger Fräsdorn, zweckmäßige Kühlung.  
Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 12, Fall I bis III

	Maschinen-Gruppe		A		B		C		Fläche erzeugt durch:			
	Aufspannfläche d. Tisches		bis 700×250		bis 1200×355		bis 1600×400					
	Antriebleistung		2,5kW		5kW		7,5kW					
	Brinell-Härte Festigkeit	Schnittgeschw. v in m/min Fertig- schruppen	Schritttiefe $\alpha$ in mm	Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite $b$ in mm								
50				70	50	70	90	70	90	120		
Reinaluminium DIN 1712 zähe Al-Leg. DIN 1713 z.B. Al-Mg 3	35/14	220	bis 3	190	150	236	190	150	236	190	150	fertig schruppen
	60/25		5	150	118	190	150	118	190	150	118	
			8	-	-	118	95	75	118	95	75	
ausgehärtete Al-Leg. DIN 1713 z.B. Al-Cu-Mg	120/42	180	bis 3	150	118	190	150	118	190	150	118	fertig schruppen
			5	118	95	150	118	95	150	118	95	
			8	-	-	95	75	60	95	75	60	
Al-Gußleg. DIN 1713 z.B. G. Al-Si-Mg	80/25	140	bis 3	118	95	150	118	95	150	118	95	fertig schruppen
			5	95	75	118	95	75	118	95	75	
			8	-	-	75	60	48	75	60	48	
Magnesiumleg. DIN E 1717 z.B. Mg-Al-Leg. spröde Al-Sander- Leg.(Automatenleg.)	65/33	280	bis 3	236	190	300	236	190	300	236	190	fertig schruppen
	95/40		5	190	150	236	190	150	236	190	150	
			8	-	-	150	118	95	150	118	95	
Ms 58	70/15	36	bis 3	190	150	236	190	150	236	190	150	fertig schruppen
			5	150	118	190	150	118	190	150	118	
			8	-	-	118	95	75	118	95	75	

Fräs 19. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Leichtmetallen und Messing mit SS-Walzenstirnfräsern  
**Fertigschruppen**

Voraussetzung: Starre Einspannung, kurzer kräftiger Fräsdorn, zweckmäßige Kühlung.  
Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 12, Fall III (Schlichten).

	Maschinen-Gruppe			A		B		C		Fläche erzeugt durch:	
	Aufspannfläche d. Tisches			bis 700*250		bis 1200*355		bis 1600*400			
	Antriebleistung			2,5kW		5kW		75kW			
Werkstoff	Brinell-Harte Festigkeit	Schnittgeschw. v in m/min	Schichten	Schruppen	Schnitrtiefe a in mm	Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite b in mm					
						130	180	220	220	280	
VCN 35 vergütet VCMo 140	290/100 290/100		19	0,5		38	30	24	30	24	schlichten
						48	38	30	38	30	fertigschrupp
			15	3		48	48	48	60	48	schruppen
						38*	30	24	30	24	fertigschrupp.
			15	5		38*	38	38	48	38	schruppen
						—	24	19	24	19	fertigschrupp.
11	8		—	24	24	30	24	schruppen			
			24	0,5	48	38	30	38	30	schlichten	
VCN25 VCMo 1.5 ECN25 ECMo 100 St 70.11 Stg 52.81	220/75 220/75 220/75 /52		15	3		60	60	48	60	48	fertigschrupp
						75*	75	75	95	75	schruppen
			15	5		48*	48	38	48	38	fertigschrupp
						48*	60	60*	75	60	schruppen
			11	8		—	38	30	38	30	fertigschrupp
						—	38	38*	48	38	schruppen
StC 45.61 St 60.11 St 50.11 Te 38.92	180/65 170/60 140/50 150/38		19	3		60	48	38	48	38	schlichten
						75	75	60	75	60	fertigschrupp
			19	5		95*	95	95	118	95	schruppen
						60*	60	48	60	48	fertigschrupp
			15	8		60*	75	75*	95	75	schruppen
						—	48	38	48	38	fertigschrupp
—	48	48*	60	48	schruppen						
Ge 18.91	170/18		15	3		75	95	75	95	75	schlichten
						118	95	75	95	75	fertigschrupp
			15	5		118	118	118	150	118	schruppen
						95*	75	60	75	60	fertigschrupp
			11	8		95*	95	95*	118	95	schruppen
						—	60	48	60	48	fertigschrupp
—	60	60*	75	60	schruppen						

Fräs 20. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Stahl und Gußeisen mit Messerköpfen, Messer aus SS-Stahl  
**Schlichten, Fertigschruppen, Schruppen**

Voraussetzung: Starre Einspannung, sichere Aufnahme des Messerkopfes, Messer möglichst kurz einspannen, zweckmäßige Kühlung.

Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 12, Fall I bis III. Für Fertigschruppen sind die gleichen Werte wie für Schlichten (Fall III) zu wählen

	Maschinen-Gruppe		A	B		C		Fläche erzeugt durch:	
	Aufspannfläche d. Tisches		bis 700×250	bis 1200×355		bis 1600×400			
	Antriebsleistung		25kW	5kW		7,5kW			
Werkstoff	Brinell-Härte Festigkeit	Schnittgeschw. v in m/min Schlichten Schruppen	Schnitftiefe a in mm	Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite b in mm					
				130	180	220	220	280	
Reinaluminium DIN 1712  zähe Al-Leg. DIN 1713 z. B. Al-Mg 3	35/44	355	0,5	118	95	75	95	75	schlichten
			3	236	190	150	190	150	fertigschrupp.
		280	375	375	375	475	375	schruppen	
	60/25	280	5	190	150	118	150	118	fertigschrupp.
			300	300	300	375	300	schruppen	
		280	8	118	95	75	95	75	fertigschrupp.
ausgehärtete Al-Leg. DIN 1713 z. B. Al-Cu-Mg	120/42	280	0,5	95	75	60	75	60	schlichten
			3	190	150	118	150	118	fertigschrupp.
		300	300	300	375	300	schruppen		
	220	5	150	118	95	118	95	fertigschrupp.	
		236	236	236	300	236	schruppen		
		8	95	75	60	75	60	fertigschrupp.	
Al-Gußleg. DIN 1713 z. B. G. Al-Si-Mg	80/25	220	0,5	75	60	48	60	48	schlichten
			3	150	118	95	118	95	fertigschrupp.
		236	236	236	300	236	schruppen		
	180	5	118	95	75	95	75	fertigschrupp.	
		190	190	190	236	190	schruppen		
		8	75	60	48	60	48	fertigschrupp.	
Magnesiumleg. DIN E 1717 z. B. Mg-Al-Leg. spröde Al-Sonder- Leg.(Automatenleg.)	65/33	450	0,5	150	118	95	118	95	schlichten
			3	300	236	190	236	190	fertigschrupp.
	95/40	355	475	475	475	600	475	schruppen	
			236	190	150	190	150	fertigschrupp.	
		375	375	375	475	375	schruppen		
		355	8	150	118	95	118	95	fertigschrupp.
Ms 58	70/15	82	0,5	150	118	95	118	95	schlichten
			3	190	150	118	150	118	fertigschrupp.
		236	236	236	300	236	schruppen		
	48	5	150	118	95	118	95	fertigschrupp.	
		190	190	190	236	190	schruppen		
		8	118	95	75	95	75	fertigschrupp.	
118	118	118	150	118	schruppen				

Fräs 21. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Leichtmetallen und Messing mit Messerköpfen, Messer aus SS-Stahl  
**Schlichten, Fertigschruppen, Schruppen**

Voraussetzung: Starre Einspannung, sichere Aufnahme des Messerkopfes, Messer möglichst kurz einspannen, Messerkopf gut ausgewuchtet, zweckmäßige Kühlung.  
Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 12, Fall I bis III. Für Fertigschruppen sind die gleichen Werte wie für Schlichten (Fall III) zu wählen

	<i>Maschinen-Gruppe</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Fläche erzeu durc :</i>			
	<i>Aufspannfläche d. Tisches</i>		<i>bis 700×250</i>	<i>bis 1200×355</i>	<i>bis 1600×400</i>				
	<i>Antriebleistung</i>		<i>2,5kW</i>	<i>5kW</i>	<i>7,5kW</i>				
<i>Werkstoff</i>	<i>Binell-Härte</i>	<i>Schnittgeschw. v in m/min</i>	<i>Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite b in mm</i>						
	<i>Festigkeit</i>	<i>Schlichten</i>	<i>Schruppen</i>	<i>Schnitttiefe a in mm</i>	<i>130</i>	<i>180</i>	<i>220</i>		<i>220</i>
<i>Ge 18.91</i>	<i>170 H<sub>8</sub></i>	<i>75</i>	<i>0,5</i>	<i>150</i>	<i>190</i>	<i>150</i>	<i>150</i>	<i>118</i>	<i>schlichten</i>
		<i>65</i>	<i>3</i>	<i>118</i>	<i>150</i>	<i>118</i>	<i>150</i>	<i>118</i>	<i>schruppen</i>
		<i>65</i>	<i>5</i>	<i>—</i>	<i>118</i>	<i>95</i>	<i>118</i>	<i>95</i>	
		<i>50</i>	<i>8</i>	<i>—</i>	<i>—</i>	<i>—</i>	<i>75</i>	<i>75</i>	

Fräs 22. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Gußeisen mit Messerköpfen mit Hartmetallschneiden  
*Schlichten, Schruppen*

Zusätzliche Bemerkung: Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 12, Fall II (Schruppen) und III (Schlichten)

Mit Hartmetallmesserköpfen kann nur dann wirtschaftlich gearbeitet werden, wenn die nachstehend aufgeführten Bedingungen beachtet werden:

1. Die Fräsmaschine muß den hohen Anforderungen hinsichtlich Starrheit, Antriebleistung, Spindellagerung und Spindeldrehzahl entsprechen.
2. Der Messerkopf muß schlagfrei und möglichst dicht an der Spindellagerung, vorteilhaft unmittelbar auf der Spindel, befestigt werden. Die Messer sind fest und mit kurzer Ausladung einzuspannen.
3. Das Anschneiden des Messerkopfes hat bei voller Schnittgeschwindigkeit zu erfolgen.
4. Soll der Fräsvorgang mitten im Schnitt unterbrochen werden, so ist stets zuerst der Vorschub abzuschalten. Dann muß bei laufendem Messerkopf der Tisch mit Werkstück in die Ausgangsstellung zurückgefahren oder zurückgekurbelt werden. Erst wenn die Messer frei vom Werkstück sind, darf die Frässpindel stillgesetzt werden.
5. Große Spantiefen, etwa über 5 mm, werden zweckmäßig unterteilt. Es ist beispielsweise besser, zwei Späne von je 5 mm Tiefe zu nehmen, als einen Span von 10 mm Tiefe.
6. Bei außergewöhnlich hartem Guß empfiehlt es sich, mit der Vorschub- und Schnittgeschwindigkeit herunterzugehen.
7. Auch wenn nur einzelne Messer ausgetauscht sind, ist es erforderlich, alle Messer des Messerkopfes nachzuschleifen, damit sie gleichmäßig schneiden.
8. Hartmetallschneiden sind empfindlich gegen schlagartige Beanspruchung. Es ist daher ratsam, den Messerkopf nicht auf Mitte, sondern seitlich gemäß Fräs 12 Fall 2 anzustellen, um kommaförmige Späne abzunehmen.
9. Die oben angegebenen Vorschubgeschwindigkeiten stellen mittlere Richtwerte dar, die in erster Linie mit Rücksicht auf lange Standzeit festgelegt sind. Die Werte müssen von Fall zu Fall den Betriebsverhältnissen angepaßt werden

	<b>Maschinen-Gruppe</b>		<b>A</b>			<b>B</b>			<b>C</b>			<b>Fläche erzeugt durch:</b>				
	Aufspannfläche d. Tisches		bis 700×250			bis 1200×355			bis 1600×400							
	<b>Antriebsleistung</b>		2,5kW			5kW			7,5kW							
<b>Werkstoff</b>	Brinell-Härte Festigkeit	Schnittgeschw. u in m/min Fertig- schruppen	Schruppen	Schnitttiefe in mm	Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite b in mm											
					8	14	20	14	20	26	20	26	32			
VCN 35 vergütet VCMo 140	290/100 290/100	14	5	30	24	19	30	24	19	30	24	19	fertig.schrupp.			
				75	60	48	75	60	48	75	60	48	schruppen			
		14	10	30	24	19	30	24	19	30	24	19	fertig.schrupp.			
				60	48	38	60	48	38	60	48	38	schruppen			
		14	20	24	19	15	24	19	15	24	19	15	fertig.schrupp.			
				48	38	30	48	38	30	48	38	30	schruppen			
14	40	—	—	—	15	12	9	15	12	9	fertig.schrupp.					
		—	—	—	24	19	15	24	19	15	schruppen					
VCN 25 VCMo 125 ECN 25 ECMo 100 St 70.11 Stg 52.81	220/75 220/75 220/75 /52	18	5	38	30	24	38	30	24	38	30	24	fertig.schrupp.			
				118	95	75	118	95	75	118	95	75	schruppen			
		18	10	38	30	24	38	30	24	38	30	24	fertig.schrupp.			
				95	75	60	95	75	60	95	75	60	schruppen			
		18	20	30	24	19	30	24	19	30	24	19	fertig.schrupp.			
				75	60	48	75	60	48	75	60	48	schruppen			
18	40	—	—	—	19	15	12	19	15	12	fertig.schrupp.					
		—	—	—	38	30	24	38	30	24	schruppen					
StC 45.61 St 60.11 St 50.11 Te 38.92	180/65 170/60 140/50 150/38	22	5	48	38	30	48	38	30	48	38	30	fertig.schrupp.			
				150	118	95	150	118	95	150	118	95	schruppen			
		22	10	48	38	30	48	38	30	48	38	30	fertig.schrupp.			
				118	95	75	118	95	75	118	95	75	schruppen			
		22	20	38	30	24	38	30	24	38	30	24	fertig.schrupp.			
				95	75	60	95	75	60	95	75	60	schruppen			
22	40	—	—	—	24	19	15	24	19	15	fertig.schrupp.					
		—	—	—	48	38	30	48	38	30	schruppen					
Ge 18.91	170/48	18	5	48	38	30	48	38	30	48	38	30	fertig.schrupp.			
				190	150	118	190	150	118	190	150	118	schruppen			
		18	10	48	38	30	48	38	30	48	38	30	fertig.schrupp.			
				150	118	95	150	118	95	150	118	95	schruppen			
		18	20	38	30	24	38	30	24	38	30	24	fertig.schrupp.			
				118	95	75	118	95	75	118	95	75	schruppen			
18	40	—	—	—	24	19	15	24	19	15	fertig.schrupp.					
		—	—	—	60	48	38	60	48	38	schruppen					

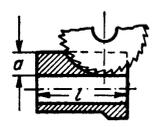
**Fräs 23. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Stahl und Gußeisen mit SS-Scheibenfräsern**  
**Fertigschruppen, Schruppen**

Voraussetzung: Starre Einspannung, kräftiger Fräsdorn, zweckmäßige Kühlung.  
Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 11, für Fertigschruppen sind die gleichen Werte wie für Schlichten zu wählen.

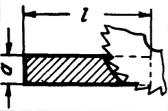
	Maschinen-Gruppe	A	B	C	Fläche erzeugt durch:									
	Aufspannfläche d Tisches	bis 700×250	bis 1200×355	bis 1600×400										
	Antriebleistung	2,5kW	5kW	7,5kW										
Werkstoff	Brinell-Härte Festigkeit Fertigschuppen Schruppen Schnitttiefe a in mm	Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite b in mm												
		8	14	20	14	20	26	20	26	32				
Reinaluminium DIN 1712 zähe Al-Leg. DIN 1713 z.B. Al-Mg 3	35/14	280	5	150	118	95	150	118	95	150	118	95	fertigschrupp.	
		220	5	375	300	236	375	300	236	375	300	236	schruppen	
	60/25	280	10	150	118	95	150	118	95	150	118	95	fertigschrupp.	
		220	10	300	236	190	300	236	190	300	236	190	schruppen	
		280	20	118	95	75	118	95	75	118	95	75	fertigschrupp.	
		220	20	236	190	150	236	190	150	236	190	150	schruppen	
280	40	—	—	—	75	60	48	75	60	48	75	60	fertigschrupp.	
	220	40	—	—	—	150	118	95	150	118	95	150	schruppen	
ausgehärtete Al-Leg. DIN 1713 z.B. Al-Cu-Mg	120/42	220	5	118	95	75	118	95	75	118	95	75	fertigschrupp.	
		180	5	300	236	190	300	236	190	300	236	190	schruppen	
	180	10	118	95	75	118	95	75	118	95	75	118	95	fertigschrupp.
		220	10	236	190	150	236	190	150	236	190	150	schruppen	
	180	20	95	75	60	95	75	60	95	75	60	95	75	fertigschrupp.
		220	20	190	150	118	190	150	118	190	150	118	190	schruppen
180	40	—	—	—	60	48	38	60	48	38	60	48	fertigschrupp.	
180	40	—	—	—	118	95	75	118	95	75	118	95	schruppen	
Al-Gußleg. DIN 1713 z.B. G. Al-Si-Mg	80/25	180	5	95	75	60	95	75	60	95	75	60	fertigschrupp.	
		140	5	236	190	150	236	190	150	236	190	150	schruppen	
	180	10	95	75	60	95	75	60	95	75	60	95	75	fertigschrupp.
		140	10	190	150	118	190	150	118	190	150	118	190	schruppen
	180	20	75	60	48	75	60	48	75	60	48	75	60	fertigschrupp.
		140	20	150	118	95	150	118	95	150	118	95	150	schruppen
180	40	—	—	—	48	38	30	48	38	30	48	38	fertigschrupp.	
140	40	—	—	—	95	75	60	95	75	60	95	75	schruppen	
Magnesiumleg. DIN E 1717 z.B. Mg-Al-Leg. spröde Al-Sonder- Leg.(Automatenleg.)	65/33	350	5	190	150	118	190	150	118	190	150	118	fertigschrupp.	
		280	5	475	375	300	475	375	300	475	375	300	schruppen	
	350	10	190	150	118	190	150	118	190	150	118	190	150	fertigschrupp.
		280	10	375	300	236	375	300	236	375	300	236	schruppen	
	350	20	150	118	95	150	118	95	150	118	95	150	118	fertigschrupp.
		280	20	300	236	190	300	236	190	300	236	190	schruppen	
350	40	—	—	—	95	75	60	95	75	60	95	75	fertigschrupp.	
280	40	—	—	—	190	150	118	190	150	118	190	150	schruppen	
Ms 58	70/15	56	5	95	75	60	95	75	60	95	75	60	fertigschrupp.	
		36	5	236	190	150	236	190	150	236	190	150	schruppen	
	56	10	95	75	60	95	75	60	95	75	60	95	75	fertigschrupp.
		36	10	190	150	118	190	150	118	190	150	118	190	schruppen
	56	20	75	60	48	75	60	48	75	60	48	75	60	fertigschrupp.
		36	20	150	118	95	150	118	95	150	118	95	150	schruppen
56	40	—	—	—	48	38	30	48	38	30	48	38	fertigschrupp.	
36	40	—	—	—	95	75	60	95	75	60	95	75	schruppen	

Fräs 24. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Leichtmetallen und Messing mit SS-Scheibenfräsern  
**Fertigschuppen, Schruppen**

Voraussetzung: Starre Einspannung, kräftiger Fräsdorn, zweckmäßige Kühlung.  
 Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 11, für Fertigschuppen sind die gleichen Werte wie für Schlichten zu wählen.

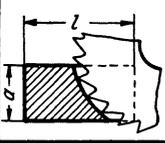
	Sägedurchmesser <i>D</i> in mm			60			100			150							
	Werkstoff	Brinell-Härte Festigkeit	Schnittgeschwind. <i>v</i> in m/min	Schnitttiefe <i>a</i> in mm	Vorschübe in mm/min bei einer Sägenbreite <i>b</i> in mm												
					0,5	1	2	3	1,5	2,5	3,5	5	2	3	4	5	
VCN 25, VCM <sub>0</sub> 125 ECN 25, ECM <sub>0</sub> 100 St 70.11 Stg 52.81	220/75	45		5	19	24	30	30	30	38	48	60	30	38	48	48	
	220/75				10	15	19	24	24	24	30	38	48	24	30	38	38
	220/75 /52																
StC 45.61 St 60.11 St 50.11 Te 38.92	180/65	55		5	24	30	38	38	38	48	60	75	38	48	60	60	
	170/60				10	19	24	30	30	30	38	48	60	30	38	48	48
	140/50 150/38																
Ae 18.91	170/48	45		5	30	38	48	48	48	60	75	95	48	60	75	75	
					10	24	30	38	38	38	48	60	75	38	48	60	60

Fräs 25. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Sägen (Schlitzen) von Stahl und Gußeisen mit feinverzahnten SS-Kreissägen DIN 135 für feine Schnitte, geringe Schnitttiefe. Zweckmäßige Kühlung. Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 11, Fall I.

	Sägedurchmesser D in mm		80		125			175						
	Werkstoff	Brinell-Härte Festigkeit	Schnittgeschwindigkeit v in m/min	Schnitttiefe a in mm	Vorschübe in mm/min bei einer Sägenbreite b in mm									
					1	2	3	1,5	2,5	3,5	2	3	4	5
VCN 25, VCM <sub>0</sub> 125 ECN 25, ECM <sub>0</sub> 100 St 70. 11 Stg 52. 81	220/75	40	50	5	30	38	48	38	48	60	38	48	60	60
	220/75			10	24	30	38	30	38	48	30	38	48	48
	152			25	—	—	—	15	19	24	15	19	24	24
StC 45. 61 St 60. 11 St 50. 11 Te 38. 12	180/65	50	50	5	38	48	60	48	60	75	48	60	75	75
	170/60			10	30	38	48	38	48	60	38	48	60	60
	140/50			25	—	—	—	19	24	30	19	24	30	30
Ge 18. 91	170/18	35	50	5	48	60	75	60	75	95	60	75	95	95
				10	38	48	60	48	60	75	48	60	75	75
				30	25	—	—	—	24	30	38	24	30	38

Fräs 26. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Sägen von Stahl und Gußeisen mit mittelverzahnten SS-Kreissägen DIN 136 für mittlere Schnitte  $l > 2a$ , mittlere Schnitttiefe. Für Stahl Drehstahlverzahnung.

Zweckmäßige Kühlung. Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 11, Fall I.

	Sägendurchmesser D in mm		100			150			200				
	Werkstoff	Brinell-Härte festigkeit	Schnittgeschwind. v in m/min	Vorschübe in mm/min bei einer Sägenbreite b in mm									
				Schnitttiefe a in mm		1	2	3	1,5	2,5	3,5	2	3
VCN 25, VCM <sub>0</sub> 125 ECN 25, ECM <sub>0</sub> 100 St 70. 11 Stg 52.81	220/75	35	25	15	30	38	24	30	38	24	30	38	30
	220/75		50	-	-	-	-	19	24	15	19	24	19
	/52	30	75	-	-	-	-	-	-	-	12	15	15
			40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
StC 45. 61 St 60. 11 St 50. 11 Te 38. 92	180/65	45	25	19	38	48	30	38	48	30	38	48	38
	170/60		50	-	-	-	-	24	30	19	24	30	24
	140/50	40	75	-	-	-	-	-	-	-	15	19	15
	150/38		40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ge 18.91	170/18	35	25	24	48	60	38	48	60	38	48	60	48
			50	-	-	-	-	30	38	24	30	38	30
		30	75	-	-	-	-	-	-	-	19	24	19

Fräs 27. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Sägen (Trennen) von Stahl und Gußeisen mit grobverzahnten SS-Kreissägen für schwere Schnitte,  $l \leq 2a$ , größere Schnitttiefe. Für Stahl Drehstahlverzahnung.

Zweckmäßige Kühlung. Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 11, Fall I.

	Maschinen-Gruppe	A	B und C						
	Aufspannfläche des Tisches	700×250mm	1200×355 bzw. 1600×400mm						
	Antriebsleistung	2,5kW	5 kW bzw. 7,5kW						
Werkstoff	Brinell-Härte Festigkeit	Schnittgeschwindigkeit $v$ in m/min	Vorschübe in mm/min für einen Profilradius $r$ in mm						
	Schlichten $a = 0,5$	Schruppen $a = r$	2,5 bis 4	4,5 bis 8	8,5 bis 11	12 bis 14	15 bis 20		
Leg Werkzeugstahl			14	—	24	19	15	12	12
			—	11	48	38	30	24	24
St 60. 11	170/60	18	—	30	24	19	15	15	
St 50. 11	140/50								
Te 38. 92	150/38	—	14	60	48	38	30	30	
Ge 18. 91	170/18	18	—	38	30	24	19	19	
		—	14	75	60	48	38	38	

Fräs 28. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Stahl und Gußeisen mit hinterdrehten Radiusfräsern.

#### Schlichten, Schruppen

Zweckmäßige Kühlung. Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 11, Fall I und II

Zu beachten ist ferner:

Formfräser stellen an die Schwingungsfreiheit der Fräsmaschinen außerordentliche Anforderungen. Um das gefürchtete Rattern herabzumindern, sollten alle Formfräser eine geringe Spirale und einen Spanwinkel von etwa  $6^\circ$  aufweisen. Durch den positiven Spanwinkel wird ein wesentlich ruhigeres Arbeiten des Fräasers und durch den Drall ein dem Schälsschnitt ähnliches Anschneiden der Zähne bewirkt, wobei eine geringe Profilverzerrung in Kauf genommen werden muß.

Bei Verwendung eines Formfräsersatzes sollen ebenfalls die Fräser so versetzt angeordnet werden, daß keinesfalls alle oder mehrere Zähne gleichzeitig zum Eingriff kommen.

Verwendung eines starken Fräsdornes und dessen sorgfältige, mehrfache Abstützung wirken ebenfalls der Geräuschbildung entgegen.

Schließlich kann man auch auftretende Schwingungen durch Verändern von Vorschub und Schnittgeschwindigkeit vermindern, gegebenenfalls ist mit veringertem Vorschub anzuschneiden.

Die Fräser sind oft zu schärfen.

	<i>Maschinen-Gruppe</i>		<i>A</i>		<i>B</i>			<i>C</i>						
	Aufspannfläche d. Tisches		bis 700×250		bis 1200×355			bis 1600×400						
	Antriebleistung		2,5kW		5kW			7,5kW						
<i>Werkstoff</i>	<i>Brinell-Härte Festigkeit</i>	<i>Schnittgeschwindigkeit v in m/min</i>	<i>Grund- schichten</i>	<i>Schräge schichten</i>	<i>Aus dem Vor- lern schrupper</i>	<i>Vorschübe in mm/min für eine Prismenhöhe</i>								
						<i>bis 24</i>	<i>bis 24 bis 34</i>	<i>bis 24 bis 34</i>	<i>über 24 über 34</i>	<i>bis 24 bis 34</i>	<i>über 24 über 34</i>	<i>über 24 über 34</i>	<i>über 24 über 34</i>	<i>über 24 über 34</i>
<i>VGN 25, VCMo 125 ECN 25, ECMo 100 St 70.11 Stg 52.81</i>	220/75	20			60	60	60	60	48	60	60	48		
	220/75		20		48	48	48	48	38	48	48	38		
	152			16	24	19	30	24	19	38	30	24		
<i>StC 45.61 St 60.11 St 50.11 Te 38.92</i>	180/65	22			95	95	95	95	75	95	95	75		
	170/60		22		75	75	75	75	60	75	75	60		
	140/50 150/38			18	38	30	48	38	30	60	48	38		
<i>Ge 18.91</i>	170/18	20			118	118	118	118	95	118	118	95		
			20		95	95	95	95	75	95	95	75		
				16	48	38	60	48	38	75	60	48		

Fräs 29. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Stahl und Gußeisen mit SS-Winkelstirnfräsern  
*Schichten, Schruppen*

Zweckmäßige Kühlung. Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 12, Fall II und III

	<i>Maschinen-Gruppe</i>		A		B			C			
	<i>Aufspannfläche d. Tisches</i>		bis 700×250		bis 1200×355			bis 1600×400			
	<i>Antriebleistung</i>		2,5kW		5kW			7,5kW			
<i>Werkstoff</i>	<i>Brinell-Härte Festigkeit</i>	<i>Schnitt- geschwindigkeit v in m/min</i>	<i>Vorschübe in mm/min für eine Nutenbreite b</i>								
			<i>bis 18</i>	<i>18 bis 34</i>	<i>bis 18</i>	<i>18 bis 34</i>	<i>über 34</i>	<i>bis 18</i>	<i>18 bis 34</i>	<i>über 34</i>	
VCN 25, VCMo 125 ECN 25, ECMo 100 St 70.11 Stg 52.81	220/75 220/75 220/75 /52	16	15	19	19	24	24	19	24	24	
St C 45.61 St 60.11 St 50.11 Te 38.92	180/65 170/60 140/50 150/38	18	19	24	24	30	30	24	30	30	
Ge 18.91	170/18	18	30	38	38	48	48	30	48	48	

**Fräs 30.** Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Stahl und Gußeisen mit T-Nutenfräsern aus SS-Stahl

Zweckmäßige Kühlung, bei Gußbearbeitung Späne mit Preßluft entfernen.  
Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 12, Fall III

	<b>Maschinen-Gruppe</b>			<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Fläche erzeugt durch:</b>			
	<b>Aufspannfläche d. Tisches</b>			bis 700×250	bis 1200×355	bis 1600×400				
	<b>Antriebsleistung</b>			2,5kW	5kW	7,5kW				
	<b>Werkstoff</b>	<b>Brinell-Härte Festigkeit</b>	<b>Schichtarten</b>	<b>Schnittgeschw. v in m/min</b>	<b>Vorschübe in mm/min für eine Fräsbreite b in mm</b>					
<b>Schraupern</b>					<b>Schnitttiefe a in mm</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>45</b>	<b>65</b>	<b>80</b>
VCN 35 vergütet VCMo 140	290/100	Schichten	17	0,5	75	75	60	60	60	schichten
			13	3	38	38	30	38	30	
	290/100	Schraupern	13	5	—	24	24	30	24	schraupern
			13	8	—	—	15	19	15	
VCN25 VCMo 125 ECN 25 ECMo 100 St 70.11 Stg 52.81	220/75	Schichten	19	0,5	118	118	95	75	60	schichten
			15	3	60	60	48	60	48	
	220/75	Schraupern	15	5	—	38	38	48	38	schraupern
			15	8	—	—	24	30	24	
StC 45.61 St 60.11 St 50.11 Te 38.92	180/65	Schichten	22	0,5	150	150	118	95	75	schichten
			17	3	75	75	60	75	60	
	170/60	Schraupern	17	5	—	48	48	60	48	schraupern
			17	8	—	—	30	38	30	
Ge 18.91	170/18	Schichten	19	0,5	150	150	118	95	75	schichten
			15	3	95	95	75	95	75	
	170/18	Schraupern	15	5	60	60	60	75	60	schraupern
			15	8	—	38	38	48	38	

**Fräs 31. Richtwerte für Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen von Stahl und Gußeisen mit Schaffträsern**  
**Schichten, Schruppen**

Auf sichere Befestigung des Fräasers achten. Zweckmäßige Kühlung. Zuschlagwerte für An- und Überlauf: Fräs 12, Fall II und III

### III. Nebenzeit

Beim Aufstellen der Tafeln für Nebenzeiten war es nicht möglich, alle vorkommenden Fälle, die von den verschiedenen Arbeits- und Betriebsverhältnissen beeinflusst werden, zu berücksichtigen. Die folgenden Tafeln sind daher lediglich als Beispiele für eine zweckmäßige und übersichtliche Gestaltung der Zeitermittlungsunterlagen zu werten. Die Zeiten dieser Tafeln sind Richtwerte und gelten nur unter den angegebenen Voraussetzungen; es wird immer notwendig sein, den jeweils vorliegenden Werkstücken und Fertigungsverhältnissen entsprechende Zeitwerte neu zu ermitteln und in Berechnungstafeln zusammenzustellen.

Die beim Fräsen auftretenden Nebenzeiten sind in folgende drei Gruppen gegliedert:

- a) Spannen (einschl. Ausrichten),
- b) Tisch verstellen,
- c) Span anstellen und Messen.

#### a) Spannen

Das Werkstück soll zweckmäßig so gespannt werden, daß es möglichst nahe an die Ständergleitfläche gebracht werden kann, damit kurze Fräsdorne verwendet werden können. Spanneisen und Spannschrauben sind so zu setzen, daß der Hauptspanndruck auf das Werkstück und nicht auf die Unterlage des Spanneisens ausgeübt wird. Die Spanneisen sollen möglichst gleichmäßig über das Werkstück verteilt werden.

Als Beispiel für eine Entwicklungstafel (Fräs 32) wird das Spannen im Teilkopf bei Dornarbeit gezeigt. Die einzelnen Zeitwerte sind durch Zeitaufnahmen gewonnen. Als Bezugsgröße ist das Gewicht gewählt, da einfache Werkstücke vorausgesetzt sind. In solchen Fällen, in denen gleiche und ähnliche Werkstücke sich öfters wiederholen, wird man außer dem Gewicht auch noch andere Bezugsgrößen heranziehen, wie z. B. Abmessungen, Baumusterbezeichnungen oder sonstige besondere Merkmale.

Die Berechnungstafel (Fräs 33) gilt für Spannen und Ausrichten von einfachen Werkstücken. Zum Sp a n n v o r g a n g gehört das A u f - und A b s p a n n e n. Die Zeiten werden beeinflusst durch

#### 1. die Art des Spannsens,

gebräuchliche Spannarten: Spannen auf Tisch, im Schraubstock, in Vorrichtung, am Winkel, im Teilkopf mit Futter, im Teilkopf mit Gegenspitze, im Teilkopf auf Dorn

#### 2. die Art des Ausrichtens,

je nach Güte der verlangten Arbeit: Ausrichten nach Augenmaß, nach Winkel oder Wasserwaage, nach Anriß

Ziffer	Unterteilung	Gewicht des Werkstückes einschl. Dorn			
		bis 1kg	bis 10kg	bis 25kg	bis 50kg
		min	min	min	min
1	Werkstück aufnehmen, Bohrung reinigen u. entgraten	0,3	0,4	0,4	0,6
2	Gang zur Dornpresse	—	0,15	0,15	0,3
3	Dorn ölen, einführen u. einpressen	0,35	0,65	1,0	1,4
4	Gang zur Maschine	—	0,15	0,15	0,3
5	Mitnehmer ausspannen	0,08	0,1	0,1	0,15
6	Körner ölen, Werkstück zwischen Spitzen führen, Pinole ankurbeln u. Knebel anziehen	0,2	0,2	0,25	0,3
7	Knebel lösen, Pinole abkurbeln u. Werkstück herausnehmen	0,15	0,15	0,2	0,25
8	Mitnehmer abspannen	0,08	0,1	0,1	0,1
9	Gang zur Dornpresse	—	0,15	0,15	0,3
10	Dorn auspressen	0,08	0,3	0,65	0,85
11	Gang zur Maschine	—	0,15	0,15	0,3
12	Werkstück ablegen	0,06	0,1	0,1	0,15
Zeit für 1 Spannvorgang		1,3	2,6	3,4	5

Fräs 32. Grundwerte für Spannen im Teilkopf auf Dorn nach Augenmaß  
(s. Fräs 33, Ziffer 20)

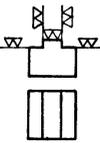
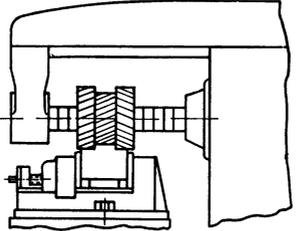
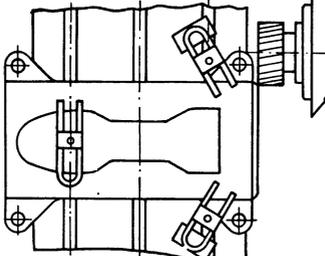
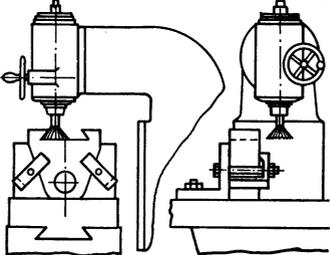
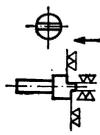
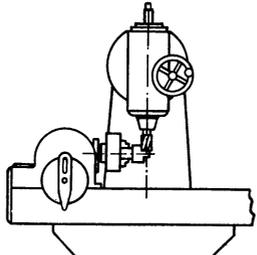
3. das Gewicht des Werkstückes,

Gewichtsabstufung: bis 1 kg, über 1 bis 10 kg, bis 25 kg, bis 50 kg und über 50 bis 100 kg. Sind Werkstücke anderer Größenordnung zu spannen, so müssen entsprechend andere Abstufungen gewählt werden. Für Werkstücke aus Leichtmetall beispielsweise gelten die hier aufgeführten Zeitwerte nicht.

Art des Spannens	Ziffer	Art des Ausrichtens	Spannen der Werkstücke (auf und ab) einschl. Säubern der Spannfläche				
			ohne Hilfe			mit Hilfe	mit Hebezeug
			Werkstückgewicht bis				
1kg a	10kg b	25kg c	50kg d	50÷100kg e			
Auf Tisch mit 2 Spanneisen *	1	nach Augenmaß	1	1,2	2,4	4,3	9
	2	nach Winkel oder Waage	1,5	2,4	3,6	5,6	11
	3	nach Anriß	2	3	5	6,8	12
Für jedes weitere Spanneisen	4		0,4	0,6	0,8	1	1,4
Im Schraubstock	5	nach Augenmaß	0,8	1	1,3	2,6	—
	6	nach Winkel oder Waage	1	1,4	2	4,3	—
	7	nach Anriß	2	2,5	3,5	6	—
Für weiteres Spannen des Werkstückes mit Schraube außerhalb des Schraubstockes je Schraube mehr	8		1	1	1,3	1,6	2
In Vorrichtung **	9	nach Augenmaß	0,5	0,7	1	3,2	10,5
Am Winkel mit 2 Spanneisen *	10	nach Augenmaß	1,2	1,6	2	4,8	9,5
	11	nach Winkel oder Waage	2,2	2,7	3,6	5,8	11
	12	nach Anriß	2,8	3,4	5,6	7,2	12,5
Für jedes weitere Spanneisen	13		1	1,2	1,6	2	2,8
Im Teilkopf im Futter	14	nach Augenmaß	0,4	0,6	1	2,7	—
	15	nach Winkel oder Waage	0,8	1,2	1,8	3,6	—
	16	nach Anriß	1	1,4	2	4,4	—
Im Teilkopf mit Gegenspitze	17	nach Augenmaß	0,5	0,8	1,2	3	—
	18	nach Winkel oder Waage	1	1,4	2	3,8	—
	19	nach Anriß	1,2	1,8	2,3	4,6	—
Im Teilkopf auf Dorn	20	nach Augenmaß	1,3	2,6	3,4	5	—
	21	nach Winkel oder Waage	1,6	3,5	4	6	—
	22	nach Anriß	2	4	4,8	7,5	—

\* Die Zeitwerte gelten für Werkstücke, bearbeitet oder un bearbeitet, die sich gut spannen lassen, andernfalls sind je nach Schwierigkeitsgrad entsprechende Zuschläge erforderlich.  
\*\* Werte gelten nur für einfache Vorrichtungen, sonst ist die Zeit d. Zeitaufnahme zu ermitteln.

Fräs 33. Berechnungstafel für Spannzeiten

Werkstück	Spannbild	Erläuterung
 <p data-bbox="173 462 263 486">Beispiel 1</p>		<p data-bbox="683 231 957 263">Bearb. auf Masch.-Gruppe: <u>  A  </u></p> <p data-bbox="683 271 957 303">Werkstückgewicht: <u>  0,8 kg  </u></p> <p data-bbox="683 311 957 391">Art des Spanns: <u>  im Schraubstock, nach Augenmaß  </u></p> <p data-bbox="683 430 957 462">Nach Tafel: <u>  Fräs 33/5a  </u></p> <p data-bbox="683 462 957 494">Zeit: <u>  0,8 min  </u></p>
 <p data-bbox="173 734 263 758">Beispiel 2</p>		<p data-bbox="683 502 957 534">Bearb. auf Masch.-Gruppe: <u>  C  </u></p> <p data-bbox="683 542 957 574">Werkstückgewicht: <u>  90 kg  </u></p> <p data-bbox="683 582 957 662">Art des Spanns: <u>  auf dem Tisch mit 3 Spanneisen, nach Anriß  </u></p> <p data-bbox="683 702 957 734">Nach Tafel: <u>  Fräs 33/3e, 4e  </u></p> <p data-bbox="683 734 957 766">Zeit: <u>  13,4 min  </u></p>
 <p data-bbox="173 1005 263 1029">Beispiel 3</p>		<p data-bbox="683 782 957 813">Bearb. auf Masch.-Gruppe: <u>  B  </u></p> <p data-bbox="683 821 957 853">Werkstückgewicht: <u>  18 kg  </u></p> <p data-bbox="683 861 957 941">Art des Spanns: <u>  am Winkel mit 2 Spanneisen, nach Anriß  </u></p> <p data-bbox="683 981 957 1013">Nach Tafel: <u>  Fräs 33/12c  </u></p> <p data-bbox="683 1013 957 1045">Zeit: <u>  5,6 min  </u></p>
 <p data-bbox="168 1276 268 1300">Beispiel 4</p>		<p data-bbox="683 1053 957 1085">Bearb. auf Masch.-Gruppe: <u>  A  </u></p> <p data-bbox="683 1093 957 1125">Werkstückgewicht: <u>  2 kg  </u></p> <p data-bbox="683 1133 957 1212">Art des Spanns: <u>  im Teilkopf, im Futter nach Augenmaß  </u></p> <p data-bbox="683 1252 957 1284">Nach Tafel: <u>  Fräs 33/14b  </u></p> <p data-bbox="683 1284 957 1316">Zeit: <u>  0,6 min  </u></p>

Fräs 34. Beispiele für die Berechnung der Spannzeiten

Soll z. B. ein etwa 8 kg schweres Werkstück im Schraubstock gespannt und nach Augenmaß ausgerichtet werden, so beträgt nach Fräs 33 die hierfür erforderliche Zeit 1 min.

Andere Beispiele sind in Fräs 34 näher behandelt.

## **b) Tisch verstellen**

Unter Tisch verstellen wird die Bewegung des Frästisches in Längs-, Quer- und senkrechter Richtung verstanden. Sie muß ausgeführt werden, um den Frästisch

1. nach dem Spannen des Werkstückes vorwärts bis zu der Stelle heranzufahren, von der aus das Spannen erfolgt, und
2. nach dem Fräsen rückwärts bis in die Stellung zu fahren, in der das Werkstück frei vom Werkzeug gefahrlos gespannt werden kann.

Der beim Rückwärtsfahren nach 2 zurückgelegte Weg ist in den meisten Fällen gleich der Länge der gefrästen Fläche zuzüglich dem An- und Überlaufweg des Fräasers (s. Tafel Fräs 11 und 12) und zuzüglich der Strecke, die für das Vorwärtsfahren des Tisches nach 1 erforderlich ist. Beim Fräsen mit Stirnfräsern lassen Form und Aufspannung des Werkstückes bisweilen ein Arbeiten in beiden Längsrichtungen des Tisches zu; ein Rückwärtsfahren erfolgt in diesem Falle nicht, so daß ein entsprechender Zeitwert in die Rechnung nicht eingesetzt zu werden braucht.

Das Verstellen des Frästisches kann erfolgen

1. durch Handbetätigung,
2. durch selbsttätigen Eilgang.

Die dafür erforderliche Zeit setzt sich jeweils zusammen aus einem Grundwert und einem veränderlichen Wert.

1. **Grundwert**: In der Entwicklungstafel Fräs 35 sind Griffe, die zur Einleitung und Beendigung jeder einzelnen Tischverstellung ausgeführt werden müssen, der Arbeitsfolge nach aufgeführt und durch Kreuze gekennzeichnet. Die Tafel läßt erkennen, daß für das Tischverstellen „quer“ und „senkrecht“ mehr Griffe erforderlich sind als für „längs“. Da die einzelnen Griffe nur kurze Zeiten erfordern, sind nur für die ganze Griffgruppe Werte eingetragen.
2. **Veränderlicher Wert**: Dieser kann praktisch der Länge der Tischverstellung verhältnismäßig gesetzt werden. Für das Verstellen durch selbsttätigen Eilgang ist eine mittlere Tischgeschwindigkeit zugrunde gelegt; bei Verstellen von Hand hängt die Leistungsfähigkeit von der Leistungsfähigkeit des Arbeiters ab. Durch Versuche sind die in Tafel Fräs 36 eingetragenen Mittelwerte festgestellt worden.

<b>A) Von Hand</b>										
<i>Ziffer</i>	<i>Unterteilung</i>	<i>Tisch verstellen</i>								
		<i>längs</i>			<i>quer</i>			<i>senkrecht</i>		
		<i>Masch.-Gruppen</i>			<i>Masch.-Gruppen</i>			<i>Masch.-Gruppen</i>		
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
1	<i>Flächen von Spänen säubern, anteilig</i>				+	+	+	+	+	+
2	<i>Knebel oder Muttern a. Unterschritten lösen</i>				+	+	+	+	+	+
3	<i>Gang zur Kurbel</i>	+	+	+						
4	<i>Kurbel aufsetzen (von Fall zu Fall)</i>				+	+	+	+	+	+
5	<i>Tisch verstellen (je nach Länge)</i>									
6	<i>Knebel oder Muttern a. Unterschritten festziehen</i>				+	+	+	+	+	+
7	<i>Kurbel abnehmen u. weglegen (von Fall zu Fall)</i>				+	+	+	+	+	+
8	<i>Zurück zur Ausgangsstellung</i>	+	+	+						
<i>Zeit für die Griffgruppe in min</i>		<i>0,11</i>	<i>0,13</i>	<i>0,15</i>	<i>0,2</i>	<i>0,22</i>	<i>0,25</i>	<i>0,22</i>	<i>0,25</i>	<i>0,3</i>
<b>B) Mittels selbsttätigen Eilganges</b>										
<i>Ziffer</i>	<i>Unterteilung</i>	<i>Tisch verstellen</i>								
		<i>längs</i>			<i>quer</i>			<i>senkrecht</i>		
		<i>Masch.-Gruppen</i>			<i>Masch.-Gruppen</i>			<i>Masch.-Gruppen</i>		
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
1	<i>Flächen von Spänen säubern, anteilig</i>				+	+	+	+	+	+
2	<i>Knebel oder Muttern a. Unterschritten lösen</i>				+	+	+	+	+	+
3	<i>Eilgang einschalten</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	<i>Tisch verstellen (je nach Länge)</i>									
5	<i>Eilgang ausschalten</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	<i>Knebel oder Muttern a. Unterschritten festziehen</i>				+	+	+	+	+	+
<i>Zeit für die Griffgruppe in min</i>		<i>0,07</i>	<i>0,07</i>	<i>0,07</i>	<i>0,15</i>	<i>0,15</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>0,25</i>

Fräs 35. Entwicklung von Grundwerten für Verstellen des Frästisches

<i>Art der Bewegung</i>	<i>Art der Verstellung</i>	<i>Tischgeschwindigkeit in mm/min bei Maschinengruppe</i>		
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>Tisch längs Spindelsteigung 6 mm</i>	<i>von Hand</i>	840	720	600
	<i>mit Eilgang</i>	2000	2000	2000
<i>Tisch quer Spindelsteigung 6 mm</i>	<i>von Hand</i>	630	540	450
	<i>mit Eilgang</i>	2000	2000	2000
<i>Tischsenkrecht Spindelsteigung 4 mm</i>	<i>von Hand</i>	320	280	250
	<i>mit Eilgang</i>	1000	1000	1000

Fräs 36. Mittlere Geschwindigkeiten beim Verstellen des Frästisches von Hand oder mittels Eilgang

In der Berechnungstafel Fräs 37 sind die für das Tischverstellen erforderlichen Zeiten in Abhängigkeit von der Länge der Tischverstellung graphisch aufgetragen.

Zur schnellen und gleichmäßigen Ablesung der Zeitwerte für das Tischverstellen ist die Zahlentafel Fräs 38 aus der Tafel Fräs 37 als Berechnungstafel entwickelt worden.

Beispielsweise werden für das Längsverstellen des Tisches einer Maschine der Gruppe C um 350 mm folgende Zeiten benötigt:

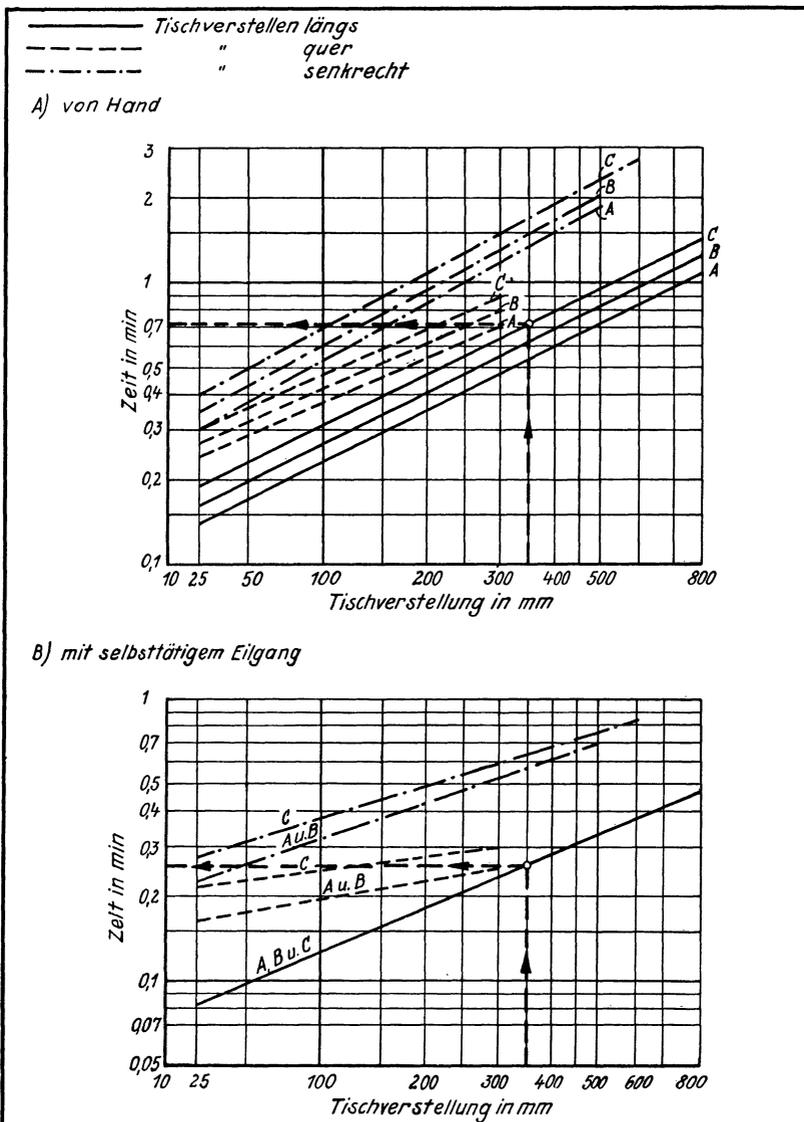
1. bei Handbetätigung = 0,7 min
2. bei selbsttätigem Eilgang = 0,25 min.

Ein Vergleich dieser beiden Zeiten läßt erkennen, welcher Zeitgewinn auf Maschinen mit Eilgang erzielt werden kann.

### c) Span anstellen und Messen

In der Griffgruppe Span anstellen und Messen sind beim Fräsen alle Griffe zusammengefaßt, die notwendig sind zum

1. Anstellen des Tisches einschließlich Werkstück an das Fräs-  
werkzeug,
2. Anschneiden und Messen des eingestellten Maßes (soweit not-  
wendig).



Fräs 37. Berechnungstafel (Schaubild) der Zeiten für Verstellen des Frästisches

Länge des Tisch- weges  mm	Längs <i>vorwärts, rückwärts</i>				Quer <i>vor                      zurück</i>					Senkrecht <i>aufwärts,              abwärts</i>				
	von Hand Masch.-Gruppen			Eil- gang Masch- Gr. A...C	von Hand Masch.-Gruppen			Eilgang Masch.- Gruppen		von Hand Masch.-Gruppen			Eilgang Masch.- Gruppen	
	A	B	C		A	B	C	A,B	C	A	B	C	A,B	C
25	0,14	0,17	0,19	0,09	0,25	0,28	0,32	0,17	0,21	0,3	0,35	0,4	0,23	0,28
50	0,17	0,2	0,23	0,1	0,3	0,35	0,4	0,18	0,23	0,4	0,45	0,5	0,25	0,3
100	0,23	0,26	0,3	0,13	0,4	0,45	0,5	0,2	0,25	0,55	0,6	0,7	0,3	0,4
150	0,29	0,35	0,4	0,15	0,45	0,55	0,6	0,23	0,28	0,7	0,8	0,9	0,35	0,45
200	0,35	0,4	0,5	0,18	0,55	0,6	0,7	0,25	0,3	0,85	0,95	1,1	0,4	0,5
250	0,4	0,5	0,55	0,2	0,6	0,7	0,8	0,28	0,32	1,0	1,15	1,3	0,45	0,55
300	0,45	0,55	0,65	0,23	0,7	0,8	0,9	0,3	0,35	1,15	1,3	1,5	0,5	0,6
350	0,5	0,6	0,7	0,25						1,35	1,5	1,7	0,55	0,65
400	0,6	0,7	0,8	0,28						1,5	1,7	1,9	0,6	0,7
450	0,65	0,75	0,9	0,3						1,65	1,9	2,1	0,65	0,75
500	0,7	0,8	0,95	0,35						1,85	2,1	2,3	0,7	0,8
600	0,85	0,95	1,1	0,4								2,8		0,85
800	1,1	1,25	1,45	0,5										

Maschinengruppe A: Aufspannfläche 700×250 mm, Antriebleistung 2,5 kW  
" B: " 1200×355 " , " 5,0 "  
" C: " 1600×400 " , " 7,5 "

Fräs 38. Berechnungstafel (Zahlentafel) der Zeiten in min für Verstellen des Frästisches

Beim Span anstellen und Messen können folgende vier Griffgruppen unterschieden werden:

1. ohne Maß einstellen,
2. ein Maß einstellen nach Skala,
3. ein Maß einstellen nach Tiefen- oder Schublehre,
4. zwei Maße einstellen.

In Fräs 39 sind vier Arbeitsbeispiele bildlich dargestellt, die für jede dieser Griffgruppen besonders kennzeichnend sind. Gleichzeitig ist für jedes Beispiel der gesamte Arbeitsablauf vom Aufspannen bis zum Abspannen des Werkstückes angegeben, wobei die Griffgruppen, die zum Span anstellen und Messen gehören, durch schräge Schraffung gekennzeichnet sind.

*Zu 1 ohne Maß einstellen.*

Bei stufenweisem Arbeiten bleibt der einmal eingestellte Schnitt für die nacheinander zu bearbeitenden Werkstücke unverändert bestehen. Es werden bewertet:

- Frässpindel einschalten,
- Vorschub einschalten,
- Vorschub und Frässpindel ausschalten.

Die Griffzeit für das eigentliche Span anstellen ist hierbei so kurz, daß sie mit der Zeit für Tisch verstellen (Tisch vorwärts) zusammenfällt.  
*Zu 2 ein Maß einstellen nach Skala.*

Werden mehrere Schnitte verschiedener Einstellung am gleichen Werkstück und in einer Aufspannung mit dem gleichen Fräser ausgeführt, so wird das Maß nach Skala eingestellt. Es werden bewertet:

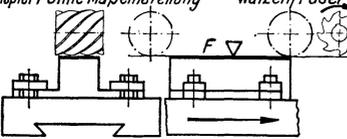
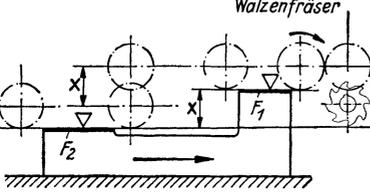
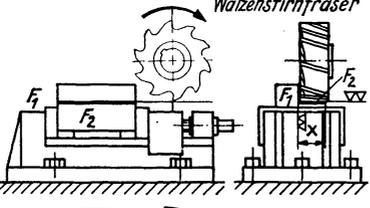
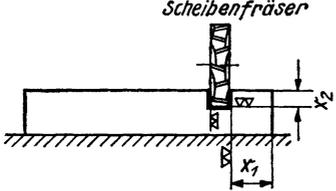
- Frässpindel einschalten,
- Span anstellen für Fläche „ $F_1$ “ nach Skala,
- Vorschub einschalten,
- Vorschub ausschalten,
- Span anstellen für Fläche „ $F_2$ “ nach Skala,
- Vorschub einschalten,
- Vorschub und Frässpindel ausschalten.

Der Zeitwert für das Maß einstellen nach Skala muß für jeden Schnitt besonders berücksichtigt werden.

*Zu 3 ein Maß einstellen nach Tiefenlehre oder Schublehre.*

Wird der Schnitt von einer Bezugsfläche des Werkstückes aus jeweils neu eingestellt, so sind zu bewerten:

- Frässpindel einschalten,
- Werkstück anfräsen zum Messen, selbsttätig oder von Hand,
- Frässpindel ausschalten,
- Maß „ $x$ “ mit Tiefenlehre messen,
- Frässpindel einschalten,
- Span anstellen für Fläche „ $F_1, F_2$ “ nach Skala,
- Vorschub einschalten,
- Vorschub und Frässpindel ausschalten.

 Spannstellen und messen Tisch verstellen Spannen	Lfd. Nr.	Arbeitsablauf
<p><i>Beispiel 1 Ohne Maßeinstellung</i>      <i>Walzenfräser</i></p> 	1	<p>1 Werkstück aufspannen 2 Frässpindel einschalten 3 Tisch vorwärts m. Eilgang oder v. Hand (einschl. Spannstell.) 4 Vorschub einschalten 5 Fläche „F“ fräsen 6 Vorschub und Frässpindel ausschalten 7 Tisch rückwärts 8 Werkstück abspannen, Spannflächen säubern</p>
<p><i>Beispiel 2 Maß einstellen nach Skala</i></p> <p><i>Walzenfräser</i></p> 	1	<p>1 Werkstück aufspannen 2 Frässpindel einschalten 3 Tisch um „x“ abwärts 4 Tisch vorwärts an F1 mit Eilgang oder von Hand 5 Spannstellen für Fläche F1 nach Skala 6 Vorschub einschalten 7 Fläche F1 fräsen 8 Vorschub ausschalten 9 Tisch vorwärts von Fläche F1 nach Fläche F2 10 Tisch um „x“ aufwärts 11 Spannstellen für Fläche F2 nach Skala 12 Vorschub einschalten 13 Fläche „F2“ fräsen 14 Vorschub u. Frässpindel ausschalten 15 Werkstück abspannen, Spannflächen säubern 16 Tisch rückwärts</p>
<p><i>Beispiel 3 Maß einstellen nach Tiefenlehre oder Schublehre</i></p> <p><i>Walzenstirnfräser</i></p> 	1	<p>1 Werkstück aufspannen 2 Frässpindel einschalten 3 Tisch vorwärts mit Eilgang oder von Hand 4 Werkstück anfräsen z. Messen, m. Eilgang oder v. Hand 5 Tisch z. urück 6 Frässpindel ausschalten 7 Maß „x“ mit Tiefenlehre messen 8 Frässpindel einschalten 9 Tisch vorwärts 10 Spannstellen für Fläche „F1, F2“ nach Skala 11 Vorschub einschalten 12 Fläche „F1, F2“ fräsen 13 Vorschub u. Frässpindel ausschalten 14 Tisch rückwärts 15 Werkstück abspannen, Spannflächen säubern</p>
<p><i>Beispiel 4 Zwei Maße einstellen</i></p> <p><i>Scheibenfräser</i></p> 	1	<p>1 Werkstück aufspannen 2 Frässpindel einschalten 3 Tisch vorwärts mit Eilgang oder von Hand 4 Werkstück anfräsen z. Messen, m. Eilgang oder v. Hand 5 Tisch zurück 6 Frässpindel ausschalten 7 Maß „x“ mit Schublehre messen 8 Frässpindel einschalten 9 Tisch vorwärts 10 Spannstell. für Maß x1 n. Skala, Spannstell. f. Maß x2 n. Skala 11 Vorschub einschalten 12 Nute fräsen 13 Vorschub u. Frässpindel ausschalten 14 Tisch rückwärts 15 Werkstück abspannen, Spannflächen säubern</p>

Fräs 39. Beispiele für Spannstellen und Messen im Zusammenhang mit dem Arbeitsablauf des Fräsvorganges

Zu 4 zwei Maße einstellen.

Der Schnitt wird für jedes Werkstück in zwei Richtungen neu eingestellt, z. B. Fräsen einer Nute auf genaue Tiefe in einem bestimmten Abstand (Maß  $x_1$ ) von einer Bezugsfläche, wenn stufenweises Arbeiten nicht möglich ist. Es wird folgendes bewertet:

- Frässpindel einschalten,
- Werkstück anfräsen zum Messen, selbsttätig oder von Hand,
- Frässpindel ausschalten,
- Maß „ $x_1$ “ mit Schublehre messen,
- Frässpindel einschalten,
- Span anstellen für Maß „ $x_1$ “ nach Skala,
- Span anstellen für Maß „ $x_2$ “ nach Skala,
- Vorschub einschalten,
- Vorschub und Frässpindel ausschalten.

Beim Fräsen mehrerer gleichhoher Flächen ist zu beachten, daß die Zeiten für Anstellen und Messen nur einmal, die Zeiten für das Tischverstellen jedoch für jede einzelne Fläche einzusetzen sind.

Weiterhin wird noch darauf hingewiesen, daß zu den Zeitwerten für Span anstellen und Messen noch die Zeiten für das Tischverstellen nach Berechnungstafel Fräs 38, soweit erforderlich, hinzukommen.

In der Berechnungstafel für Span anstellen und Messen (Fräs 40) sind Zeitwerte für die angegebenen vier verschiedenen Griffgruppen enthalten. Die Zeiten sind unter Berücksichtigung folgender Bezugsgrößen aufgestellt:

1. Genauigkeit der zu bearbeitenden Fläche (Herstellungstoleranz),
2. Schwierigkeit der Maßeinstellung, entsprechend Griffgruppen,
3. Maschinengruppen A, B, C.

Beispiel: In der Einzelfertigung ist an einem Werkstück ein Span nach Skala anzustellen und zu messen nach einer Herstellungstoleranz von 0,1 mm an einer Maschine der Gruppe B.

Nach Fräs 40 beträgt die hierfür erforderliche Zeit 0,4 min. Weitere Anwendungsbeispiele sind in den Tafeln Fräs 41 bis 46 enthalten.

Toleranz bis mm	Ohne Maß- * Einstellung Maschinengruppe			Maß einstellen nach Skala Maschinengruppe			Maß einstellen nach Lehre Maschinengruppe			Zwei Maße einstellen Maschinengruppe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0,5	0,1	0,11	0,12	0,25	0,3	0,4	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,4
0,1	0,15	0,18	0,2	0,3	0,4	0,5	1,5	1,8	2	1,8	2,2	2,5
0,05	0,3	0,35	0,4	0,8	1,1	1,4	2,2	2,5	2,8	3	3,6	4,2

\* Für jeden Schnitt neu

Fräs 40. Berechnungstafel der Zeiten in min für Span anstellen und Messen

## **IV. Beispiele für Arbeitszeitermittlung**

### **a) Allgemeine Gesichtspunkte**

Für die folgenden Beispiele sind die Gesichtspunkte und Forderungen noch einmal stichwortartig zusammengefaßt, die bei der Berechnung von Fräszeiten oder beim Aufstellen der Arbeitsunterweisungen berücksichtigt werden müssen, um bei den gegebenen Arbeitsbedingungen die Leistung der Maschine oder des Werkzeuges auszunutzen oder die verlangte Oberflächengüte zu erzielen. Es ist mithin zu beachten oder zu erwägen beim:

#### **Fräsverfahren**

Oberflächengüte und Arbeitsgenauigkeit,  
Walzen oder Stirnen, Schruppen oder Schlichten,  
Anzahl der Schnitte (je nach Bearbeitungszugabe),  
richtige Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit,  
Einzelbearbeitung oder gleichzeitige Bearbeitung mehrerer Stücke,  
in einer Aufspannung oder mit Umspannen.

#### **Fräsmaschine**

Waagrecht- oder Senkrechtfräsmaschine,  
Geschwindigkeitsbereiche (Frässpindel und Aufspanntisch),  
Größe des Tisches und Leistung der Maschine im Hinblick auf  
Werkstück und abzuhebende Spanmenge,  
erreichbare Arbeitsgenauigkeit.

#### **Fräswerkzeug und dessen Einspannung**

Neuzeitliche Hochleistungswerkzeuge benutzen,  
vorhandene Fräserdurchmesser und -breiten berücksichtigen,  
kleinstmöglichen Durchmesser verwenden,  
Walzenstirnfräser und Messerköpfe bevorzugen,  
Zahnteilung dem Werkstoff entsprechend wählen,  
starken Fräsdorn verwenden, mehrfach lagern und abstützen,  
Werkzeuge möglichst dicht am Spindelkopf spannen.

#### **Werkstück aufspannen**

Spannart überlegen (auf Tisch, Schraubstock, Winkel, Teilkopf,  
Vorrichtung),  
möglichst starr spannen,  
Tisch möglichst in die Nähe der Ständergleitfläche bringen.

#### **Tisch verstellen**

Art des Verstellens: längs (vorwärts—rückwärts),  
quer (vor—zurück),  
senkrecht (aufwärts—abwärts),  
von Hand oder mit Eilgang.

## Span anstellen und Messen

Anzahl der Späne,  
Schwierigkeiten der Messung und erforderliche Meßgenauigkeit,  
vorhandene Meßwerkzeuge (Lehren usw.).

Die Errechnung der Arbeitszeit für einen in seiner Durchführung bekannten Fräsvorgang soll so zweckmäßig wie möglich gestaltet werden, wie z. B. durch Zusammenfassen gleichartiger Rechnungen, Bilden von Griffgruppen u. ä. Dies gilt insbesondere für einfache, gut übersehbare Fräsarbeiten der Einzel- oder kleinen Reihenfertigung. In der großen Reihen- und der Massenfertigung, oder aber immer, wenn der Fräsvorgang unübersichtlich ist, wird man die Rechnung entsprechend der Unterteilung des Arbeitsablaufes vornehmen, um sicherzugehen, daß keine Arbeitsvorgänge übersehen werden.

## b) Durchgerechnete Beispiele

In den folgenden Beispielen (Fräs 41 bis 46) ist für die Rechnung der besseren Übersicht halber ein besonderes Formblatt (ähnlich dem Vordruck AWF 432/433) verwendet.

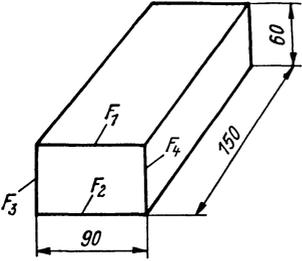
1. *Beispiel:* Es sollen an fünf Parallelstücken aus StC 45.61 die Flächen  $F_1$  bis  $F_4$  vorgefräst (geschruppt) und fertiggefräst (geschlichtet) werden. Fräs 41.

Wegen der geringen Stückzahl wird die Arbeitszeitrechnung so einfach wie möglich gehalten. Es wird angenommen, daß die fünf Werkstücke nacheinander jeweils in der gleichen Aufspannung vor- und fertiggefräst werden.

Die Rüstgrundzeit wird aus der Berechnungstafel Fräs 8 unter Ziffer 2/l für die Spannart: Spannen im Schraubstock und Arbeiten mit Walzenfräser, mit Fräsdornlager und Gegenhalterstütze zu  $t_{rg} = 28$  min abgelesen.

Für die Hauptzeit ist zunächst die Länge der Arbeitswege, und zwar getrennt für Vor- und Fertigfräsen, zu bestimmen. Es ist

	Vorfräsen (Schruppen)	Fertigfräsen (Schlichten)
Länge der Flächen $F_1, F_2,$ $F_3, F_4$ nach Zeichnung	$150 \times 4 = 600$ mm	$150 \times 4 = 600$ mm
Zuschlag für An- und Überlauf des Werk- zeugs nach Fräs 11	$20 \times 4 = 80$ mm	$12 \times 4 = 48$ mm
Gesamter Arbeitsweg	$L_v = 680$ mm	$L_f = 648$ mm

Skizze und Bemerkungen: $\nabla \pm 0,1$		Gegenstand: <i>Parallelstück</i>							
		Teil- u. Zeichnungs-Nr. <i>D11725</i>							
		Werkstoff: <i>StG 45.61</i>		Baumuster: <i>DP4</i>					
		Gewicht: <i>ca 7 kg</i>		Stückzahl: <i>5</i>					
		Arbeitsgang Nr. <i>Flächen F1 ± F4 vor- und fertig fräsen</i>							
		Betriebsmittel: <i>Waagrecht-Fräsmaschine</i> <i>Gruppe: B</i>							
		<b>Rüstzeit:</b>		<b>Stückzeit für .1. Stück</b>					
		<i>t<sub>rg</sub> 28 min</i>		<i>t<sub>g</sub> 2819 min</i>					
		<i>t<sub>rv.12%</sub> 3,36 min</i>		<i>t<sub>gv.12%</sub> 3,38 min</i>					
		<i>t<sub>r</sub> 31,36 min</i>		<i>t<sub>st</sub> 31,57 min</i>					
		Vorgabe:		<i>t<sub>r</sub> für .1. Masch. 32 min</i>					
<b>Rohmaße: 70 × 100 × 150 mm</b>									
<b>Arbeitsunterteilung</b>		Werkzeuge, Vorrichtungen u. s. w.	Spantiefe, a Schichtwege u. s. w. in mm	Berechnungs- tabelle	Rechnung	Haupt- zeit <i>t<sub>h</sub></i> in min	Neben- zeit <i>t<sub>n</sub></i> in min	Grund- zeit <i>t<sub>g</sub></i> , <i>t<sub>rg</sub></i> in min	
<b>Rüstgrundzeit</b>				Fräs					
Spannen im Schraubstock Arbeiten mit Fräsdornlager und Gegenhalterstütze		Walzen- fräser 75 φ		8/2l				28	
<b>Grundzeit</b>				Fräs					
Flächen $F_1 \div F_4$ vorfräsen $L = (150 + 20) \cdot 4$		Walzen- fräser 75 φ	<i>a = 4</i>	16	$\frac{680}{178}$	575			
Flächen $F_1 \div F_4$ fertigfräs. $L = (150 + 12) \cdot 4$			<i>a = 0,5</i>	16	$\frac{648}{60}$	108			
Auf- und abspannen Tisch vorwärts, von Hand } vorfräsen Tisch rückwärts, von Hand }		Schraubstock	33/5b	4 · 1			4		
Span anstellen u. messen, vorfräsen			4 · 100	38	4 · 0,26			104	
Span anstellen u. messen, fertigfräsen			4 · 170	38	4 · 0,4			16	
			4 · 262	38	4 · 0,55			2,2	
			n. Skala	40	4 · 0,3			1,2	
		n. Skala	40	4 · 0,4			1,6		
						16,55	11,64	28,19	

Fräs 41. Beispiel 1, Parallelstücke, Flächen  $F_1$  bis  $F_4$ , fräsen

Die Vorschubgeschwindigkeit beträgt nach Fräs 16 für das Vorfräsen (Schruppen) bei einer Spantiefe  $a = 3$  mm und einer Fräsbreite  $b = 90$  mm

$$s' = 118 \text{ mm/min}$$

für das Fertigfräsen (Schlichten) bei einer Spantiefe  $a = 0,5$  mm und einer Fräsbreite  $b = 90$  mm

$$s' = 60 \text{ mm/min.}$$

Die Hauptzeit für das Vorfräsen und Fertigfräsen ist danach

$$t_h = \frac{680}{118} + \frac{648}{60}$$

$$t_h = 5,75 + 10,8 = 16,55 \text{ min}$$

Für die Bestimmung der Nebenzeit werden die sich wiederholenden, zusammengehörenden Griffe zu Griffgruppen zusammengefaßt und der entsprechende Zeitwert aus der in Frage kommenden Tafel in die Rechnung eingesetzt.

Griffgruppe	Bezugsgröße und Arbeitsweise	Berechnungstafel	Zeit für einen Vorgang
Spannen	Gewicht 7 kg, im Schraubstock, nach Augenmaß	Fräs 33/5 b	1 min
Tisch verstellen	längs, von Hand, Maschinengruppe B vorwärts 100 mm rückwärts 170 mm rückwärts 262 mm	Fräs 38	0,26 min 0,4 min 0,55 min
Span anstellen und Messen	nach Skala, Maschinengruppe B Toleranz $\pm 0,5$ mm Toleranz $\pm 0,1$ mm	Fräs 40	0,3 min 0,4 min

Die Durchführung des Rechnungsganges zur Ermittlung der Rüstzeit und Stückzeit ist aus Tafel Fräs 41 ohne weiteres zu erkennen.

2. *Beispiel:* Es sollen an 30 Gleitschienen aus St 60.11 die Flächen  $F_1$  bis  $F_{12}$  fertiggefräst (geschlichtet) werden. Fräs 42.

Die Schienen sind bereits geschruppt und sollen nun im Arbeitsgang 2 mit einem zweiteiligen Satzfräser von 140 mm Durchmesser geschlichtet werden. Es werden immer zwei Schienen in einer Spannvorrichtung aufgespannt und die einzelnen Seiten der Schienen stufenweise nacheinander gefräst.

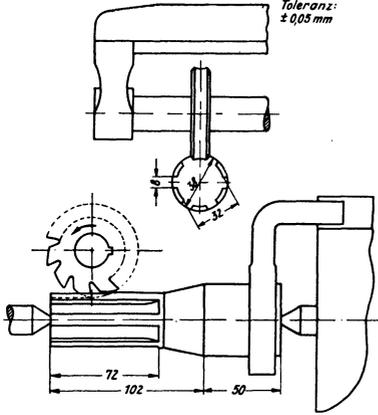
Der Aufbau der Zeitermittlung ist dem ersten Beispiel entsprechend durchgeführt. Auch hier sind gleichartige Arbeiten zur Vereinfachung der Rechnung zusammengefaßt. Die Bestimmung der Rüstzeit und Stückzeit ist aus Tafel Fräs 42 ohne weiteres ersichtlich.

3. *Beispiel:* Es soll in 16 Keilwellen aus VCMo 125 das Sternkeilprofil gefräst werden. Fräs 43.

Die in diese Keilwellen einzufräsenden sechs Keilnuten sind um  $60^\circ$  versetzt, die Wellen werden im Teilkopf mit Gegenspitze (Reitstock) gespannt und mit einem Profilfräser bearbeitet.

Arbeitsunterteilung		Werkzeuge, Vorrichtungen u. s. w.	Spannweite, Schaltwege u. s. w. in mm	Berechnungstafel	Rechnung	Hauptzeit $t_h$ in min	Nebenzeit $t_n$ in min	Grundzeit $t_g$ u. $t_{rg}$ in min				
<b>Rüstgrundzeit</b>		2teiliger Satzfräser 14-0 φ		Fräs	9/4m 9/10m	3·8		4,5 24 <hr/> 69				
Spannen in großer Vorrichtung, Arbeiten mit Fräsdornlager u. Gegenhalterstütze Zuschlag für 3 weitere Arbeitsstufen bei gleicher Spannart und gleichem Fräser												
<b>Grundzeit</b>		Wasserwaage		Fräs	$\begin{array}{r} 1664 \\ 60 \\ \hline 27,7 \\ 364 \\ 60 \\ \hline 6,1 \\ 168 \\ 60 \\ \hline 2,8 \\ 51 \\ 60 \\ \hline 0,9 \end{array}$							
Flächen $F_1, F_5, F_8, F_{11}$ fräsen $L = (400+16) \cdot 4$									$a = 0,5$	16	4·36	14,4
Flächen $F_2, F_6, F_9, F_{12}$ fräsen $L = (75+16) \cdot 4$									$a = 0,5$	16	4·16	6,4
Flächen $F_3, F_7, F_{10}$ fräsen $L = (40+16) \cdot 3$									$a = 0,5$	16	1·0,18	0,18
Fläche $F_4$ fräsen $L = (35+16) \cdot 1$									$a = 0,5$	16	6·0,13	0,78
Auf- und abspannen											3·0,28	0,84
2 weitere Spanneisen											2·0,1	0,2
Tisch vorwärts, mit Eilgang (zu $F_1$ )									1 · 200	38	1·0,09	0,09
Tisch vorwärts, mit Eilgang (zu $F_5, F_8, F_{11}, F_6, F_9, F_{12}$ )									6 · 100	38	1·0,3	0,3
Tisch abwärts, mit Eilgang (zu $F_2, F_7, F_{12}$ )									3 · 25	38	4·0,5	2
Tisch vorwärts, mit Eilgang (zu $F_3, F_4$ )		2 · 50	38	3·0,2	0,6							
Tisch vorwärts, mit Eilgang (zu $F_5$ )		1 · 25	38	6·2	12							
Tisch aufwärts, mit Eilgang (zu $F_6$ )		1 · 50	38	4·0,5	2							
Tisch rückwärts, mit Eilgang (zu $F_2, F_6, F_{11}, F_{12}$ )		4 · 800	38	4·0,5	2							
Span anstellen u. messen		Toleranz = 0,1 mm	oh. Maßwert	4,0	3,75							
Span anstellen u. messen			n. Lehre	4,0	6·2	39,79						
Span anstellen u. messen			n. Skala	4,0	4·0,5	2						
				Für 1 Gleitschiene		37,5	39,79	77,3	38,7			

Fräs 42. Beispiel 2, Gleitschiene fertigfräsen

<b>Skizze und Bemerkungen:</b> 		<b>Gegenstand:</b> <i>Keilwelle</i>						
		<b>Teil- u. Zeichnungs-Nr.</b> <i>12160/7</i>						
<b>Werkstoff:</b> <i>VCM 0,125</i> <b>Baumuster:</b> <i>H3</i>						<b>Gewicht:</b> <i>12,5 kg</i> <b>Stückzahl:</b> <i>16</i>		
<b>Arbeitsgang Nr.</b> <i>6</i>						<b>Sternkeilprofil fräsen</b>		
<b>Betriebsmittel:</b> <i>Waagrecht-Fräsmaschine</i>						<b>Gruppe:</b> <i>B</i>		
<b>Rüstzeit:</b>			<b>Stückzeit für: 1. Stück</b>					
$t_{rg}$ <i>32 min</i>			$t_g$ <i>25,16 min</i>					
$t_{ru-12\%}$ <i>3,8 min</i>			$t_{gu-12\%}$ <i>3 min</i>					
$t_r$ <i>35,8 min</i>			$t_{st}$ <i>28,16 min</i>					
<b>Vorgabe:</b>			$t_r$ für <i>1. Masch</i> <i>28 min</i>					
<b>Arbeitsunterteilung</b>		<b>Werkzeuge, Vorrichtungen u. s. w.</b>	<b>Spantiefe, <math>\sigma</math> Schaltwege u. s. w. in mm</b>	<b>Berechnungstafel</b>	<b>Rechnung</b>	<b>Hauptzeit <math>t_h</math> in min</b>	<b>Nebenzeit <math>t_n</math> in min</b>	<b>Grundzeit <math>t_g</math> u. <math>t_{rg}</math> in min</b>
<b>Rüstgrundzeit</b> <i>Spannen im Teilkopf mit Gegenspitze Arbeiten mit Fräsdornlager</i>		<i>Formfräser 80 <math>\phi</math></i>		<b>Fräs</b> <i>8/8g</i>				<i>32</i>
<b>Grundzeit</b> <i>6 Nuten fräsen <math>L=(72+18) \cdot 6</math></i> <i>Auf- und abspannen</i> <i>Tisch vorwärts, von Hand</i> <i>Tisch vorwärts, von Hand</i> <i>Tisch rückwärts, von Hand</i> <i>Tisch rückwärts, von Hand</i> <i>Spannanstellen u. messen, Toleranz = <math>\pm 0,05</math> mm</i> <i>Teilkopf schalten, von Hand</i>		<i>Teilkopf zw. Spitzen</i>	$\sigma=3$	<b>Fräs</b> <i>28</i> <i>33/19b</i>	$\frac{540}{30}$ <i>1,8</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	
			<i>1 · 100</i> <i>5 · 30</i> <i>5 · 100</i> <i>1 · 175</i> <i>n. Lehre</i>	<i>38</i> <i>38</i> <i>38</i> <i>38</i> <i>4 · 0</i> <i>geschätzt</i>	<i>1 · 0,26</i> <i>5 · 0,2</i> <i>5 · 0,26</i> <i>1 · 0,4</i> <i>1 · 1,8</i> <i>5 · 0,12</i>		<i>0,26</i> <i>1</i> <i>1,3</i> <i>0,4</i> <i>1,8</i> <i>0,6</i>	
						<i>18</i>	<i>7,16</i>	<i>25,16</i>

Fräs 43. Beispiel 3, Keilwelle, Sternkeilprofil fräsen

Der Aufbau der Zeitermittlung ist wie in den Beispielen 1 und 2 durchgeführt.

Da Richtwerte für das Schalten des Teilkopfes in den Unterlagen nicht angegeben sind, ist ein auf Grund von Erfahrung geschätzter Wert in die Rechnung eingesetzt.

Die Bestimmung der Rüstzeit und Stückzeit ist aus Tafel Fräs 43 ohne weiteres ersichtlich.

4. *Beispiel:* Es sollen an 100 Winkelstücken aus Ge 18.91 die Fläche  $F_1$  gefräst (fertig geschruppt), die Flächen  $F_2, F_3, F_4, F_5$  vor-gefräst (geschruppt) und fertig gefräst (geschlichtet) werden. Fräs 44.

Die Winkelstücke werden in zwei Arbeitsstufen bearbeitet:

1. Arbeitsstufe, Spannen im Schraubstock, Fläche  $F_1$  mit Walzenfräser fertigschruppen,
2. Arbeitsstufe, Spannen auf Tisch mit Spanneisen, Flächen  $F_2$  bis  $F_5$  mit Walzenstirnfräser in der gleichen Aufspannung schruppen und schlichten.

Der Aufbau der Zeitermittlung ist hier dem tatsächlichen Arbeitsablauf entsprechend vorgenommen. Lediglich das Auf- und Abspannen ist zusammengefaßt, da die Richtwerte der Tafel Fräs 33 ebenfalls für Auf- und Abspannen gelten. Die der Tafel entnommene Zeit wurde um 10 vH. erhöht eingesetzt, da von einer rohen Fläche aus gespannt wird. Die Errechnung der Arbeitszeit für jede einzelne Arbeitsstufe und Griffgruppe in der Reihenfolge des Arbeitsablaufes erfordert zwar mehr Zeit als bei den vorhergehenden Beispielen 1 bis 3, sie soll daher nur vorgenommen werden, wenn stichhaltige Gründe (z. B. große Stückzahlen, schwieriger Arbeitsablauf) dies als notwendig erscheinen lassen.

Alles übrige geht aus dem Aufbau der Rechnung in der Tafel Fräs 44 klar hervor.

5. *Beispiel:* Kurvenscheiben aus St 34.12 sollen mit Formfräser gefräst werden, und zwar
- a) 8 Stück, Tafel Fräs 45,
  - b) 120 Stück, Tafel Fräs 46.

Dieses Beispiel soll zeigen, wie durch eine geringfügige Änderung des Arbeitsverfahrens die Leistung erheblich gesteigert werden kann.

Im Fall a sind nur kleine Stückzahlen zu fräsen. In der hierfür verwendeten Spannvorrichtung, Fräs 45, können nur zwei Werkstücke aufgenommen werden. Die fertig gebohrten und genuteten Kurvenscheiben werden zum Spannen auf einen Aufnahmedorn geschoben. Dieser Dorn mit den Kurvenscheiben wird in die erste Nute des Lagerwinkels, der auf dem Frästisch festgeschraubt ist, eingeführt, der zweite Lagerwinkel dagegen geschoben, festgespannt und die Druckschrauben angezogen. Nach dem Fräsen der ersten Seite werden die Druckschrauben und der eine Winkel gelöst, der Dorn mit den Kurvenscheiben herausgenommen, umgedreht, in die zweite Nute eingeführt und wie beschrieben wieder festgezogen. Nach dem Fräsen der zweiten Seite wird der Dorn mit den Kurvenscheiben ausgespannt und die Kurvenscheiben abgenommen. Die Stückzeit betrug hierbei nach Tafel Fräs 45: 4,6 min.



<b>Skizze und Bemerkungen:</b> 		<b>Gegenstand</b> <i>Kurvenscheibe</i>						
		<b>Teil- u. Zeichnungs-Nr.</b> <i>100050/1</i>						
		<b>Werkstoff</b> <i>St 34.12</i>		<b>Baumuster</b>				
		<b>Gewicht</b> <i>0,5 kg</i>		<b>Stückzahl</b> <i>8</i>				
		<b>Arbeitsgang Nr.</b> <i>3</i> <i>Flächen <math>F_1</math> und <math>F_2</math> fräsen</i>						
		<b>Betriebsmittel</b> <i>Waagrecht-Fräsmaschine</i> <i>Gruppe B</i>						
<b>Rüstzeit</b>		<b>Stückzeit für 1 Stück</b>						
$t_{rg}$ ..... <i>27 min</i>		$t_g$ ..... <i>394 min</i>						
$t_{rv-15\%}$ ..... <i>4,1 min</i>		$t_{gv-15\%}$ ..... <i>0,6 min</i>						
$t_r$ ..... <i>31,1 min</i>		$t_{st}$ ..... <i>4,54 min</i>						
<b>Vorgabe</b>		<b><math>t_r</math> für 1 Masch</b> <i>4,6 min</i>						
$t_r$ ..... <i>31 min</i>		$t_{st}$ für 1 Masch <i>4,6 min</i>						
<b>Arbeitsunterteilung</b>		<b>Werkzeuge, Vorrichtungen u. s. w.</b>	<b>Spanntiefe, a</b> <b>Schaltwege u. s. w.</b> <b>in mm</b>	<b>Berechnungstafel</b>	<b>Rechnung</b>	<b>Hauptzeit</b> $t_h$ <b>in min</b>	<b>Nebenzeit</b> $t_n$ <b>in min</b>	<b>Grundzeit</b> $t_g$ u. $t_{rg}$ <b>in min</b>
<b>Rüstgrundzeit</b> <i>Spannen in Vorrichtung (2 Stück)</i> <i>Arbeiten mit Fräsdornlager</i>		<i>V23433</i> <i>Formfräser</i> <i>F 497</i> <i>120 <math>\phi</math></i>		<b>Fräs</b> <i>8/3g</i>				<i>27</i>
<b>Grundzeit</b> <i>Flächen <math>F_1</math> und <math>F_2</math> fräsen</i> $L = (31 + 24) \cdot 2$  <i>Auf- und abspannen (2 Stück)</i> <i>umspannen</i> <i>Tisch vorwärts, mit Eilgang</i> <i>Tisch rückwärts, mit Eilgang</i> <i>Span anstellen</i>		<i>Formfräser</i> <i>F 497</i> <i>120 <math>\phi</math></i>	$a = 3$  <i>2 · 50</i> <i>2 · 100</i>	<b>Fräs</b> <i>28</i>  <i>38</i> <i>38</i> <i>40</i>	$\frac{110}{30}$  <i>2 · 01</i> <i>2 · 013</i> <i>2 · 018</i>	<i>3,66</i>	<i>19</i> <i>15</i> <i>02</i> <i>036</i>	<i>7,88</i> <i>= 394</i>
				<i>2 Stück</i> <i>1 Stück</i>		<i>3,66</i>	<i>4,22 =</i> <i>=</i>	<i>7,88</i> <i>= 394</i>

Fräs 45. Beispiel 5, Kurvenscheibe fräsen, Fall a 8 Stück

<b>Skizze und Bemerkungen:</b> 		<b>Gegenstand</b> <i>Kurvenscheibe</i> .....					
		<b>Teil- u. Zeichnungs-Nr.</b> <i>100050/1</i> .....					
		<b>Werkstoff</b> <i>St 34.12</i> .....			<b>Baumuster</b> .....		
		<b>Gewicht</b> <i>0,5 kg</i> .....			<b>Stückzahl</b> <i>120</i> .....		
		<b>Arbeitsgang Nr.</b> <i>3</i> .....					
<b>Flächen <math>F_1</math> und <math>F_2</math> fräsen</b> .....							
<b>Betriebsmittel</b> <i>Waagrecht-Fräsmaschine</i> .....							
<b>Gruppe</b> <i>B</i> .....							
<b>Rüstzeit</b>			<b>Stückzeit für</b> <i>1 Stück</i>				
$t_{rg}$ <i>27 min</i>			$t_g$ <i>2,12 min</i>				
$t_{ru-15\%}$ <i>4,1 min</i>			$t_{gu-15\%}$ <i>0,32 min</i>				
$t_r$ <i>31,1 min</i>			$t_{st}$ <i>2,44 min</i>				
<b>Vorgabe</b>			$t_r$ für <i>1. Masch</i> <i>2,5 min</i>				
$t_r$ <i>31 min</i>							
<b>Arbeitsunterteilung</b>	<b>Werkzeuge, Vorrichtungen u. s. w.</b>	<b>Spanntiefe, a' Schaltwege u. s. w. in mm</b>	<b>Berechnungstafel</b>	<b>Rechnung</b>	<b>Hauptzeit <math>t_h</math> in min</b>	<b>Nebenzeit <math>t_n</math> in min</b>	<b>Grundzeit <math>t_g</math> u. <math>t_{rg}</math> in min</b>
<b>Rüstgrundzeit</b> <i>Spannen in Vorrichtung (6 Stück)</i> <i>Arbeiten mit Fräsdornlager</i>	V 23434 Formfräser F 497 120 $\phi$		Fräs  8/3g				27
<b>Grundzeit</b> <i>Flächen <math>F_1</math> und <math>F_2</math> fräsen</i> $L = (90 + 24) \cdot 2$  <i>Auf- und abspannen (6 Stück)</i> <i>umspannen</i> <i>Tisch vorwärts, mit Eilgang</i> <i>Tisch rückwärts, mit Eilgang</i> <i>Span anstellen</i>	Formfräser F 497 120 $\phi$	$a = 3$	Fräs 28	$\frac{228}{30}$	7,6		
		2 · 50	38	2 · 0,1		2,7	
		2 · 200	38	2 · 0,18		1,5	
			40	2 · 0,18		0,2	
				6 Stück		0,36	
				1 Stück		0,36	
					7,6 +	5,12	= 12,72
							= 2,12

Fräs 46. Beispiel 5, Kurvenscheibe fräsen, Fall b 120 Stück

Im Fall b bei größerer Stückzahl genügt die Fräsvorrichtung den gestellten Anforderungen nicht. Deshalb wird der kurze Aufnahmedorn durch einen längeren ersetzt. Durch diese Änderung können sechs Kurvenscheiben gleichzeitig gespannt werden, wobei die Spannvorrichtung noch starr genug ist. Im übrigen bleibt der Spannvorgang der gleiche wie im Fall a. Durch diese kleine Änderung der Spannvorrichtung wird die Stückzeit von 4,6 min auf 2,5 min heruntersetzt, gleichzeitig steigert sich die Leistung um 45 vH.

# D. Arbeitszeitermittlung durch Vergleichen und Sonderberechnungstafeln

## I. Vergleichen, Fräsen von Walzenfräsern

Die Vergleichsmethode wird angewendet, wenn es sich darum handelt, bei gleich geformten, aber in ihren Abmessungen verschiedenen Werkstücken durch Zwischenwertbildung die Fertigungszeiten zu ermitteln. Ausführlich ist diese Methode und die Entwicklung entsprechender Tafeln im „Zweiten Refa-Buch“, Abschnitt D IV, beschrieben. Wie man im einzelnen vorgeht und sie anwendet, soll im folgenden an einem Beispiel gezeigt werden.

Es sollen die Grundzeiten für das Fräsen der Zähne in Hochleistungswalzenfräsern von 40 mm, 60 mm, 75 mm und 90 mm Durchmesser bei einer Zähnezahl  $Z = 8$  ermittelt werden; es wird jeweils nur ein Stück angefertigt.

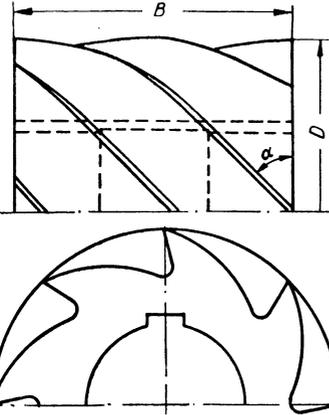
In den Tafeln Fräs 47 und Fräs 48 sind für Walzenfräser von  $D = 40$  mm und  $B = 20$  mm und 70 mm die Grundzeiten für das Fräsen der Zähne zu 34 min und 73 min errechnet worden.

Diese beiden Werte, und nach Möglichkeit noch einige weitere in gleicher Weise für mittlere Fräserbreiten errechnete, werden als Punkte in das Liniennetz eingetragen. Durch diese Punkte wird dann eine Gerade oder stetige Kurve gelegt, auf der dann die Grundzeiten für alle zwischen 20 mm und 70 mm breiten Fräser mit gleicher Zähnezahl und von gleichem Durchmesser liegen.

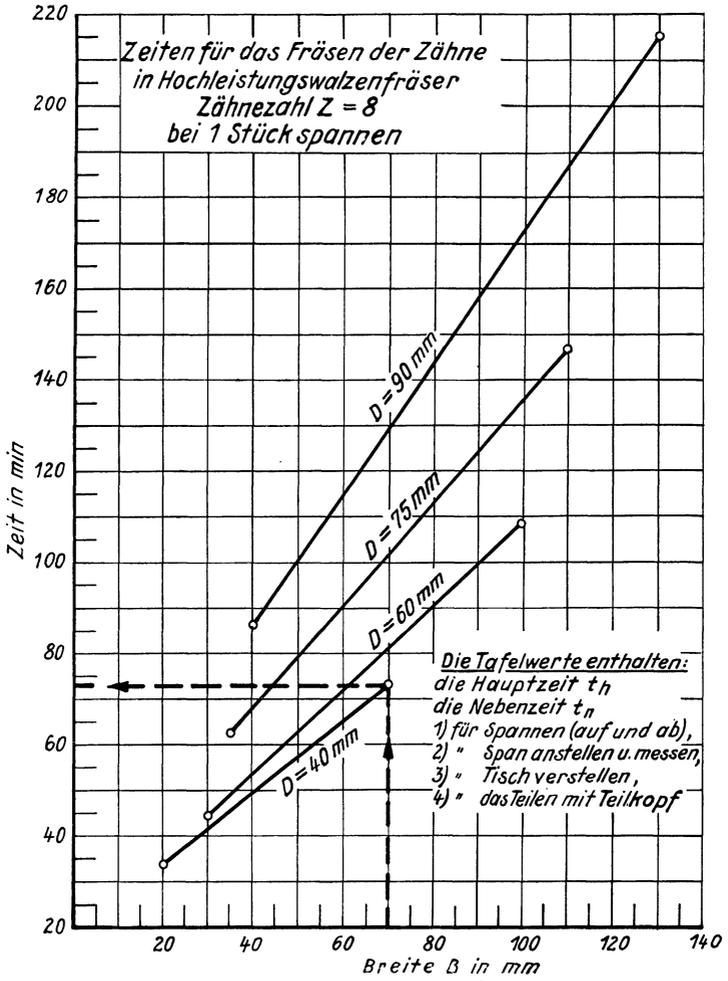
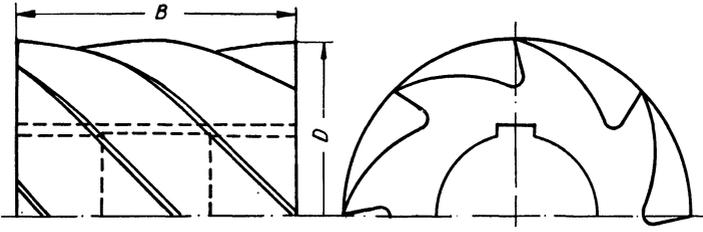
In der gleichen Weise werden die Grundzeiten für Fräser von 60 mm, 75 mm und 90 mm Durchmesser errechnet, als Punkte in das Liniennetz eingetragen und die Kurven eingezeichnet. Will man die Grundzeiten für schmalere oder breitere Fräser ablesen als die Kurven angeben, so ist es nicht zugänglich, letztere ohne weiteres über die eingezeichneten Eckwerte hinaus zu verlängern; es muß vielmehr ein weiterer Punkt in der oben beschriebenen Weise errechnet und eingetragen werden, erst danach kann die Kurve verlängert werden.

Aus der so entstandenen Kurventafel können in kürzester Zeit für alle Fräser der darin angegebenen Durchmesser und Breiten die Grundzeiten abgelesen werden, zu denen nur noch die jeweiligen Verlustzeitzuschläge hinzugerechnet werden müssen, um die Stückzeiten zu erhalten.



Skizze und Bemerkungen 		Gegenstand Walzenfräser, D=40, B=70						
		Teil- u. Zeichnungs-Nr. 2800 W						
		Werkstoff leg. Werkz. Stahl		Baumuster fäh.				
		Gewicht		Stückzahl				
		Arbeitsgang Nr. Zähne fräsen (1 Stück spannen)						
		Betriebsmittel Univ. Fräsmaschine Gruppe B						
		Rüstzeit		Stückzeit für 1 Stück				
		t <sub>rg</sub> 33 min		t <sub>g</sub> 72,97 min				
		t <sub>rv</sub> 12% 3,96 min		t <sub>gv</sub> 12% 8,76 min				
		t <sub>r</sub> 36,96 min		t <sub>st</sub> 81,73 min				
		Vorgabe t <sub>p</sub> 37 min		t <sub>st</sub> für 1 Masch. 82 min				
Arbeitsunterteilung		Werkzeuge, Vorrichtungen u. s. w.	Spantiefe, d Schaltwege u. s. w. in mm	Rechnungs- tafel	Rechnung	Haupt- zeit t <sub>h</sub> in min	Neben- zeit t <sub>n</sub> in min	Grund- zeit t <sub>g</sub> u. t <sub>rg</sub> in min
<u>Rüstgrundzeit</u>				Fräs 8/8g				32
Spannen im Teilkopf mit Gegenspizze Arbeiten mit Fräsdornlager Zuschlag für 1 Spanndorn				6/IIc				1
								33
<u>Grundzeit</u>				Fräs 27	$\frac{872}{38}$	22,95		
8 Nuten vorfräsen L=(90+19)·8		hinter- drehte Formfräser	a=5	27	$\frac{808}{19}$	42,53		
8 Nuten fertig fräsen L=(90+11)·8			a=0,5	27	14·0,13		0,13	
Tisch vorwärts, mit Eilgang			1·80	38	14·0,1		1,4	
Tisch rückwärts, mit Eilgang			7·139	38	7·0,15		1,05	
" " " "			7·131	38	7·0,15		1,05	
" " " "			1·189	38	1·0,18		0,18	
Span anstellen u. messen, Toleranz 0,5 0,1		nach Skala		40			0,3	
Teilkopfschalten, von Hand Spannen		" "		40			0,4	
		Drehdorn Teilkopf zw. Spitzen		33/20a	14·0,12		1,68	
							1,3	
						65,48	7,49	72,97

Fräs 48. Walzenfräser D = 40 mm, B = 70 mm Zähne fräsen



Fräs 49. Berechnungstafel für Zahnfräsen im Hochleistungswalzenfräser

In der Tafel Fräs 49 ist die Grundzeit zur Bildung der Kurvenwerte genommen worden, da die Größen, die die Einzelzeiten beeinflussen, sich verhältnismäßig gleichmäßig auswirken. Unterliegen jedoch die Einzelzeiten größeren Schwankungen, kann es notwendig werden, die einzelnen Zeitarten getrennt, d. h. als besondere Kurven für Hauptzeiten und Nebenzeiten aufzutragen.

## II. Sonderberechnungstabeln,

### Fräsen von Keilnuten nach DIN 144

Wie weit in bestimmten Fällen die allgemeinen Berechnungstabeln vereinfacht oder durch Sonderberechnungstabeln ersetzt werden können, zeigen die folgenden Beispiele.

Es sollen Keilnuten mit Langlochfräsern (Zweischneidern) auf einer selbsttätig arbeitenden Langloch-Fräsmaschine bestimmter Bauart gefräst werden, bei der der Fräser während der hin- und hergehenden Bewegung an den Umkehrpunkten stufenweise zugestellt wird (s. Skizze auf Tafel Fräs 50. Nach Erreichen der eingestellten Frästiefe wird das Zustellen und der Vorschub unterbrochen und die Frässpindel zurückgezogen. Es werden Fräser aus Hochleistungsschnellstahl verwendet. Die Schnittgeschwindigkeit ist so bemessen, daß lange Standzeiten der Werkzeuge erreicht werden.

Auf der Entwicklungstafel Fräs 50 oben ist zunächst die Berechnung der Hauptzeit nach der Formel  $t_h = \frac{(l-b) \cdot (h+0,5)}{s' \cdot a}$  gezeigt.

Beispiel: In eine Welle aus St 60.11 soll eine Keilnute ( $b = 12$  mm,  $l = 50$  mm,  $h = 5,5$  mm) gefräst werden, die Welle wiegt  $\approx 2,5$  kg.

Werden in die Formel  $t_h = \frac{(l-b) \cdot (h+0,5)}{s' \cdot a}$

die entsprechenden Werte eingesetzt, so wird

$$t_h = \frac{(50 - 12) \cdot (5,5 + 0,5)}{325 \cdot 0,15}$$

$$t_h = \frac{38 \cdot 6}{48,75} = 4,67 \text{ min}$$

für Spannen, Span anstellen  $t_n = \frac{1}{\text{min}}$

Grundzeit  $t_g = 5,67 \text{ min}$

gerundet = 5,7 min

Es wäre nun sehr zeitraubend, wenn man jedesmal in die oben angegebene Formel die entsprechenden Werte einsetzen und so die Hauptzeit berechnen würde.

$$\text{Hauptzeit } t_h = \frac{(l-b) \cdot (h+0,5)}{s' \cdot a}$$

$$t_h = \frac{l-b}{C}$$

$l$  = Länge der Nute  
 (Zeichnungsmaß einsetzen)  
 $b$  = Breite der Nute  
 $h$  = Tiefe der Nute + 0,5 mm  
 für den Fräser-Ein- u. Auslauf  
 $s'$  = Vorschubgeschwindigkeit  
 in mm/min  
 $a$  = Zustellung in mm/Hub  
 $C$  = Festwert =  $\frac{s' \cdot a}{h+0,5}$

**Bestimmung des Festwertes C für die Errechnung der Hauptzeit (t<sub>h</sub>)**

für Wellen- durch- messer  in mm	Nuten- breite tiefe		Fräs- spindel- drehzahl  n	Fräser- geschwin- digkeit m/min  v	Vorschub- geschwindigkeit für Werkstoff		Zustellung je Hub für Werkstoff		C Festwert für	
	b	h			Ge 18.91 s'	St 60.11 s'	Ge 18.91 a	St 60.11 a	Ge 18.91	St 60.11
10...13	3	1,8	2350	22	300	250	0,1	0,1	13,05	10,88
über 13...17	4	2,8	1900	24	325	275	0,125	0,125	12,32	10,42
" 17...22	5	3,4	1500	24	350	300	0,125	0,125	11,22	9,61
" 22...28	6	4,4	1180	22	350	300	0,15	0,15	10,72	9,18
" 28...38	8	5,5	950	24	375	325	0,15	0,15	9,37	8,13
" 38...48	10	6	750	24	375	325	0,15	0,15	8,65	7,5
" 48...58	12	5,5	750	28	375	325	0,15	0,15	9,38	8,13
" 58...68	14	6	600	26	375	325	0,15	0,15	8,65	7,5
" 68...78	16	6,5	475	24	375	325	0,175	0,15	9,38	6,97
" 78...88	18	7	475	27	350	300	0,175	0,15	8,17	6
" 88...98	20	7,5	375	24	325	275	0,175	0,15	7,11	5,15
" 98...120	24	9	375	28	300	250	0,175	0,15	5,52	3,94

Richtwerte für Nebenzeit t <sub>n</sub> (Spannen, Span anstellen und Messen) in min			
Griff	Werkstückgewicht in kg		
	bis 5 kg	bis 25 kg	bis 50 kg
Ein- und Ausspannen	0,4	0,55	0,95
Span anstellen	0,2	0,2	0,2
Säubern u. Messen	0,4	0,4	0,45
<b>t<sub>n</sub> insgesamt</b>	<b>1</b>	<b>1,15</b>	<b>1,6</b>

Zuschlagzeiten		
für Span anstellen nach Anriß		0,5 min
für Span anstellen, 2 Nuten in einer Flucht liegend (mit Winkel ausrichten)		1 "
für Span anstellen, 2 Nuten im Winkel liegend (mit Verstell-Winkel ausrichten)		1,5 "

Fräs 50. Richtwerttafel für das Fräsen von Keilnuten nach DIN 144

Die Tafelwerte sind mit dem Festwert (Tafel Fräs50) errechnet. Sie gelten für ein Werkstückgewicht bis zu 5 kg u. enthalten außer der Hauptzeit  $t_h$  die Nebenzeit  $t_n$  für Spannen, Span anstellen u. Messen in Höhe von 1 min

Länge der Nute in mm	Zeitwerte in min											
	Breite der Nute (b) in mm											
	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24
	Tiefe der Nute (h) in mm											
	1,8	2,8	3,4	4,4	5,5	6	5,5	6	6,5	7	7,5	9
8	1,5											
10	1,7	1,6	1,6									
12	1,9	1,8	1,8	1,7								
15	2,1	2,1	2,1	2	1,9							
18	2,4	2,4	2,4	2,3	2,2							
20	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,4						
22	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,6						
25	3	3	3,1	3,1	3,1	3	2,6					
28	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,4	3	2,9				
30	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,2	3,2	3			
35	4	4	4,1	4,2	4,3	4,4	3,8	3,8	3,8	3,8		
40	4,4	4,5	4,7	4,7	5	5	4,5	4,5	4,5	4,7	4,9	
45	4,9	5	5,2	5,3	5,6	5,7	5,1	5,2	5,2	5,5	5,9	
50	5,3	5,4	5,7	5,8	6,2	6,4	5,7	5,8	5,9	6,3	6,8	7,6
55		5,9	6,2	6,3	6,8	7	6,3	6,5	6,6	7,2	7,8	8,9
60		6,4	6,7	6,9	7,4	7,7	6,9	7,2	7,3	8	8,8	10,2
65		6,9	7,2	7,4	8	8,4	7,5	7,8	8	8,8	9,8	11,4
70		7,4	7,8	8	8,6	9	8,2	8,5	8,8	9,7	10,7	12,7
75		7,8	8,3	8,5	9,3	9,7	8,8	9,2	9,5	10,5	11,7	14
80		8,3	8,8	9,1	9,9	10,4	9,4	9,8	10,2	11,3	12,7	15,2
85			9,3	9,6	10,5	11	10	10,5	10,9	12,2	13,6	16,5
90			9,9	10,2	11	11,7	10,6	11,1	11,6	13	14,6	17,8
95			10,4	10,7	11,7	12,4	11,2	11,8	12,3	13,8	15,6	19
100			10,9	11,2	12,3	13	11,8	12,5	13,1	14,7	16,5	20,3
110				12,3	13,5	14,4	13,1	13,8	14,5	16,3	18,5	22,8
120				13,4	14,8	15,7	14,3	15,2	16	18	20,4	25,4
140				15,6	17,3	18,4	16,8	17,8	18,8	21,4	24,3	30,5
160				17,8	19,7	20	19,2	20,5	21,7	24,7	28,2	35,5
180					22,2	23,7	21,7	23,2	24,6	28	32,1	40,6
200					24,6	26,4	24,1	25,8	27,4	31,4	36	45,7

**Zu den Tafelwerten sind hinzu zu rechnen:**  
für Werkstücke über 5 kg bis 25 kg ..... 0,15 min  
für Werkstücke über 25 kg ..... 0,6 "  
für Span anstellen nach Anriß ..... 0,5 "  
für Span anstellen, 2 Nuten in einer Flucht liegend (mit Winkel ausrichten) ..... 1 "  
für Span anstellen, 2 Nuten im Winkel liegend (mit Verstellwinkel ausrichten) ..... 1,5 "

**Rüstzeiten:** (bei Verwendung eines Schnellspan-Schraubstockes)  
1 Nute fräsen ..... 10 min  
2 gleiche Nuten fräsen ..... 12 "  
2 ungleiche Nuten fräsen ..... 14 "

Fräs 51. Berechnungstafel für Fräsgrundzeiten von Keilnuten nach DIN 144

Eine wesentliche Vereinfachung des Rechnungsganges ist möglich, wenn in der Formel der Ausdruck  $\frac{h + 0,5}{s' \cdot a} = \frac{1}{C}$  oder  $\frac{s' \cdot a}{h + 0,5} = C$  als Festwert gesetzt wird.

Die Formel lautet dann:  $t_h = \frac{l - b}{C}$ .

In der Entwicklungstafel Fräs 50 sind für die verschiedenen Wellendurchmesser und für die Werkstoffe Ge 18.91 und St 60.11 die Festwerte  $C$  berechnet und die Richtwerte für die Nebenzeiten Spannen, Span anstellen und Messen, unterteilt nach dem Werkstückgewicht, sowie einige Zuschlagszeiten für Sonderfälle angegeben. Mit den Festwerten  $C$  sind dann die Hauptzeiten für das Fräsen von Nuten nach DIN 144 in Werkstücken aus St 60.11 ermittelt. Diese Zeitwerte zuzüglich eines Betrages von 1 min für Spannen, Span anstellen und Messen bei Werkstücken bis zu 5 kg Gewicht sind in die Berechnungstafel Fräs 51 eingetragen. Bei schweren Werkstücken und für Sonderarbeiten sind die auf dieser Tafel angegebenen Zuschlagszeiten zu den Tafelwerten hinzuzurechnen.

Den in obigem Beispiel errechneten Wert findet man auch in der Berechnungstafel Fräs 51 auf der Zeile „Länge der Nute 50 mm“ und in der Spalte „Breite der Nute 12 mm“ mit ebenfalls 5,7 min.