

**Werkzeugmaschinen im Allgemeinen.** Entsprechend dem vorstehend angegebenen Zwecke der Werkzeugmaschinen, der in der Herstellung von Gegenständen ganz bestimmter Form aus rohen Arbeitsstücken besteht, kommt es bei diesen Maschinen in erster Reihe darauf an, die Anordnung so zu treffen, daß diese Formen in möglichster Vollkommenheit wirklich erzeugt werden können. Hierzu ist vor allen Dingen eine thunlichst feste und sichere Unterstützung bezw. Befestigung sowohl des Arbeitsstückes wie auch des Werkzeuges anzustreben, und es sind die zur Arbeitsleistung erforderlichen Bewegungen dieser Theile in genau vorgeschriebenen Bahnen vorzunehmen. Um diese Zwecke zu erreichen, sind die unterstützenden Gestelle und sonstigen Maschinentheile in derartig kräftigen Abmessungen und Formen zu gestalten, daß dieselben möglichst widerstandsfähig sind, damit sie unter dem Einflusse der darauf wirkenden Kräfte Erzitterungen und Schwingungen in merklicher Art nicht unterliegen. Es wird hierzu im Allgemeinen nicht genügen, die Abmessungen dieser Maschinentheile lediglich mit Rücksicht auf ihre Bruchicherheit zu bestimmen, sondern es muß meist eine über das dadurch gebotene Maß hinausgehende Anhäufung von Massen stattfinden, weil gerade durch die Massenwirkung in der geeignetsten Weise die Schwingungen herabgezogen werden können. Aus demselben Grunde wird für ein gehörig sicheres Fundament von genügender Masse zu sorgen sein, mit welchem schwerere Maschinen fest zu verbinden sind, während bei Maschinen, die nur geringeren Kräften unterworfen sind, und die nur mit mäßigen Geschwindigkeiten betrieben werden, in der Regel durch das Eigengewicht der frei auf das Fundament gestellten Maschinen die genügende Standfähigkeit erzielt werden kann. Daß man daher auch nur die leichteren Maschinen, wie z. B. kleine Drehbänke, in den oberen Etagen der Fabrikgebäude aufstellen und alle schweren Maschinen zu ebener Erde und nicht über Kellergewölben anbringen wird, ist von selbst klar. Im Allgemeinen wird man sagen können, daß die mit einer Werkzeugmaschine zu erreichende Genauigkeit unter sonst gleichen Verhältnissen um so größer sein wird, je massiger die einzelnen Theile, insbesondere die Gestelle ausgeführt sind, unter der Voraussetzung einer zweckmäßigen Vertheilung des Materials natürlich, wie sie sich aus den Anstrengungen der einzelnen Theile während der Arbeit ergibt.

Die in Bewegung zu versetzenden Theile der Werkzeugmaschinen bedürfen, damit die beabsichtigte Bewegung in möglichster Reinheit eintrete, einer sehr sorgfältigen Lagerung und Führung, wobei ganz besonders darauf zu achten ist, daß ein durch den Verschleiß veranlaßter sogenannter tochter Gang möglichst nicht eintrete, oder, wenn er sich eingestellt haben sollte, durch geeignete Nachstellvorrichtungen wieder zu beseitigen sei. Daß durch die Wirksamkeit solcher Nachstellvorrichtungen die richtige Lage der betreffenden

Theile nicht beeinträchtigt werden darf, daß beispielsweise eine Drehbankspindel durch etwaiges Verstellen ihrer Lager nicht aus der Ase der Drehbank heraustraten darf, ist eine Anforderung, mit welcher die Genauigkeit der erreichbaren Arbeit in engem Zusammenhange steht. Am besten wird man einem todten Gange oder einer durch den Verschleiß einzelner Theile herbeigeführten schlotternden Bewegung dadurch zuvorkommen, daß man jene Theile nicht nur aus sehr widerstandsfähigem Material, z. B. aus gehärtetem Stahl, ausführt, sondern auch die zur Unterstützung dienenden Auflagerflächen möglichst groß macht, so daß der auf jede Flächeneinheit entfallende Auflagerdruck entsprechend klein wird.

Von wesentlichem Einfluß auf die gute Wirkung aller Werkzeugmaschinen ist natürlich die Verwendung vorzüglicher Werkzeuge, weil durch deren zweckmäßige Anordnung und gute Schärfung nicht nur der zum Betriebe erforderliche Kraftbedarf auf ein möglichst geringes Maß herabgezogen wird, sondern weil dabei auch die auf die einzelnen Theile wirkenden Kräfte thunlichst klein ausfallen, womit wiederum geringere Erzitterungen dieser Theile und die Erzeugung schönerer Arbeit in Verbindung steht. Ueber die Grundsätze, wonach die einzelnen Werkzeuge mit Rücksicht auf möglichste Verringerung des von ihnen zu überwindenden Widerstandes auszuführen sind, wird bei den einzelnen Maschinen das Nähere angeführt werden.

Was die Geschwindigkeiten der einzelnen Arbeitsmaschinen anbelangt, so wird indessen bei deren Bemessung nicht die Rücksicht auf den kleinstmöglichen Arbeitsaufwand in erster Reihe maßgebend sein können, weil diese Rücksicht im Allgemeinen so kleine Geschwindigkeiten erfordern würde, daß die Leistungsfähigkeit der Maschinen auch nur entsprechend gering sein würde. Denn da zu dem Betriebe der Werkzeugmaschinen immer ein erheblicher Betrag menschlicher Handarbeit nöthig ist, deren Beschaffung mit beträchtlichen Kosten für Arbeitslöhne u. s. w. verknüpft ist, und weil gegen diese Kosten und die für Herstellung, Unterhaltung und für den gesaunten Betrieb der betreffenden Werkstätten zu machenden Aufwendungen die Kosten der Betriebskraft in fast allen Fällen nur gering sind, so muß bei der Feststellung der Geschwindigkeiten die Rücksicht auf einen möglichst wirthschaftlichen Betrieb der ganzen Werkstätte einerseits und auf die Erzeugung vorzüglicher Arbeit andererseits von hervorragender Bedeutung sein. Man wird daher die Geschwindigkeiten so groß wählen, wie dieselben überhaupt noch gewählt werden können, ohne dadurch die Schönheit und Genauigkeit der zu erzeugenden Bearbeitungsflächen zu beeinträchtigen. Diese vortheilhaftesten Geschwindigkeiten werden demnach nicht nur von der besonderen Wirkungsart der einzelnen Werkzeuge, sondern vornehmlich von den Eigenschaften der zu bearbeitenden Stoffe abhängen, und sie können nur auf Grund von vielfach damit gemachten Erfahrungen festgestellt werden. Als einen ungefähren Anhalt für die nach

dem Vorbemerkten vortheilhaftesten Geschwindigkeiten der Werkzeugmaschinen kann die folgende, dem Werke von Hart über Werkzeugmaschinen<sup>1)</sup> entnommene Zusammenstellung dienen.

Bezeichnung der Maschine	Material	Arbeits- geschwindigkeit in Millimetern für 1 Secunde	Fortrückung in Millimetern für 1 Umdreh. oder 1 Schnitt
Kleine Drehbänke . . .	Schmiedeißen . . .	90 — 100	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
„ „ . . .	Gußeißen . . . . .	80 — 90	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
„ „ . . .	Stahl . . . . .	40 — 50	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
„ „ . . .	Meßing, Bronze . .	160 — 200	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
„ „ . . .	Holz . . . . .	300 — 400	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
Große Drehbänke . . .	desgl. . . . .	desgl.	$\frac{1}{3} - 1$
Plan- u. Räderdrehbänke	desgl. . . . .	desgl.	$\frac{1}{2} - 1\frac{1}{2}$
Walzendrehbänke . . .	Hartguß . . . . .	30 — 40	$\frac{1}{3} - 1\frac{1}{3}$
Vertical-Bohrmaschinen	Schmiedeißen . . .	70 — 80	$\frac{1}{12} - \frac{1}{4}$
„ „	Gußeißen . . . . .	60 — 70	$\frac{1}{12} - \frac{1}{4}$
„ „	Stahl . . . . .	30 — 40	$\frac{1}{12} - \frac{1}{4}$
„ „	Meßing, Bronze . .	100 — 120	$\frac{1}{12} - \frac{1}{4}$
„ „	Holz . . . . .	250 — 300	$\frac{1}{12} - \frac{1}{4}$
Horizont-Bohrmaschinen	desgl. . . . .	desgl.	$\frac{1}{10} - \frac{1}{2}$
Langloch-Bohrmaschinen	desgl. . . . .	desgl.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Länge } \frac{1}{4} - \frac{4}{5} \\ \text{Tiefe } \frac{1}{10} - \frac{2}{5} \end{array} \right.$
Cylinder-Bohrmaschinen	Schmiedeißen . . .	60 — 70	$\frac{1}{4} - 1$
„ „	Gußeißen . . . . .	50 — 60	$\frac{1}{4} - 1$
„ „	Stahl . . . . .	25 — 35	$\frac{1}{4} - 1$
„ „	Meßing, Bronze . .	90 — 100	$\frac{1}{4} - 1$
Kleine Hobelmaschinen .	Guß- u. Schmiedeißen	$\left\{ \begin{array}{l} 90 - 100 \\ \text{Rückgang 2 f.} \end{array} \right.$	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{4}$
Große Hobelmaschinen .	„ „	$\left\{ \begin{array}{l} 80 - 90 \\ \text{Rückg. } 2\frac{1}{2} - 3\text{f.} \end{array} \right.$	$\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2}$
Kleine Shapingmaschinen	Schmiedeißen . . .	150 — 170	$\frac{1}{4} - 1$
„ „	Gußeißen . . . . .	130 — 150	$\frac{1}{4} - 1$
„ „	Stahl . . . . .	80 — 100	$\frac{1}{4} - 1$
„ „	Meßing, Bronze . .	180 — 220	$\frac{1}{4} - 1$

<sup>1)</sup> J. Hart, Die Werkzeugmaschinen f. d. Maschinenbau zur Metall- und Holzbearbeitung. München 1879.

Bezeichnung der Maschine	Material	Arbeits- geschwindigkeit in Millimetern für 1 Secunde	Fortrückung in Millimetern für 1 Umdreh. oder 1 Schnitt
Große Shapingmaschinen	Schmiedeißen . . .	130 — 150	$\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$
„ „	Gußeißen . . . . .	110 — 130	$\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$
„ „	Stahl . . . . .	70 — 90	$\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$
„ „	Messing, Bronze . .	{ 160 — 220 Rückg. $1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$ f.	$\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$
Kleine Stoßmaschinen .	Schmiedeißen . . .	120 — 140	$\frac{1}{4}$ — 1
„ „ .	Gußeißen . . . . .	100 — 120	$\frac{1}{4}$ — 1
„ „ .	Stahl . . . . .	80 — 90	$\frac{1}{4}$ — 1
„ „ .	Messing, Bronze . .	140 — 160	$\frac{1}{4}$ — 1
Große Stoßmaschinen .	Schmiedeißen . . .	110 — 130	$\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$
„ „ .	Gußeißen . . . . .	90 — 110	$\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$
„ „ .	Stahl . . . . .	75 — 85	$\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$
„ „ .	Messing, Bronze . .	{ 130 — 150 Rückg. $1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$ f.	$\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$
Fräsmasch. m. Frätscheibe	Schmiedeißen . . .	150 — 180	$\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$
„ „ „	Gußeißen . . . . .	180 — 200	$\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$
Fräsmasch. m. Messerkopf	Guß- u. Schmiedeißen	200 — 250	$\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$
Räderfräsmaschinen . .	„ „ „	300 — 400	$\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$
„ „ . .	Holz . . . . .	4000 — 5000	$\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$
Schraubenschneidmasch. .	Schmiedeißen u. Stahl	25 — 35	—
Holz- u. Modellrehbänke	Holz . . . . .	400 — 600	$\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{4}$
Holzbohrmaschinen . .	„ . . . . .	300 — 400	$\frac{1}{4}$ — 1
Holzhobelmaschinen . .	„ . . . . .	15 — 20 m	$\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{2}$
Holzfräsmaschinen . . .	„ . . . . .	8 — 10 m	$\frac{1}{4}$ — $\frac{3}{4}$
Zapfenschneid- u. Schlit- maschinen . . . . .	„ . . . . .	12 — 16 m	$\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{4}$
Gattersägen . . . . .	„ . . . . .	$2\frac{1}{2}$ — 3 m	$1\frac{1}{2}$ — 3
Kreisjägen . . . . .	„ . . . . .	20 — 30 m	—
Bandsägen . . . . .	„ . . . . .	10 — 12 m	—

Der Betrieb der in einer Werkstätte befindlichen Werkzeugmaschinen erfolgt der Regel nach von einer gemeinsamen Betriebswelle, und zwar fast immer durch Riemen, weil durch diese die Bewegung in der bequemsten Weise auf die in mehr oder minder großer Entfernung von einander aufgestellten Maschinen übertragen werden kann, und die Bewegung eine gleich-

mäßigere ist, als durch Zahnräderübertragungen erreichbar wäre. Die letzteren finden zwar eine ausgedehnte Anwendung, doch immer nur innerhalb der einzelnen Maschinen, indem nämlich die betreffenden Zahnradgetriebe in den Maschinen selbst als wesentliche Theile derselben vorkommen, wo sie zur Erzielung der langsameren Bewegungen nicht zu umgehen sind. Jedenfalls wird man immer auf möglichst sorgfältige Ausführung der Zahnräder Werth zu legen haben, und nur Räder anwenden, deren Zähne durch Fräsen auf Räderschneidmaschinen hergestellt worden sind.

Damit die von der Hauptbetriebswelle nach den einzelnen Werkzeugmaschinen geführten Riemen den Raum in der Werkstätte nicht in unzulässiger Art beengen, lagert man die Hauptwelle stets oberhalb und bewirkt die Uebertragung der Bewegung in der Regel durch Vermittelung einer ebenfalls oberhalb aufgehängten Vorgelegswelle, des sogenannten Deckenvorgeleges. Indem diese Vorgelegswelle neben der fest auf ihr befindlichen Antriebsriemenscheibe eine Los- oder Leerscheibe erhält, ist eine Ausrückung des Betriebes durch Versetzung des Riemens auf diese Leerscheibe jederzeit ermöglicht. Von der Vorgelegswelle aus erfolgt der Antrieb auf diejenigen Maschinen, welche, wie die Drehbänke und Bohrmaschinen, je nach dem Durchmesser der bearbeiteten Umdrehungsfläche mit verschieden großer Umdrehungsgeschwindigkeit bewegt werden müssen, durch Vermittelung der aus Theil III, 1 bekannten Stufenscheiben.

Die einzelnen, bei den Werkzeugmaschinen zur Verwendung kommenden Getriebe sind größtentheils ebenfalls aus Theil III, 1 bekannt, so daß hierauf an den entsprechenden Stellen verwiesen werden kann; nur gewisse Getriebe, wie z. B. die Umsteuerungsvorrichtungen der Hobelmaschinen, werden eine besondere Erläuterung nöthig machen.

Die Anwendung von Schwungrädern findet sich im Allgemeinen nur bei den Werkzeugmaschinen mit hin- und wiederkehrender Bewegung, die mittelst eines Kurbelgetriebes diese Bewegung erlangen, so namentlich bei gewissen Arten von Hobelmaschinen, während bei den Maschinen mit rotirender Arbeitsbewegung wegen des gleichmäßigen Widerstandes besondere Schwungmassen in der Regel nicht zur Anwendung kommen. Die Betreibung der hier zu betrachtenden Arbeitsmaschinen durch besondere, mit diesen Maschinen vereinigte Dampfmaschinen, wie sie wohl für große Scheren oder Sägen zuweilen vorkommt, ist im Allgemeinen nicht gebräuchlich.

Die Ermittlung der für eine Werkzeugmaschine erforderliche Betriebskraft ist nur auf Grund von Erfahrungen und Versuchen mit einiger Annäherung vorzunehmen, da die aus der Beschaffenheit des bearbeiteten Materials, sowie aus der Wirkungsweise des Werkzeuges und der Einrichtung der Maschine sich ergebenden Einflüsse sich einer rechnerischen Behandlung entziehen. Im Allgemeinen kann man annehmen, daß der aus der eigent-

lichen Arbeitswirkung folgende Widerstand unter sonst gleichen Umständen im geraden Verhältnisse zu der Menge des in bestimmter Zeit abgelösten Spanmaterials steht, so daß man diesen der eigentlichen Nutzleistung zugehörigen Arbeitsbetrag durch  $L_n = a Q$  ausdrücken kann, wenn  $Q$  das Gewicht der in der Zeiteinheit erzeugten Späne und  $a$  eine Erfahrungszahl vorstellt, die sowohl von der Art der Maschine wie von der Beschaffenheit des Arbeitsstoffes abhängt. Außer diesem Nutzwiderstande sind aber natürlich noch die schädlichen Widerstände der Reibung u. s. w. zu überwinden, wie sie zwischen den einzelnen Getriebetheilen auftreten. Man pflegt hierbei wohl einen Unterschied zwischen den schädlichen Widerständen des Leerganges und den während des Arbeitsvorganges in Folge der dabei ausgeübten Druckkräfte auftretenden Reibungen zu machen, und nimmt dann die letzteren in der Regel proportional mit der Nutzarbeit an, während man den Widerstand der leer gehenden Maschine durch einen constanten Werth berücksichtigt, dessen Größe man für jede einzelne Maschine durch Versuche feststellen kann. Hiernach würde man für den Arbeitsaufwand einer Werkzeugmaschine im Allgemeinen einen Ausdruck von der Form

$$L = (1 + m) a Q + b$$

aufzustellen haben, worin  $b$  dem Leergangswiderstande entspricht und  $m$  das Verhältniß angiebt, in welchem die in Folge der Nutzarbeit  $a \cdot Q$  neu hinzutretenden schädlichen Widerstände zu jener Nutzarbeit stehen. Ueber die Größe der zum Betriebe der einzelnen Maschinen erforderlichen Arbeit sollen an den betreffenden Stellen nähere Angaben gemacht werden.

Bei denjenigen Maschinen, welche, wie die Hobelmaschinen, abwechselnd nur während des Vorganges nützliche Arbeit verrichten, um darauf den Rückgang leer zu vollführen, hat man den Arbeitsbedarf für den Vorwärtsgang und für den Rückgang gesondert zu bestimmen, und die Summe von beiden in Rechnung zu bringen.

Bei einer größeren Anzahl von gleichzeitig betriebenen Maschinen, wie sie in den bezüglichen Werkstätten neben einander vorzukommen pflegen, ist es nicht nöthig, die für alle diese Maschinen erforderliche Betriebskraft der Summe der für alle einzelnen ermittelten gleich zu setzen, da niemals alle diese Maschinen zu gleicher Zeit in Thätigkeit sein werden. Da nämlich der Betrieb jeder Werkzeugmaschine durch gewisse Pausen unterbrochen wird, während deren ein Stillstand zum Aufbringen, Vorrichten, Abnehmen u. s. w. des Arbeitsstückes nöthig ist, so ergiebt sich hieraus, daß von einer größeren Anzahl neben einander aufgestellter Werkzeugmaschinen immer nur ein gewisser Theil in Thätigkeit sein wird, so daß der im Durchschnitt nöthige Kraftaufwand entsprechend geringer ausfallen muß, als der für den ununterbrochenen Betrieb aller Maschinen erforderliche.

Die Geschwindigkeit der zum Betriebe von Werkzeugmaschinen dienenden Hauptbetriebswelle kann man passend zu etwa 100 Umdrehungen in der Minute annehmen; bezüglich der den Deckenvorgelegen zu gebenden Umdrehungsgeschwindigkeit giebt Hart die folgende Zusammenstellung an:

Angemessene Umdrehungsgeschwindigkeiten der Deckenvorgelege in der Minute.

Für kleine Drehbänke . . . . .	80 bis 110 Umdrehungen	
„ große Drehbänke . . . . .	30 „ 60	„
„ Plandrehbänke . . . . .	20 „ 40	„
„ Wandbohrmaschinen . . . . .	100 „ 130	„
„ Vertical-, Radial- und Langloch-		
bohrmaschinen . . . . .	80 „ 100	„
„ Hobel- und Stoßmaschinen . . . . .	80 „ 100	„
„ Shapingmaschinen . . . . .	70 „ 90	„
„ Fräsmaschinen . . . . .	60 „ 80	„
„ Räderfräsmaschinen		
a. Eisen . . . . .	90 „ 100	„
b. Holz . . . . .	200 „ 220	„
„ Schraubenschneidmaschinen . . . . .	80 „ 90	„
„ Holzbearbeitungsmaschinen . . . . .	200 „ 300	„

**Stichel.** Das zum Bearbeiten auf Hobelmaschinen und Drehbänken allgemein angewandte Werkzeug ist der Stichel oder Meißel, der nach seiner Verwendung wohl Drehstichel, Drehmeißel, Hobelstichel, Hobelmeißel genannt wird. Dieses Werkzeug besteht der Hauptsache nach aus einem Stahlstabe, der an einem Ende gehärtet und durch Schleifen mit einer Schneide versehen ist, die sich als die Durchschnittslinie zweier Flächen darstellt. Die Gestalt dieser Schneide hängt hauptsächlich von der jener beiden Flächen ab, die des Schleifens wegen niemals hohl, sondern entweder eben oder convex sein müssen; die eine Fläche, durch deren Nachschleifen das Schärfen des stumpf gewordenen Stichels zu geschehen pflegt, ist fast immer eine Ebene. Eine sehr gebräuchliche Form des Stichels ist durch Fig. 518 (a. f. S.) dargestellt, woraus ersichtlich ist, daß die Schneide durch die beiden Kanten *ab* und *ac* einer dreiseitigen körperlichen Ecke *abcd* gebildet wird, die dadurch entsteht, daß an das nach der Gestalt eines dreiseitigen Prismas geformte Ende des Stichels die Ebene *abc* schräg zur Axe dieses Prismas angeschliffen wird. Von diesen beiden Schneidkanten kommt fast immer nur die eine zur Wirkung, und zwar die linke oder die rechte, je nachdem die Fortrückung des Werkzeuges nach der einen oder anderen Seite erfolgt. Die

§. 148.