

## Viertes Capitel.

# Die Maschinen zur Formgebung durch Materialentnahme.

---

§. 146. **Allgemeine Uebersicht.** Die in diesem Capitel zu besprechenden Maschinen haben den Zweck, Gegenstände von bestimmter Form aus rohen oder in geeigneter Weise vorgerichteten Materialstücken dadurch herzustellen, daß bestimmte Materialtheile in Form von Spänen von der Oberfläche der Arbeitsstücke abgetrennt werden. Es gehören zu dieser Gruppe vornehmlich die zur Bearbeitung von Metallen dienenden Werkzeugmaschinen, wie sie zur Bearbeitung der durch Gießen oder Schmieden erzeugten Arbeitsstücke vielfache Verwendung in den Maschinenbauanstalten und mechanischen Werkstätten finden, ebenso wie die Holzbearbeitungsmaschinen, die aus zugeschnittenen Holzstücken verschiedene Gegenstände herstellen sollen. Diese beiden Verwendungsarten sollen im Folgenden auch ganz besonders ins Auge gefaßt werden, da der Gebrauch der in Betracht kommenden Maschinen für andere Materialien, wie z. B. Stein, Horn, Elfenbein u. s. w., nur geringere Bedeutung hat und besondere Eigenthümlichkeiten nicht darbietet.

Alle diese Maschinen arbeiten mit einem Werkzeuge, das trotz aller durch die Beschaffenheit der zu erzeugenden Flächen bedingten Verschiedenheit immer auf der Wirkung des Keils beruht, dessen scharfe Kante durch entsprechenden Druck zum Eindringen in das Material veranlaßt wird, so daß bei einer Bewegung dieses Keils relativ gegen das Arbeitsstück die sich dieser Bewegung entgegenstellenden Materialtheile in Form von Spänen von dem zu bearbeitenden Gegenstande abgelöst werden. Diese Ablösung geschieht dabei je nach der Form und Stellung des zur Wirkung kommenden Keils bei den härteren Materialien, wie die Metalle sind, mehr durch eine schabende als schneidende Wirkung, so daß hierbei die Schubfestigkeit des Materials zu überwinden ist, während die für Holz und andere weichere Stoffe gebräuchlichen Werkzeuge eine mehr schneidende Wirkung unter Auf-

hebung der Spaltfestigkeit des Materials zu äußern haben. Durch die gedachte gegenseitige Bewegung des Werkzeuges gegen das Arbeitsstück entsteht an dem letzteren durch Ablösen der Späne eine von der Form der arbeitenden Kante des Werkzeuges abhängige Furche, Vertiefung oder Ausbuchtung, und indem man durch wiederholte oder stetige Versetzung der Werkzeugkante gegen das Arbeitsstück viele solcher Furchen oder Vertiefungen neben einander entstehen läßt, wird schließlich die gewünschte Begrenzungsfläche des Arbeitsstückes hergestellt. Demgemäß kann man die gesammte, von dem Werkzeuge gegen das Arbeitsstück vollführte Bewegung aus zwei Einzelbewegungen zusammengesetzt denken, und zwar aus der Haupt- oder Arbeitsbewegung, vermöge deren der Span abgeschält wird, und aus der zur Versetzung des Werkzeuges dienenden Fortrückungs- oder Schaltbewegung, deren Zweck darin besteht, die Späne in regelmäßiger Aufeinanderfolge neben einander abzuschälen. Schaltbewegung nennt man die letztgedachte deswegen, weil sie für den Fall einer periodischen Versetzung meistens mit Hilfe der bekannten Schalträder ausgeführt wird. Es ist hieraus ersichtlich, daß man die an dem Arbeitsstücke hergestellte Begrenzung als diejenige Fläche bezeichnen kann, welche die Werkzeugkante vermöge der ihr gegen das Arbeitsstück ertheilten Gesamtbewegung beschreibt, oder daß man auch sagen kann, es entstehe an dem Arbeitsstücke die entsprechende Umhüllungsfläche des Werkzeuges.

Was die beiden hier angeführten Bewegungen anbetrifft, so ist festzuhalten, daß es sich dabei nur um die relativen oder gegenseitigen Bewegungen handelt, und es für den beabsichtigten Zweck gleichgültig ist, welche dieser beiden Bewegungen dem Arbeitsstücke oder dem Werkzeuge mitgetheilt wird. Man kann demnach wohl die folgenden Fälle in der Anordnung der zugehörigen Maschinen unterscheiden:

1. das Arbeitsstück macht beide Bewegungen;
2. das Werkzeug macht beide Bewegungen;
3. das Arbeitsstück macht die Arbeitsbewegung, während dem Werkzeuge die Schaltbewegung ertheilt wird, und
4. das Werkzeug erfährt die Arbeitsbewegung und man ertheilt dem Arbeitsstücke die zur Versetzung der Späne erforderliche Schaltbewegung.

Es mag hierzu nur bemerkt werden, daß alle diese Anordnungen bei den in Gebrauch befindlichen Arbeitsmaschinen auch wirklich vorkommen, doch ist auf diese Eintheilung ein besonderes Gewicht deswegen nicht zu legen, weil die Wirkungsart davon nicht abhängt, welchem der beiden Theile man die betreffenden Bewegungen mittheilt, insofern es, wie schon bemerkt wurde, für die Wirkungsweise immer nur auf die relative Bewegung des Werkzeuges gegen das Arbeitsstück ankommt.

Da die Arbeitsbewegung das Ablösen des Spans bewirkt, so ist ersichtlich, daß die Geschwindigkeit dieser Bewegung in erster Reihe die Größe der Arbeitsleistung bestimmen wird, indem unter der Voraussetzung eines bestimmten Spanquerschnittes die Menge des abgetrennten Spanmaterials im geraden Verhältnisse zu der Geschwindigkeit der Arbeitsbewegung steht. Man wird die Größe dieser Geschwindigkeit daher natürlich immer so groß wählen, wie es erfahrungsmäßig mit der Herstellung einer schönen Arbeitsfläche und mit der Dauerhaftigkeit der Werkzeuge verträglich ist, welche letzteren bei übermäßig großer Geschwindigkeit sich stark erhitzen und abstumpfen. Es hängt diese Geschwindigkeit hauptsächlich von der Beschaffenheit des zu bearbeitenden Materials ab; sie kann im Allgemeinen um so größer gewählt werden, je weicher das Material ist, zum Theil ist auch die besondere Wirkungsart des Werkzeuges darauf von Einfluß. Nähere Angaben siehe im folgenden Paragraphen.

Da nach dem Vorstehenden die Schaltbewegung den Zweck hat, eine solche Versetzung des Werkzeuges gegen das Arbeitsstück hervorzurufen, daß die einzelnen Späne gleichmäßig neben einander abgetrennt werden, so muß diese Bewegung immer mit einer sehr geringen Geschwindigkeit erfolgen, da es mit Rücksicht auf die beschränkte Widerstandsfähigkeit des Werkzeuges sowohl wie der ganzen Maschine nur möglich ist, Späne von geringem Querschnitt abzutrennen. Es wird daher durch die Fortrückungsbewegung in der zwischen zwei auf einander folgenden Schnitten verstreichenden Zeit eine Verschiebung des Werkzeuges gegen das Arbeitsstück bewirkt werden, deren Betrag gleich der in der Verschiebungsrichtung gemessenen Dicke des Spans ist. Was man hier unter zwei auf einander folgenden Schnitten zu verstehen hat, wird sich aus den späteren Bemerkungen ergeben.

Man kann die hierher gehörigen Maschinen eintheilen in solche mit geradliniger und mit kreisförmiger Arbeitsbewegung, wozu sich folgendes bemerken läßt.

Wenn man dem Werkzeuge gegen das Arbeitsstück eine geradlinig fortschreitende Bewegung ertheilt, sei es, daß diese Bewegung auf das Werkzeug bei ruhendem Arbeitsstücke oder umgekehrt auf das letztere bei stillstehendem Werkzeuge übertragen wird, so hebt das Werkzeug, welches in diesem Falle den Namen Meißel oder Stichel erhält, eine geradlinige Rinne oder Furche aus dem Arbeitsstücke aus, und es ist nöthig, nach deren Vollendung dem Stichel die entgegengesetzte Bewegung gegen das Arbeitsstück zu ertheilen, um eine neue Furche dicht neben der erzeugten herzustellen. Während dieses Rückganges kann der Stichel eine Wirkung nicht äußern, es sei denn, daß man ihm vor dem Beginn des Rückganges eine halbe Umdrehung um seine eigene Ase ertheile, damit die Schneide sich auch während des Rückganges in der für die Abtrennung eines Spans erforderlichen Stellung befindet.

Eine solche Wendung des Stichels nach erfolgtem Schnitte findet im Allgemeinen nicht statt, es arbeitet vielmehr bei den hierher gehörigen Maschinen, die man als Hobelmaschinen und Stoßmaschinen bezeichnet, der Stichel nur bei dem Vorgange, während die Rückführung ohne Arbeitsleistung erfolgt. Bei diesen Maschinen hat man daher den Stichel während eines Hin- und Herganges durch die Schaltbewegung um die Dicke des abzulösenden Spans zu verschieben, und es ist bei diesen Maschinen mit geradliniger Arbeitsbewegung allgemein üblich, diese Verstellung periodisch vor dem jedesmaligen Beginn eines neuen Schnittes vorzunehmen. Wenn man, wie dies bei einer gewissen Ausführungsart der Fall ist, dem Stichel nach vollendetem Schnitte die erwähnte Wendung um 180 Grad ertheilt, so muß natürlich die Veretzung nach jedem Hingange sowohl, wie nach jedem Rückgange stattfinden. In diesem Falle läßt man auch den Rückgang mit derselben Geschwindigkeit wie den Vorwärtsgang erfolgen, während man in dem meist gebräuchlichen Falle des leeren Rückganges den letzteren mit einer größeren Geschwindigkeit vorzunehmen pflegt, als den Vorwärtsgang, um durch die Verkleinerung der ungenutzt verstreichenden Zeit die Leistungsfähigkeit der Maschine zu erhöhen.

Die Richtung der behufs der Stichelveretzung angewandten Schaltbewegung steht bei allen hier in Betracht kommenden Maschinen mit geradliniger Arbeitsbewegung senkrecht zu dieser letzteren. Es ergibt sich daraus, daß die von dem Stichel erzeugte Fläche eine Ebene sein muß, sobald die Schaltbewegung ebenfalls eine geradlinige ist, daß man dagegen in der hier gedachten Art auch abwickelbare Flächen, wie Cylinder, Kegel, gewisse Schraubenflächen u. s. w., herstellen kann, sobald man eine passende Schaltbewegung für die Verstellung des Stichels in Anwendung bringt.

Das bekannteste Beispiel für die Verwendung einer kreisförmigen Arbeitsbewegung bietet die gewöhnliche Drehbank, bei welcher das festgehaltene Werkzeug, das hier ebenfalls Stichel genannt wird, aus der Oberfläche des Arbeitsstückes eine ringförmige Furche aushebt. Hierbei ist es allgemein gebräuchlich, dem Stichel gegen das Arbeitsstück eine ununterbrochene Fortrückungsbewegung zu ertheilen, woraus man erkennt, daß der Stichel auf dem Arbeitsstücke nicht viele einzelne in sich zurücklaufende Rinnen, sondern eine einzige schraubenförmige Furche mit vielen neben einander gelegenen Gängen ausarbeitet. Die Fortrückungsbewegung steht hierbei ebenfalls senkrecht auf der Arbeitsbewegung und es gestattet daher diese Anordnung die Erzeugung von irgendwie gestalteten Umdrehungsflächen, wie sie erzeugt gedacht werden können, wenn man sich die Bahn, die das Werkzeug vermöge der Schaltbewegung zurücklegt, als eine Erzeugungslinie um die Ase der rotirenden Arbeitsbewegung herum-

geführt denkt. Es entstehen auf diese Art beispielsweise cylindrische, kegelförmige oder ebene Flächen, je nachdem die Fortrückbewegung parallel zur Drehaxe gerichtet ist oder diese unter einem schiefen und bezw. unter einem rechten Winkel schneidet. Wollte man die Fortrückung des Stichels in einer zur Drehaxe windschiefen Geraden vornehmen, so würde das Arbeitsstück die Form des zugehörigen Umdrehungshyperboloids annehmen. Bei einigen der hierher gehörenden Maschinen hat man noch eine besondere Mannigfaltigkeit der herstellbaren Formen dadurch erzielt, daß man die Drehaxe der Arbeitsbewegung nicht wie bei der gewöhnlichen Drehbank unwandelbar fest lagert, sondern dieser eine nach bestimmtem Gesetze erfolgende Versetzung ertheilt; hierauf gründet sich die Herstellung ovaler und verschiedener sogenannter unrunder Gegenstände, wie sie beispielsweise als Gewehrschäfte, Schuhleisten u. s. w. vorkommen.

Die vorstehenden Bemerkungen gelten nicht nur für die Bearbeitung massiver stab- oder scheibenförmiger Arbeitsstücke auf deren äußerer Oberfläche, sondern ebenso für das Ausdrehen hohler und das Ausbohren röhrenförmiger Körper, und es macht auch keinen wesentlichen Unterschied, ob die Arbeitsbewegung, wie bei den gewöhnlichen Drehbänken üblich ist, dem Arbeitsstücke mitgetheilt wird, oder ob man das Werkzeug in Umdrehung setzt, und das Arbeitsstück undrehbar befestigt. Die letztere Anordnung findet sich ziemlich allgemein bei den zum Ausbohren cylindrischer Höhlungen gebräuchlichen Bohrwerken, den sogenannten Cylinderbohrmaschinen, bei denen das aus einem oder mehreren Stacheln bestehende Werkzeug um eine Ase gedreht und gleichzeitig längs derselben einer Verschiebung behufs der Versetzung des Spans unterworfen wird.

Die eigentlichen Bohrmaschinen unterscheiden sich von den vorgedachten Cylinderbohrmaschinen dadurch, daß sie cylindrische Löcher oder Höhlungen in massiven Arbeitsstücken erzeugen sollen, während den letztgenannten Maschinen das Ausarbeiten schon vorhandener Höhlungen obliegt. Zu diesem Zwecke muß das Werkzeug der Bohrmaschinen, der sogenannte Bohrer, mit einer Schneide versehen sein, die von seiner Drehaxe bis an den Umfang des zu erzeugenden Loches reicht, wobei man zur Vermeidung einer einseitigen Wirkung diese Schneide zu beiden Seiten der Bohreraxe symmetrisch anordnet, so daß bei der Umdrehung des Bohrers sich der Schnitt am Grunde der entstehenden cylindrischen Höhlung diametral über die ganze Breite derselben erstreckt. Die Fortrückung des Bohrers geschieht bei dem eigentlichen Lochbohren immer in der Richtung der Drehaxe, und fast in allen Fällen in stetiger Bewegung, woraus sich ergibt, daß die in der Richtung der Bohreraxe gemessene Dicke des Spans gleich derjenigen Größe ist, um welche die Fortrückung während einer halben Umdrehung des Bohrers stattfindet. In den meisten Fällen ertheilt man diese

Fortrückungsbewegung dem Bohrer, nur selten wird das Arbeitsstück gegen den Bohrer bewegt.

Wenn man dem rotirenden Bohrer eine Fortrückbewegung in gerader Linie senkrecht zu seiner Drehaxe mittheilt, so entsteht in dem Arbeitsstücke eine geradlinige Furche oder Ruth von einer Breite gleich der des Bohrers und einer Tiefe gleich der Dicke des Spans, welche Tiefe man beliebig vergrößern kann, wenn man den Bohrer wiederholt hin- und zurückführt und ihn vor jedesmaliger Umkehr um die Dicke eines neuen Spans nach der Richtung seiner Axe verschiebt. In dieser Weise arbeiten die sogenannten Langlochbohrmaschinen, wie sie zur Herstellung von Ruthen oder Schlizen verwendet werden, die zwar in der Regel eine geradlinige Erstreckung haben, welche man aber ebenso gut in anderer Form erzeugen kann, sobald man nur die zur Axe senkrechte Verschiebung des Bohrers in passender Art vornimmt.

Die zuletzt gedachte Wirkung des Bohrers in den Langlochbohrmaschinen hat schon eine gewisse Aehnlichkeit mit derjenigen der sogenannten Fräsen, unter welchen man im Allgemeinen Umdrehungskörper versteht, die an ihrer Oberfläche eine größere Anzahl ringsum gleichmäßig vertheilter Schneidkanten tragen. Wird eine solche Fräse in schnelle Umdrehung gesetzt, so nehmen die gedachten Schneiden von dem dargebotenen Arbeitsstücke das ihnen im Wege befindliche Material in Gestalt feiner Späne fort, so daß das Arbeitsstück an der bearbeiteten Stelle eine die Fräse berührende Hohlform annimmt. Die zur ununterbrochenen Arbeit erforderliche Fortrückbewegung, welche ebensovohl dem Arbeitsstücke wie der Fräse mitgetheilt werden kann, findet hierbei in der Regel stetig und in einer Richtung senkrecht zur Fräsenaxe statt, während eine Versetzung nach der Aenrichtung meist nur herbeigeführt wird, um nach einem vollbrachten Schnitte eine neue Schicht abzufräsen. Wenn man bei einer Fräse die Fortrückbewegung stetig nach der Aenrichtung vornimmt, so stimmt die Wirkung im Wesentlichen mit derjenigen der gewöhnlichen Lochbohrmaschinen überein, und man erhält als das Ergebniß der Arbeit eine von der Form der Fräse abhängige Höhlung oder Vertiefung.

Da die durch Fräsen herstellbaren Flächen sowohl durch die Gestalt der Fräsen wie auch durch die Bahn der Fortrückung beliebig verändert werden können, so gewähren die Fräsen ein vergleichsweise bequemes und vielfach zur Verwendung kommendes Mittel zur Bearbeitung der verschiedensten Gegenstände aus Metall und Holz; die Hobelmaschinen für Holz beruhen ausschließlich auf der Verwendung von rotirenden Messerköpfen, deren Wirkung mit derjenigen der Fräsen der Hauptsache nach übereinstimmt.

Bezeichnet man durch  $w$  die Fortrückung der Fräse während einer Umdrehung der letzteren, und hat diese ringsum  $z$  schneidende Kanten, so ergibt sich eine Dicke der abgelösten Späne, nach der Richtung der Fortrückung gemessen, gleich  $\frac{w}{z}$ , und da  $w$  im Allgemeinen sehr gering und die Zähnezahl  $z$  in der Regel ziemlich groß gewählt wird, so folgt hieraus, daß die Fräsen das Material in Form sehr feiner Späne abtrennen, womit die Erzeugung sehr glatter Flächen in Verbindung steht, wie dies etwa bei der Bearbeitung der Gegenstände mit den bekannten Handfeilen der Fall ist, deren Arbeit zu ersetzen die Fräsen daher besonders geeignet sind.

Wenn man anstatt der aus Stahl gebildeten, mit mehr oder weniger feinen Zähnen versehenen Fräsen Umdrehungskörper aus einem mehr oder minder harten Material, wie z. B. Sandstein oder Schmirgel, verwendet, so erhält man bei einem in gleicher Art wie bei den Fräsen angewandten Betriebe Arbeitsflächen, die sich durch besondere Schönheit und Glätte auszeichnen, indem hierbei die einzelnen kleinen an dem Werkzeuge in Folge der natürlichen Rauigkeit des Materials vorhandenen Hervorragungen wie ebenso viele feine Zähne wirken, die bei ihrer schnellen Bewegung die ihnen im Wege stehenden Materialtheilchen des Arbeitsstückes wegstoßen. Die hierbei zur Verwendung kommenden Schleifmaschinen werden nicht nur zur Darstellung der glattesten Flächen in Gebrauch genommen, sondern sie dienen insbesondere auch für die Bearbeitung der härtesten Stoffe, wie Glas und solcher Gegenstände, die vermöge ihrer geringen Widerstandsfähigkeit nur eine äußerst zarte Behandlung durch das Abstoßen der feinsten Späne gestatten. Als ein Beispiel hierfür können die aus feinen Drahthäkchen bestehenden Kraxenbesläge gewisser in den Spinnereien gebräuchlichen Maschinen angeführt werden. Streng genommen wären hierbei auch die zum Poliren von allerlei Gegenständen gebräuchlichen Maschinen anzuführen, da auch das durch dieselben bewirkte Poliren harter Stoffe wesentlich auf dem Abstoßen äußerst feiner Massentheilchen beruht, doch dürften die letzteren Maschinen wegen ihres in der Vollendung der Oberfläche bestehenden Zweckes, und sofern ihre Einrichtung, wie z. B. bei den Polirtrommeln, eine von den der hier betrachteten Maschinen wesentlich abweichende ist, passend als zur Gruppe 9 der Maschinen zur Oberflächenbearbeitung gehörig anzusehen sein, ebenso dürften die in Capitel I angeführten Schleifmaschinen zur Erzeugung von Holzstoff dort angeführt werden, indem der Zweck derselben nicht sowohl in einer Bearbeitung der Holzstücke als vielmehr in der Erzeugung des entstehenden Abschliffes, also wesentlich in einer Verkleinerung zu erkennen ist.