

Hartig's Versuche. Zur Ermittlung des Kraftbedarfs und der Leistung der Drehbänke, Bohr- und Fräsmaschinen, sind von Hartig¹⁾ eingehende Versuche angestellt worden, deren Hauptergebnisse hier in derselben Art angeführt werden mögen, wie es in §. 164 bezüglich der Hobelmaschinen geschehen ist.

Hiernach ist zunächst die Leergangsarbeit von Drehbänken außer von der Geschwindigkeit und den Abmessungen der bewegten Theile, namentlich auch von der Anzahl der Zahnradübersetzungen zwischen der Antriebswelle und der Drehbankspindel abhängig und die folgende Zusammenstellung aus den angestellten Versuchen abgeleitet.

Leergangsarbeit N_0 in Pferdekraften der Drehbänke bei n Umdrehungen in der Minute.

Anzahl der Zahnradübersetzungen	A u s f ü h r u n g		
	leicht	mittel	schwer
0	$0,05 + 0,0005 n$	$0,10 + 0,0023 n$	$0,25 + 0,0041 n$
2	$0,05 + 0,0012 n$	$0,10 + 0,015 n$	$0,25 + 0,053 n$
3 oder 4	$0,05 + 0,05 n$	$0,13 + 0,11 n$	$0,25 + 0,18 n$

Die zur eigentlichen Nuzarbeit verwendete Arbeit kann passend wieder durch $\varepsilon G = N_1$ Pferdekraft ausgedrückt werden, wenn G das Gewicht der in einer Stunde abgetrennten Metallspäne bedeutet, während es sich empfiehlt, bei der Bearbeitung von Holz diese Arbeit gleich εV zu setzen, unter V das Volumen des abzuschälenden Holzes in Cubikmetern verstanden. Der Werth ε ergab sich für das Drehen kleiner als für das Hobeln, was dadurch erklärt wird, daß beim Abdrehen die Späne leichter vom Stichel wegzuführen sind. Eine Abhängigkeit des Werthes ε von dem Spanquerschnitt bei Gußeisen, wie sie sich bei dem Hobeln zeigte, ließen die Versuche nicht erkennen. Nach denselben ist im Mittel anzunehmen für

Graues Gußeisen	$\varepsilon = 0,069$ Pfrft. ($f = 2,80$ qmm)
Schmiedeeisen	$\varepsilon = 0,072$ " ($f = 1,00$ ")
Stahl	$\varepsilon = 0,104$ " ($f = 1,72$ ")
	für je 1 kg Späne in der Minute, während man für
Holz	$\varepsilon = 10$ Pfrft. ($f = 0,88$ qmm)

¹⁾ Mittheilungen d. Sächsl. polyt. Schule zu Dresden, Heft 3, 1873.

Tabelle A.

Nummer	M a s c h i n e	Vergangensarbeit N_0 pfl.	Betriebsarbeit N pfl.	$\mu = \frac{N \cdot N_0}{N}$	Spannmenge flüchtig G kg	Spanndicke δ mm	Spannbreite β mm	Schnittgeschwindigkeit v mm	Arbeit für 1 kg flüchtig (bei Holz 1 cbm) ϵ pfl.	Bemerkungen
1	Kleine Supportdrehbank .	0,182	0,416	0,563	5,25	2,0	0,43	123 ¹⁾	{ 0,072 für Schmiedeeisen 0,055 für Gußeisen }	Spitzenhöhe 165 mm
2	Leitspindel-drehbank . . .	0,121	0,336	0,640	2,22	1,55	0,46	117 ¹⁾	{ 0,10 für Schmiedeeisen 0,063 für Gußeisen }	155 mm
3	" . . .	0,21	0,88	0,761	11,4	5,06	1,04	79,4 ¹⁾	{ 0,10 für Stahl 0,060 für Schmiedeeisen 0,066 für Gußeisen }	220 mm
4	" . . .	0,05	0,469	0,419	4,97	2,0	0,61	160 ²⁾	0,089 für Gußeisen	325 mm
5	Planischieben- u. Spitzen- drehbank	0,19	0,54	0,649	5,62	2,1	1,4	67,3 ²⁾	0,061 für Gußeisen	{ 625 mm Planisch. 1,985 m Durchm.
6	Planischiebendrehbank . .	0,38	0,92	0,567	8,68	5,0	1,03	82,3 ²⁾	0,069 für Gußeisen	{ Durchmesser der Planischeibe 1,415 m
7	Holz-drehbank	0,64	0,94	0,320	0,044 cbm	2,63	0,62	12,3 ³⁾ m	10,6 für Eichenholz	{ Durchmesser der Planischeibe 0,80 m

1) Für Schmiedeeisen. 2) Für Gußeisen. 3) Für Eichenholz.

für je 1 cbm stündlich abzulösendes Holz annehmen kann. Die in Klammern beigelegten Werthe bedeuten die Mittelwerthe der bei den Versuchen beobachteten Spanquerschnitte.

Der Wirkungsgrad $\mu = \frac{N - N_0}{N}$ bewegte sich für die größte Leistung der Drehbänke zwischen 0,563 und 0,843 und berechnete sich im Durchschnitt zu 0,674.

Die Geschwindigkeiten betragen bei denjenigen Versuchen, welche der größten Leistung entsprachen, bei

Gusseisen	Schmiedeeisen	Stahl	Holz
103	106	38,4	12300 mm
(67,3 — 160)	(79,4 — 123)	(24,8 — 45,5)	(1430 — 12500)

Die mittlere Schnittgeschwindigkeit beim Schneiden schmiedeeiserner Schrauben mittels der Kluppe war 28 mm.

Die vorstehende Tabelle A. enthält die hauptsächlichsten Ergebnisse der an Drehbänken angestellten Versuche.

Bei den Bohrmaschinen ergaben sich für den Leergang die nachstehenden Formeln, in denen n die Umdrehungszahl der Bohrspindel und n_1 diejenige der Vorgelegswelle in der Minute bezeichnet:

Pferdekraft

Für Bohrmaschinen ohne Zahnräderantrieb	$N_0 = 0,0006 n_1 + 0,0005 n$
„ „ mit Räderbetrieb der	
Spindel.	$N_0 = 0,0006 n_1 + 0,001 n$
„ Radialbohrm. ohne Rädervorgelege.	$N_0 = 0,0006 n_1 + 0,004 n$
„ „ mit „	$N_0 = 0,04 + 0,0006 n_1 + 0,004 n$

Bei den Cylinderbohrmaschinen kann wegen der kleinen Umdrehungszahl der Bohrspindel die Leergangsarbeit vernachlässigt werden.

Die zum eigentlichen Bohren erforderliche Nutzarbeit hängt außer von dem Widerstande, der sich dem Abtrennen des Spanes entgegensetzt, namentlich von der Reibung ab, welche die Bohrspäne an der Wandung des Bohrloches finden. Der letztere Widerstand ist verhältnißmäßig um so größer, je kleiner der Durchmesser d des Bohrloches ist, so daß man ihn umgekehrt proportional mit d annehmen und den Arbeitsbedarf ε für je 1 cbm stündlich ausgetrohten Raumes zu

$$\varepsilon = \alpha + \frac{\beta}{d}$$

annehmen kann. Bezüglich der Werthe von α und β gelangt Hartig aus seinen Versuchen zu folgenden Regeln. Es ist für jeden Cubiccentimeter des stündlich auszubohrenden Raumes:

für Spitzbohrer in Gußeisen, trocken, $d = 10$ bis 50 mm, bis 50 mm Lochtiefe:

$$\varepsilon = 0,001 + \frac{0,001}{d} \text{ Pfst.},$$

für Spitzbohrer in Schmiedeeisen mit Del, $d = 10$ bis 50 mm, bis 50 mm Lochtiefe:

$$\varepsilon = 0,001 + \frac{0,04}{d} \text{ Pfst.}$$

Ferner hat man bei dem Bohren in Holz für je 1 cbm stündlich ausgebohrtes Material bei der Anwendung von Centrubohrern von 10 bis 100 mm Durchmesser und bei Lochtiefen bis 150 mm:

$$\text{für Fichtenholz} \quad \varepsilon = 7,6 + \frac{1000}{d} \text{ Pfst.}$$

$$\text{„ Erlenholz} \quad \varepsilon = 28,8 + \frac{2170}{d} \text{ „}$$

$$\text{„ Weißbuchenholz} \quad \varepsilon = 210 + \frac{2280}{d} \text{ „}$$

Für Cylinderbohrmaschinen, bei denen nur Gußeisen in Betracht kommt, kann man für je 1 kg stündlicher Spanmenge ebenso wie bei den Hobelmaschinen¹⁾

$$\varepsilon = 0,034 + \frac{13}{f} \text{ Pfst.}$$

annehmen, wenn f den Querschnitt des Spanes in Quadratmillimetern bedeutet.

Die Tabelle B. enthält die Zusammenstellung der hauptsächlichsten Ergebnisse aus den Versuchen an Bohrmaschinen.

Die mit Fräsmaschinen für Eisen angestellten Versuche, deren Hauptergebnisse in der Tabelle C. (a. S. 1220) wiedergegeben sind, lassen erkennen, daß die Leergangsarbeit wegen der kleinen Umdrehungszahl der Fräsahe (4,9 bis 33 in der Minute) nur gering ist, dieselbe schwankte zwischen $0,1$ und $0,5$ Pfst.

Die eigentliche Nugarbeit zur Spanbildung kann für je 1 kg zerkleinertes Material gesetzt werden zu

¹⁾ Die in §. 164 angegebene Formel $\varepsilon = 0,077 + \frac{0,125}{f}$ ergab sich aus den Versuchen an der dort unter Nr. 3 angeführten Hobelmaschine, im Durchschnitt aus allen Versuchen erscheint dagegen der obige Ausdruck $\varepsilon = 0,034 + \frac{0,13}{f}$.

Tabelle B.

Nummer	M a ß d i n e	Durchmesser der Bohrung d mm	Vorlauf für eine Umdrehung mm	Schnittgeschwindigkeit mm	Leerangarsarbeit N ₀ pff.	Betriebsarbeit N pff.	Wirtungsgrad $\mu = \frac{N - N_0}{N}$	Span- menge, flüchlich G kg	V cem	Arbeit für 1 kg (1 cem) flüchlich ϵ pff.	Bemerkungen
1	Horizontalbohrmaschine	50	0,14	155	0,12	0,94	0,872	—	673	$0,001 + \frac{0,04}{d}$ für 1 cem	Erweiterung eines Loches von 24 auf 50 mm Durchm.
2	Kleine Cylinderbohrm.	430	0,80	68,5	0,007	0,207	0,968	2,66	—	0,0725 f. 1 kg Gußeisen	Ältere Construction
3	Radialbohrmaschine . .	12,5	0,088	99,6	0,45	0,54	0,167	—	101	0,00132 f. 1 cem "	$\epsilon = 0,00125$ f. Bronze $\epsilon = 0,00150$ " Stahl
4	desgl. große	50	0,111	94	0,31	0,68	0,544	—	508	0,00107 f. 1 cem "	$\epsilon = 0,00186$ " Kupfer $\epsilon = 0,00312$ " Schmiedeeisen
5	Langlochbohrmaschine .	50,5	0,85 ¹⁾	98	0,15	0,42	0,643	—	184	0,00112 f. 1 cem "	$\epsilon = 0,00072$ " " $\epsilon = 28,8 + \frac{2170}{d}$ für 1 cem Erlenholz
6	Kleine Holzbohrmaßsch.	101	0,20	4730	0,265	1,86	0,857	—	0,091 cbm	1000 für 1 cem $7,6 + \frac{d}{d}$ Eichenholz	$\epsilon = 2280$ für 1 cem Weißbuche
7	Holzlanglochbohrmaßsch.	100	0,037	5290	1,70	3,74	0,545	—	0,035 cbm	18 für 1 cem Erlenholz	Zwei Vorgelegswellen

1) Diese Zahl giebt den Vorschub des Bohrers in der Richtung der Spindel bei jedem Wechsel der Längsbewegung an.

Tabelle C.

Nummer	M a s c h i n e	Schmitthöhe mm	Schmittbreite mm	Schmittgeschwindigkeit mm	Leergangsarbeit N_0 Pf.	Betriebsarbeit N Pf.	Ritungsgrad $\mu = \frac{N - N_0}{N}$	Spannmenge flüchtig kg	Arbeit für 1 kg Späne flüchtig s Pf.	Bemerkungen
1	Kleine Grasmäschine .	2,8	0,165	92	0,10	0,19	0,474	2,01	$\left. \begin{array}{l} 0,05 \text{ für weiches Guß-} \\ \text{eisen} \\ 0,239 \text{ für Gußrinde} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{Zähnezahl der Fräse} = 16 \\ \text{Vorschiebung für eine Um-} \\ \text{drehung} = 2,64 \text{ mm} \end{array} \right\}$
2	Grasmäschine	3,8	0,24	85	0,268	0,669	0,599	4,28	$\left. \begin{array}{l} 0,095 \text{ bis } 0,193 \text{ für} \\ \text{Gußeisen} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{Durchmesser der Fräse } 320 \\ \text{und } 330 \text{ mm} \end{array} \right\}$
3	Räder Schneidmaschine .	Evansquerchnitt 0,025 qmm		200	0,108	0,282	0,617	0,62	0,26 für Gußeisen	$\left. \begin{array}{l} \text{Zähnezahl der Fräse} = 53 \\ \text{Vorschiebung für eine Um-} \\ \text{drehung} = 0,724 \text{ mm} \end{array} \right\}$

Tabelle D.

Nummer	Maschine	Schnittbreite b mm	Schnitthöhe h mm	Durchschnittswin- digkeit (Secunde) mm	Vorrichtung (Secunde) mm	Reingangsarbeit N_0 pft.	Betriebsarbeit N pft.	Wirkungsgrad $\mu = \frac{N-N_0}{N}$	Spannmenge (Stunde) V cbm	Arbeit für 1 cbm Späne flüchtig e pftft.	Spann- querchnitt (1 horizont. und 1 vertic. Messwelle)
1	Holz Hobelmaschine . .	375	5	27 200	36	1,47	3,25	0,548	0,233	3,16 + 0,5 für Rothbuche	$f = 7,55$ qmm
2	Walzen Hobelmaschine .	610	8,5	19 000	57	0,75	5,08	0,852	1,08	4,6	querchnitt
3	"	273	10,5	23 400	71,8	1,27	4,70	0,730	0,72	$2,5 + \frac{28}{h}$ für Fichtenholz	1 horizont. und 1 vertic.
4	"	281	2	10 300	50	1,44	3,08	0,533	0,110	18,7	Messwelle
5	Brett Hobelmaschine mit 4 Messwalzen	219	3,5	13 500	35,6	3,40	4,30	0,209	0,273	$2 + \frac{12}{h}$ "	Seine Späne
6	Kleine Holzfräsmaschine	—	—	10 100	4—34	1,32	2,03	0,347	0,014	66,7 für Erlenholz	
7	Simshobelmaschine . .	141	4,4	19 600	50,7	2,03	2,49	0,185	0,171	2,64 " Fichtenholz	
8	Simz- u. Brett Hobelm.	355	4	16 900	22	4,28	7,01	0,390	0,562	4,70 "	
9	Holz Hobelmaschine . .	162	4	30 400	34,9	2,07	2,54	0,185	0,813	6,47 "	
10	Zapfenhiebmaschine .	105	12	22 200	11—19	1,44	2,14	0,327	0,074	$\left\{ \begin{array}{l} 7,87 \text{ mit Vordrüsebern} \\ 25 \text{ ohne} \end{array} \right.$	
11	"	93	74	29 500	1,3—3,5	0,62	2,87	0,784	0,086	41,8 für Fichtenholz	
12	"	71	18	22 400	2,7—9,3	2,20	2,29	0,039	0,044	$\left\{ \begin{array}{l} 25,9 \text{ für schmale Schlitze} \\ 2,05 \text{ für breite} \end{array} \right.$	

$\varepsilon = 0,239$ Pffft. für die harte Gußrinde,

$\varepsilon = 0,113$ „ für weiches Gußeisen, bei 0,37 qmm mittlerem Spanquerschnitt,

$\varepsilon = 0,26$ „ bei dem Ausfräsen der Zahnflächen in gußeisernen Rädern bei 0,025 qmm Spanquerschnitt.

Dagegen ergaben die Versuche an Holzhobel- und Fräsmaschinen, wie sie in der Tabelle D. (a. v. S.) angeführt sind, eine verhältnißmäßig große Leerangangsarbeit zwischen 0,62 und 4,28 Pffft., deren Mittelwerth von 2 Pffft. sogar die Nutzarbeit der stärksten Beanspruchung übertrifft, weshalb der Wirkungsgrad im Durchschnitt nur den Werth 0,427 zeigt. Der Grund hierfür ist in der großen Umdrehungszahl der Fräsköpfe und Messerwellen zu erkennen, die in vielen Fällen außer der Vorgelegswelle noch die Anordnung von Zwischenwellen nöthig macht. Bezeichnet man mit $\Sigma(n)$ die Summe der minutlichen Umdrehungszahlen aller in der Maschine enthaltenen schnell laufenden Axen, so soll man nach Hartig die Leerangangsarbeit zu

$$N_0 = \frac{\Sigma(n)}{2000} \text{ Pffft.}$$

annehmen, was also beispielsweise für eine Maschine mit vier Messerwellen, die 2000 Umdrehungen machen, bei einer Umdrehungszahl der Vorgelegswelle von 200 und einer Zwischenwelle von 800 die Leerarbeit

$$N_0 = \frac{4 \cdot 2000 + 200 + 800}{2000} = 4,5 \text{ Pffft.}$$

ergiebt.

Bezüglich der Nutzarbeit findet sich für je 1 cbm stündlich zerspantes Fichtenholz bei zweckmäßig construirten Messerwalzen der Ausdruck

$$\varepsilon = 2 + \frac{20}{h} \text{ Pffft.,}$$

wenn h die Höhe der abgefrästen Schicht in Millimetern bedeutet. Danach ergibt sich die Arbeit für je 1 qm stündlich abgefräste Fläche zu

$$\varepsilon' = \frac{h + 10}{500} \text{ Pffft.}$$