

Die Drehzahl-Normung und ihre wirtschaftliche Auswirkung im Drehbankbau

Von

Dipl.-Ing. Rolf Boehringer

Geschäftsführer der Gebr. Boehringer G. m. b. H., Werkzeugmaschinenfabrik
und Eisengießerei, Göppingen

Mit 40 Abbildungen im Text
und 8 Tabellen



Berlin
Verlag von Julius Springer
1939

ISBN-13:978-3-642-89553-1 e-ISBN-13:978-3-642-91409-6
DOI: 10.1007/978-3-642-91409-6

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1939 by Julius Springer in Berlin.

Vorwort.

Als ich im Jahre 1928 in die Firma Gebr. Boehringer GmbH., Göppingen, eintrat, steckte die Drehzahl-Normung noch in den Anfängen ihrer Entwicklung. Zur selben Zeit schlossen sich die vier Firmen, Gebr. Boehringer GmbH., Göppingen, Franz Braun AG., Zerst, Heidenreich & Harbeck, Hamburg, H. Wohlenberg KG., Hannover, zu den Vereinigten Drehbankfabriken zusammen und beauftragten die Vorstände ihrer Konstruktionsbüros, neue Drehbänke zu entwickeln. Diese Abteilungsleiter arbeiteten in Göppingen in einem für sie besonders eingerichteten Büro unter Leitung von Oberingenieur J. IRTENKAUF und entwickelten die heute allgemein unter dem Namen VDF-Drehbänke bekannten Maschinen. Unabhängig von der in den deutschen Hochschulen geleisteten Normungsarbeit für die Spindeldrehzahlen wurde also hier ein Spindelstock konstruiert, der alle die durch die heutige Drehzahl-Normung bedingten Eigenschaften bereits besaß. Es bleibt das Verdienst dieser Herren, insbesondere von Herrn IRTENKAUF, die erste deutsche Werkzeugmaschine konstruiert zu haben, deren Getriebeplan mit der späteren Drehzahl-Normung im Einklang stand.

In den darauffolgenden Jahren bis heute ist ein umfangreiches Schrifttum über die Drehzahl-Normung in der Öffentlichkeit erschienen. Ich erinnere nur an die Veröffentlichungen vom AWF, von GERMAR, IRTENKAUF, KIENZLE, PANZER, WALLICHS-SCHÖPKE. Alle

diese Abhandlungen befaßten sich jedoch vornehmlich mit der Theorie der Drehzahl-Normung, mit Grundlagen für die Berechnung von Getrieben mit genormten Drehzahlen und waren hauptsächlich konstruktiv-theoretischer Art. Diese Veröffentlichungen lagen bei der Ausarbeitung der vorliegenden Schrift zu meiner Verfügung.

Ihren Verfassern sei für ihre dadurch geleistete Vorarbeit bestens gedankt. Besonderer Dank gebührt Herrn Oberingenieur IRTENKAUF, der mir in nunmehr zehnjähriger Zusammenarbeit im Beruf die konstruktiven Unterlagen für diese Schrift zur Verfügung gestellt hat. Weiter sei hier dankend auf das Entgegenkommen der Firmen hingewiesen, die mir zur Ausarbeitung des Folgenden noch besondere Unterlagen zur Verfügung stellten. Es sind dies die in den VDF (Vereinigte Drehbankfabriken) zusammengeschlossenen Firmen

Gebr. Boehringer GmbH., Göppingen,
Franz Braun AG., Zerst,
Heidenreich & Harbeck, Hamburg,
H. Wohlenberg KG., Hannover.

Göppingen, im September 1937.

ROLF BOEHRINGER.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Erster Teil.	
Gründe zur Einführung der Drehzahl-Normung	2
Zweiter Teil.	
Grundlinien der wirtschaftlichen Bedingungen der Drehbankgestaltung	3
A. Entwicklung des Antriebs der Arbeitsspindel einer Leit- und Zugspindeldrehbank in bezug auf die Drehzahl-Normung.	3
B. Verwendungsmöglichkeiten des Universaltriebepplanes für die verschiedenen An- forderungen in der Praxis	11
Dritter Teil.	
Einführung und Auswirkung der Drehzahl-Normung in einer deutschen Werkzeugmaschinen- fabrik	17
Vierter Teil.	
Schlußfolgerungen	27
Schrifttum-Verzeichnis	29

Die Drehzahl-Normung und ihre wirtschaftliche Auswirkung im Drehbankbau.

Einleitung.

Bis vor etwa zehn Jahren herrschte in der Konstruktion von Getrieben ganz allgemein und im Werkzeugmaschinenbau im besonderen völlige Willkür. Nicht nur jede Firma, nein jeder verantwortliche Konstrukteur vertrat seine eigene, vorgefaßte Ansicht und Meinung über Abstufung und Bereiche der in den Getrieben vorzusehenden Spindeldrehzahlen, und Hunderte, ja Tausende von verschiedenen Bauarten waren nebeneinander auf dem Markt und nebeneinander in den Betrieben zu finden.

Es ginge zu weit, den seinerzeit bestehenden Wirrwarr im einzelnen zu schildern. Es soll daher im folgenden versucht werden, die Auswirkung der inzwischen erfolgten Drehzahl-Normung auf die Gestaltung und Herstellung von Getriebe-Einheiten, insbesondere von Spindelkästen der Drehbänke, einer kritischen Betrachtung zu unterziehen. Es handelt sich dabei um ein Schulbeispiel, welches genau so gut auf andere Werkzeugmaschinen, wie Fräsmaschinen, Bohrmaschinen, Bohrbänke, und auf andere Getriebe, z. B. Vorschubgetriebe, angewandt werden kann. Wenn für dieses Schulbeispiel der Drehbankbau herausgegriffen wurde, so hat dies seine Gründe vor allem darin, weil der Verfasser mit diesem Zweig des Werkzeugmaschinenbaues am besten vertraut ist, und weil er diese so einschneidenden Entwicklungen der letzten Jahre an verantwortlicher Stelle im eigenen Betrieb ständig verfolgen konnte.

Der weitere Grund, warum die Drehbank als Beispiel herausgegriffen wurde, ist der, daß die Drehbank die meistgebrauchte Werkzeugmaschine überhaupt ist und mit ihren Abarten, wie Vielstahldrehbank, Revolverdrehbank, Bohr- und Abstechbank, Kurbelwellen- und Nockenwellendrehbank usw., die größte und weitestverzweigte Familie unter allen Werkzeugmaschinenarten darstellt. Sie hat sich als erste Werkzeugmaschine die Vorteile der Drehzahl-Normung zunutze gemacht.

Als Beweis für die obenerwähnte Ausdehnung der Drehbank und ihrer Abarten seien einige Zahlen aus der Versandstatistik der Fachgruppe Werkzeugmaschinen (VDW) angeführt. Danach waren von den im Deut-

sehen Reich hergestellten spanabhebenden Werkzeugmaschinen dem Wert nach etwa 45% Drehbänke der verschiedensten Arten, d.h. Spitzendrehbänke, Kopf- und Plandrehbänke, Vielstahldrehbänke, Hinterdrehbänke, Kurbelwellen- und Nockenwellendrehbänke, Walzendrehbänke, Radsatzdrehbänke, halb- und vollselbsttätige Revolverdrehbänke, sowie Abarten und Sonderausführungen dieser Maschinen. Die als erste genannten Spitzendrehbänke umfassen mit 40% wieder die am meisten gebräuchliche Art der genannten Gruppe.

Betrachtet man in der obenerwähnten Statistik die verschiedenen Gewichte der hergestellten Werkzeugmaschinen, so findet man, daß die meisten spanabhebenden Werkzeugmaschinen in der Gewichtsklasse zwischen 2500 und 5000 kg liegen. In dieser Gewichtsklasse sind 43% aller hergestellten Maschinen Drehbänke allgemeiner Art, und von diesem Wert fallen 45% auf die Spitzendrehbänke.

Aus diesem Grunde sollen meine Untersuchungen an Drehbänken dieser Gewichtsklasse durchgeführt und erläutert werden. Sie sollen die Grundlage zur Entwicklung von Gedankengängen bilden, die über sie hinausgreifend schließlich Richtlinien und Entwicklungsmöglichkeiten für den gesamten Werkzeugmaschinenbau unserer Zeit aufzudecken versuchen.

In dem ersten Teil dieser Arbeit sollen die wissenschaftlichen und durch Erfahrung erhärteten Bedingungen der heutigen Drehbankgestaltung und -fertigung, sowie die Gründe, die zur Drehzahl-Normung führten, in ihren Grundlinien dargelegt werden.

In dem zweiten Teil sollen die Bauarten erläutert werden, die eine deutsche Werkzeugmaschinenfabrik entwickelt hat, um diese Bedingungen restlos zu verwirklichen.

Der dritte Teil zeigt die Folgerungen auf, welche sich aus diesen Bedingungen für den Betrieb des Herstellers und des Verbrauchers ergeben, um schließlich auf die möglichen Weiterungen einzugehen, die sich für die übrigen spanabhebenden Werkzeugmaschinen daraus ergeben können.

Gründe zur Einführung der Drehzahl-Normung.

Auf der ganzen Welt gibt es keinen Hersteller und kaum einen Verbraucher von Maschinen, der nicht zum Zweck der Fertigung oder zur Behebung von Störungen an seinen im Betrieb befindlichen Maschinen eine Drehbank stehen hat. Mit diesen Drehbänken werden im allgemeinen Schrubb- und Schlichtarbeiten, sowie Gewinde angefertigt. Um diese drei verschiedenen Arbeitsarten vorteilhaft auf der Maschine ausführen zu können, muß die Drehbank verschiedene Drehzahlen der Arbeitsspindel haben. Im ersten Satz der Einleitung zu dieser Schrift wurde behauptet, daß für die Auswahl dieser Drehzahlen bis vor zehn Jahren völlige Willkür herrschte. Betrachten wir daher verschiedene in den Jahren 1920 bis 1930 gebaute Drehbänke einer Gewichts- und Größenklasse, so finden wir bei Drehbänken mit etwa 500 mm Drehdurchmesser 9, 12, 16, 18, mitunter sogar 24 und mehr verschiedene Drehzahlen der Hauptspindeln. So verschieden diese Anzahl der Drehzahlen war, so verschieden waren die Zahlen der Spindelumdrehungen und die Abstufungen der Drehzahlen untereinander, sowie der Bereich zwischen den kleinsten und größten Drehzahlen der Arbeitsspindeln.

Abb. 1 zeigt eine übersichtliche Zusammenstellung verschiedener zur Anwendung gekommener Drehzahlen, wie diese in deutschen und ausländischen Konstruktionen von Drehbänken, Revolverdrehbänken, Vielstahldrehbänken, Bohrbänken und Sonderdrehbänken in dieser Zeit zu finden waren.

In einer kleinen Werkstatt, in der für Instandsetzungsarbeiten nur wenige Drehbänke standen, empfand man diese Willkür in der Bauart des Antriebes der Drehbänke nicht als störend, ja man konnte sie gar nicht als störend empfinden, denn die Hauptsache war ja, daß die Maschinen in der Lage waren, alle im Laufe der Zeit vorkommenden Arbeiten zu erledigen. Wenn sie diese Bedingung erfüllten, dann waren sie gut und richtig und fanden ihre Käufer. Selbst in größeren Betrieben, in denen vielleicht 10 oder 100 oder noch mehr Drehbänke ähnlicher Größe stehen, wurde und wird noch heute diese Verschiedenheit der Bauarten als gegeben hingenommen, soweit in diesen Betrieben Einzelfertigung vorherrscht.

Anders aber entwickelten sich die Forderungen der Verbraucher in den Betrieben mit Reihen- oder Massenerstellung. Der harte und unerbittliche Wettbewerb der Nachkriegszeit mit ihren steigenden Löhnen, mit der Einführung des Achtstundentags veranlaßte die Betriebe, der Zeiterrechnung größere Aufmerksamkeit zu schenken. Es begann die Zeit der genauen und bis ins kleinste gehenden Kostenerfassung, die Zeit der Planung der Arbeitsvorbereitung, und nun erkannte

man plötzlich diesen Wirrwarr von verschiedenen Drehzahlen, der sich bei der Betrachtung der Spindelkasten-Bauarten bei den im Betrieb befindlichen Maschinen darbot. Wie sollte der Zeitvorrechner die Herstellungskosten irgendeiner Welle oder eines anderen Drehteiles festlegen, wenn für die Herstellung dieses Werk-

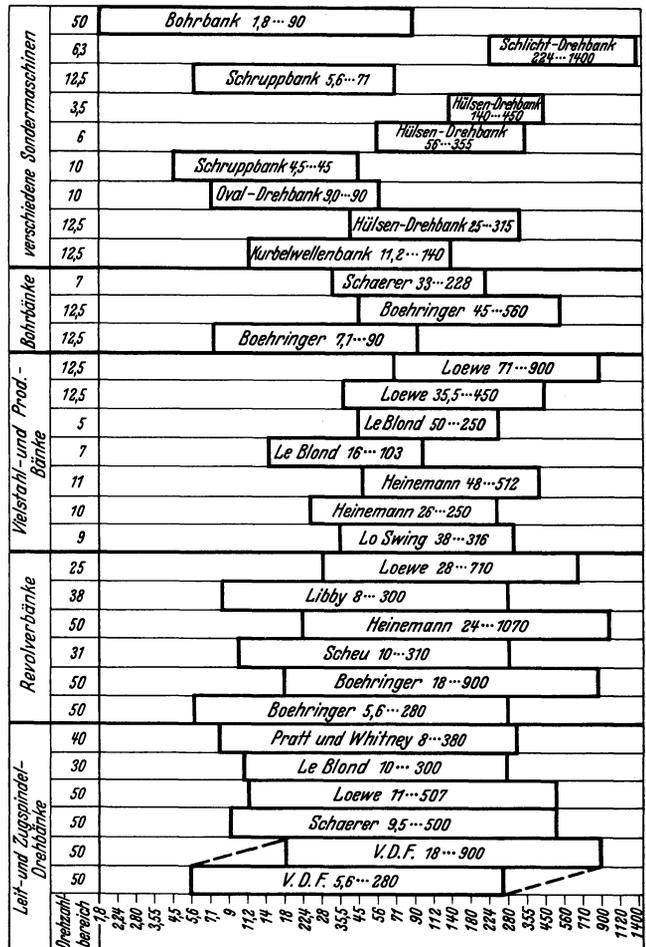


Abb. 1. Zusammenstellung.

stückes 5 oder 10 verschieden gestaltete Drehbänke zur Verfügung standen, d. h. wenn zur Herstellung eines solchen Stückes, je nachdem, auf welcher Maschine es gefertigt wurde, immer wieder eine andere Stückzeit herauskam.

Es war daher kein Zufall und keine Willkür eines Theoretikers, wenn nun plötzlich der Versuch gemacht wurde, in dieses Chaos Ordnung zu bringen, sondern eine Forderung, die, wenn auch von wenigen nur erkannt, ihren Ursprung in der Praxis fand.

Grundlinien der wirtschaftlichen Bedingungen der Drehbankgestaltung.

A. Entwicklung des Antriebs der Arbeitsspindel einer Leit- und Zugspindeldrehbank in bezug auf die Drehzahl-Normung.

Die Hauptgruppe einer Drehbank ist ihr Spindelkasten. Seine Abmessungen bestimmen die Größe der gesamten Maschine, wie er auch in bezug auf Werkstoff und Löhne der teuerste Teil in der Herstellung der Drehbank ist. Den folgenden Ausführungen sei daher der Antrieb der Arbeitsspindel einer der gebräuchlichsten Werkzeugmaschinen, nämlich einer Drehbank mit etwa 500 mm Drehdurchmesser über Bett¹, zugrunde gelegt (siehe Abb. 2).

Betrachten wir zunächst die Abb. 1, so finden wir bei den verschiedenen Drehbank-Bauarten die Spindeldrehzahlen 8, 9, 12, 16, 18 und 24. Dies hat seinen Grund darin, daß von einer guten und handlichen

kann in zwei Richtungen bewegt werden, d. h. sie kann entweder nach rechts eingerückt die Übersetzung 1 oder nach links eingerückt die Übersetzung 2 einschalten. Dasselbe gilt für Schieberäder bei Verwendung eines Zweiradblockes. Auf diesen Maschinenelementen beruht also die Häufigkeit des Gebrauchs der Zahl 2.

Die Verwendung von Schieberädern gestattet ohne weiteres aber auch die Schaltung von 3 oder 4 Drehzahlen durch die Verwendung von Drei- bzw. Vierradblöcken. Will man mit diesen Mehrradblöcken die möglichen Drehzahlen schalten, dann ist auch hierzu nur ein Schalthebel erforderlich. Will man jedoch 5 oder 7 Drehzahlen mit einem Schalthebel erreichen, so ist

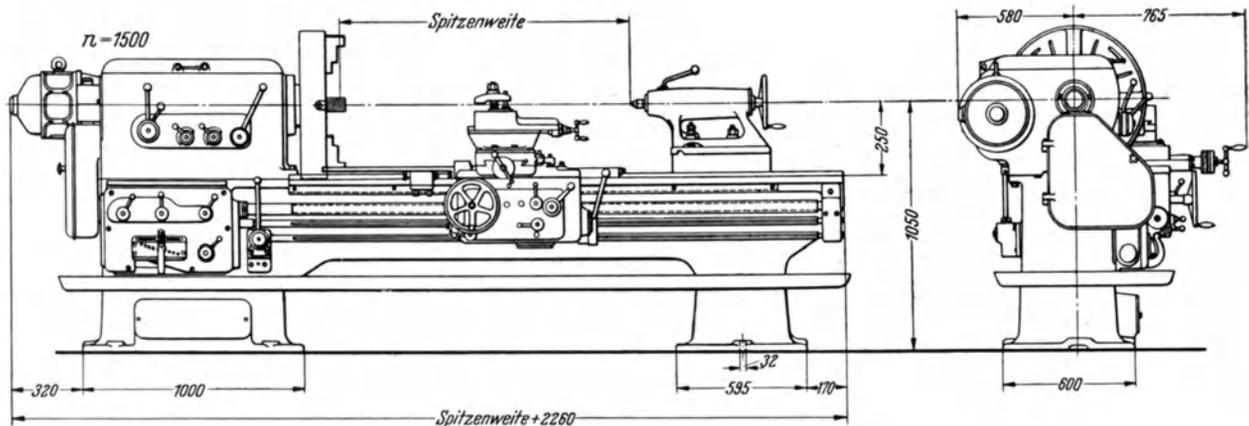


Abb. 2. Drehbank mit 500 mm Drehdurchmesser.

Drehbank verlangt wird, daß man die Drehzahlen, durch die die verschiedenen Schnittgeschwindigkeiten errechnet werden, möglichst rasch und schnell ändern kann. Das Gemeinsame der genannten Drehzahlen ist, daß sie alle ein Vielfaches der Primzahlen 2 und 3 darstellen. Das hängt mit den heute gebräuchlichsten und zugleich zuverlässigsten Maschinenteilen zur Drehzahländerung in Rädergetrieben zusammen, nämlich den Kupplungen und Schieberädern.

Eine doppelte Kupplung, sei es eine Reibkupplung, wie z. B. Mehrscheiben-, Kegel- oder Klauenkupplung,

¹ Entgegen der bis heute in Deutschland üblichen Größenbezeichnung von Spitzendrehbänken nach Spitzenhöhen wurde in der vorliegenden Arbeit die Bezeichnung nach Drehdurchmesser über Bett gewählt. Diese Bezeichnung entspricht dem Din-Vorschlag und ist eindeutig, während der Begriff Spitzenhöhe verschieden ausgelegt werden kann, je nachdem, ob das Maß von Oberkante Prismabett oder von der Flachführung aus gemessen wird.

dies nur möglich durch Verwendung von Getrieben mit Verstellgliedern, z. B. Schwingen, wie sie durch das Nortongetriebe bekannt sind, oder durch Ziehkeilgetriebe oder ähnliche Bauarten. Diese Formen haben aber wegen ihrer viel empfindlicheren Bauweise im Werkzeugmaschinenbau bei Antrieben für die Arbeitsspindeln nur in ganz vereinzelten Fällen Eingang gefunden. Meist blieb ihre Verwendung auf Getriebe ohne große Kraftübertragung, wie z. B. Vorschubgetriebe, beschränkt.

Im wesentlichen wird sich der Gestalter daher auf die Verwendung von Kupplungen und Schieberädern beschränken müssen und damit der Drehbank eine Anzahl von Drehzahlen geben, die sich aus der Vervielfachung der beiden Primzahlen 2 und 3 ergeben, z. B.

$$\begin{array}{lll}
 2 \cdot 2 = 4 & (2 \cdot 2) \cdot 3 = 12 & (2 \cdot 3) \cdot 3 = 18 \\
 2 \cdot 3 = 6 & (2 \cdot 3) \cdot 2 = 12 & (3 \cdot 2) \cdot 3 = 18 \\
 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8 & (3 \cdot 2) \cdot 2 = 12 & (3 \cdot 3) \cdot 2 = 18 \\
 3 \cdot 3 = 9 & 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16 & \text{usf.}
 \end{array}$$

Durch nochmaliges Vervielfachen der 12er, 16er oder 18er Reihe mit 2 bzw. 3, z. B. bei Verwendung eines polumschaltbaren Motors, kann man noch 24, 32 oder 36 verschiedene Drehzahlen der Arbeitsspindel erhalten.

Soll nun ein neuer Spindelkasten für eine Drehbank mit 500 mm Drehdurchmesser entwickelt werden, so gilt es zunächst, die niedrigste und die höchste Drehzahl je Minute festzulegen. Die niedrigste Drehzahl ergibt sich zwangsläufig aus der Forderung, daß der größte auf der Drehbank mögliche Drehdurchmesser zwischen den Spitzen, also der Durchmesser über dem Bettschlitten, noch mit Gewinde versehen werden kann. Der Drehdurchmesser über dem Bettschlitten beträgt bei einer Drehbank mit 500 mm Drehdurchmesser über Bett etwa 360 mm. Berücksichtigt man, daß die Schnittgeschwindigkeit zum Gewindeschneiden 10 m/min nicht überschreiten darf, dann ergibt sich die kleinste Drehzahl durch die Formel

$$n_{\text{kleinst.}} = \frac{v \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{10 \cdot 1000}{360 \cdot 3,14} = \text{ungefähr } 9 \text{ Umdr./min.}$$

Schwieriger wird es, die höchste Drehzahl festzulegen. Das Drehen von kleinen Durchmessern tritt sehr häufig auf. Will man solche von etwa 30 mm noch mit Benutzung von Hartmetallwerkzeugen bearbeiten, die Schnittgeschwindigkeiten bis zu 200 m/min zulassen², so ergibt sich als höchste Drehzahl:

$$n_{\text{größt.}} = \frac{v \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{200 \cdot 1000}{30 \cdot 3,14} \sim 2000 \text{ Umdr./min.}$$

Bei dieser Festlegung ist auf die Bearbeitung von Leichtmetallen oder Messing, die mit Hartmetallwerkzeugen mit viel höheren Schnittgeschwindigkeiten als 200 m/min bearbeitet werden können, noch nicht einmal Rücksicht genommen. Daraus ergibt sich, daß für eine „Ideal“-Drehbank mindestens ein Drehzahlbereich von 9 bis 10 Umdr./min bis etwa 2000 Umdr./min, also ein Drehzahlbereich von 200 erforderlich wäre.

Bei einem derart großen Drehzahlbereich ergeben sich aber fast unüberwindliche Schwierigkeiten, insbesondere bei der Lagerung der Arbeitsspindel.

Eine neuzeitliche Drehbank mit 500 mm Drehdurchmesser benötigt eine Bohrung der Arbeitsspindel von etwa 80 mm. Dies ergibt einen Außendurchmesser des vorderen Lagers von etwa 130 mm. Bei den oben berechneten kleinsten und größten Drehzahlen ergeben sich somit Lagergeschwindigkeiten von 0,07 m/s bis 15 m/s.

An sich kennt man aus anderen Zweigen des Maschinenbaues wesentlich höhere Lagergeschwindigkeiten, und so könnte man annehmen, daß auch bei der

² Schnittgeschwindigkeiten von 200 m/min bei Verwendung von Hartmetallwerkzeugen werden bei mittelharten Stählen heute bereits überschritten. Sie sind zu entnehmen aus den Zahlentafeln des AWF Nr. 258 T.

Lagerung von Hauptspindeln die dabei auftretenden Schwierigkeiten gemeistert werden könnten. Von der Lagerung der Arbeitsspindel einer Drehbank wird jedoch verlangt, daß sie möglichst ohne Nachstellung und, zur Erzeugung eines sauberen Drehbildes, mit geringstem Spiel und ohne Erschütterungen läuft. Tatsächlich ist durch die Erfahrung bestätigt, daß sich die Lagerung nach dem heutigen Stand der Technik bei Gleitlagern nur für einen Drehzahlbereich von 50 und bei Verwendung hochwertigster Kugel- oder Rollenlager für einen Drehzahlbereich von 100 der Arbeitsspindel befriedigend ausführen läßt.

Betrachten wir die von der Fachgruppe Werkzeugmaschinen herausgegebenen Richtwerte für Normdrehzahlen von Werkzeugmaschinen, so finden wir, daß in diesen die aus DINorm 323, Normungszahlen entnommenen Stufensprünge 1,06, 1,12, 1,25, 1,4, 1,6 und 2,0 vorgesehen sind. — Siehe Zahlentafel 1³.

Von diesen Stufensprüngen fallen beim Vergleich mit den notwendigen Drehzahlen die Reihe 1,06⁴ wegen zu feiner Stufung und die Reihe 2,0 wegen zu grober Stufung aus. Für den Konstrukteur von Hauptspindelantrieben ergeben sich zusammenfassend aus dem Vorhergehenden also folgende 4 Grundbedingungen:

		Reihen mit dem Stufensprung $\varphi =$					
		1,12	1,25	1,40	1,60	1,60	2,0
R 20 Grundreihe	R $\frac{20}{2}$ (..2800..) Hauptreihe			R $\frac{20}{3}$ (..2800..)	R $\frac{20}{4}$ (..1400..)	R $\frac{20}{4}$ (..2800..)	R $\frac{20}{6}$ (..2800..)
100				1000			
112	112		11,2			112	
125			125				
140	140		16	1400	140		1400
160			160			180	
180	180		180	2000			180
200			200		224		
224	224		22,4			22,4	
250			250				
280	280	2,8	280	2800		280	2,8
315			31,5				
355	355		355		355		355
400		4	400				
450	450		45			450	45
500			500				
560	560	5,6	560		560	5,6	
630			63				
710	710		710			710	710
800		8	800				
900	900		90		900		90
1000			1000				
	1120				1400	1120	

Zahlentafel 1. Nenndrehzahlen für Arbeitsspindeln und Getriebe.

1. Die Anzahl der minutlichen Drehzahlen muß sein: 4, 6, 8, 9, 12, 16, 18, 24, 32 oder 36.
2. Der Drehzahlbereich muß liegen bei: 50 bis 100.
3. Die kleinste Drehzahl muß etwa $v = 10$ m/min beim Drehdurchmesser über Bettschlitten entsprechen.

³ Diese Drehzahlen-Stufensprünge wurden in der Sitzung des ISA-Komitees 39 im Juli 1938 mit Ausnahme von 1,06 angenommen. Jedoch wurden die Lastdrehzahlen aus der Normungszahlenreihe R 20 entnommen.

⁴ Die Reihe 1,06 ist daher in Tabelle 1 Nenndrehzahlen für Arbeitsspindeln und Getriebe nicht aufgeführt.

4. Die Drehzahlen können abgestuft sein nach den Stufensprüngen 1,12, 1,25, 1,4, 1,6.

In Zahlentafel 2 wurde nun die Anzahl der Drehzahlen, die Stufensprünge, die Höhe der Drehzahlen und Drehzahlbereiche zusammengefaßt.

Zahl der Drehzahlen	Stufen-sprung	Drehzahlen		Drehzahl-bereich
		von	bis	
4	1,12	11,2	16	1,4
4	1,25	11,2	22,4	2
4	1,40	11,2	31,5	2,8
4	1,60	11,2	45	4
6	1,12	11,2	20	1,8
6	1,25	11,2	35,5	3,15
6	1,40	11,2	63	5,6
6	1,60	11,2	112	10
8	1,12	11,2	25	2,24
8	1,25	11,2	56	5
8	1,40	11,2	112	10
8	1,60	11,2	280	25
9	1,12	11,2	28	2,5
9	1,25	11,2	71	6,3
9	1,40	11,2	180	16
9	1,60	11,2	450	40
12	1,12	11,2	40	3,55
12	1,25	11,2	140	12,5
12	1,40	11,2	500	45
12	1,60	11,2	1800	160
16	1,12	11,2	63	5,6
16	1,25	11,2	355	31,5
16	1,40	11,2	2000	180
16	1,60	11,2	11200	1000
18	1,12	11,2	80	7,1
18	1,25	11,2	560	50
18	1,40	11,2	4000	360
18	1,60	11,2	28000	2500
24	1,12	11,2	160	14
24	1,25	11,2	2240	200
24	1,40	11,2	—	—
24	1,60	11,2	—	—
32	1,12	11,2	400	35,5
36	1,12	11,2	630	56

Zahlentafel 2. Zusammenstellung.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß praktisch nur folgende Lösungen möglich sind:

Anzahl der Drehzahlen	Stufen-sprung	Drehzahl-bereich	Drehzahlen	
			von	bis
9	1,6	40	11,2	450
12	1,4	45	11,2	500
18	1,25	50	11,2	560
36	1,12	56	11,2	630

Der obengenannten Forderung, daß der Drehzahlbereich möglichst groß sein soll, kommt hierbei der Stufensprung 1,12 mit einem Regelbereich von 56 am nächsten. Es folgt der Stufensprung 1,25 mit einem Regelbereich von 50. Schlechter sind die Stufensprünge 1,40 mit Bereich 45 und 1,60 mit dem Bereich 40.

Nach dieser kurzen Betrachtung sind also nur noch diese 4 Möglichkeiten auf ihre praktische Verwendbarkeit im Hinblick auf den zweckmäßigen Aufbau des Spindelkastengeetriebes zu prüfen. Sowohl die wissenschaftlichen Grundlagen hierzu, als auch ihre praktische Verwendbarkeit auf den vorliegenden Fall sind unterdessen im Schrifttum eingehend behandelt worden.

Bei dem Antrieb durch Einscheibe oder durch einen Elektromotor mit gleichbleibender Drehzahl sind nach den Überlegungen von IRTENKAUF alle 4 Reihen zu gebrauchen. Anders liegen die Verhältnisse beim Antrieb

mit einem im Werkzeugmaschinenbau im allgemeinen und im Drehbankbau im besonderen sehr häufig benutzten polumschaltbaren Motor für 2 Drehzahlen im Verhältnis von 1 : 2. Soll mit dessen Hilfe die Anzahl der Drehzahlen verdoppelt werden, so scheidet der Stufensprung 1,4 für die Stufung im mechanischen Teil — außer wenn vor dem Vorgelege nur 2 Drehzahlen mechanisch geschaltet werden — aus, da sich eine Verdoppelung der Stufenzahl nur mit dem Stufensprung 1,18 ergäbe, der aber, weil überflüssig, nicht in die Norm aufgenommen ist. Es bleiben also nur noch 3 konstruktive Möglichkeiten übrig:

1. 9 Drehzahlen mit Stufensprung 1,6 Bereich 40
2. 18 " " " 1,25 " 50
3. 36 " " " 1,12 " 56

Unterzieht man diese 3 Fälle einer näheren Untersuchung, so stellt man fest, daß bei Verwendung eines polumschaltbaren Motors aus dem Fall 1 mit 9 Drehzahlen, Stufensprung 1,6 und Regelbereich 40 von selbst der Fall 2 sich entwickelt, nämlich 18 Drehzahlen mit Sprung 1,25 und Regelbereich 50. Ebenso wird aus Fall 2 beim Antrieb des Spindelkastens mit polumschaltbarem Motor mit 18 Drehzahlen von selbst der Fall 3. Würde man dem Spindelkasten ein Rädergetriebe mit 36 Drehzahlen nach Fall 3 zugrunde legen und diesen mit einem polumschaltbaren Motor antreiben, so erhielte man einen Fall 4, nämlich einen Spindelkasten mit 72 Drehzahlen und einem Stufensprung von 1,06 mit einem Regelbereich von etwa 60. Wenn auch nach den vorher angestellten Betrachtungen möglichst ein Regelbereich von mehr als 50 anzustreben ist, demnach also den Fällen 3 und 4 der Vorzug zu geben wäre, so müssen gerade diese Bauarten, die also 36 mechanisch schaltbare Drehzahlen hätten, ausscheiden, da ihnen der große Nachteil anhaftet, daß die Schaltung dieser vielen Drehzahlen so umständlich würde, daß sie kein Dreher mit gutem Erfolg mehr zu bedienen in der Lage wäre⁵. Es wären nämlich aus Gründen, die hier nicht näher erläutert werden sollen, mindestens 4 bis 5 Schalthebel zu betätigen, deren Anordnung das Getriebe ganz wesentlich verteuern würde. Die dadurch gewonnenen Vorteile der feinen Abstufung stehen jedoch in keinem Verhältnis mehr zu der Verteuerung, die sie mit sich bringt.

Es bleiben also aus den ganzen Untersuchungen nur noch Fall 1 und 2, wobei dem letzteren mit 18 Drehzahlen und Stufensprung 1,25 wegen des größeren Drehzahlbereiches der Vorzug zu geben ist, wie er auch wegen seiner feineren Abstufung eine bessere Angleichung an die wünschenswerte ideale Schnittgeschwindigkeit mit sich bringt.

Seine Verwirklichung findet Fall 2 in den 3 Getriebeplänen der nachfolgenden Abb. 3, 4 und 5.

Die Getriebepläne nach Abb. 3 und 5 sind aufgeteilt nach der Grundreihe $3 \cdot 3 = 9$ Drehzahlen mit den Vorgelegewerten 1 : 1 und 1 : 8. Dies ergibt also eine Aufteilung von $(3 \cdot 3) \cdot 2 = 18$ Drehzahlen an der Arbeitsspindel. Diese Getriebepläne werden im deutschen Werkzeugmaschinenbau ausgeführt und finden Verwendung bei einigen Drehbankfabriken.

Der Getriebeplan nach Abb. 4 hat 3 Vorgelegewerte mit den Übersetzungen 1 : 1, 1 : 4 und 1 : 16,

⁵ Außerdem ist der Stufensprung 1,06 unnötig fein und daher nicht in die Norm aufgenommen.

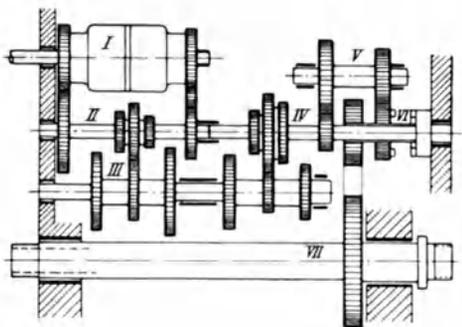


Abb. 3. Getriebeplan 3×3×2. Drehzahlen.

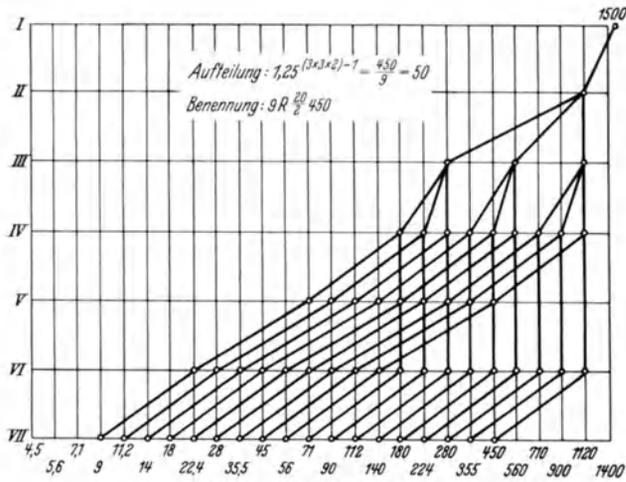
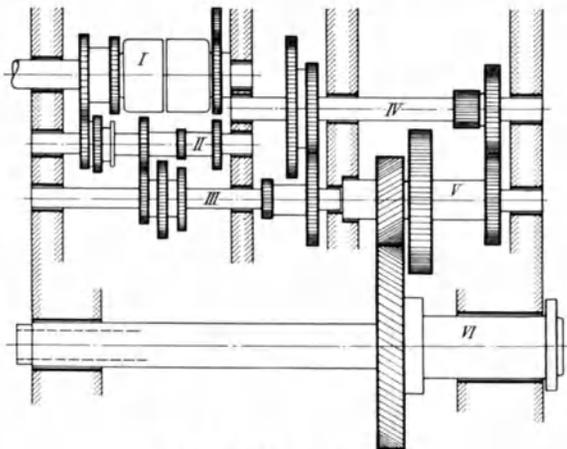
Abb. 3a. Drehzahlschaubild⁶.

Abb. 4. Getriebeplan 2×3×3×7.

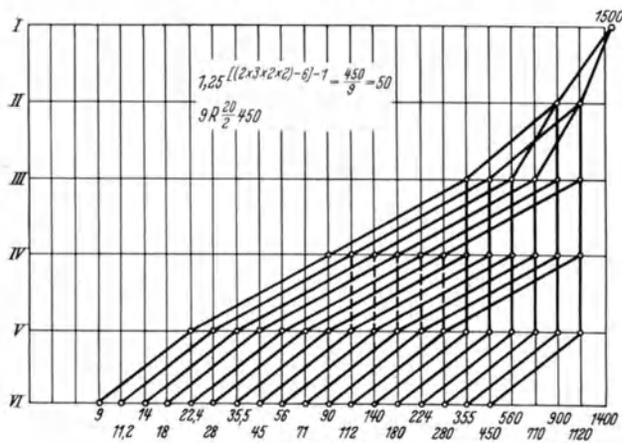


Abb. 4a. Drehzahlschaubild.

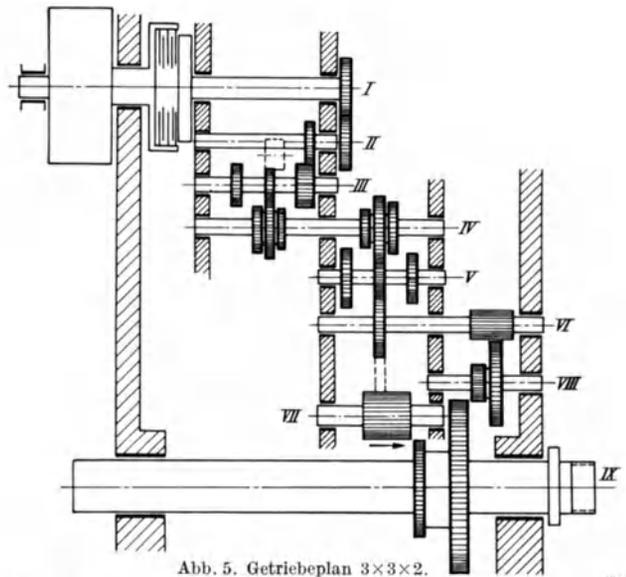


Abb. 5. Getriebeplan 3×3×2.

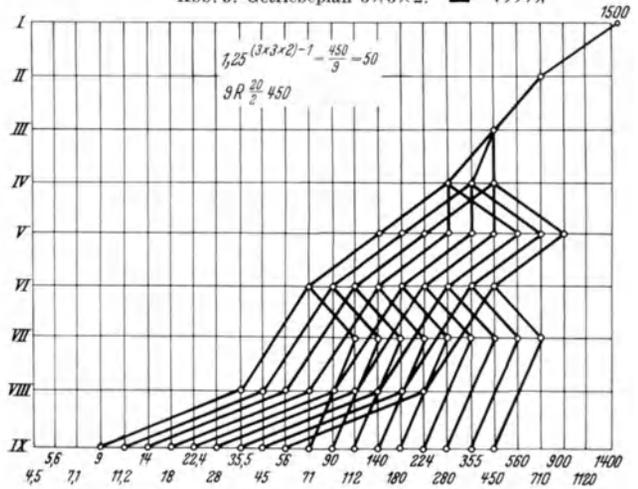


Abb. 5a. Drehzahlschaubild.

welche die in der Grundreihe entwickelten 6 Grunddrehzahlen vervielfachen. Er ist also aufgebaut auf der Aufteilung $(2 \cdot 3) \cdot 3$. Dies ergibt wieder 18 Drehzahlen an der Arbeitsspindel. Dieser Getriebeplan findet praktische Verwendung bei den Spindelkasten der

Vereinigten Drehbank-Fabriken:
 Gebr. Boehring GmbH., Göppingen,
 Franz Braun AG., Zerbst,
 Heidenreich & Harbeck, Hamburg,
 H. Wohlenberg KG., Hannover.
 Seine Ausführung ist in Abb. 6 dargestellt.

Den weiteren Ausführungen sei nun das Getriebe mit den 3 Vorgelegewerten 1:1, 1:4, 1:16 zugrunde gelegt,

1. weil es als reines Schieberädergetriebe entwickelt und bei seiner Gestaltung weder Kupplungen noch Leerlaufbüchsen verwendet wurden, und

⁶ Bei der Reihenbezeichnung sind die Bereiche noch nach der alten Schreibweise bezeichnet, da bei Niederschrift die endgültige DIN 323 noch nicht erschienen war; in „ $9R_{9/2}^{20} 450$ “ bezeichnet 9 die kleinste, 450 die größte Drehzahl. Die endgültig genormte Schreibweise lautet: $R_{9/2}^{20} (9 \dots 450)$.

⁷ Von den $2 \times 3 \times 2 \times 2 = 24$ mechanisch schaltbaren Drehzahlen kommen 6 zweimal vor. Trotzdem bedeutet dies keine Verschwendung an Rädern, da der Vorgelegewert $\frac{1}{16}$ in die Werte $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4}$ zerfällt, von denen naturgemäß nur einer für die Vorgelegeübersetzung 1:4 benutzt werden kann. Das gesamte Vorgelege ergibt daher nur eine Verdreifachung der Drehzahlstufen.

2. weil der dreifache Vorgelegewert Vorteile bei der Verwendung von polumschaltbaren Motoren und bei der Gestaltung des Nortonkastens zum Schneiden der Gewinde, insbesondere der Steilgewinde, mit sich bringt.

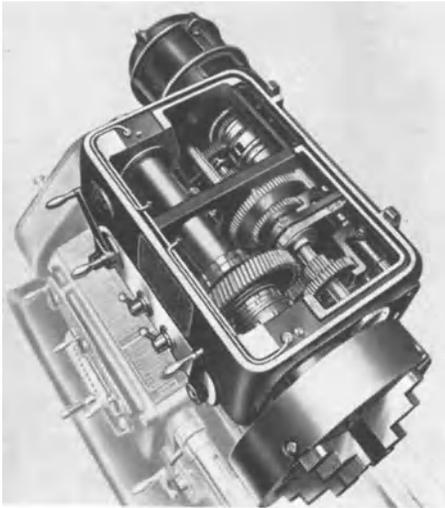


Abb. 6. Spindelkasten.

Es ist im vorhergehenden erwähnt, daß man wegen der bei der Lagerung der Arbeitsspindel entstehenden Schwierigkeiten den gewünschten idealen Drehzahlbereich von 200 nicht erreichen kann, und im folgenden gezeigt, daß man sich bei Berücksichtigung der Drehzahlnormung auf die Bereiche von etwa 40 und 50 beschränken muß. Würde daher das Getriebe nach Abb. 4 Seite 6 nur mit *einem* Drehzahlbereich, nämlich 9,0 bis 450 Umdr./min, ausgeführt werden können oder ausgeführt werden, so würde es vielen Verbrauchern der Maschinen bei den verschiedenartigsten Anforderungen in der Werkstatt nicht genügen, da für viele die niedrigste Drehzahl von 9,0 Umdr./min zu hoch und für andere wieder die höchste Drehzahl von 450 Umdr./min zu niedrig wäre. Es taucht nun die Frage auf, ob es nicht möglich ist, dieselbe Maschine bei Verwendung desselben Spindelkastens und desselben Drehzahlbereichs so auszuführen, daß die eine Maschine niedriger gelegene Umdrehungszahlen der Hauptspindel besitzt als die andere, indem man für einen Regelbereich verschiedene Anfangs- und damit auch verschiedene Enddrehzahlen vorsieht. Im folgenden soll nun gezeigt werden, daß dies tatsächlich möglich ist.

Zur Erzielung dieser Verschiebung des Drehzahlbereiches nach unten oder oben stehen nun zwei Wege zur Verfügung:

1. *Veränderung der Antriebsdrehzahl und*
2. *Veränderung des Übersetzungsverhältnisses zwischen dem letzten Räderpaar, dem Ritzel und dem Bodenrad.*

Diesen beiden Möglichkeiten sind jedoch auch Grenzen gesetzt. Der Veränderung in der Antriebsdrehzahl durch die Abmessungen und dem dadurch bedingten Drehmoment der auf der ersten Welle sitzenden Lamellenkupplung, sowie der Zahngeschwindigkeiten der Zahnräder, die von der ersten auf die zweite Welle treiben. Das Drehmoment der Lamellenkupplung beschränkt die Antriebsdrehzahl der ersten Welle nach unten, die Zahngeschwindigkeiten begrenzen sie nach oben.

Ebenso ist die Veränderung der Übersetzung zwischen der letzten Vorgelegewelle und der Arbeitsspindel an die Abmessungen der Arbeitsspindel und den Achsabstand gebunden, wodurch das Übersetzungsverhältnis zur Erreichung einer hochliegenden Drehzahlreihe nicht über 1 : 1,5 gesteigert werden kann und andererseits auch nicht kleiner werden kann als 1 : 2,5.

Daraus ergibt sich, daß man die höchste Antriebsdrehzahl von 1400 Umdr./min wegen der dadurch auftretenden Zahngeschwindigkeiten zwischen der ersten und zweiten Welle und der von einem Spindelkasten verlangten Laufruhe möglichst nicht überschreiten soll. Da es aber möglich ist, von der ersten Welle bis zur letzten Vorgelegewelle im Verhältnis 1 : 1 durchzutreiben, kann die größte Drehzahl für die am höchsten gelegene Reihe mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1,5, also

$$\frac{1400 \cdot 1}{1,5} = 935 \text{ Umdr./min,}$$

erreicht werden. Da in der Reihe R 20 die Drehzahl 935 nicht genormt ist, ist die höchste Drehzahl, die der Zahl 935 am nächsten liegende Normdrehzahl, aus der Zahlentafel 1, Nenndrehzahlen, zu entnehmen, was in diesem Fall eine Drehzahl von 900 Umdr./min ergibt. Dieser entspricht bei einem Regelbereich von 50 und 18 Stufen die kleinste Drehzahl von 18 Umdr./min.

Umgekehrt kann mit Rücksicht auf das Drehmoment der Lamellenkupplung die Antriebswelle nicht langsamer laufen als mit 710 Umdr./min. Daraus ergibt sich bei dem Übersetzungsverhältnis von 1 : 2,5 zwischen der letzten Vorgelegewelle und der Arbeitsspindel als größte Drehzahl von der am niedrigsten gelegenen Reihe

$$\frac{710 \cdot 1}{2,5} = 280 \text{ Umdr./min.}$$

Da die Zahl 280 in der Normreihe enthalten ist, ergeben sich also bei einer Stufenzahl von 18 und bei Verwendung des Stufensprungs 1,25 für die Arbeitsspindel von 5,6 bis 280 Umdr./min.

Man sieht also, daß bei Verwendung dieses Getriebes eine kleinste Drehzahl von 5,6 Umdr./min und eine größte von 900 Umdr./min erreicht werden kann. Der Verbraucher der Maschine muß sich also beim Kauf einer Drehbank nur darüber im klaren sein, zu welchem ganz besonderen Zweck er die anzuschaffende Maschine vornehmlich verwenden will. Sowie er jedoch mehrere Maschinen zur Aufstellung bringt, kann er bei Verwendung von nur zwei gleichgroßen Drehbänken, nämlich einer mit dem möglichst nieder gelegenen Drehzahlbereich und einer mit dem möglichst hoch gelegenen Drehzahlbereich, insgesamt einen Bereich von 160 erreichen und nahezu alle Werkstücke, die in ihrer Abmessung auf eine Drehbank mit 500 mm Drehdurchmesser gehören, mit nahezu idealen Schnittgeschwindigkeiten bearbeiten und dies, das ist das wesentliche, *mit insgesamt nur 23 verschiedenen Spindelumdrehungen/min.*

Nun ist aber andererseits nicht für alle Drehbänke der immer noch große Drehzahlbereich von 50 notwendig. Werden doch die kleinsten Drehzahlen fast nur zum Gewindeschneiden oder zum Schruppen von sehr hartem und zähem Werkstoff an dem größten auf der Drehbank möglichen Drehdurchmesser benötigt, wie umgekehrt die größten Drehzahlen nur zum Fertigschlichten oder schließlich zum Drehen von Leichtmetall oder Messing an verhältnismäßig kleinen Durchmessern von Nutzen sind.

In Abb. 1 Seite 2 sind die bei den verschiedenen Sonderausführungen der Drehbänke und ihrer Abarten, wie der Vielstahldrehbank, Revolverdrehbank, Tieflochbohrbank usw., üblichen Drehzahlen zusammengestellt. Dieser Zusammenstellung liegen die tatsächlichen Ausführungen einer ganzen Reihe von im In- und Ausland

1. Drehzahlbereiche von 25 bis 50.
 2. Drehzahlbereiche von 10 bis 25.
 3. Drehzahlbereiche von weniger als 10 bis 3,55.
 Stellt man die Maschinenarten, wie Leit- und Zugspindeldrehbänke oder Vielstahldrehbänke, und die verschiedenen Drehzahlbereiche vergleichsweise neben-

einander, so ist daraus ohne weiteres ersichtlich, daß je umfassender der Verwendungsbereich der Maschine für die Bearbeitung der anfallenden Werkstücke ist, desto größer auch der Drehzahlbereich ist, während umgekehrt bei einer reinen Sondermaschine, z. B. einer Geschosßdrehbank, ein kleiner Drehzahlbereich von 3,55 bereits genügt. Andererseits ist aus Abb. 1 Seite 2 aber auch ersichtlich, daß die Höhe der Drehzahlen ganz verschieden ist. Sie ändert sich von 1,8 als kleinste bis 1400 Umdr./min als größte, umfaßt also insgesamt einen Bereich von etwa 800. Dabei sind aber — um jeden Irrtum zu beseitigen — nur Drehbänke mit ungefähr gleichem Drehdurchmesser, d. h. also nur Drehbänke mit gleichem Bearbeitungsbereich gegenübergestellt.

Diese in Abb. 1 aufgeführten verschiedenen Maschinen weisen die verschiedenartigsten Bauarten auf. Teils sind diese bereits auf der Drehzahl-Normreihe aufgebaut; die weitaus größere Zahl aber hat darauf keine Rücksicht genommen, d. h. die Drehbänke haben keine genormten Stufensprünge und keine genormten Drehzahlen.

Im folgenden wird nun gezeigt, daß alle die aus Abb. 1 Seite 2 ersichtlichen Forderungen der Praxis betreffs Anzahl der Drehzahlen, Drehzahlbereiche und Drehzahlhöhen mit einer Grundkonstruktion, d. h. mit nur einem Spindelkastenkörper erfüllt werden können, und daß zur Erzielung der verschiedenen Ausführungsarten nur entweder einige Teile weggelassen, oder einige Teile durch andere ersetzt, oder die Antriebsdrehzahlen geändert zu werden brauchen. Dabei kommen Antriebe mit 710 Umdr./min, oder mit 1500 Umdr./min, oder mit einem polumschaltbaren Motor mit 750 und 1500 Umdr./min in Betracht.

Mit Rücksicht auf die letzteren sei zunächst untersucht, wann und bei welchen Getriebeplänen bzw. Drehzahlreihen polumschaltbare Motoren überhaupt Verwendung finden können.

In den Abb. 7 bis 14 sind die Drehzahlreihen von 4 bis 18 Drehzahlen und den Stufensprüngen 1,12; 1,25; 1,4; 1,6 und 2,0 zusammengestellt.

Dabei zeigt Abb. 7, daß statt eines Vorgeleges ein polumschaltbarer Motor (PUM) verwendet werden kann

bei 4 Drehzahlen und Stufensprung 1,4 ohne Vorgelege,
 „ 4 „ „ „ 2,0 mit einem Vorgelege 1:4.

Dies ist durch die Abkürzung „PUM“ und die Drehzahlen des Motors deutlich gemacht, während hinter „V“ (Vorgelege) die Zahnradübersetzungen angegeben sind.

Nach Abb. 8 kann ein polumschaltbarer Motor verwendet werden

Stufensprung	1,12	1,25	1,4	1,6	2
1	710	710	710	710	710
2	630	560	500	450	355
3	560	450	355	280	180
4	500	355	250	180	90
	V	V	V PUM	V	PUM V
Drehzahlbereich	1,4	2	2,8	4	8
			Möglich mit 2fachem Vorgelege		

Abb. 7. Drehzahlreihen bei 4 Drehzahlen.

Stufensprung	1,12	1,25	1,4	1,6	2
1	710	710	710	710	710
2	630	560	500	450	355
3	560	450	355	280	180
4	500	355	250	180	90
5	450	280	180	142	45
6	400	224	125	71	22,4
	V	V PUM	V PUM	V	PUM V
Drehzahlbereich	1,8	3,15	5,6	10	31,5
		Möglich mit 2fachem Vorgelege	Möglich mit 3fachem Vorgelege	Möglich mit 2fachem Vorgelege	

Abb. 8. Drehzahlreihen bei 6 Drehzahlen^a.

Stufensprung	1,12	1,25	1,4	1,6	2
1	710	710	710	710	710
2	630	560	500	450	355
3	560	450	355	280	180
4	500	355	250	180	90
5	450	280	180	142	45
6	400	224	125	71	22,4
7	355	180	90	45	11,2
8	315	140	63	28	5,6
	V	V	V PUM	V	V PUM
Drehzahlbereich	2,24	5	11,2	25	125
			Möglich mit 2fachem Vorgelege		

Abb. 9. Drehzahlreihen bei 8 Drehzahlen.

hergestellten Maschinen zugrunde. Die Tafel ist eingeteilt in:

1. Leit- und Zugspindeldrehbänke.
2. Revolverdrehbänke.
3. Vielstahldrehbänke, bzw. Produktions- oder Zugspindeldrehbänke.
4. Tieflochbohrbänke und Bohr- und Abstechbänke.
5. Verschiedene Sondermaschinen.

Vergleicht man die bei den verschiedenen Bauarten verwendeten Drehzahlbereiche, so kann man diese in drei verschiedene Hauptabteilungen zusammenfassen:

^a Hinter „V“ sind die Vorgelegewerte angegeben, die bei nur mechanischer Schaltung gebraucht werden. Hinter „PUM“ sind die umschaltbaren Drehzahlen und die dabei benötigten Vorgelegewerte angegeben.

bei 6 Drehzahlen und Stufensprung 1,25 ohne Vorgelege,
 „ 6 „ „ „ 1,4 mit Vorgelege 1 : 2,
 „ 6 „ „ „ 2,0 mit Vorgelege 1 : 1,
 1 : 4, 1 : 16.

bei 12 Drehzahlen und Stufensprung 1,12 *ohne Vorgelege*,
 „ 12 „ „ „ 1,25 mit Vorgelege 1 : 1
 und 1 : 4,
 „ 12 „ „ „ 1,4 mit Vorgelege 1 : 1,
 1 : 4, 1 : 16.

Stufensprung	1,12	1,25	1,4	1,6
1	710	710	710	710
2	630	560	500	450
3	560	450	355	280
4	500	355	250	180
5	450	280	180	112
6	400	224	125	71
7	355	180	90	45
8	315	140	63	28
9	280	112	45	18
	V	V PUM	V	V
Drehzahlbereich	2,5	6,3	16	40
		Möglich mit 3-fachem Vorgelege		Möglich mit 3-fachem Vorgelege

Abb. 10. Drehzahlreihen bei 9 Drehzahlen.

Dabei kann beim Stufensprung 1,4 der polumschaltbare Motor *nur* derart benutzt werden, daß die ersten 2 Drehzahlen mit 1500 Umdr./min und die nächsten 4 mit 750 Umdr./min angetrieben werden. Die beiden letzten Drehzahlen werden dadurch erzielt, daß man den Motor mit 750 Umdr./min weiterlaufen läßt, ein Vorgelege 1 : 2 einschaltet, wodurch die mittleren 2 Drehzahlen halbiert werden.

Stufensprung	1,12	1,25	1,4
1	710	710	710
2	630	560	500
3	560	450	355
4	500	355	250
5	450	280	180
6	400	224	125
7	355	180	90
8	315	140	63
9	280	112	45
10	250	90	31,5
11	224	71	22,4
12	200	56	16
	V PUM	V PUM	V PUM
Drehzahlbereich	3,55	12,5	45
	Möglich mit 2-fachem Vorgelege	Möglich mit 2-fachem Vorgelege	Möglich mit 3-fachem Vorgelege

Abb. 11. Drehzahlreihen bei 12 Drehzahlen.

Abb. 9 zeigt, daß der polumschaltbare Motor verwendet werden kann

bei 8 Drehzahlen und Stufensprung 1,4 mit Vorgelege 1 : 1 und 1 : 4,
 „ 8 „ „ „ 2,0 mit Vorgelege 1 : 1,
 1 : 4, 1 : 16 u. 1 : 64.

Bei den Drehzahlreihen Abb. 10 kann ein polumschaltbarer Motor benutzt werden bei 9 Drehzahlen und Stufensprung 1,25 mit Vorgelege 1 : 2. Doch ist auch hier wie bei Abb. 8 die Polumschaltung nur bei $\frac{1}{3}$ der Drehzahlen ausgenutzt.

Bei 9 Drehzahlen, Stufensprung 1,4 könnte man wohl für die 3. und 4. Stufe die Räder durch Polumschaltung ersetzen, jedoch ist die Anwendung nicht möglich, wie nachher noch gezeigt wird. Vgl. hierzu Abb. 9 und 11, sowie Folgerungen auf Seite 10.

Dagegen zeigt Abb. 11, daß der polumschaltbare Motor verwendet werden kann

Teilt man dagegen bei der Reihe mit Stufensprung 1,4 die Drehzahlen mit einem Vorgelege 1 : 8, so erhält man dasselbe Ergebnis wie bei Abb. 8 nach Reihe 1,4 und 6 Drehzahlen, d. h. man benötigt ein zusätzliches Vorgelege von 1 : 2.

Nach Abb. 12 kann ein polumschaltbarer Motor verwendet werden bei 15 Drehzahlen und Stufensprung 1,25 mit Vorgelege 1 : 4 und 1 : 2, das für die letzten 3 Drehzahlen aber wiederum zusätzlich benötigt wird.

Abb. 13 zeigt wiederum die Möglichkeit des polumschaltbaren Motors

bei 16 Drehzahlen nach Reihe 1,4 mit Vorgelege 1 : 1, 1 : 4, 1 : 16 und 1 : 64.

Stufensprung	1,12	1,25	1,4
1	710	710	710
2	630	560	500
3	560	450	355
4	500	355	250
5	450	280	180
6	400	224	125
7	355	180	90
8	315	140	63
9	280	112	45
10	250	90	31,5
11	224	71	22,4
12	200	56	16
13	180	45	11,2
14	160	35,5	8
15	140	28	5,6
	V	V PUM	V
Drehzahlbereich	5	25	125
		Möglich mit 3-fachem Vorgelege, wenn in der Grundreihe 5 Stufen	dasselbe wie bei Stufensprung 1,25 oder mit 7-fachem Vorgelege für 14 Drehzahlen (Zahnkranzplanschleibe)

Abb. 12. Drehzahlreihen bei 15 Drehzahlen.

Stufensprung	1,12	1,25	1,4
1	710	710	710
2	630	560	500
3	560	450	355
4	500	355	250
5	450	280	180
6	400	224	125
7	355	180	90
8	315	140	63
9	280	112	45
10	250	90	31,5
11	224	71	22,4
12	200	56	16
13	180	45	11,2
14	160	35,5	8
15	140	28	5,6
16	125	22,4	4
	V	V	V PUM
Drehzahlbereich	5,6	31,5	180

Abb. 13. Drehzahlreihen bei 16 Drehzahlen.

Abb. 14 zeigt die entsprechenden Möglichkeiten bei 18 Drehzahlen und Stufensprung 1,25 mit Vorgelege 1 : 1, 1 : 4, 1 : 16

oder bei 18 Drehzahlen und Stufensprung 1,25 mit Vorgelege 1 : 8, wozu wieder das oben erwähnte zusätzliche Vorgelege von 1 : 2 benötigt wird.

In Zahlentafel 3 sind diejenigen Drehzahlbereiche durch Kursivzahlen angegeben, für die die Polumschaltung bei der Hälfte aller Stufen ausgenutzt werden kann. Bei den mit dünnen Zahlen angegebenen Drehzahlbereichen kann sie nur teilweise ausgenutzt werden, und für die übrigen Drehzahlbereiche eignet sie sich überhaupt nicht.

Stufensprung	1,12			1,25		
1	710			710		
2	630			560	1:1	
3	560	1:1		450	1:1	
4	500			355	1:1	
5	450	1:1		280	1:2	
6	400			180	1:1	
7	355			140	1:4	
8	315	1:2		112	1:4	
9	280			90	1:8	
10	250	1:2	750	71	1:8	
11	224			56	1:4	
12	200			45	1:8	
13	180	1:2,8		35,5	1:8	
14	160			28	1:16	
15	140	1:4	750	22,4	1:16	
16	125			18	1:32	
17	112	1:2,8	750	14	1:32	
18	100					
Drehzahlbereich	71			50		
	Möglich mit 2 fachem Vorgelege			Möglich mit 2 oder 3 fachem Vorgelege oder 6 fachem Vorgelege b. Zahnkranzplansch.		

Abb. 14. Drehzahlreihen bei 18 Drehzahlen.

Aus dem Vergleich dieser Zusammenstellung mit den Drehzahlreihen Abb. 7 bis 14 ist klar ersichtlich, daß polumschaltbare Motoren nur Verwendung finden können, wenn Vorgelege 1:2, 1:4, 1:16 oder 1:64 verwendet werden.

Anzahl der Stufen	Drehzahlbereiche				
	bei Stufensprung				
	1,12	1,25	1,4	1,6	2,0
3	1,25	1,6	2	2,5	4
4	1,4	2	2,8	4	8
6	1,8	3,15	5,6	10	31,5
8	2,24	5	11,2	25	125
9	2,5	6,3	16	40	—
12	3,55	12,5	45	—	—
15	5	25	—	—	—
16	5,6	31,5	180	—	—
18	7,1	50	—	—	—
24	14	200	2800	—	—
36	56	—	—	—	—
	Jedes 12.	6.	4.	—	2.

aus der Reihe ist das 4fache des vorhergegangenen.

Zahlentafel 3. Der polumschaltbare Motor 1:2 und seine Verwendbarkeit.

Es ist daraus aber auch ersichtlich, daß polumschaltbare Motoren Verwendung finden können ohne die Vorgelege 1:2, 1:4, 1:16 und 1:64 dadurch, daß kein reines Vervielfachungsgetriebe gebildet wird, sondern indem zu einem Vervielfachungsgetriebe jeweils noch durch ein zusätzliches Vorgelege 1:2 einige Drehzahlen zugefügt werden. Die Verwendung eines solchen Getriebes ist aber sinnlos, da durch die Benutzung des zusätzlichen Vorgeleges mehr Räder und mehr Schaltungen zur Anwendung kommen müssen

— nur um den polumschaltbaren Motor verwenden zu können —, als man mit den oben angegebenen Vorgelegen gebraucht, um dieselbe Drehzahlreihe mit dem gleichen Stufensprung zu erreichen. Aus diesem Grund müssen diese Getriebepläne als unrichtig für die Verwendung von polumschaltbaren Motoren abgelehnt werden.

Die Vorgelegewerte müssen also immer eine Potenz der Zahl 2 darstellen; und die Anzahl der Drehzahlen muß bei Getrieben mit Vorgelegen gerade sein.

Für die einzelnen Stufensprünge ergibt sich folgendes:

Beim Stufensprung 1,12 finden polumschaltbare Motoren mit 2 Drehzahlen nur bei 12, 24, 36 Drehzahlen Verwendung. Die Drehzahlen sind also immer ein Vielfaches der Zahl 12. Der Grund liegt darin, daß $1,12^{12} = 4$ ist.

Beim Stufensprung 1,25 ist die Verwendung von polumschaltbaren Motoren nur möglich bei 6, 12, 24 usw. Drehzahlen, also immer bei einem Vielfachen der Zahl 6, dabei ist wieder $1,25^6 = 4$.

Beim Stufensprung 1,4 ist der polumschaltbare Motor möglich bei 4, 8, 12, 16 usw. Drehzahlen, also immer bei einem Vielfachen der Zahl 4 ($1,4^4 = 4$); und beim Stufensprung 2 kann der polumschaltbare Motor bei 2, 4, 6, 8 usw. Drehzahlen, also immer bei einem Vielfachen der Zahl 2 ($2^2 = 4$) verwendet werden.

Beim Stufensprung 1,6 kann nach den Zahlentafeln kein polumschaltbarer Motor Verwendung finden. Da $1,6^3 = 4$ ist, so kann daraus gefolgert werden, daß polumschaltbare Motoren nur bei solchen Stufensprüngen Verwendung finden können, bei denen eine gerade Potenz des Stufensprunges die Zahl 4 ergibt.

Außerdem ist aus Zahlentafel 3 zu ersehen, daß der Drehzahlbereich, der bei Verwendung von polumschaltbaren Motoren in den einzelnen Reihen entsteht, jeweils immer das Vierfache des vorhergehenden Drehzahlbereichs darstellt, z. B. ist in der Reihe bei Stufensprung 1,25 bei 6 Drehzahlen der Drehzahlbereich 3,15, bei 12 Drehzahlen $4 \times 3,15 = 12,5$, bei 18 Drehzahlen $4 \times 12,5 = 50$ und bei 24 Drehzahlen $4 \times 50 = 200$.

Betrachtet man neben diesen Zusammenstellungen auch noch die jeweiligen Varianten, z. B. die Verwendungsmöglichkeit des polumschaltbaren Motors, bei 18 Drehzahlen nach Reihe 1,25 mit den Vorgelegen 1:1, 1:4 und 1:16 und die Verwendungsmöglichkeit des polumschaltbaren Motors bei 18 Drehzahlen und Reihe 1,25 mit dem Vorgelege 1:8, wozu noch das zusätzliche Vorgelege von 1:2 notwendig wird, und die dazu gehörenden Drehzahl-Schaubilder nach Abb. 4a und 5a, so ist daraus auch klar ersichtlich, warum dem Getriebe mit 18 Drehzahlen nach Reihe 1,25 mit dem Vorgelege 1:4 und 1:16 der Vorzug zu geben ist gegenüber demselben Getriebe mit Vorgelege 1:8.

Man erzielt eben mit dem dreifachen Vorgelege ein reines Vervielfachungsgetriebe, während mit dem Vorgelege 1:8 + 1:2 nur ein teilweises Vervielfachungsgetriebe erreicht wird, bei dem noch einige Räder bzw. Drehzahlen hinzugefügt werden.

Der Getriebeplan wird viel weniger übersichtlich, und die Verwendungsmöglichkeit des Getriebeplanes zur Erzielung anders abgestufter Drehzahlreihen ist bei weitem nicht so groß.

B. Verwendungsmöglichkeiten des Universaltriebeplanes für die verschiedenen Anforderungen in der Praxis.

Wie aus Abschnitt A hervorgeht, haben wir in dem Universaltriebeplan das Getriebe nach Abb. 4 zu verstehen.

Er besteht aus 18 Drehzahlen, abgestuft nach der Reihe 1,25, und hat einen Drehzahlbereich von 50. Wie bereits erwähnt, können durch Verwendung dieses Getriebeplanes lediglich durch Ändern der Antriebsdrehzahl und des Übersetzungsverhältnisses zwischen der letzten Vorgelegewelle und der Arbeitsspindel die Drehzahlen von 5,6 bis 280 Umdr./min auf 18 bis 900 Umdr./min geändert werden. Es lassen sich aber auch, wenn man von der ersten nach der zweiten Welle noch die Räder ändert, unter Beibehaltung der Wellenmitten noch niedrigere Drehzahlen erreichen. Es ist nämlich möglich, statt von der ersten auf die zweite Welle im Verhältnis 1:1, auch im Verhältnis 1:1,25 ins Langsame, also um einen Stufensprung im ganzen gesehen, langsamer zu treiben. Daraus entstehen folgende Möglichkeiten:

Motor		Drehzahlbereich 50	Stufensprung
Synchron-drehzahl	Last-drehzahl		
750	710	4,5—224	1,25
750	710	5,6—280	
750	710	7,1—355	
750	710	9—450	
1500	1400	7,1—355	
1500	1400	9—450	
1500	1400	11,2—560	
1500	1400	14—710	
1500	1400	18—900	

Verwendet man statt der gleichbleibenden Synchron-drehzahl 750 Umdr./min oder 1500 Umdr./min einen polumschaltbaren Motor mit 750/1500 Umdr./min, so erhält man die folgenden Drehzahlbereiche und Anzahl der Drehzahlen:

Antrieb		Drehzahlbereich 56	Anzahl der Stufen	Stufensprung
750/1500	710/1400	8,0—450	36	1,12
750/1500	710/1400	9,0—500	36	
750/1500	710/1400	10,0—560	36	
750/1500	710/1400	11,2—630	36	
750/1500	710/1400	12,5—710	36	
750/1500	710/1400	14—800	36	
750/1500	710/1400	16—900	36	

Wechselt man die beiden Dreiradblöcke auf der zweiten und dritten Vorgelegewelle in Zweiradblöcke, so kann man aus dem vorhergehenden Getriebeplan nach Abb. 4 (Seite 6) den Getriebeplan nach Abb. 15 mit 12 Stufen nach Reihe 1,4 entwickeln. Der Drehzahlbereich beträgt hierbei 44. Bei diesem Getriebe erhält man durch Ändern der Antriebsdrehzahl und der Übersetzung zwischen der letzten Vorgelegewelle und der Arbeitsspindel wieder folgende Möglichkeiten:

Antrieb		Drehzahlbereich 31,5	Anzahl der Stufen	Stufensprung
750	710	8,0—355	12	1,4
750	710	11,2—500	12	
1500	1400	11,2—500	12	
1500	1400	28,0—710	12	
1500	1400	31,5—1000	12	

Ersetzt man ferner die beiden Zweiradblöcke auf den Wellen I und II durch ein unverschiebbares Räder-

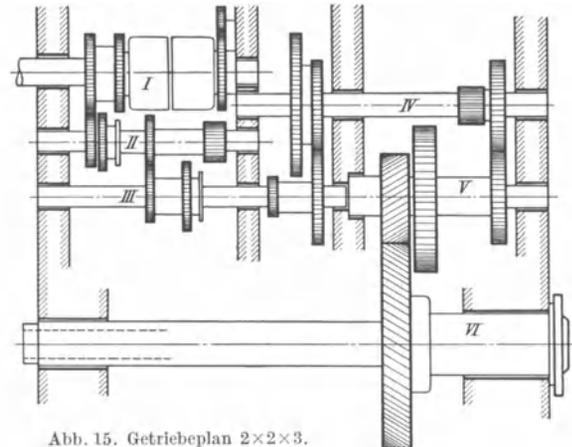


Abb. 15. Getriebeplan 2x2x3.

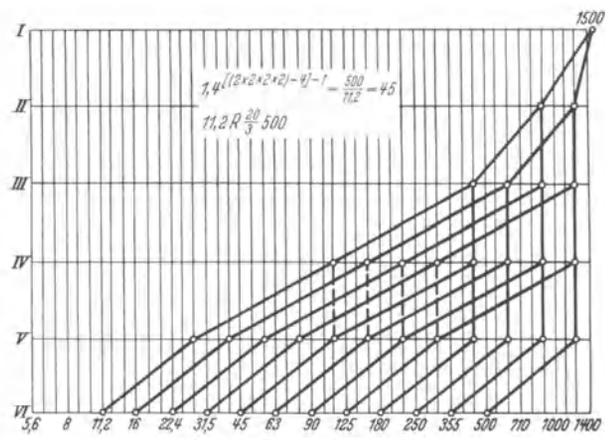


Abb. 15 a. Drehzahlschaubild.

paar, so erhält man einen Getriebeplan nach Abb. 16 mit 3·3=9 Stufen, nach der Reihe 1,6 und dem Drehzahlbereich 40.

Mit diesem Getriebeplan können folgende Möglichkeiten erreicht werden:

Antrieb		Drehzahlbereich 40	Stufen	Stufensprung
750	710	4,5—180	9	1,6
750	710	7,1—280	9	
750	710	11,2—450	9	
1500	1400	11,2—450	9	
1500	1400	18—710	9	
1500	1400	28—1120	9	

Diese Ausführung des Spindelkastens nach dem Getriebeplan Abb. 16 kann nun durch einen polumschaltbaren Motor mit 2 Drehzahlen angetrieben werden. Man erhält dadurch 18 Stufen nach der Reihe 1,25 mit folgenden Ausführungsmöglichkeiten:

Antrieb		Drehzahlbereich 50	Stufen	Stufensprung
750/1500	710/1400	4,5—224	18	1,25
750/1500	710/1400	5,6—280	18	
750/1500	710/1400	7,1—355	18	
750/1500	710/1400	9,0—450	18	
750/1500	710/1400	11,2—560	19	
750/1500	710/1400	18—900	18	
750/1500	710/1400	22,4—1120	18	

Diese Möglichkeiten decken sich vollständig mit denen unseres ursprünglichen Getriebeplanes nach Abb. 4, von dem ausgegangen wurde.

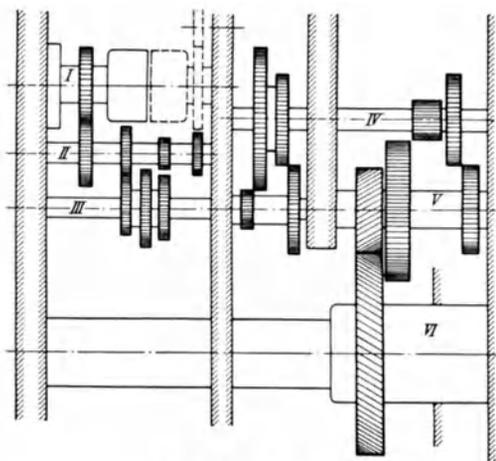


Abb. 16. Getriebeplan 3x3.

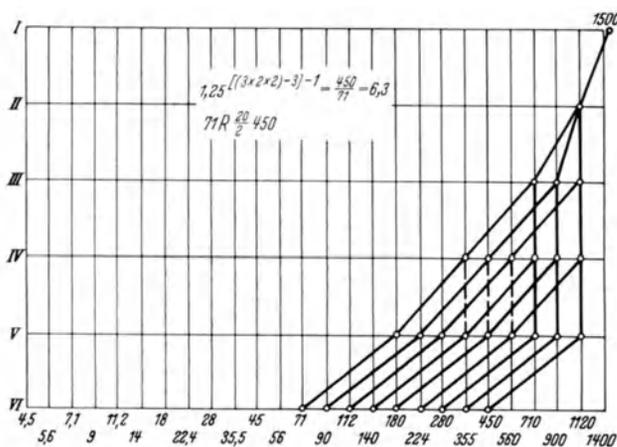


Abb. 16a. Drehzahlschaubild für Stufensprung 1,25.

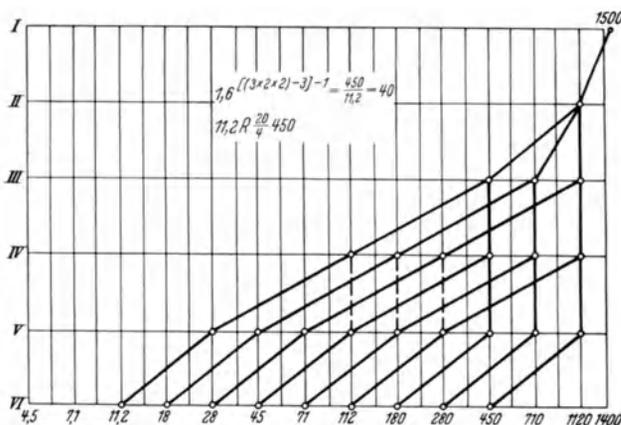


Abb. 16b. Drehzahlschaubild für Stufensprung 1,6.

Behält man aber die Grundreihe mit $2 \cdot 3 = 6$ Drehzahlen bei und ändert das dreifache Vorgelege in ein zweifaches, so erhält man $6 \cdot 2 = 12$ Drehzahlen. Stuft man mit 1,25, so erhält man bei einem Drehzahlbereich von 12,5 die in folgendem gezeigten Möglichkeiten (siehe Abb. 36, Seite 21):

Antrieb		Drehzahlbereich 12,5	Stufen	Stufensprung
750	710	4,5—56	12	1,25
750	710	5,6—71		
750	710	7,1—90		
750	710	9—112		
750	710	14—180		
750	710	18—224		
750	710	22,4—280		
1500	1400	9—112		
1500	1400	11,2—140		
1500	1400	14—180		
1500	1400	18—224		
1500	1400	22,4—280		
1500	1400	28—355		
1500	1400	35,5—450		
1500	1400	45—560		
1500	1400	56—710		
1500	1400	71—900		

Diese werden erzielt durch Änderung der Antriebsdrehzahl, oder durch Ändern der Übersetzung zwischen den Wellen III und IV, oder durch Ändern der Räder zwischen der Welle V und der Arbeitsspindel. Bei Verwendung eines polumschaltbaren Motors mit 2 Drehzahlen kann dieser Drehzahlbereich erhöht werden auf 14 nach dem Stufensprung 1,12 mit 24 Stufen. Über die dabei erzielten Drehzahlbereiche gibt folgende Zusammenstellung Aufschluß:

Antrieb		Drehzahlbereich 14	Stufen	Stufensprung
750/1500	710/1400	4,5—63	24	1,12
750/1500	710/1400	5—71		
750/1500	710/1400	5,6—80		
750/1500	710/1400	7,1—100		
750/1500	710/1400	8—112		
750/1500	710/1400	9—125		
750/1500	710/1400	10—140		
750/1500	710/1400	11,2—160		
750/1500	710/1400	12,5—180		
750/1500	710/1400	14—200		
750/1500	710/1400	16—224		
750/1500	710/1400	18—250		
750/1500	710/1400	20—280		
750/1500	710/1400	22,4—315		
750/1500	710/1400	25—355		
750/1500	710/1400	28—400		
750/1500	710/1400	31,5—450		
750/1500	710/1400	35,5—500		

Ändert man gegenüber dem Hauptgetriebeplan jedoch wieder entsprechend dem Getriebeplan Abb. 16, stuft jedoch nicht mit 1,6, sondern mit 1,25, so erhält man 9 Drehzahlen mit einem Drehzahlbereich von 6,3 mit folgenden Möglichkeiten:

Antrieb		Drehzahlbereich 6,3	Stufen	Stufensprung
750	710	5,6—35,5	9	1,25
750	710	7,1—45		
750	710	9—56		
750	710	11,2—71		

usw. bis 112—710 Umdr./min.

(Siehe Drehzahlschaubild 16a.)

Im ganzen ergibt dies 14 verschiedenen gelegene Drehzahlbereiche, welche alle erreicht werden durch Änderung der Antriebsdrehzahl, der Übersetzung zwischen den Wellen I und II und der Übersetzung zwischen der Welle V und der Arbeitsspindel. Erhält das Getriebe nach diesem Plan einen Antrieb durch polumschalt-

baren Motor, so erhält man 18 Stufen nach dem Stufensprung 1,12 mit einem Drehzahlbereich von 7,1, nämlich:

Antriebsdrehzahl		Drehzahlbereich 7,1	Stufen	Stufensprung
750/1500	710/1400	5,6—40	18	1,12
750/1500	710/1400	6,3—45		
750/1500	710/1400	7,1—50		

usw. bis 100—710 Umdr./min, im ganzen 26 verschiedene Ausführungsarten.

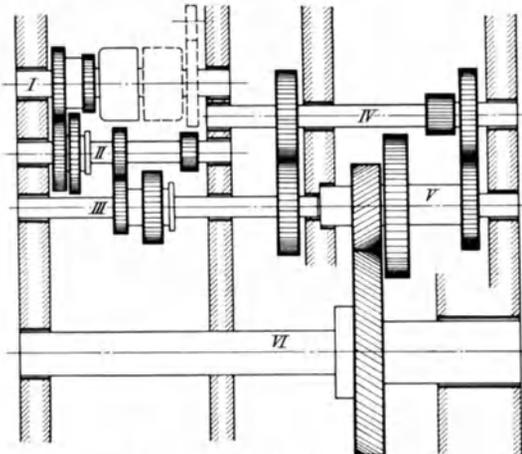


Abb. 17. Getriebeplan 2×2×2.

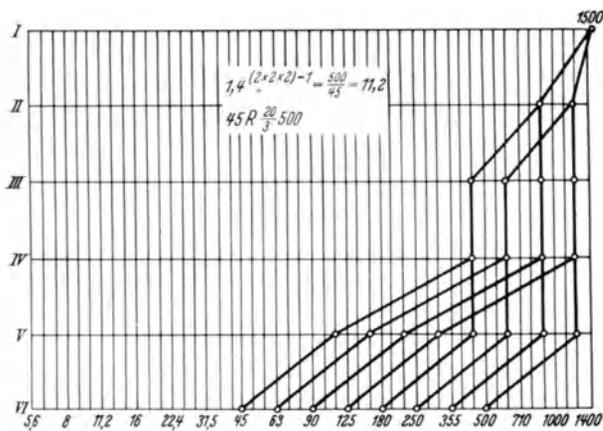


Abb. 17 a. Drehzahlschaubild.

Noch eine weitere Vereinfachung des Universalgetriebeplanes nach Abb. 4 ist möglich nach dem Getriebeplan Abb. 17.

Ersetzt man nämlich die Dreiradblöcke zwischen den Wellen II und III durch 2 Zweiradblöcke und die Zweiradblöcke auf der dritten und vierten Welle durch ein festes Räderpaar, so bleibt eine Grundreihe von $2 \cdot 2 = 4$ Stufen, und man erhält also im ganzen $(2 \cdot 2) \cdot 2 = 8$ Drehzahlen. Ein Getriebeplan nach dieser Auslegung kann aber nur ausgeführt werden mit dem Stufensprung 1,4, da sich 8 Drehzahlen mit einem 3fachen, gleichmäßig ausgenutzten Vorgelege nach einer anderen Abstufung nicht aufteilen lassen (siehe Abb. 9).

Dasselbe kann gemäß Abb. 9 auch mit einem polumschaltbaren Motor 1:2 erreicht werden, der die Zweiradblöcke auf Welle II und III ersetzt. Damit ergeben sich für diesen Getriebeplan folgende Möglichkeiten:

Antrieb		Drehzahlbereich 11,2	Stufen	Stufensprung
750	710	5,6—63	8	1,4
750	710	8—90		
750	710	11,2—132		

usw. bis 63—710 Umdr./min, im ganzen also 8 verschiedene Reihen.

Nach Getriebeplan Abb. 18 ist auch ein Getriebe mit 6 Drehzahlen mit Stufensprung 1,25 oder 1,6 möglich.

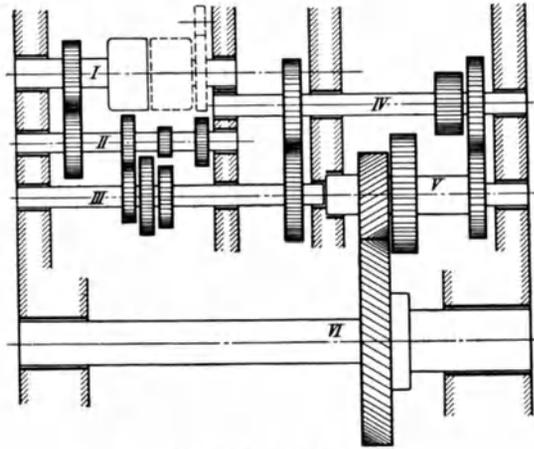


Abb. 18. Getriebeplan 3×2.

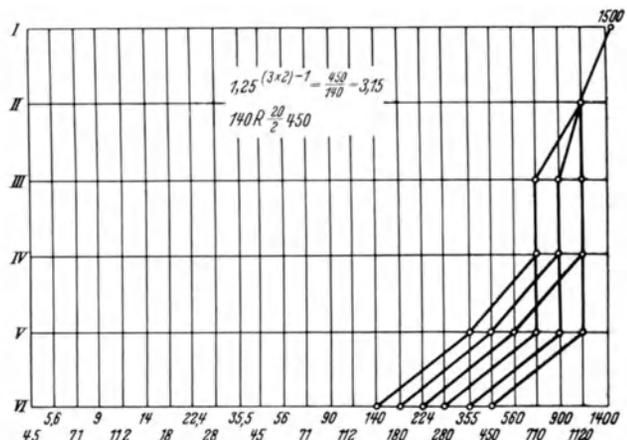


Abb. 18 a. Drehzahlschaubild.

Mit 1,25 erhält man viele Ausführungsmöglichkeiten, je nach Antriebsdrehzahl oder Änderung der Übersetzungen zwischen Welle III und IV, IV und V, V und VI, Drehzahlbereich 3,15:

Antrieb		Drehzahlbereich 3,15	Stufen	Stufensprung
750	710	11,2—35,5	1,25	6

usw. bis 224—710 Umdr./min, im ganzen 14 Reihen.

Wird ein solches Getriebe mit polumschaltbarem Motor angetrieben, so erhält man einen Drehzahlbereich von 3,15, also praktisch dieselben Reihen, jedoch feiner abgestuft.

Wird das Getriebe jedoch nach der Reihe 1,6 abgestuft, so erhält man einen Gesamt-Drehzahlbereich von 10 entsprechend folgenden Ausführungsarten:

Antrieb		Drehzahlbereich 10	Stufen	Stufensprung
750	710	4,5—45	6	1,6
usw. bis 71—710 Umdr./min,				
im ganzen also 7 verschiedene Ausführungsarten.				

Verwendet man einen polumschaltbaren Motor mit 2 Drehzahlen, so erhält man im ganzen 12 Drehzahlen, die dann wieder nach der Reihe 1,25 abgestuft sind, mit einem Drehzahlbereich von 12,5.

Es dürfte sich im weiteren erübrigen, noch alle die anderen verschiedenen Möglichkeiten, die sich verwirklichen lassen, also z. B. 4 Stufen mit Stufensprung 1,4 und einem Drehzahlbereich von 2,8, oder 3 Stufen mit

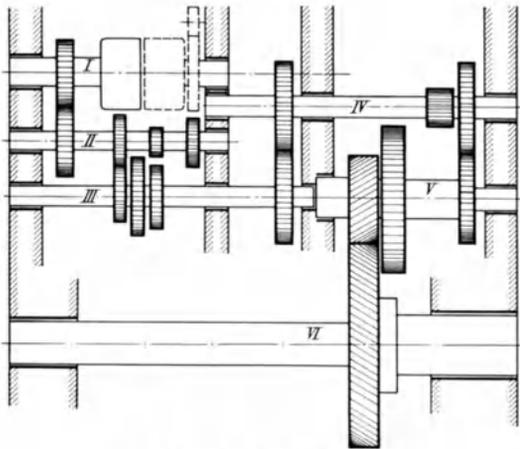


Abb. 19. Getriebeplan 3x2.

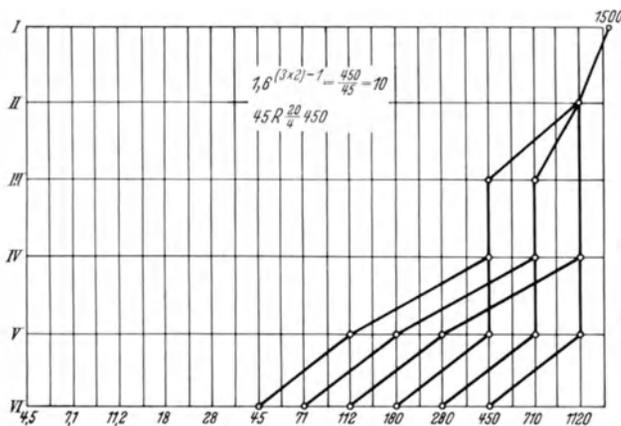


Abb. 19 a. Drehzahlschaubild.

Stufensprung 1,25 mit einem Drehzahlbereich von 1,6, oder 3 Stufen mit Stufensprung 1,6 mit einem Regelbereich von 2,5 in ihren verschiedenen Ausführungsarten aufzuzählen.

Wesentlich jedoch ist, noch einige Verwendungsmöglichkeiten zu erwähnen, die z. T. mit keinem anderen Grundgetriebeplan als dem in Abb. 4 (Seite 6) gezeigten erreicht werden können.

Der Getriebeplan Abb. 19 stellt die Ausführung für eine Sondermaschine dar, die für die Bearbeitung von Geschossen Verwendung findet. Hierbei wurde gefordert, Geschosse sowohl mit niederen Schnittgeschwindigkeiten unter Verwendung von Schnelldrehstäählen, als auch mit hohen Schnittgeschwindigkeiten bei Benützung von Hartmetallwerkzeugen drehen zu

können. Da nun die Geschößkörper immer dieselben Durchmesser haben, so könnte man annehmen, daß man an und für sich mit einer niedergelegenen und einer hochgelegenen Drehzahl der Hauptspindel auskommen könnte. Da aber die zu zerspanenden Werkstoffe je nach der Zusammensetzung verschieden hart sind, wurde verlangt, daß sowohl für die niedergelegenen, als auch für die hochgelegenen Drehzahlen der Hauptspindel noch gewisse Bewegungsfreiheiten möglich sind. Nach vorliegendem Getriebeplan ist es nun ohne weiteres möglich, drei niedere Drehzahlen mit der Stufung 1,25, nämlich

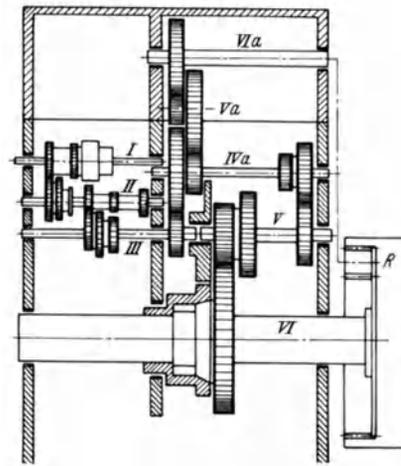


Abb. 20. Getriebeplan 2x3x3.

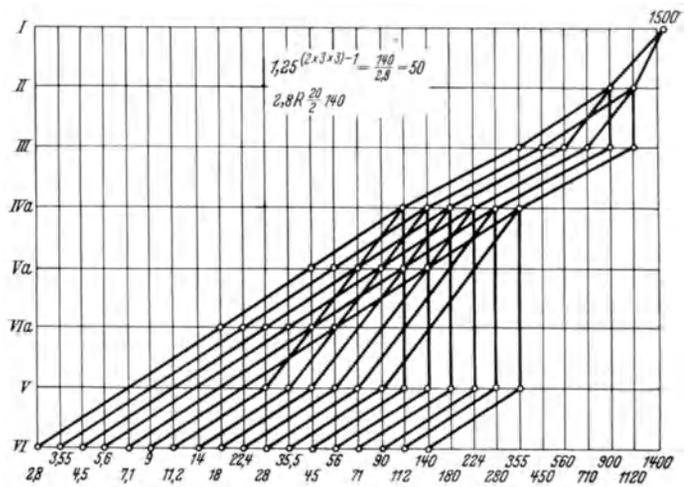


Abb. 20 a. Drehzahlschaubild.

56, 71, 90 Umdr./min, und 3 höhere Drehzahlen, wieder gestuft nach 1,25, nämlich 224, 280, 355 Umdr./min anzuwenden.

Dieser Forderung konnte also mit den normalen Spindelkasten Rechnung getragen werden.

Ein anderer Fall ist der, daß man mit der niedersten bei den bisherigen Ausführungsarten erwähnten Drehzahl von 4,5 Umdr./min für manche Arbeiten nicht auskommt. Es gibt auch tatsächlich genügend Arbeitsstücke für Drehbänke mit 500 mm Drehdurchmesser, für welche eine kleinste Drehzahl von etwa 2,8 Umdr./min nötig ist. Diese Drehzahl ist z. B. zum Schneiden von Gewinden mit großer Steigung oder für Reibarbeiten auf Tieflochbohrbänken notwendig.

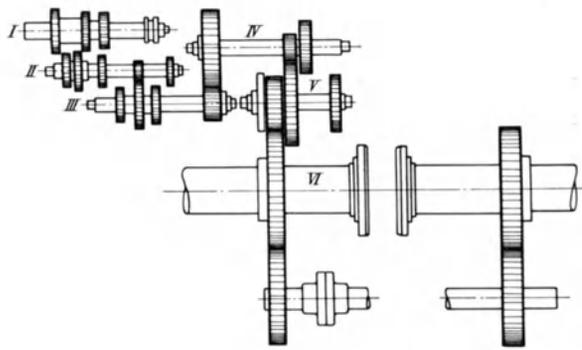


Abb. 21. Getriebeplan 2×3×2 für Kurbelwellendrehbank.

Um auch dieser Forderung zu genügen, kann man von Welle IV über eine Zwischenwelle Va auf Welle VIA treiben und von dieser auf ein Ritzel R, das seinerseits wieder eine Zahnkranz-Planscheibe antreibt. Zur Ausführung dieses Getriebeplanes muß auf den normalen Spindelkasten lediglich ein neuer Deckel gesetzt werden, der die Lagerung für die Welle VIa aufnimmt. Der Getriebeplan und sein Drehzahlschaubild sind in Abb. 20 und 20a dargestellt.

Man erhält dadurch ein Getriebe mit 18 Stufen, Stufensprung 1,25 und einem Drehzahlbereich 50. Es schließt sich also in seinem Aufbau an das Grundgetriebe nach Abb. 4 (Seite 6) nach unten an.

Zuletzt wird noch eine Sondermaschine, wie sie zur Bearbeitung von Kurbelwellen Verwendung findet, gezeigt. Ihr Getriebeplan ist ebenfalls aus dem Grundgetriebeplan Abb. 4 abgeleitet, hat aber die Eigenart,

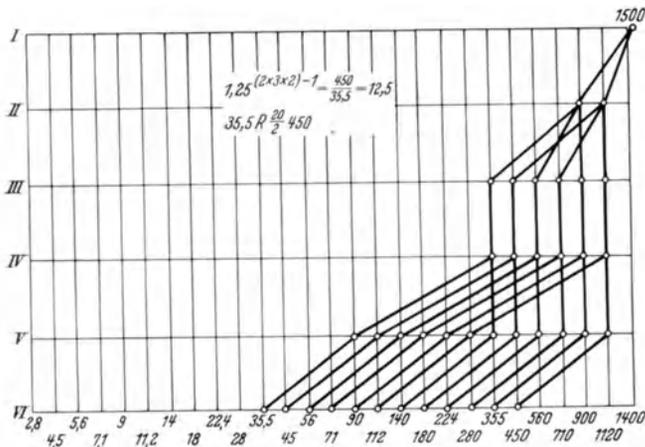


Abb. 21 a. Drehzahlschaubild.

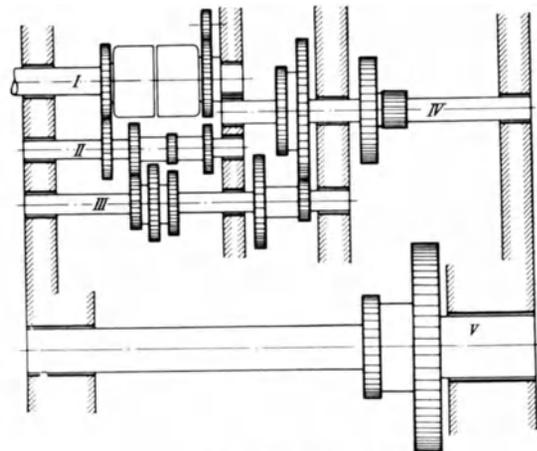


Abb. 23. Getriebeplan 3×3.

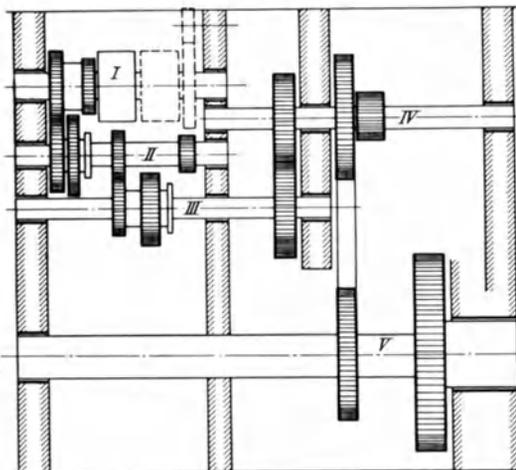


Abb. 22. Getriebeplan 2×2×2.

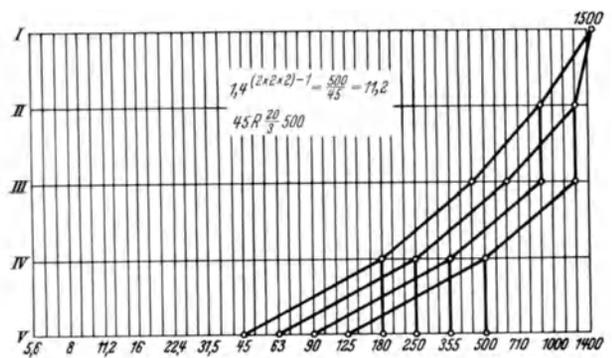


Abb. 23 a. Drehzahlschaubild.

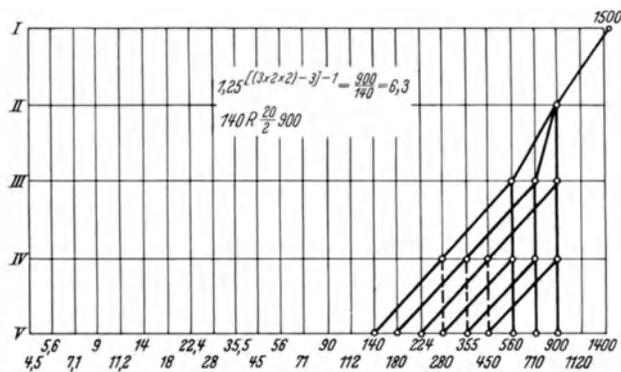


Abb. 23 a. Drehzahlschaubild.

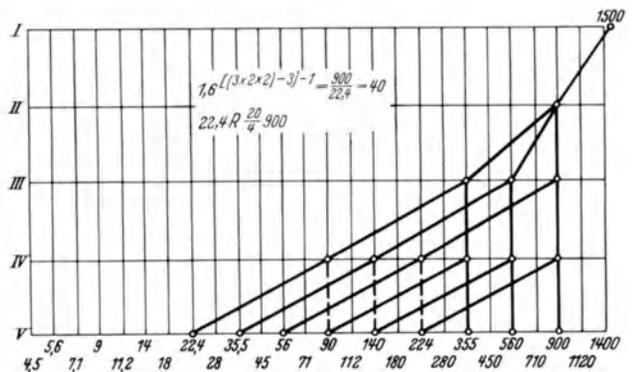


Abb. 23 b. Drehzahlschaubild.

daß aus dem Spindelkasten wieder unter Verwendung eines abnormalen Deckels auf eine über der Drehbank liegende Welle herausgetrieben werden kann. Diese Welle treibt einen auf der rechten Seite des Bettes liegenden zweiten Spindelkasten an, so daß die zu bearbeitende Kurbelwelle von beiden Seiten angetrieben werden kann, um keine Verwindungen zu erleiden. Getriebeplan und Drehzahlschaubild für diesen Spindelkasten sind in Abb. 21 dargestellt.

Das Getriebe hat 12 Drehzahlen, den Stufensprung 1,25 und den Drehzahlbereich 12,5.

Gegenüber den im ersten Teil gemachten Ausführungen, daß mit Rücksicht auf die Größe der Zahn- geschwindigkeiten der Grundgetriebeplan nur bis 900 Umdr./min Verwendung finden kann, zeigen nun die Getriebepläne nach Abb. 22 und Abb. 23, daß bei Verwendung eines zweiten Rades auf der Arbeitsspindel ihre Drehzahlen bis auf 1400 Umdr./min gesteigert werden können.

Diese Bauart kann für folgende Ausführungen angewandt werden:

1. 18 Drehzahlen, Stufensprung 1,25, Drehzahlbereich 50
2. 12 „ „ „ 1,4, „ 45
3. 9 „ „ „ 1,6, „ 40
4. 8 „ „ „ 1,4, „ 11,2

Trägt man nun die in Teil B der Arbeit besprochenen und gezeigten Ausführungsmöglichkeiten in Abb. 24 zusammen, also ähnlich, wie sie in Abb. 1 (Seite 2) aufgestellt sind, und vergleicht nun Abb. 1 mit Abb. 24, so kann man feststellen, daß *tatsächlich alle Erfordernisse, wie sie durch Abb. 1 vorangestellt wurden, durch die verschiedenen Ausführungsarten des Grundgetriebeplanes nach Abb. 4 (Seite 6) erfüllt werden.*

Alle diese Möglichkeiten können, und das ist das Wesentlichste, bei Benutzung von nur *einem* Spindelkasten und bei immer sich wiederholender Verwendung der einzelnen Räder und Wellen nach dem Baukasten- system geschaffen werden.

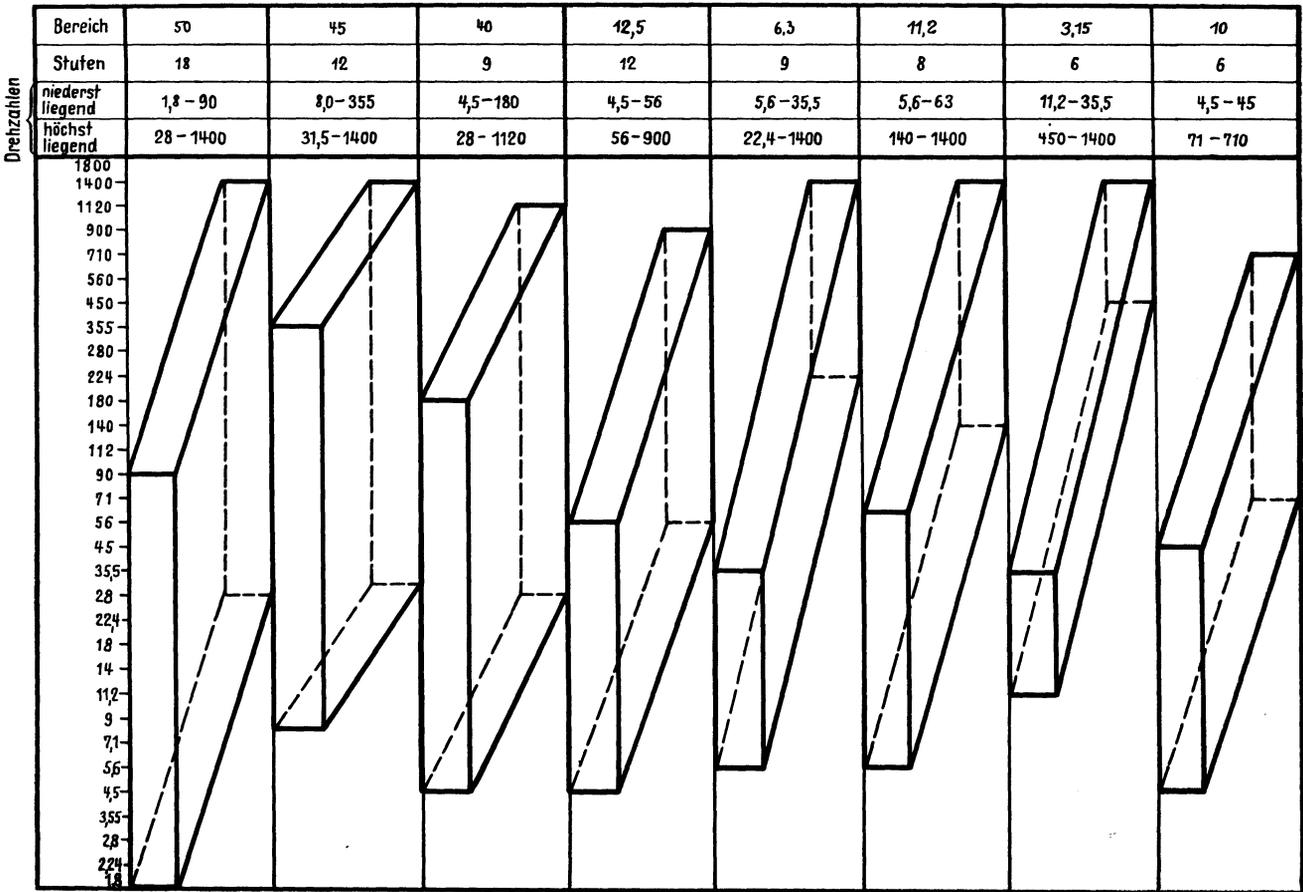


Abb. 24. Die mit Abwandlungen des Grundgetriebeplans erzielbaren Drehzahlbereiche.

Einführung und Auswirkung der Drehzahl-Normung in einer deutschen Werkzeugmaschinenfabrik.

Als sich 1927 die vier deutschen Drehbankfabriken Gebr. Boehringer GmbH., Göppingen, Franz Braun AG., Zerst, Heidenreich & Harbeck, Hamburg, und H. Wohlenberg KG., Hannover, zu der Gruppe Vereinigte Drehbankfabriken (VDF) zusammengeschlossen haben, wurde eine Neukonstruktion für die in Zukunft zu bauenden Drehbänke durchgeführt. Es wurde damals die heute allgemein unter dem Namen VDF- oder Einheitsdrehbank bekannte Leit- und Zugspindel-drehbank in einem gemeinsamen Büro entworfen. Die Zeit der Konstruktion dieser Drehbänke fiel zusammen mit der Entwicklung der Drehzahl-Normung, und so war der von den VDF entwickelte Getriebeplan des

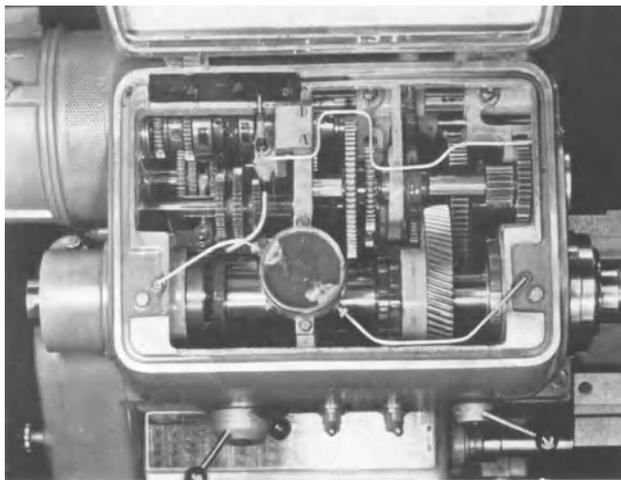


Abb. 25. Spindelkasten.

Spindelkastens und damit auch dessen Ausführung das erste Getriebe, das auf Grund der Erkenntnis dieser Forderung gebaut wurde. Die äußere Formgebung des Körpers sowie den Einbau der Eingeweide in diesen zeigen Abb. 2 (Seite 3) und Abb. 25.

Die Drehbänke wurden nach dieser Bauart in 8 verschiedenen Größen von 360 bis 900 mm Drehdurchmesser entwickelt. Hiervon werden die beiden Größen mit 450 und 500 mm Drehdurchmesser bei der Firma Gebr. Boehringer GmbH., Göppingen, gebaut. Die Entwicklung dieser beiden Drehbänke mit der Verkaufsbezeichnung E 4 und E 5 sollen im folgenden einer weiteren Betrachtung unterzogen werden.

Zur Zeit des Zusammenschlusses der genannten vier Firmen baute die Firma Gebr. Boehringer GmbH. außer Drehbänken noch Revolverdrehbänke, Kurbelwellendrehbänke, Tieflochbohrbänke, sowie eine Reihe von Sondermaschinen, die in das Gebiet der Bearbei-

Boehringer, Drehzahlnormung.

tung durch Drehen fallen. In Zahlentafel 4 ist, geordnet nach dem Drehdurchmesser als Größenbezeichnung, die damalige Fertigungsliste der Firma dargestellt, wie sie also bis 1927 bestand. Man sieht daraus, daß die Firma folgende Maschinen herstellte:

Drehdurchmesser	Drehbänke	Revolverdrehbänke	Bohrbänke	Kurbelwellenbänke
320	F			
360	GO			
420	H I			
435		R	ALA	
450				
480		RO		
500	J II			
560		R I		
590			ALB	
600	K III			KSA
640		R II		
700	L IV			
760		R III		
800	M V		ALC	LSA
900	N VI			
920		R IV		
1000	AO E			MSA
1060		R V		
1100	AP E			

Zahlentafel 4. Alte Fertigungsliste.

1. Drehbänke von 320 bis 1100 mm Drehdurchmesser und diese alle in den verschiedensten Ausführungen des Antriebs, d. h. mit Flanschmotor, mit Einscheibe und mit Stufenscheibe.

2. Revolverdrehbänke, wieder in 7 verschiedenen Größen und diese wiederum mit allen möglichen Antriebsarten.

3. 3 Größen Tieflochbohrbänke, für welche wieder eine besondere Antriebsart abweichend von 1 und 2 vorgesehen war, und

4. 3 Größen Kurbelwellendrehbänke.

Für jede dieser Maschinen war ein besonderer Spindelkasten erforderlich, sei es, daß die Anzahl der Drehzahlen, der Drehzahlbereich von der einen Maschinen-gruppe für die andere nicht ausreichte, sei es, daß verschiedene Stufensprünge in der Abstufung der Drehzahlen zur Verwendung kamen, ferner die Spitzenhöhe, die Bohrung und Lagerung der Arbeitsspindel, sowie die äußere Form des Spindelkastens nicht in Übereinstimmung gebracht werden konnte.

Welch ungeheure Belastungen diese verschiedenen Bauarten für den Hersteller ausgemacht haben, soll in diesem Zusammenhang noch besonders erwähnt werden.

Das Konstruktionsbüro hatte die vielfache Arbeit, für jede Maschinenart die besonderen Bedingungen zu berücksichtigen, wie sie für die Spindelkasten hinsichtlich des Antriebs und der Drehzahlen für die Arbeitsspindel notwendig sind.

Besonders in der heutigen Zeit, in der der überaus große Mangel an Fachingenieuren spürbar ist, würde die auf dem Konstruktionsbüro dadurch anfallende Arbeit kaum mehr bewältigt werden können. Aber nicht nur hier, auch im Betrieb vervielfachen sich die Aufgaben. Je mehr verschiedene Konstruktionen das technische Büro verlassen, desto mehr wird der Betrieb, der doch heute genau so unter dem Mangel an Ingenieuren und Facharbeitern leidet, belastet. Je mehr verschiedene Ausführungsarten der Betrieb herstellen soll, desto mehr Arbeit erwächst im Bestellwesen, im Vorrichtungsbau, desto mehr Lehren und Meßwerkzeuge sind notwendig, und desto größer wird die Lagerhaltung im Rohlager, im Guß-, Teil- und Fertigwarenlager. Aber nicht nur für den Hersteller der Maschinen sind diese Erschwerungen von Bedeutung, auch der Verbraucher hat unter dieser Vielseitigkeit zu leiden, denn wenn jeder Spindelkasten einer Drehbank und Revolverdrehbank anders ausgeführt ist, so wird jeder Dreher, der von einer Drehbank an eine Vielstahldrehbank oder Revolverdrehbank, selbst des gleichen Herstellers, wechselt, sozusagen an eine fremde Maschine gestellt. Jeder Griff, jeder Bedienungshebel ist ja anders und liegt anders. Er muß also vollständig umlernen und neu eingeschult werden. Dadurch verringert sich das Ausbringen, und es sinkt die sofortige Einsatzbereitschaft der Drehbank, wie sie sich im Betrieb bei Krankheit und Urlaub, oder bei Wechsel der Gefolgschaftsmitglieder täglich als notwendig erweist.

Dabei ist es, wie im vorhergehenden Teil dieser Schrift gezeigt wurde, durch die Drehzahl-Normung und deren Auswirkung tatsächlich möglich, die Getriebegestaltung auf ein einziges Grundgetriebe zurückzuführen. Es wurde dies bereits an Hand der Getriebepläne gezeigt, und es soll im folgenden durch die Ausführungsarten der bei der Firma Gebr. Boehringer GmbH., Göppingen, gebauten Maschinen bewiesen werden.

Wir werden uns auch im folgenden, wie überhaupt in der ganzen Abhandlung, auf den Getriebekasten als den wichtigsten Getriebebestandteil einer Drehbank beschränken. Dies hat seinen Grund darin, daß dieser Spindelkasten

1. für sich die vielseitigsten Forderungen im gesamten Getriebebestandteil der Drehbank beansprucht,
2. dadurch der wichtigste Teil der Drehbank und
3. auch der teuerste Teil der Drehbank ist,

fallen doch etwa 25 bis 30 % der gesamten Herstellungskosten einer Drehbank allein auf den Antrieb der Arbeitsspindel, d. h. auf den Spindelkasten.

Bei der Gestaltung der in Teil I gezeigten Getriebepläne war maßgebend, daß unabhängig von dem Antrieb des Spindelkastens für alle Bedingungen und bei allen Ausführungsarten immer nur ein Spindelkastenkörper verwendet wird. Dieser wiederum muß stets die gleichen Stichmaße für alle Wellenmitten aufweisen, so daß in ihn stets die gleichen Räder bzw. Räderblöcke, Wellen und Lager eingebaut werden können. Man hat danach zu streben, durch Austausch dieser einzelnen Maschinenteile mit einer Kleinstzahl von Einzelteilen auszukommen und mit dieser eine Höchstzahl von verschiedenen Ausführungen der Spindelkasten zu erzielen.

Vor allem aber müssen die verschiedenen Ausführungen des Grundgetriebes die gleichen Schaltteile besitzen, d. h. die Hebelstellungen müssen im Dienste des Benutzers der Drehbank, vor allem im Dienste des die Maschine bedienenden Arbeiters für die einzelnen Drehzahlen stets die gleichen sein.

Vergleicht man mit der vorher erwähnten Zahlentafel 4 (Seite 17) die heutige Fertigungsliste, dargestellt in Zahlentafel 5, so sieht man, daß sich die Firma dazu entschlossen hat, ihr Programm *horizontal*⁹ aus-

⁹ horizontal: Herstellung *verschiedener* Maschinenarten einer Größe; vertikal: Herstellung *einer* Maschinenart *verschiedener* Größe.

Drehdurchmesser (mm)	Drehbänke		Revolverdrehbänke		Bohrbänke			Kurbelwellendrehbänke			Sondermaschinen								
	E 1	V 1	R 16	RH 16	HB	HB 2						G 36	G 704	G 705			G 709	G 702	
315	E 1	V 1	R 16	RH 16	HB	HB 2						G 36	G 704	G 705			G 709	G 702	
355																			
400			R 20	RH 20								G 3							
450	E 4	V 4	R 23	RH 23	B 4	B 4 B	B 4 T		V 4			G 4	G 1015			GS 4			
500	E 5	V 5	R 26	RH 26	B 5	B 5 B	B 5 T	K 5	R 26	KWO 26		G 5	G 1504		G 1505	G 1525		G 1509	G 1002
630			R 30	RH 30															
710			R 35																
800																			
900									K 9										
1000									K 10										

Zahlentafel 5. Heutige Fertigungsliste der Gebr. Boehringer G. m. b. H.

(Die nicht eingerahmten Größen können auch noch aus den entsprechenden Grundgetrieben abgeleitet werden.)

zubauen, unter Verzicht auf die Herstellung von kleineren und größeren Baumustern. Möglich war dies allerdings erst dann, als von den Vereinigten Drehbankfabriken die Aufteilung der von den einzelnen Werken zu bauenden Drehbankgrößen vorgenommen worden war. In Zahlentafel 5 ist diese von der Firma Gebr. Boehringer GmbH. im Rahmen der VDF übernommene Fertigungsliste noch hervorgehoben und kenntlich gemacht. Aus diesem Rahmen fallen nur heraus: Die Revolverdrehbänke R 20 und RH 20, sowie R 30, RH 30 und R 35, ebenfalls die Kurbelwellendreh-

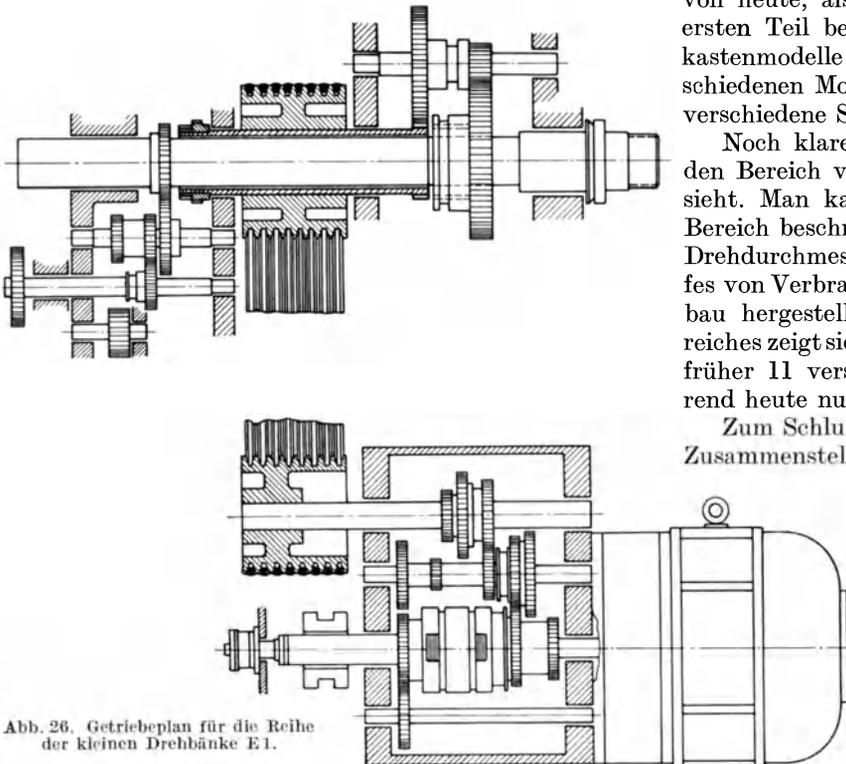


Abb. 26. Getriebeplan für die Reihe der kleinen Drehbänke E 1.

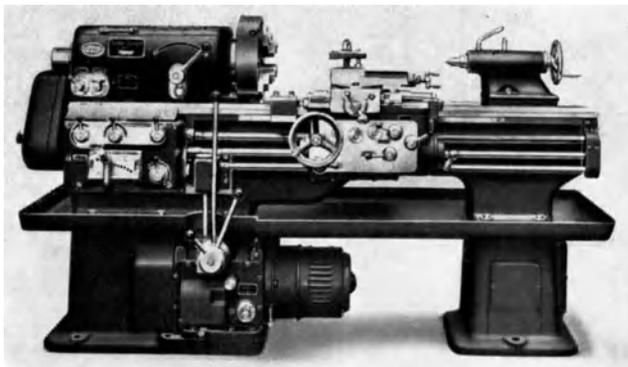


Abb. 27. Drehbank E 1.

bänke K 9 und K 10. Zu dieser ersten großen horizontalen Erweiterung hat sich in den letzten Jahren noch eine zweite hinzugefügt, die bei dem kleinen Drehbank-Modell E 1 ihren Ausgangspunkt fand. Da für diese Drehbank jedoch eine ganze andere Bauart maßgebend ist (siehe Abb. 26 und Abb. 27), so soll diese Entwicklung im folgenden nicht behandelt werden.

Sie dient in diesem Zusammenhang lediglich als ein zweiter Fall zu unserer Beweisführung, die wir auf die

beiden Drehbankgrößen mit 450 und 500 mm Drehdurchmesser beschränkt haben.

Betrachtet man die in den beiden Zahlentafeln 4 und 5 (Seite 17 und 18) gezeigten Maschinen von 315 bis 1100 mm Drehdurchmesser, so kann man folgendes feststellen:

Die frühere Fertigungsliste der Firma Gebr. Boehringer GmbH. enthielt 22 verschiedene Baumuster, das neue enthält 48. Dies erscheint zunächst wie eine Ausweitung der Fertigungsliste. Das Bild ändert sich jedoch, wenn man berücksichtigt, daß die Bauarten von heute, also nach der Drehzahl-Normung, wie im ersten Teil beschrieben, nur 8 verschiedene Spindelkastenmodelle notwendig machen, während zu 22 verschiedenen Modellen der alten Ausführungen auch 22 verschiedene Spindelkastenbaumuster gehörten.

Noch klarer wirkt diese Tatsache, wenn man nun den Bereich von 360 bis 600 mm Drehdurchmesser ansieht. Man kann sich deswegen auf diesen kleineren Bereich beschränken, weil die Maschinen mit größerem Drehdurchmesser als 600 mm infolge des geringen Bedarfes von Verbraucherseite bereits nicht mehr im Reihenaufbau hergestellt werden können. Innerhalb dieses Bereiches zeigt sich, daß die Firma Gebr. Boehringer GmbH. früher 11 verschiedene Spindelkasten herstellte, während heute nur noch 5 Größen gefertigt werden.

Zum Schluß dieser Betrachtung soll noch eine dritte Zusammenstellung gemacht werden. Innerhalb des heutigen Sonderbereiches der Fertigungsliste der Gebr. Boehringer GmbH., also bei Maschinen mit über 400 mm Drehdurchmesser und weniger als 600 mm Drehdurchmesser, baute die Firma früher 7 verschiedene Maschinen mit 7 verschiedenen Spindelkasten, heute jedoch 27 verschiedene Maschinen mit nur 2 verschiedenen Spindelkasten.

Um die dadurch entstehenden Vorteile für die Herstellung noch klarer vor Augen zu führen, sind im folgenden nun die mit Einscheiben- bzw. mit Flanschmotoren angetriebenen Spindelkasten der alten Fertigungsreihe denen der neuen Herstellung gegenübergestellt, und zwar der Einfachheit wegen nur die der in den früheren Abschnitten als Grundbeispiel erwähnten Drehbank mit etwa 500 mm Drehdurchmesser. Nach der alten Fertigungsliste baute die Gebr. Boehringer GmbH. in dieser Gruppenordnung folgende Modelle: J II, R II und ALB, heute: E 5, R 26, B 5.

Vergleicht man die alten und neuen Bauarten, so erhält man folgende Vergleiche:

Leit- und Zugspindeldrehbank.

	Bauart	
	alt	neu
Baumuster	J II	E 5
Drehzahlen	16	18
Drehzahlbereich	50	50
Kleinste Drehzahl	6,5	9,0
Größe Drehzahl	324	450
Stufensprung	1,32	1,25
Getriebeplan	nicht genormt Abb. 28	genormt Abb. 4 (S. 6)
Ansicht der Maschine	Abb. 29	Abb. 30

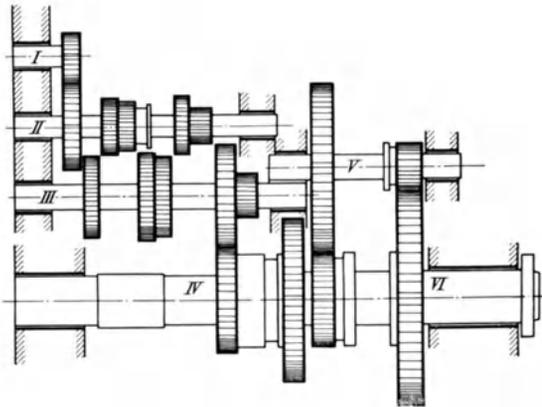


Abb. 28. Getriebeplan 4x2x2 zu Abb. 29.

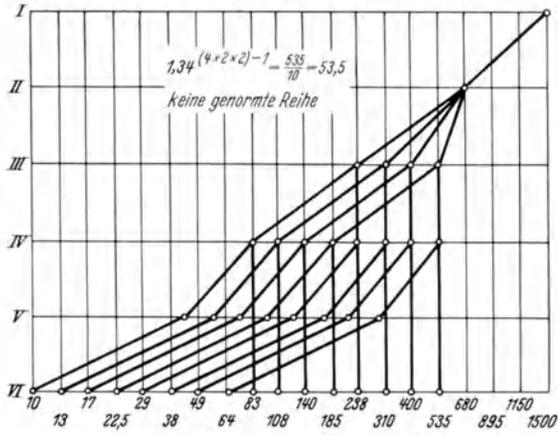


Abb. 28 a. Drehzahlschaubild.

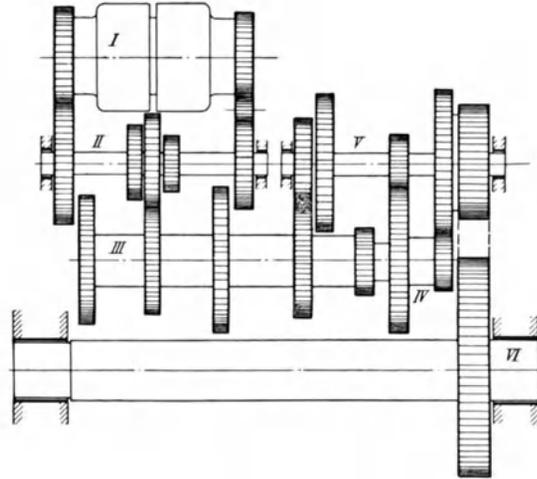


Abb. 31. Getriebeplan 3x2x2 zu Abb. 32.

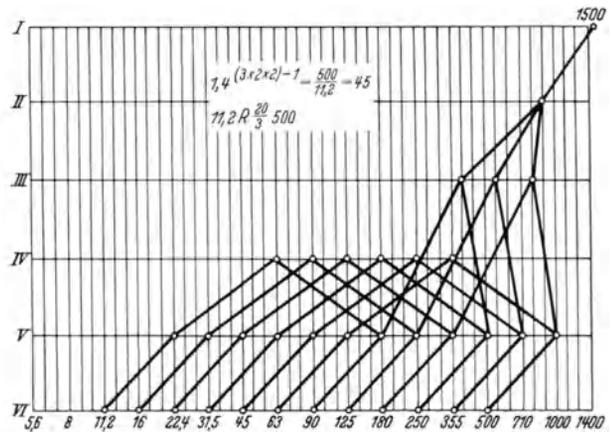


Abb. 31 a. Drehzahlschaubild.

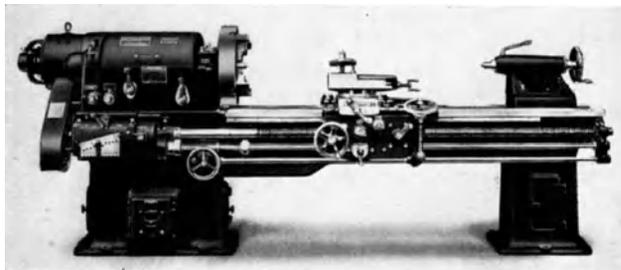


Abb. 29. Alte Drehbank J II.

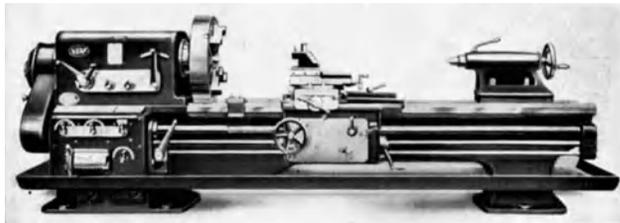


Abb. 30. Neue Drehbank E 5.

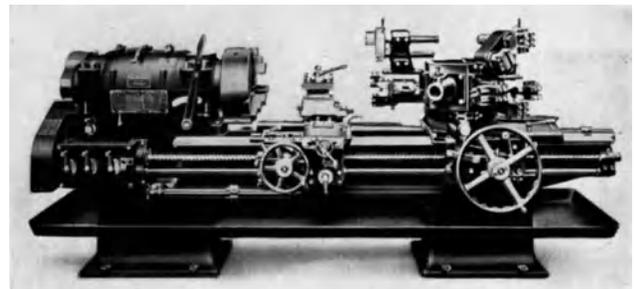


Abb. 32. Alte Revolverdrehbank R II.

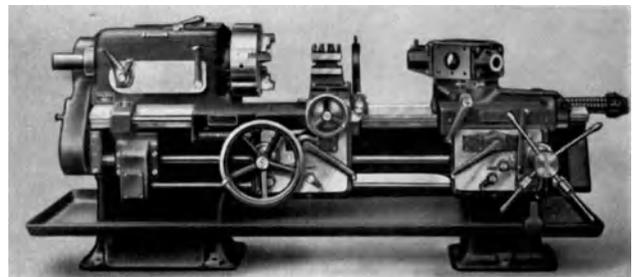


Abb. 33. Neue Revolverdrehbank R 26.

Revolverdrehbank für Futter- und Stangenarbeit.

	Bauart	
	alt	neu
Baumuster	R II	R 26
Drehzahlen	12	18
Drehzahlbereich	45	50
Kleinste Drehzahl	6,3	9,0
Größte Drehzahl	283	450
Stufensprung	1,42	1,25
Getriebeplan	nicht genormt	genormt
Ansicht der Maschine . . .	Abb. 31	Abb. 4 (S. 6)
	Abb. 32	Abb. 33

Tieflochbohrbänke.

	Bauart	
	alt	neu
Baumuster	ALB	B 5
Drehzahlen	9	12
Drehzahlbereich	7	12,5
Kleinste Drehzahl	32	22,4
Größte Drehzahl	224	280
Stufensprung	1,25	1,25
Getriebeplan	Abb. 34	Abb. 36
Ansicht der Maschine	Abb. 35	Abb. 37

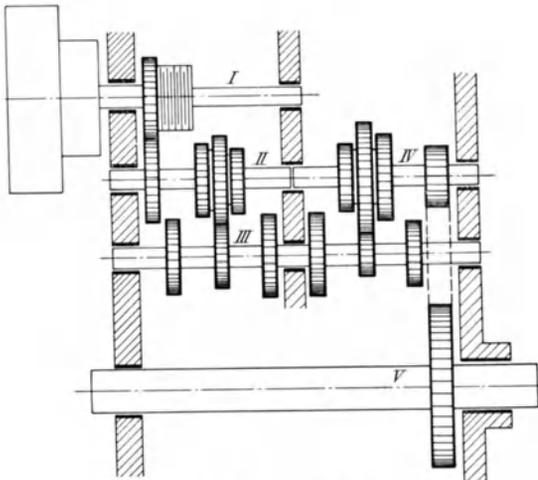


Abb. 34. Getriebeplan 3x3 zu Abb. 35.

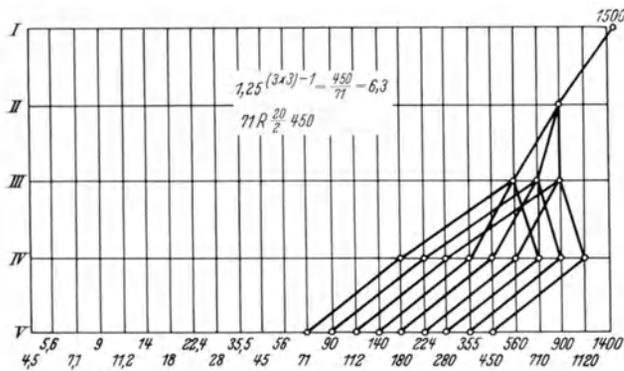


Abb. 34a. Drehzahlschaubild.

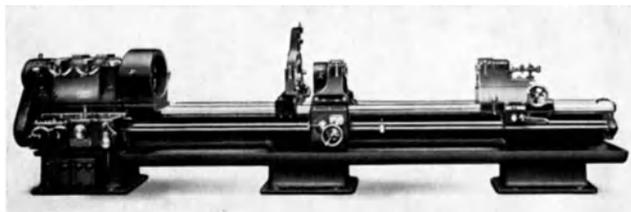


Abb. 35. Alte Tieflochbohrbank ALB.

Betrachtet man die vorerwähnten alten Bauarten, so sieht man, daß die Spindelkästen für die Drehbank J II (Abb. 28), Revolverdrehbank R II (Abb. 31) und die Bohrbank ALB (Abb. 34) ganz verschiedene Getriebepläne aufweisen.

Die Bauarten haben mit Ausnahme der Normteile, wie Schrau-

ben, Bolzen, Stifte, Stellringe usw., weder ein Rad, noch eine Welle, noch eine Kupplung oder ein Schaltelement gemeinsam.

In der folgenden Zahlentafel ist nun die Anzahl der gleichartigen und verschiedenartigen Räder für die 3 zusammengehörenden alten Ausführungen und die entsprechende Räderanzahl für die 3 zusammengehörenden neuen Ausführungen gegenübergestellt. Dabei sind die 3 neuen Baumuster, nämlich die Drehbank E 5, die Revolverdrehbank R 26 und die Bohrbank B 5 als Gruppe a) bezeichnet, während die 3 alten Modelle, nämlich Drehbank J II, Revolverdrehbank R II und Bohrbank ALB als Gruppe b) zusammengefaßt sind.

Gruppe	Modell	Getriebeplan Abb.	Gesamtzahl der Räder	Zahl der gleichen Räder wie bei E5	Zahl der von E5 abweichenden Räder	Zahl der Drehzahlen
a)	E 5	4	22	—	—	18
	R 26	4	22	21	1	18
	B 5	36	18	15	3	12
b)	J II	28	17	—	—	16
	R II	31	21	—	21	12
	ALB	34	16	—	16	9

Die Gesamtzahl der Räder in Gruppe a) beträgt unter Zugrundelegung von je einem Spindelkasten der Baumuster E 5, R 26 und B 5: 62 Räder, die Gruppe b) benötigt insgesamt: 57 Räder. Daraus könnte man zunächst schließen, daß die neue Ausführung mehr Räder benötigt als die alte; dies ist auch tatsächlich der Fall, zumal mehr Drehzahlen erzielt werden, jedoch sind in Gruppe a) nur 26 verschiedene Räder, während

in Gruppe b) alle 57 Räder verschiedene Ausführungen zeigen. Dieser große Unterschied, daß heute noch halb so viel verschiedene Räder notwendig sind als früher, zeigt sich also schon, wenn man nur 3 Baumuster mit-

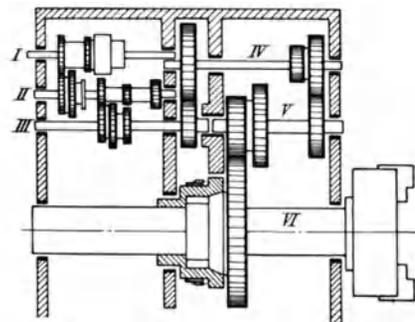


Abb. 36. Getriebeplan 2x3x2 zu Abb. 37. (Vgl. hierzu: Drehzahlschaubild Abb. 21 a.)

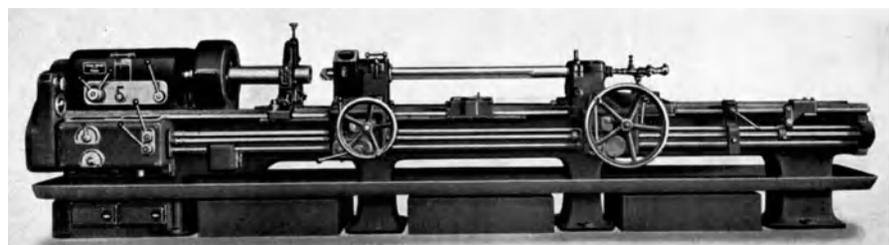


Abb. 37. Neue Tieflochbohrbank B 5.

Getriebeplan	Hauptspindel-drehzahlen		Stufensprung	Antriebs-drehzahl der Welle I	Getrieberäder und Radblöcke (Hauptausführung)										Bodenrad-Über- setzung $i = 1 : 2,5$		Bodenrad-Über- setzung $i = 1 : 2$					
					Rad auf Welle I		Radblock auf Welle II	Rad auf Welle II			Drei-Radblock auf Welle III	Rad auf Welle III		Radblock auf Welle IV					Rad auf Welle V			
	Abb. Nr.	Anzahl			Drehzahlbereich Umdr./min	Umdr./min	Z.=40	Z.=35	Z.=50/55	Z.=28	Z.=20	Z.=36	Z.=44/52/36	Z.=20	Z.=50	Z.=80/50	Z.=20/50	Z.=50	Z.=80	Z.=32	Z.=80	Z.=37
4	18	9 ÷ 450	1,25	1500	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	9 ÷ 450	1,25	750				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	4,5 ÷ 224	1,25	750	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	5,6 ÷ 280	1,25	1000	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	6,3 ÷ 315	1,25	630				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	7,1 ÷ 355	1,25	630				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	7,1 ÷ 355	1,25	1000				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	9 ÷ 450	1,25	1250	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	11,2 ÷ 560	1,25	1000				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	11,2 ÷ 560	1,25	1500	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	14 ÷ 710	1,25	1000				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	14 ÷ 710	1,25	1500	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	18	18 ÷ 900	1,25	1000				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	18	18 ÷ 900	1,25	1500				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
20	18	1,8 ÷ 90	1,25	750	•			•	•	•	•						•	•				
	18	2,8 ÷ 140	1,25	750				•	•	•	•						•	•				
	18	3,55 ÷ 180	1,25	1500	•			•	•	•	•						•	•				
4	18	10 ÷ 500	1,25	1000	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
	36	8 ÷ 450	1,12	750/1500	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
	36	10 ÷ 560	1,12	750/1500				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
	36	16 ÷ 900	1,12	750/1500				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
	21	2,5 ÷ 250	1,25	500/1000	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
Anzahl der Ausführungen	22				11	3	3	22	19	22	19	19	19	19	22	22	22	18	18	2	2	

Zahlentafel 6. Räder zur Erreichung

Getriebeplan	Hauptspindel-drehzahlen		Stufensprung	Antriebs-drehzahl der Welle I	Getrieberäder und Radblöcke (Hauptausführung)										Bodenrad-Über- setzung $i = 1 : 2,5$				
					Rad auf Welle I		Radblock auf Welle II	Rad auf Welle II			Drei-Radblock auf Welle III	Rad auf Welle III		Radblock auf Welle IV			Rad auf Welle V		
	Abb. Nr.	Anzahl			Drehzahlbereich Umdr./min	Umdr./min	Z.=40	Z.=35	Z.=50/55	Z.=28	Z.=20	Z.=36	Z.=44/52/36	Z.=20	Z.=50	Z.=80/50	Z.=20/50	Z.=50	Z.=80
36	12	5,6 ÷ 71	1,25	750	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	6,3 ÷ 80	1,25	750	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	7,1 ÷ 90	1,25	750	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	8 ÷ 100	1,25	1000	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	9 ÷ 112	1,25	750	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	11,2 ÷ 140	1,25	750				•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	11,2 ÷ 140	1,25	1500	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	14 ÷ 180	1,25	1500	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	18 ÷ 224	1,25	750				•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	18 ÷ 224	1,25	1500	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	25 ÷ 315	1,25	750				•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	25 ÷ 315	1,25	1500	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	35,5 ÷ 450	1,25	750				•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	35,5 ÷ 450	1,25	1500	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	45 ÷ 560	1,25	1000				•	•	•	•				•	•	•	•	
	12	50 ÷ 630	1,25	1120				•	•	•	•				•	•	•	•	
12	56 ÷ 710	1,25	1500	•			•	•	•	•				•	•	•	•		
15	12	12,5 ÷ 560	1,4	1500						•		•	•	•	•	•	•	•	
	12	6,3 ÷ 280	1,4	750						•		•	•	•	•	•	•	•	
	12	16 ÷ 710	1,4	1500						•		•	•	•	•	•	•	•	
	12	8 ÷ 355	1,4	750						•		•	•	•	•	•	•	•	
Anzahl der Ausführungen	21																		
Übertrag von Zahlentafel 6	22				11	3	3	22	19	22	19	19	19	19	22	22	22	18	18
Summe	43				22	11	11	39	36	43	36	23	23	23	43	43	43	36	36

Zahlentafel 7. Räder zur Erreichung

Getriebeplan	Hauptspindel-drehzahlen		Stufensprung	Antriebsdrehzahl der Welle I	Getrieberäder und Radblöcke (Hauptausführung)												Bodenrad-Über- setzung <i>i</i> = 1 : 2,5		Bodenrad-Über- setzung <i>i</i> = 1 : 2		
					Rad auf Welle I		Rad auf Welle II			Drei-Radblock auf Welle III		Rad auf Welle III		Radblock auf Welle IV		Rad auf Welle V					
	Abb. Nr.	Anzahl			Drehzahlbereich Umdr./min	Umdr./min	Z.-40	Z.-35	Z.-50/55	Z.-28	Z.-20	Z.-36	Z. = 44/52/36	Z.-20	Z.-50	Z. = 80/50	Z. = 20/50	Z.-50	Z.-80	Z.-32	Z.-80
16	9	4,5 ÷ 180	1,6	750		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	9	11,2 ÷ 450	1,6	750	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	9	28 ÷ 180	1,25	750		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	9	71 ÷ 450	1,25	750				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
17	8	6,3 ÷ 71	1,4	750						•					•	•	•	•			
	8	2,5 ÷ 280	1,4	750						•					•	•	•	•			
	8	12,5 ÷ 140	1,4	1500						•					•	•	•	•			
	8	50 ÷ 560	1,4	1500						•					•	•	•	•			
	8	5,6 ÷ 63	1,4	750		•				•					•	•	•	•			
	8	31,5 ÷ 355	1,4	750						•					•	•	•	•		•	•
	8	63 ÷ 710	1,4	1500						•					•	•	•	•		•	•
19	6	4,5 ÷ 45	1,6	750		•		•	•	•				•	•	•	•	•			
	6	45 ÷ 450	1,6	750				•	•	•				•	•	•	•	•			
18	6	14 ÷ 45	1,25	750		•			•	•					•	•	•	•			
	6	140 ÷ 450	1,25	750					•	•					•	•	•	•			
	6	140 ÷ 450	1,25	1500	•				•	•					•	•	•	•			
	6	56 ÷ 90 224 ÷ 355	1,25	1500	•				•	•				•	•	•	•	•			
Anzahl der Ausführungen Übertrag von S. 22/23	43																				
Gesamtsumme	60				24	16	11	39	36	43	36	23	23	23	43	43	43	36	36	5	5

Zahlentafel 8. Räder zur Erreichung

einander vergleicht. Um aber die Vorteile der Normung ganz klar zum Ausdruck zu bringen, wurden in den Zahlentafeln 6, 7 und 8 alle verschiedenen Ausführungsarten von Drehbänken für die verschiedensten Getriebepläne zusammengestellt und dabei die zu den verschiedenen Ausführungsarten notwendigen Räder aufgeführt.

Man ersieht aus diesen Zahlentafeln, daß die verschiedenen Räder auf den verschiedenen Wellen sich wiederholen und immer wieder Verwendung finden, so daß man also mit einer Kleinstzahl verschiedener Einzelteile im Baukastensystem alle Forderungen erfüllen kann.

Es kommen folgende Räder zur Verwendung:

Auf Welle I:

- Rad mit 40 Zähnen für 24 Ausführungen
- „ „ 35 „ „ 16 „
- „ „ 55 „ „ 16 „
- „ „ 45 „ „ 24 „
- „ „ 37 „ „ 12 „
- „ „ 50 „ „ 12 „
- „ „ 42 „ „ 2 „
- „ „ 52 „ „ 1 Ausführung

Auf Welle II:

- Radblock mit 50/55 Zähnen „ 11 Ausführungen
- Rad mit 28 Zähnen „ 49 „
- „ „ 20 „ „ 40 „
- „ „ 36 „ „ 60 „
- „ „ 50 „ „ 2 „
- „ „ 55 „ „ 4 „
- „ „ 35 „ „ 4 „
- Radblock mit 45/53 Zähnen „ 10 „
- Rad mit 24 Zähnen „ 11 „
- Radblock mit 45/55 Zähnen „ 1 Ausführung

- Rad mit 32 Zähnen für 9 Ausführungen
- Radblock mit 35/40 Zähnen „ 12 „
- „ „ 53/48 „ „ 1 Ausführung
- „ „ 50/45 „ „ 12 Ausführungen
- „ „ 50/53 „ „ 1 Ausführung
- „ „ 45/48 „ „ 1 „
- „ „ 35/38 „ „ 1 „

Auf Welle III:

- Dreiradblock mit 44/52/36 Zähnen „ 40 Ausführungen
- Rad mit 20 Zähnen „ 25 „
- „ „ 50 „ „ 27 „
- „ „ 39 „ „ 2 „
- „ „ 32 „ „ 3 „
- „ „ 25 „ „ 1 Ausführung
- Radblock mit 36/48 Zähnen „ 11 Ausführungen
- Rad mit 57 Zähnen „ 11 „
- „ „ 23 „ „ 14 „
- Radblock mit 40/44/36 Zähnen „ 9 „
- Rad mit 33 Zähnen „ 2 „
- „ „ 42 „ „ 1 Ausführung

Auf Welle IV:

- Radblock mit 80/50 Zähnen „ 25 Ausführungen
- „ „ 20/50 „ „ 55 „
- Rad mit 72 Zähnen „ 9 „
- „ „ 23 „ „ 3 „
- „ „ 56 „ „ 2 „
- „ „ 63 „ „ 3 „
- „ „ 70 „ „ 1 Ausführung
- „ „ 57 „ „ 11 Ausführungen
- „ „ 91 „ „ 5 „
- Radblock mit 66/50 Zähnen „ 2 „
- „ „ 33/50 „ „ 5 „
- Rad mit 53 Zähnen „ 1 Ausführung

Auf Welle V:

- Rad mit 50 Zähnen „ 60 Ausführungen
- „ „ 80 „ „ 55 „
- „ „ 66 „ „ 5 „

spiel läßt sich natürlich auf jedes Teil, das im Spindelkasten Verwendung findet, ausdehnen. Es ginge zu weit, hier alle diese Vorteile der Fertigung aufzuzählen. Erwähnt sei nur noch, daß Hand in Hand mit diesen Fertigungsvorteilen auch die Lagerhaltung sich entsprechend verringert. Die Zahl der Normteile schrumpft auf einen Bruchteil des früheren Umfanges zusammen,

und daß sich zu gleicher Zeit auch die Lagerhaltung der Rohteile, der halbfertigen und der fertigen Teile ermäßigt, leuchtet ohne weiteres ein.

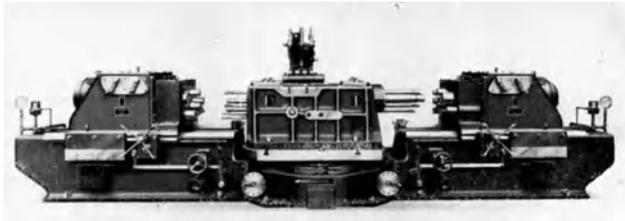


Abb. 38. Vielspindelbohrwerk.

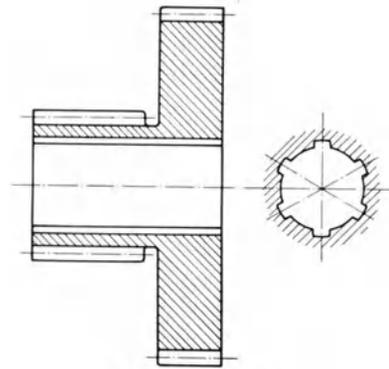


Abb. 39. Räderblock.

Schlußfolgerungen.

Es ist sicherlich kein Zufall, daß diese Gedanken-gänge bereits 1932, während des Tiefpunktes der deutschen Wirtschaftskrise, entstanden sind und heute, zur Zeit der größten Nachfrage nach Werkzeugmaschinen und zugleich in einer Zeit des allgemeinen Hungers nach Eisen und Stahl, neu aufgegriffen wurden.

Vor Jahren in der Krisenzeit war es die Not der mangelnden Absatzmöglichkeiten für Werkzeugmaschinen, die diese Gedanken aufkommen ließ. Der Maschinenpark der Werkzeugmaschinen-Verbrauchenden Industrie war damals bereits veraltet. Der allgemeine Maschinenbau verlangte nach billigen Werkzeugmaschinen, billig aber nicht durch Vernachlässigung der Güte, sondern durch rationellere Herstellung. Diese kann aber hauptsächlich durch Fertigung in größeren Reihen erreicht werden.

Um nun aber durch Vergrößern der Stückzahlen die Ausbringung der einzelnen Werke nicht zu steigern, wäre als einzig gangbarer Weg möglich gewesen, daß jedes Unternehmen nur noch eine einzige, ganz bestimmte Größe von Maschinen herstellt. Dieser Weg wurde damals nicht gegangen, da die Gründe, die dagegen sprachen, zu stichhaltig waren. Insbesondere waren es finanzielle Erwägungen, die diese Lösung als nicht annehmbar erscheinen ließen. Wäre man den Weg gegangen, so hätten zuerst, ähnlich wie es sich bei den Vereinigten Drehbankfabriken verwirklichte, gemeinschaftliche Konstruktionen geschaffen, neue Baumuster, neue Vorrichtungen, Sonder- und Spezialmaschinen usw. hergestellt werden müssen, und zu einer Planung in derartig großem Stil fehlte es damals vor allem an dem notwendigen Kapital.

Heute liegen die Verhältnisse ganz anders. Wieder klopft die Not an die Tür, aber nicht mangelnder Absatz in den Werkzeugmaschinenfabriken ist es, sondern das Gegenteil. Der Bedarf und die Nachfrage an neuen Maschinen im In- und Ausland sind größer als die Leistungsfähigkeit der deutschen Werkzeugmaschinen-Industrie. Diese kann aber ihre Ausbringung nur noch durch Vergrößern der gesamten Fabrikanlagen steigern. Aber selbst eine solche Ausweitung wäre heute sinnlos, erstens, weil die zur Herstellung der Einzelteile nötigen Maschinenarbeiter und die zum Zusammenbau der Maschinen erforderlichen Schlosser einfach nicht zur Verfügung stehen, und zweitens, weil der bisherige Stoffaufwand nicht mehr verantwortet werden kann.

Beide Schwierigkeiten, sowohl der Mangel an Facharbeitern als auch der Mangel an Rohstoff können auf dem vorgeschlagenen Weg in gewissen Grenzen gemindert werden.

Dazu einige Beispiele:

1. Von einer Drehbankgröße für 500 mm Drehdurchmesser stellt eine einzige Firma, je nach der Größe des

Unternehmens, monatlich etwa zwischen 10 und 75 Stück her. Die gesamte in Deutschland gefertigte Anzahl von Maschinen dieser Größe ist aber mindestens 400 Stück je Monat¹¹.

Jede dieser Drehbänke braucht u. a. eine Arbeitsspindel. Mindestens 40 verschiedene Bauarten sind heute auf dem Markt, und so lassen also 40 Drehbankfabriken die von ihnen benötigten Arbeitsspindeln in eigener oder fremder Schmiede vorschmieden. Ohne Berücksichtigung der Gewichtsverminderung durch die Bohrung hat die rohgeschmiedete Hauptspindel ein Gewicht von etwa 150 kg, nach dem Drehen noch 105 kg. 45 kg werden also verspart.

Das Drehen einer solchen Spindel kann nur durch einen guten, gelernten Facharbeiter vorgenommen werden. Er benötigt dazu etwa 200 Minuten. Würde diese Spindel nur noch von einer Fabrik hergestellt werden — sofern diese Fabrik alle in Deutschland benötigten Drehbänke von 500 mm Drehdurchmesser anfertigen könnte —, so würde es sich lohnen, die Spindel anstatt roh vorzuschmieden, im Gesenk zu schlagen. Dabei genügt dann eine Werkstoffzugabe von etwa 5 mm auf den Fertigdurchmesser.

Das Rohgewicht der geschmiedeten Spindel würde von 150 kg auf 120 kg sinken. Es würden also 30 kg Werkstoff je Spindel, insgesamt also $30 \cdot 400 = 12000$ kg je Monat, erspart werden. Die Zeit zum Drehen der Spindel würde sich auf 60 Minuten ermäßigen. Wenn darüber hinaus ein Mann dann tagaus, tagein nur immer dieselben Spindeln zu drehen hat, dann benötigt das die Maschine herstellende Werk dafür keinen gelernten Facharbeiter mehr. Dann kann an dieser Stelle ein bisher nicht als Dreher arbeitender Volksgenosse angelehrt, bzw. für diese Arbeit umgeschult werden. Da-

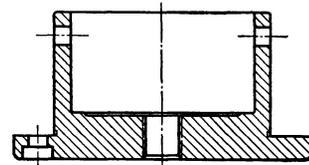


Abb. 40. Verdeckscheibe.

durch würde also für diesen Fall eine größere Anzahl gelernter Dreher frei werden.

2. Abb. 40 zeigt eine kleine Verdeckscheibe. Bei der bisherigen Art der Fertigung wird eine solche Scheibe in mindestens 100 verschiedenen Ausführungen aus Gußeisen hergestellt. Für jede wird ein Modell gemacht, jede muß gegossen und gedreht werden, nur weil sich eine andere Fertigungsart wegen der zur Verwendung kom-

¹¹ Diese Zahl mußte aus Erfahrungen heraus geschätzt werden, da sie aus der Statistik der Fachgruppe Werkzeugmaschinen nicht klar ersichtlich ist.

menden kleinen Stückzahl nicht lohnt. Wären unsere Bauarten entsprechend dem Vorschlag dieser Abhandlung einheitlich entwickelt worden, so könnte eine solche Scheibe, die als Verschußscheibe für Roll-lager dient, an mindestens 3 bis 4 Größen von Drehbänken Verwendung finden. Da nun schon in jedem Spindelkasten diese Scheibe mindestens 8 bis 10 mal vorkommt, würden also monatlich insgesamt $(4 \cdot 400) \cdot 10 = 16000$ Stück gebraucht werden. Bei einer solchen Menge würde kein Fertigungsfachmann auf den Gedanken kommen, diese Scheiben zu gießen und zu drehen, sondern man würde sie aus Blech formen. Die Werkstoffersparnis würde etwa 60 bis 70 % betragen, und alle die vielen Dreher, die diese Stücke jetzt bearbeiten, würden für andere Arbeiten frei.

3. Tausende von Rädern aus hochwertigen Chromnickel- und Chrom-Molybdänstählen, die in den Spindelkästen von Drehbänken, Revolverdrehbänken usw. eingebaut werden, werden heute noch, wie bereits auf Seite 25 erwähnt, abgesägt und dann auf Drehbänken, seltener auf Revolverdrehbänken und nur ganz selten auf Automaten, gedreht. Die Zerspanung macht dabei zwischen 30 bis 70 % des Rohgewichtes aus. Welche ungeheuren Verschwendungen an Werkstoff und damit an nationalem Vermögen! Würden diese Räder oder Räderblöcke in genügend großer Stückzahl anfallen, so würde man sie im Gesenk schlagen und auf Futterautomaten drehen. Der Bedarf an Chromnickel- und Chrom-Molybdänstählen im Werkzeugmaschinenbau würde sicher um 30 bis 40 %, wenn nicht noch mehr, zurückgehen.

Diese Beispiele lassen sich um beliebig viele vermehren. Vergleichen wir, um zu einem klaren Bild zu kommen, nur folgende Zahlen:

Im Jahre 1928 hatte die Firma Gebr. Boehringer GmbH. eine Ausbringung je Mann und Stunde von RM. 3.—, heute nach der Einführung der Einheitsbauarten durch die Drehzahl-Normung eine Ausbringung von RM. 5.— je Mann und Stunde. Man sieht daraus schon, welche Leistungssteigerung durch den Zusammenschluß der vier Drehbankfabriken erzielt worden ist. Vergleicht man aber mit diesen Leistungen je Mann und Stunde die Zahlen, wie sie sich in einer Automobil- oder Motorenfabrik errechnen, so kann man feststellen, daß der Werkzeugmaschinenbau hinter diesen noch weit zurücksteht und dies nur wegen des zu kleinen Umsatzes in gleichartigen Teilen.

Es könnte nun entgegnet werden, daß auf die Durchführung einer solchen Umstellung im Werkzeugmaschinenbau die Drehzahl-Normung keinen Einfluß habe. Dieser Einwand ist aber nicht zugkräftig. Gewiß könnte sich eine Anzahl von bisher selbständigen Werken freiwillig zusammenschließen wie die vier Firmen, Gebr. Boehringer GmbH., Franz Braun AG., Heidenreich & Harbeck und H. Wohlenberg KG., in den Vereinigten Drehbank-Fabriken. Sie könnten dann, wie die VDF, ihre bisherigen Fertigungslisten aufteilen und sich dadurch eine Rationalisierung und Spezialisierung schaffen. Sie könnten z. B. Spindelkästen herstellen, die nicht einmal genormte Drehzahlen zu haben brauchen. Das alles wäre eine Arbeit, die aber die tiefe wirtschaftliche Bedeutung der Drehzahl-Normung gar nicht würdigen würde.

Betrachten wir nur einmal die in den vergangenen

zehn Jahren erschienenen Neukonstruktionen auf dem Werkzeugmaschinenmarkt. Grundlegend ist dabei festzustellen, daß

1. tatsächlich kaum eine Bauart mehr in die Öffentlichkeit trat, die nicht genormte Drehzahlen hatte, denn diese sind allmählich eine Forderung der Abnehmer geworden;

2. es eine Selbstverständlichkeit geworden ist, daß diese Maschinen alle durch einen Flanschmotor angetrieben werden können (damit liegt die Antriebsdrehzahl von 750 oder 1500 oder 3000 Umdr./min eindeutig fest);

3. die Mehrscheibenkupplung für die Schaltung von Vor- und Rücklauf Gemeingut der Werkzeugmaschinenindustrie geworden ist;

4. die Drehzahlbereiche für die einzelnen Maschinengattungen, wie Drehbänke, Revolverdrehbänke, aber auch für eine normale Radialbohrmaschine oder Fräsmaschine, mit wenig Abweichungen festliegen;

5. die Anzahl der Spindeldrehzahlen durch die Forderung des Käufers, möglichst fein abzustufen, fast ebenso klargelegt ist.

Aus diesen 5 Grundforderungen ist, wie in Teil I der Arbeit zu beweisen versucht wurde, der Weg für den Gestalter gewiesen. Er führt im Drehbankbau zu dem in der vorliegenden Schrift behandelten Universalgetriebeplan.

Betrachtet man nun die heutigen, nicht nur in Deutschland, nein auf der ganzen Welt gebauten Drehbänke näher in bezug auf die in ihnen zur Ausführung gekommenen Getriebepläne, so kann man feststellen, daß tatsächlich die meisten Bauarten auf diesem Getriebeplan aufgebaut sind, oder doch nur in ganz geringem Maße davon abweichen.

Ähnlich entwickelte sich auch die Fertigung im Kraftwagenbau. Bei den ursprünglichen Bauarten wurden ganz verschiedene Getriebeelemente zur Kraftübertragung vom Motor auf die Hinterradwelle angewandt, teils Reibungskupplungen, teils Klauenkupplungen, teils Schieberadkonstruktionen. Allmählich setzte sich eine Bauart durch, und die Getriebekasten unterschieden sich nur noch durch die Anzahl ihrer Geschwindigkeiten, die mit 3, 4 und 6 Stufen ausgeführt wurden. Mit dem immer zunehmenden Absatz der Kraftwagen änderte sich das Bild. Die meisten Kraftwagenfabriken beziehen heute ihre Getriebe von der Getriebe-fabrik.

Eine gleiche oder ähnliche Entwicklung kann man sich auch im Werkzeugmaschinenbau denken.

Ein Sonderwerk, das z. B. alle Spindelkästen für die in Deutschland hergestellten Drehbänke, Revolverdrehbänke usw. herstellen würde, wäre bestimmt in der Lage, diese Spindelkästen um höchstens 80 %, wenn nicht sogar 50 % der bisherigen Kosten herzustellen.

Es wurde im Laufe dieser Schrift schon einmal erwähnt, daß der Spindelkasten der wertvollste Teil der Drehbank ist und daß er etwa 30 bis 40 % des Wertes der ganzen Maschine darstellt. Ein etwa um $\frac{1}{3}$ billigerer Spindelkasten würde eine Verbilligung der Maschine um 10 bis 15 % bedeuten. Wird dieser Spindelkasten gar noch bei Sondermaschinen verwendet, das, wie nachgewiesen, durch die ihm innewohnende Anpassungsfähigkeit ohne weiteres möglich ist, so kann die Verbilligung bei solchen Maschinen noch höhere Sätze ausmachen.

Ähnliche bzw. gleiche Wege könnten für die Fertigung der Vorschubkasten¹² und vieler anderer Gruppen nicht nur im Drehbankbau, nein im ganzen Werkzeugmaschinenbau, gegangen werden. Für die Durchführung der Getriebeteile wies die Drehzahl-Normung den Weg. Wird der Gedanke aufgegriffen und in die Tat gesetzt, so ist die wirtschaftliche Auswirkung der Drehzahl-Normung kaum zu übersehen. Sie würde eine allmähliche Umschichtung des gesamten Werkzeugmaschinenbaues nach sich ziehen. Die Fertigungslisten der bisherigen Hersteller müßten sich von Grund auf ändern. Ein Unternehmen würde nicht mehr wie früher und bisher z. B. Drehbänke von der kleinsten bis zur größten Type herstellen, sondern würde sich beschränken auf eine oder zwei Größen. Da aber eine solche Spezialisierung zugleich den Verzicht auf einen namhaften bisherigen Kundenkreis bedeuten würde, müßte sie sich

¹² Siehe Schrifttum-Verzeichnis 4.

in einer anderen Richtung ausdehnen. Anstatt wie bisher vertikal, müßte das Bauprogramm horizontal aufgebaut werden. Um noch einmal den Drehbankbau als Beispiel heranzuziehen: Ein Unternehmen, das diesen Weg beschreitet, kann sein Bauprogramm dadurch ausdehnen, daß es auch Revolverdrehbänke, Bohrbänke und viele aus diesen Universaltypen sich entwickelnde Sondermaschinen baut. Ein solches Unternehmen würde also nur etwa gleichschwere und gleichgroße Maschinenarten herstellen und dadurch in der Lage sein, viele Hunderte, vielleicht Tausende von Einzelteilen in viel größeren Reihen als bisher verwenden zu können.

Die Vorteile für den Hersteller und den Verbraucher liegen klar. Aber darüber hinaus: Die wirtschaftliche Auswirkung hilft sowohl Werkstoff als auch Fachingenieure und Facharbeiter sparen und diese freimachen für eine Tätigkeit, bei welcher sie unentbehrlich sind, zum Nutzen und Frommen unserer deutschen Wirtschaft und damit unseres Vaterlandes.

Schrifttum-Verzeichnis.

1. ANDROUIN, M. J.: Recherches sur l'évaluation rapide des temps élémentaires des travaux mécaniques. Bulletin de la Société D'Encouragement pour L'Industrie Nationale 1919 Nr. 5.
2. AWF-Mitt. Heft 239: Wesen und Auswirkung der Drehzahlnormung.
3. GERMAR, R.: Die Getriebe für Normdrehzahlen. Berlin: Julius Springer 1932.
4. IRTENKAUF, J.: Beitrag zur Ermittlung des zweckmäßigsten Getriebeplanes von Drehbankspindelkastern. Werkst.-Techn. 1931 Heft 7. — Die Normdrehzahltable und ihre Berücksichtigung beim Antrieb einer Drehbank durch polumschaltbaren Motor mit 2 Drehzahlen. Werkzeugmasch. 1932 Heft 6. — Die Drehzahlnormung, Anwendung und Auswirkung bei spanabnehmenden Werkzeugmaschinen. Masch.-Bau 1933 Heft 2. — Die Vorschubnormung bei den spanabhebenden Werkzeugmaschinen. Werkst.-Techn. 1939, Heft 2.
5. KIENZLE, O.: Die neue Fassung der Drehzahlnormung. Werkst.-Techn. 24 (1930) S. 517.
6. PANZER, R.: Die Drehzahlnormung im Werkzeugmaschinenbau. Werkst.-Techn. 1927 S. 73. — Einzelheiten über die Drehzahlnormung im Werkzeugmaschinenbau. Werkst.-Techn. 1928 S. 425. — Die Anwendbarkeit der VDI-Richtlinien für die Stufensprünge der Getriebe von Werkzeugmaschinen bei dem Bohrmaschinenbau. Werkst.-Techn. 1929 S. 661.
7. MELCHER, H.: Internationale Normvorschläge für die Drehzahlen von Arbeitsspindeln. Werkst.-Techn. 1938, Heft 19.
8. STEHR, H.: Ein Beitrag zur Vorschubnormung im Werkzeugmaschinenbau. Werkst.-Techn. 1937, Heft 12.
9. WALLICHS-SCHÖPKE: Die Getriebeberechnung unter besonderer Berücksichtigung der Drehzahlnormung. VDI-Verlag 1936.