



THE AUTOMAT

© Registered Trade Mark

GRUPPE 7

Maschinen-Elemente

Wellenverbindungen und Kupplungen

- Der Begriff des Drehmomentes
- Die Wahl der richtigen Kupplung
- Die Schalenkupplung
- Die Flanschkupplung
- Die elastische Kupplung
- Kupplungen in der Praxis
- Die Oldham Kupplung
- Die Wellenverbindung durch Kurbel und Kurbelzapfen
- Die Wellenverbindung durch Schleppkurbel
- Die Gelenkwellenverbindung
- Die lösbaren Wellenverbindungen
- Die kurvengesteuerte, automatische Kupplung

Hebel, Kräfte, Vektoren

AUTOMAT PRECISION ENGINEERING LTD
LIMMATQUAI 120 ZÜRICH SWITZERLAND



Wellenverbindungen und Kupplungen

Im Abschnitt 2 befaßten wir uns ausschließlich mit elementaren Stirnrad-Getriebekästen, also mit derjenigen Getriebegruppe, die der Umformung von Drehzahlen dienen. Abschnitt 7, Maschinenelemente, behandelt diejenigen Maschinenelemente, die der Übertragung einer Drehbewegung zwischen Antriebsmotor und Arbeitsmaschine oder zwischen bestimmten Teilen der Maschine dienen.

Wellenverbindungen

Wir haben dabei zwei prinzipielle Unterschiede zu machen:

- a) Die festen Wellenverbindungen, welche eine Drehbewegung von einem Ende der Welle über zwei oder mehrere zusammengekuppelte Wellen an das andere Ende der Maschine übertragen. Beispiele dieser Art von Wellenverbindungen finden wir in Kraftwerken, wo die Turbine direkt mit dem Generator gekuppelt ist.

Diese Maschinen sind starr miteinander verbunden. Die Welle der Wasserturbine ist direkt mit derjenigen des Generators verbunden. Wird die Turbine in Betrieb gesetzt, so läuft der Generator zwangsläufig mit.

Wellenverbindungen kommen auch innerhalb vieler Maschinen vor, wo aus praktischen Gründen die Aufteilung einer langen Transmissionswelle in zwei oder drei Teilstücke wünschbar oder erforderlich ist.

- b) Die lösbaren Wellenverbindungen, d. h. Kupplungen. In diesen Fällen läuft der Antriebsmotor konstant, während die angetriebene Maschine ein- und ausgeschaltet werden muß. Eine der bekanntesten Anwendungen dieser Kupplungen finden wir bei den Automobilen, wo die Kraftübertragung vom Motor über die Kupplung auf die Kardowelle und von dieser auf die Antriebsachse erfolgt.

Diese Beispiele vermitteln uns ein klares Bild über die prinzipiellen Anwendungen. Diese beiden Gruppen mechanischer Wellenverbindungen werden ganz allgemein als Kupplungen bezeichnet. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, Drehmomente zu übertragen.

Was verstehen wir unter Drehmoment?

Da der Zweck der AUTOMAT-Baukasten nicht nur darin besteht, Demonstrations- und Versuchsmodelle zu bauen, sondern auch die ihnen zugrunde liegenden Gesetze so verständlich wie möglich zu erklären, werden wir gut tun, diesen Ausdruck «Drehmoment», der immer wieder auftauchen wird, gleich am Anfang zu behandeln. Wir bauen zuerst ein einfaches Versuchsmodell, Fig. 7.1. Wir verwenden dazu den einfachsten Schlitzebel von 75 mm und befestigen einen Zapfen am äußersten Ende. Der doppelt gelagerte Hebel wird mit einer Nabe versehen, die mittels Spannzange und Hülse, Unterscheibe und Mutter starr mit der Welle verbunden ist. Es soll darauf geachtet werden, daß sich die Welle frei in den Lagern drehen kann. Man stellt ein Gewicht einer bekannten Größe bereit und befestigt es mittels Gewindestift und Stangenkopf am Kurbelzapfen. Das andere

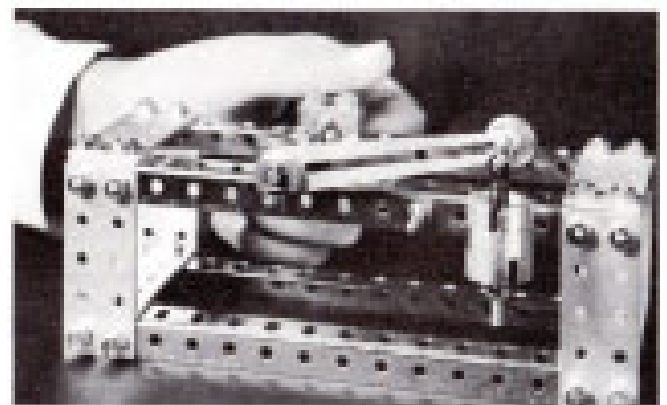


Fig. 7.1

Ende der Welle wird mit einem Stelling versehen. Die Welle wird nun am freien Ende gedreht, bis die Achse des Schützhebels horizontal liegt — dann festgehalten. Das Gewicht wird am Zapfen angehängt. Man spürt nun in der Hand die Wirkung dieser Kraft am Hebelende. Wir wiederholen nun diesen Versuch, indem wir das Gewicht mit dem Zapfen gegen den Drehpunkt des Hebels verschieben. Wie wirkt sich dieses gleiche Gewicht beim kürzeren Hebelarm aus? Wir konstatieren im ersten Falle eine starke, im zweiten Falle eine schwächere Drehkraft in unseren Fingern. Diese Drehkraft heißt Drehmoment und ist gegeben aus dem Produkt Kraft mal Hebelarm (sofern Kraft und Hebelarm senkrecht aufeinander stehen).

Das Drehmoment ist in unseren Beispielen bei einem angehängten Gewicht von 100 g:

Hebel 75 mm lang

Hebel 30 mm lang

Kraft 100 p

Kraft 100 p

Drehmoment:

Drehmoment:

= 100 p × 75 mm

= 100 p × 30 mm

= 7500 pmm

= 3000 pmm

= 0.0075 mkp

= 0.003 mkp

Wir haben absichtlich das Beispiel des Hebels für die Berechnung des Drehmomentes herangezogen, da sich die Hebel für die ersten Versuche und für die Befestigung der Gewichte besser eignen als Räder. Die Gesetze des Drehmomentes lassen sich jedoch von Hebeln nach auf Räder übertragen, sowie auf alle anderen Rotationskörper.

Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge betrachten wir ein weiteres Beispiel:

Fig. 7.2. Senkt sich das Gewicht (G) in der Zeit (t) um eine Strecke (U) von einem Trommelumfang nach unten,

so ist eine Leistung von $P = \frac{G \cdot U}{t}$ (Gewicht mal Umfang geteilt durch Zeit) vollbracht worden.

$$\text{Leistung } P = \frac{\text{Weg mal Kraft}}{\text{Zeit}}$$

Da der Umfang $U = 2 \cdot \pi \cdot R$ und die erzeugte Drehzahl der Trommel $n = \frac{1 \text{ Umdrehung}}{t} = \frac{1}{t}$ beträgt, ist also

die Leistung:

$$P = \frac{G \cdot U}{t} = \frac{G \cdot 2 \pi R}{t} = \frac{2 \pi}{t} \cdot G \cdot R$$

$$P = \frac{2 \pi n}{t} \cdot G \cdot R = 2 \pi n M_d$$

Das Produkt $2 \pi n$ nennt man Winkelgeschwindigkeit ω (siehe auch Physikformel P 10).

Also folgt der äußerst wichtige Zusammenhang:

$$P = \omega \times M_d$$

Leistung = Winkelgeschwindigkeit mal Drehmoment.

Das Getriebemodell laut Fig. 7.2 veranschaulicht in leicht verständlicher Weise eines der wichtigsten Gesetze im Rüstzeug eines jeden Technikers und Ingenieurs. Es trägt dazu bei, auch die mit den Modellen verbundenen Gesetze durch die praktischen Versuche so verständlich zu machen, daß sich der Bua von selbst einfachen und einfachsten Modellen reichlich lohnt.

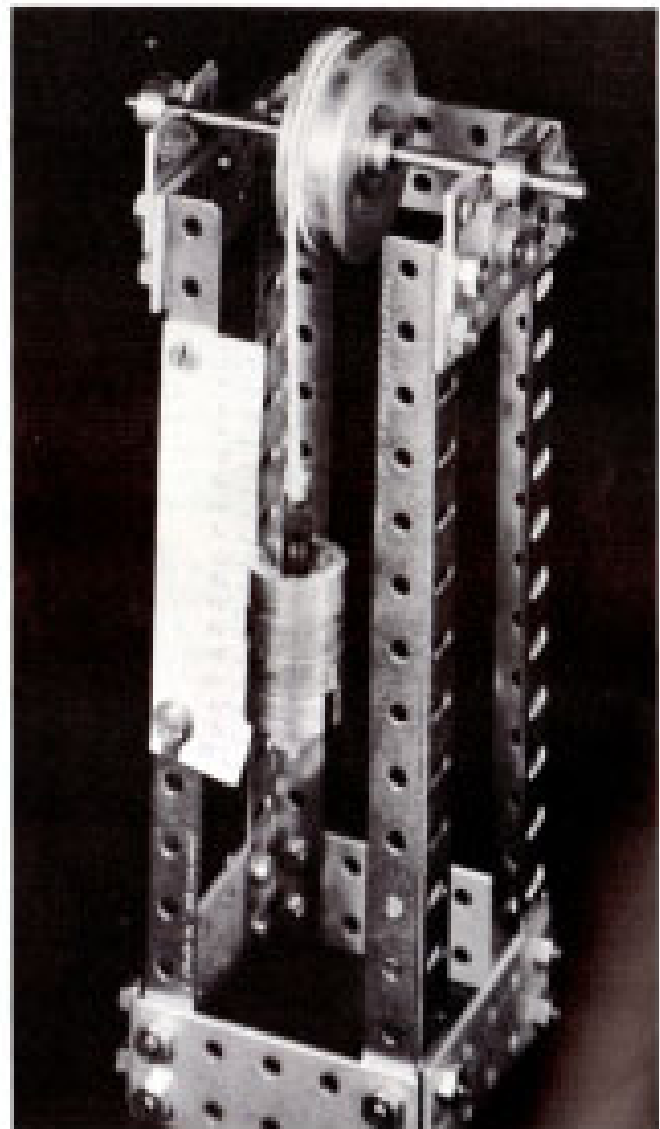


Fig. 7.2

Die Wahl der richtigen Kupplung

Bestimmend für die Wahl der richtigen Kupplung sind die Arbeitsverhältnisse.

Die zu verbindenden Wellen können achsial genau ausgerichtet oder leicht verschoben sein. Unter einer leichten Parallelverschiebung der Wellen verstehen wir Fehler in der Größenordnung von einigen Hundertstel bis einigen Zehntel Millimeter. Die hier verwendbaren Kupplungen müssen diese Fehler ohne Schaden und mit befriedigenden Laufeigenschaften aufnehmen können.

In anderen Fällen ist ein konstanter oder veränderlicher Winkel oder ein konstanter oder veränderlicher Abstand zu überwinden.

Die verschiedenen Probleme zur Verbindung von Wellen lassen sich am besten aus einer Gesamtübersicht der zu verbindenden Wellenenden überblicken:

Fig. 7.3 zeigt zwei Wellen, die achsial genau ausgerichtet sind und wofür eine starre Kupplung geeignet ist.



Fig. 7.3

Fig. 7.4 zeigt zwei parallele Wellen. Die Achsen dieser Wellen können einer festen oder veränderlichen Parallelverschiebung unterliegen. Diese Anordnung kann sich auch einstellen, wenn sich die Wellen infolge ungenauer Montage oder Temperaturdifferenzen in den Lagerböcken oder Maschinengehäusen leicht verschoben haben. Eine andere Ursache kann dann eintreten, wenn sich im Falle von schweren Maschinen die Fundamente senken.



Fig. 7.4

Fig. 7.5 zeigt zwei Wellen, die achsial leicht winklig sind. Dies kann von ungenauer Montage herrühren oder als Folge der Durchfederung der Wellen entstehen. Der Winkel und Abstand können entweder fest oder veränderlich sein.



Fig. 7.5

Die Schalenkupplung

Die Schalenkupplung dient zur Verbindung von zwei axial genau ausgerichteten Wellen, laut Abbildung 7.3. Die Ausführung dieser Art besteht in zwei getrennten Hohlzylinderhälften, die auf den Wellenenden aufgesetzt und mit einer Anzahl Bolzen und Müttern festgeklemmt werden, laut Fig. 7.6. Für kleine Drehmomente genügt die durch das Klemmen erzeugte Reibungskraft; für größere dagegen braucht es zusätzlich noch einen Keil und Keilnuten. Die sehr lange, vielfach gelagerte Transmissionswelle wird heute nicht mehr viel angewendet; sie wird meistens durch Einzelantrieb der Maschinen ersetzt. Da die Verbindung starr ist, müssen Fehler in der Lagerung durch elastische Verformung der Welle ausgeglichen werden. Die zweiteilige Schalenkupplung erlaubt es, ohne Schwierigkeit einzelne Wellenstücke aus dem ganzen Wellenstrang herauszunehmen, um z. B. Riemenscheiben auszuwechseln.

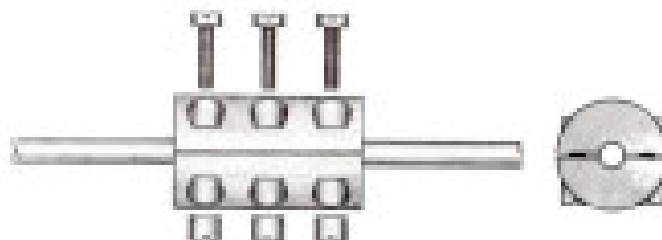


Fig. 7.6

Fig. 7.7 zeigt das montierte Modell der Schalenkupplung.

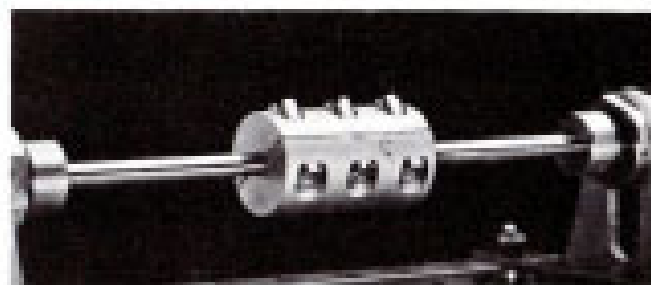


Fig. 7.7

Die Flanschkupplung

Die Flanschkupplung dient ebenfalls zur Verbindung von axial genau ausgerichteten Wellen, laut Abbildung 7.3, und stellt eine einfache und zweckmäßige, starrs Verbindung von gut ausgerichteten Wellen dar. Der Flansch wird in der Praxis an den beidseitigen Wellenenden aufgeschmiedet, aufgeschraubt oder aufgekittet. Bei kleinen Drehmomenten genügt es, wenn die beiden Flanschen durch zwei oder mehr, mit Spiel in den Bohrungen sitzende Bolzen zusammengeklammert werden.

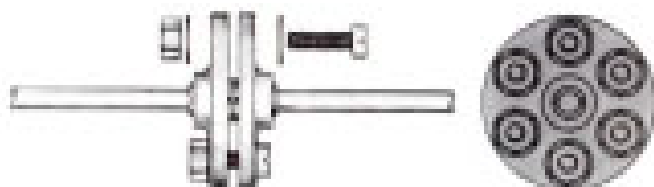


Fig. 7.8

Abb. 7.8 zeigt den Aufbau und die Befestigung der AUTOMAT-Flanschkupplung. Anstelle eines Keiles herkömmlicher Art wird eine Spannvorrichtung mit Doppelkonus verwendet, die durch die beiden Flansche auf die Wellenenden aufgepreßt werden.

Für größere Drehmomente erhält die Flanschkupplung anstelle der lose in den Bohrungen sitzenden Bolzen zylindrische oder kugelige Paßbolzen, die möglichst spielfrei, besser aber mit Haftsitz, eingedrückt werden. Die zulässige Beanspruchung dieser Paßbolzen errechnet sich nach den Regeln der Festigkeitslehre. Diese Bolzen werden auf Abscheren beansprucht.

Abbildung 7.9 zeigt das Getriebe-Modell einer Flanschkupplung.

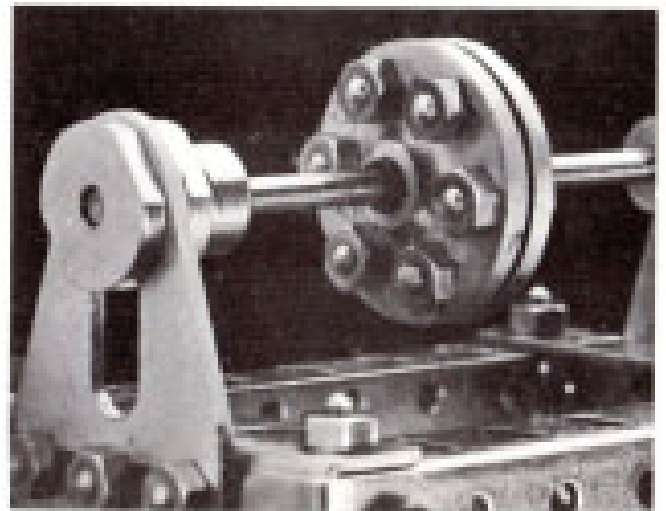


Fig. 7.9

Fig. 7.10 zeigt eine Flanschkupplung in der Praxis, für eine Leistung von 1800 kW und 600 Upm. (Photo AG Brown, Boveri & Cie., Baden/Schweiz.)



Fig. 7.10

Die elastische Kupplung

In Fig. 7.4 sehen wir Wellen, deren Achsmitten wohl parallel, aber versetzt sind. Der Fall kann auch eintreten, daß sich der Abstand von Achsmitten zu Achsmitten während dem Betrieb ändert. Für die Verbindung solcher Wellen werden vorzugsweise elastische Kupplungen angewendet. Auf der einen Hälfte dieser Kupplungsart werden Bolzen mit zylindrischen Enden eingeschraubt, die in die entsprechenden größeren Bohrungen des Gegenstückes passen. Diese Bolzen rollen im Betriebe der Kupplung auf den Innenflächen der Bohrungen des Gegenstückes ab.

Fig. 7.11 zeigt die Montage der elastischen Kupplung des AUTOMAT-Baukastens.

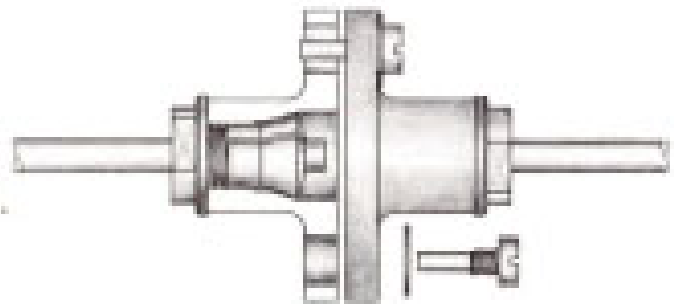


Fig. 7.11

Fig. 7.12 zeigt, wie sich die runden Bolzen an der Bohrung des Gegenstückes bewegen. Diese Art der Bewegung nennt man eine Abwälz-Bewegung, die mit derjenigen zu vergleichen ist, bei der ein kleiner Zylinder sich in einem sich drehenden Faß bewegt, d. h. abrollt.

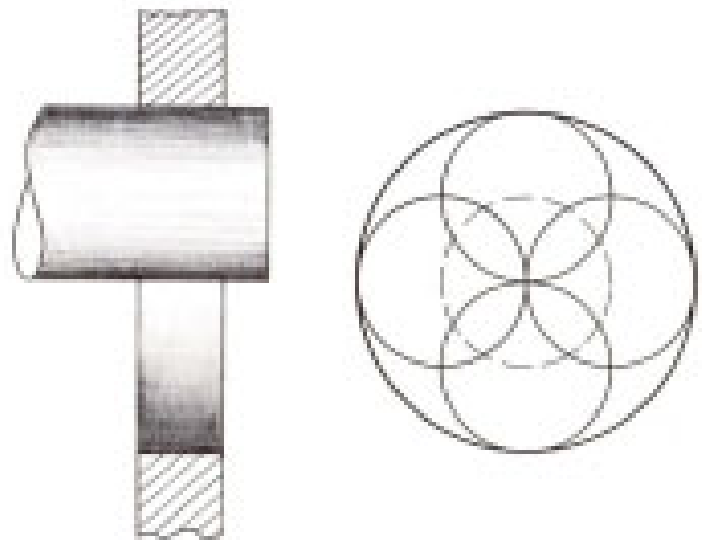


Fig. 7.12

Diese Art der Kupplung entspricht dem Prinzip des Parallelkurbelgetriebes, das schematisch in Fig. 7.13 dargestellt ist.

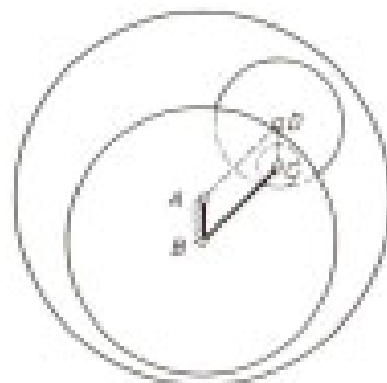


Fig. 7.13

Fig. 7.14 zeigt das fertige Getriebe-Modell an elastischer Kupplung.

Um diese Art in eine elastisch wirkende Kupplung umzuwandeln, können die zylindrischen Bolzen mit einem Gummiüberzug versehen werden. Für die Modellversuche genügen jedoch Fahrradventilschläuche. Kleine Parallelitäts- oder sogar Winkelfehler werden von diesen Gummipuffern elastisch aufgenommen. Bei hohen Drehzahlen besteht aber bei diesen Kupplungen die Gefahr, daß die Reibungswärme bei nicht gut ausgerichteten Wellen diese Gummipuffer zerstört. Sie eignen sich jedoch sehr gut als Verbindung zwischen Motor und Arbeitsmaschine auf einer gemeinsamen Grundplatte (z. B. Motor und Kompressor; Motor und Pumpe). Diese Art Kupplung kann die dabei auftretenden Höhenunterschiede oder die Verschiebung der Achsmitten von einigen Zehntelmillimetern ohne weiteres aufnehmen. Die zulässigen Drehzahlen und Belastungen ändern je nach der Konstruktion der Kupplungen.

Um diese Art der Kupplungen des AUTOMAT-Baukastens auf den Wellen-Enden zu befestigen, bedienen wir uns der Spannzangen, die in die konische Bohrung der beiden Kupplungshälften passen.

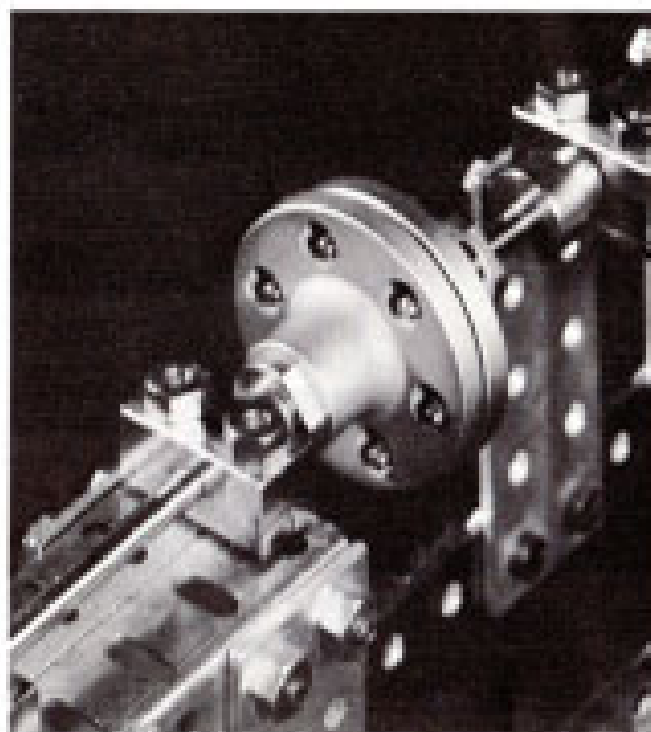


Fig. 7.14

Fig. 7.15 zeigt eine elastische Kupplung mit Gummipuffern, geeignet für eine Umfangsgeschwindigkeit bis zu 40 m/s wenn aus Guß, bis zu 65 m/s wenn aus Stahl hergestellt. Dies ist eine gebräuchliche Form elastischer Kupplungen für viele industrielle Anwendungen. (Photo: AG Brown, Boveri & Cie., Baden/Schweiz.)

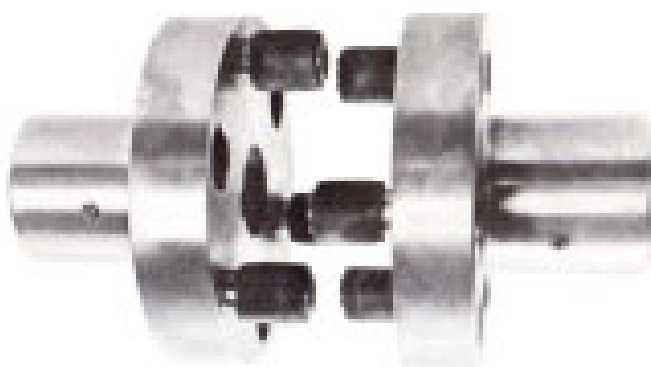


Fig. 7.15

Wir haben bereits bei der Flanschkupplung von der Beanspruchung der Bolzen auf Abscheren gesprochen. An diesem Modell können wir nun einen praktischen Versuch durchführen. Man entferne sämtliche Bolzen und stecke je nach Dicke ein bis zwei Zündhölzer in eines der kleineren, mit einem Gewinde versehenen Löcher. Die Zündhölzer werden festgeklemmt. Man halte nun die eine Kupplungshälfte fest und drehe die andere mit den eingesteckten Zündhölzern. Je nach Beschaffenheit des Zündholzes — vergleichbar mit der Qualität des für die Schraube oder den Bolzen verwendeten Werkstoffes — wird das vorsichende Ende des Zündholzes bei der Drehbewegung einfach abgeschert.

Wenn immer Techniker und Ingenieure Probleme im Zusammenhang mit Kupplungen zu lösen haben, stellt sich auch das Problem der Befestigung dieser Kupplungen auf den Wellen.

Bei sich nur beim AL-HUMMEL-Druckarm die Kupplungen nicht in Puls Keilen und Keilrinnen setzen – der Durchmesser der 4-mm-AL-HUMMEL-Wellen ist zu gering – schließt eine Einkerbung der in der Praxis des Maschinenbaus beliebigen Methoden als nützlich und wertvoll.

Ebenso wie für die Befestigung von Keilen auf Wellen Keil- und Keilrinnen eingesetzt werden, finden diese auch bei Kupplungen und Wellenverbindungen eine Verwendung. Die Welle und Nabe e haben eine Einkerbung, in die ein Keil eingelegt wird. Dieser Keil überträgt das Drehmoment von der Welle auf die Nabe. Eine Nabe muß in Betrieb sein, d.h. Welle und Nabe dürfen sich nicht gegeneinander bewegen, da sonst an der Berührungsoberfläche ein feines, staubartiges Pulver entsteht, und Welle und Nabe erhalten dann braune Abnutzungsspuren. Der Ritzspalt ist eine schlechte Erscheinung, und tritt immer dann auf, wenn Stahl auf Stahl mit kleinen und kleinsten Bewegungen gegeneinander arbeitet. Fig. 7.16 zeigt einen Querschnitt und einen Längsschnitt durch Welle und Nabe mit Keil.

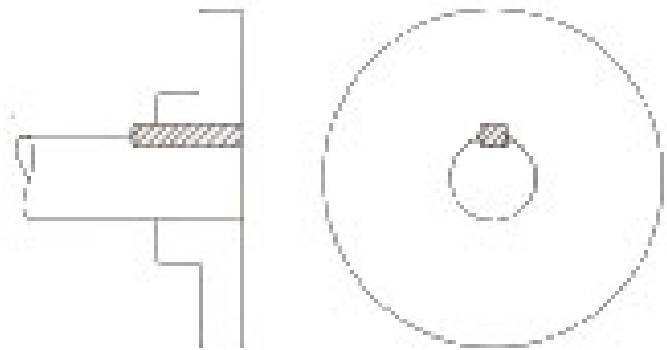


Fig. 7.16

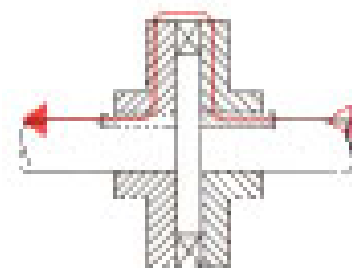


Fig. 7.17

Die Überlappung des Drehmomentes von einer Welle auf die andere ist aus Fig. 7.17 ersichtlich. Die rote Linie zeigt den Keilriff von der Welle über die Kupplungsfläche auf die andere Welle. Die eigentliche Verriegelung der Kupplung, also Bolzen, Gummipuffer, Keilen, Gleitarme, Lamellen, Ritzspalt usw. haben meist einen Durchmesser im vielfachen Wert des Wellendurchmessers, so daß die von ihnen zu übertragenden Kräfte um ein Vielfaches kleiner sind als die Kräfte in der Nabe.

Anstelle von starren Kupplungen für die Verbindung von zwei genau zugeordneten Wellen sind in bestimmten Fällen auch die schraubvermittelte Verbindung anzuwenden. Diese ist wiederum zweckmäßig und sehr einfach, aber sie setzt genau und vor allem sehr zuverlässige Werkstoffarten voraus. Um die Nabe starr und fest umschär auf einer Welle zu befestigen, wird dieselbe mit einem vorgeschriebenen und kontrollierten Bohrungswert über das Wellenende geschoben. Das Innengewinde am Ende der Nabe ist größer als die Bohrung. Die Stahl bei der Drehung pro 100 ° C um 0,01 mm länger, resp. eine Bohrung um 0,01 mm weiter wird, und die Bohrung auf etwa 200 ° C um 0,01 mm weicher. In diesem Zustand geht sie mit Spiel über die Welle und wird, wenn diese nach der Abkühlung mit sehr großer Kraft. Fig. 7.18 zeigt eine in einem Wellenende aufgeschraubte Nabe.

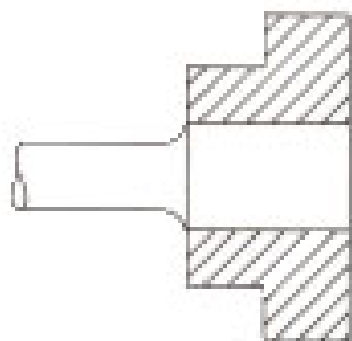


Fig. 7.18

Fig. 7.19: Wenn man zwei Naben aus einem Stück ein doppelter Nabenlänge an zwei Wellenenden aufschraubt, so erhalten wir eine einfache und fest umschärte Wellenverbindung.

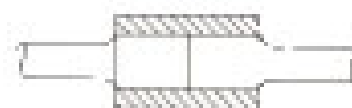


Fig. 7.19

Das Verfahren des Aufschraubens wird ebenfalls bei Lokomotivradern angewandt.

Die Oldham-Kupplung

Diese Art Kupplung, nach ihrem Erfinder benannt, erstmals schon bei der Industrialisierung in England angewendet und schon 1882 in technischen Handbüchern erwähnt, verbindet zwei achsial parallele, aber leicht verschobene Wellen, laut Prinzipskizze 7.4. Antriebs- und Abtriebsgeschwindigkeit sind gleich.

Sie besteht aus zwei gleichen, äußeren Teilen, die mit radialen Schieberführungen versehen sind. Zwischen diesen beiden äußeren Teilen gleitet ein Mittelstück gleichen Außendurchmessers, mit zwei zueinander rechtwinklig versetzten Nuten, die in die Führungen der beiden äußeren Teile passen und das Drehmoment bei gleicher Winkelgeschwindigkeit übertragen. Wir haben hier einen Zwanglauf, Fig. 7.20.



Fig. 7.4

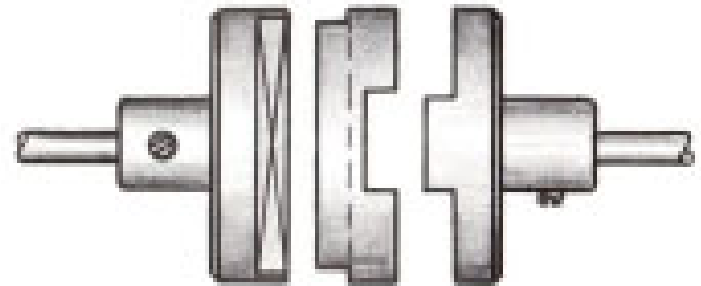


Fig. 7.20

Kinematisch betrachtet beruht dieses Getriebe auf dem Prinzip des Doppelschiebers. Die Schubbewegung des Schiebers wird in diesem Getriebe durch die Koppel in eine Schubbewegung anderer Richtung übertragen. Während dem Betrieb dieser Kupplung gleitet das Mittelstück — das die Funktion der Koppel übernimmt — in seinen Führungen in radialer Richtung, um sich den Führungen der beiden äußeren Glieder anzupassen.

In der Sprache der Kinematiker wird diese Art der Kupplung auch Kreuzscheibenkupplung genannt. Die vertieften Bahnen im Mittelstück nennen wir Schieber- oder Kreuznuten, während die Gegenstücke, die Erhöhungen an den äußeren Teilen, als Schieberbacken bezeichnet werden.

Bei hohen Drehzahlen ergeben sich hohe Gleitgeschwindigkeiten und auch die Kräfte der bewegten Massen wirken nachteilig auf die Lagerbefestigungen. Es eignet sich jedoch vorzüglich bei schweren Maschinen und geringer Drehzahl.

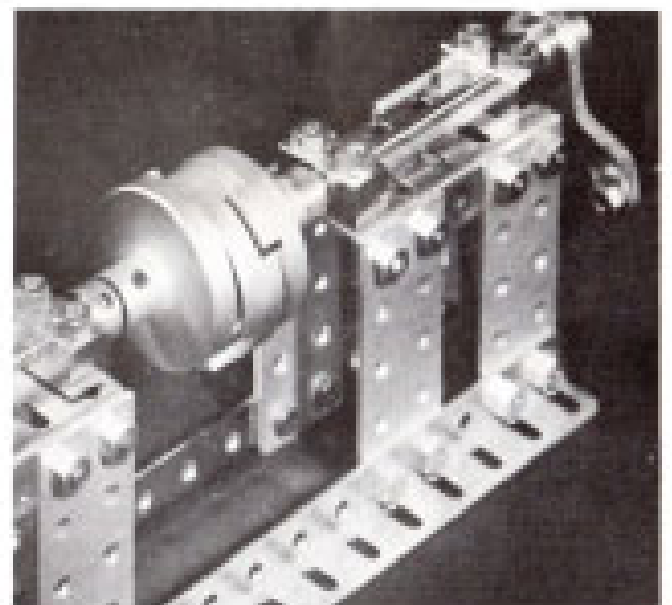


Fig. 7.21

Fig. 7.21 ist das Getriebemodell der Oldham-Kupplung.

Die Wellenverbindung mittels Kurbel und Kurbelzapfen

Diese Form der Wellenverbindung eignet sich nur für gut ungerichtete Wellen und kleine Drehmomente. Sie stellt eine Abwandlung der Flatschikuppung dar. Während bei der Flatschikuppung das Drehmoment durch sechs oder mehr Bolzen übertragen wird, dient hier nur ein einziger Zapfen zur Übertragung des Drehmomentes von einer Welle auf die andere. Fig. 7.22 zeigt die Einzelheiten dieser Montage und Fig. 7.23 das fertige Getriebemodell.

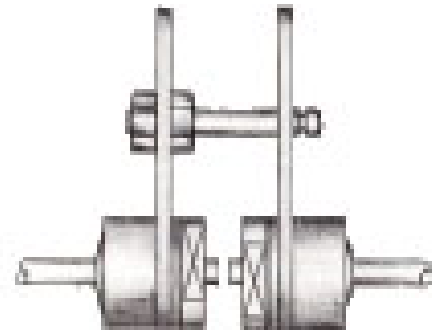


Fig. 7.22

Diese Form der Wellenverbindung eignet sich nur bei sehr kleinen Kräften.

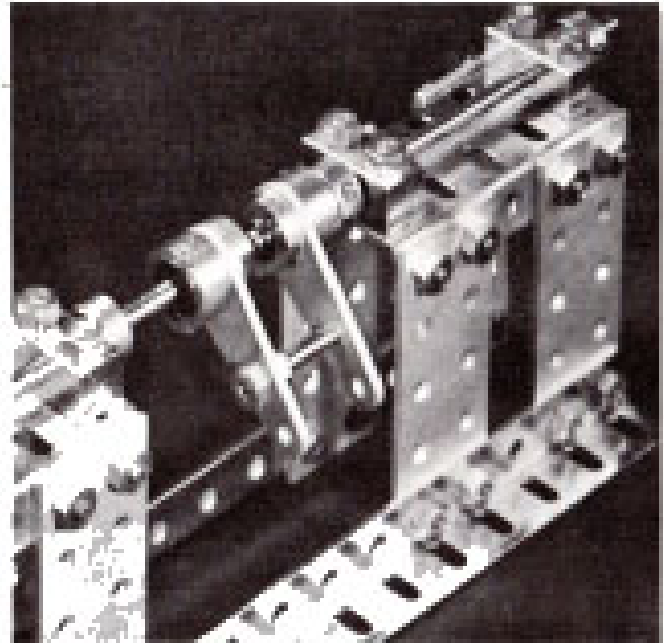


Fig. 7.23

Die Wellenverbindung durch Schleppekurbel

Diese Form der Kupplung eignet sich für axial leicht versetzte Wellen und geringe Leistung. Sie stützt sich auf das Prinzip der umlaufenden Kurbelschleife und ergibt eine ungleichförmige Abtriebsgeschwindigkeit. Fig. 7.24 und 7.25 zeigen Einzelheiten der Montage und des Getriebe modells. Für die Bewegungsgesetze verweisen wir auf den Abschnitt 1 Kurbelgetriebe — Schleppekurbel umlaufende Kurbelschleife.

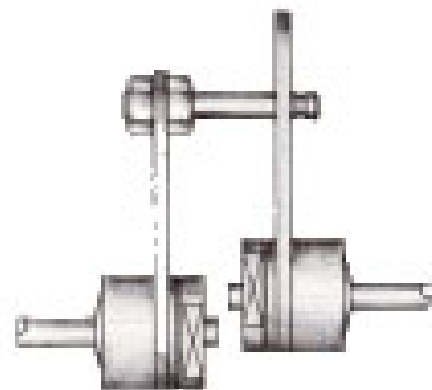


Fig. 7.24

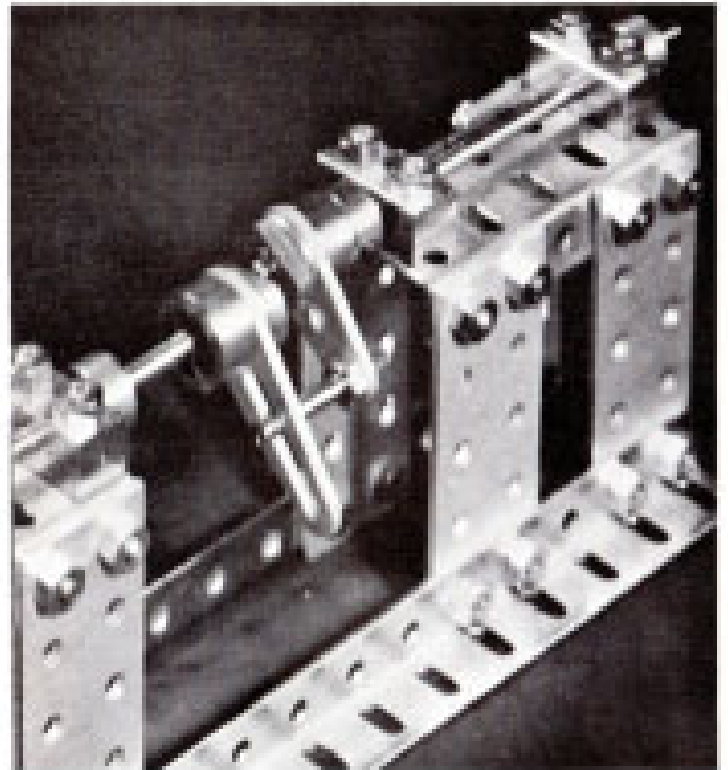


Fig. 7.25

Die Gelenkwellenverbindung

Diese Form der Kupplung, resp. Wellenverbindung, eignet sich für achsial oder winklig versetzte Wellen, bei welchen der Achsabstand oder der Winkel konstant oder veränderlich ist. Ihre bekanntesten Anwendungen liegen bei der Übertragung der Kraft zwischen Automotor und Radachse. Während der Motor und die Kupplung fest mit dem Rahmen, d. h. Chassis, verbunden sind, ist die Achse beweglich angeordnet, um den Unebenheiten des Bodens folgen zu können.

Fig. 7.26 und 7.27.



Fig. 7.26

Andere Anwendungen finden sich bei Lokomotiven für die Übertragung der Achsdrehzahl auf den Geschwindigkeitsanzeiger. Da die Achsen der Lokomotiven federnd angeordnet sind, der Geschwindigkeitsanzeiger im Führerstand aber fest mit dem Rahmen verbunden ist, wird an einer Stelle noch eine Längsveränderliche Welle angeordnet, die die Längenunterschiede des Verbindungsstückes ausgleicht. Eine andere Verwendung dieses Maschinenelementes findet man bei Eisenbahnwagen, wo die Lichtmaschine zur Speisung der Batterie ebenfalls von einer der beweglichen Achsen angetrieben wird. Der AUTOMAT-Baukasten 1500 enthält eine Längsveränderliche Welle, die als Aggregat auch einzeln bezogen werden kann (Ref-Nr. 66 027).



Fig. 7.27

Die lösbaren Wellenverbindungen

Kupplungen

Die Kupplung als Mischsteuerelement dient dazu, eine kinematische Antriebsbewegung teilweise auf eine Abtriebswelle zu übertragen. Die AUTOMAT-Baukasten erhalten eine Fröhen's oder Kotrus-Kupplung, deren Hauptmerkmal darin besteht, daß sie das Drehmoment beim Einschalten 100% auf die angetriebene Welle überträgt.

Wir können mit den vorstehenden Bestandteilen zwei Varianten bauen:

- a) Die einseitige Kotruskupplung gestattet das Ein- und Ausschalten einer Drehbewegung zwischen zwei Wellen.
- b) Die doppelseitige Kotrus-Kupplung. Das ganze Minusstück der Kupplung dreht konstant. Je nachdem die eine oder andere Seite eingeschaltet, resp. eingekuppelt ist, übertragen die an beiden Enden angebrachten Zahnräder eine größere oder kleinere Drehzahl auf die Antriebswelle.

Die Montage der einseitigen Kotruskupplung ist aus Fig. 7.28 ersichtlich. Am Ende der Welle wird eine besondere Buchse mit einer Längsnut aufgesteckt und mittels vier Markenschrauben M 3,5 x 3 (Nr. 17.403) auf der Welle festgeschraubt. Der Schlitz in dieser Buchse erfüllt die Funktion der Keilschellen. Der Hauptteil der Kotruskupplung wird über die Buchse gesteckt und die Bohrung im Ansatz mit dem Schlitz in der Buchse ausgerichtet. Eine besondere Ansatzschraube (Nr. 40.109) wird in dieser Bohrung des Kupplungsstückes (Nr. 40.101) befestigt. Das zylindrische Zapfen dieser Ansatzschraube gleitet nun in Schlitz der Buchse in axialer Richtung. Der Schließring (Nr. 40.104) mit den Feldern darin beweglichen Schrauben (Nr. 40.108) wird auf den Ansatz des Kupplungsstückes gesteckt und das Endstück (Nr. 40.103) aufgeschraubt und durch Einstecken von kurzen Wellen in die Karklöcher festgezogen.

Die Montage der äußeren Kupplungshälfte ist aus Fig. 7.29 ersichtlich.

Ein besonderes Spannzangenaggregat, bestehend aus den beiden Hauptteilen, der Spannzange (Nr. 11.110) und der Hülse (Nr. 40.114), trägt die Kupplungsmutter (Nr. 40.105). Verlangt das Getriebe ein antriebsbetontes Zahnrad, wird zwischen Kupplungsstück und Zahnrad eine Diskarscheibe eingesetzt. Auf der äußeren Seite wird das Ganze wie jedes andere Spannzangenaggregat befestigt.

Das montierte Aggregat ist aus Fig. 7.30 ersichtlich. Ist kein Zahnrad erforderlich, wird der Längs-Raum mit Diskartringen aufgefüllt (Nr. 31.900).

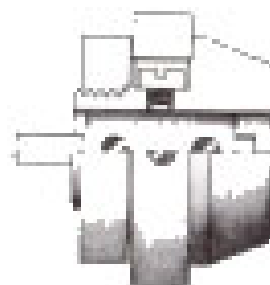


Fig. 7.28

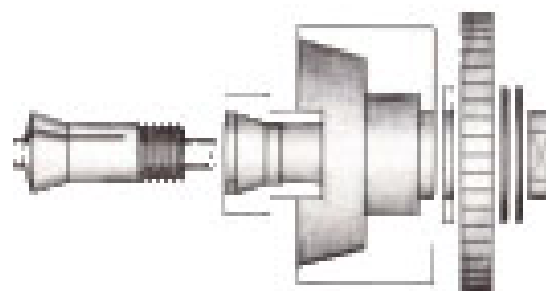


Fig. 7.29

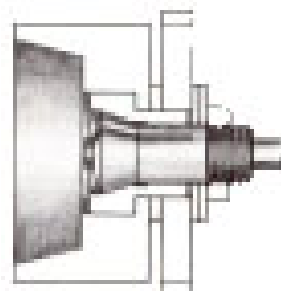


Fig. 7.30

Fig. 7.31 ist das fertig montierte Getriebsmodell der einseitigen Konuskupplung zur Übertragung der Drehbewegung von einer Welle auf eine andere.

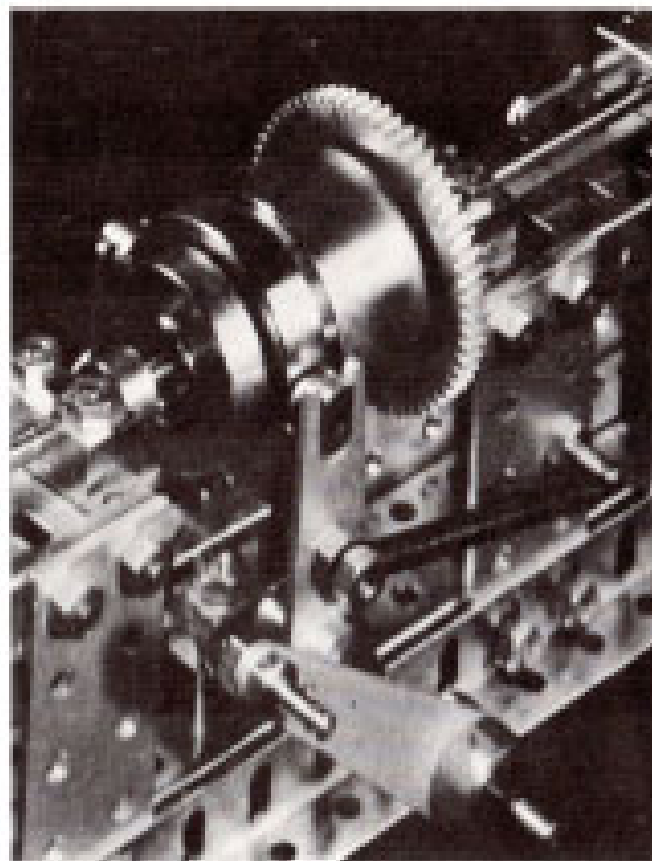


Fig. 7.31

Fig. 7.32 illustriert die Montage der Schalthebel. Je nach der gewünschten Konstruktion können die Lagerböcke entweder zwischen den Schalthebeln oder außerhalb befestigt werden.

Für die Befestigung der Schalthebel (Nr. 40 113) empfiehlt es sich, ein Spannungsaggregat mit Hülse (Nr. 11 801) zu verwenden. Diese Hülse mit zwei Schlüsselflächen gestattet das feste Anziehen der beiden Schalthebel.

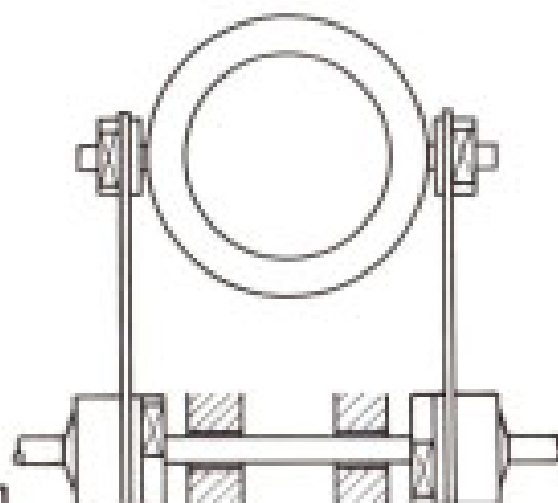


Fig. 7.32

Fig. 7.33 zeigt links die Stellung der Schalthebel relativ zum Schleifring, rechts eine Aufsicht des Schleifringes mit den zwei aufgesteckten Zwischengliedern (Nr. 40 110) laut Fig. 7.34. Dieses Zwischenglied gleitet in der Gabel des Schalthebels.

Für den Antriebshebel empfiehlt sich ebenfalls die Verwendung einer Hülse mit zwei Schlüsselflächen.



Fig. 7.33

Die doppelseitige Kormskuppung

Prinzipiell ist der Zusammenbau gleich wie bei der einseitigen Kuppung.

Fig. 7.15 zeigt Einzelheiten der Montage. Es wird zuerst ermittelt, an welcher Stelle der Schalthebel einpreßt soll und die Buchse (Nr. 40 106) wird an jener Stelle befestigt. Anstelle des zylindrischen Endstückes wird das äußere Ende mit Konus (Nr. 20 102) aufgeschraubt und ebenfalls mit zwei Wellenenden fest abgepreßt. Die äußeren Kuppelungsteile fließen schließl auf der Welle anziehen können und werden mittels Nabe (Nr. 40 111) mit dem gewünschten Zahnrad und Zwischenschleife und Unterlagewellen zusammengeschraubt.

Vor dem Zusammenbau auf die Welle werden vorher noch kleine Distanzringe auf die Welle aufgesteckt, die die Stellung der beiden äußeren Kuppelungsante gegen die mittlere Buchse festlegen. Gegen außen werden die beiden äußeren Kuppelungsante mittels Stellschrauben festgehalten. Vor der endgültigen Montage in den Maschinenrahmen sollte man darauf, daß das selbst verstellbare Mittelstück beim Einschießen auf beiden Seiten richtig funktioniert.

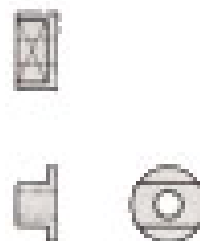


Fig. 7.14

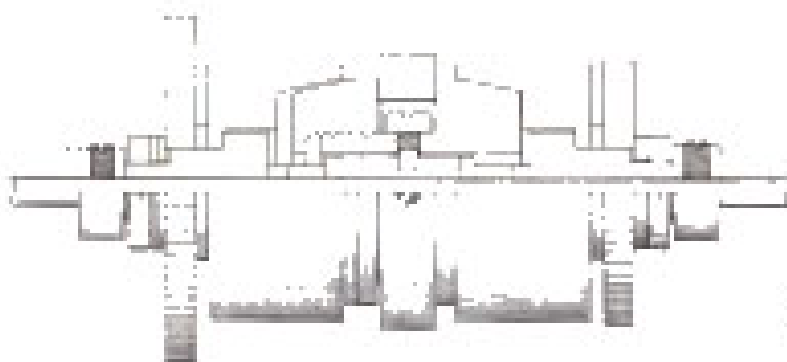


Fig. 7.15

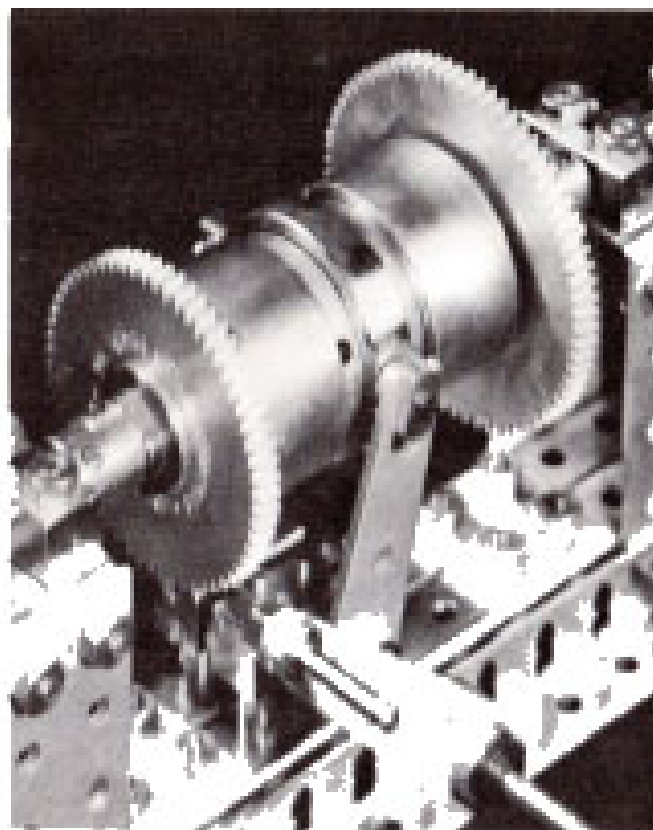


Fig. 7.16

Fig. 7.16 zeigt das fertig montierte Modell der doppel-seitigen Kormskuppung. Die Schalthebel werden in gleicher Weise wie bei der einseitigen Kormskuppung montiert.

Die automatische, kurvengesteuerte Konuskupplung

Bei vielen Maschinen, so z. B. beim Taren-Automaten im Abschnitt 3 (Karventriebe), muß die Drehzahl in gewissen Zeitabständen geändert werden.

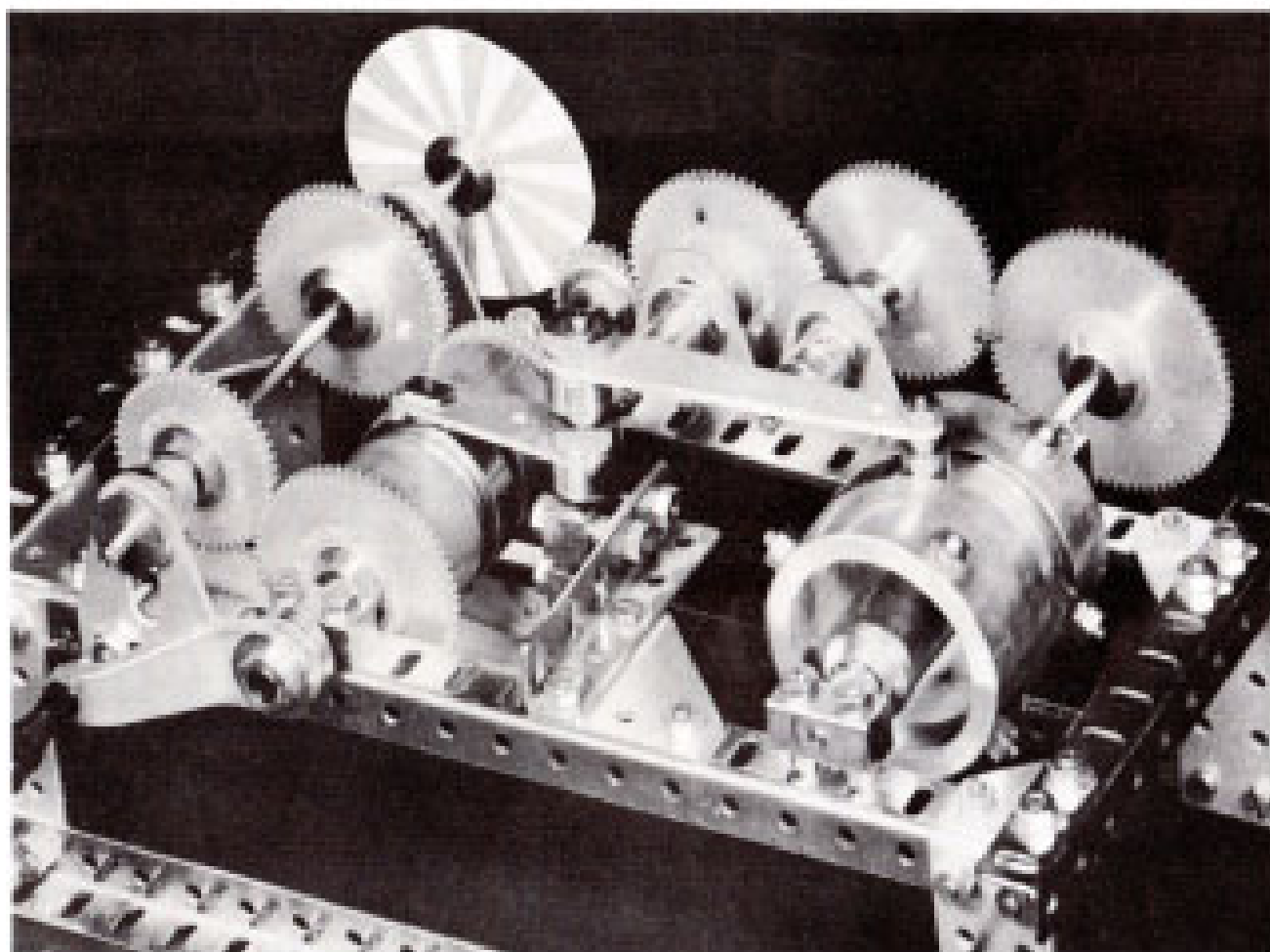
Mit dem AUTOMAT-Baukasten ist es möglich, selbständig eine einwandfrei funktionierende, kurvengesteuerte automatische Kupplung zu bauen.

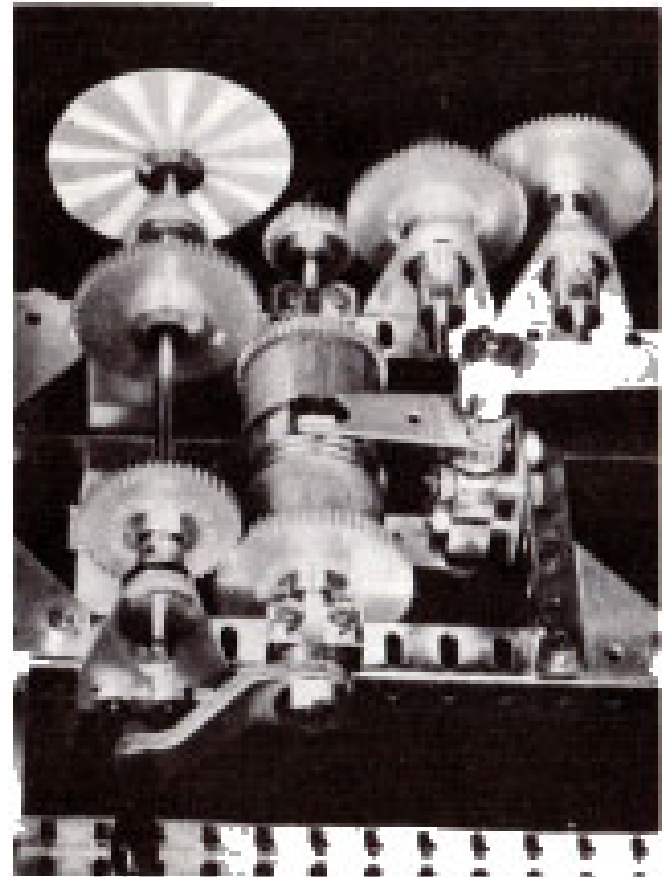
Wir sehen das fertige Modell der automatischen Kupplung in Bild 7.37, während 7.38 die Kupplungsseite näher zeigt. Die Arbeitsweise dieses Modells ist wie folgt:

- a) Der Antrieb erfolgt auf der Welle, die die Kupplung trägt.
- b) Gegenüber der Antriebskurbel sitzt am andern Wellenende ein kleines Zahnrad zur Übertragung der Antriebsbewegung auf die Trommelkurve als Steuerelement. Die Zahnräder dienen als Übersetzungsgetriebe. (Mit Baukasten 33 und 1500 können auch Kettenräder und Ketten oder Schneckengetriebe verwendet werden.)
- c) Die Trommelkurve stellt das Steuerelement dar und wirkt über eine Hebelübersetzung auf die Kupplung.
- d) Die Abtriebswelle ist mit zwei Zahnrädern verschiedener Zahnzahlen versehen, die ihrerseits mit den Zahnrädern der Konuskupplung im Eingriff stehen. Zur Veranschaulichung der ändernden Drehzahl der angetriebenen Welle wird eine Stroboskopscheibe aufgesetzt.

Der Kupplungshebel wird laut Fig. 7.39 am Maschinenrahmen gelagert.

Fig. 7.37





Der Montage der Kurvenführer

In Fig. 7.40 sehen wir den Zusammenbau der Tasterrolle. In erster Linie wird auf den beiden Hälften je eine Hälfte des Kurvenprofils von den Gabeln kreuzen befestigt. Die beiden Kurvenkörper (Nr. 50-101) werden mittels Schrauben verbunden. Zwischen den beiden Kurvenprofilen entsteht eine Führung für die Kurvenrolle. Wir haben hier ein typisches Beispiel für den Veranschlag bei Kurventrieben. Die Befestigung des ganzen Aggregates auf der Welle erfolgt mittels dem längeren Spannschraubapparat. Die 25 mm lange Hülse wird gegen die innere Wandung abgestützt und mittels Zwischenbohrungen, Unterlagscheibe und Mutter befestigt.

Der Hülse am der Kurvenrolle, muß 75 mm und wird mit den Schlitzeisen sehr verbunden. Hier empfiehlt es sich ebenfalls, Buchsen (Nr. 11-401) mit zwei Schlussschrauben zu verwenden.

Beim Betrieb dieses Modells wird man feststellen, daß die Zentrierwalze zwischen den einzelnen Schaltungen verhältnismäßig kurz sind.

Man wird ferner feststellen, daß im Betrieb immer beide Zahnräder der Kupplung mitlaufen, obwohl immer nur eine Seite der Kupplung eingeschaltet ist. Dies ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß die beiden angetriebenen Räder fest mit der Abtriebswelle verbunden sind. Ist z. B. die linke der Kupplung mit dem großen Rad eingeschaltet, so überträgt die Drehbewegung auf das kleine Rad. Das große Rad auf der angetriebenen Welle, ebenfalls fest mit demselben verbunden, überträgt die Drehbewegung auf das kleinere Rad der eingeschalteten Kupplungsseite, die sich frei auf der Welle drehen kann und somit einfach leer mitläuft.

Fig. 7.38

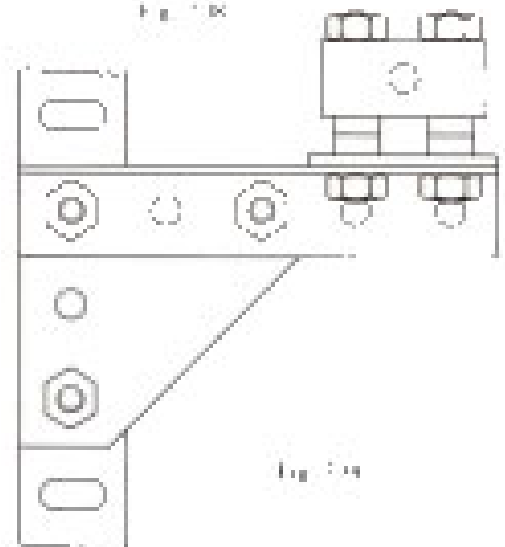
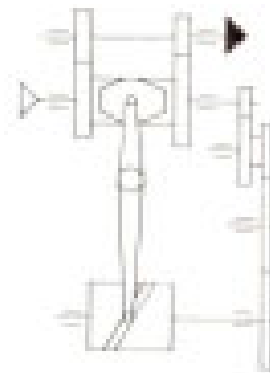


Fig. 7.39



Fig. 7.40

Fig. 7.41 ist der Getriebeplan laut Modell 7.37. Diese Art der Zahnraduntersetzung ergibt nur sehr kurze Zeitintervalle zwischen den einzelnen Schaltbewegungen.



Bei Fig. 7.42 wurde der Antrieb der Kurvenschwelle durch ein Kegelradpaar und ein Schneckengetriebe ersetzt. Diese Kombination kann mit Baukasten 33 oder 1500 gebaut werden.

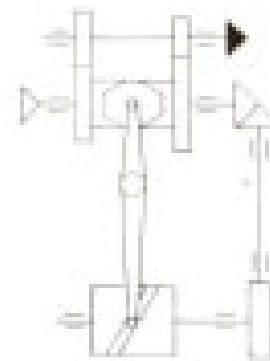


Fig. 7.43 ist das einfache Modell der doppelseitigen Konuskupplung. Der Abtrieb läuft im entgegengesetzten Sinne der Antriebsbewegung.

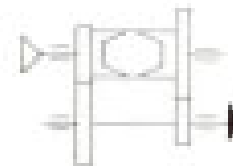


Fig. 7.44 zeigt eine doppelseitige Konuskupplung mit Zwischenrad zur Änderung der Drehrichtung. Wird die linke Kupplungshälfte eingeschaltet, so läuft die Abtriebswelle langsamer in entgegengesetzter Richtung. Wird die rechte Hälfte eingeschaltet, so läuft der Abtrieb schneller im gleichen Drehsinn des Antriebes.

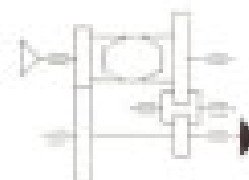
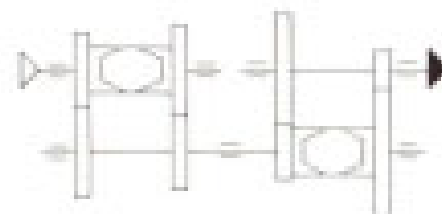


Fig. 7.45 ist der Getriebeplan einer doppelten Doppelkonuskupplung, die mit Baukasten 1500 gebaut werden kann, für vier verschiedene Drehzahlen. An- und Abtrieb laufen in entgegengesetzten Sinne.



(Dr. Ing. H. Brandenberger: „Funktionsgerechtes Konstruieren“)

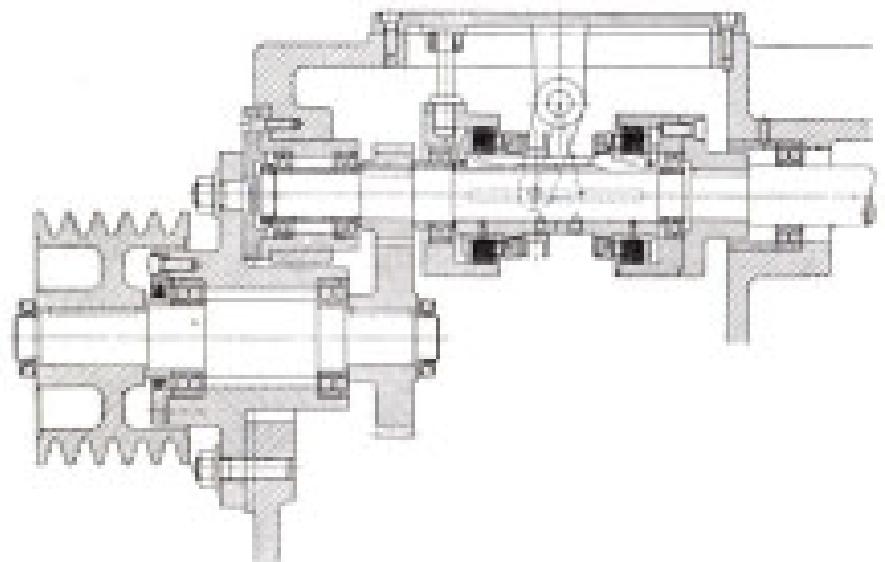


Fig. 7.46. Anstelle der bisher beschriebenen Kettenskupplung werden in der Praxis seit längerer Zeit Lamellenkupplungen verwendet. Die Bewegungsübertragung erfolgt durch das Zusammenpressen von innen und außen geführten runden Blechscheiben. Die axiale Bewegung der Muffe betätigt die am Umfang angeordneten Winkelhebel, die diese Lamellen zusammenpressen.

Im obigen Beispiel dient die rechte Hälfte zur Weiterleitung der Antriebsleistung, die linke zur Bremsung des Antriebes.

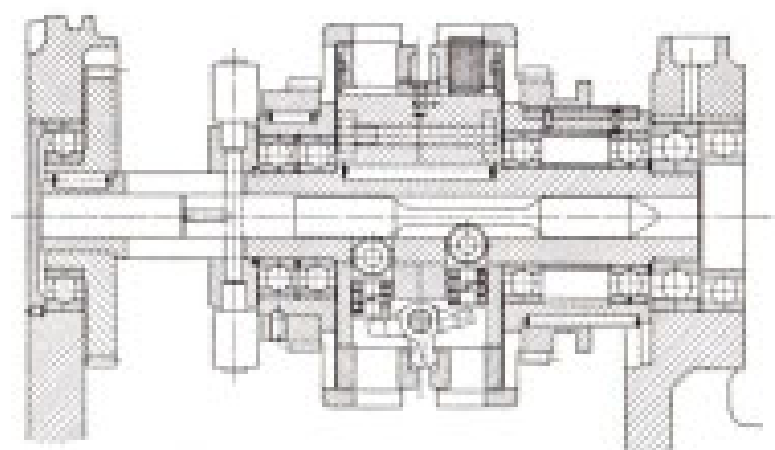


Fig. 7.47 zeigt eine andere Konstruktion einer Doppel-lamellenkupplung mit Verschieberad der Oerlikoner Drehbank. Bei dieser Konstruktion werden die Lamellen durch das Verschieben eines zylindrischen Bolzens und Doppelhebel in Stellung gehalten.

Hebel

Schon im Kapitel über Kurventriebe kamen wir in Berührung mit dem Begriff der Hebel, und zwar der Schwinghebel, die die durch die Kurvenscheiben gesteuerte Bewegung auf ein anderes Maschinenelement — Schieber, Werkzeugschlitten usw. zu übertragen haben. Hebel werden aber nicht nur bei automatischen, sondern bei praktisch allen Maschinengruppen verwendet und spielen deshalb eine überaus wichtige Rolle.

Was sind Hebel?

Ein Hebel ist jeder, um einen festen Punkt oder eine feste Achse drehbarer Körper, an welchem Kräfte wirken. Fig. 7.48 stellt einen gleicharmigen Hebel dar. Für die Versuche gehen wir wie folgt vor:

Wir verwenden zwei geschliffene Hebelarme von 75 mm Länge, verbinden sie mit einer geeigneten Nabe und lagern sie in Lagerblöcken. An den beiden äußersten Enden der Längsschlitze werden Kurbelzapfen als Aufhängepunkte für die Gewichte befestigt und mittels einer Rändelmutter am Hebelende festgeschraubt. Die Gewichte werden an Gewindebolzen angehängt und dieser Gewindebolzen am oberen Ende mit einem Stangenkopf versehen. Fig. 7.49. Dieser gleicharmige Hebel befindet sich im Gleichgewicht, wenn die beiden entgegengesetzten Drehungsbestrebungen bzw. Drehmomente (Hebelarm mal Kraft) beidseitig gleich sind. Die Abstände der Aufhängepunkte vom Drehpunkt sind gleich. Die Gewichte sind die gleichen.

Schematisch wird dieses Gesetz durch Vektoren dargestellt. Vektoren sind Pfeile, deren Richtung die Richtung der Kraft angeben und deren Länge — in einem angegebenen Maßstab — die Größe der Kraft darstellen. In Abbildung 7.50 sehen wir, daß die beiden senkrechten Pfeile die gleiche Länge haben, also die gleiche Kraft bedeuten.

Bei Maschinen werden in den meisten Fällen kleine Kräfte große Widerstände zu überwinden haben. Wir müssen also solche Hebelverhältnisse wählen, die einen vorhandenen, bekannten Widerstand mit einer vorhandenen, meßbaren Kraft bewältigen können. Dies wird durch die ungleicharmigen Hebel erreicht.

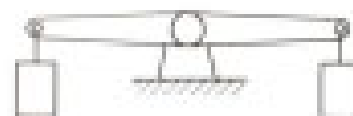


Fig. 7.48

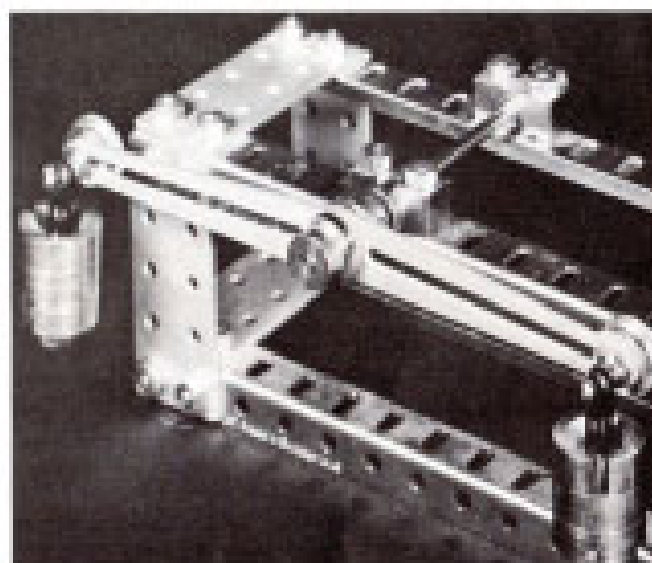


Fig. 7.49

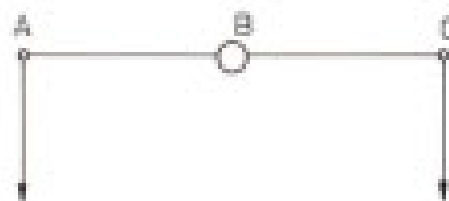


Fig. 7.50

Dieses Prinzip läßt sich am besten am Rand eines sehr einfachen Beispiels aus der Praxis erklären (Fig. 7.51). Ein Arbeiter hat einen schweren Steinblock von der Stelle zu rücken. Er schiebt das eine Ende des Hebheisen unter den Steinblock, legt einen Stein oder ein Stück Holz so weit nach vorn als nur möglich unter das Hebheisen, um damit einen Drehpunkt für das Hebewesen zu schaffen. Er hebt den Block, indem er mit seinem Körpergewicht das Hebheisen nach unten drückt.



Fig. 7.51

Ein ähnliches Beispiel sieht man bei der Fortbewegung von schweren Güterwagen durch einen einzigen Arbeiter (Fig. 7.52). Ein Hebheisen wird unter das Rad geschoben und das lange Ende nach unten gedrückt, wobei dasselbe an der Schiene einen Drehpunkt bildet. Das kurze Ende des Hebheisen schiebt das Rad ein wenig weg. Die ungelenkarmigen Hebel dienen somit zur Erzeugung großer Kräfte bei kleiner Arbeitsleistung. Aus Fig. 7.53 sehen wir, daß Hebhearm AB dreimal so lang ist wie BC . Am Ende des Hebels BC wirkt eine Last von 5 kp. Eine Kraft von 1 kp am Ende des Hebels AB genügt, um diesen ungelenkarmigen Hebel im Gleichgewicht zu halten. In andern Worten ausgedrückt:



Fig. 7.52

Diese ungelenkarmigen Hebel verhalten sich zu Kräfte im umgekehrten Verhältnis zu den Hebhearmen, oder: Es gilt bei Gleichgewicht: Hebhearm des Kraft von kg_1 : Hebel arm der Last auf Last.

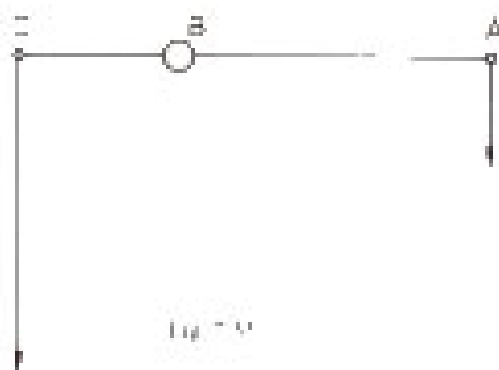


Fig. 7.53

Im Beispiel laut Fig. 7.54 nehmen wir an, daß der Hebhearm AB 100 mm misst, und an Punkt B ein Gewicht von 5 kp angehängt ist. Der Hebhearm BC mißt 300 mm und bei Punkt C wirkt eine Kraft von 1 kp. Dieser Hebel befindet sich im Gleichgewicht, wie im Falle des Hebels laut Fig. 7.53, so daß sich die Längenverhältnisse der Angriffspunkte der Kräfte im umgekehrten Verhältnis zu Größe der Kräfte verhalten. Die Hebengesetze bleiben unverändert, obwohl es sich um einen einseitigen Hebel handelt. Dieses Gesetz wird durch Modell laut Fig. 7.55 veranschaulicht.

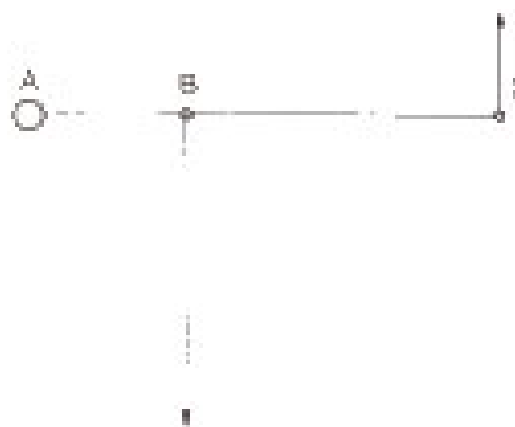


Fig. 7.54

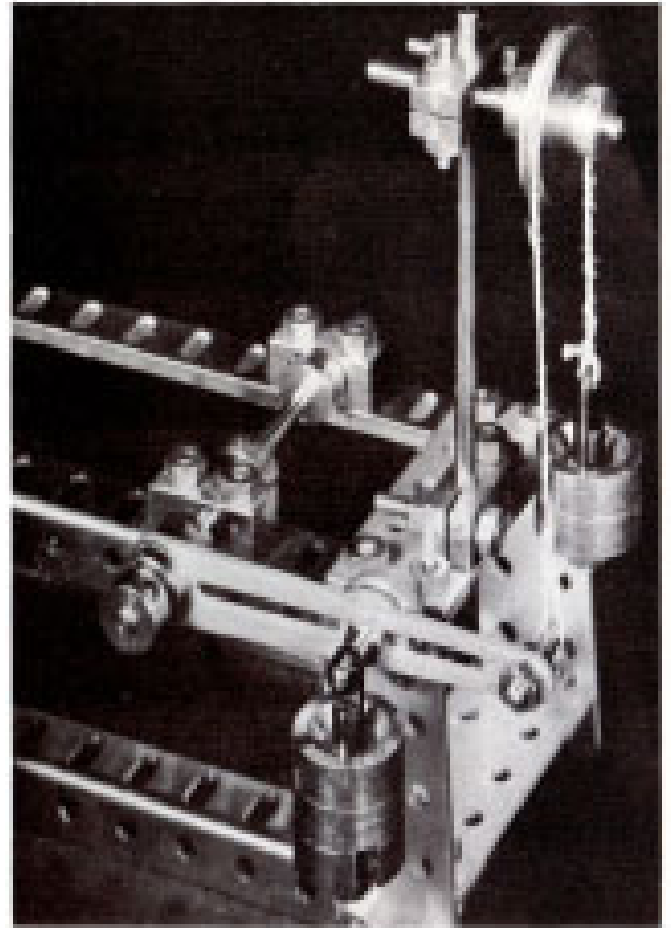


Fig. 7.55

Beim zusammengesetzten Hebelsystem bleiben die Gesetze unverändert. Zwei oder mehr Hebel können eine Bewegung mittels Zugstangen von einem Ende der Maschine ans andere übertragen, wie aus Fig. 7.56 ersichtlich. Diese beiden symmetrischen Hebel befinden sich im Gleichgewicht, wenn die Kräfte an ihren beiden Enden gleich sind, sofern die Reibung in beiden Lagern vernachlässigbar klein ist.

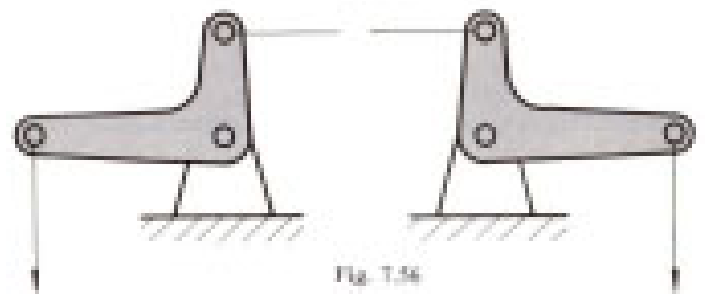


Fig. 7.56

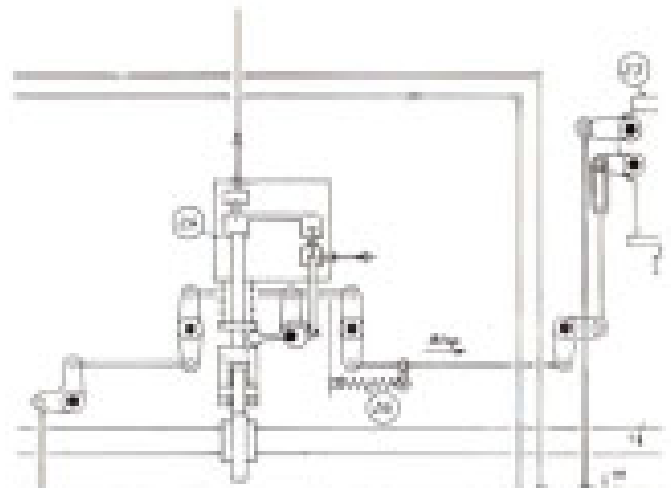


Fig. 7.57

Fig. 7.57 zeigt einen kleinen Ausschnitt aus einem Steuerungsschema von Salzer-Dieselmotoren, das die Bewegungsübertragung mittels Hebeln zeigt.

Fig. 7.58 zeigt eine überaus einfache Verwendung eines Hebels zur Steuerung eines Werkzeugschlittens. Der Vorschub dieses Werkzeugschlittens läßt sich durch die Verwendung einer Kurvenscheibe automatisch steuern.

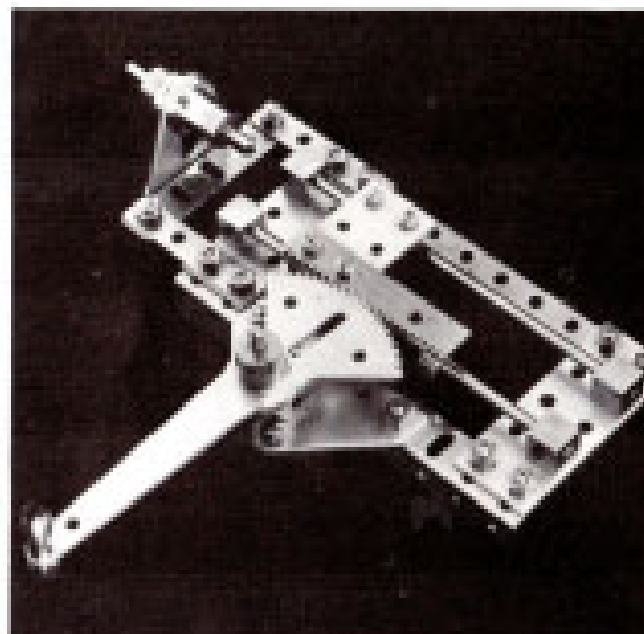


Fig. 7.58

Mit dem AUTOMAT-Baukasten lassen sich die verschiedenartigsten Hebelkombinationen zusammenstellen:

Einfachhebel

- a) Hebel fest mit Welle verbunden:
Ein Hebel der Gruppen 33.120—33.375, 34.002, 34.003, 34.004, 34.005, 34.007 wird mittels kurzer Spannzange 11.105, Spannzangenhülse 11.400 oder 11.801, Unterlagscheibe 19.801 und Mutter 18.803 zusammengeschraubt.
- b) Hebel lose auf Welle drehend:
Die gleichen Hebel werden mit einer Nabe 11.501, Unterlagscheibe und Mutter versehen.

Doppelhebel und Hebelkombinationen

- a) Aggregat fest mit Welle verbunden, laut Fig. 7.59 vorn.
Je nach dem gewünschten Abstand zwischen den einzelnen Hebeln wird eine kürzere oder längere Spannzange verwendet und der Zwischenraum durch Distanzringe ausgefüllt.
- b) Aggregat lose auf Welle drehend, laut Fig. 7.59 hinten.
Eine Gewindebüchse mit M 8 × 1 Außengewinde, 4-mm-Bohrung, der Serie 12.520—12.540, wird je nach dem gewünschten Abstand zwischen den einzelnen Hebeln verwendet und das Ganze mittels Distanzscheiben, Unterlagscheiben und Muttern fest zusammengeschraubt.

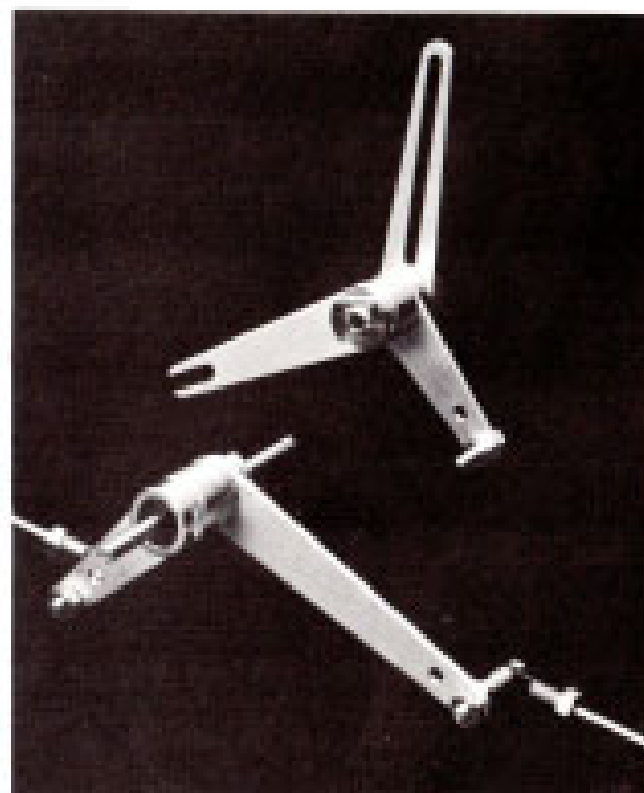


Fig. 7.59

Koppelstangen

Fig. 7.60 zeigt eine gewöhnliche Koppelstange zwischen zwei Hebeln. Je nach der gewünschten Länge werden Gewindestifte der Serie 12.425—12.475 verwendet, notwendigenfalls durch Verbindungsstücke 16.004 auf die gewünschte Länge zusammengesetzt. Als Stangenköpfe verwendet man die Teile 33.501 oder 33.502. Die Aufhängung an den Hebeln erfolgt mittels Kurbelzapfen der Serie 33.401—404. Der Zwischenraum wird mittels Distanzscheiben der Serie 31.101—31.120 ausgefüllt und die Befestigung erfolgt mittels Sicherungsscheiben 33.400. Diese Art der Koppelstangen ist innerhalb einer begrenzten Länge verstellbar.

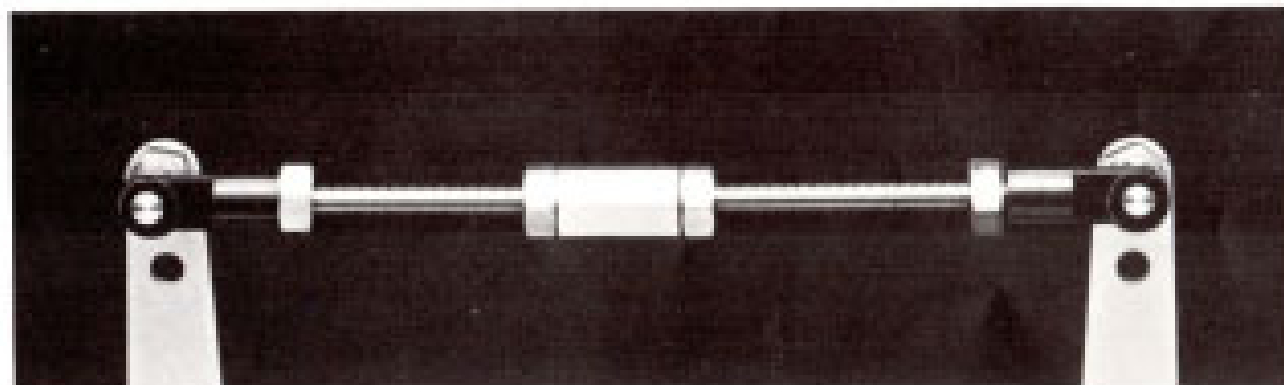


Fig. 7.60

Fig. 7.61 zeigt eine Koppelstange mit Sperrschloß und Links- und Rechtsgewinde, die ohne Demontage innerhalb gewisser Grenzen verstellbar ist. Die Stangenköpfe mit Linksgewinde sind durch eine äußere Rille gekennzeichnet (Nr. 33.601 und 33.605).

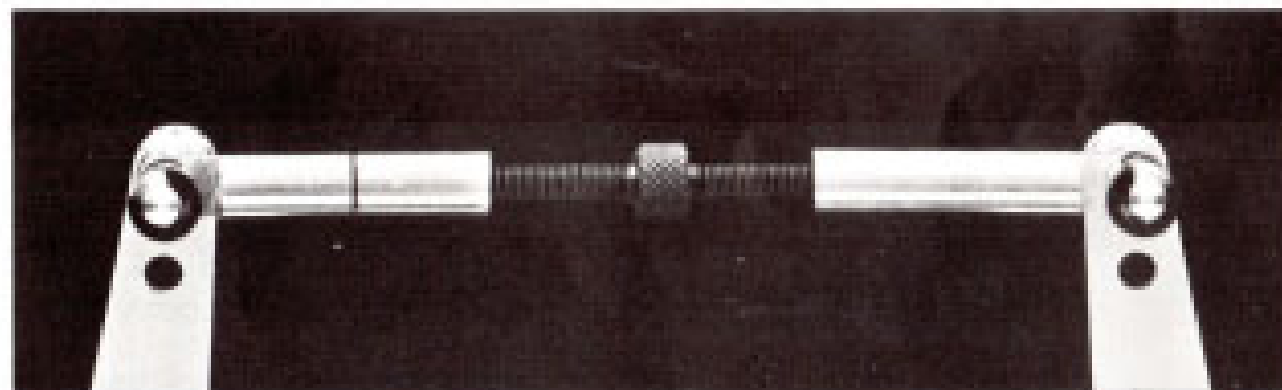


Fig. 7.61

Hebel in der Praxis

Je nach dem Verwendungszweck und der Beanspruchung können dieselben die verschiedensten Formen annehmen und werden dementsprechend nach verschiedenen Verfahren hergestellt:

- a) Rohlinge aus Guß und Verarbeitung durch Schmieden oder Gesenkschmieden,
- b) Schweißkonstruktionen,
- c) Spritzguß,
- d) Stanzteile.

Fig. 7.62 zeigt verschiedene Formen von geschmiedeten Hebeln.

Fig. 7.63 zeigt verschiedene Formen von geschweißten Hebeln.

Wir verweisen ganz besonders auf das Buch von Dr. ing. H. Brandenberger «Fertigungsgerechtes Konstruieren», das auf 404 Seiten A 5 eine erstaunliche Vielfalt an Konstruktionsbeispielen aus seiner Praxis zeigt.

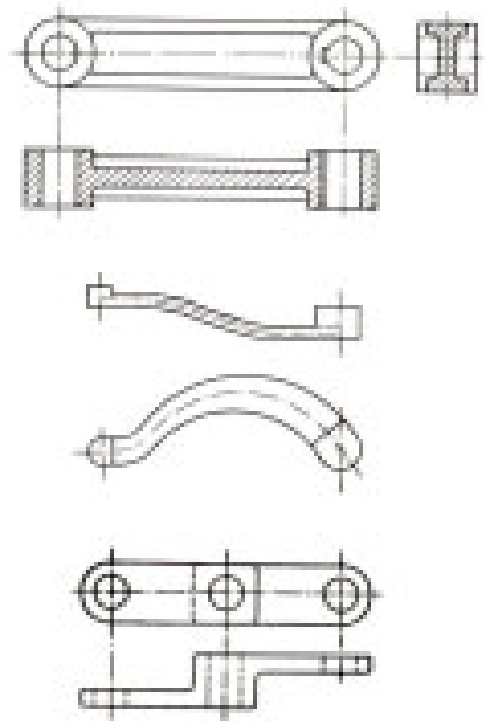


Fig. 7.62

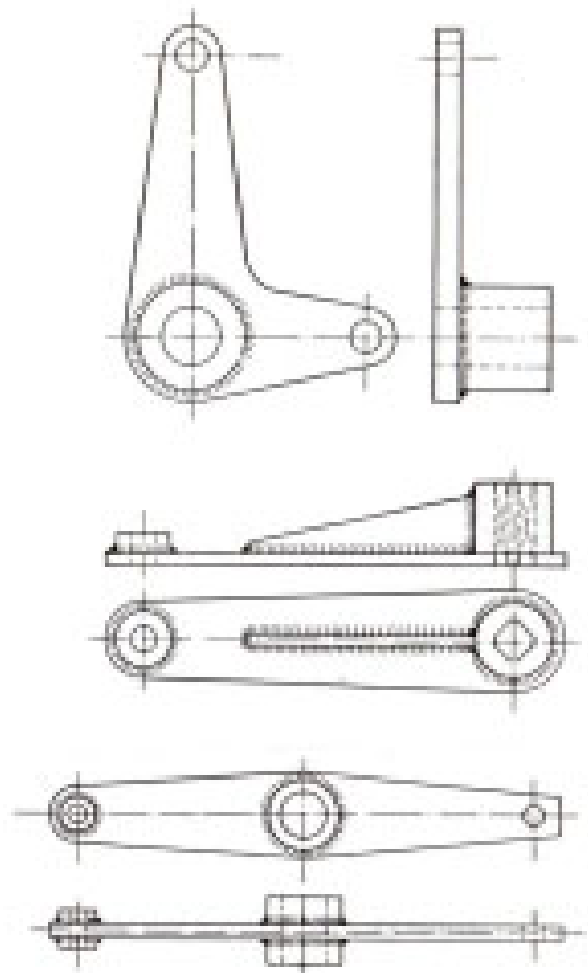


Fig. 7.63



