

System Peschel (Fig. 453). Außerdem verwendet man, als unauffälligste Verlegungsart, *Rohrdrähte* (Fig. 454) aus Einfach- oder Mehrfachgummiaderleitungen, die mit einem Schutzmantel aus Messing oder verbleitem Eisen dicht umpreßt sind. Der Metallmantel der Rohrdrähte kann als Rückleiter benutzt werden, so daß bei Verwendung dieses Systems eine bedeutende Ersparnis an Leitungsmaterial erzielt wird.

VIII. Kraftstationen.

In der Kraftstation sind alle zum Betriebe einer elektrischen Anlage erforderlichen Maschinen und Apparate zu einem Ganzen vereinigt.

Die elektrische Energie der Kraftstation kann von einem oder mehreren Maschinensätzen geliefert werden. Damit im ersteren Falle eine möglichst gute wirtschaftliche Ausnutzung der Anlage erreicht wird, muß die Belastung während der ganzen Betriebszeit annähernd gleichgroß bleiben. Treten wesentliche Belastungsschwankungen für längere Zeiträume ein, so werden besser mehrere Maschinensätze aufgestellt und die Belastung so verteilt, daß jeder Maschinensatz möglichst voll ausgenutzt wird. Bei einer derartigen Anordnung ist auch die nötige Reserve vorhanden, falls einmal ein Maschinensatz infolge notwendig werdender Reparaturen u. dgl. stillgesetzt werden muß. In größeren Kraftstationen werden stets mehrere Maschinensätze verwendet.

Die Verbindung zwischen den Dynamomaschinen und der Schalttafel findet meistens durch Kabel statt. Bei Vorhandensein mehrerer Maschinen werden diese durch Ausschalter mit den hinter der Schalttafel befindlichen *Sammelschienen* verbunden. Von diesen zweigen sich die einzelnen Leitungen nach den Versorgungsgebieten ab. Auf der Schalttafel (vgl. Fig. 444) werden alle zum geregelten Betriebe der Anlage erforderlichen Instrumente und Apparate, als Spannungs-, Strom- und Leistungszeiger, Schalter, Sicherungen, Widerstände usw., untergebracht.

Als Kraftmaschinen kommen hauptsächlich Dampf- und Wasserkraftmaschinen in Frage; in neuerer Zeit werden Dampfturbinen viel verwendet, für kleinere Anlagen auch Gas- und Dieselmotoren.

Die billigste Antriebskraft bleibt das Wasser (vgl. Abteilung „Wind- und Wassermotoren“). Die Ausnutzung der Wasserkräfte hat denn auch im letzten Jahrzehnt eine außerordentliche Steigerung erfahren. Selbst in die kleinsten Gebirgsortschaften hat sich die Elektrizität auf diese Weise Eingang verschafft. Der Bau von Talsperren nimmt immer größere Dimensionen an. In der Urfttalsperre-Heimbach, südöstlich von Aachen, wird z. B. durch eine gewaltige Mauer das Tal der Urft kurz vor der Mündung in die Ruhr abgesperrt und das Gefälle für eine im ersten Ausbau auf 12 000 Pferdestärken bemessene Kraftstation ausgenutzt. Die in sechs Drehstromgeneratoren erzeugte Spannung von 5000 Volt wird in Öltransformatoren auf 35 000 Volt erhöht. Mit dieser Spannung wird die Energie in das Verteilungsgebiet geleitet, wo sie an die Verwaltungen der einzelnen Kreise zu einem niedrigen Preise abgegeben wird.

In den letzten Jahren haben die *Überlandzentralen* eine große Bedeutung erlangt; sie bezwecken eine Zentralisierung elektrischer Energie zu Licht- und Kraftzwecken für das platte Land unter Einschluß kleinerer Städte.

IX. Kraftübertragung und Kraftverteilung.

1. Kraftübertragung.

Bei der *elektrischen Kraftübertragung* wird die an einem Ort erzeugte elektrische Energie zu einem oder mehreren Arbeitsorten geleitet, um dort wieder verbraucht zu werden.

Mit der Entfernung des Erzeugungsortes vom Verbrauchsort wachsen die Kosten für die die Kraftübertragung vermittelnden Leitungen. Infolgedessen sucht man den Leitungsquerschnitt möglichst zu verringern, was aber voraussetzt, daß auch die zu übertragende Stromstärke entsprechend niedrig gewählt wird. Da sich nun die elektrische Leistung als Produkt aus Spannung und Stromstärke bestimmt, ist man, um mit niedrigen Stromstärken zu arbeiten, an hohe

Spannungen gebunden. Es ist dies der einzige Weg, größere Energiemengen auf weite Entfernung zu übertragen. Deshalb ist zur Kraftübertragung Drehstrom viel geeigneter als Gleichstrom. Denn während man bei Gleichstrom nur selten über Spannungen von 1000 Volt hinausgeht, kann man bei Drehstrom durch Verwendung von Transformatoren Spannungen von 10 000 und 20 000 Volt und darüber erreichen. Beispielsweise werden bei der von den Siemens-Schuckert-Werken gebauten Anlage von Molinar am Flusse Jucar 30 000 PS nach Madrid, Valencia, Cartagena und Alcoy übertragen, wobei eine Spannung von 66 000 Volt angewendet wird. Die 240 km lange Leitung nach Madrid, die mit 2×3 Kupferdrähten von 50 qmm Querschnitt projektiert wurde, hat allein ein Gewicht von etwa 650 t. Ist auch die Spannung von 66 000 Volt außerordentlich hoch, so ist sie doch nicht die äußerste, die für Hochspannungsanlagen in Frage kommt. Neuerdings wurde für die Kraftübertragungsanlage Riesa-Gröba der Aktiengesellschaft Lauchhammer eine Spannung von 110 000 Volt gewählt.

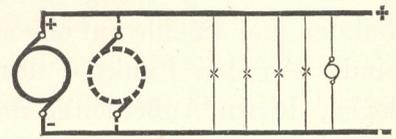


Fig. 455. Zweileitersystem.

2. Kraftverteilung.

Während die Kraftübertragung elektrische Energie von der Erzeugungsstelle zur Verbrauchsstelle zu leiten hat, fällt der *Kraftverteilung* die Aufgabe zu, die Energie zweckmäßig zu verteilen. Dies kann sowohl durch Gleichstrom wie durch Wechselstrom geschehen.

a) Gleichstromsysteme.

Für Einzelanlagen und städtische Zentralen kleineren Umfanges wird fast durchgängig Gleichstrom verwendet. Als Verteilungssysteme kommen besonders das Zweileiter- und das Dreileitersystem in Frage.

a) **Zweileitersystem.** Dieses (Fig. 455) ist das meistverwendete Verteilungssystem. Die gebräuchlichsten Spannungen betragen 110, 220, 440 und 500 Volt. Sämtliche Stromverbraucher, als Lampen, Motoren, Heizkörper usw., werden parallel geschaltet, so daß, wenn man von dem in den Leitungen auftretenden Spannungsabfall absieht, an den Polen der Stromverbraucher stets die gleiche Spannung herrscht. Dabei ist eine Lampe bzw. ein Motor unabhängig von dem anderen, kann also nach Belieben ein- und ausgeschaltet werden. Sind in der Kraftstation mehrere Maschinen vorhanden, so werden diese ebenfalls parallel geschaltet. Fig. 456 veranschaulicht das Zweileiternetz einer kleinen Ortschaft. Die Querschnitte der Leitungen stufen sich immer mehr ab, je nachdem sie in der Hauptstraße, in kleineren Nebenstraßen oder endlich in Häusern verlegt werden.

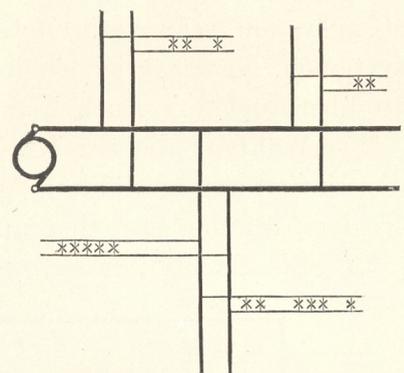


Fig. 456. Zweileiternetz.

β) **Dreileitersystem.** Dieses ist eine Kombination von zwei Zweileitersystemen, deren Stromerzeuger hintereinander geschaltet sind (Fig. 457). Haben die Maschinen je 110 Volt Spannung, so herrscht zwischen ihren äußeren Klemmen eine Spannung von 220 Volt. Die beiden inneren Leitungen werden zu einem gemeinsamen *Mittelleiter* vereinigt, den man auch *Nulleiter* nennt, weil er bei gleichmäßiger Belastung der beiden Netzhälften stromlos ist; bei ungleicher Belastung vermittelt er den Ausgleich der Ströme. Er erhält gewöhnlich nur den halben Querschnitt der *Außenleiter*. Da die günstigste Spannung der Glühlampen 110 Volt beträgt, so werden diese zwischen den Null- und einen Außenleiter eingeschaltet. Motoren hingegen legt man mit beiden Polen an die Außenleiter, da im anderen Falle das Netz zu ungleich belastet würde.

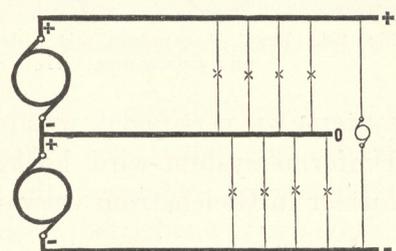


Fig. 457. Dreileitersystem mit zwei Maschinen.

Das Dreileitersystem läßt sich auch mit nur einer Maschine betreiben; die Spannungsteilung erfolgt dann durch eine Akkumulatorenatterie oder durch einen besonderen *Spannungsteiler*.

Im ersten Falle (Fig. 458) teilt man die Akkumulatorenbatterie, die aus einer der Maschinen- spannung entsprechenden Elementenzahl bestehen muß, in zwei gleichgroße Teile 1 und 2; den positiven Pol der einen Hälfte 1 verbindet man mit dem positiven, den negativen Pol der anderen Hälfte 2 mit dem negativen Pol einer Nebenschlußmaschine 3 und legt die beiden noch freien Pole der Batteriehälften an die Ausgleichsleitung. — Der zweite Fall (Fig. 459) sieht eine *Dreileitermaschine* 1 vor. Diese unterscheidet sich von einer normalen Maschine nur durch zwei Schleifringe 2 und 3, die mit zwei diametralen Punkten der Ankerwicklung verbunden und an eine auf einen Eisenring aufgewickelte Spule, den Spannungsteiler 4, angeschlossen sind. An den Punkt 0 des Spannungsteilers kann man den Nulleiter eines Dreileiternetzes legen, dessen Außenleiter mit den Klemmen der Maschine verbunden sind. Während nun bei ungleicher Belastung der Netzhälften die vom Nulleiter geführten Gleichströme über den Spannungsteiler ungehindert zum Anker zurückfließen, d. h. sich ausgleichen können, ist den in den Ankerspulen erzeugten Wechselströmen ein derartiger Ausgleich infolge der hohen, im Spannungsteiler auftretenden Selbstinduktion unmöglich gemacht.

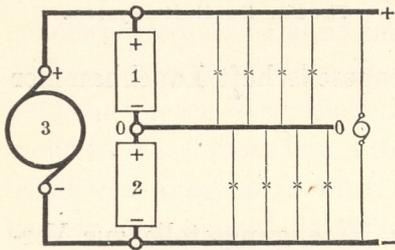


Fig. 458. Dreileitersystem mit einer Maschine und Akkumulatorenbatterie.

b) Drehstromsystem.

Von den Wechselstromsystemen ist vor allem das Drehstromsystem sehr verbreitet. Es unterscheidet sich im Prinzip nicht von den Gleichstromsystemen, gestattet jedoch infolge der Verwendung von Transformatoren, weitere Entfernungen zu überbrücken. Auch hier werden Stromerzeuger und Stromverbraucher parallel geschaltet.

Während die zur Kraftübertragung verwendete Hochspannung jeden mit Rücksicht auf die Entfernung gewählten Wert annehmen kann, bevorzugt man zur Kraftverteilung auf der Niederspannungsseite Spannungen von 120, 220 und 500 Volt.

Ein Nachteil dieses Systems liegt darin, daß, da die Verwendung von Akkumulatoren ausgeschlossen ist, der Betrieb in der Zentrale unter Umständen nur einer einzigen Lampe wegen die ganze Nacht aufrecht erhalten werden muß; ein weiterer Nachteil darin, daß die Transformatoren auch dann Energie verbrauchen, wenn sie sekundär nicht belastet sind, d. h. *leerlaufen*. Hierdurch geht ein nicht unbeträchtlicher Teil der in der Zentrale erzeugten Energie nutzlos verloren.

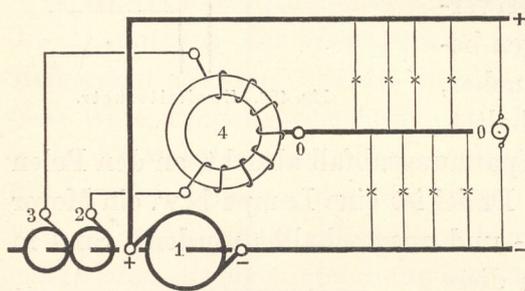


Fig. 459. Dreileitersystem mit einer Maschine und Spannungsteiler.

c) Kombiniertes System.

Um die Vorteile der Gleichstrom- und Drehstromsysteme zu vereinigen, wendet man kombinierte Systeme an. Bei dem Drehstrom-Gleichstrom-Umformersystem wird hochgespannter Drehstrom zu *Unterstationen* geführt, wo er durch Umformer in Gleichstrom verwandelt wird, der nun die Verwendung von Akkumulatoren gestattet.

X. Verwendungsgebiete der Elektromotoren.

Der Elektromotor ist unzweifelhaft die vollkommenste Antriebsmaschine der Gegenwart. Er ist stets betriebsbereit und durch einen äußerst einfachen Schaltmechanismus zu betätigen; er läuft mit Last an und gestattet eine weitgehende Änderung seiner Drehzahl. Er bedarf fast keiner Bedienung und Wartung und zeigt in allen Teilen größte Einfachheit; er benötigt zur Aufstellung nur einen geringen Raum und läßt sich selbst an Decken und Wänden montieren. Diese Vorzüge haben dem Elektromotor auf fast allen Gebieten des modernen Wirtschaftslebens Eingang verschafft und ihn für weite Kreise der Industrie unentbehrlich gemacht.

Der Bergbau hat dem Elektromotor über und unter Tage eine dominierende Stellung

eingerräumt; der elektrische Antrieb von Fördermaschinen, Grubenventilatoren, Gesteinsbohrmaschinen und Wasserhaltungen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Ebenso vielseitige Verwendung hat der Elektromotor in Hütten- und Walzwerken gefunden, z. B. als Antrieb großer Walzenstraßen.

Besonders geeignet ist der elektrische Antrieb für Vorrichtungen, die mit häufigen Unterbrechungen arbeiten, und für solche, die großen Kraftschwankungen unterliegen, Bedingungen, wie sie beim Betriebe von Hebezeugen und Transportvorrichtungen gegeben sind. Hier ist der Antrieb durch Dampfmaschinen oder Explosionsmotoren weniger rentabel und wegen der großen Belastungsschwankungen und starken Überlastungen oft nicht durchführbar. Die schweren Laufkrane in Maschinenfabriken, alle neueren Krane in Hafenanlagen werden elektrisch betätigt.

An der gegenwärtigen Verbreitung der Personen- und Lastenaufzüge hat die Einführung des elektrischen Betriebes wesentlichen Anteil. Der Elektromotor zeigt sich in bezug auf Einfachheit und Wirtschaftlichkeit den früher verwendeten Betriebsmitteln erheblich überlegen. Dabei sind die Steuerapparate und Sicherungsvorrichtungen so zuverlässig und einfach in der Handhabung, daß jedermann einen Fahrstuhl selbst bedienen kann.

Die früher übliche Art der Kraftübertragung mittels Transmissionen wird ihrer vielen Nachteile wegen immer mehr verlassen. Neben einem großen Anlagekapital erfordern derartige Betriebe unverhältnismäßig hohe Unterhaltungskosten. In den vielen Lagern werden durch Reibung große Energiemengen nutzlos vergeudet; Ölverbrauch und Riemenverschleiß sind bedeutend. Auch macht eine größere Transmissionsanlage den Betrieb unübersichtlich und verdunkelt die Arbeitsräume. Durch den elektrischen Antrieb werden diese Übelstände beseitigt. In größeren Betrieben wird daher häufig die mechanische Energie der Dampfmaschine in elektrische verwandelt und ohne erhebliche Kraftverluste dem für jede Arbeitsmaschine vorgesehenen Einzelmotor zugeführt.

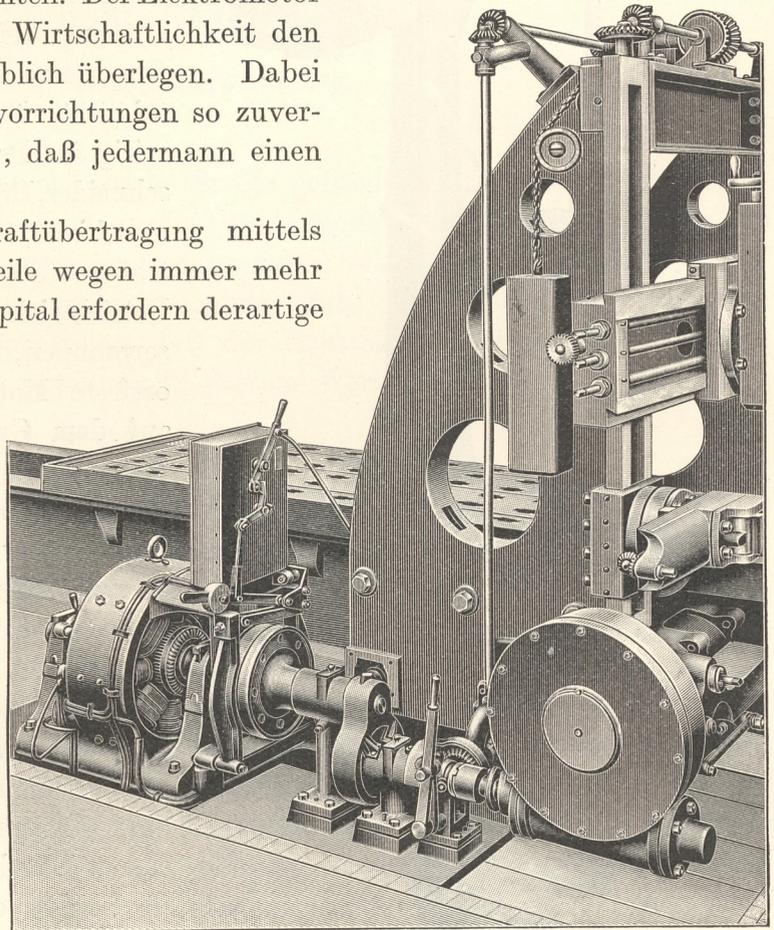


Fig. 460. Hobelmaschine mit direktem elektrischen Antrieb.

Fig. 460 stellt eine *Hobelmaschine* mit direktem elektrischen Antrieb dar und läßt die einzelnen Zubehörteile, wie Schneckengetriebe, Schalt- und Bremsvorrichtung, deutlich erkennen. Die Bedienung erfolgt von der anderen Seite der Maschine, wo sich zu diesem Zwecke ein besonders konstruierter Umsteuerapparat befindet. Fig. 461 veranschaulicht eine elektrisch betriebene *Tisch-Bohrmaschine* mit beweglicher Bohrspindel.

Vom gesundheitlichen Standpunkt außerordentlich wichtig sind die elektrischen *Kleinventilatoren*, wie man sie zur Lüftung in Wohnräumen, Hörsälen, Krankenhäusern, Werkstätten usw. verwendet. Sie werden als Tisch-, Wand- oder Deckenventilatoren ausgeführt.

Sehr verbreitet ist der Elektromotor im Druckereibetriebe. Die Regelung der Umlaufzahl ließ sich bei dem früher üblichen Transmissionsbetrieb nur umständlich und in wenigen Abstufungen vornehmen, wogegen die elektrische Regulierung auf einfache Weise durch Vorschalten von Widerständen bzw. durch Feldschwächung erfolgt.

Besondere Vorzüge in hygienischer Beziehung bietet die Reinigung von Wohn- und Arbeitsräumen durch elektrisch betriebene *Staubsaugeapparate*, sogenannte Entstäubungspumpen, die,

entweder fahrbar oder ortfest, durch eine Schlauch- oder Rohrleitung mit einem Staubsauger verbunden sind. Die Pumpe saugt durch die Öffnung des Staubsaugers einen kräftigen Luftstrom hindurch, der die auf seinem Wege lagernden Staubteile mit sich reißt. Der Staub wird von dem in der Pumpe zirkulierenden Wasser aufgenommen und auf diese Weise unschädlich gemacht.

Die großen Vorteile, welche die Einführung des elektrischen Betriebes den industriellen Unternehmungen brachte, hat sich auch die Landwirtschaft gesichert. Der Landwirt erzielt durch Verwendung des Elektromotors eine bessere Einteilung und Ausnutzung der Arbeitszeit, eine Ersparnis an Leuten, Gespannen und Zeit und somit eine bessere Rentabilität. Für diejenigen Maschinen, die nicht gleichzeitig im Betriebe sind, wie Schrotmühlen, Rübenschnneider, Düngermühlen, Häckselmaschinen, Molkereimaschinen, Schafscheren usw., richtet man die Motoren transportabel ein; dagegen sind für Maschinen, deren Betrieb sich über den ganzen Tag erstreckt, wie Wasserpumpen, Kühlanlagen, Brennermaschinen usw., ortfeste Motoren am Platze. Für kleinere Arbeiten auf dem Gutshofe genügen in der Regel tragbare Motoren, sogenannte *Motortragen* (Fig. 462), während für den Antrieb von Dreschkasten fahrbare Motoren verwendet werden, die den Ausbruch des Getreides je nach den Witterungsverhältnissen auf freiem Felde, in der Feldscheune oder auf dem Gutshofe ermöglichen.

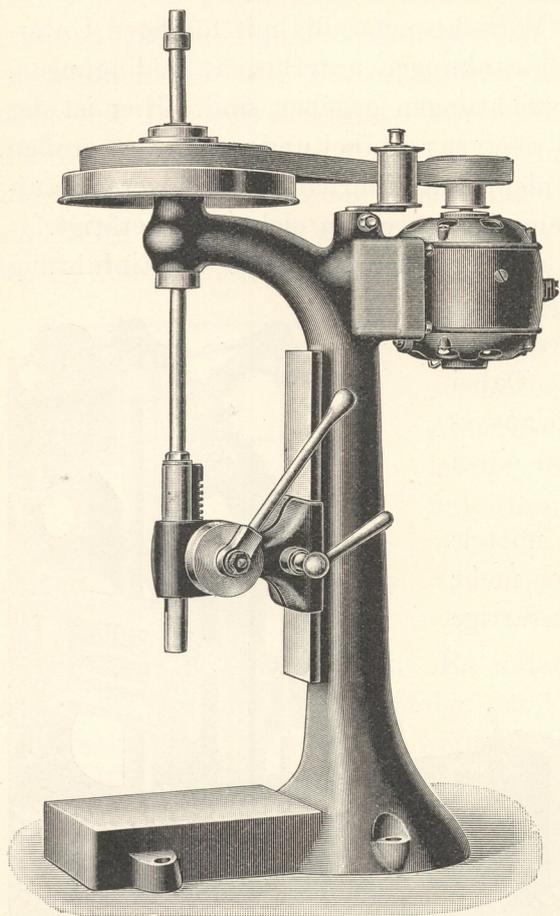


Fig. 461. Tisch-Bohrmaschine mit elektrischem Antrieb.

Zu den landwirtschaftlichen Arbeiten, welche die größten Ansprüche an Mensch und Vieh stellen, gehört das Pflügen. Es hat sich daher bei der Bestellung schweren Bodens und beim tiefen Pflügen frühzeitig der Dampfplug Eingang verschafft. Durch den Bau der Überlandzentralen ist es möglich geworden, den elektrischen Strom auch zum Betriebe größerer Pflüge zu benutzen. Hierdurch läßt sich nicht nur gegebenenfalls der Dampfplug vollständig ersetzen, sondern es können nunmehr auch solche Arbeiten (wie z. B. Schälen, Eggen, Walzen) maschinell und vor allem wirtschaftlich vorgenommen werden, für die der schwere Dampfplug ungeeignet ist. Der für das Pflügen verwendete Strom bildet andererseits eine günstige Belastung für das Elektrizitätswerk und trägt mithin wesentlich dazu bei, den Betrieb des Werkes rentabler zu machen.

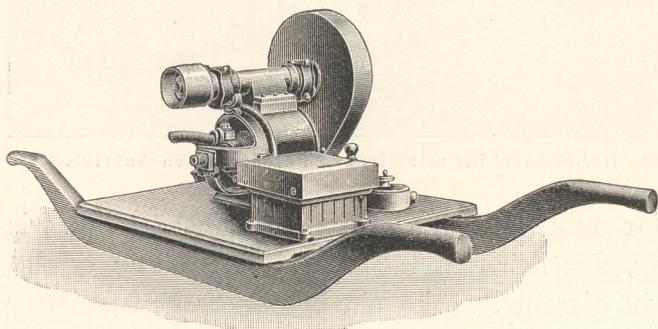


Fig. 462. Motortrage (Bergmann-Elektrizitätswerke).

für das Pflügen verwendete Strom bildet andererseits eine günstige Belastung für das Elektrizitätswerk und trägt mithin wesentlich dazu bei, den Betrieb des Werkes rentabler zu machen.