Eigenthum des Kaiserlichen Patentamts.

KAISERLICHES PATENTAMT.

AUSGEGEBEN DEN 23. FEBRUAR 1893.

# PATENTSCHRIFT

— № 67207 —

KLASSE 46: Luft- und Gaskraftmaschinen.

RUDOLF DIESEL in BERLIN.

## Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen.

Patentirt im Deutschen Reiche vom 28. Februar 1892 ab.

Das Arbeitsverfahren der bisher bekannten Motoren, welche die Verbrennungswärme von Brennstoffen direct im Cylinder zur Arbeitsleistung verwenden, ist durch das theoretische Indicatordiagramm (Fig. 1) gekennzeichnet.

Auf der Curve 1, 2 wird ein Gemenge von Luft und Brennstoff comprimirt, im Punkt 2 wird das brennbare Gemenge entzündet; durch die nun folgende Verbrennung tritt eine plötzliche Drucksteigerung von 2 nach 3 ein, begleitet von einer sehr bedeutenden Temperatursteigerung; die explosionsartige Verbrennung ist eine so rasche, dafs der Weg des Kolbens während der Verbrennung nahezu Null ist. Im Punkt 3 ist die Verbrennung der Hauptsache nach beendigt. Von 3 nach 1 hin findet Expansion unter Arbeitsverrichtung statt, wodurch Druck und Temperatur der Verbrennungsgase wieder sinken.

Bei allen bisher bekannten Verbrennungsverfahren ist der Verbrennungsvorgang sich selbst überlassen, sobald die Zündung stattgefunden hat; der Druck und die Temperatur werden bei denselben nicht während des eigentlichen Verbrennungsvorganges im Verhältnifs zum jeweiligen Volumen der Luftmasse geregelt oder gesteuert.

Aus diesem unrichtigen Verhältnifs zwischen Druck, Temperatur und Volumen entspringen bei allen diesen Verfahren folgende Nachtheile:

1. Die durch die Verbrennung entstehende Temperatur ist immer so hoch, dafs die mittlere Temperatur des Cylinderinhaltes, welche das Dichthalten der Organe, die Schmierung, überhaupt den praktischen Gang der Maschine ermöglicht, nur durch energische Kühlung der Cylinder- bezw. Ofenwände erreichbar ist, wodurch ein grofser Wärmeverlust entsteht.

2. Die Verbrennungsgase werden durch die Expansion ungenügend abgekühlt und entweichen noch sehr heifs, was einen zweiten grofsen Wärmeverlust bedeutet.

Auch diejenigen Motoren, welche von 1 nach 2, Fig. 1, reine Luft comprimiren und in der Nähe des Punktes 2 plötzlich Brennmaterial unter gleichzeitiger Zündung einspritzen, zeigen die Drucksteigerung 2, 3, verbunden mit bedeutender Temperatursteigerung.

Dasselbe findet statt bei den Motoren, welche die Compression 1, 2 so hoch treiben, dafs die durch Compression entstehende Temperatur das Gemisch von selbst entzündet. Die Entzündungstemperaturen der meisten Brennmaterialien liegen sehr niedrig, für Petroleum z. B. bei 70 bis 100° C.; wenn durch die Compression diese Temperatur entstanden ist, was schon bei niedrigen Drucken der Fall ist (bei Petroleum unter 5 Atm., bei Gas ca. 15 Atm.), so findet die Zündung von selbst statt; die auf die Zündung folgende Verbrennung steigert aber auch hier die Temperatur sehr bedeutend und erzeugt die Drucksteigerung 2, 3, Fig. 1. Die bei der Verbrennung auftretende höchste Temperatur oder Verbrennungstemperatur ist von der Entzündungstemperatur, welche nur von den physikalischen Eigenschaften des Brennmaterials abhängt, vollständig unabhängig.

113

In Praxis beansprucht der Explosions- oder Verbrennungsvorgang eine materielle Zeit, daher gestaltet sich die Linie 2, 3 nicht ganz vertical, sondern, wie punktirt, etwas schräg, mit dem abgerundeten Uebergang bei 3.

Das charakteristische Kennzeichen aller dieser Verfahren bleibt jedoch: Steigerung des Druckes und der Temperatur durch die Verbrennung und während derselben und hierauf folgende Arbeitsleistung durch Expansion; Verbrennungsvorgang nach Zündung sich selbst überlassen.

Das im Folgenden beschriebene neue Verfahren unterscheidet sich vollkommen von allen bisher bekannten. Dasselbe ist durch das theoretische Diagramm (Fig. 2) veranschaulicht. Nach diesem Verfahren wird nach der Curve 1, 2 reine atmosphärische Luft in einem Cylinder so hoch comprimirt, dafs durch diese Compression von vornherein vor dem Eintreten einer Verbrennung der höchste Druck des Diagramms und gleichzeitig damit die höchste Temperatur entsteht, also die Temperatur, bei welcher die später erfolgende Verbrennung stattfinden soll, d. h. die Verbrennungstemperatur (nicht Entzündungstemperatur).

Soll z. B. die spätere Verbrennung bei 700° stattfinden, so ist der Druck 64 Atm., für 800° 90 Atm. u. s. w.

Hierauf wird in diese comprimirte Luftmasse von aufsen fein vertheilter Brennstoff allmälig eingeführt; derselbe entzündet sich, da ja die Luftmasse durch Compression weit über die zur Zündung nöthige Temperatur erhitzt ist; gleichzeitig mit der allmäligen Einfuhr von Brennstoff geht eine Expansion der Luftmasse einher, welche derart geregelt ist, dafs die durch Expansion hervorgerufene Abkühlung die durch Verbrennung der einzeln einfallenden Brennstoffpartikel entstehende Wärme sofort aufhebt; infolge dessen äufsert sich die Verbrennung nicht in Temperatursteigerung, sondern lediglich in Arbeitsleistung, und auch nicht in Drucksteigerung, da sie infolge der gleichzeitigen Expansion bei abnehmendem Druck stattfindet.

Die Verbrennung findet statt nach der Curve 2, 3, Fig. 2, sie ist auch nicht plötzlich, sondern findet statt während einer bestimmt vorgeschriebenen Admissionsperiode von Brennstoff während des Kolbenweges $w$, welche Admissionsperiode durch eine Steuerung geregelt und bestimmt wird, und welche den Erfolg hat, dafs der Verbrennungsvorgang nach der Zündung nicht sich selbst überlassen ist, sondern während der ganzen Dauer seines Verlaufes derart geregelt wird, dafs Druck, Temperatur und Volumen in vorgeschriebenem Verhältnifs stehen. Die Länge dieser Admissionsperiode ist es, welche von der Steuerung festgestellt wird; auch der Regulator beeinflufst die Länge dieser Periode, welche, wie die Admissionsperiode der Dampfmaschinen, 10 pCt. und mehr des Kolbenweges betragen kann, aber auch unter gewissen Umständen bis auf wenige Procent des Kolbenweges heruntergehen kann.

Würde man die Luft ohne Brennstoffzufuhr expandiren lassen, so würde die Curve 2, 1 entstehen, d. h. die Expansion würde keine Arbeit leisten, sondern lediglich die vorher aufgewendete Compressionsarbeit an den Kolben zurückgeben; dadurch aber, dafs Brennstoff allmälig eingeführt wird, entsteht zwischen Curve 1, 2 und 2, 3 an jeder Stelle eine Druckdifferenz $p$, infolge deren die Expansionsarbeit gröfser wird als die Compressionsarbeit und eine Nutzarbeit entsteht.

Im Punkt 3 des Diagramms hört die Brennstoffzufuhr auf und die Expansion der Verbrennungsgase geht selbstthätig und arbeitsverrichtend nach Curve 3, 4 weiter. Da der Druck im Punkt 2 zur Erzeugung der höchsten Temperatur ein sehr hoher war und auch im Punkt 3 noch sehr hoch ist, so wird die Expansion von 3 nach 4 eine so starke Abkühlung der Gasmasse herbeiführen, dafs dieselbe beim Verlassen der Maschine nur unbedeutende Wärmemengen entführt.

Auch hier wird in Praxis die Ecke 2 des Diagramms sich nicht scharf ausprägen, sie wird vielmehr die punktirt angedeutete abgerundete Form annehmen; auch sind die im Laufe des Textes vorkommenden Ausdrücke, wie »Verbrennung ohne Temperatursteigerung« u. s. w. nicht mathematisch scharf aufzufassen, da der Praxis Rechnung zu tragen ist; es soll nur gesagt sein, dafs bei dem neuen Verfahren der höchste Druck und die höchste Temperatur der Hauptsache nach nicht durch Verbrennung, sondern durch mechanische Compression erzeugt werden, und dafs durch die Verbrennung und während derselben eine Temperaturerhöhung entweder gar nicht oder nur unbedeutend eintritt, jedenfalls unbedeutend gegen die Erwärmung durch Compression.

Das charakteristische Kennzeichen des Verfahrens bleibt dabei immer folgendes:

Steigerung des Druckes und der Temperatur auf ungefähr ihren Maximalwerth nicht durch Verbrennung, sondern vor der Verbrennung durch mechanische Compression reiner Luft und hierauf folgende Arbeitsleistung durch allmälige Verbrennung während eines bestimmt vorgeschriebenen Theiles der Expansion, charakterisirt durch eine bestimmt markirte und durch die Steuerung festgelegte Admissionsperiode von Brennstoff.

Nach dem Vorgesagten erzeugt also die Verbrennung selbst, im Gegensatz zu allen bisher bekannten Verbrennungsverfahren, keine bezw.

unwesentliche Temperaturerhöhung; die höchste Temperatur wird durch Compression der Luft erzeugt; sie liegt also in unserer Hand und wird dementsprechend in mäfsigen Grenzen gehalten; da aufserdem die nachfolgende Expansion die Gasmasse sehr stark abkühlt, so ist ersichtlich, dafs keine künstliche Kühlung der Cylinderwände erforderlich ist, dafs vielmehr die für die Dichthaltung der Organe, die Schmierung, überhaupt den praktischen Gang der Maschine nöthige Mitteltemperatur des Cylinderinhalts lediglich durch das Verfahren selbst hergestellt wird, wodurch sich dasselbe ebenfalls von allen bekannten Verfahren unterscheidet.

In Fig. 3 ist noch eine Abänderung des Verfahrens dahin veranschaulicht, dafs die erste Periode der Luftcompression unter Wassereinspritzung erfolgt, wodurch zunächst die flachere Curve 1, 2 entsteht, und dafs hierauf erst der zweite Theil der Compression ohne Wassereinspritzung nach der steileren Curve 2, 3 erfolgt, worauf die Verbrennung und Expansion genau geleitet wird, wie bei Fig. 2.

Man erreicht hierdurch viel höhere Compresssionsdrucke als bei Fig. 2, ohne deshalb in zu hohe Temperaturen zu gelangen, welche eine Kühlung des Cylinders erfordern würden.

Infolge des höheren Druckgefälles kühlt aber die nachfolgende Expansion von 3 nach 4 die Gasmasse stärker ab; die Abgase entweichen also kälter als bei Fig. 2 und entführen noch weniger Wärme.

Die Abgase können hierbei sogar unter atmosphärischer Temperatur gekühlt entlassen werden und daher noch zu Kühlzwecken dienen.

Der Erfolg des neuen Verfahrens gegen alle bisher bekannten ist eine bedeutende Brennmaterialersparnifs für gleiche Arbeitsleistung.

Alle Brennmaterialien in allen Aggregatzuständen sind für Durchführung des Verfahrens brauchbar.

Bei Flüssigkeiten oder Gasen bezw. Dämpfen wird während der Admissionsperiode und so lange dieselbe dauert ein Gas- bezw. Flüssigkeitsstrahl unter Druck möglichst vertheilt in die comprimirte Luftmasse eingeführt. Feste Brennstoffe können in Pulver- oder Staubform eingestreut werden; solche festen Stoffe, welche beim Erhitzen backen oder sich aus anderen Gründen nicht zum Einstreuen eignen, werden vorher vergast. Flüssige Brennstoffe können vorher in Dampf verwandelt und in dieser Form eingeführt werden. Schwer entzündliche Stoffe, wie Anthracit u. dergl., können mit leicht entzündlichen, wie Petroleum u. dergl., gemischt eingeführt werden.

Das Verfahren ist durchführbar in einfach oder doppelt wirkenden, stehenden oder liegenden Cylindern, mit einem oder mehreren auf gleicher Schwungradachse arbeitenden Kolben mit ein- oder mehrstufiger Compression und Expansion.

Die Fig. 4 und 5 zeigen einen Motor mit einfach wirkendem Cylinder *C* mit Plungerkolben *P*, deren Details für hohe Drucke construirt sind. Kolben *P* ist durch Geradführung *a*, Pleuelstange *b* und Kurbel *c* mit der Schwungradachse *d* in gewöhnlicher Weise verbunden.

Die Schwungradwelle treibt bei *f* vermittelst Hyperbelzahnräder die vertical nach oben gehende Welle *g*, welche den Regulator trägt und ihrerseits die horizontale Steuerwelle *h* in Rotation versetzt. Auf letzterer sitzen unrunde Scheiben *i*, welche im richtigen Moment das Luftventil *A*, Fig. 5, und das Kohlenventil *k* öffnen; die letztere Steuerung ist in Fig. 4 ganz sichtbar; die des Ventils *A* ist analog. Beide Ventile werden, sobald die unrunden Scheiben *i* aufser Wirkung kommen, durch Federn *l* auf ihre Sitze gedrückt.

Das Verfahren in dem Cylinder *C*, wie es der vorliegenden Erfindung entspricht, ist folgendes:

1. Abwärtsgang des Kolbens *P*, hervorgerufen durch angesammelte lebendige Kraft des Schwungrades aus vorhergehenden Arbeitshüben. Dabei wird atmosphärische Luft durch das offene Ventil *A* in den Cylinder *C* gesaugt; die unterste Stellung des Kolbens ist in Fig. 4 punktirt und mit 1 bezeichnet.

2. Aufwärtsgang des Kolbens *P*, immer noch durch angesammelte lebendige Kraft des Schwungrades und bei nunmehr geschlossenem Ventil *A*. Dabei wird die vorher angesaugte Luft comprimirt, und zwar auf so hohe Drucke, dafs die Temperatur, bei welcher die spätere Verbrennung stattfinden soll, also die ungefähr höchste Temperatur des Verfahrens, lediglich durch diese Compression entsteht. Dieser Compressionsdruck ist durch die vorgeschriebene Verbrennungstemperatur ein unzweideutig bestimmter und wird hergestellt durch den Kolben *P*, welcher in seiner (punktirten) Endstellung 2, Fig. 4, das angesaugte Luftquantum auf das dem vorgeschriebenen Druck entsprechende Volumen gepreſst hat.

Solche Drucke können nicht erreicht werden, wenn der Luft von vornherein Brennmaterial beigemischt ist, wie z. B. bei Gas- und Petroleummotoren, da in diesem Falle schon bei niedrigen Drucken unterwegs, d. h. sobald die Entzündungstemperatur des Brennstoffes erreicht ist, die ja im allgemeinen sehr niedrig liegt, Entzündung eintritt und somit Unterbrechung der vorgeschriebenen Compression durch Verbrennung erfolgt, so dafs in solchen Fällen das vorgeschriebene Verfahren undurchführbar ist.

3. Zweiter Abwärtsgang des Kolbens *P* oder eigentlicher Arbeitsgang.

Der Trichter *B* enthält pulverisirte Kohle, welche durch die in Fig. 5 sichtbare Seitenöffnung *n* eingebracht wird. Dieser Trichter ist vom Cylinder *C* abgeschlossen durch einen Hahn *D*, welcher von der Steuerungswelle aus vermittelst der gezeichneten Hyperbelräder in Rotation versetzt wird.

Der Hahn ist in Fig. 6a bis 6d gezeichnet; er besitzt eine seitliche Rille *r*, Fig. 6, welche sich in der oberen Stellung (Fig. 6a) mit Kohlenstaub aus dem Trichter füllt; bei der Drehung wendet sich die Rille nach dem Innern des Cylinders (Fig. 6b); in dieser Stellung gleicht sich zunächst der Druck zwischen dem Innern des Cylinders und der Rille aus, da das lockere Pulver einem Druckausgleich kein Hindernifs bietet; in den weiteren Stellungen, wovon eine durch Fig. 6c dargestellt ist, läfst der Hahn den Kohlenstaub in die comprimirte Luft einfallen; wegen der hohen Temperatur dieser Luft entzündet sich die Kohle und erzeugt Wärme, welche augenblicklich im Moment des Entstehens durch ein entsprechendes Vorwärtsschreiten des Kolbens in Arbeit umgewandelt wird.

Das Einfallen des Pulvers findet allmälig in vorgeschriebener Zeit statt; der Vorgang ist sehr ähnlich dem einer Sanduhr; die Dimensionen des Einfallspaltes bestimmen die Zeitdauer des Einfallens während der vorgeschriebenen Admissionsperiode des Brennstoffes; das Kohlenquantum wird durch die Gröfse der Hahnrille bestimmt.

Diese inneren Organe in Verbindung mit der äufseren Steuerung bewirken, dafs die Admissionsperiode eingehalten wird, und dafs die letzten Kohlentheile erst einfallen, wenn der Kolben am Ende der Admissionsperiode anlangt.

Die soeben ausführlich beschriebene allmälige Verbrennung findet also statt, bis der Kolben die Stellung 3 (in Fig. 4 punktirt) erreicht hat; in diesem Moment ist die Hahnrille entleert und geht am Einfallspalt vorüber; die Brennstoffzufuhr hört also auf. Die Luft, gemischt mit den Verbrennungsgasen, expandirt selbstthätig und arbeitverrichtend weiter, wobei die ganze Gasmasse wegen des hohen Druckgefälles sehr weit abgekühlt wird, und lediglich durch Arbeitsleistung und ohne Kühlung der Cylinderwände, welche letztere im Gegentheil isolirt sind (isolirende Hülse *s*, Fig. 4).

4. Zweiter Aufwärtsgang des Kolbens *P* durch die lebendige Kraft des Schwungrades.

Dabei wird durch Ventil *A* (oder durch ein besonderes Ausblaseventil) die Gasmasse blasrohrartig in ein nach aufsen führendes Rohr *p*, Fig. 5, abgeführt; da dieselbe schon vorher durch Expansion fast völlig gekühlt ist, so entführt sie nur unbedeutende Wärmemengen als Verlust. Die Rückstände der Verbrennung sind in minimaler Menge in feinster Staubform in den rasch bewegten und wirbelnden Verbrennungsgasen enthalten und blasen einfach mit aus.

Nach diesem zweiten Aufwärtsgang beginnt das ganze Spiel von neuem.

Die Ingangsetzung des Motors erfolgt, indem man durch die Oeffnung *r*, Fig. 4, comprimirte Luft aus einem Vorrathsgefäfs einführt vermittelst eines bei *q* anzuschliefsenden Rohres; das Vorrathsgefäfs wird vom Motor selbst während des Ganges mit comprimirter Luft gefüllt gehalten. Man kann auch bei *q* eine besondere Vorrichtung anbringen, welche es ermöglicht, den Motor durch Entzündung einer kleinen Menge Explosivstoff in Gang zu setzen.

Die Regulirung der Maschine erfolgt, indem bei zu raschem Gang ein Regulator bekannter Construction *E* das Einfallen von Brennstoff aus dem Trichter in die Rille verhindert.

Das kleine Kohlenventil *k* geht nämlich vermittelst der unrunden Scheibe *i* und der Zugstange *m* jede zweite Tour auf und läfst ein gewisses Quantum Kohle zur Rille gelangen. Bei zu raschem Gang rückt der Regulator durch die Zugstange *n* die Rolle am unteren Ende der Stange *m* aus dem Bereich der unrunden Scheibe *i*; das Ventil *k* bleibt also geschlossen und es fällt keine Kohle in den Hahn, also auch nicht in den Cylinder, bis die normale Geschwindigkeit wieder hergestellt ist.

Der beschriebene Motor kann auch liegend ausgeführt werden; die Construction der Organe ändert sich dabei nicht, sondern lediglich deren Lage. Statt des Plungerkolbens kann ein Scheibenkolben angewendet werden, wodurch der Cylinder doppeltwirkend wird.

Die beschriebene Ausführungsform hat ähnlich wie die meisten Gasmotoren nur jede zweite Tour einen Arbeitsgang. Man kann aber solcher einfach wirkender Cylinder zwei oder mehr auf gleicher Schwungradachse kuppeln, wodurch der Gang des Motors gleichmäfsiger wird.

Man kann die Compression der Luft sowohl, als die Expansion der Verbrennungsgase stufenweise vornehmen und kommt dadurch beispielsweise auf die Ausführungsform Fig. 7.

In dieser Fig. 7 sind die Ventile nur schematisch angedeutet, das Gestell, die Pleuelstange, das Schwungrad u. s. w. weggelassen; alle diese Organe gestalten sich genau wie die Fig. 4 und 5.

In Fig. 7 sind zwei Cylinder *C* mit Plunger *P*, also zwei Verbrennungscylinder, vorhanden, welche in Construction, Steuerungsdetail u. s. w. vollkommen identisch mit dem

Cylinder Fig. 4 und 5 sind. Diese beiden Cylinder $C$ sind vermittelst der gesteuerten Ventile $b$ an die zwei Seiten eines gröfseren Mittelcylinders $B$ angeschlossen; durch die ebenfalls gesteuerten Ventile $a$ sind die beiden Verbrennungscylinder mit dem Luftgefäfs $L$ in Verbindung.

Die Kurbeln der beiden Cylinder $C$ stehen gleich und sind gegen die Kurbel des Mittelcylinders $B$ um 180° versetzt.

Das neue Verfahren bei dieser Ausführungsform gestaltet sich wie folgt:

Kolben $Q$ saugt beim Aufwärtsgang unter sich atmosphärische Luft durch Ventil $d$ an, comprimirt dieselbe beim Aufwärtsgang auf einige Atmosphären und drückt die Luft hierauf durch Ventil $g$ nach dem Luftgefäfs $L$.

Der untere Theil des Mittelcylinders dient also lediglich als Luftpumpe und bewirkt die Vorcompression der Verbrennungsluft. Diese Vorcompression darf nur so weit gehen, dafs die durch dieselbe entstehende Erwärmung der Luft in mäfsigen Grenzen bleibt. Bei $g$ $g$ sind noch Wasserdüsen sichtbar, durch welche man während der Vorcompression, zum Zweck der Niedrighaltung der Temperatur, Wasser einspritzen kann. Dieses Wasser wird dann durch den Hahn $h$ des Luftgefäfses wieder entlassen.

Das Verfahren kann sowohl mit als ohne Wassereinspritzung durchgeführt werden.

Der Vorgang in den Cylindern $C$ ist genau derselbe, wie bei Fig. 4 und 5 geschildert wurde. Nur saugt der Kolben $P$ beim Abwärtsgehen die Luft nicht aus der Atmosphäre, sondern aus dem Gefäfs $L$, wo die Luft bereits unter dem Druck steht. Beim Aufwärtsgehen vollbringt also der Kolben $P$ die zweite Stufe der Compression bis auf die vorgeschriebene Höhe. Die Endstellungen des Kolbens unten und oben sind punktirt mit 1 und 2 bezeichnet.

Hierauf geht Kolben $P$ wieder abwärts unter allmäliger Brennmaterialeinfuhr und gesteuerter Verbrennung bis zur Stellung 3, wie früher geschildert.

Bei 3 hört die Brennstoffzufuhr auf und die Luft expandirt weiter; ist der Kolben in der untersten Stellung 1 angekommen, so öffnet sich das Ventil $b$; Kolben $Q$ ist in diesem Moment gerade oben infolge der Stellung der Kurbeln; beim Weitergang geht $P$ aufwärts und $Q$ abwärts, und es findet weitere Expansion der Verbrennungsgase bis auf das Volumen des Cylinders $B$ statt; hierauf schliefst sich Ventil $b$ und $f$ öffnet sich, so dafs beim nächsten Aufwärtsgang von Kolben $Q$ die Verbrennungsgase durch $f$ in die Atmosphäre entlassen werden, und zwar völlig gekühlt, da deren ganzer Wärmeinhalt durch die arbeitsleistende Expansion aufgezehrt ist.

Es wurde schon erwähnt, dafs bei dieser Ausführungsform die Abgase mit Temperatur unter der atmosphärischen entlassen werden und eventuell noch zu Kühlzwecken dienen können.

Da die Cylinder $C$ nur jede zweite Tour eine Verbrennungsperiode haben, so erreicht man durch das Anbringen von zwei solchen Cylindern, dafs bei jeder Tour eine Verbrennung, d. h. ein Arbeitsgang, eintritt, indem die Verbrennung abwechselnd rechts und links stattfindet. Nichts steht im Wege, statt zweier Verbrennungscylinder deren nur einen, oder andererseits mehr als zwei anzubringen, wobei dann auch der untere Theil des Cylinders $B$ als Expansionscylinder benutzt werden kann; die Luftpumpe zur Vorcompression mufs dann für sich allein bestehen und vorcomprimirte Luft in das Reservoir $L$ liefern.

Die Luft des Reservoirs $L$ dient bei dieser Ausführungsform ohne Weiteres zur Ingangsetzung des neuen Motors, indem man denselben einige Touren lang mit Volldruck aus diesem Reservoir speist und die Verbrennung erst einleitet, wenn das Schwungrad die nöthige lebendige Kraft erreicht hat.

Die Vorrichtung für allmälige Brennstoffzufuhr richtet sich nach den speciellen Eigenschaften des gerade angewendeten Materials.

Für feste gepulverte Stoffe kann statt des beschriebenen rotirenden Hahnes eine Streudüse oder eine kleine Pumpe angewendet werden; für Flüssigkeiten verwendet man eine Zerstäubungsdüse oder ein kleines Pümpchen; für Gase ebenfalls eine kleine Pumpe oder irgend eine Vorrichtung, welche geregeltes und allmäliges, mit dem Kolbenweg in bestimmter Abhängigkeit stehendes Einführen des Brennstoffes gestattet.

Lediglich als ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Fig. 8 bis 10 noch ein Motor gezeichnet, welcher das geschilderte Verfahren mit flüssigen Brennmaterialien durchführt, und bei welchem gleichzeitig die äufsere Steuerung, insbesondere diejenige zur allmäligen Zufuhr von Brennstoff, eine ganz andere Construction zeigt.

Diese Maschine besteht aus zwei ganz gleichen, einfach wirkenden Cylindern mit Pumpenkolben, deren Kurbeln auf der gemeinsamen Schwungradwelle gleich stehen. Gestell, Schwungrad und Antrieb der Steuerwelle gestalten sich fast genau wie bei Fig. 4 und 5 und sind nicht gezeichnet.

In den Cylindern findet die Verbrennung abwechselnd statt, so dafs bei jeder Tour ein Arbeitsvorgang auftritt.

In Fig. 8 ist der eine Cylinder in Verticalschnitt, der zweite in Vorderansicht mit seiner isolirenden Hülle gezeichnet.

Fig. 9 ist die Seitenansicht vom Cylinder mit Steuerung.

Fig. 10 der Grundrifs mit einem Schnitt durch die Steuerorgane.

Das Verfahren in jedem Cylinder ist dasselbe, wie bei Fig. 4 und 5 geschildert wurde, nämlich: Ansaugen von Luft durch Ventil *V*, hierauf Compression in einem Schub bis zur punktirt gezeichneten Endstellung 2 des Kolbens; dann Einführung von flüssigem Brennmaterial durch Düse *D* unter Verbrennung desselben während der vorgeschriebenen Admissionsperiode 2, 3, Fig. 8, endlich Expansion der Gasmasse und Ausstofs derselben durch Ventil *V* blasrohrartig in ein nach aufsen führendes Rohr *R*.

Da das Ansaugen dem Ausstofsen unmittelbar folgt, so bleibt das Ventil *V* eine ganze Tour lang offen, hierauf eine ganze Tour lang geschlossen. Diese denkbar einfachste Steuerung wird durch die unrunde Scheibe *S*, Fig. 9 und 10, mittelst Winkelhebel bewerkstelligt, wie aus der Zeichnung ersichtlich.

Diese Scheibe *S* sitzt auf der Steuerwelle *W*, welche von der Schwungradwelle aus, ähnlich wie bei Fig. 4 und 5, in rotirender Bewegung erhalten wird.

Für die allmälige Zufuhr von Brennstoff dient die Düse *D*, welche durch die Nadel *n* verschlossen gehalten wird. In dem inneren Raum *r* der Düse *D* befindet sich das flüssige Brennmaterial und wird dort vermittelst einer (nicht gezeichneten) Speisepumpe mit Windkessel unter einem Druck erhalten, welcher höher ist als der höchste Compressionsdruck der Luft im Cylinder.

In Fig. 10 ist bei *t* die von der Pumpe herkommende, zur Düse führende Rohrabzweigung für flüssiges Brennmaterial zu sehen.

Im Moment der höchsten Compression, wenn also der Kolben die Stellung 2 einnimmt, öffnet die Steuerung die Nadel *n* und läfst durch die feine Oeffnung *D* einen scharfen dünnen Strahl Flüssigkeit eintreten, da die Flüssigkeit Ueberdruck besitzt; dieser Eintritt von Brennmaterial dauert bis zur Stellung 3 des Kolbens, wo die Steuerung denselben präcise absperrt, worauf die Verbrennungsgase selbstthätig weiter expandiren.

Für die Steuerung des Brennstoffstrahles ist hier genau die Construction gewählt, welche bei den Sulzer'schen Ventilmaschinen die Admissionsperiode des Dampfes steuert.

Ein Excenter *E* bewegt die Stahlbacken *q* in einer eiförmigen Curve auf und ab; der Stahlbacken *r* ist an der Zugstange der Nadel *n* befestigt; sobald bei der Abwärtsbewegung *q* auf *r* trifft, öffnet sich die Nadel und bleibt so lange offen, bis der Stahlbacken *q* denjenigen *r* verläfst; da *r* durch die Stange *St*, Fig. 9, vom Regulator aus verstellbar ist, so regelt der Regulator in beiden Cylindern zugleich die Länge der Admissionsperiode des Brennstoffes und damit die Geschwindigkeit der Maschine.

In Fig. 8 und 10 ist um die Düse *D* herum noch ein Ringraum *s* sichtbar, welcher mit dem Innern des Cylinders in freier Verbindung steht.

Beim Zurückweichen des Kolbens unter Druckabnahme stürzt die Luft aus diesem Ringraum in den Cylinder zurück und dient auf diese Weise zur Zertheilung des Brennstoffstrahles sowohl, als zur Hervorbringung stürmischer Bewegungen behufs Vertheilung der Verbrennungswärme auf das ganze Luftvolumen; dieser Ringraum *s* hat eine lediglich praktische Bedeutung, die für das Verfahren an sich unwesentlich ist.

Bei *o*, Fig. 8 und 10, ist noch eine Oeffnung sichtbar behufs Einführung comprimirter Luft oder Gase von Explosivstoffen zur ersten Ingangsetzung des Motors.

Comprimirt man in Fig. 8 in dem innersten Düsenraum *r* Gas oder Dampf statt Flüssigkeit, so kann dieselbe Construction für gas- oder dampfförmige Brennstoffe dienen. Es ist also überflüssig, eine Ausführungsform für solche Stoffe besonders zu zeichnen.

Ganz besonders zu betonen ist, dafs die thermischen Resultate von der Art des im Cylinder vorhandenen Gases unabhängig sind; es genügt, wenn in Form von Luft die zur Verbrennung nöthige Menge vorhanden ist; das andere bedeutende Gasquantum, welches ja nur als Wärmeträger fungirt, kann aus früheren Verbrennungsgasen, aus beigemischten fremden Gasen und Dämpfen, auch Wasserdämpfen, bestehen, ohne dafs das Resultat irgendwie sich ändert.

Es folgt hieraus, dafs man auch geschlossene Maschinen bauen kann, welche bei jedem Hub nur ein geringes Quantum frischer Luft aufnehmen, um die Verbrennung zu sichern, im übrigen aber der Hauptsache nach mit Ausnahme eines geringen Ausstofsens immer dieselbe Gasmasse beibehalten.

## Patent-Ansprüche:

1. Arbeitsverfahren für Verbrennungskraftmaschinen, gekennzeichnet dadurch, dafs in einem Cylinder vom Arbeitskolben reine Luft oder anderes indifferentes Gas (bezw. Dampf) mit reiner Luft so stark verdichtet wird, dafs die hierdurch entstandene Temperatur weit über der Entzündungstemperatur des zu benutzenden Brennstoffes liegt (Curve 1-2 des Diagramms Fig. 2), worauf die Brennstoffzufuhr vom todten Punkte

ab so allmälig stattfindet, dafs die Verbrennung wegen des ausschiebenden Kolbens und der dadurch bewirkten Expansion der verdichteten Luft (bezw. des Gases) ohne wesentliche Druck- und Temperaturerhöhung erfolgt (Curve 2-3 des Diagramms Fig. 2), worauf nach Abschlufs der Brennstoffzufuhr die weitere Expansion der im Arbeitscylinder befindlichen Gasmasse stattfindet (Curve 3-4 des Diagramms Fig. 2).

2. Eine Ausführungsart des unter 1. gekennzeichneten Verfahrens, bei welcher zwecks mehrstufiger Compression und Expansion an dem Verbrennungscylinder eine Vorcompressionspumpe mit Zwischenbehälter und ein Nachexpansionscylinder angeschlossen wird, oder bei welcher mehrere Verbrennungscylinder unter sich oder mit den genannten Cylindern für Vorcompression und Nachexpansion gekuppelt werden.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen.

BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI

Fig. 4.

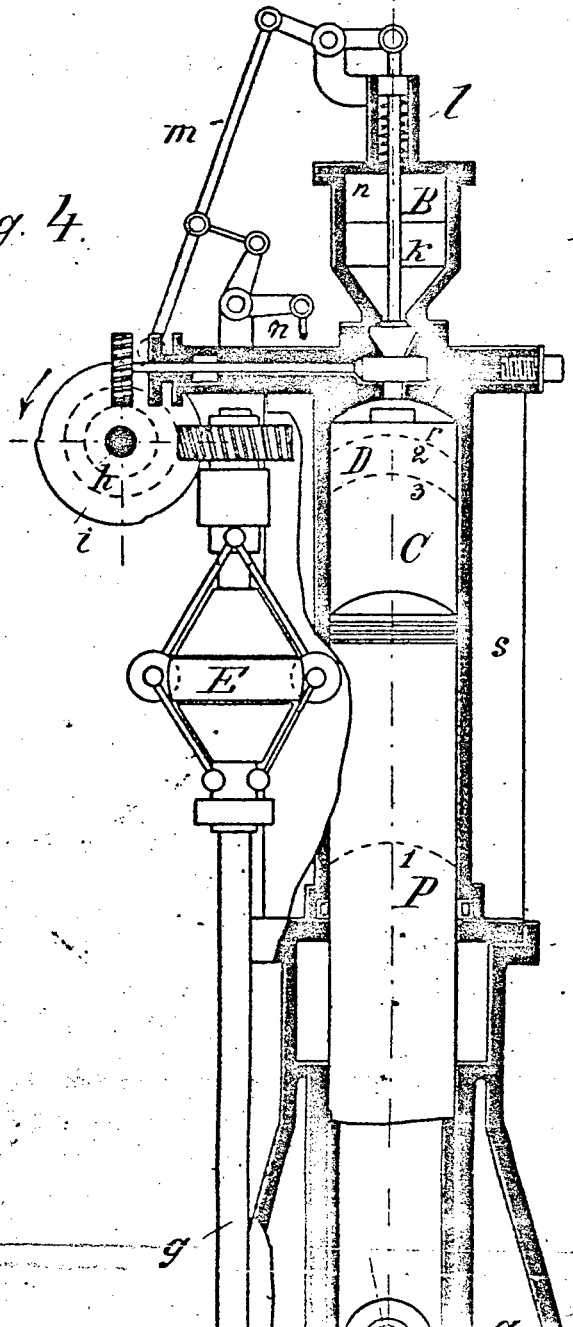



Fig. 5.

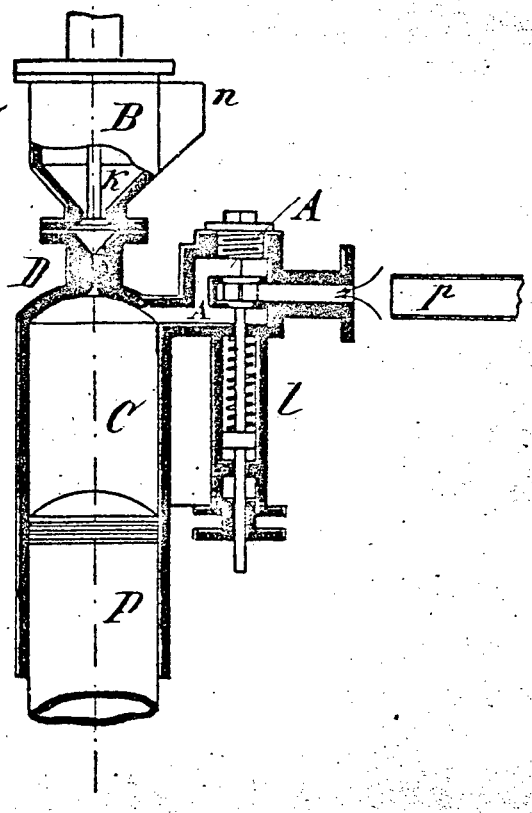
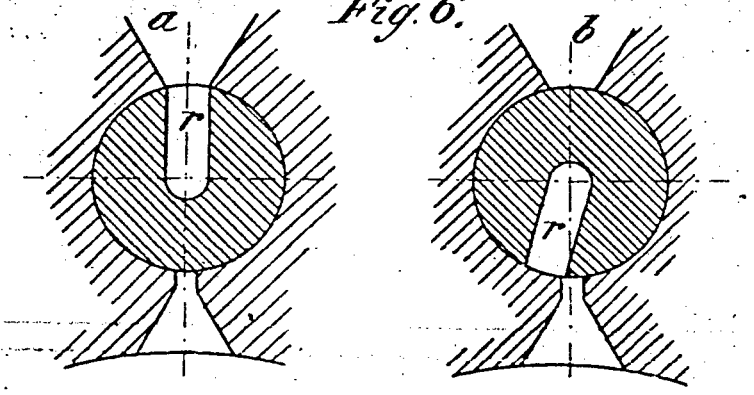


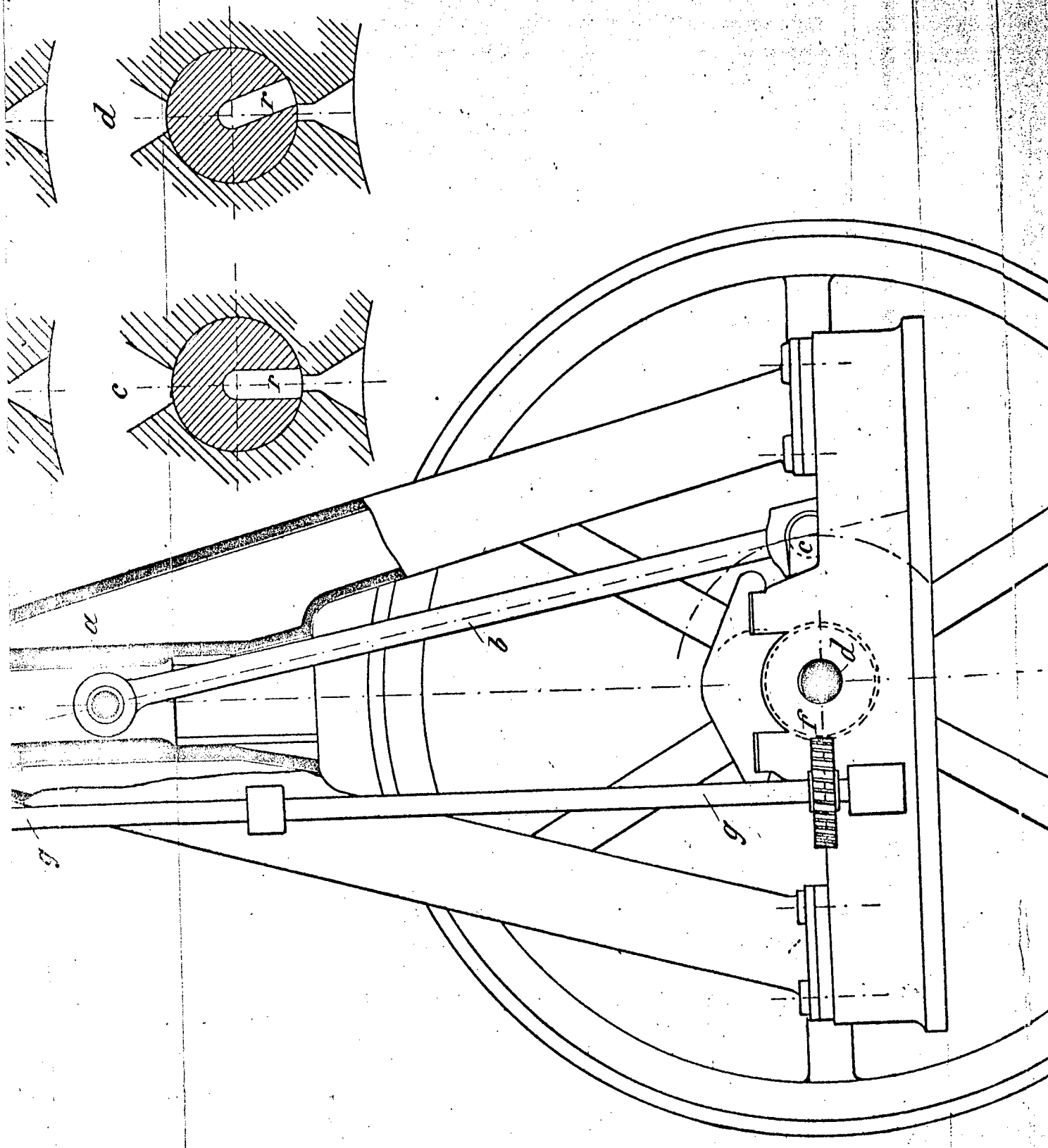

Fig. 6.




Arbei

# RUDOLF DIESEL IN BERLIN.

## Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen.




PHOTOGR. DRUCK DER REICHSDRUCKEREI.

Blatt I.

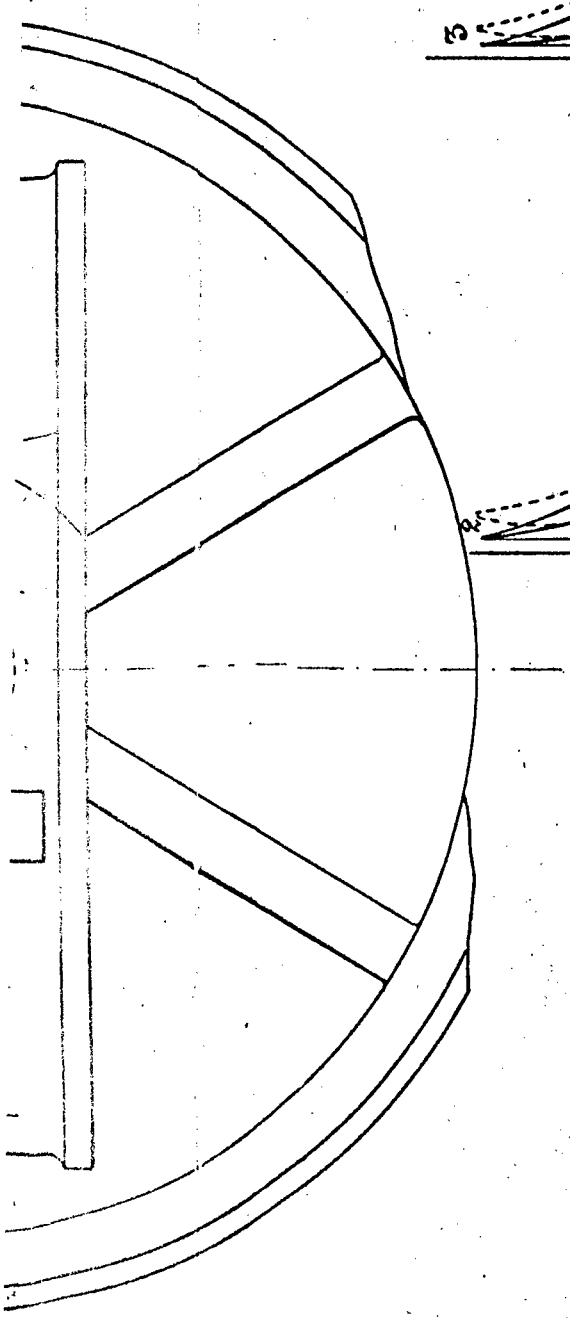


Fig. 3.

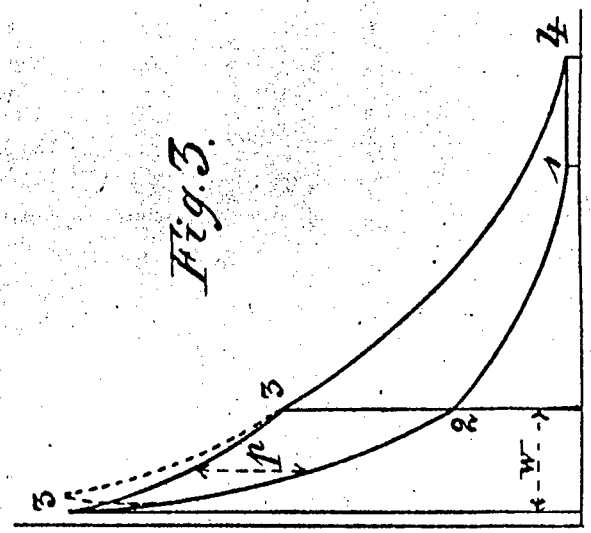



Fig. 2.

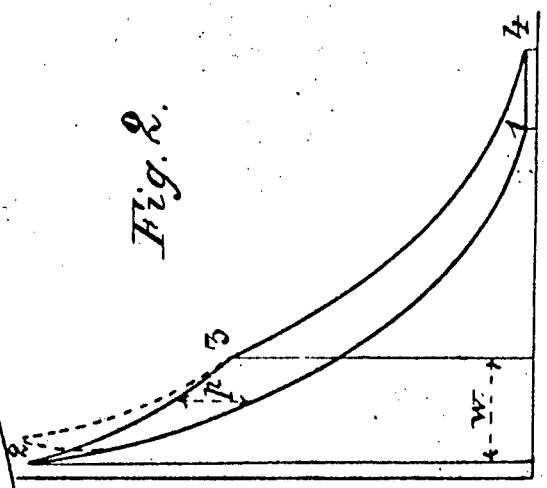
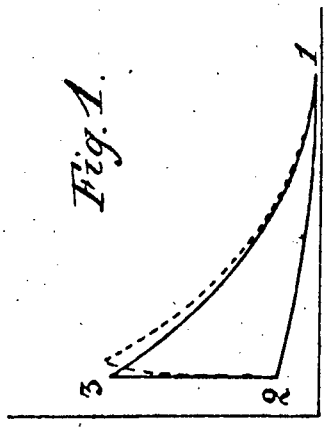



Fig. 1.




Zu der Patentschrift

№ 67207.

Fig. 7.

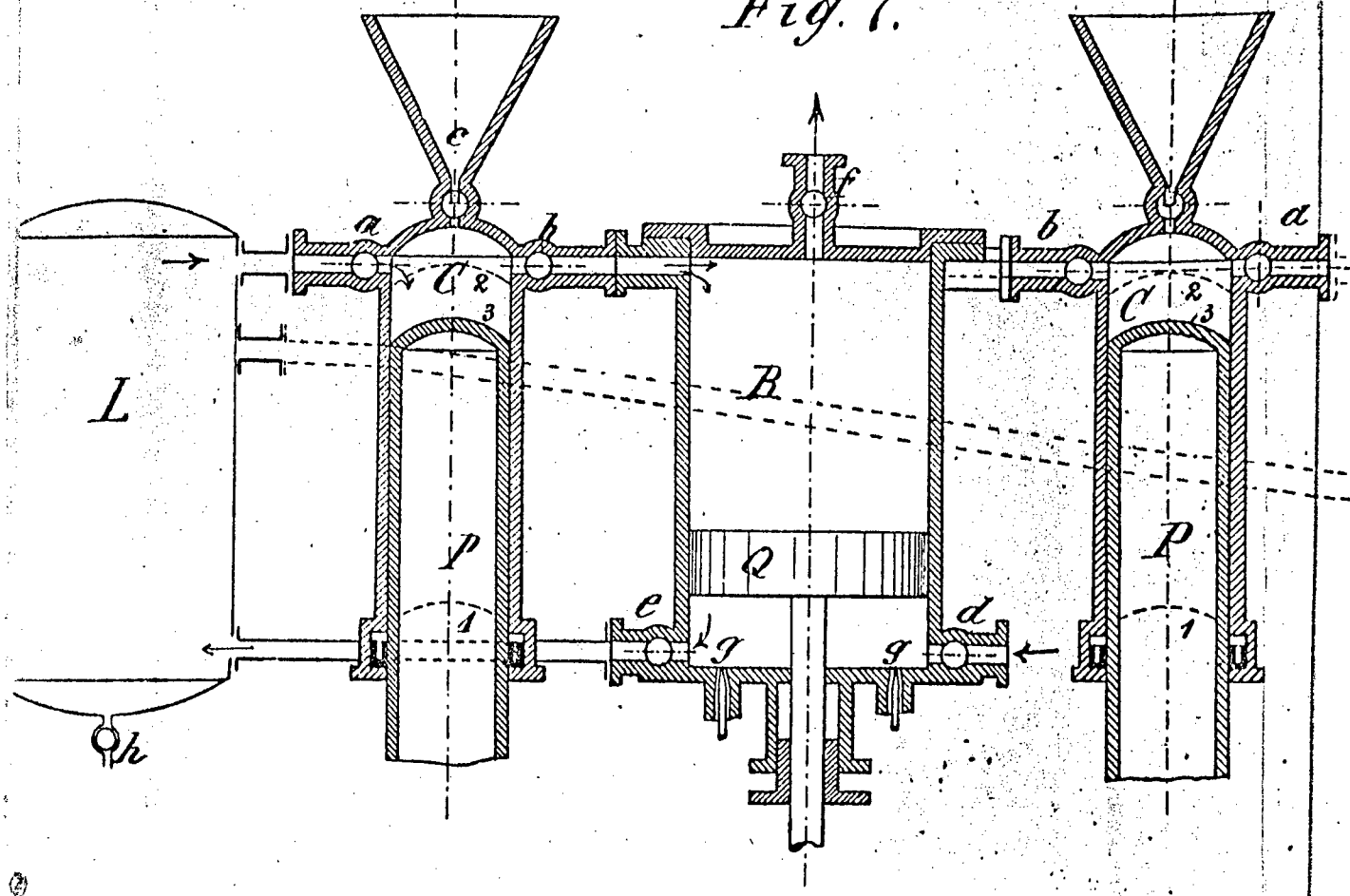
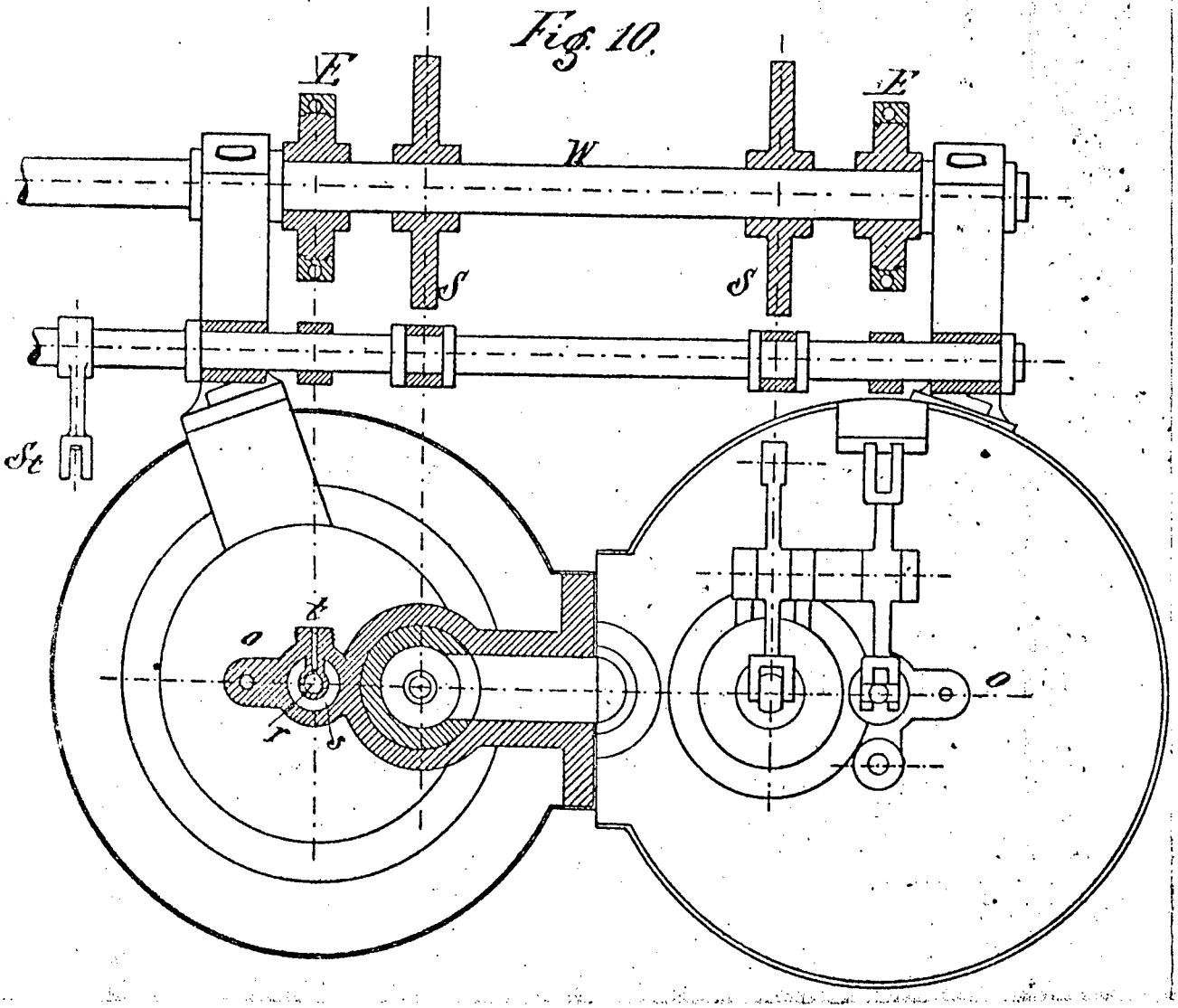


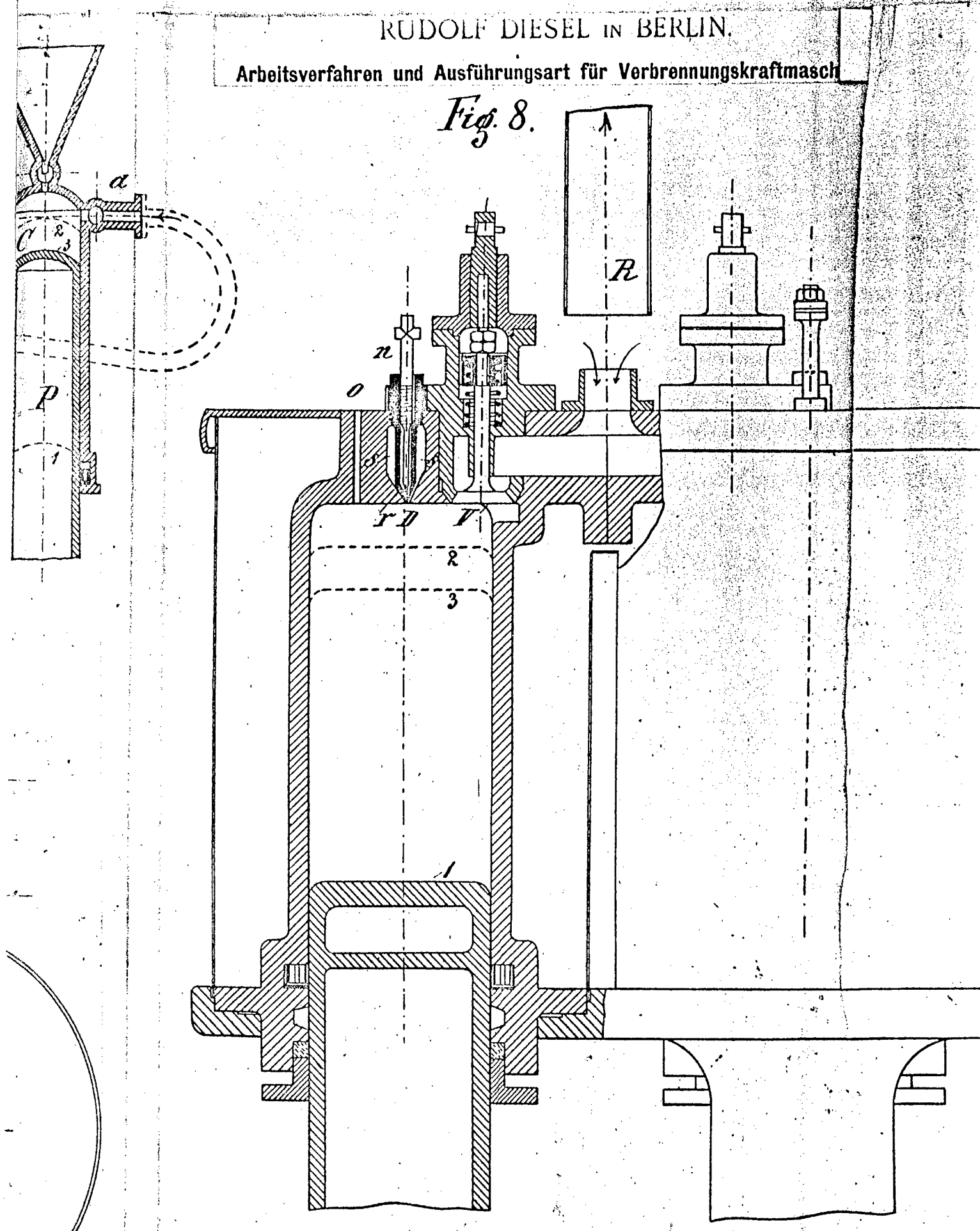

Fig. 10.

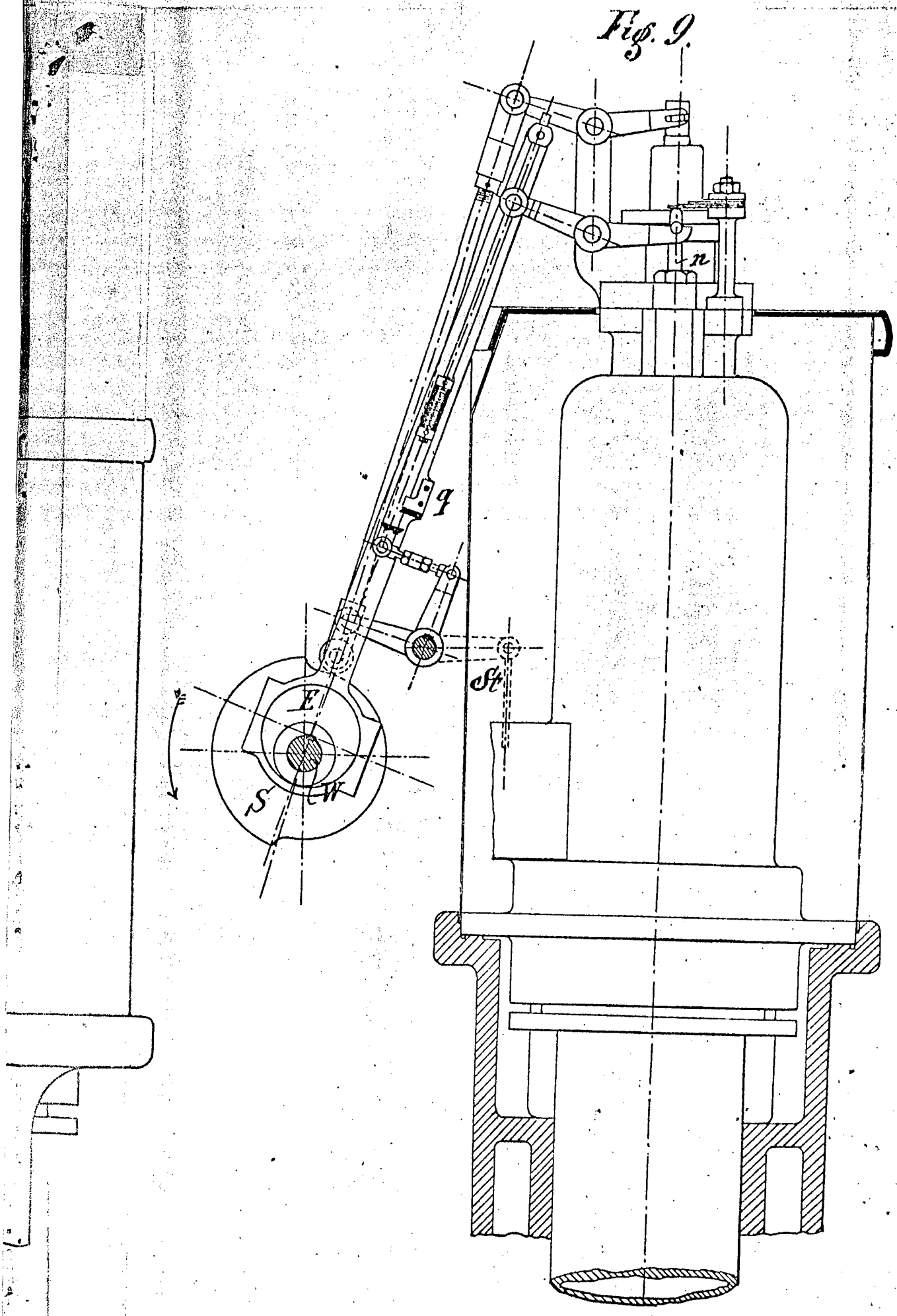


RUDOLF DIESEL IN BERLIN.

**Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmasch**

*Fig. 8.*






Zu der Patentschrift

№ 67207.