

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 29/30 (1897)
Heft: 11

Artikel: Diesels rationeller Wärmemotor
Autor: Diesel, Rudolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-82500>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Diesels rationeller Wärmemotor. I. — Neues Post- und Telegraphen-Gebäude in Neuchâtel. I. — Der IV. internationale Architekten-Kongress in Brüssel am 28. August bis 2. September 1897. — Miscellanea: Elektrische Droschken in London. Feuerfester Mörtel. Die neue evangelische Linsebühlkirche in St. Gallen. — Konkurrenzen: Stadt-

haus in Lutry, Kanton Waadt. Deutsches Buchgewerbehaus in Leipzig. Rathaus in Hannover. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein.

Hiezu eine Tafel: Neues Post- und Telegraphen-Gebäude in Neuchâtel.

Diesels rationeller Wärmemotor.¹⁾

Von Rudolf Diesel, Ingenieur.

Vorgetragen in der XXXVIII. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure zu Cassel, am 16. Juni 1897.

I.

Es ist mir eine ganz besondere Ehre, an dieser Stelle über einen neuen Motor berichten zu dürfen, der infolge seines eigenartigen Verbrennungsverfahrens die günstigste Wärmeausnutzung unter allen bisher bekannten Wärmekraftmaschinen ergibt und deshalb einen wirklichen Fortschritt darstellt, und zwar auf einem Gebiete, welches die gesamte Industrie heute mit am meisten interessiert; dem der Ersparnis an den uns zu Gebote stehenden Brennstoffen.

Ehe ich auf mein eigentliches Thema eingehe, sei mir gestattet, einige Worte über die heutige Dampfmaschine zu sagen. Diese verwertet nützlich in Form von effektiver Arbeit:

bis 12 oder 13% bei grossen Ausführungen über 1000 P.S. unter Anwendung dreifacher Expansion;

bis 9% bei kleineren Maschinen bis etwa 150 oder 200 P.S. hinunter unter Anwendung zweifacher Expansion;

bis 5 oder 6% bei kleinen Maschinen bis etwa 50 P.S. mit Kondensation;

noch weit weniger bei gewöhnlichen kleinen Maschinen und solchen ohne Kondensation.

Wir alle wissen, dass die Dampfmaschine eines der vollkommensten Werkzeuge der modernen Industrie ist, an dem nunmehr über ein Jahrhundert lang unsere genialsten Männer ihr Bestes geleistet haben. Angesichts dieses Umstandes sind die angegebenen Zahlen trostlos niedrig, fast unverständlich. Die Gründe hierfür sind bekannt, es ist jedoch zweckmäßig, sie sich so oft als möglich in das Gedächtnis zurückzurufen; ich thue dies hier, indem ich aus Arbeiten Zeuners und Schröters schöpfe.²⁾

Zunächst nimmt der arbeitende Körper: Dampf, nur einen Bruchteil η_1 des Heizwertes H des Brennstoffes in sich auf; η_1 ist der Wirkungsgrad des Dampfkessels, gewöhnlich 0,75, seltener 0,80, niemals darüber. Ferner kann von der in den Dampf wirklich übergehenden Wärme $\eta_1 H$ rein theoretisch nur ein Bruchteil η_2 in Arbeit verwandelt werden, der stets sehr niedrig ist, aber am grössten ausfällt, wenn der Dampf den Carnotschen oder sogen. vollkommenen Prozess innerhalb derselben Temperaturgrenzen durchläuft; η_2 ist der theoretische grösste Wirkungsgrad der in den Prozess wirklich eingeführten Wärmemenge $\eta_1 H$, und $\eta_1 \eta_2 H$ die grösste Wärmemenge, die man in Arbeit verwandeln könnte, wenn der theoretische Prozess durchführbar wäre. Dieser vollkommene Prozess kann aber in der Praxis nur angähnert erreicht werden; die grössere oder geringere Abweichung von ihm bedingt, dass nur ein Teil η_3 der theoretisch verwandelbaren Wärmemenge in indicierte Arbeit übergeht; η_3 ist nach Zeuner der sogen. indicierte Wirkungsgrad, und $\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot H$ die Wärmemenge, welche in indicierte Arbeit verwandelt wird. Endlich liefert die Dampfmaschine nach aussen an das Schwungrad wiederum nur einen Teil η_4 der indicierten Arbeit ab, weil die Reibungen der Maschine das übrige verzehren. η_4 ist der sogen. mechanische Wirkungsgrad der Maschine, und das Produkt

$$\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot H = \eta \cdot H$$

¹⁾ Wir entnehmen die Wiedergabe des nachfolgenden, höchst interessanten Vortrages der Ztschr. d. Vereins deutscher Ingenieure (Bd. XXXI Nr. 28 und 29 vom 10. und 17. Juli 1897), deren Redaktion uns hiezu freundlichst ermächtigt hat, und der wir auch die Ueberlassung der Textzeichnungen verdanken.

Die Red.

²⁾ Vergl. Zeuner: Zur Theorie und Beurteilung der Dampfmaschinen, Civilingenieur 1896 Heft 8 (erschienen April 1897).

ist die schliesslich in effektive Arbeit verwandelte Wärmemenge. η ist also der gesamte oder wirtschaftliche Wirkungsgrad.

Um sich über das Wesen der Dampfmaschine genau Rechenschaft zu geben, ist es nötig, die aufgezählten vier Wirkungsgrade einzeln zu betrachten. Sie sind in der folgenden Tabelle (S. 78) unter Berücksichtigung der neuesten und besten Ergebnisse an den vorzüglichsten bestehenden Maschinen zusammengestellt, für die als Vertretereinerseits eine Dampfmaschine der Maschinenfabrik Augsburg von 700 P.S. mit dreifacher Expansion und den besten Verbrennungen der Neuzeit gewählt wurde¹⁾, anderseits eine Schmidtsche Heissdampfmaschine mit Ueberhitzung auf 350° C. und sehr hohem Kesseldruck.

Für beide Anlagen ist der Wirkungsgrad des Dampfkessels zu 0,8 angenommen (Spalte 2), was bei einer Kohle von 7500 W.-E. Heizwert mehr als neunfache Verdampfung voraussetzt, ein Ergebnis, das nur mit grossen Kesseln bester Konstruktion bei ganz mässiger Anstrengung und vorzüglicher Wartung und Heizung erreichbar ist.

Der theoretische Wirkungsgrad η_2 schwankt zwischen 30 und 33%, je nach dem angewendeten Kesseldruck und dem Ueberhitzungsgrade (Spalte 3). Hieron wird aber tatsächlich nur der indicierte Wirkungsgrad η_3 von rund 59% (Spalte 4) ausgenutzt. Bei gleichem mechanischem Wirkungsgrade η_4 von 0,85 für beide Maschinengattungen (Spalte 5) schwankt schliesslich das wirtschaftliche Endergebnis η rund zwischen 12 und 13% (Spalte 6). Man sieht, dass selbst die Ueberhitzung bis zur äussersten zulässigen Grenze von 350° C. kaum eine Verbesserung gegenüber den besten normalen Dampfmaschinen ohne Ueberhitzung erreichen lässt, da unzweifelhaft die Augsburger und die Sulzer-Maschine bei Anwendung desselben Kesseldruckes von 13 kg dieselbe Ausnutzung von 13% erreicht haben würden²⁾, die heute als eine Grenze anzusehen ist, welche es kaum gelingen wird, wesentlich zu überschreiten; denn die Dampfmaschine ist sicherlich an der Grenze ihrer Entwicklungsfähigkeit angelangt, wie die nähere Betrachtung der Tabellenwerte ohne weiteres ergiebt. Die zwei Werte η_1 und η_4 , die Ausnutzung des Dampfkessels und der mechanische Wirkungsgrad, sind nämlich kaum mehr steigerbar, da sie beide einen hohen Grad von Vollkommenheit darstellen. Der indicierte Wirkungsgrad η_3 von 59 bis 60% ist nicht gut, wenn man ihn mit dem hydraulischen Wirkungsgraden guter Wasserkraftmaschinen vergleicht; an ihm lässt

¹⁾ Ganz gleiche Ergebnisse zeigen die Maschinen von Gebr. Sulzer in Winterthur; vergl. Z. d. V. d. I. 1896 S. 534.

²⁾ Es darf jedoch nicht übersehen werden, dass die Heissdampfmaschine an kleinen Maschinen und mit einfachen Mitteln dasselbe Ergebnis erreicht, welches ohne Ueberhitzung nur mehrtausendpferdige Maschinen mit drei- oder vierfacher Expansion, also sehr komplizierten und teuren Mitteln, erzielen können; hierin liegt der Wert und die hohe Bedeutung der Schmidtschen Erfindung. Es muss bei dieser Gelegenheit ausdrücklich hervorgehoben werden, dass die geringen Dampfverbrauchsziffern der Schmidt-Motoren, die vielfach mit dem Dampfverbrauch anderer Dampfmaschinen in Vergleich genommen werden, geeignet sind, irrite Meinungen hervorzurufen, da der überhitzte Dampf der Heissdampfmaschine mehr Brennstoff kostet, also teurer ist, als der gesättigte. Der einzige richtige Vergleich ist der, welcher in die Tabelle aufgenommen ist, d. i. die effektive Wärmeausnutzung und diese ist — abgesehen von der Grösse der Maschine — bei der Heissdampfmaschine nur unwesentlich grösser als bei den besten andern Dampfmaschinenarten. Ganz allgemein genommen dürfen die verschiedenen Motorsysteme überhaupt nur nach ihrer effektiven Wärmeausnutzung in Prozenten des Heizwertes des Brennstoffes verglichen werden, da nur so ein einheitlicher Maßstab für den Wert der Gesamtanlage zu gewinnen ist. Dass der Heizwert überhaupt nie vollständig in Arbeit verwandelbar ist, bleibt selbstverständlich trotzdem dem Bewusstsein eingraviert.

Wirkungsgrade der besten bekannten Dampfmaschinen, Anfang 1897.

Maschinengattung	Wirkungsgrad des Dampfkessels η_1	theor. grösster Wirkungsgrad des entsprechenden vollkommenen Prozesses η_2	indizierter Wirkungsgrad η_3	mechanischer Wirkungsgrad η_4	wirtschaftl. Wirkungsgrad η
700 P. S.-Dreifach-Expansionsmaschine in der Zirnerei Göggingen, gebaut von der Maschinenfabrik Augsburg Kesseldruck 11 Atm. abs. ¹⁾	0,8	0,300 (2122 W.-E. für 1 P.S.i)	0,593	0,85	12,1
76 P. S.-Heissdampfmotor von Schmidt Kesseldruck 13 Atm. abs. Ueberhitzungstemperatur 350° C ²⁾	0,8	0,328 (1940 W.-E. für 1 P.S.i)	0,592	0,85	13,19

¹⁾ nach Mitteilungen des Hrn. Professors M. Schröter. ²⁾ M. Schröter, Z. d. V. d. I. 1895 S. 11.

sich vielleicht mit der Zeit noch eine Verbesserung erzielen, die jedoch kaum bedeutend ausfallen kann, wegen der grossen Kondensationsfähigkeit des Dampfes und seiner Empfindlichkeit selbst im überhitzten Zustande gegen jede Berührung mit Metallwänden. Ausserdem würde diese Verbesserung nicht einmal sehr schwer ins Gewicht fallen gegenüber dem *unausrottbaren Uebel der Dampfmaschine, welches darin besteht, dass eben theoretisch, selbst wenn der vollkommen Prozess genau durchgeführt werden könnte, doch nur rund 30% der Wärme überhaupt in Arbeit verwandelbar sind.*

Zusammengefasst sind also die drei Grundübel der Dampfmaschine folgende:

1. die Benutzung des Dampfes, dessen Erzeugung allein 20 bis 30% Verlust an Wärme mit sich bringt;
2. der an sich geringwertige theoretische Prozess;
3. die grosse Empfindlichkeit des Dampfes gegen die Wirkung der Metallwände der Rohrleitungen und Cylinder.

Es ist daher kein Wunder, dass heute allerorts die grössten Anstrengungen gemacht werden, Mittel zur besseren Ausnutzung der Brennstoffe zu finden, dass die Lösung dieses Problems geradezu als die höchste und vornehmste Aufgabe der modernen Technik gilt.

Auch ich beschäftige mich seit anderthalb Jahrzehnten mit dieser Aufgabe und versuchte in erster Linie die Anwendung von Dämpfen, die unter normalen Betriebsverhältnissen sehr weit von ihrem Kondensationspunkt entfernt sind, um ihre Empfindlichkeit gegen die Wirkung der Wände abzuschwächen; es wurden dazu Ammoniakdämpfe gewählt, die ausserdem hoch überhitzt wurden, um durch Anwendung eines höheren Temperaturgefälles auch den rein theoretischen Prozess zu verbessern; ich strebte also nach Vergrösserung der Werte η_2 und η_3 der vorstehenden Tabelle und konstruierte auch einen Ammoniakmotor, bei welchem der ausserordentliche Unterschied im Verbrauch bei Anwendung der Ueberhitzung ganz schlagend zutage trat.

Aus dem umfangreichen Versuchs- und theoretischen Material, das ich bei dieser Gelegenheit sammelte, ging jedoch augenfällig hervor, dass *hoch überhitzte Dämpfe, gleichgültig welcher Art, rationell nur dann verwertbar sind, wenn ihnen ein entsprechend hoher Druckunterschied zur Expansion zur Verfügung steht*, da ohne diesen der Dampf am Ende der Expansion noch überhitzt bleibt und einen Teil seiner Mehrwärme unbenutzt wieder abführt. Die zur rationellen Anwendung der Ueberhitzung nötigen Drücke lassen sich für jeden Fall theoretisch bestimmen, und es zeigte sich dabei, dass bei schwer kondensierbaren, überhitzten Dämpfen ganz gewaltige Drücke, 50, 60 Atm. und mehr, notwendig seien. Unter diesen Verhältnissen werden Ammoniak- oder andere Dämpfe in der Handhabung sehr umständlich, und das Bestreben, sie durch etwas Billigeres, leichter zu Handhaben zu ersetzen, führte darauf, Luft zu verwenden. Die theoretische Untersuchung ergab dabei identische Ergebnisse: *auch hier ist zur Ausnutzung eines hohen Temperaturgefälles ein entsprechendes, theoretisch vollkommen umschriebenes Druckgefälle notwendig. Diese beiden Bedingungen sind untrennbar.* Bisher hatte ich das arbeitende Mittel stets in Gefässen eingeschlossen gehalten, und die Wärme war ihm von aussen mittels Heizungen

zugeführt und durch Kühlmittel entzogen worden; auch bei Anwendung der Luft hielt ich daran noch eine Zeit lang fest, bis endlich der naheliegende Gedanke sich aufdrängte, dass die Luft nicht nur als arbeitendes, sondern auch gleichzeitig als chemisches Mittel zur Verbrennung dienen könnte, wodurch es möglich wurde, das η_1 (Wirkungsgrad des Dampfkessels oder der Heizvorrichtung) mehr oder weniger zu beseitigen. Ich war daher auf grossen Umwegen zu einem Gedanken gekommen, der in Gasmotoren und Heissluftmaschinen schon längst ausgeführt war: die Verbrennung im Cylinder selbst. Entsprechend dem Entwicklungsgange hatte ich aber für diese Verbrennung Bedingungen gefunden, die eine bessere Ausnutzung der Wärme erwarten liessen als bisher, und welche ich 1893 in einer Broschüre veröffentlicht habe¹⁾, auf die der Hauptsache nach verwiesen werden darf. Es sei nur gestattet, die vier neu aufgestellten Forderungen hier kurz zu wiederholen, wobei allerdings vorher noch eine kleine Abschweifung erforderlich scheint.

Bei jedem Verbrennungsprozess sind zweierlei Temperaturen zu unterscheiden:

1. die *Entzündungstemperatur* des Brennstoffes,
2. die *Verbrennungstemperatur* des Prozesses.

Die Entzündungstemperatur ist diejenige Temperatur, bis zu welcher der Brennstoff erwärmt werden muss, um sich in Gegenwart von Luft zu entzünden.

Die Verbrennungstemperatur ist diejenige Temperatur, die erst später, nach erfolgter Zündung, während des Verbrennungsvorganges selbst durch den dabei auftretenden chemischen Prozess entsteht.

Ein etwas banales, aber treffendes Beispiel hierfür ist das gewöhnliche Zündholz; seine Entzündungstemperatur ist die durch Reibung an der Reibfläche erzeugte Temperatur, die nur unbedeutend über der Temperatur der Umgebung liegt; nach erfolgter Zündung aber entsteht durch die Verbrennung und während derselben eine sehr bedeutende Temperatursteigerung auf die Verbrennungstemperatur, welche 600°, 800° oder noch weit mehr beträgt.

Die Entzündungstemperatur ist ein konstanter Wert und nur von den physikalischen Eigenschaften des Brennstoffes abhängig. Sie liegt für die meisten Brennstoffe sehr tief, und zwar um so tiefer, je höher der Druck ist, unter dem die Entzündung eingeleitet wird; Versuche haben geradezu erstaunlich tiefe Temperaturen für die Entzündung der meisten Brennstoffe ergeben. Die Verbrennungstemperatur dagegen ist ein veränderlicher Wert, der von vielen Umständen, besonders von der zur Verbrennung gelangenden Luftmenge, abhängt, aber unter allen Umständen höher, meist weit höher, als die Entzündungstemperatur liegt.

Nun war bei allen früher bekannten Verbrennungen zu motorischen Zwecken nur ein Verfahren bekannt: *die Erzeugung der Verbrennungstemperatur nach erfolgter Zündung durch den Verbrennungsprozess selbst und während desselben.*

¹⁾ Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors von Rudolf Diesel. Berlin, Julius Springer; vergl. auch Schweiz. Bauzeitung Bd. XXIV S. 56.

Erste Forderung.

In meiner Broschüre sprach ich zum ersten Male als wichtigste und grundlegende Bedingung aus, dass bei einem rationellen motorischen Wärme Prozess die *Verbrennungs-temperatur nicht durch die Verbrennung und während derselben erzeugt werden soll, sondern vor und unabhängig von ihr (also noch vor erfolgter Zündung) lediglich durch mechanische Kompression reiner Luft*. Dieser scheinbar widersinnige Gedanke bedeutete demnach eine vollständige Umkehrung der damaligen Ansichten über die Verbrennung, ist aber nur die Verwirklichung einer Forderung, welche die Theorie des Carnotschen Prozesses schon längst gestellt hatte, ohne dass man jedoch zu praktischen Vorschlägen zu ihrer Durchführung durchgedrungen wäre. Ja, es darf gesagt werden, dass die Verwirklichung des Carnotschen oder vollkommenen Prozesses praktisch ausserordentliche Schwierigkeiten in sich schliesst wegen der hohen Drücke, die er verlangt.

Zweite Forderung.

Deshalb stellte ich als zweite Bedingung einer rationellen motorischen Verbrennung auf, dass man vom vollkommenen Prozess abweichen müsse, indem man die Luft nicht, wie dieser es nötig macht, erst isothermisch auf zwei bis vier Atm. und dann adiabatisch auf das 30 bis 40fache komprimiert, sondern unter Weglassung der Isotherme sofort nur adiabatisch. Man verwirklicht dabei die erste der gestellten Bedingungen: die Herstellung der Verbrennungs-temperatur durch reine Kompression, mit Drücken, welche zwei- bis viermal niedriger sind als bei dem vollkommenen Prozess. So würde der reine Carnotsche Prozess Drücke von 100 bis 200 und mehr Atmosphären erfordern, während der von mir vorgeschlagene und durchgeführte abweichende Prozess nur 30, 40 oder 50 Atm. verlangt, um auf die gleich hohe Verbrennungstemperatur durch Kompression zu gelangen. *Gerade diese Abweichung vom vollkommenen Prozess stellt die einzige Möglichkeit dar, den unausführbaren vollkommenen Prozess durch einen ausführbaren zu ersetzen.*

Dritte Forderung.

Als dritte Bedingung einer rationellen motorischen Verbrennung stellte ich auf, dass der Brennstoff in die auf die Verbrennungstemperatur adiabatisch komprimierte Luft nur ganz allmälig eingestreut werden dürfe, derart, dass die durch allmälig Verbrennung entstehende Wärme jeweils in statu nascendi infolge einer entsprechenden Expansion, d. h. mechanischen Kühlung der Gase, aufgezehrt wird, so dass die Verbrennungsperiode mehr oder weniger isothermisch verläuft; selbstverständlich muss zu diesem Zweck der Brennstoff in entsprechende Form gebracht werden, also gasförmig, flüssig oder staubförmig sein.

Es ist damit gesagt, dass durch die Verbrennung und während derselben keine oder nur eine verhältnismässig geringe Temperatursteigerung erzeugt werden dürfen: auch ein scheinbar widersinniger Gedanke, nachdem man bisher die Temperatursteigerung ausschliesslich durch die Verbrennung und während derselben hervorgerufen hatte.

Vierte Forderung.

Auch die vierte Bedingung stellte eine Umkehrung der bisher als richtig geltenden Anschaulungen dar, nach denen man die Verbrennung mit möglichst wenig Luftüberschuss leiten sollte, während ich im Gegenteil einen ganz beträchtlichen Luftüberschuss forderte, dessen Höhe übrigens für jeden einzelnen Fall theoretisch bestimmbar ist.¹⁾

Die verzeichneten vier Forderungen stellen ein Arbeitsverfahren für Verbrennungskraftmaschinen dar, das in dem theoretischen Diagramm, Fig. 1, veranschaulicht ist. Danach wird im Cylinder reine Luft nach Kurve 1 bis 2 so stark

verdichtet, dass hierdurch allein (vor der Einleitung der Verbrennung und unabhängig von dieser) eine Verbrennungs-temperatur entsteht, worauf der Brennstoff nach Kurve 2 bis 3 so allmälig zugeführt wird, dass die Verbrennung wegen des dabei stattfindenden Kolbenausschubes und der dadurch bewirkten Expansion der Luft möglichst isothermisch, also besonders auch ohne wesentliche Druckerhöhung erfolgt; alsdann wird nach Abschluss der Brennstoffzufuhr die im Cylinder befindliche Gasmasse nach Kurve 3 bis 4 weiter expandieren.

Es braucht kaum besonders erwähnt zu werden, dass in der Praxis die Ecke 2 des Diagrammes sich nicht scharf ausprägt, wie in der Theorie; sie wird eine abgerundete Form annehmen; auch werden die einzelnen Kurven nicht genau nach den theoretischen verlaufen, auch die Verbrennungskurve 2 bis 3 mehr oder weniger von der Isotherme abweichen, ohne dass sich deshalb an dem Wesen des Verfahrens etwas ändert.

Besonders sieht man sofort, dass es von Vorteil ist, die zwei langgestreckten Spitzen bei 2 und 4 wegzulassen, weil sie keine nennenswerten Flächen ergeben, dagegen

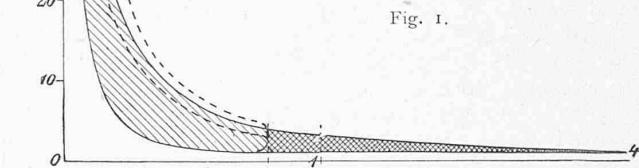


Fig. 1.

durch ihren Wegfall bei 2 geringere, also praktischere Kompressionshöhen, bei 4 kleinere Cylinderabmessungen ermöglichen. Man wird demnach, wie punktiert angedeutet, diese Spitzen irgendwo abschneiden und erhält in dem heller schraffierten Teile das wirkliche Diagramm der ausgeföhrten Maschine (wie es in der That von der Versuchsmaschine entnommen wurde).

Gleichzeitig zeigt Fig. 1, auf welche Art ein solches Diagramm, also die Leistung der Maschine, reguliert werden kann. Es wird nämlich, wie punktiert angedeutet, die Gestalt der Verbrennungskurve nach 3' oder 3'' dadurch abgeändert, dass die Dauer der Brennstoffeinführung wechselt, womit auch die darauf folgende Expansionslinie sich verschiebt. Man kann auch die Gesamthöhe des Diagrammes (und dadurch seine Fläche) verändern, indem man die Einführung des Brennstoffes an verschiedenen Punkten der Kompressionslinie beginnen lässt, wie ebenfalls punktiert zu sehen ist.

In der früher erwähnten Veröffentlichung ist nach der theoretischen Begründung der eben skizzierten Forderungen für eine richtige motorische Verbrennung eine Reihe von Konstruktionen angegeben, die diese Forderungen verwirklichen sollen, soweit es die Praxis gestattet. Ein solcher rationeller Wärmemotor ist in Fig. 2 dargestellt. Darin sind die Ventile nur schematisch angedeutet, das Gestell, die Pleuelstange, das Schwungrad u. s. w. weggelassen. Es sind zwei Cylinder C mit Tauchkolben P, also zwei Verbrennungscylinder, vorhanden, deren Einzelheiten, besonders was die Abdichtung der Kolben anbelangt, für die verlangten Drücke in geeigneter Weise konstruiert sind. Diese beiden Cylinder C sind mittels der gesteuerten Ventile b an die zwei Seiten eines grösseren Mittelcyinders B angeschlossen; durch die ebenfalls gesteuerten Ventile a stehen die beiden Verbrennungscylinder mit dem Luftgefäß L in Verbindung. Die Kurbeln der beiden Cylinder C stehen gleich und sind gegen die Kurbeln des Mittelcyinders B um 180° versetzt.

Das Verfahren gestaltet sich wie folgt:

Kolben Q saugt beim Aufwärtsgange unter sich atmosphärische Luft durch Ventil d an, komprimiert sie beim Abwärtsgang auf einige Atmosphären und drückt sie hierauf

¹⁾ Einzelne der genannten Forderungen finden sich vielfach in der früheren Literatur über Gasmotoren, u. a. in dem ausgezeichneten Werke von Otto Köhler: Theorie der Gasmotoren (Leipzig 1887), wo bei Besprechung einzelner Prozesse auf die Möglichkeit isothermischer Verbrennungen, auf den Nutzen des Luftüberschusses, auch auf die Unaufführbarkeit des vollkommenen Prozesses hingewiesen wird. Es ist jedoch niemals ein Verfahren in seiner Gesamtheit beschrieben, welches die Forderungen der Theorie mit den Bedürfnissen der Praxis in Einklang gebracht und dadurch eine neue Maschinenform hätte schaffen können.

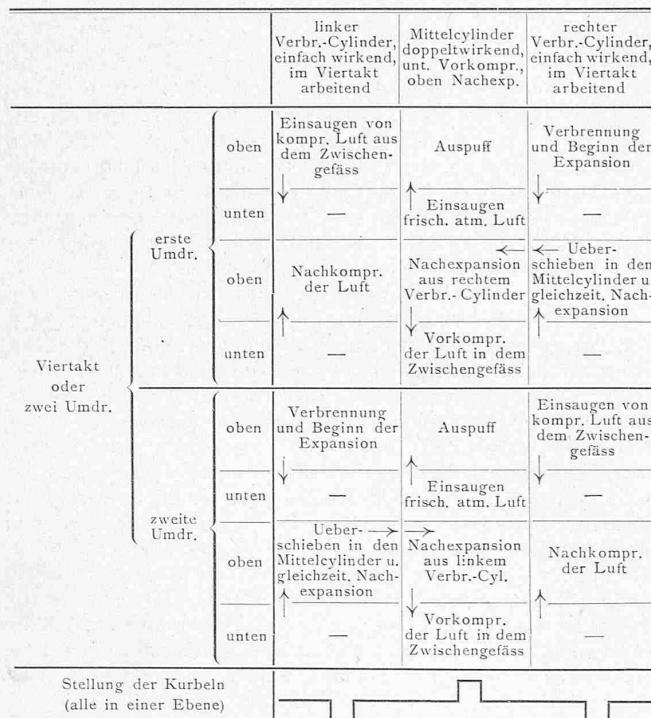
durch Ventil e nach dem Luftgefäß L . Der untere Teil des Mittelzylinders dient also lediglich als Luftpumpe und bewirkt die Vorkompression der Verbrennungsluft. Diese Vorkompression darf nur soweit gehen, dass die dadurch entstehende Erwärmung der Luft in mässigen Grenzen bleibt.

Nun saugt der Kolben P beim Abwärtsgehen die Luft aus dem Gefäß L , wo sie bereits unter Druck steht. Beim Aufwärtsgehen vollzieht also der Kolben P die zweite Stufe der Kompression bis auf die vorgeschriebene Höhe. Die Endstellungen des Kolbens unten und oben sind punktiert mit 1 und 2 bezeichnet.

Hierauf geht Kolben P wieder abwärts bis zur Stellung 3, während, wie früher geschildert, allmählich Brennstoff zugeführt und verbrannt wird. Als Brennstoff ist Staubkohle angenommen, die durch langsames Drehen eines rotierenden Hahnes mit seitlicher Rille während einer vorgeschriebenen Admissionsperiode in den Zylindern eingeführt wird.

Bei 3 hört die Brennstoffzufuhr auf und die Luft expandiert weiter. Ist der Kolben in der untersten Stellung 1 angekommen, so öffnet sich das Ventil b ; Kolben Q ist in diesem Augenblick gerade oben; beim Weitergehen geht P aufwärts und Q abwärts, und die Verbrennungsgase expandieren weiter bis auf das Volumen des Zylinders B ; hierauf schliesst sich Ventil b und f öffnet sich, so dass beim nächsten Abwärtsgang des Kolbens Q die Verbrennungsgase durch f in die Außenluft entlassen werden.

Wirkungsweise des Diesel-Verbundmotors.



Da die Zylinder C nur bei jeder zweiten Umdrehung eine Verbrennungsperiode haben, so erreicht man durch die Anbringung von zwei solchen Zylindern, dass bei jeder Umdrehung eine Verbrennung, d. h. ein Arbeitsgang abwechselnd rechts und links stattfindet.

Werfen wir nunmehr einen Blick zurück auf die Tabelle S. 78, so ist sofort ersichtlich, wie sehr eine solche Maschine der Dampfmaschine überlegen sein muss. Zunächst fällt infolge unmittelbarer Verbrennung des Brennstoffes im Zylinder der Dampfkessel weg, es wird $\eta_1 = 1$. Ferner ist der theoretische grösste Wirkungsgrad η_2 bei dem neuen Motor, wie damals nachgewiesen wurde, $\eta_2 = 50$ bis 70% , also durchschnittlich mehr als das Doppelte der besten und grössten Dampfmaschinen. Der indizierte Wirkungsgrad η_3 muss ebenfalls beträchtlich grösser ausfallen, da man es mit nicht kondensierbaren Gasen zu thun hat und viele andere Verlustquellen (durch Rohrleitungen u. dergl.) in Wegfall kommen. Der mechanische Wirkungsgrad η_4 dagegen müsste voraussichtlich wesentlich kleiner werden als bisher, wegen der sehr hohen Kompressionen und der damit verbundenen negativen Arbeiten. An diesem Punkte griff auch die Kritik energisch an; sie ging so weit, rechnerisch festzustellen, dass dieser mechanische Wirkungsgrad so niedrig ausfallen würde, dass dadurch die — sonst anerkannten — theoretischen Vorteile zunichte gemacht würden und der Motor geringere Leistungen ergeben müsste als alle bisherigen.

Anderseits waren die theoretischen Vorteile so bedeutend, dass von vielen Seiten anerkannt wurde, ihre Verwirklichung sei der höchsten Anstrengungen wert. Besonders unterstützten meine Bestrebungen Geheimrat Zeuner, der Altmeister der technischen Thermodynamik, mein verehrter Lehrer Professor Linde, ferner Professor Schröter, Geheimrat Slaby und viele andere. Auch in der Industrie fanden sich Männer, die geneigt waren, der Verwirklichung eines wissenschaftlichen Problems Zeit, Kraft und Mittel zu opfern. In erster Linie entschloss sich Kommerzienrat Buz, Direktor der Maschinenfabrik Augsburg, hierzu; ihm schloss sich bald Fried. Krupp in Essen an¹⁾, und so entstand in Augsburg eine mit allen Mitteln der Wissenschaft und Technik ausgestattete Versuchsstation, die nach einem festgesetzten Programm an die Versuche herantrat.

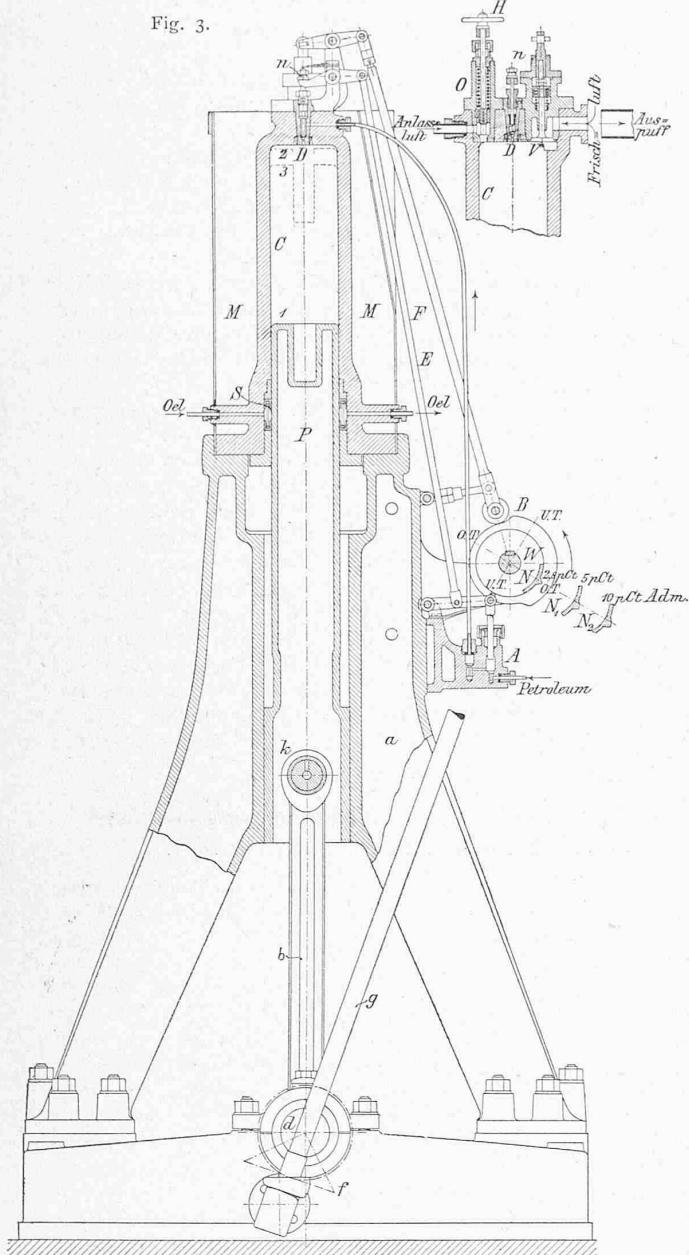
Dieses Programm war folgendes:

Herstellung eines Eincylindermotors, also nur des Verbrennungszylinders in Fig. 2, um an diesem das eigentliche Verbrennungsverfahren durchzuführen und die konstruktiven Einzelheiten zu studieren; es wurden dadurch weniger Schwierigkeiten geboten, wie wenn man gleich von vornherein drei Zylinder nach Fig. 2 genommen hätte; ferner wurde dadurch eine Maschine geschaffen, die für kleine und mittlere Leistungen wegen ihrer Einfachheit auch schon marktfähig erschien. Der Verbundmotor, Fig. 2, der meinem eigentlichen Vorschlage entsprach und sicherlich weit bessere thermische Ergebnisse erwartete liess, sollte erst nach Ausbildung der Eincylindermaschine in Angriff genommen werden. Ferner wurde festgesetzt, dass die Versuche zunächst mit flüssigen Brennstoffen stattzufinden hätten, dann mit gasförmigen und endlich mit festen gepulverten. Es möge hier eingeschaltet werden, dass gleich von Anfang an die Ansicht herrschte, dass die Vergasung der Kohle grundsätzlich einfacher und billiger sei als ihre Zermahlung und Siebung zu Mehl, und dass die Anwendung von Staubkohle, so verführerisch sie im ersten Augenblick erscheine, praktisch gegenüber der Anwendung von Kraftgas eher Nachteile als Vorteile biete.

¹⁾ Später folgten Gebr. Sulzer in Winterthur, Carels Frères in Gent u. a. m.

Auf Grund des geschilderten Arbeitsprogramms wurde zunächst die Maschine Fig. 3 gebaut. Sie zeigt einen Motor mit einfach wirkendem Cylinder C mit Tauchkolben P , deren Einzelheiten für hohe Drücke konstruiert sind. Kolben P ist durch Geradführung a , Pleuelstange b und Kurbel mit der Schwungradachse d in gewöhnlicher Weise verbunden. Die Schwungradwelle treibt bei f mittels konischer Zahnräder die nach oben gehende Welle g , die ihrerseits die wagerechte Steuerwelle W in Umdrehung versetzt; auf dieser sitzen unrunde Scheiben B , die im richtigen Augenblick das Luftventil V und das

Fig. 3.



Petroleumventil D öffnen. Die letztere Steuerung ist in Fig. 3 ganz sichtbar; die des Ventils V ist entsprechend. Beide Ventile werden, sobald die unrunden Scheiben B ausser Wirkung kommen, durch Federn auf ihre Sitze gedrückt.

Der Vorgang im Cylinder C vollzieht sich im Vier-takt wie folgt:

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

2. Aufwärtsgang des Kolbens P , immer noch durch angesammelte lebendige Kraft des Schwungrades und bei nunmehr geschlossenem Ventil V . Dabei wird die vorher angesaugte Luft komprimiert, und zwar auf so hohe Drücke, dass die Temperatur, bei der die spätere Verbrennung stattfinden soll, lediglich durch diese Kompression entsteht. Dieser Kompressionsdruck ist durch die vorgeschriebene Verbrennungstemperatur unzweideutig bestimmt und wird hergestellt durch den Kolben P , der in seiner (punktierten) Endstellung 2 die angesaugte Luftmenge auf die vorgeschriebene Temperatur gepresst hat.

3. Zweiter Abwärtsgang des Kolbens P oder eigentlicher Arbeitsgang: Einführung des Brennstoffes von Stellung 2 bis 3 des Kolbens durch die kleine Pumpe A , die mit Hülfe verschiedener Nasen N , N_1 , N_2 bestimmt vorgeschriebene Admissionsperioden, also allmähliche Verbrennungen, erzeugt. In Stellung 3 des Kolbens hört die Brennstoffzufuhr auf, und die Luftmasse expandiert bis zur unteren Totlage.

4. Zweiter Aufwärtsgang des Kolbens P vermöge der lebendigen Kraft des Schwungrades. Dabei wird die Gasmasse durch Ventil V (oder durch ein besonderes Ausblaseventil) blasrohrartig in ein nach aussen führendes Rohr abgeleitet;

Nach diesem zweiten Aufwärtsgange beginnt das ganze Spiel von neuem.

Der Motor wird angelassen, indem man durch ein besonderes Anlassventil O kompromisierte Luft aus einem Vorratsgefäß vermittelst eines anzuschliessenden Rohres einführt; das Vorratsgefäß wird vom Motor selbst während des Ganges mit komprimierter Luft gefüllt gehalten.

Betont sei hier, dass diese Maschine ohne Kühlmantel lief, und dass damit die Möglichkeit, ohne Kühlwasser zu arbeiten, die theoretisch vorausgesehen war, nachgewiesen ist. Aus praktischen Gründen wurde bei späteren Ausführungen der Wassermantel hinzugefügt, welcher namentlich erlaubt, aus den gleichen Cylinderabmessungen grössere Arbeitsleistungen zu erzielen. Aus den vielen Erfahrungen bei den Versuchen ging für mich mit Bestimmtheit hervor, dass die Anschauung, als sei der Wassermantel der Verbrennungsmotoren das Haupthindernis zur Erzielung höherer Nutzeffekte, irrig ist. Bei allen motorischen Prozessen muss aus rein theoretischen Gründen eine gewisse Wärmemenge abgeführt werden. Bei Dampfmaschinen ist hierfür ein besonderer Apparat, der Kondensator vorhanden. Bei den Verbrennungsmotoren wird der Kondensator, einerseits durch den Wassermantel vertreten, anderseits durch die Atmosphäre, welche die Wärme der Auspuffgase aufnimmt. Beide Wärmeabfuhrn zusammen stellen — abgesehen von Verlusten, die übrigens geringer sind, als man gewöhnlich annimmt — die Wärmemengen dar, die abgeführt werden müssen, um den Prozess richtig durchzuführen; der Wassermantel ist daher kein notwendiges Uebel, sondern eine theoretische Notwendigkeit, wie der Kondensator der Dampfmaschinen. Die zahllosen Bemühungen, an den abgeführten Wärmemengen sparen zu wollen, sind deshalb unverständlich und ihr fortwährendes Scheitern ohne weiteres klar. Diese Versuche entsprechen etwa dem Bestreben, bei Dampfmaschinen weniger Einspritzwasser in den Kondensator zu geben, damit weniger Wärme abgeführt und die Wärme besser ausgenützt würde.

Will man an den abzuführenden Wärmemengen sparen, so giebt es nur ein Mittel: den Verbrennungsprozess so zu wählen, dass von Haus aus, rein theoretisch, eine geringere Wärmeabfuhr erforderlich wird. Es würde zu weit führen, diese Anschauung hier an dem vorliegenden ausgedehnten Versuchsmaterial zu beweisen.

Da der neue Arbeitsprozess sehr hohe, bisher nie angewendete Kompressionsdrücke gleichzeitig mit hohen Temperaturen und grossen Geschwindigkeiten erforderte, so wurden hierdurch an die mechanische Ausführung so viele neue und grosse Anforderungen gestellt, dass für die Konstruktion nur wenig aus früheren Erfahrungen entnommen werden konnte; fast jedes einzelne Organ musste

durch langsame Studien und fortwährende Umbauten seinem Zwecke angepasst werden.

Ich unterlasse es, hier auf die zahllosen Ventil-, Kolben- und Steuerungskonstruktionen, auf die Materialfragen und andere Dinge einzugehen; ganz besondere Schwierigkeiten bot das Einspritzen des Brennstoffes, weil dieser nur in winzigen Mengen auf einmal und doch in genauer, gesetzmässiger Weise und mit kräftigen, dauerhaften Organen zugeführt werden musste. Die Auffindung und Erprobung aller dieser konstruktiven Einzelheiten erforderte rund zwei Jahre, worauf man erst daran gehen konnte, den ersten Versuchsmotor so umzubauen, dass er alle bisherigen Erfahrungen in sich schloss und wirklich betriebsfähig wurde. Dieser zweite Versuchsmotor von 12 P. S. war notwendigerweise sehr unvollkommen, weil er grösstenteils noch aus älteren Versuchsgegenständen zusammengestellt und nicht konstruktiv einheitlich durchgebildet war. Nichtsdestoweniger stellten die Ende 1895 erzielten Ergebnisse die neue Maschine sofort an die Spitze der heutigen Wärmemotoren. Die Mitteilung der Ergebnisse ist überflüssig, da neuere Ausführungen sie sehr übertreffen. Es sei nur erwähnt, dass mit diesem Motor monatelanger Dauerbetrieb auf die Transmission der Fabrik ausgeübt wurde, und dass er mit Petroleum sowohl wie Leuchtgas gleich gut und zuverlässig arbeitete.

(Fortsetzung folgt.)

Neues Post- und Telegraphen-Gebäude in Neuchâtel.*)

(Mit einer Tafel.)

I.

Einer Beschreibung des neuen Post- und Telegraphen-Gebäudes in Neuchâtel, die wir demnächst in der Lage sein werden, unsern Lesern vorzulegen, wollen wir noch einige Notizen über die Baugeschichte dieses kürzlich vollendeten Bauwerkes vorausschicken.

Wir gedenken damit eine Lücke auszufüllen, die im Jahrgang 1892 unserer Zeitschrift, d. h. zur Zeit, als der betreffende Wettbewerb seinen Abschluss fand, offen geblieben ist.

Das Jahr 1892 brachte eine solche Fülle architektonischer Wettbewerbe zum Entscheid, dass es uns damals an Raum zur Darstellung der preisgekrönten Entwürfe des Postbaues in Neuchâtel fehlte, obschon alle Voraarbeiten hiezu gemacht waren. Es möge von den Wettbewerben, die in dem betreffenden Jahrgang zur Darstellung gelangten, nur erinnert werden an diejenigen über die Tonhalle (II. Preisbewerbung), das neue Postgebäude in Zürich, die Universitätsbibliothek und die Umgestaltung des Marktplatzes in Basel, das Bürgerasyl in St. Gallen, das Sekundarschulhaus in Winterthur, die Kirche in Rheinfelden, das Tell-Denkmal, die Umgestaltung des Kaufhauses in Zürich, sowie an die engere Konkurrenz zwischen Prof. Bluntschli und der Firma Fellner und Helmer für die Zürcher Tonhalle.

Die Vollendung des neuen Postgebäudes in Neuchâtel bietet uns nun die erwünschte Gelegenheit, das Versäumte nachzuholen und auf die den betreffenden Preisrichtern: HH. Arch. Boissonnas, Baudirektor Flügiger, Arch. Füchslin, Postdirektor Höhn und Arch. Tieche vorgelegten Entwürfe näher einzutreten.

Der Wettbewerb war nicht zahlreich beschickt, indem nur 18 Entwürfe vorlagen. Von diesen wurden in einem ersten Umgang 11 eliminiert, so dass noch 7 in der engeren Wahl verblieben. Eine zweite gründliche Untersuchung brachte noch 2 Entwürfe in Wegfall. Es blieben somit in der engsten Wahl noch die Entwürfe:

1. «Premier juillet»
2. «Ville de Neuchâtel»
3. «Vivent nos vieilles villes suisses»
4. «Fourmies»
5. «S. P. Q. H.»

*) S. Bd. XIX S. 99, Bd. XX S. 13, 46, 48.

Das Preisgericht beschloss, einen ersten Preis nicht zu erteilen, dagegen einen zweiten von 2000 Fr. dem Entwurf: „Premier juillet“, einen dritten von 1600 Fr. dem mit dem Motto „Ville de Neuchâtel“ und drei gleichwertige vierte Preise von je 800 Fr. den übrigen drei Entwürfen zuzusprechen.

Als Verfasser ergaben sich für die Entwürfe:

«Premier juillet» Herr Arch. Alfred Romang in Basel.

«Ville de Neuchâtel» Herr Arch. Jean Béguin in Neuchâtel.

«Vivent nos vieilles villes suisses» die HH. Arch. Alfred Rychner in Neuchâtel und André Lambert in Stuttgart.

«Fourmies» Herr Arch. Gustav Clerc in Chaux-de-Fonds.

«S. P. Q. H.» die HH. Arch. Prince, Bouvier und Colomb in Neuchâtel.

Auf beifolgender Tafel finden sich die beiden Fassaden, die Turmbekrönung und Grundrisse des Entwurfes „Premier juillet“ dargestellt.

Hinsichtlich der Darstellung sowohl dieses, als auch der nächstfolgenden Entwürfe möchten wir nicht versäumen, nochmals auf den Umstand aufmerksam zu machen, dass dieselben aus dem Jahre 1892 stammen. Im Vergleich mit der Wiedergabe von Wettbewerb-Entwürfen, wie sie die letzten Jahrgänge unserer Zeitschrift brachten, stehen diese Darstellungen ganz erheblich zurück und liefern einen sprechenden Beweis dafür, wie sehr die Technik der photomechanischen Verfahren sich in den letzten Jahren vervollkommen hat.

Was den Romang'schen Entwurf vor anderen auszeichnet, sind, nach der Ansicht des Preisgerichtes: die klare Anordnung der Grundrisse, die den Bedürfnissen des Postdienstes gut entspreche, die Originalität der Fassaden, die Anlage der durch zwei Geschosse gehenden Schalterhalle, wodurch einerseits Verhältnisse geschaffen werden, die der Bedeutung jenes Raumes entsprechen und andererseits eine gute Beleuchtung und Lüftung des Ganges im ersten Stock erzielt werde. Als weniger gelungen bezeichnet das Preisgericht den Zugang zur Schalterhalle, deren Oeffnungen zu hoch sind und von den Säulen der Fassade eingeeengt erscheinen. Im fernerem sei das Mandatbureau zu klein, das Briefbureau zu gross und die Bekrönung des Turmes zu mächtig und schwerfällig. (Fortsetzung folgt.)

Der IV. internationale Architekten-Kongress in Brüssel am 28. August bis 2. September 1897.

Die Feier des 25jährigen Jubiläums der «Société Centrale d'Architecture de Belgique» in Verbindung mit der von jenem Verein an der Brüsseler Weltausstellung veranstalteten, retrospektiven Architektur-Ausstellung bot Anlass, die diesjährige Tagung des internationalen Architekten-Kongresses in der belgischen Hauptstadt abzuhalten. Der Einladung der genannten belgischen Fachvereinigung hatten 333 Teilnehmer, davon 151 aus Belgien und 182 aus den hauptsächlichsten europäischen Ländern, den Vereinigten Staaten von Amerika und aus Egypten Folge geleistet. Vom Auslande waren am zahlreichsten Deutschland durch etwa 60 und Frankreich durch mehr als 50 Delegierte, darunter eine ganze Reihe weitbekannter Baukünstler vertreten; aus der Schweiz hatte sich nur ein Teilnehmer eingefunden.

Nach einem am 28. August von der belgischen Architekten-Gesellschaft veranstalteten, festlichen Empfangsabend in den Räumen des Brüsseler Börsepalastes, wurde der Kongress am 29. August, Sonntag mittags im Akademie-Gebäude, in Gegenwart des belgischen Königs, vom Minister für öffentliche Arbeiten *de Bruyn* mit einer begrüssenden Ansprache eröffnet. Auf Antrag desselben übertrug die Versammlung die Leitung der Verhandlungen dem Vorsitzenden der «Société Centrale d'Architecture de Belgique» Herrn *V. Dumortier*, Provinzial-Baudirektor von Brabant. Als Sprecher der ausländischen Gäste dankten dem Minister und der Gesellschaft für den herzlichen Empfang die Herren Architekten: *Poupinet* von Paris, Delegierter des französischen Ministeriums für den öffentlichen Unterricht und die schönen Künste, Professor *Aitchison* von London, Vorsitzender der «Royal Institution of British Architects», Altmeister *Cuypers* von Amsterdam, Delegierter der holländischen Regierung, Staatsrat *Graf Luzor*, städtischer Baudirektor von Petersburg, Delegierter der kaiserlichen Gesellschaft russischer Architekten und Baurat *Stübben*