

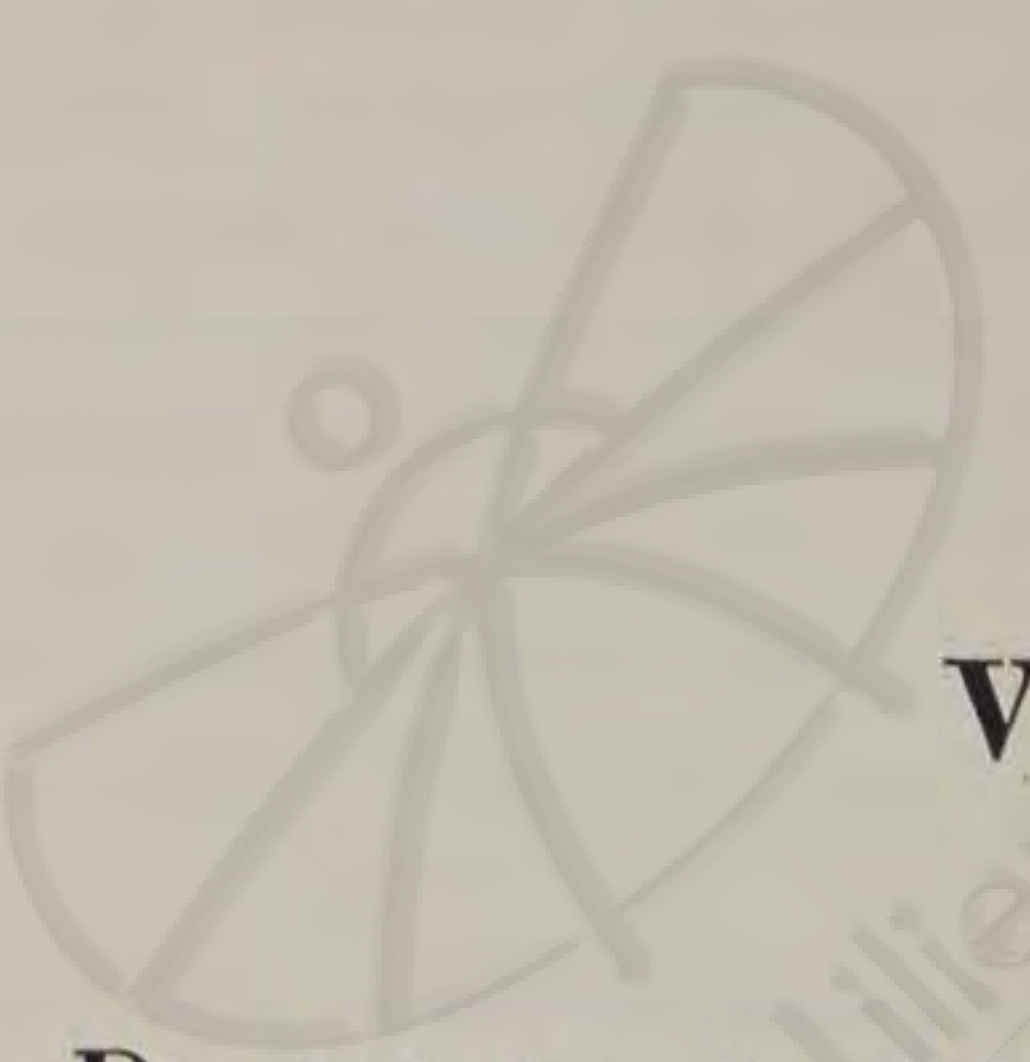
Die
Kraftmaschinen
des Kleingewerbes.

Von
J. O. Knoke
Ingenieur.

Mit 294 in den Text gedruckten Figuren.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1887.



Vorwort.

Die Aufgabe, das Gebiet der Kraftmaschinen für das Kleingewerbe einheitlich und übersichtlich zur Darstellung zu bringen, ist eine ebenso umfangreiche wie schwierige, sobald die Forderung der Berücksichtigung alles vorhandenen Stoffes gestellt wird. Ich übergebe deshalb diese Schrift, die einen Versuch der Lösung genannter Aufgabe enthält, nicht ohne Bedenken der Oeffentlichkeit, da ich mir wohl bewusst bin, wie schwer es ist, den sehr verschiedenen möglichen Forderungen Rechnung zu tragen. Angesichts der grossen Fortschritte, die auf besagtem Gebiete während der letzten Jahre zu verzeichnen waren, erschien mir das Unternehmen einer Bearbeitung des Gegenstandes dennoch lohnend, umsomehr, als seit dem Erscheinen der letzten derartigen Schrift (Musil, Die Motoren für das Kleingewerbe, 2. Aufl. 1883) mehrere Jahre verflossen sind. Der in dieser Richtung bereits vorliegende, theils in selbständigen Schriften, theils in Zeitschriften veröffentlichte Stoff gab natürlich die Grundlage für vorliegende Bearbeitung ab. Es erschien mir jedoch geboten, die in selbständigen Schriften über Kleinkraftmaschinen bisher inne gehaltenen Grenzen nicht unwesentlich zu erweitern. Musil gibt hauptsächlich Beschreibungen von Maschinen; abgesehen davon, dass die Zahl der zu berücksichtigenden Anordnungen eine erheblich grössere ist, als jene Schrift aufweist, hielt ich es für erforderlich, neben der Beschreibung der Maschinen auch kurze geschichtliche Bemerkungen, theoretische Betrachtungen und die sehr lehrreichen Ergebnisse der vielen ausgeführten Versuche aufzunehmen.

Einer eingehenderen Besprechung wurden nicht nur jene Kraftmaschinen unterworfen, welche auf dem Markte vorhanden sind, sondern auch solche, welche zwar der Vergangenheit angehören, aber doch eine wesentliche Stufe der Entwicklung darstellen oder

gründlichen und darum auch jederzeit lehrreichen Versuchen unterzogen worden sind; von einer Behandlung aller in den Patentschriften niedergelegten (und oft daselbst begrabenen) Gedanken wurde dagegen Abstand genommen. Die heute auf dem Markte befindlichen, durch bemerkenswerthe Anordnung u. s. w. gekennzeichneten Kleinkraftmaschinen glaube ich vollzählig behandelt zu haben; in den Fällen, in denen auch mehrfache Anfragen bei den Fabriken keinerlei Erfolg hatten, war ich ausser Stande, genügende Mittheilungen zu machen.

Das Einflechten geschichtlicher Bemerkungen bedarf wohl heutzutage keiner Rechtfertigung mehr, nachdem M. Rühlmann mit seinen klassischen geschichtlichen Arbeiten auf dem Gebiete der allgemeinen und theoretischen Maschinenlehre Bahn gebrochen hat.

Betreffs der theoretischen Betrachtungen und Rechnungen glaubte ich mir eine gewisse Beschränkung auferlegen zu müssen, nicht nur im Hinblick auf das Wesen der vorliegenden Schrift, welche kein Lehrbuch der Theorie sein soll, sondern auch bezüglich des gebotenen Umfangs. Die Heissluftmaschinen insbesondere sind lange Zeit der Gegenstand theoretischer Forschung gewesen, deren Werth nicht im mindesten bestritten werden soll; immerhin aber fand ich es für gerathen, nur eine dieser Theorien aufzunehmen und zwar diejenige, die einer Prüfung ihres Werthes durch Versuchsergebnisse mehrfach unterlegen hat. Dagegen erschien es mir erforderlich, die Wirkungsweise und die Vortheile der etwas in Vergessenheit gerathenen Regeneratoren der Heissluftmaschinen etwas eingehender zu beleuchten. Zeuner's „Technische Thermodynamik“ erschien erst während der Drucklegung meiner Arbeit, so dass die daselbst enthaltenen sehr reichhaltigen Abschnitte über Heissluft- und Gaskraftmaschinen im Folgenden leider keine Berücksichtigung mehr erfahren konnten; nur das sei angeführt, dass sich Zeuner gleichfalls für die Verwendung der Regeneratoren ausspricht, in Uebereinstimmung mit meinen aus Versuchen abgeleiteten Folgerungen. Die Wirkungsweise der schwingenden Wassersäulenmaschinen rechnerisch zu verfolgen, erschien mir nothwendig, da in dieser Richtung meines Wissens nach nichts vorliegt. Die Anschauungen über die Verbrennungsvorgänge in dem Cylinder der Gaskraftmaschine sind so mannigfache und in vielen Beziehungen noch so ungeklärte, dass mir eine möglichst ausführliche Darlegung am Platze schien. Die Wiedergabe einer ausführlichen,

neuere Unterlagen berücksichtigenden Untersuchung dieser Vorgänge musste leider unterbleiben, da sich die betreffenden, sehr umfangreichen Versuche als nicht einwandfrei erwiesen.

Die Ergebnisse der zahlreichen an Kleinkraftmaschinen ausgeführten Versuchsreihen habe ich in möglichster Vollständigkeit aufgenommen. Dieselben werden sich natürlich nicht mit denen des Betriebes decken, da bei derartigen Versuchen ein tadelloser Zustand der Kraftmaschine Voraussetzung ist; man kann aber dennoch in ihnen einen Vergleichsmassstab für die Beurtheilung des Werthes der verschiedenen Kleinkraftmaschinen erblicken.

In den Bemühungen, an Stelle der veröffentlichten Zeichnungen solche neuester Ausführungen zu setzen, bin ich in freundlichster Weise von der weitaus grössten Zahl der befragten Firmen unterstützt worden und ich statue denselben hierdurch den verbindlichsten Dank ab.

Auch der liebenswürdigen Unterstützung durch Uebermittlung von Sonderabdrücken u. s. w. von Seiten vieler Forscher, sowie der vortrefflichen Ausstattung meiner Schrift durch den Herrn Verleger habe ich mit ergebenstem Danke zu gedenken.

In wie weit es mir gelungen ist, entbehrliche fremdsprachliche Ausdrücke durch deutsche zu ersetzen, hat die Oeffentlichkeit zu entscheiden.

Es sei mir zum Schlusse noch die Bitte an den Leser gestattet, die möglichst gewissenhaft ausgeführte Arbeit mit gütiger Nachsicht beurtheilen zu wollen.

Dresden, im Juli 1887.

J. O. Knoke.

Inhaltsverzeichnis.

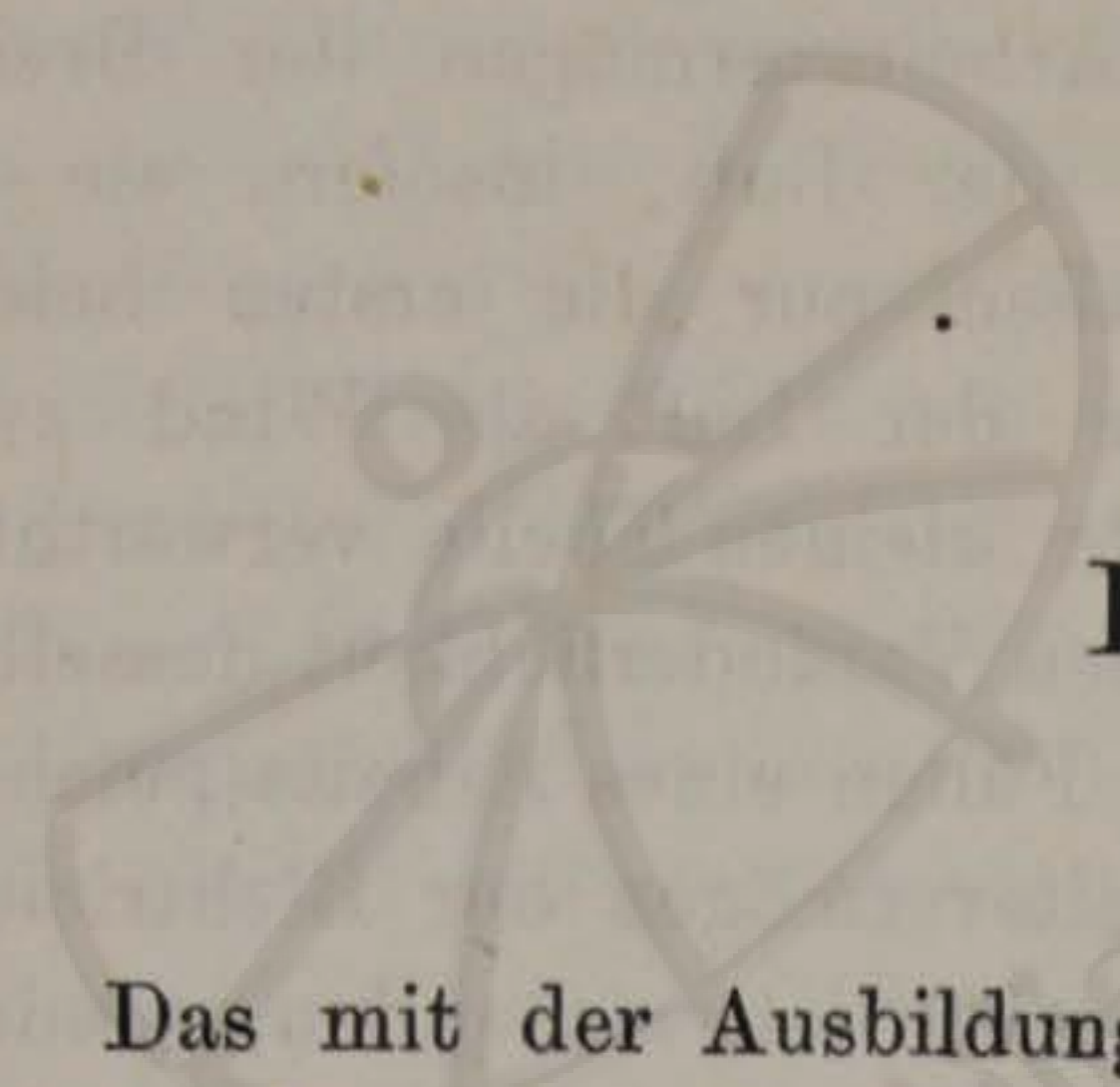
	Seite
Einleitung	1
Vorhandene Arbeitsvermögen 2 — Eintheilung der Kleinkraftmaschinen 2 — Betriebskosten 3.	
Wasserkraftmaschinen.	6
Allgemeines	6
Geschichtliches 6 — Eintheilung der Wassersäulenmaschinen 7 — Turbinen 11.	
Wassersäulenmaschinen	11
Verfügbare Arbeit 11 — Versuche 12 — Schmid 13 — Theorie schwingender Wassersäulenmaschinen 16 — Wyss & Studer 28 — Haag 32 — Kieffer & Engelmann 38 — Mayer 39 — Theorie der Wassersäulenmaschinen mit Luftkissen 40 — Winter 49 — Hastie & Co. 51 — Schaltenbrand & Möller 54 — Göbel 57 — Mégy 58 — Neuerungen 59.	
Turbinen	59
Queva & Co. 59 — Kuhnert 64 — Rieter & Co. 64 — Ziegler & Bossard 66 — Escher, Wyss & Co. 69 — Bell & Co. 69.	
Heissluftmaschinen	70
Eintheilung und Geschichtliches	70
Eintheilung 71 — Geschichtliches 73 — Cayley 73 — Stirling 73 — Carnot 73 — Regenerator 74 — Parkinson & Crossley 75 — Arnott 75 — Ericsson 76 — Franchot 76 — Andraud 77 — Ericsson 77 — Pascal 78 — Ericsson 78 — Whipple 81 — Belou 81 — Laubereau 82 — Schwartzkopff 82 — Edwards, Piobert 83 — Wilcox 83 — Windhausen & Huch 83 — Roper 84 — Churchill 84 — Johnson 84 — Young & Kirk 84 — James 84 — Burdin & Bourget 84 — Shaw 85 — Wenham 85 — Hopmann, Nacke, Hanner 86.	
Geschlossene Heissluftmaschinen	86
Lehmann 86 — Theorie geschlossener Heissluftmaschinen 89 — Theorie der Regeneratoren 96 — Lehmann 104 — Rider 112 — Monski 124 — Stenberg 126 — Rennes 134 — Buschbaum 138 — Neuerungen 142.	
Feuerluftmaschinen	142
Hock 143 — Brown 145 — Theorie der Feuerluftmaschinen 146 — Neuerungen 153 — Todt 153.	

	Seite
Gaskraftmaschinen	156
Geschichtliches	156
Hautefeuille 156 — Huyghens 156 — Papin 157 — Barber 157 — Street 157 — Lebon 157 — Brown 158 — Wright 158 — Johnston 158 — Barsanti & Matteucci, Hugon, Reithmann, Siemens 159.	
Eintheilung der Gaskraftmaschinen	159
Eintheilung 160 — Theoretisches 160 — Verzeichniss der Anord- nungen 162.	
Explosionsmaschinen ohne Verdichtung der Ladung	163
Lenoir 163 — Hugon 166 — Ravel 167 — Turner 167 — Ord 168 — Bénier & Lamart 168 — Edwards 168 — Parker 169 — Hutchin- son 169 — Forest 169 — Economic Motor Co. 170.	
Explosionsmaschinen mit Verdichtung der Ladung	172
Otto 172 — Beau de Rochas 173 — Crossley 184 — Otto 185 — Körting 190 — Wittig & Hees 197 — Linford 197 — Rider 197 — Funck 197 — Buss, Sombart & Co. 198 — Clerk 200 — Siemens 204 — Worsam 204 — Beissel 204 — Kabath 205 — Maxim 205 — Lenoir 205 — Seraine 206 — Andrew 206 — Benz 206 — Adam 209 — Atkinson 209.	
Verbrennungsmaschinen mit Verdichtung der Ladung . . .	209
Simon 209 — Hambruch 211 — Foulis, Livesay 212 — Crowe 212 — Schiltz 212 — Fink 213.	
Atmosphärische und andere Maschinen	213
Barsanti & Matteucci 213 — Langen & Otto 214 — Bisschop 219 — Gilles 224 — Hallewell 224 — Robson 225 — François 225 — Schweizer 225.	
Die Vorgänge im Cylinder der Gaskraftmaschinen	225
Meidinger 226 — Theorie von Otto 227 — Schichtung und sich verlangsamende Verbrennung 229 — Wigand 230 — Slaby's Ansicht 232 — Wedding, Dissociation 233 — Theorie von Clerk 233 — Rücker 237 — Bousfield 238 — Clerk's Versuche betreffs der Ex- plosionerscheinungen 244 — Slaby's calorimetrische Untersuchung 248 — Versuche und Rechnungen von Brooks und Steward 252 — Ver- suche betreffs der Schichtung 255 — Deutzer Gasmotorenfabrik und Schöttler 255 — Versuche zum Patentprocess Otto-Steel 258 — Teich- mann's Versuche 259 — Schöttler's Versuche an Modellen und Ma- schinen von Deutz, Gebr. Körting und Mannheim 259 — Untersuchungen von Ayrton und Perry 261 — Forschungen von Mallard und Le Cha- telier betreffs der Veränderlichkeit der specifischen Wärmen gasförmiger Körper 265 — Dissociation 266 — Untersuchungsmethoden für Wärme- vorgänge in Gaskraftmaschinen 269 — Versuche von Witz 270 — Er- gebnisse derselben 275 — Schöttler's Gutachten im Deutzer Patent- process 277 — Einwände 278 — Versuche von Frese und Körting 280 — Versuche Slaby's zur Widerlegung der Witz'schen Theorie 281 — Entgegnung von Witz 284 — Slaby's neueste Versuche 284 — An- sicht des Verfassers 293.	

	Seite
Petroleumkraftmaschinen	294
Aeltere Versuche 294 — Brennflüssigkeiten 294 — Hock 295 —	
Brayton 296 — Spiel 299 — Otto's Benzingaskraftmaschine 306 —	
Andere Bestrebungen 309.	
Kleindampfmaschinen	311
Gesetzliche Bestimmungen 311 — Kleinkessel 312 — C. E. Rost & Co.	
313 — Röhrenkessel 314 — Hermann-Lachapelle-Kessel 315 — Gende-	
bien & Naumann 316 — H. C. Hoffmeister 317 — Altmann & Co. 320	
— C. Schranz & G. Rödiger 322 — F. K. Komarek 323 — Müller & Klasek	
327 — Friedrich 329 — Friedrich's Zwergmotor 332 — Sächsische	
Dampfschiffs- und Maschinenbauanstalt (Compoundmaschine) 332 —	
Vogel & Schlegel 334 — O. Lilienthal 334 — Elze 336 — Klotz,	
Günther & Kops (Simplexmotor) 338 — Sächsische Stickmaschinen-	
fabrik 340 — Davey (Domestic motor, Vacuummotor) 342 — Klein	
(Sparmotor) 345 — Monski 346 — Sachs & Bolte (Victoria-Dampf-	
motor) 346 — Arndt & Marichal (Mignon-Motor) 347 — Hock (Luft-	
dampfmaschine) 348 — Der Entwurf zum Zwergkesselgesetz 349.	

Schriften über Kleinkraftmaschinen.

- Redtenbacher, Die calorische Maschine 1853.
Jeep, Die calorische Maschine 1861.
Boëtius, Die Ericsson'sche calorische Maschine 1861.
Cazin, Théorie élémentaire des machines à air chaud 1865.
Hirsch, Théorie des machines aérothermiques 1874.
Kosak, Katechismus der Einrichtung und des Betriebes der Motoren der Kleingewerbe-Industrie 1876.
Hell, Die wichtigsten Kleinkraftmaschinen 1878.
Musil, Die Motoren für das Kleingewerbe 1878 und 1883.
Musil, Die Motoren für das Kleingewerbe. Bericht über die Pariser Ausstellung 1878.
Brauer und Slaby, Versuche über Leistung und Brennmaterial-Verbrauch von Kleinmotoren 1879.
Bork, Die Kraftmaschinen für das Kleingewerbe 1881.
Hosemann, Ueber Kleinmotoren 1881.
Schöttler, Die Gasmaschine 1882.
Clerk, The Theory of the Gas Engine 1882.
Wigand, Zur Frage der freien Concurrenz im Gasmotorenbaue 1883.
Mallard et Le Chatelier, Recherches expérimentales et théoriques sur la combustion des mélanges gazeux explosifs 1883.
Witz, Etudes sur les moteurs à gaz tonnant 1884.
Macgregor, Gas Engines 1885.
Richard, Les moteurs à gaz 1885.
Witz, Traité théorique et pratique des moteurs à gaz 1886.
-



Einleitung.

Das mit der Ausbildung und Vervollkommnung der Kraftmaschinen, insbesondere der Dampfmaschinen im engen Zusammenhange stehende Aufblühen der Grossindustrie hat Folgen gehabt, die neben vielen Vortheilen auch Schattenseiten aufweisen, die ernster Natur sind und mit deren Beseitigung bzw. Milderung der heutigen menschlichen Gesellschaft grosse Aufgaben gestellt sind. Durch die Zusammenfassung der Arbeitskräfte und die dadurch erreichbare Arbeitstheilung ist die Möglichkeit rascherer und billigerer Herstellung von Gebrauchsgegenständen geboten, und dies erscheint als grosser Vorthail für den Abnehmer; schwer leidet hierunter jedoch das Handwerk, dessen goldener Boden eine bedenkliche Abminderung des Werthes erlitten hat. Die Rücksichtnahme auf den grossen Stand der Handwerker, sowie die Thatsache, dass nicht alle Gebrauchsgegenstände von der Grossindustrie hergestellt werden können, oder dass auch in andern Fällen die Erzeugnisse des Handwerks denen der Grossindustrie vorzuziehen sind, haben die Bestrebungen wach gerufen, dem Handwerk die Vortheile des Betriebes durch Maschinen ebenfalls zugänglich zu machen. Die Uebertragung der Arbeitsmaschinen der Grossindustrie in die Werkstätte des Handwerkers bietet nur geringe Schwierigkeiten, da hierbei nur eine Verminderung der Abmessungen erforderlich ist; der Vorthail der Arbeitsmaschinen ist aber für das Handwerk nahezu hinfällig, sobald der Betrieb derselben durch Menschenkraft erfolgen soll. Das Hauptaugenmerk ist daher auf die Beschaffung einer mechanischen Betriebskraft für die Werkstätte des Handwerkers zu richten, da er nur dann den Kampf mit der Grossindustrie erfolgreich aufnehmen kann. In der That beweist auch die grossartige Entwicklung des Gebietes der Kraftmaschinen für die Kleinindustrie, dass es sich hierbei um Erhaltung des Lebensnervs des Handwerks handelt; letzteres hat dies wohl verstanden und bringt deshalb diesen Bestrebungen die lebhafteste Theilnahme entgegen. So sehen wir heute bereits das genannte Gebiet in umfassender Weise bebaut und gewahren mit Befriedigung, dass trotz der grossartigen Erfolge, die erzielt worden sind, die Bemühungen, zu vervollkommen und den verschiedensten und weitest gehenden Ansprüchen zu genügen, rastlose sind.

Die für die Arbeitszwecke der Kleinindustrie zur Verfügung stehenden, natürlich vorhandenen Arbeitsvermögen sind selbstredend dieselben, wie die von der Grossindustrie benutzten, nämlich das Arbeitsvermögen der Wasserläufe, das chemisch gebundene Arbeitsvermögen der Brennstoffe und etwa noch das Arbeitsvermögen der Luft, insofern sie als Wind verwerthbar ist. In Wirklichkeit fallen nur die ersten beiden Arbeitsvermögen ins Gewicht, da dasjenige der Luft als Wind zwar ein sehr grosses ist, jedoch nur zu einem sehr kleinen Theile verwerthbar erscheint und dann auch auf Grund der grossen Veränderlichkeit desselben sich in geeigneten Zeiten damit nur etwa das Füllen eines Arbeitsspeichers (Wasserbehälters) vornehmen lässt. Das Arbeitsvermögen der Elektrizität, das noch in Frage kommen könnte, ist nicht natürlich vorhanden, sondern stellt nur eine zur Versendung geeignete Form anderer natürlich vorhandener Arbeitsvermögen dar; es hat jedoch noch nicht gelingen wollen, das Hinderniss des hohen Preises dieses Betriebsmittels zu beseitigen.

Es bleiben somit im engeren Sinne zur Erzeugung mechanischer Betriebskraft für das Kleingewerbe nur das Wasser und die Brennstoffe übrig. Man hat nach der Art der Kraftlieferung zwei grosse Gruppen unterschieden (Slaby, Zeitschr. d. Ver. d. Ing., 1880, S. 497; Prakt. Masch.-Constr., 1882):

I. Kraftvermiethung und Kraftleitung von einer grossen Quelle;

II. Benutzung kleiner Kraftmaschinen in geschlossener Ausführung.

Zur ersten Gruppe wurden gerechnet die Betriebe von Kleinkraftmaschinen durch Wasserleitungen, durch Luftleitungen und durch Elektrizitätsleitungen, zur zweiten Gruppe dagegen die Heissluftmaschinen, die Gas- und Petroleumkraftmaschinen, die Dampfmaschinen, die Wind- und die Federkraftmaschinen. Gegen eine derartige Eintheilung lassen sich aber mancherlei Einwände machen. Eine in günstiger Lage aufgestellte Wasserkraftmaschine, die eine eigene Leitung hat, würde z. B. der zweiten Gruppe zuzuweisen sein. Das Arbeitsvermögen gespannter oder verdünnter Luft, die in Röhren fortgeleitet wird, ist ein künstlich erzeugtes, und es ist nicht ersichtlich, weshalb dasselbe nicht mit dem chemisch gebundenen Arbeitsvermögen des Leuchtgases, das gleichfalls künstlich erzeugt wurde, einer und derselben Gruppe zugewiesen werden soll. Andererseits würde wiederum eine mit Gaserzeuger versehene Gaskraftmaschine eine selbstständige Kraftmaschine sein. Es erscheint daher zweckmässiger, von obiger Eintheilung Abstand zu nehmen und die einzelnen Kraftmaschinen gesondert zu betrachten. Von einer eingehenden Besprechung sollen aber ausgeschlossen werden der Betrieb von Kraftmaschinen durch Luftleitungen und durch Elektrizitätsleitungen, die Wind- und die Federkraftmaschinen, und zwar aus Gründen, die zunächst erörtert werden mögen.

Die Versuche, Luft zum Betriebe von Kraftmaschinen in Röhrenleitungen zu verschicken, haben keinerlei praktischen Erfolg gehabt.

Sommeiller schlug vor, in einem Mittelpunkte Luft zu verdichten, doch scheiterte das Vorhaben an den ungeheuren Anlagekosten. Der Betrieb von Strassenbahnen mittelst verdichteter Luft musste wieder eingestellt werden, da die in der Röhrenleitung auf die Bodentemperatur abgekühlte Luft bei der Ausdehnung ihren Wärmegrad so sehr erniedrigte, dass die Austrittsöffnungen aus dem Arbeitscylinder bald vereisten. Der Gedanke, eine Röhrenleitung luftleer zu machen, ist ebenfalls aufgetaucht, aber wohl nie ausgeführt; der geringe verfügbare Arbeitsdruck von etwa 0,7 at. würde grosse Abmessungen der Maschinen veranlassen haben (Wochenschr. d. Ver. d. Ing., 1882, S. 454).

1867 schlug Siemens vor, die Elektrizität für technische Arbeitszwecke zu verwerthen. Slaby ermittelt (a. a. O.) die Kosten einer secundlichen Leistung von 5 mkg für den 10-stündigen Arbeitstag zu 6,4 Mark. Die erzielten Wirkungsgrade bei elektrischer Kraftübertragung von etwa 50% lassen diese Art des Betriebes für das Kleingewerbe vorläufig ausser Betracht kommen (s. a. Japing, Die elektrische Kraftübertragung, Wien 1883).

Die Windkraftmaschinen gestatten, wie oben ausgeführt wurde, nur eine beschränkte Verwendung, etwa für Wasserförderungszwecke; sie können daher ausgeschieden werden. Die sogenannten Federkraftmaschinen sind keine Kraftmaschinen, sondern Arbeitsspeicher, die eine geringe Menge menschlicher Arbeit aufzunehmen und, auf einen längeren Zeitraum vertheilt, abzugeben geeignet sind; eine Behandlung dieser Vorrichtungen kann daher selbstverständlich fortfallen.

Die zu behandelnden Kraftmaschinen sind mithin die folgenden:

- I. Die Wasserkraftmaschinen.
 - A. Die Kolbenmaschinen.
 - B. Die Turbinen.
- II. Die Heissluftmaschinen.
- III. Die Gaskraftmaschinen.
- IV. Die Petroleumkraftmaschinen.
- V. Die Kleindampfmaschinen.

Diese fünf Gruppen haben nach ihrer Eigenart weitere Eintheilung zu erfahren, die jedoch erst später vorgenommen werden soll. Dagegen möge noch Einiges über die Betriebskosten hier Platz finden, dem freilich ein grosser Werth aus dem Grunde nicht zugeschrieben werden darf, weil die Preise von Wasser, Gas und Kohlen von Ort zu Ort stark schwanken.

Eine aus einer Wasserleitung von 30 m Druck gespeiste Wasserkraftmaschine von 1 e ergibt folgende Betriebskosten: Preis der Kraftmaschine 600 M.; 10% hiervon für Verzinsung, Abschreibung und Erhaltung auf 300 Arbeitstage vertheilt, ergibt täglich 0,20 M. Eine Leistung von 1 e ergibt bei 10-stündigem Betriebe täglich $75 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 10 = 2700000$ mkg; bei Annahme eines Wirkungsgrades von 0,6 findet sich daher die erforder-

liche Wasserarbeit zu 4500000 mkg. Bei 30 m Druck also der Wasserverbrauch = 150000 kg = 150 cbm; bei 0,12 M. für das cbm kosten diese 18,00 M. Rechnet man für Schmierung und Wartung noch 0,80 M., so kostet eine Leistung von 1 e bei 10-stündigem Betriebe 19,00 M.

Für eine einpferdige Heissluftmaschine ergibt sich Folgendes: Preis derselben 1860 M.; bei 15 % daher täglich 0,93 M. Kohlenverbrauch 75 kg zu 1,00 M., für Schmierung und Wartung 2,00 M., Kühlwasser 2 cbm zu 0,24 M., somit zusammen 4,20 M.

Eine einpferdige Gaskraftmaschine kostet 1500 M., bei 15 % täglich 0,75 M. Gasverbrauch 10 cbm, zu je 0,16 M., gibt 1,60 M. Kühlwasser 0,4 cbm zu 0,05 M. Schmierung und Wartung 1,00 M., daher insgesamt 3,40 M.

Eine einpferdige Petroleumkraftmaschine kostet 1500 M., bei 15 % mithin täglich 0,75 M. Verbrauch an Petroleum (Naphta) bei 10-stündigem Betriebe 7 kg, zu je 0,30 M., gibt 2,10 M. Kühlwasser 0,05 M., Schmierung und Wartung 1,00 M., daher zusammen 3,90 M.

Endlich kostet eine Kleindampfmaschine von 1 e 1500 M., somit täglich 0,75 M., Kohlenverbrauch 70 kg zu 1,00 M., Schmierung und Wartung 2,00 M., somit zusammen 3,75 M.

Ein Arbeiter leistet täglich an der Kurbel etwa 270000 mkg oder 0,1 e. Bei 2,50 M. Lohn kostet somit die Pferdestärke täglich 25 M.

Es kostet hiernach 1 Pferdestärke bei 10-stündigem Betriebe täglich:

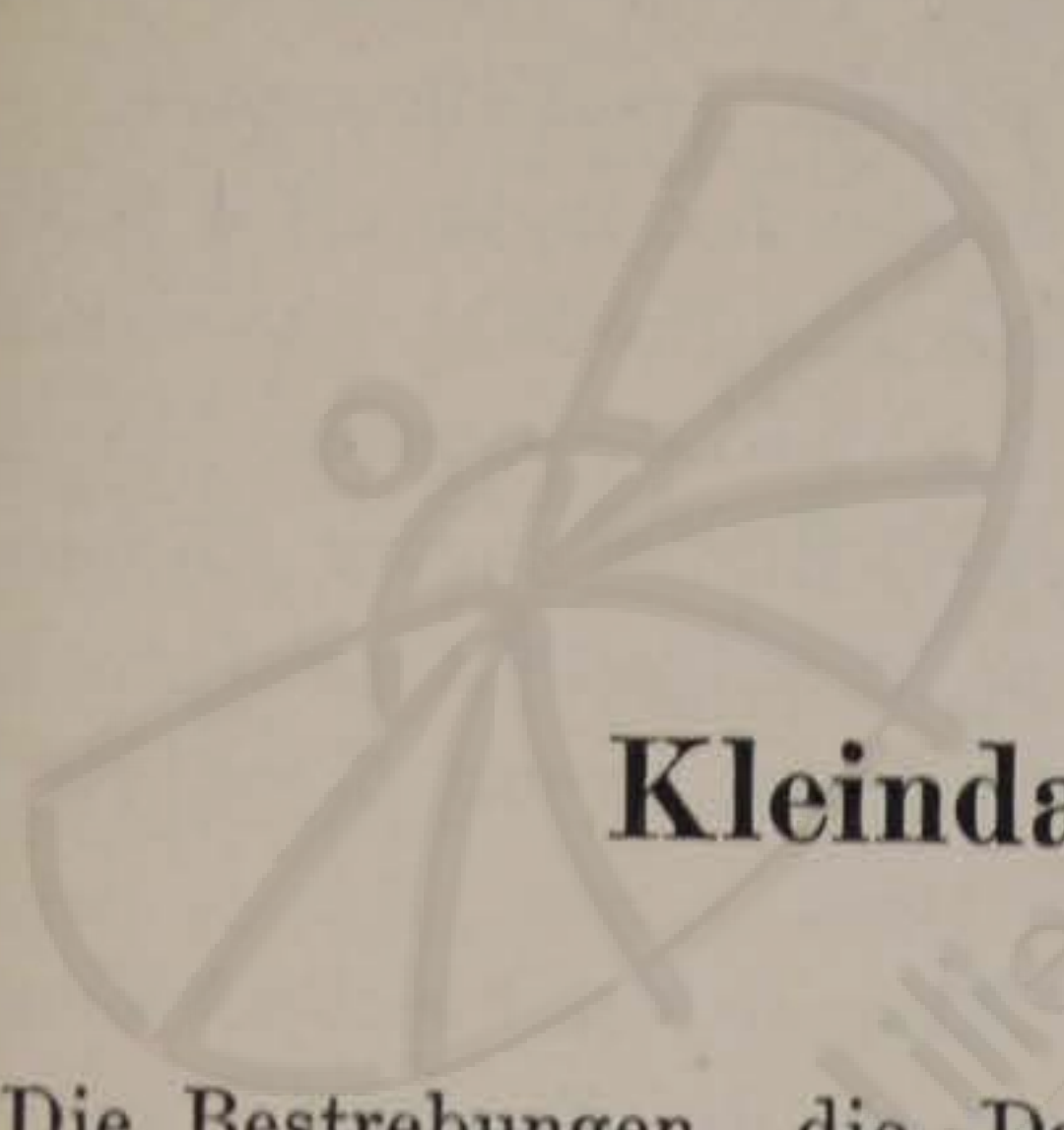
Wasserkraftmaschine	19,00 M.
Heissluftmaschine	4,20 -
Gaskraftmaschine	3,40 -
Petroleumkraftmaschine	3,90 -
Kleindampfmaschine	3,75 -
Arbeiter	25,00 -

Die Betriebskosten der gebräuchlichsten Kleinkraftmaschinen ergeben sich somit nicht sehr von einander verschieden.

Gas- und Wasserkraftmaschinen sind an das Vorhandensein bezüglich Leitungen im Allgemeinen gebunden und werden daher in der Hauptsache in Städten Verwendung finden. Sie sind die reinlichsten Kraftmaschinen und erfordern wenig Wartung und Schmierung. Ihnen zunächst stehen die Petroleumkraftmaschinen, bei denen eine Feuersgefahr in Folge unvorsichtiger Handhabung nicht ausgeschlossen ist. Am meisten bedürfen der Beaufsichtigung die Heissluft- und Kleindampfmaschinen; ausserdem haftet letzteren noch der Nachtheil einer Explosionsgefahr an, und zu weit gehende Anforderungen seitens der Aufsichtsbehörden betreffs der Schornsteine erschweren ihre Verwendung unnöthig.

Die erforderlichen Eigenschaften einer Kleinkraftmaschine hat Hosemann wie folgt festgestellt:

1. Ueberall anwendbar.
2. Ueberall aufstellbar, selbst in bewohnten Räumen der höchsten Stockwerke.
3. Keine Bauerlaubniss erforderlich.
4. Ohne alle Explosionsgefahr.
5. Möglichst leicht in kurzer Zeit auseinander und wieder zusammen zu bauen.
6. Keine besondere Wartung.
7. Billiger Betrieb.
8. Keine Belästigung für die Umgebung, sei es durch Geräusch, Geruch oder fliegende Schmutztheilchen.
9. Einfache Bauart, welche nur geringes Verständniss betreffs Bedienung und Erhaltung erfordert.



Kleindampfmaschinen.

Die Bestrebungen, die Dampfmaschine dem Kleingewerbe dienstbar zu machen, entstammen keineswegs der neuesten Zeit, sondern sind von jeher rege gewesen. Dass sich jedoch diesem Vorhaben grosse Schwierigkeiten in den Weg stellen, beweist unter Anderem der Aufschwung des Gasmaschinenbaues. Man hat in der That mit vielen Hindernissen zu kämpfen, hat aber die Bemühungen aus dem Grunde nicht aufgegeben, weil der Betrieb einer Kleindampfmaschine billig erscheint; es ist jedoch zu bemerken, dass dafür die Wartung des Feuers und der Maschine Kosten veranlasst, die bei Heissluftmaschinen gleiche Höhe haben, bei Gasmaschinen jedoch niedriger sind. Der Dampfkessel ist und bleibt für den Besitzer ein Sorgenkind.

Die Anordnung der Maschine selbst bietet wenig Schwierigkeiten, dagegen ist derjenigen der Kessel unausgesetzte Aufmerksamkeit zugewendet worden. Es mögen zunächst die einschlägigen Bestimmungen des Deutschen Reichsgesetzes über Dampfkessel vom 29. Mai 1871 hier Platz finden.

„§ 1 (Kesselwandungen). Die vom Feuer berührten Wandungen der Dampfkessel, der Feuerröhren und der Siederöhren dürfen nicht aus Guss-eisen hergestellt werden, sofern deren lichte Weite bei cylindrischer Gestalt 25 cm, bei Kugelgestalt 30 cm übersteigt.

Die Verwendung von Messingblech ist nur für Feuerröhren, deren lichte Weite 10 cm nicht übersteigt, gestattet.

§ 2 (Feuerzüge). Die um oder durch einen Dampfkessel gehenden Feuerzüge müssen an ihrer höchsten Stelle in einem Abstände von mindestens 10 cm unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserspiegel des Kessels liegen.

Diese Bestimmungen finden keine Anwendung auf Dampfkessel, welche aus Siederöhren von weniger als 10 cm Weite bestehen, sowie auf solche Feuerzüge, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraume in Berührung stehenden Theiles der Wandungen nicht zu befürchten ist. Die Gefahr des Erglühens ist in der Regel als ausgeschlossen zu betrachten, wenn die vom Wasser gespülte Kesselfläche, welche von dem Feuer vor Erreichung der vom Dampfe gespülten Kesselfläche bestrichen wird, bei

natürlichem Luftzuge mindestens zwanzigmal, bei künstlichem Luftzuge mindestens vierzigmal so gross ist, als die Fläche des Feuerrosteres.

§ 14 (Aufstellungsort). Dampfkessel, welche für mehr als 4 at Ueberdruck bestimmt sind, und solche, bei welchen das Produkt aus der feuerberührten Fläche in Quadratmetern und der Dampfspannung in Atmosphären Ueberdruck mehr als zwanzig beträgt, dürfen unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen, nicht aufgestellt werden. Innerhalb solcher Räume ist ihre Aufstellung unzulässig, wenn dieselben überwölbt oder mit fester Balkendecke versehen sind.

An jedem Dampfkessel, welcher unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen, aufgestellt wird, muss die Feuerung so eingerichtet sein, dass die Einwirkung auf den Kessel sofort gehemmt werden kann.

Dampfkessel, welche aus Siederöhren von weniger als 10 cm Weite bestehen, unterliegen diesen Bestimmungen nicht.“

Durch die angeführten gesetzlichen Bestimmungen ist man also auf kleine Kessel mit verhältnissmässig engen Feuer- oder Siederöhren angewiesen, die man der Raumersparniss halber gern stehend baut und mit innerer Feuerung versieht. Bei solchen Kesseln machen sich eine Reihe von Nachtheilen geltend, die mehr oder weniger bei jeder Anordnung auftreten werden. Zunächst ist das Reinigen solcher Kessel schwer, und es müssen bei inneren Besichtigungen die Röhren entfernt werden. Ferner strahlen solche Kessel weit mehr Wärme aus als eingemauerte Kessel. Man baut die Kessel klein und sucht dieselben explosionssicher zu machen; je kleiner man aber den Dampf- und Wasserraum nimmt, um so geringer ist die in ihnen aufgespeicherte Arbeitsmenge, und um so vollkommener muss die Regelung sein. Diese erforderliche Regelung muss sich sowohl auf die Speisung wie auch auf die Feuerung beziehen und muss selbstthätig wirkend verlangt werden. Eine Regelung der Feuerung ist schwer zu erreichen und wirkt nicht sparsam; bei Verwendung gasförmiger und flüssiger Brennstoffe lässt sich das leicht bewerkstelligen, doch ist der Betrieb solcher Feuerungen auch viel theurer als der der Kohlenfeuerung. Letztere regelt man durch Veränderung der Zufuhr der Brennluft; man hat also bald zu viel, bald zu wenig Luft und wirkt bei alledem nicht unmittelbar auf die Arbeitsleistung ein. Ferner ist die Bedingung raschen Anheizens zu stellen und endlich zu bemerken, dass kleine Röhrenkessel sehr nassen Dampf liefern und dass demzufolge der Dampfverbrauch solcher Maschinen überaus hoch ist, ein Umstand, den man in der Hauptsache dem Kessel, weniger der Maschine zuschreiben muss. In folgender Tafel sind die Werthe der Heizfläche in qm, des Wasserraumes und des Dampf-raumes in l für die Pferdestärke für verschiedene Gattungen zusammengestellt, soweit diese Werthe aus dem mir vorliegenden Stoffe zu ermitteln waren.

Name des Erbauers.	Heizfläche für eine Pferdestärke qm	Wasserraum für eine Pferdestärke l	Dampfraum für eine Pferdestärke l
Vogel & Schlegel, Dresden			
Vollkessel und Flammrohrkessel .	1,25—1,5	200—400	90—130
Röhrenkessel	1,5	130	95
Lachapelle-Kessel	1,2—1,6	95—125	60—80
Komarek, Wien	1,1—1,3	23—45	26—43
Hoffmeister, Wien	1,2	40	25
Friedrich & Jaffé, Wien	1,3	26	15
Klotz, Günther & Kops, Merseburg (Simplex-Motor)	1,4	30	19
Lilienthal, Berlin	0,75	2,13	
Sächsische Dampfschiffs- u. Maschinen- Bauanstalt (Field-Kessel und Com- poundmaschine)	0,67	35	30

Den Kohlenverbrauch solcher Kleindampfmaschinen wird man auf 4 bis 6 kg für die Pferdestärke und Stunde beziffern können. Wegen der geringen Standfestigkeit wählt man die Kolbengeschwindigkeiten klein, zu etwa 1 bis 1,5 m.

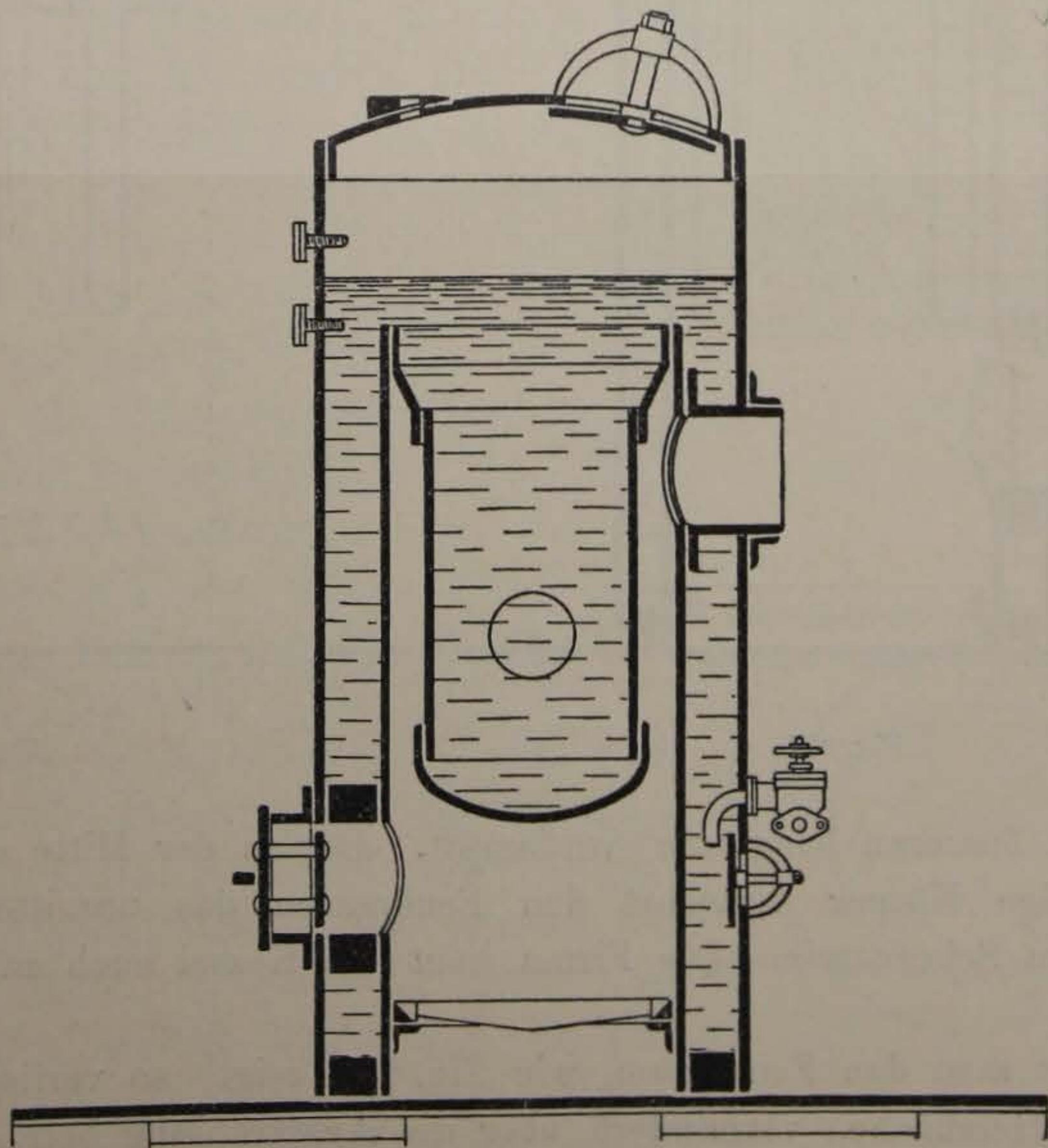


Fig. 255.

Es mögen nun zunächst einige Kesseleinrichtungen besprochen werden, ehe auf die Behandlung der Kleindampfmaschinen eingegangen wird.

Der sehr einfache, in Fig. 255 dargestellte Topfkessel wird von

Die Prüfungscommission fand den für die gesammte Anlage geforderten Preis von 3000 Mark für angemessen.

Gleichfalls sehr günstige Resultate erzielten Vogel & Schlegel in Dresden mit ihrer daselbst ausgestellten Dampfmaschine, welche aus einem Lachapelle-Kessel und daneben gestellter Eincylindermaschine liegender Anordnung bestand, unter welcher ein Vorwärmer angeordnet war. Der Kessel besass 3,2 qm Heizfläche, 0,16 qm Rostfläche und einen 8 m hohen, 200 mm weiten Schornstein. Die Cylinderbohrung betrug 105 mm, der Hub 210 mm. Der Versuch von 1 Stunde Dauer ergab:

Kesselüberdruck in at		5,93
Mittlere Umdrehungszahl		180
Gebremste Leistung in e		2,06
Koksverbrauch für h und e in kg (1 hl =		
0,60 Mark)		3,53

Die Firma verwendet für 1 e Maschinen Feuerröhrenkessel, für grössere Leistungen Lachapelle-Kessel; können die Kessel eingemauert werden, so werden kleine Walzenkessel oder Flammrohrkessel verwendet. Der Dampf- und Wasserraum wird sehr reichlich bemessen, um starken Betriebsschwankungen begegnen zu können (die Maschinen finden viel Verwendung in der Holzindustrie). Vogel & Schlegel übermittelten folgende Preisliste:

Pferdestärken	Bohrung mm	Ueberdruck at	Umdrehung	Gewicht kg	Preis M
1	90	4	200	750	1100
2	110	4	180	1100	1425
3	130	4	150	1350	1750
4	160	4	120	1700	2200

In den letzten Jahren ist eine Dampfmaschine bekannt geworden, die einen eigenthümlich gebauten Kessel aufweist; es ist dies die von O. Lilienthal in Berlin S. O. (D. R. P. 16103). Der Grundgedanke der Kessel (Hann. Gewerbebl. 1885) ist nicht neu, sondern es haben bereits Ruthven (Dingler, 1840, Bd. 75) und Perkins (Schinz, Wärmemesskunst S. 243) solche Kessel in Anwendung gebracht, die namentlich Heizzwecken dienen. Der Lilienthal'sche Dampferzeuger besteht aus einem inneren aufwärtssteigenden und einem äusseren abwärtssteigenden, schraubenförmig gewundenen Rohre von 15 bis 30 mm Weite. Das innere Rohr besteht meist aus Schmiedeeisen (sogen. Perkins-Rohr), das äussere dagegen aus Kupfer. Bei kleineren Dampferzeugern bleibt das äussere Rohr weg, wie aus Fig. 280, der Abbildung eines solchen für 2 e, hervorgeht. Die Windungen des Rohres liegen dicht auf einander, so dass die vom Roste aufsteigenden Feuergase sich in einem geschlossenen Raume bewegen, alsdann durch einen Blechmantel veranlasst werden, die Aussenseite des

Rohrs zu bespülen und schliesslich zwischen dem Blechcylinder und der äusseren Wand des Dampferzeugers zum Schornsteine abziehen. Der abgebildete Kessel enthält 24 m Rohr von 15 mm lichter Weite und 5 mm Wandstärke und hat 4,26 l Inhalt. Am Roste beträgt die Weite des Rohrcylinders 260 mm. Von oben her ragt in das Innere ein mit Fülltrichter versehenes Rohr hinein, durch welches der zerkleinerte Brennstoff dem Roste in der Masse, als er abbrennt, zugeführt wird. Im Rohre selbst findet keine Verbrennung statt. Da der Rost weder von oben noch von der Seite zugänglich ist, musste er beweglich eingerichtet werden, um schlacken zu können; die eine Seite desselben hängt daher in einem Gelenkband, während das andere Ende mittels einer gekröpften Welle heruntergeklappt werden kann. Lilienthal selbst fasst den Vorgang im Kessel wie folgt auf: „Die Art und Weise der Dampferzeugung ist bei meinen Apparaten eine ganz eigenthümliche und durchaus abweichend von dem Kochen in andern Kesseln. Ein Wasserstand bildet sich thatsächlich nicht, wovon ich mich durch einen Probekessel aus Glasröhren überzeuge. In den unteren Spiralgängen schreitet das continuirlich eingepumpte Speisewasser vor, bis es sich auf die der Spannung entsprechende Temperatur erwärmt hat. Dann beginnt die Bildung von Dampfblasen, und es erzeugt sich ein schaumartiges Gemisch von Wasser und Dampf, welches immer schneller und schneller das Dampferzeugungsrohr durchströmt, und schliesslich das Aussehen des reinen Dampfstromes erhält.“ Der Kessel muss mit Condensationswasser gespeist werden, da eine Reinigung der Rohre nicht möglich ist; dieses Wasser sammelt sich in einem unter der Maschine stehenden Behälter, von dem aus die Speisepumpe dasselbe in den Kessel befördert. Die Verdichtung des Abdampfes erfolgt durch Oberflächenkühlung, die entweder durch Wasser (Schöttler, Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1885 führt an, dass nach Angabe des Erfinders für die Pferdestärke stündlich 170 l bei 60° Temperaturzunahme genügen sollen) oder

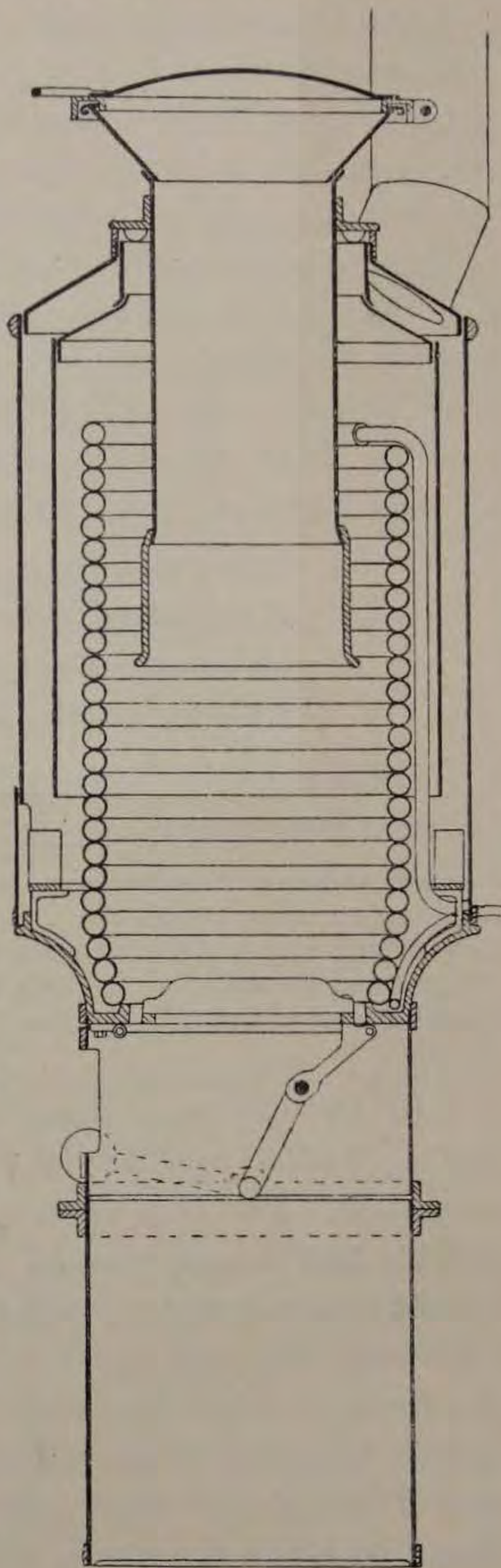


Fig. 280.

durch Luft (Glaser's Annalen 1883), in welchem Falle auch eine Heizung von Räumen nebenbei erreicht werden kann. Die Perkins-Rohre werden angeblich auf 150 at geprüft; am Dampferzeuger ist ein bei 10 at sich öffnendes Sicherheitsventil angebracht¹⁾.

Die Lilienthal'schen Maschinen sind Wanddampfmaschinen mit obenliegender Kurbelwelle. Die Steuerung erfolgt durch einen einfachen Schieber; ein beachtenswerth gebauter Regulator, den Schöttler a. a. O. veröffentlichte, wirkt auf ein Drosselventil.

Oben genannte Quelle bringt Betriebsergebnisse zweier Anlagen in Celle und in Hannover. Der Betrieb der ersteren, einer 2 e Anlage, erfordert für die Pferdestärke stündlich 2,5 kg Koks (zu 1 M. = 50 kg); die andere, 5 e Anlage erfordert 2,8 kg Koks (zu 0,90 M. = 50 kg). Die amtliche Prüfung einer in Dresden 1884 ausgestellten, von U. Pornitz, vorm. Florian Lieboldt & Co. in Chemnitz gebauten Maschine ergab (Cylinderbohrung 100 mm, Hub 180 mm):

Dampfüberdruck in der Rohrleitung in at .	6,05
Minutliche Umdrehungszahl	127
Gebremste Leistung in e	1,32
Koksverbrauch für h und e in kg	4,78

Lilienthal's Kleindampfmaschinen werden auch von G. Kuhn, Stuttgart-Berg gebaut.

Leistung in Pferdestärken	2	3	5	8
Preis der vollst. Dampfmaschine, Dampferzeuger, Condensator mit Zubehör ab Fabrik Berlin in M.	1850	2280	3060	4120
Gewicht der vollständigen Maschine in kg . . .	630	950	1230	1815

In Dresden war ferner eine Dampfmaschine von Elze (D.R.P. 12934, 14663 und 18846), gebaut von G. A. Kroll & Co., Hannover, ausgestellt. Der Dampferzeuger einer 4 e Maschine besteht, wie die Fig. 281 bis 283 zeigen, aus 54 patentgeschweissten, schmiedeisernen Röhren von 52,5 mm äusserem und 46 mm innerem Durchmesser, welche in zwei Cylinderflächen mit gemeinschaftlicher Achse von 800 mm bzw. 670 mm Durchmesser angeordnet sind. Diese Siederöhren werden in starke schmiedeiserne Flanschen eingewalzt und alsdann oben und unten durch gusseiserne, dem Feuer nicht ausgesetzte Rohre verbunden. Der Dampfzylinder der Maschine ist in das Innere dieser Röhrencylinder eingehängt und wird von den abziehenden Feuergasen gespült; er hat am Aussenmantel eine Anzahl Kanäle, die vom Arbeitsdampfe behufs Trocknung durchströmt werden. Das aufrechte Röhrenbündel besteht aus zwei Theilen, welche hinten mittels Flanschen verschraubt sind, vorn dagegen die Feuerzarge zwischen

¹⁾ Betreffs einer (vermuthlich nicht verwertheten) Neuerung in der Anordnung des Kessels siehe Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1885 S. 396.