

## Probleme der Wärmewirtschaft in Deutschland.

Von Obering. W. QUACK.

Bericht über einen Vortrag, gehalten am 26. 11. 1921 in Berlin, vor der Hauptversammlung des Vereins zur Wahrung der Interessen der Chemischen Industrie Deutschlands E.V. (Eingeg. 12./10. 1922)

Vor zwei Jahren wurde hier zum ersten Male vor Fachleuten aus ganz Deutschland die sparsame Wärmewirtschaft als eines der dringendsten Gebote für unsere Industrie verkündet und von den Ersparnissen berichtet, die für den einzelnen, wie für die gesamte Volkswirtschaft bei einigem guten Willen herausgeholt werden könnten.

Es war die Zeit der größten Kohlennot. Die altgewohnten guten Kohlsorten bekam man schon lange nicht mehr. Immer schwieriger wurde es, mit den minderwertigen Brennstoffen, Waschbergen, Kohlen-schlamm usw. den Dampftrieb aufrechtzuerhalten. Dazu gingen die Kohlenpreise sprunghaft in die Höhe. Kein Wunder, daß sich alles auf die Wärmewirtschaft stürzte.

Mancher glaubte, wenn er nur Kontrollapparate anschaffe und einen Wärmeingenieur engagiere; dann könne er auch mit schlechten Kohlen wieder hohe Verdampfungsziffern erreichen und erhebliche Brennstoffmengen sparen. Aber gerade unsere Kontrollinstrumente setzen zu ihrem zuverlässigen und ungestörten Arbeiten mehr physikalische Kenntnisse voraus, als der Durchschnitt der Betriebsbeamten besitzt. Da konnten Enttäuschungen nicht ausbleiben.

Nur da sind die verheißenen Erfolge eingetreten, wo sich wirkliche Fachleute mit gründlicher Kenntnis der feuerungstechnischen, wärmewirtschaftlichen und physikalischen Vorgänge mit dem Kesselbetrieb persönlich abgegeben haben.

Und während in anderen Ländern nach ähnlichen im Kriege gewonnenen Anläufen zu einer sparsamen Wärmewirtschaft heute mancher wieder drauflos feuert, ist bei uns die Wärmewirtschaft in ein zwar vorsichtiges und ruhigeres, aber stetig vorwärtsdringendes Forschen und Arbeiten übergeleitet. Namentlich in dem letzten Jahre hat sie uns in fast allen Industriezweigen anwachsende volkswirtschaftliche Ersparnisse gebracht. Berühmte Fachleute in zahlreichen Wärmestellen schützen den Nichtfachmann vor Fehlgriffen. Fabrikanten und Betriebsingenieure verwerten gemeinsame Erfahrungen.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt, einen kurzen Überblick zu geben über einige Erfolge der Wärmewirtschaft in Großarbeit und Kleinarbeit.

Man hat wohl gesagt: Das Interesse für sparsame Wärmewirtschaft nimmt im Quadrat der Entfernung einer Fabrik von der Kohlen-grube zu. Richtiger würde man sagen: Das Interesse für sparsame Wärmewirtschaft wächst mit der Höhe des Brennstoffkontos im Vergleich zu den übrigen Ausgaben. Bei einer Fabrik, die nur wenig Kohlen verfeuert, spielen die Kosten, die sie durch Verbesserung ihres Kesselbetriebes sparen könnte, natürlich nicht die Rolle, wie bei einem Unternehmen, bei dem die Brennstoffmaterialkosten vielleicht die Hälfte der gesamten Ausgaben ausmachen.

Aber es gibt natürlich in dem einen Falle gelegentlich einen ehrgeizigen Betriebsleiter, der auch diese geringen Ersparnisse für seine Firma rettet, und auf der andern Seite gibt es leider noch viele Zentralen, die sich weder durch volkswirtschaftliche Rücksichten, noch durch den Gedanken an die eigene Betriebsbilanz dazu herablassen, ihren Kesselbetrieb in Ordnung zu bringen, oder den Koks zurückzugewinnen, der mit der Schlacke vermischt auf die Halde gefahren wird.

Das Wärmediagramm eines solchen Wärmeverschwenders sieht man hier auf der Fig. 1 im ersten Diagramm. Es ist einer bestehenden Anlage entnommen.

Zur Erklärung dieses Bildes möchte ich bemerken: Um die Wärmeausbeute, oder, wie man sagt, den thermischen Wirkungsgrad eines Dampfkraftwerkes graphisch darzustellen, zeichnet man den Wärmestrom, der vom Kohlenbunker bis zu der Schaltanlage mit seinen zahlreichen größeren und kleineren Wärmeverlusten durch das Kraftwerk geflossen ist, in Form eines Senkey-Diagrammes auf, wobei man, um Vergleiche zwischen einzelnen Kraftwerken machen zu können, den Wärmewert der erzeugten kWh mit 862 WE. als Einheitsmaß wählt. Durch Feststellung von Gewicht und Heizwert

Angew. Chemie 1922. Nr. 87.

der angelieferten Kohle einerseits und durch Ablesung der abgegebenen kWh andererseits an den Zählern der abgehenden Leitungen berechnet man dann die Wärmemenge, die zur Erzeugung einer abgegebenen kWh vom Kraftwerk verbraucht worden ist.

So sieht man hier auf dem ersten Bilde, daß in dem schon erwähnten Kraftwerk I zur Erzeugung einer kWh eine Brennstoffmenge von 5 kg Rohbraunkohle von je 2800 WE., also 14000 WE. aufgewendet wurden, während in dem Kraftwerk II nur 7200 WE. und in dem Kraftwerk III nur 6100 WE. pro abgegebene kWh aufgewendet worden sind. Das Kraftwerk III verbrauchte also weniger als halbsoviel Kohle für dieselbe abgegebene Strommenge, als das Kraftwerk I.

Diese Diagramme werden in der Regel nach den Ergebnissen eines Monats ermittelt.

Um nun mit der Wärmewirtschaft an der richtigen Stelle einzusetzen, versuchte man, in einem solchen Diagramm die einzelnen Verluste in Kohlenwert umzurechnen. Man erkennt dann, daß z. B. durch den Abwärmeverlust der Schornsteine monatlich ein Kohlen-wärmewert von rund M 330 000 verlorengeht. Eine solche ausgewertete Wärmebilanz zeigt Fig. 2.

Betrachtet man weiter die einzelnen Verluste auf ihre Verbesserungsmöglichkeit, so erkennt man, daß in erster Linie die

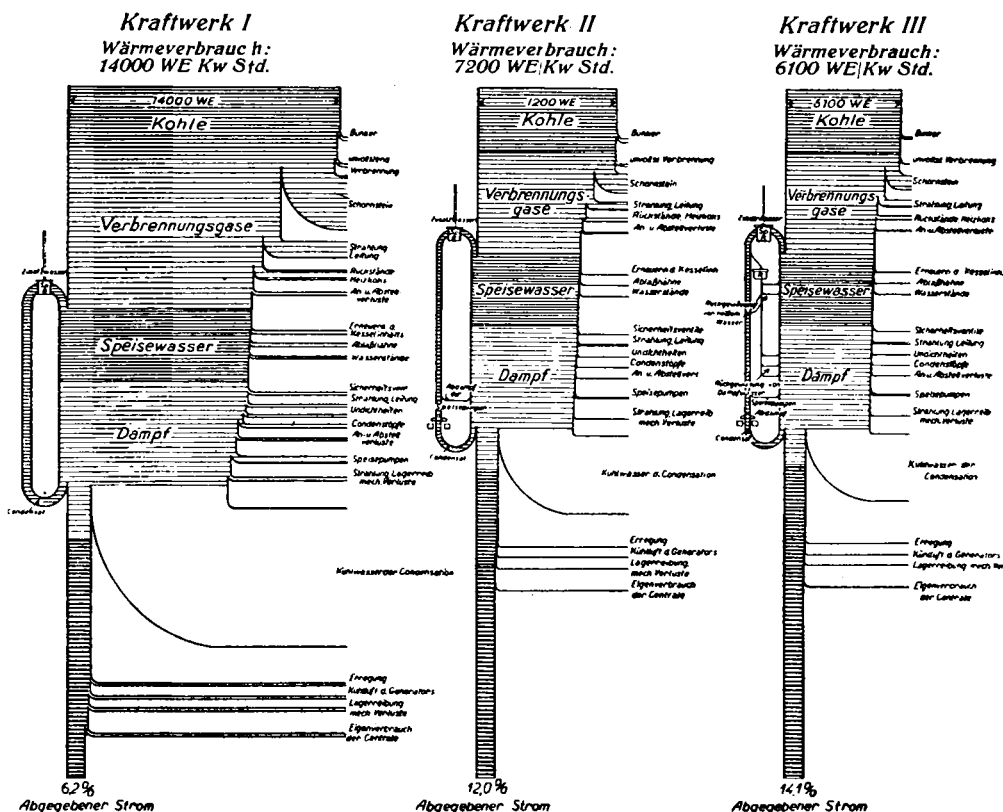


Fig. 1. Wärmeverbrauch bei Dampfkraftanlagen.

Wärmeverluste im Kesselbetriebe noch weit von dem theoretisch erreichbaren Minimum entfernt sind, daß aber z. B. der Wärmeverlust der Kondensation je nach den örtlichen Verhältnissen vielleicht nur wenig verbessert werden kann.

Wir haben im Kesselbetriebe mit zwei großen Verlustquellen zu kämpfen, nämlich dem Verlust durch Verbrennliches in der Schlacke und Flugasche und dem Abwärmeverlust, d. h. dem Verlust der Wärme, die mit den Rauchgasen durch den Schornstein entweicht. Deshalb ist man diesen beiden Hauptverlusten vor allem zu Leibe gegangen.

## Verluste durch Verbrennliches in den Rückständen.

Der Brennstoffgehalt in den Rückständen ist um so größer, je minderwertiger die Kohle ist, d. h. je häufiger abgeschlackt werden muß, und erreicht Werte von 40% der Rückstände und darüber. Das bedeutet Verluste von 4–6% der verfeuerten Kohlenmenge.

Einige Betriebe mit Braunkohlenfeuerung haben sich in den einzelnen Fällen schon durch Umbau des Aschfalls geholfen. Ist der Aschfall trichterförmig ausgebildet, so fällt die Schlacke sofort in den Keller oder in die Bunker einer pneumatischen oder hydraulischen Entschuttung hinab. Man kann dann den Aschfall so umbauen, daß die abgezogene Schlacke vorne unter dem Rost auf einer fast horizontalen Fläche so lange im Strome der Verbrennungsluft liegen bleibt, bis

alle Kohlen- und Koksteile ausgebrannt sind. Damit gewinnt man nicht nur den Heizwert der sonst verlorengelassenen Kohle zurück, sondern erhöht auch die Temperatur der Verbrennungsluft. Dadurch erhöht sich auch die Temperatur im Verbrennungsraum über der Feuerbrücke, und bei dem erhöhten Wärmegefälle wird von dem ersten Heizflächenabschnitt ein Maximum von Wärme aufgenommen, und die Gase verlassen den Kessel mit geringerer Temperatur.

Solche einfache Selbsthilfe zur fast restlosen Ausnutzung der Kohle in den Rückständen gleich an Ort und Stelle ist hauptsächlich bei Plan- und Muldenrostfeuerungen möglich.

Bei Treppenrosten wird neuerdings versucht, die Schlacke mit ihrem Gehalt an Brennbarem in einen generatorartigen Ausbrennraum fallen zu lassen, in dem sie unter Zutritt von Druckluft ausbrennt.

Auch bei Steinkohlenverfeuerung versucht man auf jede Art und Weise das Verbrennliche noch zu verwerten.

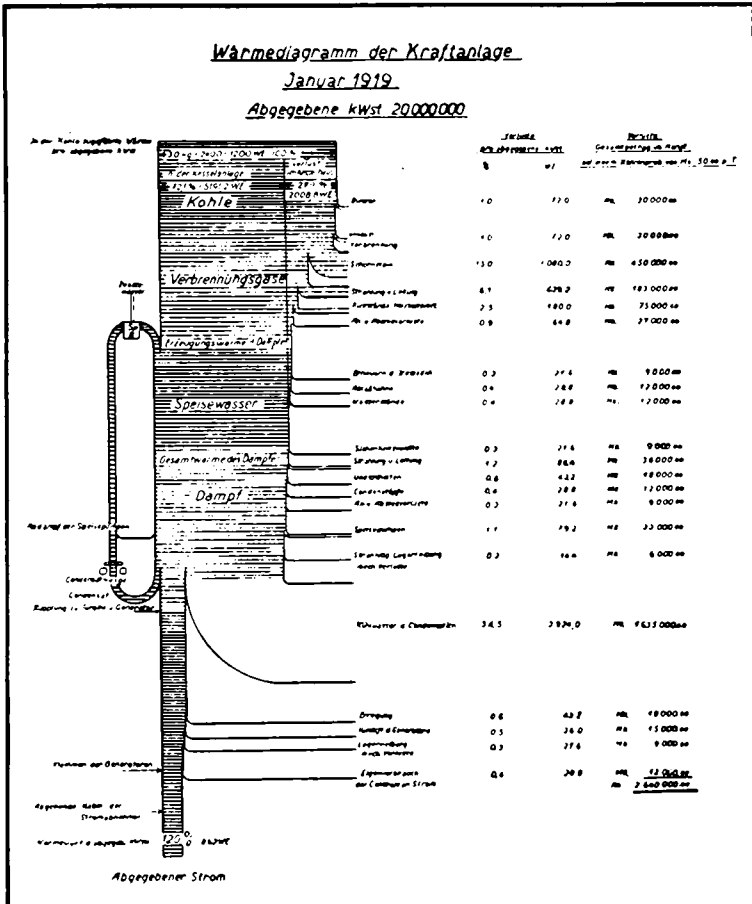


Fig. 2. Wärmediagramm mit Auswertung.

Wenn man bedenkt, daß allein eine Industriegruppe jährlich 3 Millionen Tonnen Kohle verfeuert, die nach einer Umfrage eine halbe Million Tonnen Rückstände ergeben, wovon zwei Drittel zur Aufbereitung sich eignen und daraus 125 000 t Brennstoff ausgebeutet werden können, dann erkennt man den Grad der Verschwendung, den wir früher getrieben haben.

Auch bei den Generatoren der Gaswerke gingen früher Tausende von Tonnen Koks in der Schlacke verloren. Einige kleinere Gaswerke haben sich Handseparatoren zum Aufbereiten der Schlacke gekauft. Die Einführung dieser Apparate hatte einen guten Erfolg. Es wurde ein großer Teil des Kokes wiedergewonnen, und daneben ging das Gewicht der Rückstände z. B. in einem Gaswerk um 33 % zurück.

Trotzdem rentieren sich bei der Aufbereitung größerer Schlackenmengen nach den bisherigen Erfahrungen nur die mechanischen Verfahren.

Es besteht ein Wettstreit zwischen den sogenannten nassen Verfahren und dem elektromagnetischen, sogenanntem trockenen Verfahren.

Fig. 3 zeigt einen Scheideapparat. Aus den Rückständen wird allerdings das feine Korn unter 8 mm Korngröße vor der Eintauchung in den Wasserbehälter wohlweislich ausgesiebt, die übrigen Rückstände wandern über Schüttelrinnen in das Wasserbad, werden dort von einem Wasserstrome erfaßt und je nach ihrem spezifischen Gewicht auf das obere oder untere Transportband gespült. Das obere Band fördert den spezifisch leichteren Koks, das untere die schwerere, unverbrennliche Schlacke.

Die Nachteile beim nassen Verfahren sind, daß blasige Schlackenreste sich zwischen den Koks mogeln, daß man Schwierigkeiten mit dem Schlammwasser hat, und daß die vom Koks aufgesogene Feuchtigkeit sich in Dampf verwandeln muß, wobei wieder rund 15 % des gewonnenen Heizwertes verbraucht werden. Dieser letztere Verlust fällt für den fort, der den gewonnenen Koks nicht selbst verfeuert.

Es wird auch berichtet, daß in der Nähe von Essen ein Unternehmer mit drei fahrbaren Apparaten von je 1 t stündlicher Leistung bei den Kesselhäusern umhergefahren ist, um die abfallende Schlacke und Lokomotivlösch aufzubereiten. Die meisten der genannten Nachteile des nassen Verfahrens vermeidet das elektromagnetische Verfahren. Auf einer Trommel werden durch Gleichstrom drei feststehende Magnetfelder von verschiedener Anziehungskraft erzeugt. Da die Schlacke Eisenoxyd enthält, während der Koks frei von Eisen ist, bleibt die Schlacke eine Strecke lang an der Trommel hängen und separiert sich dadurch vom Koks.

Der Kraftbedarf ist natürlich größer als bei dem nassen Verfahren; auch ist nicht überall Gleichstrom verfügbar. Ferner muß das Material trocken sein, sonst wird die Trommel verschmiert.

Eine Rentabilität ist unter allen Umständen da vorhanden, wo 25 % und mehr an Verbrennlichem aus den Rückständen gewonnen werden können.

Da das feinkörnige Schlackenmaterial von weniger als 8 mm Korngröße, das bei dem nassen Verfahren ausgesiebt wird, einen verhältnismäßig hohen Heizwert besitzt, so darf dieses nicht unausgenutzt verkommen. Hierzu gehören die Hunderte von Tonnen Brikkettspänen,

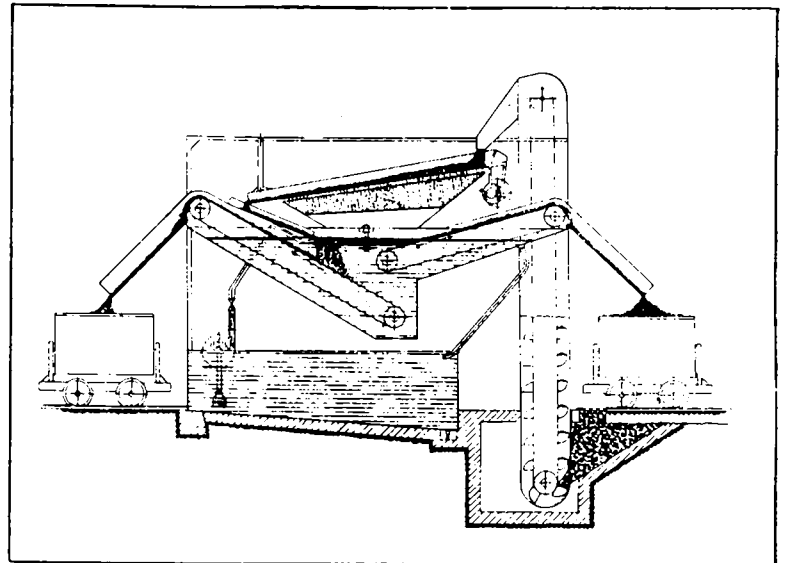


Fig. 3. Schlackenseparator „Weberco“ der „Geffa“, Wiesbaden.

die bei den Wanderrostfeuerungen unverbrannt durchfallen. Auch dafür liefert die Industrie heute der Wärmewirtschaft Verwendungsmöglichkeiten, wie z. B. die Trommelfeuerung von Thyssen.

#### Abwärmeverlust.

Der zweite große Verlust im Kesselbetriebe ist der Abwärmeverlust oder Schornsteinverlust. Ein Beispiel mag zeigen, welche Organisationsänderungen in einem Kesselbetrieb lediglich als Vorbereitung notwendig waren, um eine fühlbare Verminderung dieses Verlustes zu erzielen.

Ein Kraftwerk hatte drei getrennte Kesselhäuser mit 45 Wasserrohrkesseln gleicher Type und Größe. An diesen 45 Kesseln arbeiteten bis zu 25 Heizer auf einer gemeinsamen Dampfleitung von 20 Atmosphären. Jeder Heizer bediente drei Kessel mit je vier Muldenrostfeuerungen. Solange diese Heizer nach ihrem Gutdünken die Feuer bearbeiteten, gab es unangenehme Schwankungen im Dampfdruck. Der eine Kessel machte viel Dampf, ein anderer wenig, und bei plötzlichen Belastungsänderungen bliesen entweder die Sicherheitsventile oder die Tourenzahl der Maschinen fiel ab. Die Kurve des Dampfdruckes sah aus wie hochbewegte See.

Der betreffende Betrieb hat dann den geübtesten Heizer damit beauftragt, die Operationen an der Feuerung den übrigen Kollegen zu kommandieren. Nach seinen Kommandos müssen sich, ähnlich wie an Bord großer Schiffe, alle Feuerleute richten. Dieser Oberheizer behandelt jetzt die ganze Anlage wie einen einzigen Kessel, und wenn der Dampfdruck fällt und eines der Feuer geschürt werden muß, dann gibt er seinen Kollegen ein Zeichen. Darauf gehen diese an ihre Kessel und führen die Operation aus, und die Dampferzeugung im Kessel bleibt annähernd im Beharrungszustande. Das Zeichen zu den einzelnen Arbeiten wird den Heizern durch Glühlampen gegeben, die auf einer Tafel an den Heizerständen aufleuchten. Damit war zunächst einmal Ordnung in den Betrieb gebracht. Nun ging der Betrieb einen Schritt weiter. Der Schornsteinverlust wächst mit dem Luftüberschuß, der dem Feuer zugeführt wird. Die Luftzuführung soll vom Heizer mit dem sogenannten Rauchschieber reguliert werden.

Es ist aber eine bekannte Tatsache, daß es selbst heute noch große Kesselhäuser gibt, in denen die Heizer den Rauchschieber hinter dem Kessel fast nie anrühren. Er bleibt so während des Betriebes offen stehen, oder, wo er wirklich der Belastung entsprechend reguliert wird, da geschieht dies nur in grobstufiger Weise. Welch schwere wärmewirtschaftliche Nachteile eine derartige grobe Regulierung hat

weiß jeder, der die Wirkungsgradkurve eines Dampfkessels kennt. Von dieser Erwägung ausgehend, hat der erwähnte Betrieb zunächst durch sorgfältige Betriebsversuche die wirtschaftlichste Zugstärke und Belastung für die Kessel ermittelt und ließ dann den Heizern vom Oberheizer, jeweils entsprechend der Belastung, Anweisung für die Einstellung der Rauchschieber geben. Die Befehlsübermittlung

ein Kubikmeter Heißwasser unter gleichem Druck aufnimmt. Dampfspeicherung in Heißwasser ist daher leistungsfähiger.

Fig. 5 zeigt einen solchen Wärmespeicher des schwedischen Ingenieurs Dr. Ruths. Durch die Leitung L4 tritt der Dampfüberschuß der Kesselanlage durch eine Anzahl Injektoren in den Wärmespeicher ein. Durch die Leitung L5 entnehmen die Verbrauchsstellen

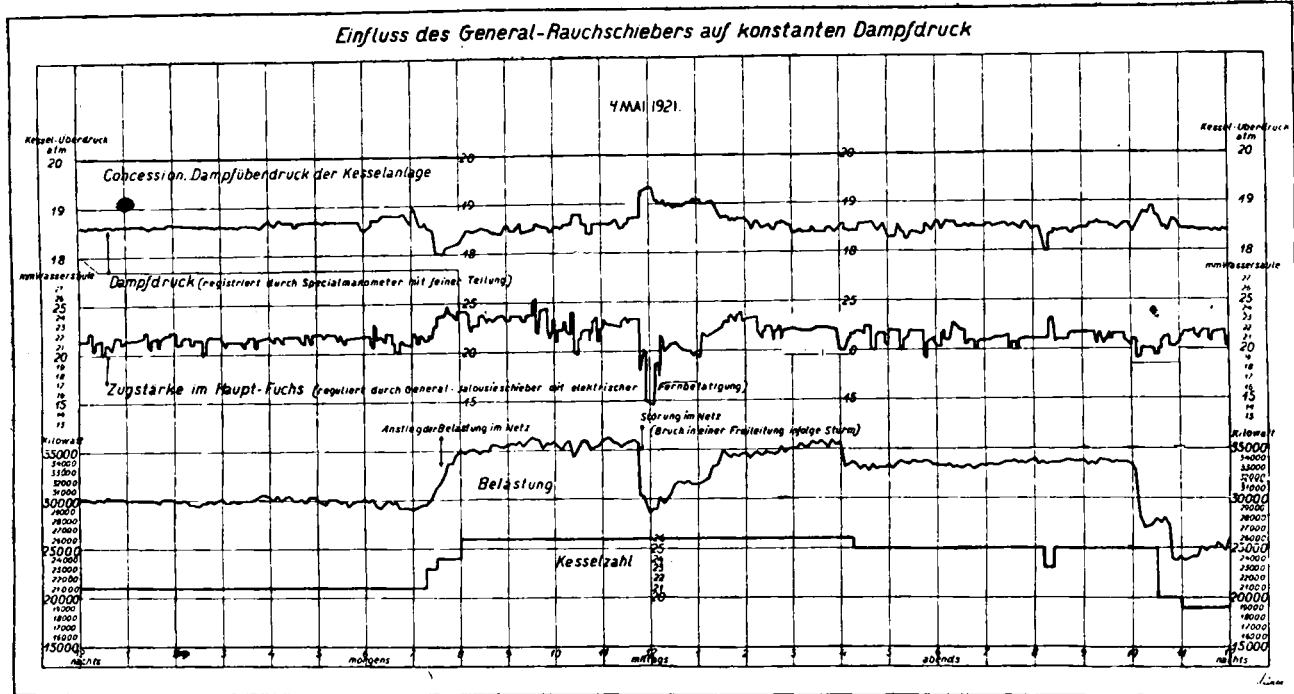


Fig. 4.

erfolgte durch Tafeln, die an den Heizständen aufgehängt wurden und den Heizern die am Kesselende einzustellende Zugstärke in Millimeter Wassersäule angaben. Aber auch diese Anordnung brachte noch nicht den vollen Erfolg, da die Befehlsübermittlung sich den Belastungsschwankungen nicht schnell anpassen konnte, und da es notwendig war, an den Kesseln nachzuprüfen, ob die Heizer den Zug auch richtig eingestellt hatten. Der Betrieb nahm deshalb später den Heizern die Regulierung des Zuges ganz aus der Hand und legte sie zentral in die Hand des vorerwähnten Oberheizers.

Die Rauchdrehklappen an den einzelnen Kesseln wurden, je nach der Beschaffenheit des Kessels, fest eingestellt und in die Hauptfische vor die Schornsteine je ein großer, elektrisch gesteuerter Hauptschieber von Gentrup und Petri eingebaut.

Die Fernsteuerung dieser Hauptschieber aller drei Kesselhäuser erfolgt von einer Stelle, und zwar von dem Platz des Oberheizers aus, der damit außer der Befehlsübermittlung für die Feuerbedienung jetzt auch die Einstellung der Zugstärke an allen Kesseln selbst vornimmt. Der Mann richtet sich außer nach einem elektrischen Belastungsanzeiger hauptsächlich nach einem registrierenden Dampfmanometer. Er kann die gesamte Dampfproduktion der drei Kesselhäuser in jedem Augenblicke der Dampfenahme anpassen und verhindert ohne Mühe, daß selbst bei plötzlichen starken Be- und Entlastungen der gesamten Anlage der Dampfdruck mehr als 0,5 at schwankt. Damit bleibt dann auch die Zugstärke für alle Kessel innerhalb engezogener wirtschaftlicher Grenzen.

Fig. 4 zeigt die Betriebsverhältnisse eines 24stündigen Tagesbetriebes dieser Kesselanlage. An diesem Tage trieb durch Bruch einer 100 000 Volt-Fernleitung eine plötzliche Entlastung der Kesselanlage sofort den Dampfdruck in die Höhe. Es war dem Oberheizer möglich, mit verhältnismäßig geringer Zugverstellung sofort die Dampferzeugung der gesamten Kesselanlage der Entlastung entsprechend zu drosseln.

Es leuchtet ein, daß der Betrieb damit eine wesentliche Verringerung des Schornsteinverlustes erzielen kann, und die Abnahme des Kohlenverbrauches pro erzeugte Tonne Dampf nach Einführung dieser Zentralregulierung bestätigte die Richtigkeit dieses Verfahrens. Die Ersparnisse, die damit erzielt wurden, bestanden aber nicht nur in einer Kohlenersparnis, sondern der Betrieb konnte von den Heizern erreichen, daß sie, statt zwei Kessel, jetzt drei Kessel bedienen.

#### Dampfspeicherung.

Bei Fabriken, in denen die Dampfenahme aus dem Kesselhause nicht nur stark schwankt, sondern zeitweise ganz aussetzt, genügt eine solche Regulierung allein nicht mehr, um den Kesselwirkungsgrad zu verbessern. Da muß eine Aufspeicherung des Dampfes erwogen werden. Rateaspeicher und Glockenspeicher in Form von Gasometern für diesen Zweck sind bekannt. Ihre Leistungsfähigkeit war jedoch beschränkt, solange in denselben nur Dampf aufgespeichert wurde. Denn ein Kubikmeter Dampf von 8 at enthält nur  $\frac{1}{50}$  der Wärmemenge, die

bei Dampfmenge Hiltsdampf. Die im Wasser enthaltene Wärmemenge verwandelt beim geringsten Druckabfall einen Teil des Wassers in Dampf. Der Speicher verliert je nach der Güte der Isolierung nur 0,5—1,5 v. H. seines Wärmeinhaltes durch Leitung und Strahlung.

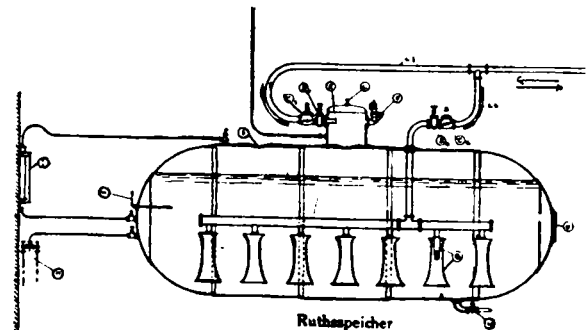


Fig. 5. Querschnitt eines Wärmespeichers, Patent Dr. Ruths.

Zu beachten ist, daß die Dampfmenge eines Kubikmeters Wasser bei einem Druckabfall von 1 at, je nach der Druckhöhenlage, sehr

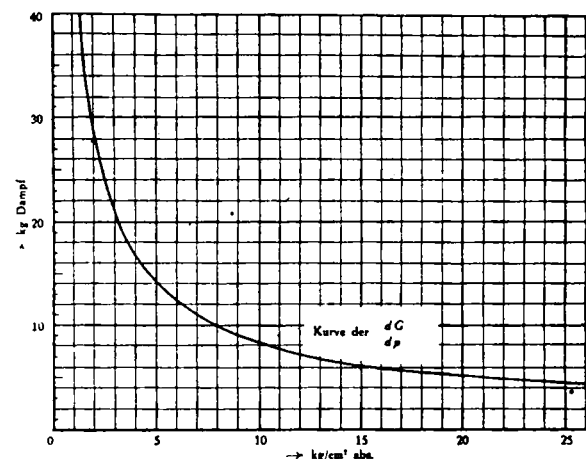


Fig. 6. Die von 1 m³ Wasser bei einem Druckabfall von 1 kg/cm² erzeugte Druckmenge C für verschiedene Dampfdrücke p.

verschieden ist. Fig. 6 zeigt, daß vom Ruths-Speicher bei Druckabfall von 20 auf 19 at stündlich rund 5½ kg Dampf je Kubikmeter Wasserinhalt abgegeben werden, während bei einem Druckabfall von

4 auf 3 at fast 19 kg Dampf stündlich frei werden. Sein Hauptverwendungsgebiet liegt demnach im Mitteldampfdruckgebiet.

Fig. 7 zeigt an einer ausgeführten Anlage die Einschaltung eines Ruths-Speichers in den Dampf- und Maschinenbetrieb einer Zellstofffabrik. Die Kesselanlage gibt Dampf mit 16 at an eine dreistufige Dampfturbine; mit 6 at Druck geht der Dampf aus der ersten Stufe in die Kocher, mit 1,5 at aus der zweiten Stufe in die Bleicherei und die Papiermaschinen, beide Stufen werden im Bedarfsfalle auch direkt von den Kesselanlagen mit reduziertem Dampf gespeist.

Den Druck- und Lieferungsantrieb für den gesamten Betrieb übernimmt der Ruths-Speicher. Aus allen Stufen übernimmt er den

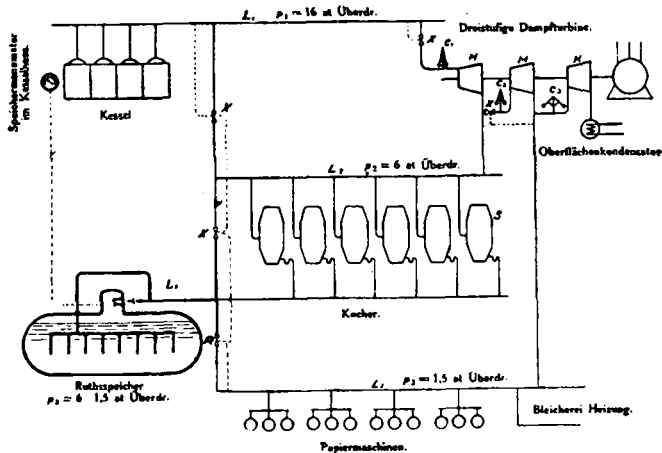


Fig. 7. Schaltungsdiagramm der Speicheranlage in der Zellstofffabrik Enso Aktiebolag, Enso (Finnland).

Überschuß, wo notwendig, über Reduzierventile, und unterstützt bei plötzlicher starker Dampfnahme aus seinem Wärmeverrat die Kessel.

#### Kontrollinstrumente im Kesselbetrieb.

Aber selbst wenn durch Zentralregulierung oder Ruths-Speicher für eine gleichmäßige Dampferzeugung im Kessel gesorgt ist, bleibt immer noch für den Wirkungsgrad und namentlich für die Höhe des Schornsteinverlustes der jeweilige Betriebszustand des Kessels und der Feuer ein maßgebender Faktor. Um beides dauernd zu erkennen, ist man im letzten Jahre immer mehr dazu übergegangen, am Kessel selbst einige Kontrollinstrumente anzubringen, die in der Regel auf einer gemeinsamen Tafel vorn am Kessel, für den Heizer gut sichtbar, montiert werden. Das war erst möglich, nachdem die letzten Jahre bedeutsame technische Verbesserungen der betreffenden Instrumente gebracht haben. Denn auch heute findet man immer noch selbst in größeren Kesselanlagen viele registrierende Thermometer und Rauchgasprüfer, die entweder gar nicht in Betrieb sind oder falsch zeigen. Und auch heute dauert es in jedem Falle noch eine gewisse Einlaufzeit, bis in einem Kesselbetriebe die Rauchgasprüfer, Dampfmessers und Temperaturmeßinstrumente in einen einigermaßen zuverlässigen Zustand gebracht sind. Allein die Ausbildung der Rauchgassaugeleitung vom Fuchs bis zum Analysator ist eine Aufgabe für sich.

Damit wird das wichtige Gebiet der wärmewirtschaftlichen Kleinarbeit berührt, das vom Betriebspersonal und auch von der Direktion viel Geduld verlangt, und für das man dem verantwortlichen Betriebsingenieur Zeit und Ruhe lassen muß, damit er sich hineinvorfühlen kann bis in die kleinste Kleinigkeit. Erst seit kurzem entwässert, kühlt und filtriert man die Rauchgase sachgemäß nach physikalischen Gesetzen, und dann erst arbeiten die Rauchgasanalysatoren anstandslos, ganz gleich, um welches System es sich handelt. Auch für die Temperaturmessung von Rauchgasen und Dampf haben wir jetzt endlich zuverlässige und den Kesselverhältnissen entsprechende Apparate.

Das wichtigste Instrument am Kessel ist ein Dampfmessers oder die „Dampfuhre“, für das Kesselbetriebspersonal heute ein unentbehrlicher Indikator; er allein zeigt dem Heizer die momentane Stundendampfleistung seines Kessels an, wie das Ampèremeter die Generatorleistung dem Maschinisten. Dann erst ermöglicht ein Gang an der Kesselreihe entlang dem Aufsichtspersonal, zu erkennen, wo ein Kessel in der Dampferzeugung hinter den anderen zurückbleibt.

#### Schornsteinmeßstation.

Die Anschaffungskosten namentlich der elektrischen Instrumente sind nicht unerheblich. Deshalb hat der Verein für Feuerungsbetrieb und Rauchbekämpfung in Hamburg schon vor vielen Jahren empfohlen, wenigstens den Schornsteinverlust des ganzen Kesselhauses an einer Stelle am Fuß des Schornsteins zu messen und sieht jetzt, daß dieser Vorschlag weite Verbreitung findet. Temperatur und Kohlensäuregehalt der Rauchgase werden registrierend gemessen.

#### Heizerprämien.

In manchen Kesselbetrieben werden auf Grund der Resultate der Schornsteinmeßstation den Heizern Prämien gezahlt, doch ist man im

allgemeinen noch mit der Einführung von Heizerprämien zurückhaltend gewesen.

Bei der Beurteilung der Leistung eines Heizers sprechen als Faktoren mit:

1. die Art der Feuerung;
2. der Zustand des Kessels;
3. die Gleichmäßigkeit der Kohlenbeschaffenheit;
4. die je Schicht verheizte Kohlenmenge;
5. der Abwärmeverlust, gemessen aus Rauchgastemperatur und  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Rauchgase;
6. der Abwärmeverlust durch unverbrannte Gase;
7. der Gehalt an Verbrennlichem in der Schlacke;
8. die Menge und der Heizwert der in den Zügen feststeilbaren Flugasche;
9. die Menge der durch den Kamin entführten Brennstoffteilchen.

Es ist bis heute noch nicht gelungen, eine Formel für eine gerechte Heizerprämie zu finden, die sämtliche obengenannten Faktoren berücksichtigt.

#### Verlust durch unverbrannte Gase.

Man hat auch in den letzten Jahren mehr und mehr die Bedeutung des Verlustes durch unverbrannte Gase erkannt. Dieser Verlust wurde aber bisher von den üblichen Rauchgasprüfapparaten nicht registriert.

Das Schaubild 8 zeigt, wie man auch bei Verminderung des Luftüberschusses und damit des fühlbaren Abwärmeverlustes schließlich an einen Punkt kommt, wo Luftmangel eintritt und den Kohlen-

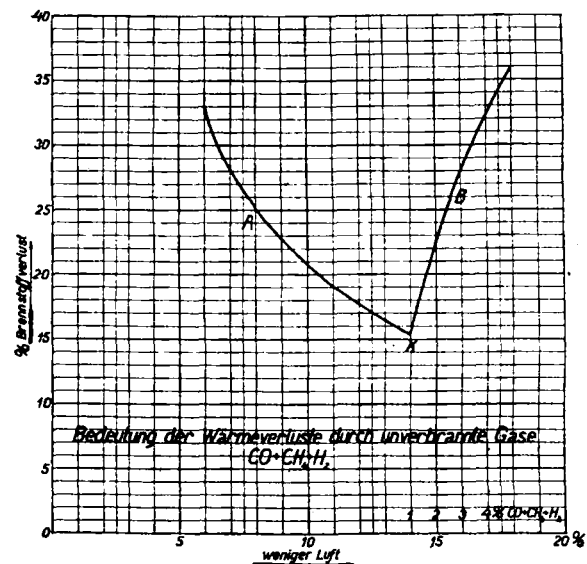


Fig. 8. Kurve für Verlust durch Unverbranntes in den Gasen.

oxydgasen nicht mehr genügend Sauerstoff zugeführt wird. Von diesem Punkte an steigt mit dem Gehalt an CO im Rauch von v. H. zu v. H. der Wärmeverlust wieder ganz gewaltig an. Auch in dieser Frage hat die Wärmewirtschaft erreicht, daß Apparate erfunden sind, mit denen der CO-Gehalt einwandfrei festgestellt wird.

#### Wärmeverluste im Dampfrohrnetz.

Wenn wir einen Blick zurückwerfen auf unser monatliches Wärmediagramm (Fig. 2), so sehen wir, außer den beiden Hauptverlusten, die wir besprochen haben, noch eine Anzahl weiterer Verluste, die hauptsächlich bei der Fortleitung des Dampfes entstehen: An- und Abstellverluste, Wärmeausstrahlung, Undichtigkeiten an Kondensstößen und Armaturen.

Daß man die Dampfleitungen und auch die Flanschenverbindungen nicht nur isoliert, sondern auch die Isolierung in Ordnung hält, ist keine Errungenschaft der Wärmewirtschaft. Bei Neuanlagen geht man immer mehr dazu über, durch Vermeidung von T-Stücken in den Dampfleitungen an Ausstrahlungsoberfläche zu sparen.

Die Anschlüsse der Kessel an die Hauptleitung werden autogen aufgeschweißt. Bei Speiseleitungen hat man dagegen die Flanschenverbindungen nicht isoliert, während die Verbindungen der Hauptdampfleitungen umhüllt werden.

Bei Kondensstößen, Kesselablaßhähnen, Wasserstandshähnen usw. ist dauerndes Dichthalten schwer zu erreichen. Man kann aber alles Sickerwasser und den Dampf, der beim Anstellen von Turbinen und Leitungssträngen ausbläst, in einem zentralen Mischkondensator sammeln und damit das Speisewasser erwärmen. Das erwärmte Speisewasser, vermischt mit dem zurückgewonnenen heißen Kondensat, fließt einer Pumpe zu. Mit solcher Rückgewinnungsanlage kann man den gesamten Betrieb gewissermaßen dicht machen und erspart manche Reinigungskosten für Zusatzwasser.

Maschinenhaus und Kesselhaus führen, wo irgend möglich, heute getrennte Wärmeabrechnung. Beim Eintritt in das Maschinenhaus

wird der Wärmehalt des Dampfes durch registrierende Druck- und Temperaturmessung ermittelt. Dort wird gleichzeitig auch die an das Kesselhaus zurückgegebene Kondensatmenge der Turbinen gewogen.

Da auf dem Rückwege das Kondensat nicht selten aus undichten Kondensatoren hartes Kühlwasser mit in die Kessel nimmt, das dort Stein ablagert, ist eine scharfe Wasserkontrolle, besonders auch des Kesselinhaltes, eingerichtet.

#### Abdampfverwertung.

All diese wärmewirtschaftliche Sorgfalt verringert zwar manchen Verlust, sie vermag aber leider an dem großen gewaltigen Wärmeverlust in der Kondensation nur wenig zu bessern, wenn nicht für den Abdampf selbst Verwendung besteht.

Selbst wenn man das Vakuum dadurch verbessert, daß man entweder einen Teil der im Kriege gekauften Stahlrohre im wirksamsten Teil des Kondensators gegen Messingrohre auswechselt, oder alle Stahlrohre

und Kondensationsturbine Versuche bei Halblast vorgenommen, die den günstigsten Wirkungsgrad dann ergaben, wenn Anzapfdampf für Dampfheizungs zwecke und Vakuumdampf für Warmwasserbereitung verwandt wurde. Fig. 10 zeigt die Versuchsergebnisse.

#### Wärmewirtschaft in der Eisenhüttenindustrie.

Aber die Wärmewirtschaft hat nicht nur in den Kraftanlagen ihre großen Erfolge erzielt, sondern auch in den anderen Industrien. Besonders die Eisenhüttenindustrie hat im letzten Jahre große wärmewirtschaftliche Fortschritte gemacht und kann mit Ersparnisziffern aufwarten, die alle Ersparnisse der Elektrizitätswerke in den Schatten stellen. Das ist um so erfreulicher, als die Eisenhüttenindustrie dreimal soviel Kohle verbraucht als die Elektrizitäts- und Gaswerke zusammengekommen. Sie hat infolgedessen mit ihrer wärmewirtschaftlichen Reorganisation der Volkswirtschaft einen gewaltigen Dienst erwiesen.

Auch auf anderen Gebieten der Betriebstechnik hat man längst erkannt, daß durch gegenseitigen Austausch der Betriebserfahrungen und Vergleich der Betriebswirkungsgrade technische Fortschritte schneller zur allgemeinen Benutzung kommen, als wenn jeder Betrieb auf dem Wege kostspieliger Versuche die Neuerungen für sich allein studiert. Dies gilt besonders für das Arbeitsgebiet der Wärmewirtschaft mit den zahlreichen neuen Kontrollapparaten, Instrumenten und Einrichtungen zur Abwärmeverwertung. Deshalb hat in großzögiger Weise die Eisenhüttenindustrie in Düsseldorf eine solche Austauschstelle geschaffen, die als Wärmestelle Düsseldorf heute fast alle Hüttenwerke fachkundig berät. Ihrer Anregung ist es zu danken, daß viele Hüttenwerke zu nächst einmal begonnen haben, sich über den Wärmeverlauf und Wärmeverbrauch sowie über die Wärmeverluste ihrer Anlagen Rechenschaft abzulegen. Und, wie es immer geht, sobald man nur erst einmal mit Wärmemessungen in einer Fabrik beginnt, dann schließen sich eine Anzahl von Verlustquellen schon ganz von selbst. Und wenn dann die Betriebsdisziplin eine straffere wird, können weitere Ersparnisse im Kohlenverbrauch, Dampfverbrauch und Stromverbrauch erzielt werden, ohne daß Neuinvestitionen oder Umstellungen notwendig werden.

Und wie die Kraftwerke, Gasanstalten, chemischen Fabriken und Hüttenwerke jetzt mit der Wärmeausbeute Ernst machen, so sind natürlich auch die anderen Industrien nicht müßig gewesen. Und überall haben die Industrie-Fachgruppen zum Austausch wärmewirtschaftlicher Betriebserfahrungen und zur Anregung von Fortschritten Wärmestellen gegründet. So hat die Kaliindustrie eine wärmewirtschaftliche Abteilung in ihrem Kali-Forschungsinstitut, so haben sich die Dampfkessel-Überwachungsvereine im Westen und in Mitteleuropa zu Gruppen mit je einer wärmewirtschaftlichen Abteilung zusammengeschlossen. Über diesen Wärmestellen steht als zusammenfassende Spitze und Sammelstelle aller Erfahrungen die Hauptstelle für Wärmewirtschaft in Berlin, welche ein Sammelwerk, das Archiv für Wärmewirtschaft, herausgibt.

Zum Schluß aber ist noch ein großes Gebiet zu nennen, auf dem die wärmewirtschaftliche Reorganisation erst vor kurzem allgemein eingesetzt hat. Das ist der Hausbrand und das Gebiet der Zentralheizungen.

Auch hier ist von manchen praktischen Erfahrungen zu berichten. In großen Städten mehrten sich jetzt die Anlagen der zentralen Warmwasserversorgungsanlagen, die größtenteils an alte Blockkraftwerke mit Kolbendampfmaschinen angeschlossen werden, weil sich mit dem Heißwasser bei gleichem Rohrquerschnitt größere Wärmemengen übertragen lassen, als mit Abdampf. Daß sie große wirtschaftliche Ersparnisse bringen, geht schon daraus hervor, daß Heizungsfirmen diese Zentralwarmwasserversorgungen nicht nur bauen, sondern auch den Betrieb auf eigene Rechnung führen.

Wenn man nun nach den treibenden Kräften aller dieser vielgestaltigen Fortschritte forscht, so sind es nicht behördlicher Zwang oder Gesetze, sondern die Brennstoffschwierigkeiten, Kohlenmangel und Kohlenpreis, die in der Industrie eine Selbsthilfe ins Leben gerufen haben. Und dann hat der Ehrgeiz einzelner Männer, der Leiter der Wärmestellen, der Betriebsingenieure und allmählich in steigendem Maße der Druck der öffentlichen Meinung die Entwicklung beschleunigt. [A. 115.]

## Der Tag der Technik in Frankfurt a. M.

9.—11. Oktober 1922.

Anlässlich der Einweihung des Hauses der Technik während der Frankfurter Herbstmesse wurde eine besondere technische Tagung veranstaltet, an der sich die großen Vereine und Verbände mit einer Reihe von Vorträgen und Besichtigungen beteiligten. Neben der allgemeinen Frage des „Kulturwertes der Technik“ (Prof. v. Hanfstaengel, Charlottenburg, über „Technik und Schule“ und Prof. Dessauer, Frankfurt, über „Technik und Weltgeistes“) stand in erster Linie die Wärmewirtschaft und chemische Brennstoffverwertung zur

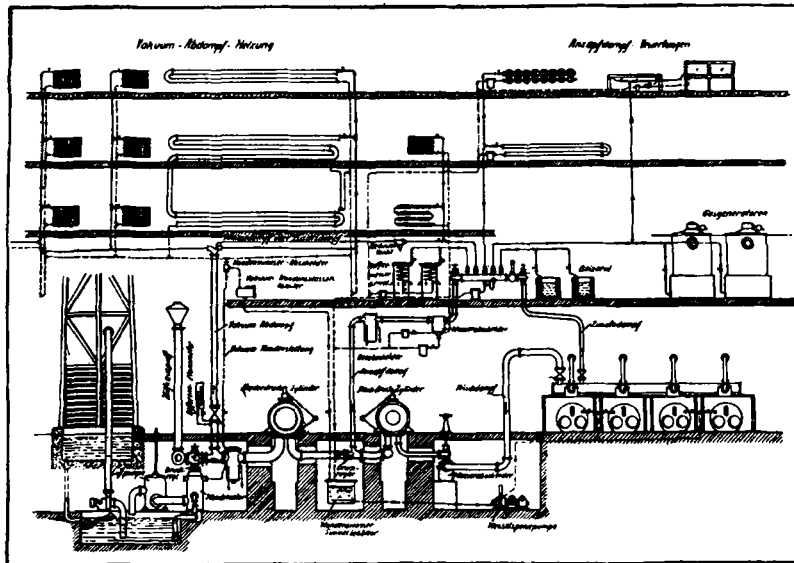


Fig. 9. Schema einer Zwischendampf- und Abdampfverwertung bei einer Kolbendampfmaschine. Wärmestelle Düsseldorf.

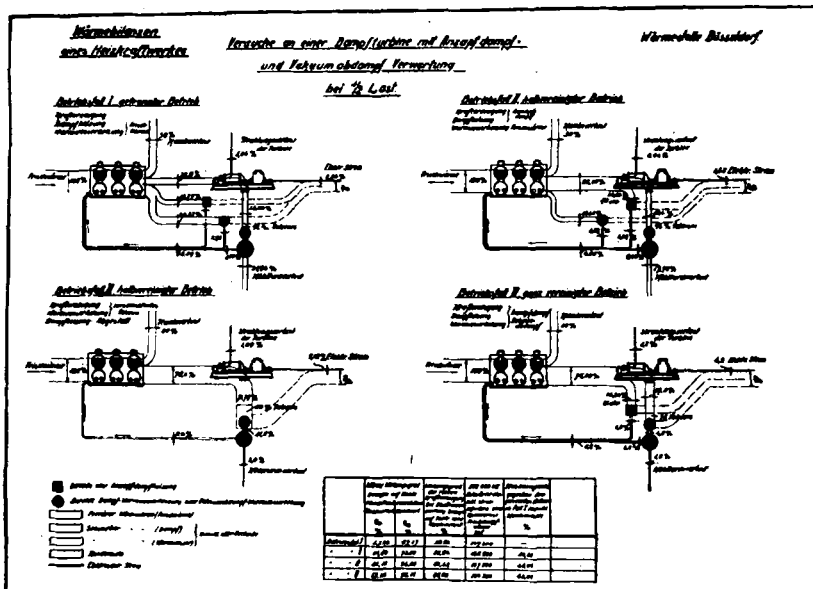


Fig. 10. Versuchsergebnisse an einer kombinierten Anzapfdampf-Gegendruck- und Kondensationsturbine.

auswechselt, so gehen doch immer noch fast 50 v. H. der in der Kohle gewesenen Wärme mit dem Kühlwasser verloren. Da wirft mancher Fabrikbesitzer, der Dampf für Heiz- oder Kochzwecke gebraucht, einen reumütigen und dankbaren Blick auf seine alte Kolbendampfmaschine, die er vielleicht gerade im Begriff war zu verkaufen, und zapft ihr zwischen Hoch- und Niederdruckzylinder den Dampf von 4 at ab und schickt ihn in die Fabrikation, oder läßt den Vakuum-Abdampf von einem Kondensator durch allerlei Heizungsanlagen hindurch absaugen, damit er überall unterwegs die Verdampfungswärme noch verwerten kann. Eine solche Zwischendampf- und Abdampfverwertung bei einer Kolbendampfmaschine hat die Wärmestelle Düsseldorf in der Fig. 9 schematisch dargestellt.

Im allgemeinen ist die Abdampfverwertung bei Kolbendampfmaschinen ökonomischer als bei Turbinen, die vorteilhaft den zugeführten Dampf bis zum tiefsten Druck verarbeiten. Die Wärmestelle Düsseldorf hat an einer kombinierten Anzapfdampf-Gegendruck-