

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87/88 (1926)
Heft: 19

Artikel: Moderne Dampfwirtschaft
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40993>

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: 01.02.2026

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

Das Kellergeschoss enthält ferner die Ankleideräume für sämtliche im Neubau beschäftigten Arbeiter. Jeder Arbeiter verfügt dort über einen Waschplatz und einen Schrank. Die betreffenden Räume sind direkt von aussen zugänglich durch zwei seitlich des Turmes angebrachte Treppen.

Im Erdgeschoss, das etwa 1750 m² Bodenfläche besitzt, sind unter der einen Galerie, rechts vom Eingang, die Werkzeugmaschinen der Fräselei, Bohrelei, Stanzerei und Presserei aufgestellt, während der Raum unter der Galerie links, sowie die grosse Montagehalle in der Mitte für die Schalttafel- und die Oelschaltermontage bestimmt sind. Der Abteilung für Oelschalterbau ist eine Prüfanlage angegliedert, mittels der die Hochspannungsapparate mit Spannungen bis 350 000 V gegen Erde geprüft werden können. Ebenso dient eine Hochstromgruppe zu Versuchs- und Eichzwecken an Gleichstromapparaten für 6000 A und 5 V. Zur Eichung von Hochstromapparaten für Wechselstrom, und zur Untersuchung der Hochstromwirkungen an Apparaten und deren Kontaktvorrichtungen ist ein Transformator für 20 000 A Dauerbelastung und etwa 60 000 A Spitzenstrom vorhanden.

Von den das erste Obergeschoss bildenden Galerien wird die eine von der Dreherei, die andere von der Montageabteilung für Bahnapparate eingenommen. Eine Verbindungsgalerie auf der Westseite ist mit zwei Laderampen ausgerüstet, die durch die Hallenkrane bedient werden.

Der zweite Stock enthält die Werkstätten für Klein- und Feinmechanik, Kleinapparate- und Relaisbau. Am Ostende des linken Flügels ist ferner das Versuchs-Lokal des Apparaten-Konstruktionsbureau eingerichtet (Abb. 10). Die dort aufgestellten Maschinengruppen der verschiedenen Stromarten sind mit den Wählertafeln jedes Arbeitsplatzes elektrisch so verbunden, dass durch einen einzigen Handgriff mittels Steckern die verschiedenen Stromquellen über Regulierwiderstände, Stufentransformer oder Induktionsregler an die Arbeitsklemmen gelegt werden können. Von sämtlichen Stromquellen führen Leitungen in die bereits erwähnte Prüfteilung im Erdgeschoss, sodass auch dort Versuche vorgenommen werden können, sofern die grossen Abmessungen der Apparate ihren Transport in das Versuchslokal im zweiten Stock nicht gestatten. Im Quertrakt ist in gleicher Bodenhöhe das Konstruktionsbureau der Schalttafel-Abteilung untergebracht.

Alle als Werkstätten eingerichteten Geschosse haben Kalt- und Warm-Wasser, sowie Gas und Pressluft zur Verfügung. Im Erdgeschoss ist ausserdem ein Anschluss an die allgemeine Oelleitung vorhanden, durch den das für das Füllen der Oelschalter nötige Schalteröl aus dem Lager bezogen werden kann.

Die beiden Warenaufzüge, die sämtliche Etagen bedienen, sind so bemessen, dass sie die in der Industrie immer grössere Verbreitung findenden Elektrokarren aufnehmen können, sodass vom Magazin bis zur Verarbeitungsstelle kein Umladen notwendig wird und der Karren die Waren direkt bis zum Gebrauchsort bringen kann.

Im obersten Stock befinden sich, wie erwähnt, die zuständigen technischen Bureaux. Der Hauptzugang erfolgt vom Turmbau aus, wo auch die beiden Personenaufzüge für das Personal zur Verfügung stehen.

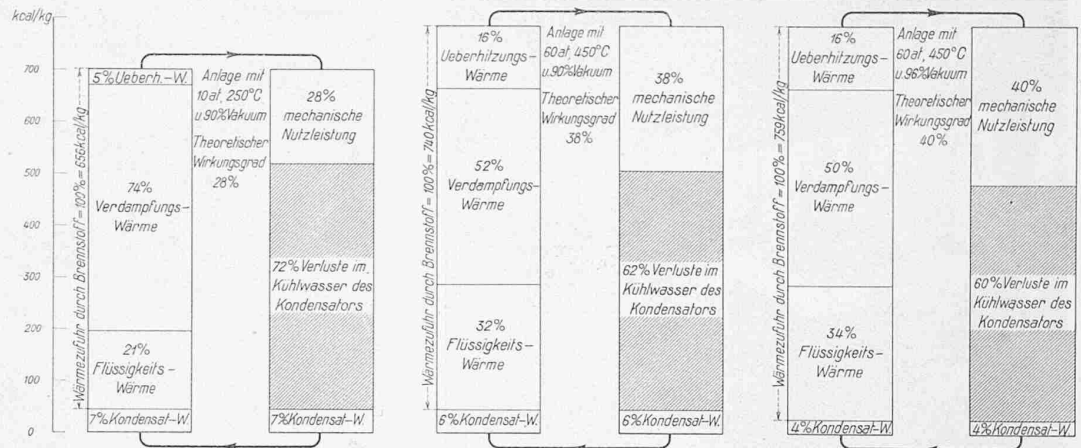


Abb. 1 bis 3. Schemata des Dampfmaschinen-Kreisprozesses unter Annahme verlustloser Kessel und Maschinen mit frühern Dampfverhältnissen 10 at, 250° C, 90% Vakuum. mit modernen Dampfverhältnissen 60 at, 450° C, 90% Vakuum. mit modernen Dampfverhältnissen 60 at, 450° C, 96% Vakuum.

Moderne Dampfwirtschaft.

Von PAUL FABER, Oberingenieur von Brown, Boveri & Cie., Baden.

[Die raschen Fortschritte, die im Laufe der letzten Jahre in der Verbesserung der Wärmewirtschaft bei Dampf-Kraftanlagen erzielt worden sind, hat die Aufmerksamkeit auch weiterer Kreise auf dieses Problem gelenkt. Dies hat uns veranlasst, den Autor zu bitten, zusammenfassend über „Moderne Dampfwirtschaft“ zu berichten, und zwar in einer Form, die vom Leser nicht zu viel Spezialkenntnisse auf diesem Gebiet erfordere und dadurch einen möglichst weiten Kreis unserer Leser zu interessieren vermöge. Der Spezialist wolle dies in Berücksichtigung ziehen, wenn er in dieser Abhandlung manches ihm bereits bekannte findet. Red.]

Während bei flüssigen und gasförmigen Brennstoffen die Verbrennungsgase meist unmittelbar als Wärmeträger für die Krafterzeugung in Gas-, Benzin- und Dieselmotoren verwendet werden, erfordern feste Brennstoffe, z. B. Kohle, bis heute wegen ihren vielen unverbrennbaren Beimengungen die Uebertragung der Wärme auf Wasserdampf als weiteren Wärmeträger, und erst dieser leistet in einer Dampfmaschine oder Dampfturbine mechanische Arbeit. Der Wasserdampf muss im Arbeitsprozess fortlaufend bei hohem Druck erzeugt werden, wobei man zuerst das Wasser durch Zuführung der „Wasserwärme“ auf die Verdampfungstemperatur erwärmt, dann dieses heisse Wasser durch Zuführung der sehr beträchtlichen „Verdampfungswärme“ in gesättigten Dampf von gleicher Temperatur verwandelt, und schliesslich diesen gesättigten Dampf durch Zufuhr der „Ueberhitzungswärme“ auf noch höhere Temperatur überhitzt. Nach der Arbeitsleistung in der Dampfmaschine muss der Dampf bei tiefem Druck im Kondensator kondensiert werden, wobei seine ganze Verdampfungswärme wieder aus dem Prozess entlassen wird und an das Kühlwasser der Kondensations-Anlage verloren geht. Einzig das Kondensat geht mit seinem sehr geringen Wärmeinhalt als Speisewasser wieder in den Kreisprozess zurück. Dieser Verlust der Verdampfungswärme im Kühlwasser ist vor allem schuld daran, dass im Dampfmaschinen-Prozess bisher nur etwa ein Siebtel der zugeführten Wärme in nützliche Arbeit verwandelt werden konnte. Der Wirkungsgrad dieses Prozesses ist jedoch in der allerjüngsten Zeit durch die im folgenden beschriebenen Massnahmen ganz wesentlich verbessert worden.

1. Vergrösserung des Wärmegefälles.

Im modernen Kreisprozess sucht man den Dampf so weit als möglich auszunützen, nachdem man ihn doch mit grossem Wärmeaufwand erzeugen, und nach der Arbeitsleistung unter Verlust des grössten Teils der Erzeugungswärme wieder vernichten muss. Zu diesem Zwecke führt

oder Brennstoff-Aufwand pro kWh aber wegen des kleinen Verlustes im Kondensator kleiner als bei einer Kraftanlage ohne Speisewasser-Vorwärmung.

Die Bedeutung dieser Speisewasser-Vorwärmung nimmt mit höhern Drücken zu. Aus Abb. 6, in der die Erzeugungswärmen des Wasserdampfes für verschiedene Temperaturen in Funktion des Druckes angegeben sind, erkennt man, dass die dem Wasser vor der Verdampfung zuzuführende „Wasserwärme“ mit steigenden Drücken grösser, und die für die Verdampfung des heissen Wassers aufzunehmende „Verdampfungswärme“ kleiner wird. Bei hohen Drücken kann also eine grössere Wärmemenge durch die Vorwärmung des Speisewassers in den Kessel zurückgeführt werden, als bei tiefen Drücken, wodurch entsprechend weniger Wärme im Kühlwasser des Kondensators verloren geht. Diese Kurven zeigen auch die interessante Tatsache, dass die Erzeugungswärme des gesättigten Wasserdampfes für etwa 30 at ein Maximum wird und bei höheren Drücken wieder abnimmt. Bei 225 at herrscht der kritische Druck, bei dem ein Unterschied zwischen Wasser und Dampf nicht mehr besteht, sodass dort die Verdampfungswärme Null wird¹⁾.

Der Kreisprozess mit Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf für hohen Druck und hohe Temperatur ist in Abb. 7 schematisch dargestellt. Die Flächen geben die pro kg Wasserdampf umgesetzte Wärme- und Arbeitsmenge. Man erkennt, wie die Anzapfdampfmengen ihre Arbeitsfähigkeit nur teilweise abgeben, wie aber dafür die ins Kühlwasser verlorene Wärme verkleinert ist. Aus diesem Schema ist auch zu ersehen, dass die aus der Turbine in den Kondensator abströmende Dampfmenge wesentlich weniger, im vorliegenden Fall nur 75 % der in die Turbine einströmenden Dampfmenge beträgt. Der Vergleich der Abbildungen 3 und 7 zeigt, dass der Kreisprozess bei 60 at Dampfdruck und 450° C Dampftemperatur durch die Speisewasservorwärmung von 40 auf 44 % verbessert wird.

Die Vorwärmtemperatur wird umso höher gewählt, je höher der Kesseldruck, d. h. je höher die Verdampfungstemperatur des Kesselspeisewassers ist. Aus der bisherigen, allerdings noch wenig entwickelten Praxis, scheint hervorzugehen, dass eine Speisewassertemperatur, die 60 bis 100° C unter der Kesselspeisewassertemperatur (Sättigungstemperatur) liegt, zweckmässig ist.

Die Zahl der Vorwärmestufen und Dampfenntnahmestellen an der Turbine muss umso grösser sein, je höher die Speisewasservorwärmung getrieben wird, damit die Arbeitsfähigkeit des Entnahmedampfes gut ausgenützt werden kann. Kostengründe und das Bestreben, die Anlagen einfach und übersichtlich zu halten, führen aber dazu, die Zahl der Vorwärmestufen zu beschränken. Abbildung 8²⁾ gibt interessanten Aufschluss über die Wärmeersparnis, die bei verschiedenen Speisewassertemperaturen und Vorwärmestufen bei einer Turbinenanlage mit 20 at Frischdampf-Druck erreicht werden kann. Man sieht daraus, dass mit zwei Vorwärmestufen ein Wärmegegewinn von 6 bis 7 % möglich ist, der aber bei mehr als zwei Stufen nur

¹⁾ Der Engländer Benson hat eine Versuchsanlage im Bau, bei der der Dampf über dem kritischen Druck erzeugt, dann aber vor der Turbine abgedrosselt und überhitzt wird.

²⁾ Abb. 8 und 9 aus W. G. Noack, a. a. O.

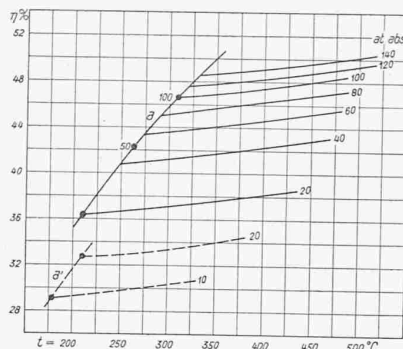


Abb. 9. Wirkungsgrade des verlustlosen Dampfmaschinen-Kreisprozesses.
a mit Speisewasser-Vorwärmung durch Anzapfdampf mit hohen Drücken.
a' mit Rauchgas-Vorwärmung und bisher gebräuchlichen Drücken.

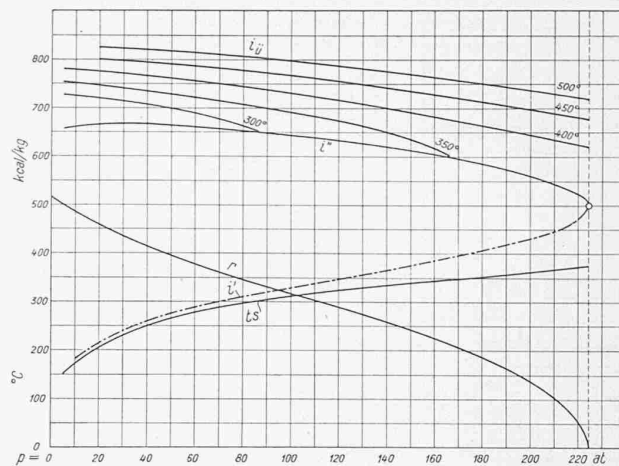


Abb. 6. Erzeugungswärme des Wasserdampfes für verschiedene Drücke und Temperaturen.
i' Wasserwärme, r Verdampfungswärme, ts Verdampfungstemperatur, i'' Wärme-Inhalt des gesättigten Dampfes, iu Wärmeinhalt des überhitzten Dampfes.

noch unwesentlich zunimmt. Es scheint sich die Regel auszubilden, dass für 20 at ein bis zwei, für 40 at zwei bis drei und für 60 at drei bis vier Vorwärmer gewählt werden.

Endlich sei in Abbildung 9 gezeigt, welche Wirkungsgrade mit dem theoretischen Dampfmaschinenprozess, also mit verlustlosen Kesseln und Maschinen, bei verschiedenen Drücken und Temperaturen und 0,05 at Kondensator-Druck (95 % Vakuum) mit und ohne Vorwärmung durch Anzapfdampf erreicht werden können. Dabei geben die gestrichelten Kurven die Wirkungsgrade für bis heute übliche Druck- und Temperaturverhältnisse ohne Vorwärmung des Speisewassers durch Anzapfdampf, wohl aber nach bisheriger Art durch Rauchgasvorwärmer im Kessel (Economiser). Die ausgezogenen Kurven zeigen die Wirkungsgrade, die mit höheren Drücken und Temperaturen unter Anwendung einer ebenfalls verlustlosen Speisewasser-Vorwärmung durch Anzapfdampf in unendlich vielen Stufen theoretisch erreichbar sind.

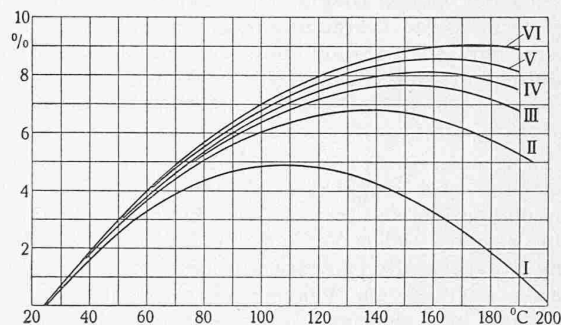


Abb. 8. Wärme-Ersparnis im Dampfmaschinen-Kreisprozess in Abhängigkeit der Vorwärme-Temperaturen und der Zahl der Vorwärmestufen.

Aus diesen Kurven geht hervor, dass die Drucksteigerung auf 50 bis 60 at eine starke Erhöhung des theoretischen Wirkungsgrades ergibt, dass aber noch höhere Drücke nicht mehr viel Gewinn bringen. Mit Rücksicht auf die nicht geringen konstruktiven Schwierigkeiten und Kosten der Hochdruckkessel und Armaturen dürften deshalb Drücke über 60 at vorläufig nicht zu empfehlen sein.

Hier ist noch zu sagen, dass durch die Vorwärmung des Speisewassers durch Anzapfdampf die Speisewasser-Vorwärmer im Kessel (Economiser) nicht mehr verwendet werden können. Dafür werden Luftvorwärmer in die Kessel eingebaut, in denen die Wärme der Kesselabgase an die kalte Verbrennungsluft übertragen und in den Prozess zurückgeführt wird.

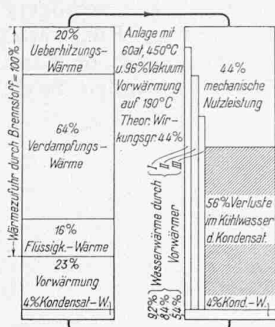


Abb. 7. Schema eines verlustlosen Dampfmaschinen-Kreisprozesses bei dreistufiger Speisewasser-Vorwärmung durch Anzapfdampf.

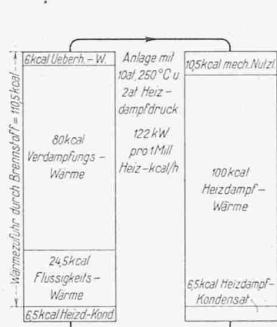


Abb. 10 und 11. Schemata des Kreisprozesses eines Heiz-Kraft-Betriebes für frühere Dampfverhältnisse 10 at, 250°C, 2 at Heizdampfdruck.

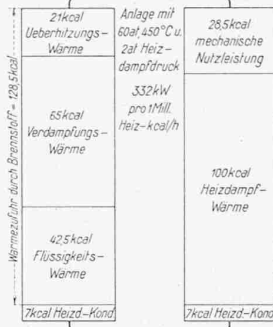


Abb. 10 und 11. Schemata des Kreisprozesses eines Heiz-Kraft-Betriebes für moderne Dampfverhältnisse 60 at, 450°C, 2 at Heizdampfdruck.

3. Verwendung der Abwärme zu Heizzwecken.

Die Dampfmaschine wird sofort zur idealen Kraftmaschine und der Dampfmaschinen-Prozess zum theoretisch verlustlosen Kreisprozess, wenn die Wärme des Abdampfes nicht im Kühlwasser des Kondensators verloren geht, sondern zu Heizzwecken ausgenützt werden kann. Bei einem solchen Kraft-Heiz-Betrieb verliert man, wie übrigens auch bei reinem Heizbetrieb, 15 bis 30 % der zugeführten Brennstoffwärme im Kessel, mit den Rauchgasen, als Rückstände und durch Strahlung, aber jede im Frischdampf enthaltene Calorie geht entweder in die Heizung oder verwandelt sich in mechanische Arbeit an der Turbinenwelle. Um die Tragweite dieses Heiz-Kraft-Prozesses gleich eingangs darzutun, sei festgestellt, dass bei Verwendung einer Kohle von 7500 kcal Heizwert zu 40 Fr. pro Tonne die reinen Brennstoffkosten nur rund 0,6 Rp./kWh betragen. Solche Heiz-Kraft-Betriebe finden wir schon seit langem in industriellen Betrieben, insbesondere in Zucker-, Papier-, Zellstoff-Wolle-Fabriken, in Färbereien, Bleichereien, in der chemischen Industrie, sowie ganz vereinzelt in Verbindung mit Gebäude-Fernheizungs-Anlagen. Jede solche Heiz-Kraft-Anlage kann nur soviel Energie abgeben, als sich aus dem gerade gebrauchten Heizdampf erzeugen lässt, d. h. die elektrische Energie entsteht hier sozusagen als Nebenprodukt, und es muss eine zweite, unabhängige Energiequelle vorhanden sein, die einen Mehrbedarf der Fabrik an Energie decken kann. Als zweite Energiequelle kann eine gewöhnliche Dampfkraftanlage mit Kondensation ¹⁾, eine eigene Wasserkraftanlage oder ein fremdes Energie-Versorgungsnetz dienen. Das Zusammenarbeiten mit einem Energienetz ist besonders interessant, weil sich dabei die sehr wichtige Möglichkeit ergibt, bei grossem Heizdampf- und kleinem Energiebedarf überschüssige, in der Fabrik nicht benötigte Energie aus dem Heizkraftwerk an dieses Netz abzugeben. Da das Heizkraftwerk die Energie so billig wie keine andere Kraftanlage erzeugen kann, muss ein solches Zusammenarbeiten für alle Beteiligten günstig sein. Trotzdem gibt es bis heute noch wenige Beispiele eines solchen gegenseitigen Zusammenarbeitens, weil die Elektrizitätswerke, aus oft schwer verständlichen Gründen, den Strom in der Regel nur verkaufen, aber nicht in kleinen Mengen kaufen wollen. In einer idealen Wärmewirtschaft dürfte grundsätzlich keine Wärme nur für Heizzwecke erzeugt werden, sondern jeder Wärmeträger, jedes Kilogramm Heizdampf müsste vor seiner Ausnützung in der Heizung Energie in einer Kraftmaschine erzeugen. So könnte man sich eine grosszügige Kombination von städtischen Fernheizungs-Anlagen und grossen Kraftwerken denken, weil gerade in den Städten Kraft- und Wärmebedarf wenigstens lokal zusammenfallen.

Einer solchen kombinierten Heiz-Kraft-Wirtschaft stehen aber zur Zeit noch schwere Hindernisse entgegen.

¹⁾ Die Heizturbine und die Kondensationsturbine können in einer Maschine vereinigt werden, wodurch die sogenannte „Anzapfturbine“ entsteht, aus der an geeigneter Stelle Dampf zu Heizzwecken entnommen wird.

So fehlen zunächst die Organisationen, um solche Anlagen zu studieren, zu bauen und zu betreiben. Die städtischen Betriebe können sich diese Pionierarbeit nicht leisten und private Unternehmungen eignen sich nicht gut dazu, weil städtischer Grund, Strassen usw. beansprucht werden müssen. Die Kraftanlagen müssen, wenigstens in unserem Lande, wegen der Kohlenzufuhr, der Rauchplage und nicht zuletzt auch des Platzbedürfnisses wegen, ausserhalb der Stadt liegen; die Wärme müsste somit über weite Strecken ins Stadt-Zentrum geführt werden, d. h. die Anlagekosten für diese Fern-

heizungen und auch die Wärmeverluste werden hoch. Ausserdem fallen Kraft- und Heizbedarf zeitlich nicht günstig zusammen, indem die Heizung am frühen Morgen stark und am Abend wenig beansprucht ist, während der Kraftbedarf der Stadt gerade umgekehrt verläuft. Der Heizbedarf ist zudem stark von der Witterung und von der Jahreszeit abhängig, während der Kraftbedarf von der Witterung überhaupt nicht und nur in geringem Masse von der Jahreszeit abhängig ist.

Während der letzten zwei bis drei Jahre sind nun durch die Einführung des Hochdruckdampfes für industrielle Heiz-Kraft-Betriebe grosse Vorteile und für Projekte städtischer Fernheizanlagen aussichtsreiche Möglichkeiten geschaffen worden. Bei den früher üblichen Kesseldrücken von rund 10 at und Dampf-Temperaturen von 250° blieb bis zu dem meist nötigen Heizdruck von 2 bis 3 at nur ein geringes Wärmegefälle, das auch nur eine beschränkte Energiemenge zu erzeugen gestattete. Heute kann durch die Wahl eines passend hohen Frischdampf-Druckes und der dazu geeigneten Temperatur das Wärmegefälle und die Leistungsfähigkeit einer Anlage beigegebener Heizdampfmenge in weiten Grenzen verändert und den besonderen Energie-Bedürfnissen eines Fabrikbetriebes angepasst werden. Diese Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Anpassungsmöglichkeit der Kraft-Heiz-Anlage wird für ihre weitere Verbreitung in industriellen Betrieben und für Fernheizanlagen sehr förderlich sein.

Abbildungen 10 und 11 geben einen Einblick in die durch die Einführung des Hochdruckdampfes geschaffenen neuen Verhältnisse. Bei einer gegebenen Heizung lassen sich (verlustlose Kessel und Turbinen vorausgesetzt) bei den früher üblichen Druck- und Temperaturverhältnissen von 10 at, 250°C und 2 at Gegendruck 122 kW mittels einer Million Heizcalorien entwickeln, während bei einem modernen Prozess mit 60 at, 450°C und 2 at Gegendruck 332 kW pro Million Heizcalorien erzeugt werden können. Selbstverständlich muss in beiden Fällen sowohl die Heizwärme, wie auch die der geleisteten mechanischen Energie äquivalente Wärme dem Kreisprozess durch Brennstoff zugeführt werden, d. h. bei mehr Leistung ist auch mehr Brennstoffwärme nötig. Für beide Prozesse ist noch bemerkenswert, dass Wärmeverluste gar nicht entstehen, dass die Wirbel- und Reibungsverluste in der Turbine zwar als ein Minus an mechanischer Arbeit erscheinen, aber doch als Wärme in der Heizung nützlich verwendet werden, und dass nur die Wärmeverluste im Kessel, die Lager- und Strahlungsverluste in der Turbine und die elektrischen Verluste im Generator als Energieverluste zu betrachten sind. Die Brennstoffkosten für die in einem solchen Heiz-Kraft-Prozess erzeugte Energie betragen daher, wie bereits angedeutet, für Kohle von 7500 kcal und 40 Fr./t, je nach den Kessel- und Turbinen-Wirkungsgraden, nur 0,58 bis 0,71 Rp./kWh, wogegen auch im modernsten reinen Dampfkraftbetrieb mit Kondensation das Dreifache an Brennstoffkosten gerechnet werden muss. (Schluss folgt.)