

Alle mit Faktorfirmis angerührten Farben können auch bei Regenwetter gestrichen werden, da Faktorfirmis kein Wasser aufnimmt.

Für Stahlkonstruktionen, die den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, haben sich bewährt:

a) ein Grundanstrich aus roter Bleimennige, zwei Deckanstriche aus Bleiweiß,

b) ein Grundanstrich sowie ein Deckanstrich aus Graubleimennige.

Als Rostschutzfarbe für Brücken, Hallen usw. haben sich auch die ölfreien Streichmittel, deren Hauptbestandteile Nitrozellulose und Kopale sind, bewährt.

An den Stellen, wo eine Beständigkeit gegen chemische Angriffe gefordert wird, sind Bitumina zu verwenden¹.

Zu chemisch gefährdeten Gegenständen gehören auch alle Eisenteile, die unter der Erdoberfläche liegen. Ein Lagertank z. B., der über der Erde liegt, ist mit Mennige zu streichen, ein unterirdischer Tank mit Bitumen. Der Innenanstrich richtet sich nach der aufzunehmenden Flüssigkeit.

Widerstandsfähig sowohl gegen Witterungseinflüsse als auch gegen chemische Angriffe unter gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung sind Kunstharze, z. B. gefüllte Bakelit- und Glyptallacke.

Vor dem ersten Anstrich sind die Walzhaut, vorhandene Roststellen und alte Farbanstriche sorgfältig (Kratzen, Sandstrahlen, Abbrennen oder Beizen) zu entfernen. Durch ungenügendes Entrosten und Reinigen wird die Lebensdauer der Anstriche stark verringert. Anstriche, die auf Rost aufgebracht werden können, gibt es nicht.

Richtig aufgebrauchte Rostschutzfarben müssen in gemäßigttem Klima mindestens 4 Jahre halten. Lackfilme sind nur auf trockene Teile aufzubringen.

Glasflächen von Fenstern und Oberlichtern, die während der Arbeitszeit der Sonnenstrahlung besonders ausgesetzt sind, werden vielfach mit einem Sonnenschutzanstrich versehen. Die Farbtöne derartiger Anstriche können weiß, hellgrau, blau und grün sein. Da die Farben meist mit Wasser angesetzt werden, ist die Haltbarkeit der Anstriche begrenzt; die Lebensdauer beträgt 1 bis 2 Jahre. So wünschenswert ein derartiger Anstrich für den Schutz gegen die Sonnenstrahlung ist, so nachteilig wirkt er natürlich auf die Tageslichtbeleuchtung der geschützten Räume.

Auch bei Dampfkesseln werden verschiedentlich die Innenwände als Schutz gegen Korrosion angestrichen. Die hierfür gebräuchlichen Mittel sind vielfach feuergefährlich und gesundheitlich schädlich, daher ist große Vorsicht am Platze. Außerdem können leicht Wärmestauungen eintreten, die zum Ausglühen von Kesselteilen führen. Gefahrlos und billig ist ein Anstrich der Kesselwandungen mit einer Mischung von Flockengraphit und Magermilch. Im allgemeinen ist ein Innenanstrich überflüssig, wenigstens wenn eine genügende Aufbereitung des Kesselwassers erfolgt. Siederohre werden auf keinen Fall innen angestrichen. Gegen äußere Verrostungen werden Außenanstriche mit destilliertem Steinkohlenteer angewandt. Auch mit 85%iger, fein verteilter Bleimennige, die keine wasserlöslichen Bestandteile und nur etwa 2% wasserunlösliche Verunreinigungen enthalten darf, sind günstige Erfahrungen gemacht worden.

Zum Schluß sei noch auf die Kennfarben von Rohrleitungen und elektrischen Leitungen hingewiesen, über die der Deutsche Normenausschuß die Normblätter DIN 2403 und DIN-VDE 705 entwickelt hat. Die Leitungen sind möglichst nicht in ihrer ganzen Länge mit der Kennfarbe zu streichen. Vielmehr genügen ringförmige Kennzeichnungen an wichtigen Stellen, z. B. bei Absperrorganen, Abzweigungen u. dgl.

IV. Energieversorgung.

21. Energiebedarf; Eigenerzeugung oder Fremdbezug?

Energieform. — Energiebedarf. — Wirtschaftliche Gesichtspunkte.

Unter Energie im Sinne der vorliegenden Betrachtung ist nicht nur die Antriebskraft für Arbeits- und Werkzeugmaschinen in Form von mechanischer oder elektrischer Energie zu verstehen, vielmehr umfaßt dieser Begriff auch die Wärmeversorgung für gewerbliche Zwecke mit Dampf, Warmwasser, Gas, Öl und anderen Brennstoffen, in weiterem Sinne auch die Versorgung mit Preßluft zum Antrieb von Arbeitsmaschinen und zum Ausblasen von Werkstücken. Wenn auch die Ausbildung der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen für die einzelnen Energieformen ganz verschiedenartige Mittel und Wege verlangt, so stellt doch die Energieversorgung

¹ Neuerdings werden als Schutz von Beton-, Stahl- und Holzkonstruktionen Gummiüberzüge empfohlen; die Überzüge werden auf kaltem Wege, ohne nachträgliche Vulkanisation, hergestellt und sollen besonders wirksam gegen chemische Beanspruchung sein.

der Fabrikbetriebe eine in sich zusammenhängende Aufgabe dar. Die Wahl der zweckmäßigsten Energieform für jeden Einzelfall ist ebenso wie die Entscheidung der Frage „Eigenerzeugung oder Fremdbezug der Energie“ von mehr oder weniger grundlegender Bedeutung für das Gedeihen der Fabrikbetriebe, je nachdem welchen Anteil die Energiekosten an den Gesamtkosten des in Frage kommenden Industriezweiges einnehmen. Es kann nicht Aufgabe dieser Arbeit sein, eindeutige Angaben über die Wahl der zweckmäßigsten Energieform zu machen, da weder für eine erschöpfende Untersuchung genügender Raum zur Verfügung steht, noch bei der Verschiedenartigkeit der Voraussetzungen in den einzelnen Industriezweigen eine allgemein gültige Lösung gegeben werden kann. Auch sind oftmals die Energiekosten nicht ausschlaggebend für die Wahl der Energieform, sei es, daß die Verwendung einer bestimmten Energie auf örtlich oder technisch bedingte Schwierigkeiten stößt, oder sei es, daß einer an und für sich teureren Energieform aus fabrikatorischen Gründen der Vorzug gegeben wird. Dies ist z. B. häufig der Fall bei der Verwendung von Elektrizität für metallurgische Öfen. Die Vergütung im elektrischen Ofen verleiht hier dem behandelten Werkstoff oft derart wertvolle Eigenschaften, daß der Mehraufwand an Energiekosten durch den höheren Verkaufswert reichlich aufgewogen wird. Eine richtig verstandene Energiewirtschaft wird auch Faktoren dieser Art in die vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung einstellen, damit von Fall zu Fall die optimale Energieform ermittelt werden kann. Voraussetzung hierfür ist, daß die energiewirtschaftliche Untersuchung wirklich nach sachlichen Gesichtspunkten und frei von Rücksichtnahme auf technische Moden geführt wird.

Bevor man sich für eine Energieform und für Eigenerzeugung oder Fremdbezug der Energie entscheiden kann, muß man sich — wenigstens in großen Zügen — über den Energiebedarf Rechenschaft geben. Bei der Verlegung eines vorhandenen Betriebes in eine neue Anlage stößt diese Frage auf keine nennenswerten Schwierigkeiten; anders dagegen bei der Errichtung einer neuen Fabrikanlage, deren zukünftiges Fabrikationsprogramm meist nur in unscharfen, angedeuteten Umrissen festliegt. Hier muß man versuchen, Anhaltswerte aus gleichartigen Betrieben zu erhalten. Auch kann man sich an Hand der aufzustellenden Werkzeug- und Arbeitsmaschinen ein Bild über die erforderliche Leistung machen. Der Kraftbedarf von verschiedenen Werkzeug- und Arbeitsmaschinen ist den einschlägigen Handbüchern¹ oder den Katalogen der Spezialfirmen zu entnehmen. Außerdem sei auf die Abschnitte „Förderanlagen“ und „Heizung und Lüftung“ verwiesen.

Zu beachten ist, daß die Leistung von Energieerzeugungsanlagen bzw. die Anschlußleistung für den Fremdbezug der Energie nicht ohne weiteres als Summe der ermittelten Einzelwerte zu bemessen ist. Meistens sind nicht alle angeschlossenen Verbraucher gleichzeitig und vollbelastet in Betrieb, so daß die tatsächliche Gesamtleistung entsprechend niedriger liegt.

Für die Beurteilung der Frage „Eigenerzeugung oder Fremdbezug“ können Preßluft, Preßwasser und mechanische Energieübertragung (durch Wellenleitung) ausscheiden, da der Bezug von Energie in diesen Formen nur ganz selten möglich ist. Auch Dampfbezug kommt relativ selten in Frage. Wenn allerdings hierfür eine Möglichkeit durch Anschluß an ein öffentliches Fernheizwerk oder an ein benachbartes Industrieheizwerk gegeben ist, so kann davon gerade bei kleineren Anlagen oft mit Vorteil Gebrauch gemacht werden, da der Kapitaldienst für Eigenerzeugungsanlagen mit sinkender Leistung stark ansteigt.

Für die Gasversorgung kommt ein Vergleich zwischen gleichartigen Gasen für Eigenerzeugung und Fremdbezug kaum in Frage. Während öffentliche Gaswerke meistens ein reiches Gas (Leuchtgas) mit hohem Heizwert (3500 bis 5000 kcal/Nm³) liefern, kommt für Eigenerzeugung nur ärmeres Gas (Wassergas und Generatorgas) mit niedrigerem Heizwert (2500 bzw. 1200 bis 1500 kcal/Nm³) in Betracht. Für Hüttenwerke steht außerdem noch aus eigenen oder benachbarten Industrieanlagen Koksofengas mit etwa 4500 kcal/Nm³ oder Hochofengas mit 950 kcal/Nm³ zur Verfügung. Für die Wahl des Gases ist der Verwendungszweck wichtig. Hohe Verbrennungstemperaturen lassen sich mit reichem Gas ohne Vorwärmung, mit armem Gas nur mit Vorwärmung des Gases erreichen. Auch kann die Reinheit des Gases von großer Bedeutung sein, da Verunreinigungen — z. B. durch Schwefel — die Verwendung eines Gases bei direkter Berührung der Flamme mit dem Einsatz gegebenenfalls überhaupt ausschließen. Der Bezug von Leuchtgas ist bei großem Bedarf meist zu teuer; billiger ist die Verwendung

¹ z. B. H. Dubbel: Taschenbuch für den Fabrikbetrieb. Berlin: Julius Springer und Hirsch-Wilking; Elektro-Ingenieurkalender. Berlin: Oscar Coblentz.

von Koks- bzw. Hochofengas, am billigsten bei größerem Bedarf die Eigenerzeugung von Generatorgas.

In erheblich weiteren Grenzen tritt die Eigenerzeugung von elektrischer Energie mit dem Fremdbezug von elektrischem Strom in Wettbewerb. Wenn auch die Zentralisierung der Stromerzeugung immer größere Fortschritte macht, so spielt doch die Eigenerzeugung der Energie in industriellen Kraftwerken auch heute noch eine große Rolle. Bei einigermaßen günstigen Stromtarifen ist allerdings der Fremdstrombezug der reinen Stromerzeugung in eigenen Maschinen wirtschaftlich überlegen. Anders bei kombinierter Energiewirtschaft: die Kupplung von Krafterzeugung und Wärmeerzeugung ergibt oft derartige wirtschaftliche Vorteile, daß die großen Elektrizitätszentralen den Strom zu gleich niedrigen Preisen nur in Ausnahmefällen liefern können. Einen wesentlichen Aufschwung hat die Kupplung von Kraft- und Wärmeversorgung durch die Einführung des Hochdruckdampfes erhalten, da durch die Anwendung hoher Frischdampfdrücke das ausnutzbare Energie-(Wärme-)Gefälle für die Krafterzeugung erheblich größer geworden ist, oder mit anderen Worten die Krafterzeugung je kg Dampfdurchsatz entsprechend gewachsen ist. Dieser Vorteil muß allerdings mit höherem Kapitalaufwand erkaufte werden. Ferner ist zu beachten, daß die Kraft — auch rein thermisch betrachtet — nicht umsonst erzeugt wird. Vielmehr ist zur Erzeugung des höher gespannten Dampfes entsprechend mehr Wärme, damit auch mehr Brennstoff, aufzuwenden als für den niedrig gespannten (Heiz-) Dampf. Die Differenz geht allein zu Lasten der Krafterzeugung.

Ein Zahlenbeispiel möge dies erläutern:

Für eine chemische Fabrik wird Heizdampf mit einem Druck von 3 atü benötigt; das Kesselpeisewasser besitzt eine Temperatur von 70°. Dann sind zur Erzeugung von 1000 kg Dampf (unter Vernachlässigung des Wirkungsgrades)

$$1000 (654 - 70) = 584000 \text{ kcal}^*$$

aufzuwenden. Für die Erzeugung von 1000 kg Hochdruckdampf von 30 atü (überhitzt auf 400°) sind demgegenüber aufzuwenden

$$1000 (770 - 70) = 700000 \text{ kcal.}$$

Die Differenz von 116000 kcal dient zur Krafterzeugung und entspricht (ebenfalls unter Vernachlässigung des Wirkungsgrades) 135 kWh. Dieses Beispiel zeigt, daß die weit verbreitete Ansicht, bei gekuppelter Kraft- und Wärmeerzeugung würde eine der beiden Energien „umsonst“ anfallen, irrtümlich ist.

Voraussetzung für eine wirtschaftliche Kupplung von Kraft- und Wärmeerzeugung ist einmal eine gewisse Mindestleistung der Gesamtanlage, da kleine Anlagen dieser Art relativ hohe Anlagekosten erfordern, dann ein möglichst günstiges Verhältnis zwischen Kraft- und Wärmebedarf, und zwar sowohl mengenmäßig als auch zeitlich. Zu dem Wärmebedarf gehört nicht nur der gewerbliche Wärmebedarf, sondern auch der Wärmeverbrauch der Raumheizung für die angeschlossenen Fabrikgebäude. Infolgedessen besteht zwischen dem Wärmebedarf in den Sommermonaten und dem in den Wintermonaten ein beträchtlicher Unterschied, der sich naturgemäß in entsprechender Größenänderung der Krafterzeugung bemerkbar macht. Zum Ausgleich kann entweder im Sommer der Fremdstrombezug stärker in Anspruch genommen werden oder die Eigenerzeugung durch stärkere Belastung des Kondensationsteils von Anzapfmaschinen bzw. durch Zuschaltung von reinen Kondensationsmaschinen auf der erforderlichen Höhe gehalten werden. Beide Maßnahmen erfordern erhöhten Kapitaldienst, im letztgenannten Fall für die Bereitstellung der Leistung des Kondensationsteiles oder der besonderen nur im Sommer ausgenutzten Maschinen, im erstgenannten Fall in versteckter Form durch Zahlung einer erhöhten Leistungsgebühr (Anschlußgebühr) an das Elektrizitätswerk. Diese Gebühr stellt übrigens im wesentlichen auch nichts anderes dar als den Kapitaldienst für die Vorhaltung der geforderten Leistung.

Für die Eigenerzeugung kommen neben den Dampfkraftmaschinen (Kolbenmaschinen und Turbinen) auch Verbrennungskraftmaschinen und seltener Wasserkraftmaschinen in Frage. Dieselmotoren sind gegenüber Fremdstrombezug nur bei relativ hohen Strompreisen wirtschaftlich; dasselbe gilt auch für Gasmaschinen mit besonderen Gaserzeugungsanlagen; anders

* Zugrunde gelegt sind die Tabellen und Diagramme für Wasserdampf von Knoblauch, Raisch und Hausen. München u. Berlin: R. Oldenbourg.

bei Großgasmaschinen in Hüttenwerken, die das anfallende Gas von Hochöfen und Kokereien verarbeiten.

Es wäre an und für sich erwünscht, im Rahmen dieses Abschnittes konkrete Angaben über die tatsächlichen Kosten der Eigenerzeugung bei Dampfmaschinen, Turbinen, Gasmaschinen, Dieselmotoren und Wasserkraftmaschinen zu machen. Die hierzu notwendigen, umfangreichen Berechnungen würden jedoch schon nach kurzer Zeit überholt sein, da die Grundlagen z. Z. noch stark im Fluß sind. So zeigen z. B. die Baukosten gegenwärtig eine rückläufige Bewegung; die Ermittlung der Anlagekosten ist somit unsicher geworden. Auch dürften die Brennstoffkosten und die Frachten in absehbarer Zeit eine Veränderung erfahren, so daß auch hierdurch eine weitere Unsicherheit in die Rechnung kommt. Endlich ist der Kapitaldienst z. Z. schwer zu übersehen, da einerseits die hohen, gegenwärtig üblichen Zinssätze auf die Dauer wohl nicht zu halten sind, andererseits die Abschreibungszeit bei der sprunghaften Entwicklung der Technik im letzten Jahrzehnt stark verkürzt werden mußte; bei ruhigerer Entwicklung wird auch die Amortisationsquote wieder fallen können.

Der Vergleich mit dem Fremdstrombezug wird noch dadurch erschwert, daß die Stromtarife heute nur noch selten einfach auf einem festen kWh-Preis aufgebaut sind. Neben verschiedenartigen Rabatten, steigend nach der Stromentnahme und nach der Benutzungsdauer, werden die Strompreise oft nach Leistungs- und Arbeitsgebühr unterteilt. Die Leistungsgebühr soll die festen Kosten (Kapitaldienst, Instandhaltung, Verwaltung), die Arbeitsgebühr den unmittelbaren Aufwand für die abgegebene kWh, also die Kosten für Brennstoff, Schmiermittel, Kühlwasser, Löhne, decken. Außerdem wird meist noch ein Zuschlag für die Lieferung von Blindstrom (bei Entnahme der Leistung mit einem schlechteren Leistungsfaktor — $\cos \varphi$ — als z. B. 0,8) berechnet.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Ausführungen muß daher von der Angabe allgemein gültiger Vergleichszahlen Abstand genommen werden. Von Fall zu Fall ist eine sorgfältige Wirtschaftlichkeitsrechnung aufzustellen. Diese Aufgabe wird zweckmäßig einem Spezialfachmann übertragen, der weder nach der einen noch nach der anderen Seite interessiert ist.

22. Energieerzeugung.

Kesselanlagen. — Dampfkraftmaschinen. — Verbrennungsmotoren. — Generatorgasanlagen. — Rohrleitungen. — Schornsteine.

Während im vorstehenden die verschiedenen für den Fabrikbetrieb in Frage kommenden Energieformen gemeinschaftlich betrachtet worden sind, soll die technische Ausgestaltung der Anlagen für die Eigenerzeugung oder für die Übergabe und für die Verteilung getrennt nach den einzelnen Energieformen behandelt werden.

Zur Projektierung der Kesselanlagen muß der Dampfbedarf bekannt sein. Hiernach ergibt sich die gesamte für den Betrieb erforderliche Heizfläche unter Benutzung der Zahlentafel 70. Hierzu ist ein Zuschlag für Betriebsreserve zu machen, der sich nach der Wahl des Kesselsystems, nach der Zahl der gewählten Kessel, nach der Betriebsart und nach den Speisewasserhältnissen richtet. Das Kesselsystem ist insofern von Einfluß, als z. B. Flammrohrkessel eine sehr hohe Betriebssicherheit besitzen, zumal bei Verwendung einfacher Feuerungen. Je hochwertiger Kessel- und Feuerungssystem sind, um so mehr Störungsmöglichkeiten sind gegeben. Auch dauert die Reparatur von großen Feuerräumen neuzeitlicher Hochleistungskessel entsprechend länger. Im allgemeinen ist damit zu rechnen, daß jeder Kessel einmal im Jahr 1 bis höchstens 2 Monate außer Betrieb ist. Bei reiner Heißdampfherzeugung (für Raumheizung) steht im Sommer genügend Zeit zur Verfügung, um Reinigung und Reparatur ausführen zu können. Bei einfachen, betriebssicheren Feuerungen und nicht zu hohen Kesselbelastungen ist hier kein Reservezuschlag zu machen. Liefert die Kesselanlage außer Heißdampf auch Betriebsdampf, so ist zu prüfen, ob die Reparatur- und Reinigungsarbeiten nicht ebenfalls im Sommer ausgeführt werden können. Eine Reserve ist dann überflüssig, unter der Voraussetzung, daß die Gesamtheizfläche auf wenigstens 2 Kesseleinheiten verteilt wird, von denen auch die kleinere für die Betriebsdampfherzeugung ausreicht. Liefert die Kesselanlage nur Betriebsdampf, sei es für gewerbliche Zwecke oder für Kräfteherzeugung, so muß für Bereithaltung genügender Reserve gesorgt werden. Die Reserve kann durch Aufstellung einer besonderen Einheit (zweckmäßig auf 2 bis 4 Betriebskessel 1 Reservekessel) oder durch vorübergehende Leistungssteigerung der anderen Betriebskessel gebildet werden. Im letzten Fall ist im allgemeinen Voraussetzung, daß