

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 73 (1955)
Heft: 30

Artikel: Steuerstände in modernen Dampfkraftzentralen
Autor: Martin, O.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-61963>

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: 27.01.2026

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

Steuerstände in modernen Dampfkraftzentralen

Von Dr. Ing. O. Martin, Zürich

DK 621.311.22

Vorbemerkung. Die steigende Tendenz der Arbeitslöhne hat einerseits zur allgemeinen Hebung des Lebensstandards beigetragen, anderseits die Produktion wichtiger Wirtschaftsgüter verteuert. Zu den grundlegenden Konsumgütern der modernen Volkswirtschaften gehört die elektrische Energie. Durch Verbessern des thermischen Kreislaufs sowie Erhöhen der Leistungen der Einheiten und der Kraftwerke war es möglich, eine Erhöhung der Gestehungskosten für elektrische Energie in den vergangenen beiden Jahrzehnten zu vermeiden. Daran war massgeblich auch der rationelle Einsatz von Steuer- und Regelgeräten sowie eine zweckmässige Durchbildung der Steuerstände beteiligt. Nachstehend veröffentlichen wir einen zusammenfassenden Auszug aus mehreren Referaten zu diesem Thema, die kürzlich auf Tagungen amerikanischer Fachleute gehalten wurden.¹⁾ Es ist anzunehmen, dass die darin enthaltenen Gedankengänge auf die Planung europäischer Dampf-Kraftwerke sinngemäß übertragen werden können.

Die beachtlichen Gewinne an thermischer Ausbeute, die mit der Steigerung von Druck und Temperatur bei Dampfkraftwerken erzielt wurden, nähern sich allmählich einer Schwelle, jenseits derer nur noch wenig Ersparnis mit einem gegebenen Mehreinsatz erzielt wird. Daher muss man heute sowohl den Kosteneinfluss der grundlegenden Daten des Kreislaufs als auch den der räumlichen Gestaltung des Kraftwerkes eingehend studieren, da beide sowohl auf die Anlagekosten wie auch auf die Betriebskosten einwirken.

Die Anlagekosten haben sich gegen früher beständig senken lassen. Ein nach der im Jahre 1920 gültigen Technik heute erstelltes Kraftwerk würde etwa 315 \$/kW kosten, hingegen muss man für eine kohlengefeuerte Anlage nach heutiger Technik nur 160 \$/kW aufwenden. Hauptsächliche Ursache hierfür ist der Zug zu immer grösseren Einheitsleistungen; 1920 leistete die grösste Einwellen-Einheit 45 MW, heute 250 MW. Früher baute man im Kraftwerk vier bis sechs und mehr Kessel je Turbine ein, heute nur mehr einen, höchstens zwei. Diese Entwicklung zu grossen Einheiten hat stärker verbilligend gewirkt, als die Steigerung der Werkstoffpreise infolge des Ueberganges auf hochlegierte, warmfeste Stähle verteuernnd wirksam war. Die Erzeugungskosten der elektrischen Energie liegen heute in den USA bei 0,006 \$/kWh; davon sind nach einer Aufstellung von Weisberg 53,8 % Kapitaldienstkosten, 35,8 % kostet der Brennstoff und 10,4 % der Betrieb und die Pflege der Werk-anlagen. Die Brennstoffkosten einer Anzahl neuer Zentralen lagen nach statistischen Erhebungen einzelner Werkgruppen

1) V. F. Estcourt. Manpower and other factors affecting costs in steam generation stations. «Trans. ASME» 77. (1955) S. 343.

2) H. Weisberg: Boiler construction costs. «Combustion», Feb. 1953, S. 45.

Bild 1. Grundriss einer Kraftzentrale mit zwei Block-Einheiten und zentral gelegener Warte, von der aus beide Einheiten (je ein Kessel und eine Turbine) gesteuert und überwacht werden.

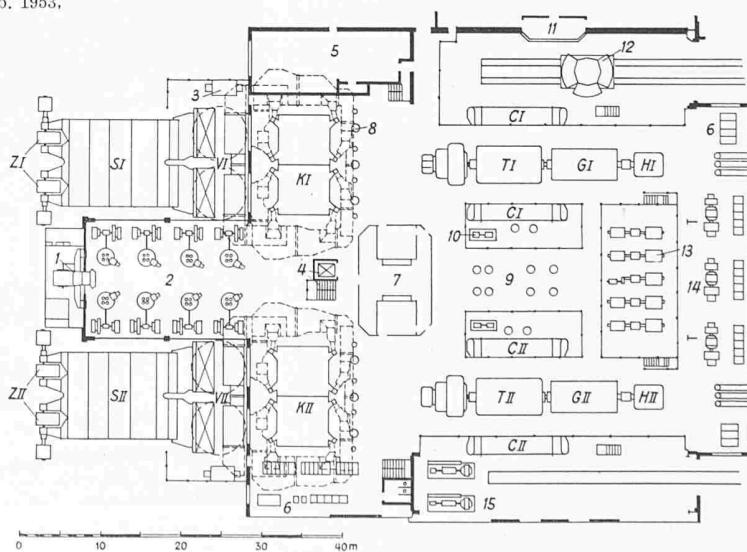
ZI, ZII	Saugzuggebläse	4	Treppe und Lift
SI, SII	Staubabscheider	5	Versuchsanstalt
VI, VII	Luftvorwärmer	6	Elektrischer Schaltstand
KI, KII	Kessel	7	Hauptwarte
TI, TII	Turbinen	8	Zirkulationspumpen für das Kesselwasser
GI, GII	Generatoren	9	Speisewasser-Vorwärmer
HI, HII	Hilfsgeneratoren	10	Luftpumpe
CI, CII	Kondensatoren	11	Bureau des Betriebsüberwachungs-Ingenieurs
1	Ventilation des Kohlemühlraumes	12	Trafo-Reparaturstand
2	Kohlemühlen	13	Kesselspeisepumpen
3	Hilfstransformer für das Kesselhaus	14	Erreger
		15	Luftkompressoren

in den USA bei 47 bis 55 % der Gesamtkosten, also höher als Weisberg²⁾ ermittelte. Somit besteht für die Anwendung höchster Drücke — 250 bis 350 at — und höchster Temperaturen — bis etwa 700° C — sowie der doppelten Zwischenüberhitzung auch weiterhin ein starker Anreiz, der von den Kosten für den Brennstoff ausgeht. Es empfiehlt sich jedoch, darauf zu achten, dass nicht die zunehmenden Betriebskosten solch komplizierter thermischer Kreisläufe die Brennstoffersparnisse wieder wett machen.

a) Kosten der Bedienung von Kraftwerken

Die Kosten der menschlichen Bedienung eines Kraftwerks lassen sich aus der Leistung ermitteln, die pro Kopf des Bedienungspersonals ausgebracht werden kann. Diese Leistung lag im Jahre 1940 bei etwa 600 kW/Mann und stieg seitdem auf 2 bis 3000 kW/Mann; in den neuesten Werken sollen 5000 kW/Mann erreicht werden. Die letztgenannte Zahl ist für grosse Werke mit Gas- oder Oelfeuerung heute durchaus erzielbar; die Kohlefeuerung dagegen verlangt etwa 15 bis 20 % mehr Leute. Eine so geringe Anzahl Bedienungsleute für eine so riesige Anlage ist einerseits ebenfalls die Folge der stärkeren Einheitsleistung, anderseits ist sie ermöglicht worden durch zentralisierte Bedienung und Ueberwachung des gesamten Werkes von Kontrollräumen aus mittels eines ausgeklügelten Netzes von Schalt- und Regeladern sowie von Instrumenten mit Fernanzeige. Allerdings stehen dieser Personalsparnis durch zentrale Bedienung erhöhte Aufwendungen für die Bedienungsgeräte gegenüber. Wie weit diese Aufwendungen von wirtschaftlichem Nutzen sind, kann man abschätzen, indem man die ersparten Arbeitskräfte kapitalisiert: Einer eingesparten Arbeitskraft pro Schicht kommen in USA etwa 170 000 \$ Kapitalaufwand gleich oder ein Gewinn an thermischer Ausbeute des Kreislaufs von 8,5 kcal/kWh. Man benötigt nämlich etwa 4,2 Mann, um einen Bedienungsposten über eine Woche ständig (d. h. während 7×24 Stunden) zu besetzen. Rechnet man Ferien und Krankheit ein, so entspricht der Kostenaufwand für den Posten rund der Lohnsumme von 4,7 Mann.

Die Anlage grosser Warten im Kraftwerk macht es möglich, zwei oder drei Maschinensätze mit nur wenig mehr Leuten zu betreiben, als ein Satz verlangt. Eine Maschine benötigt eine bestimmte Anzahl Leute unabhängig davon, wie gross sie ist. Deshalb kann man bei 50 MW-Sätzen mit 1900 kW/Mann rechnen, bei 100 MW/Sätzen mit 3500 kW/Mann und bei 200 MW mit 6300 kW/Mann. Bei der Bedienung von vier Sätzen aus einer einzigen Warte muss man bereits Leute für periodische Kontrollgänge nach den entfernt liegenden Turbogruppen verfügbar haben, so dass diese Zusammenfassung keinen allzu grossen Nutzen mehr bringt.



b) Nachteile der zentralen Warte

Ein kritisches Problem der zentralen Bedienung liegt in deren Empfindlichkeit. Bei Katastrophen kann leicht die Fernbedienung ausser Betrieb gesetzt werden, obgleich die Maschinen selbst noch betriebsfähig sind. Bei neueren Kraftwerken hat man auf diese Gefahr Rücksicht genommen und wichtige Einzelanzeigen auf Tafeln in der Nähe der Turbine bzw. des Kessels dezentralisiert. Die Warte enthält die Leitstände für vier Einheiten, von denen aus dieselben normalerweise geregelt und überwacht werden. Auch bei Ausfall der Warte können Kessel und Turbinen weiterlaufen, sie werden dann von den örtlichen Tafeln aus gesteuert. Es ist nicht erforderlich, alle Instrumente hierfür doppelt vorzusehen; die Tafeln in der Warte enthalten nur die nötigsten, um die Einheit in Betrieb zu halten. Mehr als vier Turboblöcke von einer Warte aus zu fahren hat, wie bereits erwähnt, wenig Sinn; bei grossen Werken mit mehr als vier Sätzen lohnt sich die Anlage von zwei Warten.

Einige Gesichtspunkte müssen bereits beim Entwurf beachtet werden, wenn man Personalersparnis ermöglichen will. Zum Beispiel kann man bei oel- oder gasgefeuerten Werken die Kesselspeisepumpen und die Verdampfer auf den Hauptflur legen, wo man schon Leute für die Turbinen benötigt. Im Keller braucht sich dann niemand mehr dauernd aufzuhalten. Die kleinen Pumpen sind meist doppelt vorhanden. Bei Ausfall einer Pumpe soll sich die Reservegruppe selbsttätig einschalten, oder ein Speicher soll für 10 Minuten eine Ueberbrückung ermöglichen, damit auf ein Alarmzeichen hin eine Ersatzgruppe von einem herbeigerufenen Bedienungsmann angelassen werden kann. In Zentralen mit Kohlefeuerung kann man die Speisepumpen mit den Kohlemühlen so gruppieren, dass beide vom gleichen Bedienungsmann beaufsichtigt werden.

Bei Kesseln für Gas- oder Oelfeuerung mit Umstellmöglichkeit auf Kohle verlangt der Uebergang zusätzlich Leute, um Brenner für Brenner umzustellen. Neuerdings wurden auf einer Zentrale schnell ausführbare Umstellmanöver mit Fernsehgeräten eingebütt, so dass das Löschen und Rückziehen der Oelbrenner sowie das Zünden der Kohlenflamme in 3 bis 4 Minuten je Kessel durchgeführt werden konnte.

c) Pflichten des einzelnen Bedienungsmannes

Mit der zentralisierten Ueberwachung und der erhöhten Ausfallsicherheit durch selbsttätigen Anlauf der Reserve-maschinen, den verbesserten Alarmsignalen und Betriebs-kontrollen verlangt die Anlage nicht mehr die gleiche Aufmerksamkeit von seiten des einzelnen Bedienungsmannes wie früher. Manche Dienste konnten zusammengefasst werden; in einer amerikanischen Zentrale sind für das ganze eben-erdige elektrische Schaltfeld neben der Zentrale und für den Kondensatkeller nur zwei Mann tätig. Wenn man eine 500

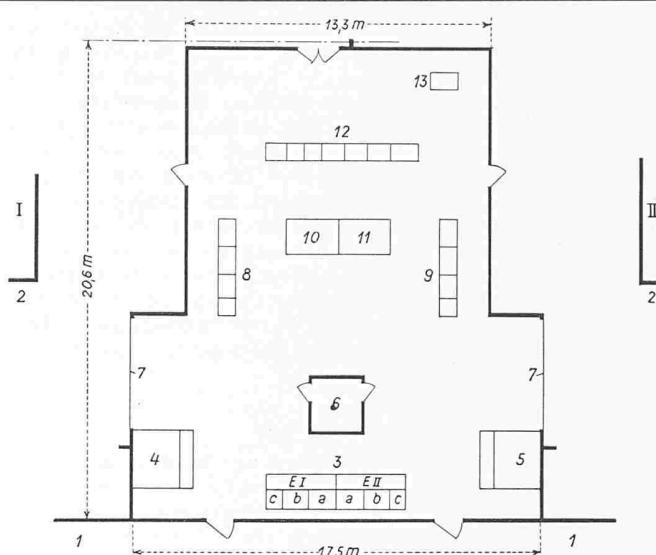


Bild 2. Grundriss einer Steuerwarte für ein Dampfkraftwerk. Ein Bedienungsmann am Steuerpult regelt die Turbinen und Kessel sowie den Speisewasserkreislauf für zwei Blockeinheiten. Die zu überwachenden Instrumente sind in zwei Schränken (Mitte) untergebracht und mit Schreibstreifen versehen. Im Hintergrund steht der Schaltschrank für die Hilfsantriebe.

- | | | | |
|------|--|----|---|
| I | Kessel I | 6 | Schalldichte Bedienungszelle |
| II | Kessel II | 7 | Feuerschutzwand |
| 1 | Turbinenhalle | 8 | Stand für Brennstoff, Öl,
Zwischenüberhitzung zur Ein-
heit I |
| 2 | Brennerfront der Kessel | 9 | wie 8 zur Einheit II |
| 3 | Steuerstand | 10 | Elektrische Ueberwachung zur
Einheit I |
| E I | Einheit I | 11 | wie 10 zur Einheit II |
| E II | Einheit II | 12 | Stand für Hilfsstromvertei-
lung |
| a | Turbine | 13 | Stand für verschiedene Dien-
ste |
| b | Generator | | |
| c | Speisewasser | | |
| 4 | Steuer- und Ueberwachungs-
stand zur Kessel I | | |
| 5 | Steuer- und Ueberwachungs-
stand zu Kessel II | | |

MW-Zentrale besucht, so findet man auf manchem der fünf oder sechs Stockwerke nicht einen Mann. Zuweilen scheint es, als habe man ein gewisses Risiko an Betriebssicherheit bewusst in Kauf genommen, um mit möglichst wenig Leuten auszukommen. Anderseits musste anstelle der an Zahl geringeren Bedienung der Maschinen das Personal für die Pflege der teuren Ueberwachungsgeräte vermehrt werden. Automatische Registriergeräte entlasten das Bedienungspersonal, indem das beständige Herumgehen mit dem Schreibtafelchen und das halb- bis zweistündige Ablesen der Instrumente durch Schreibstreifen ersetzt wird. Allerdings herrscht mancherorts

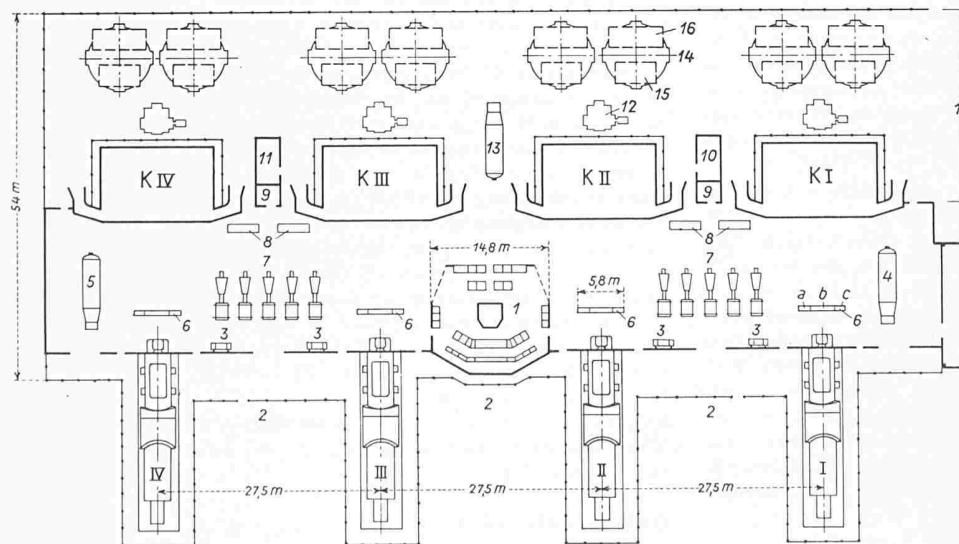


Bild 3. Grundriss eines amerikanischen Dampfkraftwerkes. Vier Block-Einheiten werden von einer zentral gelegenen Warte aus gesteuert. Die Speisepumpen liegen auf gleichem Flur wie die Turbinen und ihre Kesselbedienung. Jede Turbine und jeder Kessel ist mit eigener Instrumententafel ausgestattet. In der Warte werden nur die wichtigsten Betriebsgrößen angezeigt.

- I, II, III, IV
 Turbo-Gcneratorsätze
 1 Warte
 2 Offener Flur
 3 Luft-Ejektoren zu den einzelnen Sätzen
 4 Verdampfer zu Gruppe I
 5 Verdampfer zu Gruppe III
 6 Gruppenschalttafeln
 a Wasserstoff - Ueberwachung
 b Turbinen-Ventile
 c Kontroll-Instrumente
 7 Speisewasserpumpen; je zwei Pumpen pro Kessel, dazu ein Reserveaggregat für je zwei Kessel
 K I, K II, K III, K IV
 Dampferzeuger mit je 16 Brenner für Oel- und Gasfeuerung
 8 Oertliche Kessel-Schalttafeln
 9 Lift
 10 Wachmannschaft
 11 Waschraum
 12 Gasrückführ-Ventilator
 13 Reserve-Verdampfer
 14 Verbrennungsluft - Vorwärmter
 15 Luftseite
 16 Gasseite
 17 Freiluft-Anlage

die Ansicht, dass ein Maschinist nur dann mit der Anlage vertraut bleibt, wenn er alle wichtigen Instrumente ständig abgeht und abliest. Die Vielzahl der Anzeigen wirft die Frage auf, wann ein Bedienungsmann mit ihrer Beobachtung überlastet wird, so dass er nicht mehr genügend acht auf das übrige Geschehen in der Zentrale geben kann. Aus dieser Fragestellung hat man die zeitlichen Intervalle der Ablesungen mancherorts beträchtlich gestreckt. Die Strenge des Dienstes hat man durch einen «Härtefaktor» zu bewerten versucht, etwa indem man die 150 MW-Zentrale im Dauerbetrieb mit dem Minimum von fünf Mann Bedienung gleich 100 % Härtefaktor setzte und den bequemeren Betrieb mit 10 Köpfen gleich null. Instrumente und gute Fernbedienungsgeräte können diesen Faktor verbessern. Ein Härtefaktor von 50 % ist dann etwa als zumutbar anzusehen.

d) Beispiele zentralisierter Bedienung

Der Ausdruck «zentrale Bedienung» wird nicht überall und nicht zu allen Zeiten in gleichem Sinne gebraucht und verstanden. Ein Mass für den «Zentralisationsgrad» liefert die Zahl der Leute, die gleichzeitig in einer Zentrale mit zwei grossen Einheiten tätig sind. Sie schwankt zwischen 6 und 17 als Schichtbelegschaft, was rund 200 000 \$ Unterschied auf der Ausgabenseite der Jahresbilanz ausmacht und einem Kapital von 1 600 000 \$ entspricht.

Die Belegschaft des Kraftwerkes kann man nach Art ihrer Arbeit in zwei Gruppen unterteilen: 1. Bedienungsmänner, die sich in der Warte aufhalten, 2. Maschinisten und Wärter, die an den einzelnen Anlageteilen tätig sind. Die erstgenannten fahren die Zentrale so, dass die Wünsche des Netzes nach fester oder veränderlicher Leistung erfüllt werden, die andern machen mehr Kontrollgänge, prüfen Ventile auf ihre Funktionstüchtigkeit usw. Die Scheidung ist nicht absolut streng, z. B. kann ein Bedienungsmann die Warte verlassen, um am Kessel einem Feuerwärter zu helfen usw.

Die Warten können in drei Bauweisen ausgeführt sein: 1. Völlig abgeschlossen und abseits, 2. Halb geschlossen und zentral (meist zwischen Kesseln und Turbinen) gelegen, 3. Ganz offen und zentral gelegen. Die Ausführung nach 1. in einem eigenen, allseitig abgeschlossenen Raum oder Gebäude, möglichst schallisoliert, wurde bisher bevorzugt. Wo man diese Art Warten hinlegt, ist gleichgültig, da man sowieso keine Sicht zu den Maschinen und Dampferzeugern hat. Die Warten nach 2. sind so in den Grundriss der Zentrale eingepflanzt, dass man gute Sicht nach allen Werkgruppen durch grosse Glasfenster bekommt und diese durch Türen rasch erreichen kann. Zwischen der Arbeitsweise der Bedienungsleute ist in den beiden Ausführungen in der Praxis kein grosser Unterschied; meist werden für zwei oder drei Blockgruppen auch zwei oder drei Bedienungspulte und Tafelfelder völlig getrennt in genauer Wiederholung ausgerüstet. Warten nach 3. liegen nach allen Seiten offen und zentral im Kraftwerk und haben Steuerstände, von denen aus alle notwendigen Betätigungen vorgenommen werden können. Natürlich sind die Leute dort allen Geräuschen der Maschinen ausgesetzt; da aber diese Bedienungsmänner zugleich Wärterfunktionen ausüben, muss man dies in Kauf nehmen, denn der Wärter verzichtet ungern auf das unmittelbare Hören des Eigengeräusches der Maschinen.

Da man für den Beharrungslauf der Zentrale nur eine bestimmte Auswahl an Anzeigen benötigt und nur wenige Korrekturen an den Betätigungsgrößen vorzunehmen hat, wurden auch schon Hauptleitstände geschaffen, an denen ein Mann vier örtlich gewartete Turbosätze samt Kesseln steuert. Hiermit ist vor allem die Frage nach dem verantwortlichen Betriebsleiter leicht zu lösen. Jedoch müssen die Leute eines solchen, nur von einem kleinen Hauptleitstand aus über Vermittlung von örtlichen Tafeln gesteuerten Werkes besser geschult sein, da sie vielerlei Pflichten fallweise erfüllen müssen. Ueberhaupt muss man sehr auf die menschlichen Fragen Rücksicht nehmen, wenn man Warten und Leitstände plant. Die Voraussetzungen liegen fast bei jeder Gesellschaft anders.

e) Anzeige- und Steuerungsgeräte

Selbstverständlich würde es sehr schwer sein, die heutigen riesigen Kessel und umfangreich verzweigten thermischen Kreisläufe ganz ohne zentrale Warte zu betreiben.

Macht man anderseits alles automatisch, so verursacht dies einerseits hohe Kosten, ohne anderseits zwangsläufig erhöhte Betriebssicherheit zu ergeben. Ferngesteuertes Anstecken der Kessel von der Warte aus, fernbedientes Hochfahren und Synchronisieren der Turbinen ist nicht unbedingt notwendig. Natürlich mögen extreme Verhältnisse solche Einrichtungen rechtfertigen. Der Konstrukteur des Steuerungssystems mag eine persönliche Befriedigung darin finden, wenn er alles automatisch zentralisiert und fernbedient gemacht hat. Der richtige Leitgedanke sollte jedoch sein, nur diejenigen Anzeigen zu zentralisieren, die wirklich dem das Werk steuernden Bedienungsmann helfen, seine Aufgaben mit einem Minimum an psychischer Anstrengung zu erfüllen. Deshalb sollte man die Steuerpulte nicht zu lang machen, und sie nicht mit Instrumenten vollstopfen.

In bezug auf die Durchbildung der Steuerstände scheint es, dass sich noch sehr vieles besser machen lässt. Die Instrumententafel einer grossen 100 MW-Einheit sollte soviele Anzeigen enthalten, dass man mit einem Blick sowohl den augenblicklichen Stand der wichtigsten Betriebsgrößen als auch ihre Änderung erkennen kann. Die Instrumente sollten dazu durch Form, Grösse und Farbe der Skalen auffallen und sich unterscheiden, wobei diese Erkennungshilfen genormt sein müssen, um das Anlernen der neuen Bedienungskräfte zu erleichtern.

Die Grösse der Steuerwarte (Grundfläche) wird unterschiedlich bemessen: 15 × 20 m für zwei 100 MW-Sätze bis herab zu 10 × 12 für vier 150 MW-Einheiten. Bei früheren Anlagen stellte man zusätzlich zum Hauptleitstand mehrere Einzeltafeln bzw. Instrumentenschränke in die Warte. Neuerdings hält man die Warte frei davon, verlegt diese Schränke, die mehr der Ueberwachung als der Steuerung dienen, in die unmittelbare Nähe der Kessel oder der Turbinen und vereinigt sie mit den örtlich gebrauchten Anfahrgeräten. Der Hauptleitstand ist dann nur noch 4 m lang für vier Kessel und vier Turbinen. Dies wurde nicht etwa durch Miniatur-Instrumente erreicht, sondern durch wohl überlegte Beschränkung ihrer Zahl.

f) Allgemeine Einflüsse auf die Betriebskosten

Wenn man ein Kraftwerk baut, sind meist drei Bedingungen gegeben: 1. das Kühlwasser, 2. der Brennstoff und 3. das elektrische Netz. Alle drei wirken sich in den Betriebskosten aus. Kühltürme verlangen gelegentlich besondere Pflegemassnahmen für den Wasserkreislauf, Seewasser bringt die Gefahr von Muschelansätzen mit sich, deren periodische Beseitigung gewisse Kosten verursacht. Verschmutzte Flüsse zwingen zu umlaufenden Sieben am Wassereinlauf.

Wenn die Anlage täglich lange Zeit mit konstanter Last fährt, etwa Vollast von 6 h bis 22 h und $\frac{1}{3}$ Last von 22 bis 6 h, ist sie leichter zu bedienen als ein täglich abgesetztes Werk oder eines mit hoher Leistungsbereitschaft und starken Netzschwankungen. Manche Werke mussten früher Leistungsunterbrüche und -abschaltungen ausgleichen und in Zusammenarbeit mit weit entfernten Wasserkräften Leistungsznahmen bis 2000 kW/s übernehmen. Heute ist diese hohe Bereitschaft seltener, da die Wasserkraft nur ausnahmsweise mehr als 30 % der gesamten Netzeleistung ausmacht.

In den vergangenen 30 Jahren der Entwicklung war man in erster Linie bestrebt, den thermischen Wirkungsgrad der Energieumsetzung höher zu treiben. Man erreichte dies durch Zwischenüberhitzung, Speisewasservorwärmung, hohe Drücke und hohe Temperaturen. Heute stellt sich das Problem, die komplizierten Einrichtungen für die doppelte Zwischenüberhitzung und dgl. bestmöglichst steuerbar und handlich bedienbar zu machen. Wie niemals vorher sind die Betriebsleute darauf angewiesen, mit den Herstellern zusammen die Betriebsgeräte für die Dampferzeuger, für die Turbosätze usw. weiter zu entwickeln und zu vervollkommen, neue Anordnungen zu erproben, neuen Forderungen gerecht zu werden, Unbrauchbares auszuscheiden und das Vorhandene möglichst zu vereinfachen.

Diskussionsbeiträge

I. C. Falkner: Consolidated Edison Co.

Die Aufgabe der Kostensenkung in öffentlichen Kraftwerken stellt sich immer wieder von neuem. In der Vergangenheit hat man die technischen Teilaufgaben an den me-

chanischen Elementen des Kraftwerkes gelöst: Verbesserung der thermischen Güte, der Gestaltung der einzelnen Bauteile und ihrer Betriebsweise. Jetzt bemüht man sich um die Mindestzahl an menschlichen Arbeitskräften. Wir planen jetzt die Aufgaben des einzelnen Mannes. In der Astoria-Zentrale bedienen zwei Männer zwei grosse Einheiten. Wir meinen, dass dies für die Betriebssicherheit genüge, da wir nicht nur alle Lager durch Thermoelemente überwachen, sondern auch die ganze Zentrale in Kontrollbereiche unterteilt haben, deren Funktion durch 28 Signallampentafeln überschaubar gemacht wird, die zweckentsprechend im ganzen Gebäude verteilt sind. So kann der örtliche Bedienungsmann sofort die Stelle auffinden, an welcher eine Störung auftritt, und hierbei beständig über das Rufsystem mit dem Leiter der Warte in Verbindung bleiben. Die örtlichen Bedienungsgeräte werden nur für das Anfahren, das Stillsetzen und bei Störungen benutzt. Nachdem die Kessel in Betrieb gesetzt und die Turbinen ans Netz geschaltet sind, haben die Kesselwärter und Maschinisten nur noch die Pflege der Funktionsfähigkeit der Anlageteile ihres Arbeitsbereichs zu besorgen; geregelt wird von der Warte aus. In der Astoria-Zentrale ist der Hauptsteuerstand in «Flugkanzel-Ausführung» gebaut, wo alle Instrumente für den Dauerbetrieb zusammengefasst sind. Schreiber und weniger wichtige Anzeigen sind auf gesonderten Tafeln im Kontrollraum angebracht. Diese Anordnung spart insofern Arbeit, als die Leute der Warte keine weiten Gänge machen müssen, um sich die nötigen Informationen zu beschaffen. Wenn eine Einheit (von zwei) stillgesetzt wird, befreit dies nur einen örtlichen Bedienungsmann von seinen Aufgaben. Im übrigen braucht man fast die gleiche Zahl Leute für Betrieb mit der vollen oder halben Leistung der Zentrale. Die Umstellung der Kessel während gleichbleibender Last von einem Brennstoff auf den anderen ist in Astoria so gelöst, dass man Brenner für Brenner einzeln umstellt.

Ein wichtiges Betätigungsgebiet besteht im Augenblick in der Auswechslung und Modernisierung der Steuer- und Ueberwachungssysteme älterer Zentralen. Im Werk Hudson-Avenue sind augenblicklich für 32 Kessel, die in acht Reihen zu je vier Einheiten angeordnet sind, während jeder Schicht allein sechs Wärter mit der Beobachtung der Wasserstände in den Kesseltrommeln beschäftigt. Zur Zeit werden Fernzeiger hierfür eingebaut, so dass die Wasserstände auf dem Hauptflur des Kesselhauses vom Kesselwärter, der die Feuerung bedient, mit beobachtet werden können.

V. W. Drake und D. W. Riley äusserten sich über die Planung des Mannschaftseinsatzes.

a) Der Einfluss des Netzes

Man muss bei der Betrachtung des Arbeitseinsatzes in Kraftzentralen nicht nur die einzelne Zentrale, sondern alle Kraftwerke einer Netzgruppe ins Auge fassen. Dabei ist wichtig:

1. Die geographische Lage des Netzes und seine politischen und demographischen Eigentümlichkeiten, insbesondere die Kosten für geschulte und ungeschulte Arbeitskräfte.

2. Straffe gewerkschaftliche Bindungen können die Kosten der menschlichen Arbeitskraft in starkem Masse bestimmen. Besonders Reservekräfte können teuer werden, wenn z. B. vorgeschrieben wird, dass die Leute der Warte in ihrer Bereitschaftszeit keine Reparaturen auszuführen brauchen usw.

3. Gewisse Aufgaben der technischen Planung, der Auswertung von Betriebsergebnissen und der allgemeinen Verwaltung kann man für mehrere Kraftwerke einer Netzgruppe in einem federführenden Kraftwerk zusammenfassen.

4. Aufgaben der Forschung, der Werkstoffauswahl, der chemischen Pflege (Wasseraufbereitung) usw. lassen sich über Dienstverträge an Firmen oder auswärtige Organisationen übertragen.

5. Zur Ueberholung der Kessel, der Maschinen, der Rohrnetze und der Instrumente lassen sich Arbeitsgruppen zusammenstellen, welche von Kraftwerk zu Kraftwerk wandern. Das Aufarbeiten der Armaturen und Instrumente wird mit Vorteil in einer Betriebswerkstatt für mehrere Kraftwerke gemeinsam ausgeführt.

6. Die Auffassung der Betriebsdirektion eines Netzes über Art und Umfang der notwendigen Leistungs-Reserve beeinflusst die Kosten der Arbeit. Hat man reichlich stillstehende

Reserven, so kann man kleinere Reparaturen während der Woche ausführen; sind diese knapp, so muss man an Sonntagen reparieren, wobei man erstens mehr Leute benötigt und zweitens Zuschläge zum Lohn zu berechnen sind.

7. Kleinere Umbauten kann man in eigener Regie durchführen, sofern man ein genügend besetztes Planungsbüro besitzt, was sich natürlich für mehrere Werke zusammengefasst eher lohnt. Andernfalls muss man jeden Umbau nach auswärts vergeben.

b) Ältere Zentralen

In älteren Anlagen bemerkt man in bezug auf Leuteeinsatz beträchtliche Unterschiede. Ein 1920 gebautes und 1936 auf 24 atü umgestelltes und auf 180 MW erweitertes Kraftwerk A hatte damals fünf Turbosätze und 14 Kessel. Es wird von 92 Mann (nur Bedienung, nicht Unterhalt) bedient, was einer Arbeitsrate von 1957 kW/Mann entspricht. Die Unterhaltung wurde zuerst von drei Arbeitsgruppen besorgt: Maschinenpflege, Kesselpflege, elektrische Pflege. Die Gewerkschaft umschrieb später genau die Pflichten dieser drei Gruppen. Mit dem Ausbau des Werkes war diese Dreiteilung nicht mehr die beste Einteilung und die Zusammenfassung zu einer einzigen Reparatur-Meisterei lief nicht ganz ohne Schwierigkeiten ab. Im Jahre 1937 wurde eine Vorschaltturbine für 88 atü und 50 MW hinzugefügt, sechs alte Kessel wurden durch einen neuen ersetzt. Da bei der Erweiterung die Kesseltafel und die Turbinentafel auf zwei verschiedenen Flurböden aufgestellt werden mussten, sind vier Leute pro Schicht zur Bedienung notwendig. Die nächste hinzugefügte Einheit bekommt einen eigenen Leitstand in einer Warte, in welche dann auch ein Leitstand für die Vorschaltturbine des Jahres 1937 einbezogen wird. Beide Sätze werden dann mit acht Mann betrieben. Eine dritte Hochdruckeinheit, für deren Aufstellung bereits der Platz in der Warte vorgesehen ist, wird dann nur noch drei zusätzliche Arbeitskräfte beanspruchen.

Die ganze Zentrale A durchlief in bezug auf die Arbeitskräfte die aus Tabelle 1 ersichtliche Entwicklung:

Tabelle 1. Entwicklungsdaten eines grossen Dampfkraftwerkes

Ausbaustufe	1	2	3	4	5	
Datum	1936	1945	1953	1954	später	
Druck	24	88/24	88/24	88/24	140 (?) atü	
Turbinen	5	6	7	8	9	
Kessel	14	11	12	13	6 (?)	
Leistung (total)	180	230	315	450	585 MW	
Schichtleute	92	110	140	132	144 Mann	
für Bekohlung und Entaschung	17	13	15	16	16 Mann	
Unterhalt	88	104	131	131	131 Mann	
techn. u. kfm. Stab	34	38	49	51	51 Mann	
Gesamtzahl	231	265	335	330	342 Mann	
Leistung pro Schichtmann	1957	2091	2250	3909	4063 kW/Mann	
Leistung pro Kopf (alle gez.)	779	868	940	1364	1711 kW/Mann	

Die Zahl der Unterhaltsleute ist in diesem Werk deshalb so gross, weil die ältere Zentralenhälfte als Spitzenkraftwerk läuft, was die Reparaturanfälligkeit vermehrt. Andere Kraftwerke werden sodann von dieser Gruppe mit unterhalten. Das Werk ist außerdem die älteste Anlage des Netzes und deshalb ist auch das mittlere Alter der Belegschaft hoch, womit längere Ferien usw. die Leistung pro Mann herabmindern.

c) Kostenunterteilung in Dampfkraftwerken

Die Kosteneinflüsse der Stromerzeugung in Dampfkraftwerken kann man in zwei Gruppen einteilen, nämlich 1. in solche, welche während der Planung und der Errichtung des Werkes zu betrachten sind, und 2. in solche, die bei der Besetzung mit Personal, im Betrieb und bei den Unterhaltsarbeiten sich zur Beachtung empfehlen.

Gute Voraarbeit bei der Planung, sauberer, sachgerechter Entwurf, gute Konstruktion der Einzelteile und der Warte gestalten, mit weniger Arbeitskräften im Betrieb und für den Unterhalt auszukommen. Die Erfahrung spielt hierbei eine grosse Rolle, nicht jede Einzelheit lässt sich formell erfassen. Das regionale Klima ist z. B. vom Einfluss auf die Gesamt-

konzeption: ob man eine gebäudelose Freiluftanlage, eine halb-umbaute oder eine ganz umbaute Anlage wählen soll. Magazine, Reserveteillager und Verwaltungsräume müssen danach geplant werden, ob Fachkräfte oder lagerhaltende Firmen aus der nächsten Stadt rasch herbeizogen werden können oder nicht. Wenn die Anlage läuft, beeinflussen folgende Umstände die Betriebskosten: 1. Arbeitsmoral der beschäftigten Leute, 2. Güte der Aufsicht, 3. Fachkenntnisse der Kräfte für den Unterhalt, 4. Umfang und Einsatz des technischen, wissenschaftlichen und kaufmännischen Führungsstabes, 5. Fortschrittsgen in der technischen Entwicklung des Werks und 6. eine sachgerechte Kostenverrechnung.

d) Psychologische Fragen

Die Belegschaft muss das Gefühl haben, unter sachkundiger und gerechter Leitung zu arbeiten. Wenn die Leute ihre Arbeit lustlos und ohne Fleiss tun, weil ohne Anerkennung, treibt dies die Kosten sehr bedeutend in die Höhe. Natürlich kann man diesen Kostenfaktor so gut wie gar nicht der rechnungsmässigen Bewertung zuführen, obgleich er von sehr grosser Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit eines Kraftwerkes ist. Tüchtige, verständige Leiter sind somit Voraussetzung für wirtschaftliche Betriebsweise. Ausreichend Personal für Pflege und Unterhalt, jedoch nicht zu viel, ist ebenfalls wichtig. Hat man zu wenig Leute, so verkommt das Werk allmählich bis zu dem Punkt, wo der Betrieb riskant wird und man ständig in der Angst lebt, die geforderte Energie nicht mehr liefern zu können. Bei schweren Havarien oder grösseren Ueberholungen kann man die Leute sehr leicht überlasten, auch wenn man die Ueberstunden bezahlt. Wenn man ein neu errichtetes Werk in Betrieb nimmt, benötigt man mehr Hände wegen der unvermeidlichen Kinderkrankheiten. Sodann kommt eine Zeit, da alles gut eingebübt ist und seinen Gang läuft. In diesem Stadium werden möglicherweise Hände frei, die man nicht mit Scheinarbeit beschäftigen sollte. Später, wenn die Zentrale älter wird, gibt es wieder mehr zu tun. Besonders wichtig ist dann der Ersatz inzwischen überholter Werkstoffe und Konstruktionsformen durch zeitgemäss. Alle Fragen der Kontrolle und der Wirkungsweise der Elemente des Werks, der Wärmewirtschaft, der Betriebsicherheit der Anzeige- und Nachrichtenapparatur, die Verfolgung der Werkstoff-Alterung, der Reparaturpläne, der bestmöglichen Stapelung und Beförderung der Brennstoffe und der Asche, der Vorratshaltung von Reserveteilen u. a. m. sind immer wieder erneut mit wissenschaftlicher Gründlichkeit zu stellen und bestmöglichst zu lösen. Die in Verbindung mit Kraftwerk A, nach diesen Gesichtspunkten betriebenen Zentralen B bis F, hatten die in Tabelle 2 angegebene Struktur der Belegschaft:

Tabelle 2. Struktur der Belegschaft verschiedener Kraftwerke

Kraftwerk	B	C	D	E	F	
Betriebsaufnahme	1952	1950	1949	1949	1949	
Leistung	150	45	170	39	60	MW
Turbinen	2	2	2	1	1	
Kessel	2	2	3	1	1	
Warten	1	1	1	1	1	(+ 1el)
Schichtleute	18	18	27	13	17	Mann
für Kohle und Asche	5	3	6	3	5	Mann
Unterhalt	13	10	33	8	13	Mann
Stab u. sonst.	8	6	18	4	8	Mann
Gesamtzahl	44	37	84	28	43	Mann
Leistung je Mann (ges.)	3409	1216	2024	1393	1395	kW/Mann

Nur die Zentrale D hat eine «autarke» Belegschaft, die anderen Kraftwerke werden von der in der Zentrale A stationierten Reparatur-Meisterei mit unterhalten, was bei der Beurteilung der Zahlen der Tabelle 2 zu berücksichtigen ist.

Wie man sieht, wird der Einsatz der menschlichen Arbeitskräfte sorgfältig überlegt und in die allgemeine Planung des Netzausbaues einbezogen. Die Gestaltung der Warten gehört ebenfalls zu dieser Planung. Auf diesem Wege erreicht man auch bei hohen Löhnen wirtschaftliche Erzeugungskosten der elektrischen Energie im modernen Dampfkraftwerk.

Adresse des Verfassers: Dr.-Ing. O. Martin, Bauherrenstrasse 9, Zürich 49.

MITTEILUNGEN

Spitalbau. In der Zeitschrift «Das Krankenhaus», Heft 9 vom September 1954, wird auf 62 Seiten der zweite (betr. den ersten vgl. SBZ 1953, S. 682), den Betriebsräumen der Pflegestationen allgemeiner Krankenhäuser gewidmete Arbeitsbericht des Institutes für Krankenhausbau an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg veröffentlicht. Einer auf viele Details eingehenden Beschreibung der Räume und ihrer Einrichtungen sind Ausführungen über den Arbeitsablauf auf diesen Stationen vorangestellt, wobei die Forderung nach kurzen Wegen für die häufigsten Gänge gebührend hervorgehoben ist. Auch viele Einzelfragen der Bauausführung sind erörtert, und ein umfangreiches Quellenverzeichnis vermittelt weitere Aufschlussmöglichkeiten. Wenn auch die gruppeneise Zusammenbauen der Räume zur abgeschlossenen Betriebseinheit nicht näher dargestellt ist und Beispiele ganzer Stationsanlagen fehlen — was vielleicht einem späteren Bericht vorbehalten ist — sind der derzeitige Stand der Ausbildung und Ausstattung der Betriebs- oder Nebenräume, wie man sie auch etwa nennt, zutreffend gezeigt. Der Bericht vermittelt damit viele wertvolle Anregungen.

F. Ostertag

Ein Ueberschall-Windkanal für Machzahlen von 0,3 bis 3,0 ist am 13. Juni 1955 in den Werken von W. G. Armstrong Withworth Aircraft Ltd. in Whitley durch Lord Brabazon of Tara eröffnet worden. Der Kanal, der in «The Engineer» und «Engineering» vom 24. Juni ausführlich beschrieben wird, arbeitet in der Messtrecke mit Drücken von 0,2 bei 1,5 ata; in besondern Fällen kann der Druck auf 2,8 ata gesteigert werden. Die Versuchskammer weist einen Arbeitsquerschnitt von 483 auf 368 mm auf und kann Modelle bis zu 400 mm Länge aufnehmen. Die Luft wird durch einen Radialkompressor in geschlossenem Kreislauf bewegt. Die Antriebsdauerleistung des Elektromotors beträgt 7700 PS; sie kann während zwei Stunden auf 10 000 PS gesteigert werden.

Deutsche Kältetagung. Ein zusammenfassender Bericht über die an dieser Tagung vom 6. bis 9. Oktober in Düsseldorf gehaltenen Vorträge findet man in «Allgemeine Wärmetechnik» 1955, Heft Nr. 2. So erwähnt u. a. H. L. von Cube, dass Motoren für den Antrieb von automatisch gesteuerten Kältekompresoren ein Kippmoment von 200 % des Arbeitsmomentes aufweisen müssen, während ein Anzugsmoment von 150 bis 180 % über den ganzen Anlauf hinweg ausreicht. Der Motor soll für maximale Betriebsbedingungen, wie sie z. B. beim Herunterkühlen vorkommen können, über eine begrenzte Zeit und für normale Betriebsbedingungen bei begrenzter Unterspannung gebaut sein.

NEKROLOGE

Karl Elser †. Zwei Tage vor Vollendung seines 35. Lebensjahres ist am 9. April 1955 Dr. sc. techn. K. Elser plötzlich — und auch für die ihm Nächststehenden völlig unerwartet — an einem Herzschlag gestorben. Die den Verstorbenen kannten, werden das Bild eines grundlauteren, immer verlässlichen und stets zu helfen bereiten Charakters mit sich tragen. Diese Züge waren seinem Wesen so zugehörig, dass sie in gleicher Weise für den Menschen wie für den Wissenschaftler gelten. Sich in ruhiger Konzentration in einen Fragenkomplex versenkend und in der einmal erkannten Zielrichtung immer aufs Neue klug angesetzte Stollen vortreibend, sind ihm in den kurzen Jahren seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Thermodynamik und Verbrennungsmotoren an der ETH Arbeiten gelungen, die weiten Fachkreisen beglückend Kunde gaben von einer echten wissenschaftlichen Zuständigkeit.

Alle, die ihm im Leben und in der Arbeit begegnet sind, werden dauernd in tiefer Achtung und in nah verbundener Wertschätzung seiner gedenken. Prof. Dr. G. Eichelberg

BUCHBESPRECHUNGEN

Verhütung von Bauschäden. Schutz der Bauwerke gegen chemische und physikalische Einflüsse. Von O. Graf und H. Goebel. 304 S. mit 202 Abb. Stuttgart 1954, Deutscher