

November 1941

H V G - Mitteilung Nr. 458

Wärme- und betriebstechnische Überwachung der Glashütten.

Sparsamer Brennstoffverbrauch, genaue Ofenführung zur Vermeidung von Glasfehlern, weitgehende Leistungssteigerung sind Anforderungen, die an die Betriebe jederzeit, besonders aber im Kriege, gestellt werden. Um ihnen zu entsprechen, ist eine gute Beherrschung aller Betriebsvorgänge unumgänglich notwendig, die technische Überwachung findet deshalb heute gesteigerte Aufmerksamkeit.

Den heutigen Stand der Überwachungsmaßnahmen, wie er sich aus Betriebserfahrungen und Schrifttumsquellen darbietet, fasst die in / der Anlage beigelegte Arbeit zusammen :

Günther, R. "Wärme- und betriebstechnische Überwachung der Glashütten". Glastechn.Ber. 19 (1941)S.287-300.

Neben den messtechnischen Maßnahmen und Erhebungen wird darin auf die Organisationen eingegangen, die zur Sammlung und Nutzbarmachung der einzelnen Ergebnisse und Unterlagen notwendig ist, und die ihren äusseren Ausdruck in der Folge :

Meßstelle - Tagesbericht - Monatsbericht - Betriebsstatistik findet.

Die einzelnen Messungen sind in der Arbeit in Tabellenform zusammengefasst, auch auf die mehr oder minder grosse Dringlichkeit wird hingewiesen. Diese Anmerkungen über die Bedeutung sollen besonders den Betrieben als Unterlage dienen, die ihre Meßausrüstung erst ausbauen. Die in der Arbeit als "unumgänglich notwendig" bezeichneten Meßeinrichtungen dürfen auch im Kleinbetrieb nicht fehlen, auch wenn man in Betracht zieht, dass nur bescheidenere Mittel zur Verfügung stehen. Welche Ersparnisse gerade in solchen Hütten zu erzielen sind, zeigt ein Beispiel :

Eine kleine Hütte verbrauchte im Tag 3,0 - 4,0 t Kohle. Als eine Überwachung des Verbrauchs nach Zeit und Menge einsetzte, also eine Aufzeichnung, die jeder Betrieb ohne Meßgerät durchführen kann, sank der Verbrauch innerhalb eines Monats auf 2,5 - 3,0 t/Tg.

Anlage :
Sonderdruck Günther

DK 620.93 : 658.562 : 662.614 : 666.1 (045)

Wärme- und betriebstechnische Überwachung der Glashütten.

R. Günther, Frankfurt/Main.

(Mitteilung aus der Hüttentechnischen Vereinigung der deutschen Glasindustrie (HVG), Frankfurt/Main.)

(Eingegangen am 18. 9. 1941.)

Die kriegsbedingte Forderung nach höchsten Leistungen auf allen Gebieten macht auch im Betrieb der Glashütten die Leistungssteigerung, Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und den sparsamsten Verbrauch von Rohstoffen aller Art besonders vordringlich. Diese Ziele sind nur zu erreichen, wenn alle Betriebsvorgänge genau erfaßt und einzeln auf ihre beste Gestaltung untersucht werden. Unterlagen hierfür schafft die wärme- und betriebstechnische Ueberwachung. Die Einzelaufgaben, die in diesem Zusammenhang auftreten, sind zum großen Teil im Schrifttum bereits besprochen, sie finden sich jedoch dort verstreut auf viele Einzelstellen. Im folgenden soll der heutige Stand der technischen Betriebsüberwachung zusammenfassend dargestellt werden, um einen Ueberblick über das bisher Erreichte zu bieten und zugleich die Anwendung dieser Erkenntnisse in den Betrieben zu fördern.

Bedeutung der Betriebsüberwachung.

Wie die kaufmännische Organisation eines Betriebes die darin ablaufenden Vorgänge ihrer wirtschaftlichen Seite nach erfaßt, hat die technische Ueberwachung die Aufgabe, die technische Seite dieser Vorgänge herauszuarbeiten und über alle Einzelheiten einen klaren Ueberblick zu bieten. Während aber jene infolge der Notwendigkeit, auf ihrem Gebiet zu bestimmten Zeitpunkten Rechenschaft abzulegen, in jedem Betrieb seit langer Zeit in gewissem Maße ausgebaut ist, sogar durch die Einführung der Pflichtkonten in einheitliche Form gebracht wurde und so Vergleiche mit ähnlichen Unternehmungen ermöglicht, kam die technische Ueberwachung erst in den beiden letzten Jahrzehnten mit der zunehmenden Kenntnis der einzelnen Zusammenhänge zur Entwicklung. Die Notwendigkeit einer genauen Erfassung aller technischen Vorgänge kann heute nicht mehr angezweifelt werden, die Durchführung der entsprechenden Ueberwachungsmaßnahmen befindet sich jedoch noch im Anfang der Entwicklung. Während für Großbetriebe dieser Bestandteil der Betriebsführung bereits zur Selbstverständlichkeit geworden ist, fehlt er in Kleinbetrieben und vielen Mittelbetrieben völlig, oder ist nur ungenügend ausgebaut. Auch die Einführung selbsttätiger Maschinen, die eine gute Beherrschung aller Anlagen besonders dringlich machen, führt nicht überall dazu, den einzelnen Betriebsvorgängen durch Messen und Kontrollieren nachzugehen.

Aufgabenbereich der Betriebsüberwachung.

1. Bedienung der Anlagen. — Die technische Betriebsüberwachung hat zunächst die Aufgabe, die Bedienung der Anlagen eines Werkes auf eine sichere Grundlage zu stellen. So lange Gaserzeuger, Ofen und

Maschinen nach dem Augenschein oder der Gewohnheit eingestellt werden, kann zwar eine gut eingebaute Mannschaft unter normalen Verhältnissen den Betrieb aufrecht erhalten, es läßt sich jedoch kein Urteil darüber abgeben, ob alle Vorgänge ordnungsgemäß und mit bestem Wirkungsgrad ablaufen. Hier hat also die Betriebsüberwachung einzusetzen.

Die für die Bedienung notwendigen Zahlenwerte werden in erster Linie auf anzeigende Meßgeräte übertragen, da größte Sichtbarkeit auch aus einiger Entfernung und die Kenntnis des jeweiligen Augenblickswertes besonders wichtig sind. Registrierende Geräte werden für diese Aufgabe nur in zweiter Linie benötigt. Allgemein ist es wichtig, daß für diesen Zweck mit klaren, eindeutigen und leicht verständlichen Angaben der wichtigsten Meßwerte gearbeitet wird.

2. Ueberwachung des Betriebszustandes. — Die Ueberwachung des Betriebszustandes durch die Betriebsleitung bedient sich hauptsächlich registrierender Geräte. Außerdem werden Zustandsgrößen, die durch ihre schwierige Feststellung der laufenden Ablesung entzogen sind, durch Einzelmessungen bestimmt. Weiter sind in diesem Zusammenhang Feststellungen von gezählten Werten notwendig.

Die Maßnahmen der Betriebsüberwachung müssen die Möglichkeit bieten, auf den Ablauf der einzelnen Vorgänge zurückzuschließen und aus ihrer Entwicklung zu erwartende Störungen rechtzeitig erkennen lassen, umgekehrt soll daraus auch die Ursache von Störungen nachträglich und schnellstens festzustellen sein.

3. Sammlung und Auswertung der Betriebsergebnisse. — Die aus den Messungen durch die Betriebsüberwachung gewonnenen Werte sollen nicht nur der unmittelbaren Kontrolle dienen, sondern auch eine übersichtliche Aufzeichnung des gesamten Betriebsablaufs ermöglichen, um etwaige Unterlagen für die Weiterentwicklung der Einrichtungen und zur Ableitung allgemeiner Erkenntnisse zu bieten und ferner der Betriebsführung einen regelmäßigen Einblick in die wichtigsten Abläufe zu ermöglichen. Dieser Aufgabe dient die Sammlung der angezeigten und anderweitig ermittelten Werte in Form von Tagesberichten der einzelnen Betriebsabteilungen, die ihrerseits für einen Hauptüberblick in Monatsberichten zusammengefaßt werden. Diese endlich bilden in ihrer Gesamtheit das Material für eine technische Betriebsstatistik, aus der der Verlauf der wichtigsten Zahlenwerte über längere Zeiträume zu ersehen ist. Einen Ueberblick über Gewinnung und Auswertung der Zahlenwerte gibt die Darstellung in Bild 1.

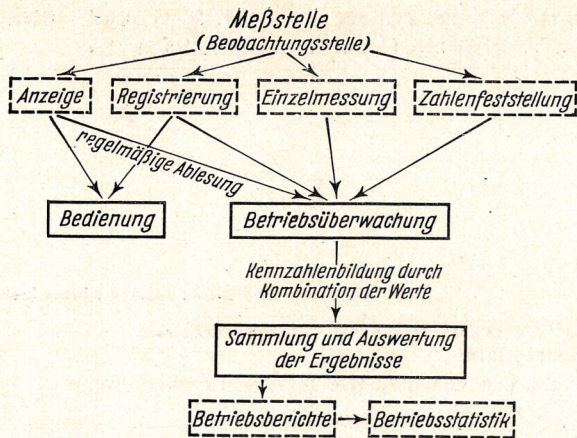


Bild 1. Aufbau der technischen Betriebsüberwachung.

Im folgenden wird zunächst die Gewinnung der Meßwerte und anschließend ihre Verarbeitung besprochen.

A. Gewinnung der Meßwerte.

I. Gaserzeugeranlagen.

1. Bedienungsmaßnahmen.

Die Bedienung eines Gaserzeugers ist darauf abgestellt, einen gleichmäßigen Betriebszustand einzuhalten und dabei den jeweiligen Gasbedarf der Verbraucher zu befriedigen. Zu diesem Zweck sind die nachstehenden Bedienungsarbeiten durchzuführen.

a) **Beschicken mit Brennstoff.** — Die Beschickung erfolgt derart, daß im Gaserzeuger eine Brennstoffsäule von gleichbleibender Höhe entsteht. Bei konstantem Gasbedarf genügt es, hierfür die Beschickung in genau gleichen Zeitabständen vorzunehmen, wodurch zudem die Möglichkeit geboten wird, eine Anlage, die aus mehreren Einheiten besteht, taktweise mit Brennstoff zu versorgen, so daß die Aenderungen des Betriebszustandes, wie sie sich aus der Beschickung ergeben, immer nur an einer Einheit gleichzeitig auftreten. Bei schwankendem Gasbedarf ist es notwendig, nach anderen Grundsätzen zu beschicken, etwa nach der Gastemperatur oder nach der Höhe der Brennstoffsäule.

b) **Erhalten einer gleichmäßigen Brennstoffschicht (Stochen).** — Zur Erzielung einer gleichbleibenden Gasqualität ist ein gleichbleibender Zustand der Brennstoffsäule im Gaserzeuger Voraussetzung. Um diesen Zustand zu erhalten, ist es notwendig, regelmäßig zu stochen. Eine Kontrolle darüber, ob sich die Brennstoffsäule in einwandfreiem Zustand befindet, bietet der Meßwert des Widerstandes der Brennstoffschicht, der auf Unregelmäßigkeiten empfindlich anspricht.

c) **Entaschen.** — Auch Abweichungen der Ascheschicht vom Normalwert drücken sich in einer Aenderung des Schichtwiderstandes aus. Um den Zustand der gesamten Brennstoffsäule richtig beurteilen zu können, ist es also notwendig, auch die Höhe der Brennstoffschicht zu überwachen. Hierzu dienen Stangenmessungen, die zugleich eine Kontrolle der einwandfreien Lage der Einzel-Schichten des Gaserzeugers ermöglichen.

d) **Einstellung der Belastung.** — Die Belastung (Gaslieferung) wird durch Regulierung der Windmengen auf den jeweils notwendigen Wert gebracht. Da Gas- und Luftmengen bei einwandfreiem Betrieb verhältnismäßig sind, die Windmenge aber angenehmer zu messen ist als die Gasmenge, dient erstere als Kennwert für die Belastung.

e) **Einstellen des Dampfzusatzes.** — Von ausschlaggebender Wichtigkeit für den Gaserzeugerbetrieb ist die Höhe des Dampfzusatzes, da sie die Temperatur in der Reaktionszone und damit den Ablauf der Gaserzeugungsvorgänge bestimmt. Der Wert des Dampfzusatzes wird durch die Dampfluftgemischtemperatur gemessen.

2. Durchführung der Messungen.

Aus den Notwendigkeiten der Bedienung ergeben sich die wichtigsten Messungen am Gaserzeuger, die durch die Feststellung einiger weiterer Werte für die Betriebsüberwachung ergänzt werden. Die einzelnen Messungen sind in der nachstehenden Uebersicht zusammengefaßt. Dort werden zugleich die dafür verwendeten Meßgeräte und ihr Meßbereich angegeben sowie darauf hingewiesen, welche Feststellungen besonders wichtig sind und welche erst in zweiter Linie benötigt werden. Die letztgenannten Hinweise ermöglichen es, vorhandene Anlagen auf ihre Zweckmäßigkeit zu überprüfen und in der Entwicklung befindliche Einrichtungen weiter auszubauen.

Zu den einzelnen Messungen ist zu bemerken:

a) **Winddruck unter dem Rost.** — Die Messung des Winddrucks unter dem Rost ist eine der wichtigsten Feststellungen des Gaserzeugerbetriebes: Der Meßwert gibt an, ob der Zustand der Brennstoffsäule normal ist. Ein länger dauerndes Abweichen der Anzeige läßt auf eine Störung schließen, etwa Verstopfen des Rostes, zu hohe bzw. zu niedrige Ascheschicht, starke Verschlackung usw. Als Anzeigeegerät eignet sich am besten ein Membrandruckmesser, der zuverlässig und mit guter Genauigkeit arbeitet und auch aus größerer Entfernung leicht abzulesen ist. Ein U-Rohr ist wegen der schlechten Kenntlichkeit des Meßwertes bei der Bedeutung dieser Messung nicht geeignet.

Die Feststellung wird in erster Linie als Unterlage für die Bedienung benutzt, eine Registrierung ist weniger wichtig, man begnügt sich im allgemeinen mit der regelmäßigen Aufschreibung der Meßwerte.

Legt man Wert darauf, die Widerstandsgrößen von Rost und Brennstoffsäule einzeln zu kennen, so wird möglichst nahe am Rost eine Zwischenmeßstelle eingeschaltet. Die Messung kann dann zerlegt werden in Rostwiderstand (durch Differenzdruck zu ermitteln) und Widerstand der Brennstoffschicht. Im allgemeinen sieht man von dieser Unterteilung ab und benutzt sie nur zum Aufsuchen von Störungen.

b) **Gastemperatur.** — Die Erfassung der Gastemperatur ist besonders zur Ueberwachung der Anlage für die Betriebsleitung wichtig, denn die Registrierung dieses Wertes läßt erkennen, ob die Beschickung in richtigen Zeitabständen und in ausreichendem Maß vorgenommen wurde. Da die Gastemperatur nach jeder Beschickung infolge der zugeführten Feuchtigkeit des Brennstoffs zunächst steil abfällt und dann allmählich wieder steigt, ergibt sich eine sägeförmige Kurve; aus der mehr oder weniger guten Gleichmäßigkeit ihres Verlaufs kann unmittelbar auf die Betriebsweise geschlossen werden. Steigt die Temperatur an einer Stelle besonders schnell an, so ist dies ein Zeichen für ein Durchbrennen der Kohleschicht. Die Messung ist deshalb auch für die Bedienung der Gaserzeuger wichtig als Ergänzung der Anzeige des Unterwinddrucks. Für die Ueberwachung ist die Kenntnis dieses Wertes unerlässlich.

c) **Windmenge.** — Die Windmenge ist als Maß für die Belastung des Gaserzeugers der zweite Hauptwert der

Tafel 1. Messungen am Gaserzeuger.

Bezeichnung	Meßgröße	Meßstelle	Dauer-messung od. Stich-messung	Bedienung		Ueberwachung		Meßbereich	Notwendigkeit*)	
				Zweck der Messung	Meßgerät*)	Zweck der Messung	Meßgerät*)		für Bedienung	für Ueber-wachung
a	Winddruck unter dem Rost	Windleitung hinter dem Schieber	D	Kontrolle von Rost- u. Schichtwiderstand	Membrandruck-messer (anzeigend)	Zustand der Brenn-stoffschicht	Membrangerät oder Ringwaage (schreibend)	0—300 mm WS im allgem. 0—200 ausreichend	1	3
b	Gastemperatur	Gasaustrittsstutzen	D	Kontrolle der Schütt-höhe; Feststellen von Durchbläsern	Widerstandsthermo-meter bis 500°, dar-über Thermoelement (anzeigend)	Kontrolle der Schütt-höhe und Schüttzeit	wie b. Bedienung, jedoch schreibend	Gas aus: Rohbraun-kohle 0—200°, Braunk.-Brik. 0-500°, Steinkohle 0—800°	2	1
c	Windmenge	Windleitung vor Dampfeintritt	D	Feststellung der Belastung	Stauscheibe m. Ring-waage (anzeigend)	Belastungsverlauf	Stauscheibe m. Ring-waage (schreibend)	v. Brennstoff und Durchsatz abhängig	2	1
d	Windbefeuchtung	Windleitung, mind. 2 m hinter Dampf-eintritt	D	Einstellung des Dampfzusatzes	Fernthermometer od. Widerstandsthermo-meter (anzeigend)	Kontrolle des Dampfzusatzes	Widerstandsthermo-meter (schreibend)	0—100°	1	3
e	Gasdruck	Gasaustrittsstutzen	D	Anpassung der Gas-erzeugung an Verbr.	Membrandruck-messer (anzeigend)	Druckverlauf	Membrandruck-messer oder Ring-waage (schreibend)	in Glashütten 0—20 mm WS	1	3
f	Widerstand der Brennstoffschicht	s. a) u. e)	D	wie a)	wie a)	wie a)	wie a)	wie a)	nur bei schwankend. Gasdruck notwendig	
g	Vergleich Schichtwiderstand : Windmenge	s. a), e) u. c)	D	Gaserzeugergang	Folgezeigergerät (anzeigend)	wie für Bedienung	Doppelschreiber	s. a), e) u. c)	3	3
h	Schichthöhe	Gaserzeugerschacht	St	Gaserzeugergang, Rostantrieb	Meßstange	wie für Bedienung	wie für Bedienung	—	1	2
		Rosthaube	D	Ascheschichthöhe wegen Rostantrieb	Thermoelement in Rosthaube	wie für Bedienung	wie für Bedienung	—	als teilw. Ersatz der Stangenmessung neuerdings vorge-schl. 3	
i	Gaszusammen- setzung	Gasaustrittsstutzen	St	—	—	Ueberwachung Gaserzeugergang	Orsatapparat	—	—	2
k	CO ₂ -Gehalt Gasfeuchte	Gasaustrittsstutzen	D	Gaserzeugergang	CO ₂ -Messer	wie für Bedienung	wie für Bedienung	0—10%	2	2
		Gasaustrittsstutzen	St	—	—	Bewertung d. Gases	Feuchtigkeitsmesser	je nach Gasart	nur f. wärmetechni- schen Gesamtüberbl.	
l	Gasheizwert	Gasleitung	St	—	—	Bewertung d. Gases	aus Analyse errechn.	—	für wärmetechn. Ge- samtüberbl. Mess. nur bei Reingas sinnvoll	
			D	—	—	Bewertung d. Gases	Kalorimeter (schreibend)	bis 1800° kcal/Nm ³		
m	Teergehalt, Staubgehalt	Gasleitung	St	—	—	Bewertung d. Gases	s. Text	—	nur für wärmetechn. Gesamtüberblick	
n	Durchsatz	Fülltrichter	D	Kenntnis der Belastung	— (Zählung)	Kenntnis der Belastung	— (Zählung)	—	wichtige Betriebs- kennzahl f. Gesamt- betrieb	
									—	1

In den Spalten „Notwendigkeit“ bezeichnen die einzelnen Ziffern:

1 = Messung ist für einwandfreie Bedienung bzw. einwandfreie Ueberwachung unumgänglich notwendig.

2 = Messung ist nicht unumgänglich notwendig, jedoch wichtig; sie sollte nach Möglichkeit durchgeführt werden.

3 = Messung ist nicht unbedingt notwendig, aber zur Erleichterung der Betriebsführung angenehm, oder zur Gewinnung eines Gesamtüberblickes dienlich.

*) Für Bedienung und Ueberwachung werden gemeinsame Meßgeräte benutzt. Die Spalten „Notwendigkeit“ geben an, welcher Zweck wichtiger ist.

Betriebsüberwachung. Daneben ist es für die Bedienung erwünscht, diesen Wert zu kennen, da die Beschickung der Windmenge angepaßt sein muß.

d) **Windbefeuchtung.** — Die Windsättigungstemperatur als zuverlässiges Merkmal für den Dampfzusatz gehört zu den unerlässlichsten Meßwerten für die Gaserzeugerbedienung. Um ihren Anzeigewert von der Meßstelle in der Windleitung (mindestens 2 m hinter der Mischdüse) auf die Gaserzeugerbühne zu leiten, bevorzugt man Widerstandsthermometer. Quecksilberfernthermometer können ebenfalls benützt werden, sind aber wegen der erheblichen Fadenkorrektur weniger geschätzt, da es hier auf genaueste Anzeige ankommt. Im Normalbereich dieser Messung bei Brikettbetrieb, also zwischen 50 und 60° C, ändert sich mit 1° Temperaturwechsel der Dampfgehalt der Luft um 6%, es müssen also sehr enge Grenzen eingehalten werden. Umständlich ist die Fernanzeige bei Batterien von Dachrostgaserzeugern. Man wählt hier meist den Ausweg, daß man nur den Wert einer Leitung auf die Bühne überträgt und die Einzelventile nach fest eingebautem Quecksilberthermometer einmalig einstellt. Sie bedürfen dann nur einer gelegentlichen Kontrolle.

Bei allen neuzeitlichen Anlagen wird die Windbefeuchtung durch automatische Regelung auf gleicher Höhe gehalten.

e) **Gasdruck.** — Ein konstanter Gasdruck ist Voraussetzung für eine gleichmäßige Gaslieferung an die Verbraucher, da bei sonst gleichen Verhältnissen um so mehr Gas abgegeben wird, je höher der Gasdruck ist. Wegen der Wichtigkeit dieses Wertes wird er bei allen neuzeitlichen Anlagen automatisch geregelt.

Zur Anzeige ist ein Membrangerät notwendig, das U-Rohr scheidet nicht nur wegen der schlechten Kenntlichkeit, sondern auch wegen der nicht ausreichenden Genauigkeit aus. Die Anzeige dieses Wertes ist bei Handsteuerung unerlässlich, bei automatischer Regelung wird der Wert für die Regeleinrichtung ohnehin benötigt und deshalb auch angezeigt.

i) **Widerstand der Brennstoffsäule.** — Der Widerstand der Brennstoffsäule ergibt sich als Differenz zwischen Unterwinddruck a) und Gasdruck e). Bei dem normalerweise vorhandenen konstanten Gasdruck bietet die Messung keinen Vorteil gegenüber der alleinigen Ablesung des Unterwinddruckes. Eine Ausnahme bildet g).

g) **Vergleich Schichtwiderstand/Windmenge.** — Ein gutes Bild des Gaserzeugerganges gibt der Vergleich zwischen Windmenge und Widerstand der Brennstoffsäule, denn diese beiden Werte sind bei einwandfreiem Betrieb immer verhältnismäßig. Eine Abweichung des einen Wertes von der Proportion läßt auf eine Störung schließen. Diese Tatsache gab Veranlassung, beide Meßwerte in einem Folgezeigergerät zu vereinigen. Druckanzeiger und Mengemesser werden in diesem Fall so geeicht, daß sich die Zeiger bei richtigem Betriebszustand gegenüberstehen. Die Messung läßt sich durch elektrische Uebertragung auch registrierend ausführen. Es ist zu beachten, daß gleichbleibende Kohlenqualität Voraussetzung für diese Vergleichsmessung ist. Schwankt die Kohlezusammensetzung, so läßt sich das Gerät nicht benutzen, bei Uebergang auf eine andere Sorte muß es umgeecho werden.

h) **Schichthöhe.** — Die Bestimmung der Höhe der einzelnen Schichten im Gaserzeuger bildet eine notwen-

dige Ergänzung der Messungen a) und b). Abweichungen vom Normalzustand gibt zwar bereits der Winddruck an, ohne jedoch auf Einzelheiten über den Zustand im Gaserzeuger schließen zu lassen. Diese gibt die Stangenmessung, welche im gut geführten Betrieb wenigstens einmal je Gaserzeuger und Schicht mit gleichzeitig drei Meßstangen durchgeführt wird. Man erhält auf diese Weise sowohl ein Bild von der Höhenverteilung wie auch einen Ueberblick darüber, ob die einzelnen Schichten waagrecht liegen oder ob ein Schiefgehen eingetreten ist. Die Höhe wird ab Rostspitze (= Stangenspitze) gemessen, eine Marke an der Meßstange, die mit der Oberkante des Stochlochs abschließen muß, zeigt, ob die Stange die Rostspitze erreicht. Die Höhe der Kohleschicht ist bei dieser Messung meist schwer festzustellen, statt dessen wird zweckmäßig der freie Raum über den Kohlen durch einen dauernd eingebauten Pegel ermittelt, der zur Messung hochgehoben und mit einer unten angebrachten Platte auf die Kohleschicht aufgelegt wird. Er ragt mit seiner Stange durch die Deckplatte des Gaserzeugers hindurch und besitzt neben dem Bedienungsgreif einen Zeiger, der an einer fest eingebauten Skala unmittelbar die gesamte Schütthöhe angibt.

Die Meßergebnisse werden notiert und der Ueberwachung zugänglich gemacht. Da die Stangenmessung, besonders in größeren Betrieben, viel Arbeit macht, wird neuerdings zur Prüfung der Aschenschichthöhe die Anzeige eines in die Rosthaube eingebauten Thermoelementes benutzt. Diese Messung baut auf der Feststellung auf, daß die Rosttemperatur in festem Verhältnis zur Aschenschichthöhe steht. Sie wurde bisher nur vereinzelt, in Glashütten soweit bekannt noch nicht ausgeführt, das Uebliche ist bis jetzt noch die Stangenprobe.

i) **Gaszusammensetzung.** — Die Kenntnis der Gaszusammensetzung läßt auf die Gaserzeugerführung und den Betriebszustand schließen. Da diese Messung das Ergebnis des Gaserzeugerbetriebes erfaßt, drücken sich hierin alle Unregelmäßigkeiten am sichersten aus. Die Feststellung des CO₂-Gehaltes durch automatische Gasprüfer macht nur langsame Fortschritte, insbesondere durch die Schwierigkeit, das Rohgas einwandfrei von seinen Nebenbestandteilen zu trennen. Im allgemeinen beschränkt man sich noch auf Einzelanalysen mittels Orsatapparat, die entweder von Sammelproben über die Dauer einer ganzen Schicht oder von einzelnen Stichproben durchgeführt werden. Im letzteren Falle ist es wichtig, den Betriebszustand während der Probenahme, besonders den Dampfzusatz und den Zeitpunkt der letzten Beschickung festzuhalten, da diese Werte auf die Gaszusammensetzung von Einfluß sind. Berücksichtigt man diese Faktoren regelmäßig, so geben auch Stichproben einen guten Anhalt zur Beurteilung des Betriebes.

k) **Gasfeuchte.** — Der Wassergehalt des Gases stammt zum überwiegenden Teil aus dem Brennstoff, nur ein kleiner Teil rührt vom Zusatzdampf her: Da dieser konstant gehalten wird, hängt also die Gasfeuchtigkeit von der der Kohle und damit neben der Kohlenart von den Transport- und Lagerverhältnissen ab und kann kaum beeinflußt werden. Die Messung erfolgt nach der Taupunktmethode oder mit Chlorkalzium. Sie wird nur durchgeführt, wenn es sich darum handelt, einen wärmetechnischen Gesamtüberblick zu gewinnen.

l) **Gasheizwert.** — Die registrierende Messung des Gasheizwertes gewährt ähnlich wie die Analyse einen Ueberblick über das Betriebsergebnis der Anlage bzw.

seinen Verlauf. Die Messung mit dem Kalorimeter gibt den Heizwert des trockenen teerfreien Gases an. Das Meßergebnis entspricht also nur bei Reingasbetrieb dem Brennstoff, der in dem Ofen verbrannt wird, bei Rohgas ist es dagegen nicht möglich, die Einflüsse des Teer- und Wassergehaltes zu erfassen. In diesem Falle ist also das Meßergebnis zunächst nur ein Anhaltswert für den Gaserzeugergang und als Grundlage der Wärmemengenrechnung erst nach Korrekturen über den Teer- und Wassergehalt brauchbar.

m) **Teer- und Staubegehalt.** — Teer- und Staubegehalt des Gases entziehen sich durch ihre umständliche Bestimmung der laufenden Ueberwachung, ein bei der Bedeutung des Teergehaltes unerfreulicher Zustand. Da die Messung ein gewisses Maß von Vorkenntnissen und große Sorgfalt erfordert, wird sie nur selten durchgeführt. Die gewöhnliche Bestimmungsmethode beruht darauf, daß Teer und Staub durch Filtern und Kühlen einer abgemessenen Gasmenge zum Ausscheiden gebracht und aus der Gewichtszunahme der Apparatur bestimmt werden. Der Staub kann dann durch Filtern des gelösten Teeres ermittelt werden.

n) **Durchsatz.** — Der Durchsatz gehört zu den wichtigsten Angaben des Gaserzeugerbetriebes. Er ist nicht nur als Maß für die Belastung der Anlage, sondern auch als Kennzahl für den gesamten Betrieb von Bedeutung, da er normalerweise den Verbrauch der ganzen Hüttenanlage wiedergibt (vergl. BI).

Die Feststellung des Durchsatzes ist im allgemeinen nur derart möglich, daß der Inhalt eines Gaserzeugerfülltrichters durch Mittelwertbildung aus mehreren Wägungen bestimmt und dann der Durchsatz durch Zählen der aufgegebenen Trichter ermittelt wird. Voraussetzung für die Brauchbarkeit dieses Meßverfahrens ist, daß die Trichter durch die Bedienungsmannschaften aller Schichten immer gleichmäßig gefüllt werden, was erfahrungsgemäß meist mit guter Genauigkeit zutrifft. Eine Kontrolle des so gefundenen Wertes bietet die Kohlenanlieferung, da über diese und eine monatliche Schätzung des Lagerbestandes eine gute Gegenrechnung durchzuführen ist, aus der sich im Laufe eines längeren Beobachtungszeitraumes das mittlere Trichtergewicht nachprüfen läßt. Schwieriger ist die Feststellung des Durchsatzes bei automatischer Beschickung. Die bei Kesselanlagen in solchen Fällen meist angeordnete selbsttätige Waage fehlt bei der Gaserzeugung fast immer. Einen Ausweg bietet dann lediglich die Zählung der Umdrehungen des Zellenrades, das den Brennstoff zumißt. Durch Vergleich mit den Zufuhren und Lagerbeständen läßt sich bei längerer Beobachtungsdauer ein Maß für den Durchsatz gewinnen.

Bei der Vergasung von Brennstoffgemischen ist es notwendig, das Mengenverhältnis möglichst auf gleicher Höhe zu halten, um nicht auf diesem Wege Schwankungen des Betriebszustandes zu verursachen. Zu diesem Zweck kann man etwa die Schaufelanzahl festlegen, die an dem mengenmäßig geringeren Brennstoff jedem Trichter beizugeben ist. Infolgedessen läßt sich auch für den Durchsatz mit einem festen Verhältnis rechnen und der Trichtereinhalte wie oben bestimmen.

II. Schmelzöfen.

1. Bedienung.

Die Arbeitsgänge der Bedienung müssen bei kontinuierlichen Wannen auf möglichste Gleichmäßigkeit ein-

gestellt bzw. bei wechselnder Belastung dem Ofengang angepaßt werden, bei Hafenoefen und Tageswannen dem Ablauf der Schmelze entsprechen. In jedem Fall ist der Grad der Beheizung und der Verbrennungsablauf den jeweiligen Bedürfnissen des Ofens anzugleichen und dabei auf sparsamste Brennstoffausnutzung zu achten. Im einzelnen sind an Schmelzöfen nachstehende Bedienungsarbeiten durchzuführen:

a) **Regelung der Gaszufuhr.** — Die Gaszufuhr muß so groß sein, daß die erforderliche Ofentemperatur erreicht wird. Diese ist bei kontinuierlichen Wannen ein fester Wert, bei Hafenoefen entsprechend dem periodischen Betrieb durch den Schmelzverlauf gegeben. Als Maß für die Regelung der Gaszufuhr dient in erster Linie die Ofentemperatur. Bei größeren Oefen mit mehreren Brennern bzw. Brennerpaaren ist neben dem Gesamtverbrauch auch die Verteilung auf die einzelnen Brenner einzustellen.

b) **Regelung der Windzufuhr.** — Die Windzufuhr hängt von der jeweiligen Gasmenge ab. Dem Ofen muß jeweils so viel Luft zugeleitet werden, daß ein den Bedürfnissen der Schmelze entsprechender Verbrennungsverlauf gesichert wird. Im allgemeinen wird vollständige Verbrennung angestrebt und bei einem Luftüberschuß von etwa 10% erreicht. Bei reduzierenden Schmelzen wird mit geringem Luftmangel, zumindest im Schmelzteil des Ofens, gearbeitet.

c) **Regelung des Essezugs.** — Die Esse hat die Aufgabe, die im Ofen entstandenen Abgase vollständig aus diesem wegzuführen, ohne dabei durch Erzeugung eines Unterdruckes im Ofenraum Falschlufft in diesen einzusaugen. Bei völlig gleichbleibenden äußeren Verhältnissen ist auch der notwendige Essezug konstant, und es genügt in diesem Falle, ihn auf gleicher Höhe zu halten. Da jedoch meist Schwankungen irgendwelcher Art eintreten, beobachtet man besser statt des Essezugs den Oberofendruck unter Berücksichtigung der Tatsache, daß im Ofenraum möglichst genauer Atmosphärendruck herrschen soll. In diesem Fall erfüllt nämlich die Esse gerade ihre Aufgabe der Abgasabführung völlig, ohne dabei Falschlufft anzusaugen.

d) **Bei Regenerativöfen: Wechseln der Feuerstellung.** — Die Feuerstellung der Regenerativöfen muß in bestimmten Zeitabständen gewechselt werden, derart, daß auf beiden Ofenseiten gleiche Temperaturverhältnisse herrschen. Bei einwandfrei arbeitender Ofenanlage wird dieser Zustand aufrecht erhalten, wenn in regelmäßigen Zeitabständen gewechselt wird, nach dieser Regel wird im allgemeinen gearbeitet. Es ist jedoch notwendig, nicht nur das Einhalten der Vorschrift zu überwachen, sondern auch festzustellen, ob sie noch Berechtigung hat, also ob der Ofen symmetrisch geht.

Außer den Messungen, die sich aus der Bedienung des Ofens ergeben, sind einige weitere für die Ueberwachung nötig, um Betriebsweise und Betriebszustand nachträglich feststellen zu können, sowie um ein Maß für den Bauzustand des Ofens zu besitzen.

2. Messungen.

Eine Uebersicht über die an einem Schmelzofen im einzelnen notwendigen Messungen, die dafür geeigneten Geräte, ihre Meßbereiche, sowie den Grad der Notwendigkeit der Messung gibt die nachstehende Tafel 2.

Tafel 2. Messungen an Schmelzöfen.

Bezeichnung	Meßgröße	Meßstelle	Dauer- messung od. Stich- messung	Bedienung		Ueberwachung		Meßbereich	Notwendigkeit**)	
				Zweck der Messung	Meßgerät**)	Zweck der Messung	Meßgerät**)		für Bedienung	für Ueber- wachung
a	Oberofentemperatur	s. Text	D	Einstellung der Gaszufuhr	Thermoelement Gesamtstrahlungs-pyrometer (anzeigd.)	Kontrolle der Ofenföhrung	wie Bedienung, jedoch schreibend	bis 1500°	1	1
			St	—	—	Kontrolle der Ofenföhrung	Teilstrahlungs-pyrometer	bis 1500°	—	3
b	Gasmenge (Messung b. Rohgas schwierig)	Gaszuleitung	D	Anhaltswert für Ofeneinstellung	Stauscheibe m. Ringwaage (anzeigend)	Verbrauchskontrolle	Stauscheibe mit Ringwaage (schreibend oder mit Zählwerk)	nach Ofengröße	2*)	2*)
c	Gasdruck	Gaszuleitung	D	Kontrolle Gaslieferung	Membrangerät	Kontrolle Gaslieferung	Membrangerät	0—20 mm WS	3	3
d	Windmenge	Windleitung	D	Verbrennungseinstellung	Stauscheibe und Ringwaage	Ueberwachung Verbrennungseinstellung	Stauscheibe und Ringwaage	nach Ofengröße	2*)	2*)
e	Gasluftgemisch	Gas- und Windleitung	D	Verbrennungseinstellung	Doppelringwaage als Folgezeigergerät	Ueberwachung Feueereinstellung	Doppelringwaage (schreibend)	nach Gasart und Ofengröße	3*)	3*)
f	Essezug	Kaminfuß vor Schieber	D	Einstellung Esseschieber	Membrangerät	Kontrolle Essezug-einstellung, Ueberwachung Wechselzeiten	Schwimmergerät, Membrangerät, Ringwaage (schreibend)	0—30 mm WS	1†)	1†)
g	Oberofendruck	Ofenraum	D	Regelung Esseschieber	Feindruckschreiber	Kontrolle der Ofeneinstellung	Feindruckschreiber	— 2 bis + 2 mm WS	1†)	1†)
h	CO ₂ -Gehalt der Abgase	s. Text	D	Verbrennungseinstellung	Automat. CO ₂ -Prüfer	Kontrolle der Verbrennungseinstellung	Automatischer CO ₂ -Prüfer	0—20% CO ₂	2*)	
i	CO- + CH ₂ -Gehalt der Abgase	s. Text	D	Verbrennungseinstellung, bes. b. reduz. Verbrennung	Automat. Gasprüfer	wie Bedienung	Automatischer Gasprüfer	0—4% CO + H ₂	3	3
k	Abgaszusammensetzung	s. Text	St	Kontrolle Feueereinstellung	Orsatapparat	Kontrolle Feueereinstellung und Ofenzustand	Orsatapparat	—	1*)	1*)
l	Kammertemperaturen	Kammerfuß	D	wenn 2 Abgasschieber vorhanden: Schiebereinstellung	wie Ueberwachung	Kontrolle Ofenzustand, Wechselzeiten, außerdem wie Bedienung	je Kammer 1 Thermoelement Vierfachsreiber	bis 600° C	bei 2 Abgasschiebern: 2, sonst 3	1
m	Abgastemperatur	Kaminfuß	D	—	—	Ueberwachung Abgasverlust, Zustand Ofenanlage	Thermoelement und Schreiber	bis 500° C	—	2
n	Glasstand	Wannenbecken	D oder St	Anhaltswert für Einlage	Glasstandmesser	Schwankungen des Glasstandes	Glasstandmesser	—	3	3
o	Schmelzleistung	s. Text	D	Kenntnis der Belastung	(Wägung und Zählung)	Kenntnis der Belastung	(Wägung u. Zählung)	—	wichtige Betriebskennzahl: 1	

Erklärung für 1, 2, 3 s. Tafel 1 „Gaserzeuger“.

*) = Einstellung der Windmenge: entweder nach Gas- und Windmengenmessung (b-d bzw. e), oder: CO₂-Gehalt der Abgase (Schreiber) h; oder: CO₂-Gehalt der Abgase (Stichmessung) i.

†) = Einstellung des Essezugs, auf Konstantwert von f; oder besser Konstantoberofendruck g.

Messung f gibt zusätzliche Kontrolle der Wechselzeiten, diese kann aber auch aus l gewonnen werden.

**) Gemeinsame Meßgeräte für Bedienung und Ueberwachung. Spalten „Notwendigkeit“ geben an, welcher Zweck wichtiger.

Zu den einzelnen Messungen ist zu bemerken:

a) **Oberofentemperatur.** — Die Bestimmung der Oberofentemperatur ist die wichtigste Messung im Ofenbetrieb. Ihr Ergebnis bildet die Grundlage für alle Bedienungsverfahren. Da im Oberofen nicht eine einheitliche Mitteltemperatur, sondern ein Temperaturfeld besteht, das sich zudem, auch bei kontinuierlichem Betrieb, fortgesetzt ändert, bereitet schon die Definition der Ofentemperatur Schwierigkeiten. Auch die Messung selbst ist nicht leicht durchzuführen, da die Haltbarkeit der Thermoelemente bzw. ihrer Schutzrohre bei den auftretenden Temperaturen beschränkt ist. Die Messung mit Strahlungs-pyrometer hat den Nachteil, daß im flammenerfüllten Ofenraum gemessen werden muß, also die Einflüsse der Flammenstrahlung im angezeigten Wert enthalten sind.

Von den beiden für Dauermessungen in Frage kommenden Verfahren: Gesamtstrahlungs-pyrometer mit Glührohr und Pt/Pt-Rh-Element wird in zunehmendem Maß das letztere benutzt. Durch die allmähliche Verbesserung der feuerfesten Stoffe für die Schutzrohre kann heute ein Element $\frac{1}{2}$ bis 1 Jahr lang ohne Reparatur verwendet werden.

Das Thermoelement wird durchweg im Gewölbescheitel eingebaut und ragt 10 bis 15 cm weit in den Ofenraum hinein. Da man auf diese Weise eindeutige und vergleichbare Werte für eine Mitteltemperatur erhält, nimmt man in steigendem Maße die nicht restlos befriedigende Lebensdauer in Kauf.

Für einige Kontrollmessungen, Feststellung der Temperatur an bestimmten Stellen usw., werden Teilstrahlungs-pyrometer oder Farbpyrometer benutzt.

Je nach Art des Ofenbetriebes und des erzeugten Glases werden in Wannen die Temperaturen an mehreren, teils sogar zahlreichen Stellen, insbesondere auch in der Arbeitswanne gemessen, um den Temperaturverlauf kennen zu lernen und die Entnahmebedingungen gleichhalten zu können. Grundsätzlich müssen die Ofentemperaturen meßtechnisch beherrscht und Schwankungen von höchstens $\pm 2^\circ\text{C}$ dabei erreicht werden.

Der Bedeutung der Messungen und ihrer schwierigen Durchführung entsprechend besteht ein reichhaltiges Schrifttum: ^{3) 8) 9) 12)}.

b) **Gasmenge.** — Die Messung der Gasmenge wird als Verbrauchskontrolle bei Ferngas- und Generator-Reingasbetrieb grundsätzlich durchgeführt. Als Meßgerät wird allgemein der Staurand mit Ringwaage benutzt, für Generatorgas liegt hierbei der äußerst zulässige Druckabfall bei etwa 25 mm WS. Um die zeitraubende Gesamt mengenbestimmung aus dem Meßstreifen zu vermeiden, werden mit Vorteil Zählwerke benutzt, der Streifen hat dann lediglich die Aufgabe, über den Verlauf der Kurve zu unterrichten.

Bei Generatorrohgas macht die Messung infolge der Abscheidung von Teer und Staub auf und hinter dem Staurand beträchtliche Schwierigkeiten. Es ist hier, sofern das Gas in Rohren geleitet wird, zwar grundsätzlich möglich, durch auswechselbare Blenden und Anbringen von Ausblas- und Reinigungsöffnungen eine Messung durchzuführen. Die Wartungsarbeiten sind jedoch so umfangreich, daß man meist von der Ermittlung des Wertes trotz seiner Bedeutung absieht. Nur in Sonderfällen, etwa in senkrechten Leitungen, und in hohen Temperaturbereichen, in denen keine starke Abscheidung zu befürchten ist, bieten sich erträgliche Meßbedingungen. Neuerdings wird versucht, durch die Segmentblende eine bes-

sere Meßmöglichkeit zu schaffen. Bei dieser wird nur im oberen Teil des Querschnitts eine Verengung vorgenommen, so daß neben der Blende keine Ablagerungen stattfinden können. Das Meßverfahren befindet sich jedoch noch im Entwicklungszustand.

Infolge dieser Schwierigkeiten kennt man in vielen Betrieben die Verteilung der Brennstoffmengen auf die einzelnen Oefen nicht. Vielfach kann aber dadurch ein Ausweg geschaffen werden, daß die Gesamtmenge im Gaserzeuger und der Verbrauch der Nebenöfen, sofern sie mit Reingas betrieben sind, gemessen werden, so daß der Schmelzofenverbrauch als Differenz bleibt. Bei rohgasbeheizten Nebenöfen und bei Fortleitung des Gases in Kanälen scheidet auch diese Möglichkeit aus (vergl. B I).

Bei automatischer Ofenregelung wird die Gasmenge so beeinflußt, daß eine bestimmte, festzulegende Ofentemperatur eingehalten wird.

c) **Gasdruck.** — Der Gasdruck wird im allgemeinen auf der Gaserzeugeranlage konstant gehalten und strömt dann auch den Oefen mit konstantem Druck zu. Es ist aber trotzdem erwünscht, diesen Wert zu messen, um auf Störungen sofort aufmerksam zu werden. Beschränkt man sich hierbei auf die Anzeige, so wählt man ein Membrangerät, zur Registrierung dasselbe oder eine Ringwaage.

d) **Windmenge.** — Die Windmenge allein hat als Meßwert keine Bedeutung, sie wird lediglich im Zusammenhang mit der Gasmenge betrachtet, um die Verbrennungseinstellung zu überwachen, also festzustellen, ob die Luftzufuhr dem Bedarf entspricht. Aus diesem Grunde werden die beiden Anzeigen im allgemeinen zusammengefaßt, etwa in einem Folgezeigergerät. Bei automatischer Ofenregelung wird die Windmenge selbsttätig der Gasmenge angepaßt (Gemischregler).

Wird die Verbrennungsluft durch Ventilator zugeführt, so ist eine Messung mit Stauscheibe und Ringwaage leicht vorzunehmen. Schwierigkeiten bestehen dagegen zunächst dann, wenn die Kammern die Verbrennungsluft selbst ansaugen. Die geringe Druckdifferenz reicht in diesem Falle gerade zur Ueberwindung der Widerstände aus, für eine Messung ist sie völlig unzureichend. Es bleibt dann nur der Ausweg, die Luft unter Druck, etwa durch ein Propellergebläse zuzuführen, und mit Staurand oder Venturirohr zu messen.

e) **Gasluftgemisch.** — Zur Feststellung des Gasluftgemisches werden die unter b und d genannten Messungen zusammengefaßt. Das hierzu benutzte Folgezeigergerät wird so eingestellt, daß bei dem verwendeten Gas und dem gewünschten Luftüberschuß Gas- und Luftmengezeiger zur richtigen Feueinstellung gegeneinander zeigen.

f) **Essezug.** — Der Anzeige des Essezugs dient neben der Feststellung der jeweiligen Zughöhe auch der Ueberwachung der Wechselzeiten, da bei jedem Umstellen ein deutlicher Ausschlag des Geräts zu erkennen ist. (Die Messung wird registrierend durchgeführt.) Als Meßgeräte werden vielfach die gegen raue Behandlung unempfindlichen Schwimmermesser benutzt, daneben auch Membrangeräte und Ringwaagen. Für die Einstellung des Esseschiebers bevorzugt man gegenüber dieser Anzeige die Feststellung des Oberofendruckes, da es richtiger ist, nicht die Ursache, sondern die Wirkung eines Vorganges zu messen.

In größeren Teilabständen ist es angezeigt, den Druckverlauf in der ganzen Ofenanlage durch Stichmessungen

nachzuprüfen, also insbesondere an den Ein- und Austrittsstellen der Kammern, den Wechsellagen und in den Kanälen, um aus dem Zugverlauf bzw. etwaigen Änderungen gegenüber früheren Messungen den Zustand des Ofensystems feststellen zu können. Hierbei wird zweckmäßig ein Membrangerät benutzt.

g) **Oberofendruck.** — Wie bereits unter f) ausgeführt, dient der Oberofendruck bevorzugt als Maß für die Einstellung des Esseschiebers. Die Anlage soll normalerweise so eingestellt werden, daß im Oberofen Atmosphärendruck herrscht, also weder Falschlufft angesaugt wird noch Feuergase aus dem Ofen herausschlagen. Im Ofenraum herrscht, ganz besonders in größeren Anlagen, kein einheitlicher Druck, vielmehr erzeugen der Auftrieb der heißen Gase, die Brenneinflüsse, Zugwirkungen usw. ein Druckfeld. Für die Esseinstellung begnügt man sich damit, den Druck an einer maßgebenden Stelle zu ermitteln und auf gleicher Höhe zu halten. Man wählt hierfür einen Teil der Ofenwand im Brennerbereich. Als Meßgerät kommt hauptsächlich eine auf hohe Empfindlichkeit hin entwickelte Sonderform der Ringwaage in Betracht.

Zur Erfassung des Druckfeldes, etwa um den Einfluß konstruktiver Maßnahmen auf seine Verteilung festzustellen, kommen Feindruckmesser verschiedener Bauart in Frage.

h) **CO₂-Gehalt der Abgase.** — Die Feuereinstellung nach automatischer Anzeige des CO₂-Gehaltes der Abgase ist in stetem Vordringen begriffen, da diese Art der Verbrennungsüberwachung im Gegensatz zur Gemischanzeige bei allen Brennstoffarten durchführbar ist und als Messung der Wirkung der Einstellvorgänge der Ermittlung der Ursache vorgezogen wird. Als Meßgeräte werden bei Glasschmelzöfen vorzugsweise solche benutzt, die auf Absorptionwirkung aufgebaut sind. Die Messung auf elektrischem Wege, die bei Kesselanlagen beliebt ist, konnte sich bis jetzt bei Schmelzöfen nicht einführen, da die Geräte gegen die Einwirkung der Abgase zu empfindlich sind.

Bei der Wahl der Meßstelle ist zu bedenken, daß in den Abgasstrom auf seinem Weg durch die Ofenanlage an vielen Stellen Falschlufft eintritt, so in den Brennerschächten, den Kammern, Wechsellagen, Abgaskanälen und an den Schiebern. Will man also die Verbrennungsprodukte des Oberofens möglichst rein bestimmen, so wird man kurz hinter dem Ofenaustritt messen, bei Wannenöfen im Brennerschacht. Man hat dann bei Regenerativöfen jedoch nur das Ergebnis für eine Feuerstellung. Eine Symmetrie kann man nur bei ganz einwandfreiem Ofenzustand voraussetzen, andernfalls muß man auf zwei Geräten messen. Wählt man, um diesen Nachteil zu vermeiden, oder weil der Brennerschacht nicht zugänglich ist (Hohlglashafenöfen), als Meßstelle den Abgaskanal, so untersucht man ein mit Falschlufft vermishtes Abgas, also nicht das reine Verbrennungsprodukt. Allerdings überwacht man auf diese Weise zugleich den Falschluffteintritt im Kanalsystem mit. Da sich dieser nie sprunghaft ändert, kann auch diese Anzeige zur Ofeneinstellung benutzt werden. Sie muß lediglich von Zeit zu Zeit durch Abgasanalysen unmittelbar oder möglichst nahe am Ofenaustritt ergänzt werden, um die Undichtheiten des Systems unter Kontrolle zu halten.

i) **CO + H₂-Gehalt der Abgase.** — Die Messung des Unverbrannten in den Abgasen kommt praktisch nur für Öfen in Betracht, die reduzierend arbeiten, also besonders bei Sulfatschmelzen. Im anderen

Falle kann ausreichender Luftüberschuß fast immer vorausgesetzt werden. Die Meßstelle für den CO + H₂-Gehalt muß unmittelbar am Oberofenaustritt angeordnet werden, da im weiteren Verlauf des Ofensystems die brennbaren Bestandteile der Abgase mit der angesaugten Falschlufft nachverbrennen. Man wird also in den Brennerschächten messen und dabei die Symmetrie des Ofens, sofern man nicht mit zwei Geräten arbeitet, durch regelmäßige Analysen nachprüfen, da es sich durchweg um geringe Beträge des Luftmangels, also eine empfindliche Ofeneinstellung handelt. Besitzt der Ofen mehrere Brennerpaare, so beschränkt man sich mit der Messung auf ein kennzeichnendes Paar. Da die Einstellung der Einzelbrenner nicht verändert wird, geben diese Meßwerte ausreichende Auskunft.

k) **Gaszusammensetzung.** — Besteht keine Meßeinrichtung für die Abgaszusammensetzung, so ist es unumgänglich notwendig, durch regelmäßig Abgasanalysen den Ofengang zu überwachen. Als Meßstelle kann hierfür der Brennerschacht bzw. bei Unzugänglichkeit dieser Stelle eine Kammer oder Wechseleinrichtung dienen. Außerdem ist es wichtig, den Grad der Undichtheiten des Ofensystems durch eine Reihe von Analysen entlang dem Abgasweg zu verfolgen, also etwa am Brenner, Kammereintritt, Kammeraustritt, Wechsel und Essefuß. Als Meßgerät dient der Orsatapparat. Besonders wichtig ist es, für sorgfältige Abdichtung der Meßstellen gegen Falschlufft zu sorgen, da andernfalls bei dem teilweise hohen Zug leicht Fehlmessungen vorkommen können.

l) **Kammertemperaturen.** — Die wichtigste Messung zur Überwachung des Bau- und Betriebszustandes der Ofenanlage ist die Feststellung des Temperaturverlaufs in den Kammern. Geht der Ofen einwandfrei, so beschreiben die beiden Luftkammern — dasselbe gilt von den Gaskammern — zwei Temperaturkurven, die, abgesehen von der zeitlichen Verschiebung um eine Wechselperiode genau übereinstimmen. Das Kurvenpaar für Luft weicht im allgemeinen von dem für Gas ab, da Luft kälter zugeführt und höher vorgewärmt wird.

Diese Kurven zeigen jede Unsymmetrie in der Verteilung der Wärmemenge oder eine nicht ausreichende Wirkung der Kammern durch Abweichungen von ihrem normalen Verlauf⁶⁾. Außerdem können auf diese Weise die Wechselzeiten überwacht werden, da die Kurven nach jedem Wechseln ihre Richtung plötzlich ändern. Für die Bedienung ist die Messung insofern wichtig, als ungleicher Ofengang durch Änderung der Wechselzeit ausgeglichen werden kann. Bei der Zueinstellung mit zwei Abgasschiebern, also für Gas- und Luftkammer getrennt, ist die Messung besonders wichtig, um Gas- und Luftkammern in richtigem Verhältnis mit Abgas versorgen zu können.

Die Messung selbst wird meist am kalten (unteren) Teil der Kammern durchgeführt, die Anzeige der an gleichwertigen Stellen der Kammern eingebauten Elemente auf einem Vierfachsreiber zusammengefaßt. Die Kenntnis der Gastemperatur im heißen Teil der Kammern wäre ebenfalls erwünscht, besonders um die Wirkung des Aufheizens beim Schmelzen am Hafenofer zu verfolgen. Registrierende Messungen in diesem Bereich ergeben jedoch nicht die Gas- bzw. Lufttemperatur, vielmehr wird die Anzeige durch die Strahlung der Wände oder des Gitterwerks beeinflusst.

m) **Abgastemperatur.** — Die Abgastemperatur am Kaminfuß gibt in Ergänzung der Messungen l) ein Maß

für die Wärmeausnutzung im Ofensystem und läßt zugleich durch Absinken das Auftreten von Undichtheiten erkennen. Man mißt am Kaminfuß oder einer nahe liegenden Stelle des Kanalnetzes mit Thermolement, die Anzeige bzw. Registrierung wird vielfach mit der von l) vereinigt.

n) Glasstandmessung. — Zur Messung des Glasstandes in Wannen bestehen bis jetzt keine serienmäßig hergestellten Geräte. Bei den bisher bekannt gewordenen Ausführungen handelt es sich immer um Einzelanfertigungen. Sie arbeiten entweder mit Schwimmer und Hebelübertragung oder nach verschiedenen optischen Systemen.

o) Schmelzleistung. — Die Schmelzleistung gehört zu den wichtigsten Kennwerten des Hüttenbetriebes, da sie die Grundlage für die Beurteilung der Leistung der Ofenanlage darstellt. Sie wird aus der Zahl der eingelegten Gemenge und dem Gewicht der eingelegten Scherben ermittelt, wobei vom Gemengegewicht der Schmelzverlust abzuziehen ist (B II). Der Wert muß also durch Ueberwachung der Arbeiten in der Gemengeanlage bestimmt werden.

III. Kühlöfen.

1. Bedienung.

Die Bedienung von Kühlöfen erstreckt sich auf Regelung der Gas- und Luftzufuhr, Einstellen des Abgasschiebers und der Fördergeschwindigkeit für das Kühlgut. Die Feueinstellung ist ausschließlich auf Einhaltung der geeigneten Temperaturverteilung abgestellt, wofür ein mehr oder weniger großer Luftüberschuß notwendig ist. Auch die Einstellung der Abzüge muß nach dem Temperaturverlauf erfolgen, während die Transporteinrichtung sich in ihrer Geschwindigkeit nach Leistung und notwendiger Kühldauer zu richten hat.

2. Messungen am Kühlöfen.

Die Meßüberwachung an Kühlöfen ergibt sich aus nachstehender Uebersicht (Tafel 3, S. 296).

a) Temperaturverlauf. — Beim Kühlöfen beschränkt man sich in der Meßüberwachung im allgemeinen auf die Feststellung des Temperaturverlaufs am Kühlkanal. Diese erfolgt derart, daß eine größere Anzahl von Thermolementen in der Länge des Kanals verteilt werden. Der Abstand soll bei kleineren Kühlöfen 5 m, bei größeren etwa 10 m betragen. Sie werden im Gewölbescheitel eingebaut und reichen bis möglichst nahe an das Kühlgut heran. Um die Temperaturverteilung über den Querschnitt kennen zu lernen, mißt man teilweise auch seitlich am Rand des Kanals. Wegen der großen Zahl der Meßstellen sieht man meist von einer Registrierung ab oder beschränkt diese auf wenige bemerkenswerte Punkte. Im übrigen werden die Meßstellen umschaltbar einem Anzeigegerät zugeleitet und in regelmäßigen Zeitabständen abgelesen und notiert.

b) Gasmenge. — Der Verbrauch des Kühlöfens wird nur dann gesondert gemessen, wenn es sich um sehr große Einheiten handelt (z. B. Spiegelglas), sonst ermittelt man für die allgemeine Verbrauchsüberwachung die Abnahme der zu einem Schmelzofen gehörenden Nebenöfen gemeinsam. Ueber die Durchführung der Messungen vergl. II, 2e.

c) Druckverteilung. — Die Druckverteilung im Kühlkanal und den Abzügen wird nicht besonders überwacht. Ihre Feststellung beschränkt sich auf Sonderfälle,

etwa wenn es sich darum handelt, den Betriebszustand festzulegen.

d) Durchsatz. — Der Kühlöfendurchsatz entspricht, abgesehen von einigen Zweigen der Glasherstellung, der erzeugten Glasmenge, ist also ohne weiteres bekannt. Der Wert ist wichtig zur Beurteilung des spezifischen Verbrauchs und als Vergleichsgrundlage für den Kühlbruch.

e) Kühlbruch. — Der Kühlbruch läßt sich leicht dadurch bestimmen, daß die im Kühlöfen anfallenden Scherben an besonderer Stelle gesammelt und gewogen werden. Er ist ein Maß für einwandfreies Arbeiten des Kühlöfens.

IV. Nebenöfen.

Die Ueberwachung der Nebenöfen ergibt sich aus der jeweiligen Arbeitsweise:

Im Temperofen ist die genaue Verfolgung des zeitlichen Temperaturverlaufs wichtig, ebenso im Farbeinbrennofen. Arbeitet letzterer kontinuierlich, so wird die örtliche Temperaturverteilung erfaßt. Auch für die übrigen Nebenöfen genügt im allgemeinen die Kenntnis der Temperatur. Weitergehende Einzelmessungen haben lediglich die Aufgabe, die Eigenschaften der betreffenden Bauart kennen zu lernen. Der Verbrauch wird im allgemeinen zusammen mit den Kühlöfen festgestellt, nur besonders große Einheiten, etwa Temperöfen, werden gesondert erfaßt.

V. Ueberwachung der Erzeugung und Erzeugnisse.

Die laufende Ueberwachung der Verarbeitungsmaschinen beschränkt sich im allgemeinen auf die Erzeugungsziffer und die Laufzeit.

Die Ergebnisse werden nach Stückzahl bzw. Menge erfaßt, sowie nach Glasqualität. Während die Stückzahl bzw. Menge als Grundlage für die Lohnberechnung und ähnliches an der Erzeugungsstelle festgehalten werden, nimmt man die Qualitätskontrolle bei Flachglas am Ende der Hauptfertigung, bei Hohlglas nach dem Kühlen sowie nach den Veredelungsvorgängen vor. Die Kennzeichnung erfolgt hierbei nach handelsüblichen Güteklassen, entsprechend der persönlichen Beurteilung des mit der Sortierung Betrauten. Grundsätze für eine einheitliche Prüfung nach Normalrichtlinien befinden sich im Entwicklungszustand.

Eine Beurteilung der Erzeugnisse nach ihren mechanischen oder chemischen Eigenschaften beschränkt sich auf Sondergläser. Farbgläser werden teilweise nach Vergleichsmustern geprüft.

Die Kontrolle der Abmessungen des Fertigerzeugnisses beschränkt sich z. Zt. noch auf Flachgläser und einige Einzelsorten des Hohlglases²⁾.

Regelmäßig ermittelt wird in neuzeitlichen Betrieben der Spannungszustand empfindlicher Stücke durch Spannungsprüfer, die nach dem Polarisationsprinzip arbeiten.

Weiterhin wird in der Erzeugung der Scherbenanfall getrennt nach Anfallstellen durch Sammeln und Wägen der Scherben kontrolliert als Maß für die Sorgfalt der Arbeit und als Kennzeichen für etwaige Störungen.

VI. Kesselanlagen¹¹⁾.

Die Ueberwachung der Kesselanlagen beschränkt sich, besonders bei kleinerer Dampferzeugung, vielfach auf die behördlich vorgeschriebenen Messungen, da man die Kessel als Nebeneinrichtungen wenig beachtet. Dieser Zustand befriedigt nicht, denn auch hier ist nur durch sorgfältige Betriebskontrolle ein Höchstmaß an Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Tafel 3. Messungen am Kühlen.

Bezeichnung	Meßgröße	Meßstelle	Dauer-messung od. Stich-messung	Bedienung		Ueberwachung		Meßbereich	Notwendigkeit	
				Zweck der Messung	Meßgerät	Zweck der Messung	Meßgerät		für Bedienung	für Ueber-wachung
a	Temperaturverlauf	s. Text	D	Feuer- und Abzug-einstellung	Zahlreiche Thermo-elemente, umschalt-bar auf ein Meßgerät	Ueberwachung Temperaturfeld und Kühlverlauf	wie Bedienung	0—600° C	1	1
b	Gasverbrauch	Gasleitung	D	Verbrauchskontrolle	Staurand m. Ring-waage (schreibend)	wie Bedienung	wie Bedienung	je nach Größe	2	2
c	Druckverteilung	Kühlkanal	St	—	—	Betriebszustand	Membrangerät oder Feindruckmesser	0—15 mm WS	nur f. Kenntnis Ofenbauweise	
d	Durchsatz	Sortierung	D	Einstellung d. Durch-gangsgeschwin-digkeit	—	Ofenbelastung	— (Zählung)	—	1	1
e	Kühlbruch	Ofenaustritt	D	Ofeneinstellung	—	Kontrolle Ofeneinstellung	— (Wägung)	—	1	1

Tafel 4. Meßbausrüstung einer Kesselanlage.

Bezeichnung	Meßgröße	Meßstelle	Dauer-messung od. Stich-messung	Bedienung		Ueberwachung		Meßbereich	Notwendigkeit	
				Zweck der Messung	Meßgerät	Zweck der Messung	Meßgerät		für Bedienung	für Ueber-wachung
a	Wasserstand	Wasserraum	D	Bedienung der Kesselspeisung	Wasserstandglas Proberöhre	wie Bedienung	wie Bedienung	nach Kesselgröße	amtl. vorgeschrieben	
b	Dampfdruck	Dampfraum	D	Maß für Bedienung der Feuerung	Manometer (anzeigend)	wie Bedienung	wie Bedienung	nach Kesselart Endwert 50—100% über Betriebsdruck b. 0—400° C	amtl. vorgeschrieben	
c	Dampf-temperatur	Dampfleitung (s. Text)	D	Maß für Bedienung der Feuerung	Widerstandsthermo-meter oder Thermo-element	wie Bedienung	wie Bedienung		bei Ueber- hitzung 2	2
d	Dampfmenge	Dampfleitung	D	beste Grundlage für Feuerungsbedienung	Staurand u. Queck-silberschwimmer-messer	Belastungsverlauf	Staurand u. schrei-bend. Quecksilber-schwimmer-messer	nach Kesselgröße	3	3
e	Speisewassermenge	Speiseleitung	D	—	—	Gesamtbelastung	Ovalrad-, Scheiben-od. Drehkolbenzähler	nach Kesselgröße	3	1
f	Speisewasser-temperatur	Speiseleitung	D	Arbeitsweise Speisewasservorw.	Widerstands-therometer	wie Bedienung	wie Bedienung	0—150° C	3	3
g	Zug in Feuerraum	Oberteil Feuerraum	D	Luftregelung	Membrangerät	wie Bedienung	wie Bedienung	+ 5 b. — 25 mm WS	1	1
h	Essezug	Essekanal	D	wie Ueberwachung	—	Kontrolle Betriebszustand bes. Verschmutzung	Membrangerät	0—50 mm WS	3	3
i	Rauchgastemperatur	Kesselaustritt	D	Feuereinstellung	Membrangerät	Kontrolle Feuerführung	Membrangerät	120—350° je nach Hilfsapparaten	2	2
k	CO ₂ -Gehalt der Rauchgase	Kesselaustritt	D	Feuereinstellung	Automat. Rauchgas-prüfer	Kontrolle Feuerführung	Automat. Rauchgas-prüfer	0—20% CO ₂	2	2
l	Brennstoffverbrauch	Feuerung	D	wie Ueberwachung	—	Ueberwachung Kesselbetrieb	Gas: Staurand und Ringwaage Kohle: Wägung	—	wichtige Kennzahl 1	

Bei neuzeitlichen Großanlagen geht die Ueberwachung genauestens auf Einzelheiten ein. Nachstehend werden nur die Messungen aufgeführt, die besonders wichtig sind und auch an kleineren Anlagen beachtet werden sollten:

1. Bedienung.

Die Kesselbedienung erstreckt sich auf

a) **Beschickung mit Kohle.** — Der Zeitpunkt des Beschickens richtet sich nach dem jeweiligen Dampfverbrauch. Außerdem ist der Wasserstand zu beachten. Die örtliche Verteilung der Kohle wird dem Zustand des Feuers angepaßt.

b) **Regeln der Verbrennungsluftmenge.** — Die Menge der zugeführten Verbrennungsluft wird nach der Belastung des Kessels durch die Luftklappen eingestellt. Sie soll so groß sein, daß zwar vollständige Verbrennung erfolgt, aber kein übermäßiger Luftüberschuß eintritt. Die richtige Feueinstellung ergibt sich aus der Rauchgaszusammensetzung.

c) **Regeln des Abzugs.** — Der Abzugschieber wird ebenfalls unter Berücksichtigung des Luftbedarfs der Verbrennung eingestellt.

d) **Speisewasserezufuhr.** — Die Zufuhr von Speisewasser richtet sich nach dem Wasserstand des Kessels, der mit möglichst geringen Schwankungen auf mittlerer Höhe gehalten werden soll.

2. Messungen.

Zu den einzelnen Messungen ist zu bemerken:

a) **Wasserstand.** — Die Meßeinrichtungen für den Wasserstand sind behördlich vorgeschrieben, es werden zwei getrennte Anzeigevorrichtungen verlangt. Für kleinere Kessel sind Wasserstandglas und Proberhähne üblich.

b) **Dampfdruck.** — Die Anzeige des Dampfdruckes ist ebenfalls vorgeschrieben, sie muß im Dampfraum des Kessels vorgenommen werden, der zulässige Höchstdruck muß am Meßgerät durch eine Marke gekennzeichnet sein. Der Meßbereich wird 50—100% größer gewählt, um den Probedruck anzeigen zu können und auch mit Rücksicht auf das Meßwerk.

c) **Dampf Temperatur.** — Die Ueberwachung der Dampftemperatur ist unerlässlich, wenn mit Ueberhitzer gearbeitet wird. Sie wird dann benötigt, sowohl um die Arbeitsweise dieses Apparates zu überwachen, wie auch um den Dampfzustand am Kesselaustritt eindeutig festzulegen. Ist eine Dampfmenge messung vorhanden, so wird die Temperatur vorteilhaft in der Nähe dieser Meßstelle ermittelt, um zusammengehörige Ergebnisse zu bekommen.

d) **Dampfmenge.** — Die Dampfmenge gibt bei registrierender Aufzeichnung ein Bild des Belastungsverlaufs. Zur Summenbildung über die gesamte Dampferzeugung ist diese Anzeige weniger wichtig, da man hierfür einfacher und mit guter Genauigkeit die Speisewassermenge mißt. In dieser Hinsicht ist die Feststellung der Dampfmenge als Kontrolle angenehm. Sie wird außerdem durchgeführt, wenn die Verteilung auf mehrere Verbraucher überwacht werden soll.

Bei Kesseln mit kleinem Dampfraum ist die Kenntnis der Dampfmenge für die Bedienung der Feuerung sehr wichtig. Während man bei großem Dampfraum (Flammrohrkessel) ausreichend genau nach dem Dampfdruck fahren kann, ist dies bei kleinem Dampfraum schwierig.

Die Bedienung wird dann wesentlich erleichtert, wenn das Feuer nach den Schwankungen des Dampfmengezeigers geführt werden kann.

Als Meßgeräte werden bevorzugt Quecksilberschwimmernmesser benutzt, die registrierend ausgeführt werden. Sie können auch mit Zählwerk versehen sein.

e) **Speisewassermenge.** — Die Speisewassermenge wird mit einfachem mechanischem Zähler gemessen, und ergibt den Wert für den Gesamtwasserverbrauch und damit für die Dampflieferung der Anlage.

f) **Speisewassertemperatur.** — In der Speisewasserleitung wird die Temperatur des dem Kessel zugeführten Wassers gemessen, um die Arbeitsweise des Vorwärmers und evtl. auch der Aufbereitungsanlage zu überwachen.

g) **Zug im Feuerraum.** — Der Feuerraumzug gehört zu den wichtigsten Anzeigen für die Kesselbedienung. Ist er zu niedrig, so können Feuergase durch die Feuertüre in das Kesselhaus gelangen, ist er zu hoch, so übersteigt der Luftüberschuß den notwendigen Betrag, ergibt also eine unwirtschaftliche Verbrennung. Außerdem wird in diesem Fall von den Feuergasen mehr Staub und Ruß als unbedingt notwendig ist, mitgerissen. Die Meßstelle wird zweckmäßig so angeordnet, daß der Zug im höchsten Teil des Feuerraums gemessen wird.

Als Meßgerät dient der Membrandruckmesser, dessen kleinster ausgeführter Meßbereich (+5 bis -25 mm WS) bei dieser Messung zwar nicht ausgenutzt wird, der aber trotzdem eine gut kenntliche Anzeige ergibt.

h) **Essezug.** — Der Essezug kann zur Ueberwachung der Widerstände im Kessel und im Kanalnetz festgestellt werden, seine Anzeigestelle richtet sich nach der Bauweise der Anlage. Ist dem Kessel ein Vorwärmer nachgeschaltet, so wird man zweckmäßig vor und nach diesem messen, um den Druckverlust und damit die Verschmutzung zu überwachen. Die Anzeige erfolgt mit Membrangerät.

i) **Rauchgastemperatur.** — Die Rauchgastemperatur gibt ein Maß für die Wärmeausnutzung im Kessel und mittelbar auch für den Luftüberschuß. Sie wird mit Widerstandsthermometer am Kesselaustritt gemessen und wenn ein Vorwärmer vorhanden ist, durch eine Messung hinter diesem ergänzt.

k) **CO₂-Gehalt der Abgase.** — Als Maß für die Vollständigkeit der Verbrennung dient der CO₂-Gehalt der Abgase. Die Abgastemperatur allein kann über die Ausnutzung der Brennstoffwärme kein Bild geben, da sie von der Belastung und dem Luftüberschuß beeinflußt wird. Es ist deshalb angebracht, ihre Anzeige durch automatische CO₂-Messung zu ergänzen. Diese kann als ein gutes Maß für die Einstellung der Verbrennungsluft dienen.

Als Meßgeräte sind alle Arten der automatischen Rauchgasprüfer in Verwendung. Die Meßstelle liegt nahe beim Kesselaustritt.

l) **Brennstoffverbrauch.** — Der Brennstoffverbrauch ist für die laufende Ueberwachung besonders wichtig. Er wird bei Gasbeheizung mit Staurand und schreibender Ringwaage bestimmt. Bei Kohlebeheizung ist die Messung umständlicher, sie kann, sofern keine besondere Kesselwaage vorhanden ist, nur durch Wägung der zugefahrenen Mengen und Abschätzung der

Lagerbestände erfolgen, ergibt also nur über größere Zeiträume ein genaues Ergebnis.

Bei kleinen und mittleren Kesselanlagen beschränkt man sich für die Bedienung und Ueberwachung meist auf die Anwendung anzeigender Geräte und stützt die Betriebsüberwachung auf ihre regelmäßig notierten Anzeigen. Nur die Dampfmenge wird registrierend gemessen, daneben auch der CO₂-Gehalt und gelegentlich die Abgastemperatur.

VII. Sonstige Meß- und Zählwerte.

Neben diesen Messungen an den Hauptanlagen des Betriebes steht die Ermittlung von Einzelwerten wie dem Stromverbrauch, der bei größeren Betrieben für die wichtigen Einzelanlagen gesondert bestimmt wird, außerdem Wasserverbrauch, Preßluftverbrauch (über den Stromverbrauch der Kompressoren erfaßt) usw. Daneben treten die Feststellung von Zahlenwerten, z. B. die Arbeiterzahl des Betriebes und ihre abteilungsweise Zusammensetzung, Zahl der monatlichen Arbeitstage oder wöchentlichen Arbeitsstunden, Laufzeiten von Hilfsbetrieben usw., je nach Art des Betriebes.

B. Ermittlung der Betriebskennzahlen.

Im Verlauf der weiteren Auswertung und Nutzbarmachung der Meßergebnisse werden nicht nur die Meßwerte als solche benötigt, man faßt sie auch teilweise zu Betriebskennzahlen zusammen, um damit in besonders einprägsamer Form den Betriebsablauf zu kennzeichnen, oder auch einen Vergleich mit anderen Betrieben zu ermöglichen. Die wichtigsten Betriebskennzahlen und ihre Ermittlung werden im folgenden kurz besprochen.

I. Brennstoffverbrauch.

Brennstoff wird in der Hütte, abgesehen von den Ofenanlagen (Gaserzeuger und direkt befeuerte Oefen) für die Kessel benötigt und auch für andere Nebenzwecke gebraucht (Raumheizung usw.). Dementsprechend muß auch der Gesamtverbrauch gegliedert werden, da z. B. bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Ofenanlagen alle Nebenverbraucher ausgeschlossen werden müssen, denn der Bedarf etwa der Kessel kann diesen nicht aufgerechnet werden.

Für die meisten Ueberlegungen, die Ofenanlagen betreffen, ist es unvorteilhaft, mit der Kohlenmenge zu rechnen, da in diesem Falle der Gaserzeugerverlust dem Ofenverbrauch zugerechnet wird. Man legt deshalb allgemein die dem Ofen zugeführte Wärmemenge zu Grunde. Bei geblasenen Gaserzeugern setzt man diese überschlägig mit ausreichender Genauigkeit zu 80% der Brennstoffwärme ein, für ins Einzelne gehende Rechnungen muß zu diesem Zweck eine Wärmebilanz aufgestellt werden. Aus Gasausbeute und Gasheizwert, Teeranfall und Teerheizwert läßt sich eindeutig die dem Ofen im Gas und Teer zugeführte gebundene Wärme errechnen. Kleine Posten der Gaserzeugerbilanz, wie fühlbare Wärme des Teers und der Gasfeuchte, sowie gebundene Wärme des Staubes können im allgemeinen vernachlässigt werden. Schwierigkeiten bereitet dagegen der wegen seiner Größe zu berücksichtigende Posten der fühlbaren Wärme des Gases. Handelt es sich darum, einen Ofen zu überprüfen, so bedarf es jeweils einer besonderen Klarstellung, inwieweit die fühlbare Wärme zu berücksichtigen ist. Für die allgemeine Kennzahl des Wärmeverbrauchs von Ofenanlagen erscheint es jedoch ausreichend, die

gesamte fühlbare Wärme als den Ofenanlagen zugeführt zu den oben genannten Posten zuzurechnen.

Man kann also als gesamten Wärmeverbrauch der Ofenanlagen einsetzen:

für überschlägige Rechnungen: 80% der Brennstoffwärme, für genaue Rechnungen: die gebundene Wärme in Gas und Teer zuzüglich der fühlbaren Wärme im Gas.

Die Unterteilung des Wärmeverbrauchs auf die einzelnen Teilanlagen eines Werkes läßt sich bei Generatorrohgas meist nicht auf Gasmengenmessungen aufbauen. In diesem Falle bleibt nur die Möglichkeit, überschlägige Werte durch Vergleich des Kohlenverbrauchs während des Betriebsstillstandes von Teilanlagen zu gewinnen.

Werden die Nebenöfen mit Reingas beheizt, so ist bei der Berechnung der Wärmemenge zu beachten, daß im Reiniger die fühlbare Wärme verloren geht und der Teer als verkaufsfähiges Produkt abgezweigt wird. Wenn die Verteilung der Wärme auf die Verbraucher unübersichtlich wird, so ist es zweckmäßig, die einzelnen Zweige in einem Wärmestrombild darzustellen, wie dies in Bild 2 gezeigt wird. Die Streifenbreite wird hierbei nach Wärmemengen bemessen.

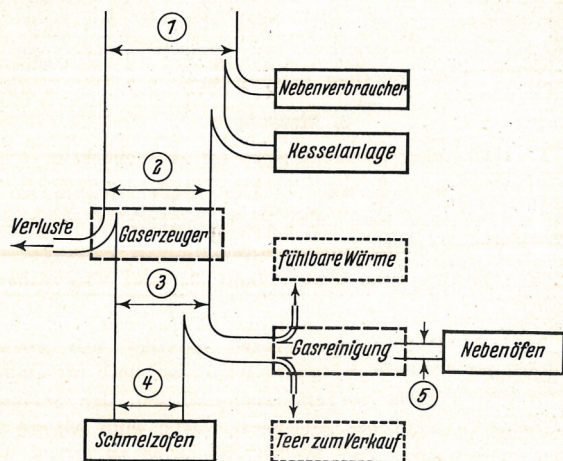


Bild 2.

Wärmestrombild für die Hauptverbrauchsstellen einer Hütte.

In der Darstellung ist 1 = die gesamte Wärme der zugeführten Kohle. Von dieser werden zunächst Kessel und Nebenverbraucher abgezweigt, der Rest 2 wird den Gaserzeugern zugeführt. Hierbei geht ein Teil verloren. Die gesamte Gaswärme ist durch 3 dargestellt. Von diesem Betrag geht 4 unmittelbar in den Schmelzofen, der Rest wird gereinigt. Fühlbare Wärme und Teerwärme scheiden also aus, der Rest 5 kommt zu den Nebenöfen. In diesem Falle wäre also die Summe aus 4 und 5 der Gesamtwärmeverbrauch der Ofenanlagen. Bei dieser Betrachtung ergeben sich als Kennzahlen: gesamter Brennstoffverbrauch der Hütte, gesamter Wärmeverbrauch der Hütte (1), gesamter Wärmeverbrauch der Ofenanlagen (4 + 5).

Weitere Kennzahlen für die Nebenmengen lassen sich nach Bedarf aufstellen.

II. Schmelzleistung¹⁾.

Die Schmelzleistung S wird in den meisten Betrieben aus der Ofeneinlage bestimmt, sie errechnet sich dann zu

$$S = v \cdot E_g + E_s$$

Hierin ist E_g = die Gemengeeinlage / 24 h

E_s = die Scherbeneinlage / 24 h

v = der Schmelzverlust.

Die Gemengeeinlage ergibt sich aus der Zählung der eingelegten Gemenge, die infolge ihrer Zusammenstellung auf der Gemengewaaage gewichtsmäßig einwandfrei festliegen. Sind Gemengebunker vorhanden, so lassen sich Angaben über bestimmte Zeiträume nur über Registrierung der zugeführten Gemenge und eine Schätzung des Bunkerinhalts am Anfang und Ende der Meßzeit vornehmen. Die eingelegten Scherben werden in der Scherbenkammer gewogen, sofern nicht der Arbeitsgang der Hütte so einfach ist, daß eine Wägung oder sonstige Erfassung an der Anfallstelle ausreicht.

Der Schmelzverlust läßt sich rechnerisch aus dem Gemengesatz bestimmen.

Bei sehr einfachen Arbeitsgängen bzw. völlig einheitlicher Fabrikation wird die Schmelzleistung mit ausreichender Genauigkeit aus der Erzeugung bestimmt.

Die Kennzahl ist in allen Fällen:

Schmelzleistung: t/m^2 24 h.

III. Ofenausnutzung.

Bei Hafenoefen ist die Ofenausnutzung, sofern der Hafen im Ofen ausgearbeitet wird, leicht zu bestimmen: der gesamte Hafeninhalte läßt sich aus der geometrischen Form errechnen. Das Ausarbeiten ist beendet, wenn der Kranz auf dem Hafenboden aufliegt, es verbleibt dann die Hafenneige. Außerdem kann der Hafen nur bis einige cm unter dem Rand vollgeschmolzen werden. Setzt man diese beiden Werte vom Gesamthalt ab, so bleibt der nutzbare Hafeninhalte als Rest. Als Ofenausnutzung ist dann die Verhältniszahl zu bezeichnen, die angibt, welcher Teil des nutzbaren Inhalts ausgearbeitet bzw. im folgenden Schmelzgang neu erschmolzen wurde.

Beim Ausgießen der Häfen hat diese Verhältniszahl keine Bedeutung, es kann hier lediglich zur Kennzeichnung eines Arbeitsverfahrens angegeben werden, welcher Anteil des gesamten Hafeninhalts dem Gießvorgang nutzbar zu machen ist.

Schwieriger zu kennzeichnen ist die Ofenausnutzung bei Wannen. Für Tageswannen läßt sich eine bestimmte normale Ausarbeitung und damit ähnlich wie beim Hafenoefen ein nutzbarer Inhalt festsetzen, auf den dann die Ausnutzung bezogen werden kann. Bei kontinuierlichen Wannen dagegen ist es auch innerhalb bestimmter Glasarten und Wannenformen schwierig, eine Normallast anzugeben, da die Entwicklung sich noch zu sehr im Fluß befindet. Es erscheint deshalb angebracht, falls man einen Vergleichswert für die Ausnutzung festlegen will, in jedem Sonderfall eine Entscheidung zu treffen. Der Normalwert dürfte für Flaschenglas-Durchflußwannen in der Größenordnung von $1 t/m^2$ 24 h liegen, für offene Tafelglaswannen bei $0,3 t/m^2$ 24 h (vergl. IV). Es ergibt sich also die Kennzahl

Ofenausnutzung = Verhältnis geschmolzene Glasmenge
: nutzbarer Hafeninhalte,
: nutzbarer Tageswanneninhalte,
: Normalleistung der kontinuierlichen Wanne.

IV. Spezifische Schmelzleistung¹⁾.

Die spezifische Schmelzleistung als Maß für die Wannenbelastung gibt an, welche Glasmenge auf der Flächeneinheit erschmolzen wird. Die Werte hängen hauptsächlich von der Glasart (Entnahmetemperatur) und der Ofenbauart ab. Vergleiche sind deshalb nur innerhalb dieser Gruppen möglich. Die Kennzahl lautet:

Spezifische Schmelzleistung von Wannen:
 t/m^2 24 h.

V. Spezifischer Wärmeverbrauch.

Aus den Werten des gesamten Wärmeverbrauchs und der Schmelzleistung ergibt sich die Grundkennzahl für die gesamte Wärmewirtschaft, nämlich der Wärmeverbrauch zur Erzeugung von 1 kg Glas.

Kennzahl:

Spezifischer Wärmeverbrauch / kcal / kg Glas.

Dieser Wert wird vornehmlich zur Beurteilung darüber herangezogen, ob eine Anlage wärmewirtschaftlich günstig oder ungünstig arbeitet. Zur genaueren Erfassung der Vorgänge ist es zweckmäßig, die Zahl in Einzelposten für die einzelnen Oefen (Schmelzofen, Kühlöfen usw.) zu zerlegen.

VI. Verkaufsfähige Glasmenge.

Als verkaufsfähiges Glas wird die Menge bezeichnet, die in Form des Enderzeugnisses aus der Produktion hervorgeht. Der Betrag ist um so schwieriger zu erfassen, je vielfältiger und verzweigter die Herstellungsgänge sind, während bei einer einfachen Erzeugung z. B. automatisch fabrizierten Flaschen, eine Zählung bzw. Wägung der Erzeugnisse genügt. Im allgemeinen wird die verkaufsfähige Glasmenge bei der Endsortierung erfaßt.

Kennzahl:

Verkaufsfähige Glasmenge t/m 24 h.

VII. Gutes Ausbringen.

Der Unterschied zwischen Schmelzleistung und verkaufsfähiger Glasmenge entspricht dem Scherbenanfall. Dieser wird bei sorgfältiger Betriebsführung nach Anfallstellen getrennt festgestellt. Um den gesamten Scherbenanfall, bezogen auf die Produktion bzw. den Grad der Nutzbarmachung des erschmolzenen Glases zu kennzeichnen, wird das verkaufsfähige Glas mit der Schmelzleistung verglichen. Die so gebildete Verhältniszahl wird als gutes Ausbringen bezeichnet.

Kennzahl:

Gutes Ausbringen
(kg verkaufsfähiges Glas / kg geschmolzenes Glas).

VIII. Mannschaftsleistung.

Um ein Maß für die Nutzbarmachung der Arbeitsleistung der Gefolgschaft aufzustellen, wird die Kennzahl der Mannschaftsleistung gebildet. Diese gibt an, welche Glasmenge, bezogen auf einen bestimmten Zeitraum und auf die Arbeiterzahl, hergestellt wurde. Je nach den besonderen Gegebenheiten des Betriebes wird sie auf verkaufsfähiges oder erschmolzenes Glas bezogen und entweder für den gesamten Betrieb oder nur für Teilanlagen ermittelt. Die Zahl ist in den meisten Fällen nur für die innerbetriebliche Kontrolle zu benutzen, für die sie einen recht guten Anhalt bietet. Zum Vergleich verschiedener Betriebe eignet sie sich weniger, da diese in ihren Einzelheiten, wie technische Einrichtung, Gestaltung der Hilfseinrichtungen, Art und Zahl der Nebenbetriebe usw., zu große Unterschiede zeigen. Innerhalb des Betriebes jedoch kann die Kennzahl, solange Aufbau und Herstellungsprogramm gleich bleiben, ein Maß dafür bieten, ob die Arbeitskräfte sinnvoll und nutzbringend eingesetzt sind.

IX. Weitere Kennzahlen.

Weitere Kennzahlen ergeben sich für den Einzelbetrieb aus dem Bedürfnis einer mehr oder weniger genauen

Unterteilung und Durchleuchtung des Betriebsablaufs, z. B. als Prozentzahlen für die einzelnen Scherbenanfallstellen, Verbrauchs- und Leistungsgrößen der Nebenöfen und Hilfsanlagen, z. B. Dampfleistung des Kessels usw.

C. Auswertung der Meßergebnisse und Kennzahlen für Betriebsüberwachung und Betriebsstatistik.

Die Meßergebnisse der einzelnen Anlagen werden bei diesen in Tagesberichten zusammengefaßt. Diese enthalten die Ablesungen aller wichtigen Anzeigen in regelmäßigen Zeitabständen, etwa 2 Stunden, sowie die aus Einzelmessungen und Zählungen stammenden Werte. Für Generatorenanlagen werden z. B. angegeben:

Der Durchsatz in Trichtern und in t, der Winddruck unter dem Rost, Gastemperatur, Windmenge, Dampf Luftgemischtemperatur, Gasdruck, Ergebnis der Stangenmessungen und der Gasanalysen.

Bei kleineren Betrieben genügt ein Tagesbericht für die ganze Anlage, die Unterteilung in größeren Werken richtet sich nach Art und Größe der Betriebseinrichtungen.

Die Tagesberichte haben zunächst die Aufgabe, ergänzt durch die Meßstreifen der einzelnen Registriergeräte für die Betriebsleitung einen Ueberblick über den Betriebsablauf des vergangenen Tages zu geben, aus dem Unregelmäßigkeiten irgendwelcher Art zu erkennen sind, so daß der Ursache nachgegangen und für Abhilfe gesorgt werden kann.

Die gesammelten Tagesberichte bilden die Grundlage für den Monatsbericht, in dem eine Zusammenfassung der wichtigsten Zahlen, insbesondere hinsichtlich Erzeugung, Ausnutzung des Betriebes, Scherbenanfall, Roh- und Brennstoffverbrauch und Arbeitsleistung, der Betriebsführung klaren und eindeutigen Einblick in die Arbeitsweise und die Ergebnisse der Arbeit gewährt.

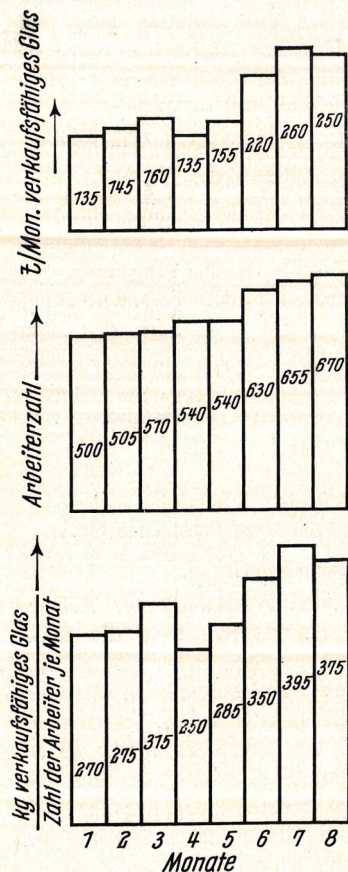


Bild 3. Ausschnitt aus einer Betriebsstatistik

Will man eine Vergleichsgrundlage zur Beurteilung der einzelnen Ergebnisse schaffen, so fügt man in den Monatsberichten Soll-Zahlen ein, also Werte, die mit der Anlage bei bester Betriebsführung zu erreichen sind. Als Soll-Leistung eines Hafeno-fens ist z. B. die Ausarbeitung des gesamten nutzbaren Hafeninhalts anzusehen.

Allgemein werden als Soll-Werte Zahlen aufgestellt, die entweder aus Versuchen oder nach dem Schrifttum als für die Anlage zu erwartende Bestwerte gelten können. Der Grad der Annäherung des Betriebsergebnisses

an den Soll-Wert kann als Prozentzahl ermittelt und ebenfalls in den Monatsbericht eingefügt werden.

Eine Sammlung der Monatsberichte gibt in verhältnismäßig wenigen Zahlen eine vollständige Zusammenfassung des Betriebsablaufs über längere Zeiträume. Um das so gesammelte Zahlenmaterial übersichtlich und schnell greifbar darzubieten, bedient man sich der graphischen Betriebsstatistik, die in den meisten Werken für das Gesamtergebnis, also die Zahlen des technischen und kaufmännischen Betriebes gemeinsam, geführt wird. Als Beispiel gibt Bild 3 einen Ausschnitt einiger Kennzahlen aus einer solchen Statistik. Der Verlauf der Zahlen für die verkaufsfähige Glasmenge, den Gefolgschaftsstand und die daraus gebildete Kennzahl der Mannschaftsleistung ist leicht zu übersehen.

Als besonders wichtige Zahlen werden in die Betriebsstatistik durchweg aufgenommen: Schmelzleistung, Brennstoffverbrauch, spezifischer Brennstoffverbrauch, Arbeiterzahl, Mannschaftsleistung, Scherbenanfall, verkaufsfähige Glasmenge bzw. Glasausbeute, außerdem Lohnsumme und Lohnanteil je kg Glas usw.

Erfast man auf diese Weise in der Betriebsstatistik den Verlauf aller bemerkenswerten Zahlen, so läßt sie in klarer und übersichtlicher Form die Entwicklung eines Werkes erkennen. Die graphische Darstellung gibt dabei durch ihre größere Eindringlichkeit einen besonders guten Ueberblick.

Zusammenfassung.

In Anbetracht der großen Bedeutung einer sorgfältigen Betriebsüberwachung für Leistungssteigerung, Wirtschaftlichkeit und sparsamen Rohstoffverbrauch wird auf Grund von Schrifttumsangaben und Betriebsfeststellungen ein Ueberblick über den heutigen Stand der wärme- und betriebstechnischen Ueberwachung gegeben. Die Gewinnung der Meßwerte und die dazu notwendigen Meßgeräte, Bildung der Betriebskennzahlen sowie Auswertung der Ergebnisse für Betriebsüberwachung und -statistik werden besprochen.

Schrifttum.

- 1) Büssing, W., Wirtschaftliche Bedeutung des Meßwesens in einem Glashüttenbetrieb. *Glastechn. Ber.*, 9 (1931), S. 402—407.
- 2) Freytag, Hans, Dickenmessungen an Glaswerkstücken. *Die Glashütte*, 70 (1940), S. 521.
- 3) Gehlhoff, G. u. M. Thomas, Temperaturmessungen an Glasöfen. *Glastechn. Ber.*, 4 (1926/27), S. 210—219.
- 4) Günther, R., Kennzahlen für Schmelzleistung und Wärmeverbrauch von Wannenöfen. *Glastechn. Ber.*, 18 (1940), S. 185—188.
- 5) Hartung, C., Vergleich selbsttätiger Rauchgasprüfer. *Arch. Wärmewirtsch.*, 18 (1937), S. 45—48.
- 6) Jochim, F., Feuerführung von Wannen. *Glastechn. Ber.*, 7 (1929/30), S. 553—569.
- 7) Kretzschmer, H., Wärmetechnische Betriebsmessungen. *Glastechn. Ber.*, 4 (1926/27), S. 361—372.
- 8) Metzger, K., W. Schneekloth u. W. Büssing, Temperaturmessungen an Glasschmelzöfen. *FA-Ber.* 20 d. DGG, Frankfurt/M. 1931.
- 9) Metzger, K., Temperaturüberwachung von Glasschmelzöfen. *ATM-Blatt* 2175/1, München und Berlin, P. Oldenbourg.
- 10) Ders., Druck- und Zugmessungen an Glasschmelzöfen. *ATM-Blatt* 8241/1, München u. Berlin, R. Oldenbourg.
- 11) Schroeder, B. W., Betriebsüberwachung von kleinen und mittleren Dampfkesselanlagen. *Arch. Wärmewirtsch.*, 22 (1941), S. 125—129.
- 12) VDI-Temperaturmeßregeln, 2. Aufl. Berlin 1940, VDI-Verl.