

also es herrschen die Zahlen 10 und 7 vor. Das Verhältnis der Breite zur Länge durchgehends ist 1:1,4. Die Stabilität wächst also nicht mit der Größe. Die Stablängen sind bei etwa 16 mm Gewindelänge 250, 400, 620, 1000, 1600. Die kleinste Länge wurde ausgeschaltet, da sie äußerst selten gebraucht wird. Die anderen Längen wurden durch die Zahlen 500, 700 und 1000 ersetzt, da diese handlicher sind. Die

Die Ausführung der Füße erhält keine besonderen Vorschriften. Es ist jedoch empfehlenswert, die Kuppe des Zentrums möglichst niedrig zu halten, um die Stabilität zu erhöhen. Es werden zwei Größen festgesetzt:

- a) Ausladung 95 mm (Abb. 8).  
b) „ 115 mm (Abb. 9).

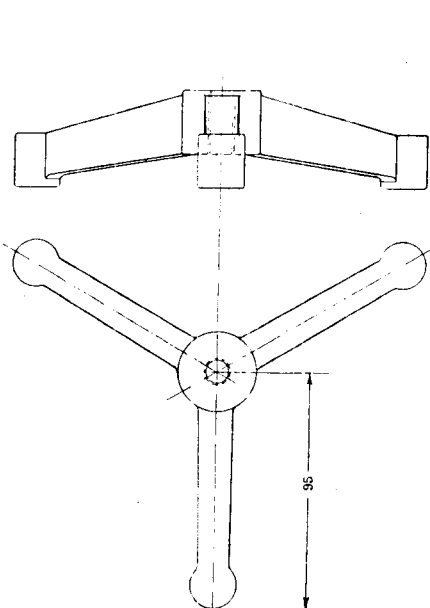


Abb. 8.

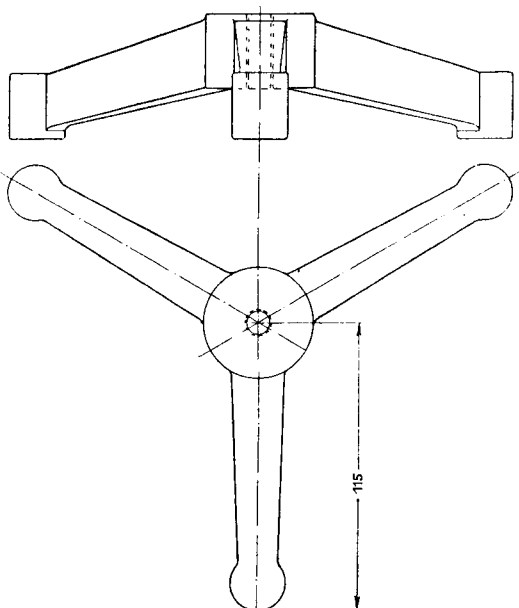


Abb. 9.

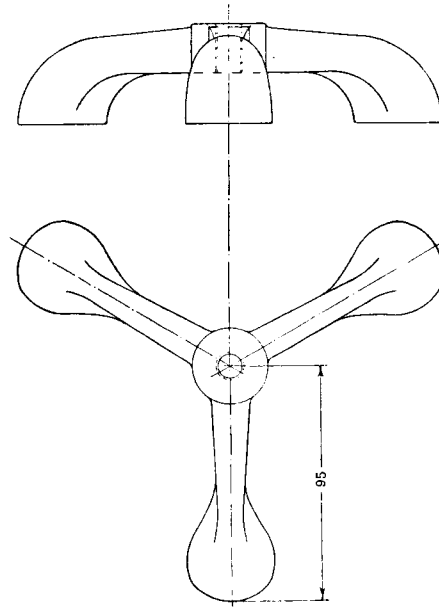


Abb. 10.

Durchmesser der Stäbe 10, 13 und 16 mm haben sich bisher gut bewährt, es liegt daher kein Grund zur Abänderung vor. Das Gewinde 10 mm S.J. erwies sich für die Stäbe von 10 und 13 mm Durchmesser als das geeignetste, um sie gegeneinander auszutauschen, doch muß Stab und Lochgewinde exakt geschnitten sein, um dauernde feste Verbindung zu erzielen. Gegenmuttern werden nicht angebracht. Der Stab ist grundsätzlich an der Schmalseite der Platte befestigt, auf der Breitseite oder Mitte nur auf der größten Platte. Natürlich liegt nichts

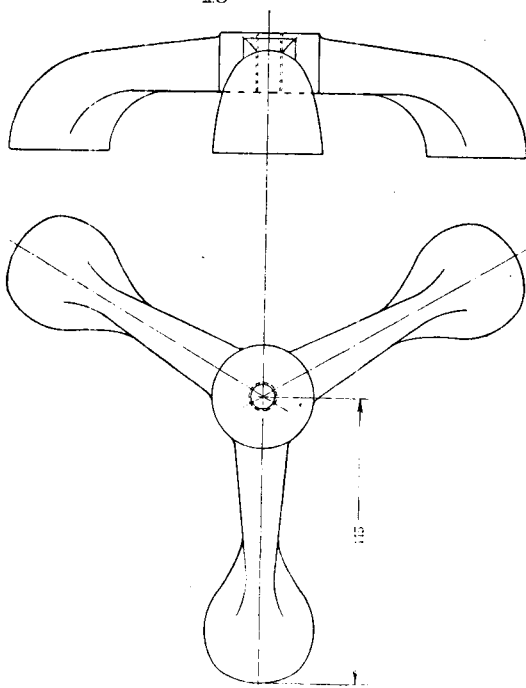


Abb. 11.

dem im Wege, die Stäbe der kleineren Grundplatten auch auf der abgekehrten Seite zu belasten, falls die Platte selbst beschwert wird. Die Stäbe werden blank gehalten, weil durch die Verschraubung der Lack abspringt, außerdem können sie leichter gereinigt werden. Die Platten dagegen werden gewöhnlich lackiert. Runde oder längliche Stativplatten sind für die Vereinheitlichung nicht vorgesehen worden. Sie kommen nur für bestimmte Fälle in Frage, nämlich da, wo eine gleichmäßige, mehrseitige Belastung erforderlich ist.

B. Die Dreifußstative werden in zwei Formen ausgeführt, mit gewöhnlichen und verdickten Füßen.

1. Dreifußstative mit gewöhnlichen Füßen.

Die Bohrung ist 10 mm S.J. für die oben angegebenen Stäbe a), b) und c). Der Stab d) kommt nicht in Frage.

2. Dreifußstative mit verdickten Füßen, auch Klump- oder besser Klauenfußstative genannt. Sie besitzen größere Stabilität als die Dreifußstative. Zwei Ausführungen ergeben sich:

- a) Ausladung 95 mm (Abb. 10).  
b) „ 115 mm (Abb. 11).

Die Stabbohrung ist die gleiche, wie bei den Dreifußstativen (1.), desgleichen die Stäbe und Materialien.

Die Beschränkung der Dreifußstative auf die Ausführung a) und b) führt zu keinerlei Schwierigkeiten im Laboratorium, da für kleinere oder größere Stative nur geringerer Bedarf vorliegt. Die Stabilität steigt mit der Tieferlegung der Stabbefestigung. Demgegenüber muß der Wunsch, die Schlauchleitung durch die Füße hindurchzuführen, zurücktreten, da der Schlauch herumgelegt werden kann. Wie die Füße ausgeführt werden, bleibt den Fabrikanten überlassen. [A. 169]

## Möglichkeit zur Beschaffung trockenerer Luft.

Von J. BRONN, Charlottenburg.

(Mitteilungen aus der Versuchsabteilung der Rombacher Hüttenwerke in Coblenz.)

(Nach einem Vortrag, gehalten bei der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Stuttgart 1921, in der gemeinsamen Sitzung der Fachgruppen.)

(Eingeg. 7./7. 1921.)

Man unterscheidet bei der Luftfeuchtigkeit die relative und die absolute Feuchtigkeit. Eine relativ feuchte Luft wird zu einer relativ trocknen Luft, wenn die Temperatur der Luft erhöht wird und umgekehrt. In die-er Abhandlung wird nicht von relativer sondern nur von absoluter Luftfeuchtigkeit, d. h. von Gramm Wasser im Kubikmeter Luft und von der Möglichkeit, in vielen Fällen eine Luft mit weniger Wassergehalt ohne jegliche Betriebskosten sich zu beschaffen, die Rede sein.

Das Interesse für den Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist durch die aufsehenerregenden Mitteilungen von Gayley um das Jahr 1904 herum im hohen Grade in weiten Kreisen wachgerufen worden; nach Gayleys Angaben soll es ihm gelungen sein, beim Erblasen von Roheisen mit gut vorgetrocknetem Wind in den von ihm geleiteten Hochöfen des Isabellawerkes, in den Vereinigten Staaten, den Koksverbrauch um 20% zu verringern und die Tagesleistung der Hochöfen in noch höherem Maße zu steigern. Die Vortrocknung der Luft geschah hierbei durch Kühlung derselben auf  $-6^{\circ}\text{C}$ , wobei der weitaus größte Teil des Wassergehaltes als Schnee ausfiel.

Bedenkt man, daß ein mittelgroßer Hochofen an die 10 Tonnen Roheisen in der Stunde erzeugt, und daß auf die Tonne Roheisen ein Luftbedarf von 4000 cbm gerechnet wird, so kann man sich vorstellen, welche riesige Abmessungen die für dieses Verfahren benötigten Kühlanlagen haben müssen. Die außerordentliche Kostspieligkeit derartiger Anlagen schon in der Vorkriegszeit, vor allem aber der Umstand, daß es sich im Laufe der Jahre herausgestellt hat, daß die von

Gayley angegebenen hohen wirtschaftlichen Vorteile für europäische Hochöfen wenigstens bei weitem nicht zutrafen, riefen eine große Enttäuschung hervor, so daß man sich mit der Frage der Luftbeschaffenheit nicht gern weiter abgab, wenn man sich auch bewußt blieb, daß die Verwendung von wasserärmerer Luft unbedingt gewisse Vorteile und Ersparnisse mit sich bringen würde, falls solche Luft in einfacher Weise beschafft werden könnte. Rein thermochemisch betrachtet, beruht die schädliche Wirkung der Luftfeuchtigkeit wie überhaupt des Wasserdampfes bei Erzeugung von hohen Temperaturen auf der Zersetzung des Wasserdampfes durch den glühenden Brennstoff, wobei einerseits eine Temperaturerniedrigung eintritt und andererseits der Kohlenstoff verzehrt wird.

Die wie überall so auch auf den Rombacher Werken gemachten Wahrnehmungen, daß, ob draußen trübes Wetter oder Sonnenschein herrschte, die Fliesen vor der Maschinenzentrale stets naß waren, und daß der Schnee innerhalb der Werke viel rascher als draußen verschwindet, veranlaßten den Verfasser zur Vermutung, daß innerhalb der Werke die Luft nicht nur wärmer, sondern gerade deshalb auch feuchter als die der Umgebung sei. Der Verfasser trug sich daher mit dem Gedanken, Feuchtigkeitsmessungen innerhalb und außerhalb des Werkes anzustellen, er gab ihn jedoch auf, da bei eingehender Überlegung er sich sagte, daß selbst, wenn nennenswerte Unterschiede sich ergeben sollten, eine praktische Nutzbarmachung derselben angesichts der räumlichen Ausdehnung der Werke und der Schwierigkeiten, die Luft von weit her draußen heranzuholen, kaum durchführbar sei. Die Beobachtung des Auspuffens der Gasmaschinen und der aus den Wasserkühltürmen entweichenden Dampfnebel oder Brüden ließ jedoch die Vermutung aufkommen, daß die Luftschichten, die oberhalb des Bereiches dieser Dampfnebel und Auspuffgase liegen, wasserärmer seien. Würde man daher die Luft aus solchen Höhen ansaugen, so könnte man vielleicht ebenfalls zur trockeneren Luft gelangen. Diese Überlegungen gaben den Anstoß, Sommer 1909 und dann auch 1911 Vergleichsmessungen der Luftfeuchtigkeit, einerseits an einer vom Regen geschützten Ansaugstelle der Gasgebläsemaschinen, etwa 1,5 m oberhalb der Hüttensohle und andererseits auf einer etwa 30 m hohen Bühne eines ausgeblasenen Hochofens anzustellen.

Trotzdem die Gichtbühne des Hochofens für solche Messungen nicht günstig gelegen war, da sie oft ganz von Dampf, der vom Granulieren der Schlacke der benachbarten Öfen aufstieg, umgeben war, stellten sich folgende durch die Kurvenbilder (1 u. 2) veranschaulichte Unterschiede heraus.

Wie aus der Abb. 1 ersichtlich, enthielt der Kubikmeter Luft in der Nähe der Hüttensohle im Durchschnitt 2,4 g oder über 20% Wasser mehr als in einer Höhe von 30 m. In der Wirklichkeit dürfte der Unterschied noch erheblich größer sein, wenn die von der Schlackengranulation herrührenden Dampfnebel von der Meßstelle ferngehalten werden könnten.

Damit war die oben erwähnte Vermutung bestätigt. Teils zwecks Bestätigung derselben und teils zur sicheren Beurteilung, wie hoch man zweckmäßigerweise die Saugmündung der Maschinen verlegen soll, um eine möglichst wasserarme Luft für die Gebläsemaschinen zu beschaffen, wandte sich der Verfasser an die meteorologische Landesanstalt in Straßburg i. Els. mit der Bitte um Auskunft über die Feuchtigkeitsverteilung in den der Erdoberfläche zunächst liegenden Luftschichten. Zu seinem nicht geringen Erstaunen bekam der Verfasser den Bescheid, daß hierüber so gut wie nichts bekannt sei. Wohl liegt eine sehr große Anzahl von Messungen vor, die mit Registrierballons ausgeführt werden, doch die geringste Höhe, mit der man sich hierbei befaßt hat, liegt etwa 500 m oberhalb der Erde. In Straßburg selbst befinden sich zwar mehrere Meßstellen, von denen die an der Münsterplattform etwa 66 m oberhalb der Meßstelle an der Universität liegt; allerdings sind diese Meßstellen räumlich ziemlich weit voneinander entfernt und dazu durch einen Flußlauf getrennt. Nach längerem Blättern in dem von G. Eiffel, dem Erbauer des Turmes in Paris, aus Liebhaberei herausgegebenen Jahrbuch der meteorologischen Beobachtungen sämtlicher Landesanstalten der Welt stellte es sich heraus, daß einzig und allein das Institut in Potsdam parallele Beobachtungen in der Nähe des Erdbodens („Potsdam-Wiese“) und in einer Höhe von 32 m („Potsdam-Turm“) seit einer langen Reihe von Jahren anstellt.

Wie die Abb. 3 und 4 ersehen lassen, sind die Unterschiede in der Feuchtigkeit in unteren und oberen Luftschichten in Potsdam wie in Straßburg ganz gering. So z. B. enthielt im Gesamtdurchschnitt von 12 Jahren die Luft in der Höhe von Potsdam-Turm 0,17 g (= 2,6%) weniger Wasser als in der Nähe des Erdbodens. Die Beobachtungen in Potsdam und Straßburg, welche im großen und ganzen mit den allgemeinen Regeln von Hann<sup>1)</sup> übereinstimmen, lassen darauf schließen, daß in Rombach noch irgendwelche besonderen Umstände

den Wassergehalt der Luft beeinflussen. Maßgebend für die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasser ist neben dem Druck, der hier als gleichbleibend betrachtet werden kann, die Lufttemperatur, und zwar steigt diese Aufnahmefähigkeit bei den Temperaturen von  $-10^{\circ}$  bis  $+30^{\circ}$  annähernd in gleichem Maße wie die Temperatur.

So enthält mit Feuchtigkeit gesättigte Luft:

bei $^{\circ}\text{C}$	g Wasser in	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
1 kg Luft <sup>2)</sup>		1,76	2,59	3,75	5,34	7,51	10,43	14,33	19,47	26,18
1 m <sup>3</sup> Luft <sup>3)</sup>		2,30	3,36	4,87	6,80	9,37	12,78	17,18	22,87	30,13

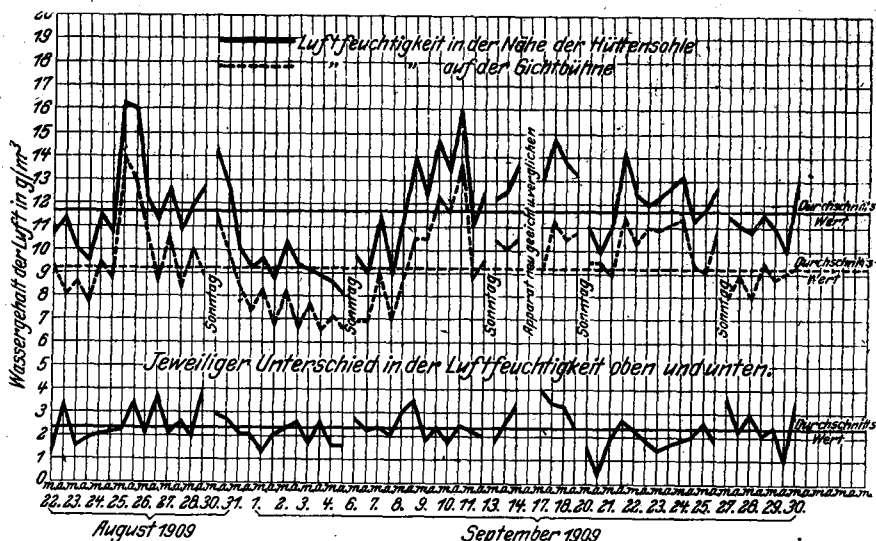


Abb. 1.

Und in der Tat, währenddem die Beobachtungen in Potsdam ergeben haben, daß die Temperaturen auf dem Turm entweder die gleichen oder um eine Kleinigkeit sogar höher (im Durchschnitt von zwölf Jahren  $8,21^{\circ}$  gegenüber  $8,18^{\circ}$  auf der Wiese) als die unten gemessenen waren, zeigen die Messungen in Rombach, daß die oben

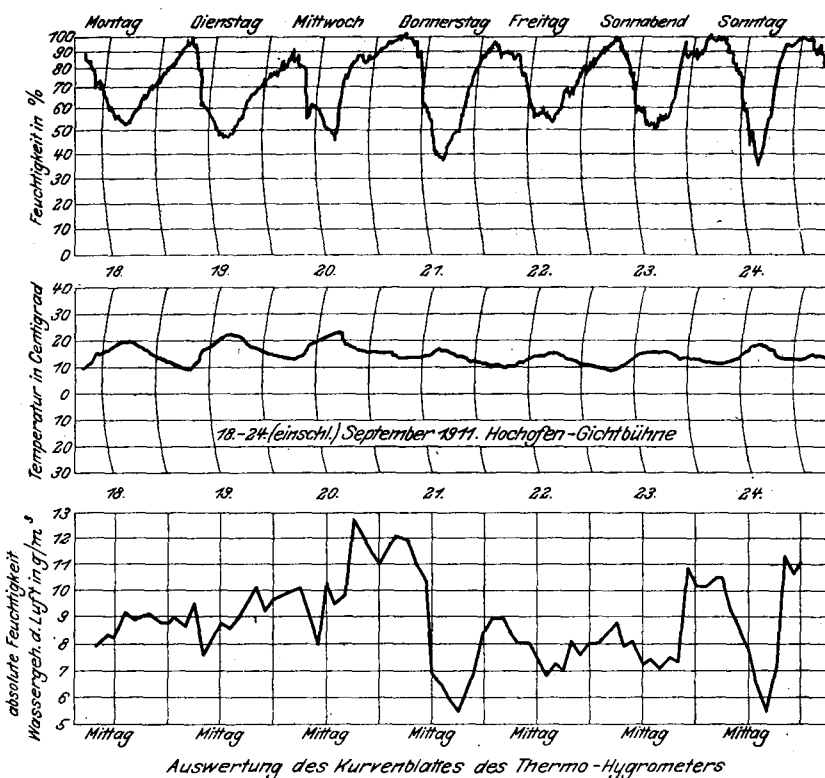


Abb. 2.

gemessenen Temperaturen erheblich — zumeist um drei bis vier Grad — niedriger sind als die unten gemessenen.

	in der Höhe von	1000	2000	4000	8000 engl. Fuß
beobachtet		0,85	0,80	0,64	0,40*
berechnet		0,98	0,95	0,91	0,83

Die Relativzahlen für gleiche Höhen stimmen in allen Klimaten fast völlig überein.

Auffallend ist in dieser Tabelle von Hann der große Unterschied zwischen den berechneten und beobachteten Werten. Auch die Potsdamer

<sup>1)</sup> Hann, Handbuch der Meteorologie, 1901, S. 222 u. 223: „Wenn der Dampfdruck (der mit dem Feuchtigkeitsgehalt fast identisch ist) an der Erdoberfläche 1 beträgt, so ist der Dampfdruck

Dieser Temperaturunterschied ist von so erheblichem Einfluß auf den Wassergehalt der Luft, daß sogar in den mitunter vorkommenden Fällen, in welchen die relative Feuchtigkeit oben größer als unten war, die absolute Feuchtigkeit, d. h. der für uns allein in Betracht kommende Wassergehalt der Luft oben doch geringer als unten war.

Die Unterschiede in dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft in Rombach in den unteren und oberen Schichten sind daher in erster Linie auf die Temperaturunterschiede in den Luftschichten oben und in der

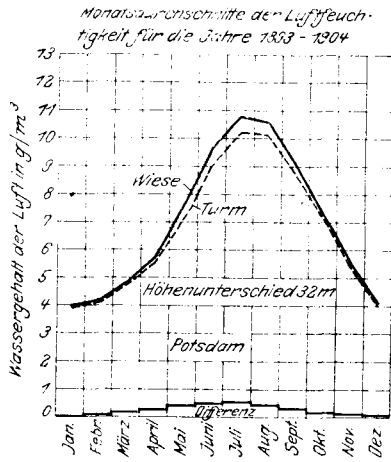


Abb. 3.

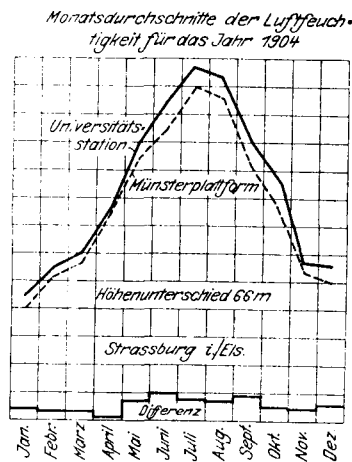


Abb. 4.

Nähe des Erdbodens oder der Hüttensohle zurückzuführen. Auch diese hohe Temperaturdifferenz ist, wie die Messungen in Potsdam zeigen, keine meteorologisch allgemein zutreffende Erscheinung, sondern muß durch irgendwelche, besonders in Rombach — und an anderen, den gleichen Verhältnissen ausgesetzten Orten — auftretenden Bedingungen verursacht sein. Diese besonderen Bedingungen sind nicht schwer zu erraten, wenn man die Wärmewirtschaft eines neuzeitlichen Hüttenwerkes in Betracht zieht. Die gesamten Hochofenanlagen (damals

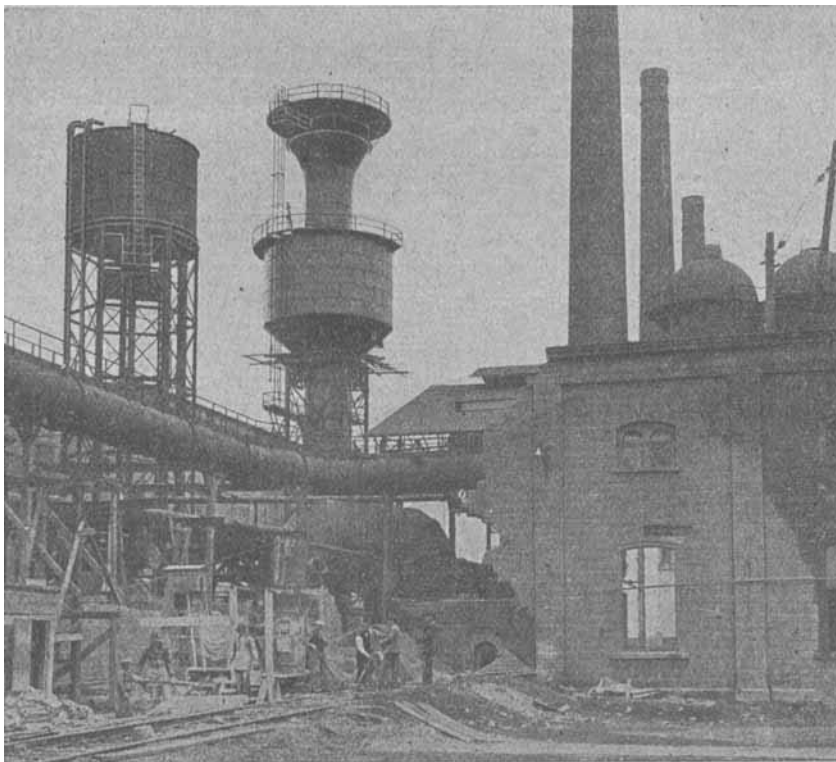


Abb. 5.

sieben Hochofen), Maschinenzentralen, Klärteiche, Stahlwerke, Walzwerke und Adjustage umfassen insgesamt eine Fläche von weniger

und Straßburger Beobachtungen entsprachen der Ordnungsgröße nach den von Hann als „beobachtete“ Werte bezeichneten und sind mehr als zehnmal so groß als die sogen. „berechneten“ Werte.

Ein Beweis dafür, wie wenig genau sich die einschlägigen Beziehungen zur Zeit der Abfassung der Hannschen Bücher und wahrscheinlich auch jetzt noch rein rechnerisch erfassen lassen.

<sup>2)</sup> Nach dem Tafelwerk von Landolt und Börnstein (Springer).

<sup>3)</sup> Nach den Tafeln der Firma R. Fuess (optisch-mechanische Werkstätte in Berlin-Steglitz) und dem Chemiker-Kalender (Springer), die sich nur wenig voneinander unterscheiden.

als ein Quadratkilometer. Auf dieser Fläche wurde tagaus tagein (bei einer Jahreserzeugung von 500 000 Tonnen Walzerzeugnisse) über 3000 Tonnen Koks und Kohle verfeuert. Sämtliche Hüttenerzeugnisse —

Verringerung der Luftfeuchtigkeit in einer Höhe von 42 m  
von der Hüttensohle nach der Windrichtung.

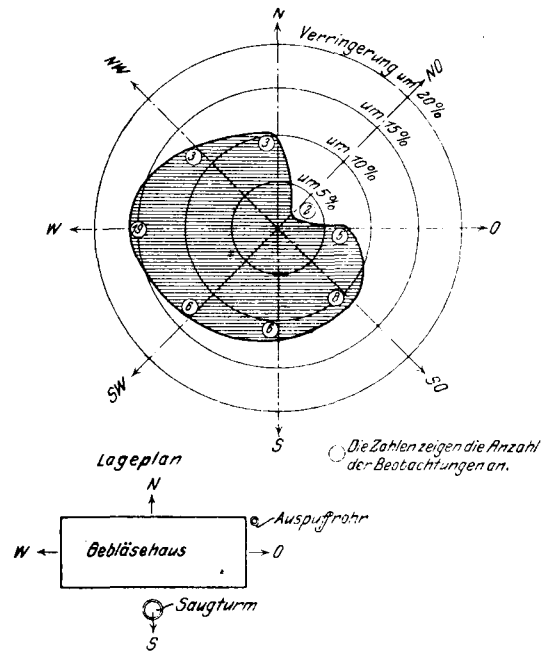


Abb. 6.

das Eisen, die Schlacke, die verschiedenen Abwasser verließen die Hütte im auf Lufttemperatur abgekühlten Zustande. Auf einer Fläche von höchstens einer Million Quadratmeter wurden Tag für Tag etwa  $3000 \times 6500000 = 20000$  Millionen Wärmeeinheiten entwickelt, oder auf jedem Quadratmeter des Hüttenwerkes wurden etwa 20000 WE frei. Mit anderen Worten: jeder Quadratmeter des Hüttenwerkes wird täglich mit 3 kg Koks oder Steinkohle beheizt, und da es auch an Feuchtigkeitsquellen in einem Hüttenwerke — man denke nur an die Wasserberieselung, die Schlackengranulation, die Auspuffgase, die Kühltürme, das Spritzwasser und die Klärteiche — nicht fehlt, so findet die in der Nähe der Hüttensohle stark erwärmte Luft überreichliche Gelegenheit, sich mit Feuchtigkeit zu sättigen. Diese Wasseraufnahme durch die Luftschicht an der Hüttensohle vollzieht sich dauernd. Stellt man sich daher die Aufgabe, möglichst trockene, d. h. wasserarme Luft zu beschaffen, so muß man danach streben, die Luft möglichst weit von der Hüttensohle anzusaugen.

Auf Grund der hier erörterten Beobachtungen und Erwägungen wurden bei dem 1912 in Angriff genommenen Neubau eines Gebläsehauses für sechs Gebläsemaschinen, die Saugmündungen aller Gasgebläsemaschinen an einen gemeinsamen 42 m hohen Saugturm, wie es durch die Abb. 5 photographisch wiedergegeben ist, angeschlossen, um so die Gebläsemaschinen für die Hochofen mit Luft, welche aus einer Höhe von 42 m angezogen wird, zu speisen. Das neue Gebläsehaus kam erst im Laufe des Krieges in dauernden Betrieb, und die Kriegsverhältnisse in der so nah zur Kampffront liegenden Hütte, wo die Luft nicht nur Feuchtigkeit enthielt, sondern in diesen Jahren oft auch eisenhaltig war, ließen leider regelmäßige Vergleichsbeobachtungen und Messungen nicht zu.

Immerhin konnten in einem Zeitraum von dreieinhalb Monaten 53 Vergleichsmessungen angestellt werden. Die von oben angesaugte Luft enthielt im Kubikmeter 0,23—4,7 g Wasser weniger als die Luft in der Nähe der Hüttenzone. Im Durchschnitt betrug die Verringerung des Wassergehaltes 12%. Ordnet man die Messungen nach den jeweilig beobachteten Windrichtungen, so erhält man eine Zusammenstellung, welche durch die Abb. 6 veranschaulicht ist.

Schon bei dem ersten Blick auf das Bild fällt der jähe Sturz der Feuchtigkeitsverringerung beim Ostwind und namentlich beim Nordostwind auf. Die Erklärung hierfür ist in dem Umstande zu suchen, daß, wie aus dem Lageplan ersichtlich, etwa 50 m nordöstlich von dem Ansaugturm sich das provisorisch aufgestellte 18 m hohe Auspuffrohr befindet, durch welches die Auspuffgase sämtlicher Gebläsemaschinen entweichen, so daß beim Nordostwind die Auspuffgase mit ihrem Dampfgehalt von dem Saugschacht mit angesaugt werden. Aus diesem Grunde war geplant, für den Fall, daß die Wärmeverwertung der Auspuffgase nicht eingeführt werden sollte, das Auspuffrohr anders zu gestalten und weiter zu verlegen. Auch verschiedene andere, rein örtliche Verhältnisse bewirkten, daß der sonst bei dieser Anordnung

zu erzielende Unterschied in der Luftfeuchtigkeit erheblich verringert wurde.

Hieraus ersieht man, welch großen Einfluß die Ortsverhältnisse hierbei ausüben können, und daß sowohl die Temperatur wie die Feuchtigkeit der Luft auf den viel Brennstoff verbrauchenden Werken ganz andere als auf den nächstliegenden meteorologischen Landesanstalten sein können.

Die Verlegung der Saugmündung von Gebläsemaschinen, Kompressoren, Ventilatoren usw. in eine Höhe von 60–80 m, was sich technisch in den meisten Fällen ohne besondere Schwierigkeiten durchführen läßt — man bedenke, daß auch die Schornsteine oft diese Höhe und mitunter noch mehr erreichen — ermöglicht die Beschaffung nicht nur trockener, sondern auch fast völlig staubfreier und sehr kohlen säure armer Luft. Wie der Verfasser anzunehmen Grund hat, erwachsen bei richtiger Bemessung des Saugturmes hierbei keinerlei Betriebskosten etwa durch erhöhten Kraftbedarf der Maschinen zur Überwindung des Luftwiderstandes. Sorgfältige Messungen an den Gebläsemaschinen in Rombach haben jedenfalls keinen Mehrverbrauch an Kraft bei Maschinen, die aus dem 42 m hohen Saugturm gespeist wurden, im Vergleich mit den von der Hüttensohle saugenden ergeben. Man kann sich diese Erscheinung in der Weise erklären, daß man hier umgekehrte Verhältnisse wie im Schornsteine vor sich hat. Die um einige Celsiusgrade kühler und etwas weniger Wasserdampf enthaltende Luft aus der Höhe ist spezifisch etwas schwerer als die Luft an der Werkssohle. Ist daher einmal das Ansaugen eingeleitet, so erhält die Höhenluft die Tendenz nach unten zu „fallen“. Andererseits wird dadurch, daß 1 cbm aus der Höhe angesaugten Luft etwas mehr an Gewicht davon enthält, der Leistungsfaktor der Maschinen entsprechend verbessert.

#### Nachtrag.

Im Anschluß an den Vortrag erhielt der Verfasser verschiedene Anfragen, die hier kurz erwähnt werden sollen, da sie vielleicht ein allgemeineres Interesse haben.

Die Feuchtigkeitsmessungen sind mittels Polymetern (Haarhygrometern) von Lambrecht in Göttingen und Registrierinstrumenten („Thermohydrograph“) von R. Fueß in Steglitz ausgeführt worden. Die beiden Arten von Instrumenten wurden öfters, bei der letzten Meßreihe (Saugturm) stets, gravimetrisch mittels Chlorcalcium kontrolliert. Der Durchschnitt von 53 Messungen ergab hygrometrisch 9,76 g und gravimetrisch 9,5 g Wasser im Kubikmeter<sup>4)</sup>.

Die wenigen Bestimmungen des Kohlen säure gehaltes der Luft in den verschiedenen Höhen lassen auf eine erhebliche Verringerung desselben mit zunehmender Höhe schließen. Es kommt dabei aber viel auf die Höhe und Entfernung der Schornsteine von der Meßstelle an.

Für manche chemische Fabriken und nicht nur für diese allein ist die Staubbefreiheit der aus der Höhe angesaugten Luft von erheblichem Vorteil. Man denke z. B. an die Luft zur Kühlung von Dynamomaschinen und Elektromotoren, die jetzt besonders filtriert werden muß und trotzdem mit der Zeit gefährliche Ablagerungen und Überbrückungen innerhalb der Maschinen mitunter hervorbringt. Bei der Erzeugung flüssiger Luft, des Sauerstoffs und des Stickstoffs ist es ebenfalls sehr dienlich, wenn die angesaugte Luft möglichst arm an Wasserdampf, an Kohlen säure und an Staub ist, da sie alle vor der Luftverflüssigung auf umständlichem (und kostspieligem Wege völlig entfernt werden müssen.

f. A. 162

## Die Messung der Oberflächenspannung von Ölen.

Von RICHARD V. DALLWITZ-WEGNER, Neckargemünd / Heidelberg.

(Eingeg. 16./7. 1921.)

In Nr. 88 und 94, Jahrgang 33 dieser Zeitschrift vom 2. und 23. November 1920, teilt Herr Holde in seiner Arbeit „Über Oberflächenspannungen auf dem Ölgebiete“ mit, daß nach seinen Messungen die von mir mitgeteilte Oberflächenspannung von Knochenöl zu hoch ist. Ich benutze zur Bestimmung der Oberflächenspannung seit Jahren die Bügelmethode, zuerst so, in der ziemlich primitiven Weise, wie man sie in der Literatur überliefert findet, später in wachsender Verfeinerung. Mit dem Grade der Verbesserung der Methode hat sich herausgestellt, daß sie in der alten Form wirklich zu hohe Meßwerte geben mußte, daß sie aber, wenn man auf diese Fehlerquelle achtet, die einfachste, sicherste und theoretisch reinlichste Art der Bestimmung der Oberflächenspannung ist. Um das deutlich zu machen, sei zunächst der vervollkommnete Apparat kurz beschrieben (gebaut wird der Apparat von Arthur Pfeiffer in Wetzlar). Auf einem Kasten (Fig. 1) steht eine der bekannten Torsionsmikrowagen T für eine Höchstbelastung von etwa 1000 mg. Am Wagenarm W der Wage hängt der Meßbügel D aus feinerem Draht, der über eine Lehre so geformt ist, daß seine Spreizung genau 1 = 50 mm beträgt. Zwischen den Schenkeln des Bügels ist der feine Haardraht d, der eigentliche Meßdraht ausgespannt, der also ebenfalls 50 mm lang ist. Der Bügel taucht in ein

Glasgefäß G mit dem zu untersuchenden Öl, das durch einen Bunsenbrenner B zunächst auf die höchste Temperatur, die interessiert, gebracht wird, worauf der Bunsenbrenner verlöscht oder klein geschraubt werden kann. Am Thermometer M liest man die jeweilige Öltemperatur ab. Der Bügel D wird nun bis über den Meßdraht d in Öl getaucht, durch Verdrehung der Stellschraube V, dann wird das Glasgefäß wieder mit V gesenkt. Der Bügel kommt nun aus dem Öl heraus. Zwischen dem Öl und dem Meßdraht d hat sich dabei der Ölschleier N gebildet, der mit der Oberflächenspannung 2 α l mg den Meßdraht festhalten und zum Ölniveau herunterziehen will. Dabei geht der Wagenarm W nach unten auf den unteren Anschlag A der Wage. Nun verstellt man langsam den Hebel H der Wage in der Pfeilrichtung,

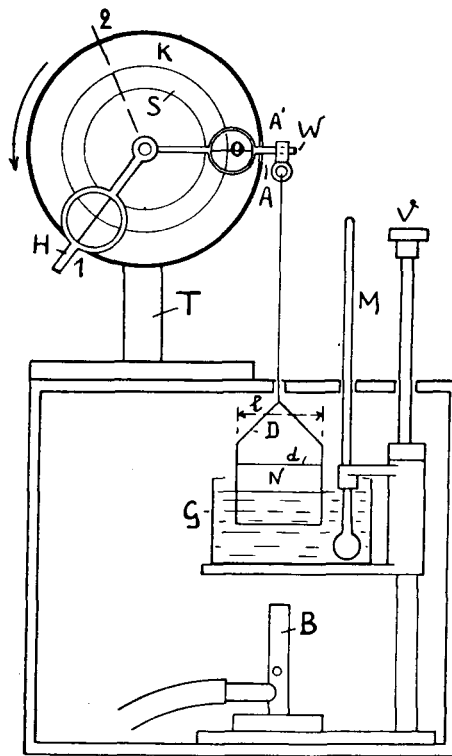


Fig. 1.

wodurch man die Wagenfeder tordiert und den Wagenarm wieder nach oben zwingt. Man achtet darauf, daß der Wagenarm auf Null einsteht und dreht nun den Hebel langsam weiter. Dadurch wird der Wagenarm nach oben über Null herausgehen wollen. Dem wirkt man entgegen, indem man mit V das Glasgefäß wieder etwas tiefer senkt, so daß der Wagenarm auf Null stehen bleibt. Mit der linken Hand bedient man den Hebel H, mit der rechten den Versteller V, so fährt man fort, bis schließlich sich der Meßdraht d vom Öl trennt, weil der Ölschleier reißt. Der Hebel H möge dabei in der gezeichneten Stellung 1 stehen und dieser Stellung eine Wagenbelastung  $P_1$  mg entsprechen. K ist die Skala des Instruments und S ist Spiegelglas, zur Vermeidung der Parallaxe beim Ablesen. Der Wagenarm W ist durch den Vorgang nach oben an den oberen Anschlag A' gegangen. Das Glasgefäß bleibt nun so stehen, wie es im Abreißmoment stand, V wird nicht mehr verstellt. Aber den Hebel H dreht man nun langsam zurück, bis der Wagenarm unter der Last des zwar leeren, aber von Ölresten belasteten Bügels wieder auf Null einsteht. Der Hebel H möge dabei in der Stellung 2 stehen, die einer Wagenbelastung von  $P_2$  mg entsprechen soll. Dann ist  $P = P_1 - P_2$  das Gewicht, das der Ölschleier tragen konnte, und die gesuchte Oberflächenspannung bei der Versuchstemperatur.

$$\alpha = \frac{P_1 - P_2}{2l} = \frac{P_1 - P_2}{100} \text{ mg/mm}$$

Ist z. B.  $P_1 = 748$  mg und  $P_2 = 401$  mg, so wird  $\alpha = 3,47$  mg/mm. Inzwischen sinkt die Temperatur im Glasgefäß, und man kann nun sofort wieder eine neue Bestimmung bei einer anderen Temperatur machen.

Das wäre der einfache neue Apparat, der gegen die alten Apparate an sich nur den formellen Fortschritt der Anwendung der Torsionswaage erkennen läßt, mit der man das Abreißgewicht besser herausfühlen kann, und schneller als mit einer gewöhnlichen Waage. Systematisch neu ist die Anwendung des feinen Meßdrahtes d. Was dieser für eine Bedeutung hat, zeigt Fig. 2. Es wurde die Oberflächenspannung bestimmt mit Meßdrähten von 0,02 mm bis 3 mm Durchmesser, oben sind die Querschnitte der verwendeten Meßdrähte im natürlichen Verhältnis eingezeichnet. Dabei ergab sich nun, daß sich der Wert  $\alpha$  mit dicken Meßdrähten zu hoch ergibt, bei 3 mm Durchmesser sogar mit  $\alpha = 5,5$  mg/mm, nur die dünnsten Meßdrähte, von 0,15 mm Durchmesser ab und dünner ergaben die wirklichen Werte

<sup>4)</sup> Eine größere Anzahl von Messungen ist im „Stahl und Eisen“ vom 16. Juni 1921 wiedergegeben.