

geführten Verunreinigungen (Staub usw.), die eine geringe Menge Chromsäure reduzieren und dementsprechend etwas zu niedrige Werte für Chrom verursachen. Während wir mit reinsten, frisch über Chromsäure destillierter Schwefelsäure stets theoretische Werte erhielten, gab z. B. eine reine konzentrierte Schwefelsäure des Handels pro 40 ccm (nötige Menge für eine Titration in 200 ccm) einen Minderverbrauch von 0,025 ccm 0,1 n-As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder 0,12 ccm 0,02 n-As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Man ermittelt am besten die entsprechende kleine Korrektur für einen größeren Vorrat an Schwefelsäure, indem man eine eingestellte Kaliumbichromatlösung in der beschriebenen Weise titriert.

## 2. Ferrovanadin und Chrom-Vanadinstähle.

Nr.	Ein- wage g	titr.	ccm		% Cr		% V		% W
			0,1 n- As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,025 n- FeSO <sub>4</sub>	gef.	angeg.	gef.	angeg.	
7	0,9037	1/50		7,92			59,33	59,3	
	0,9810	1/50		8,59			59,27	59,3	
8	4,9523	1/10	10,10	2,81	3,55	3,52—3,60	0,769	0,757	0,803
	5,0657	1/10	10,31	2,86	3,54	3,52—3,60	0,764	0,757	0,803
9	5,1111	1/5	5,96	1,64	1,01	1,02—1,04	0,218	0,207	0,218
	5,1334	1/5	6,00	1,64	1,02	1,02—1,04	0,216	0,207	0,218

In der dritten Spalte ist unter „titr.“ angegeben, welcher Bruchteil der Einwage zu einer Titration diente. Die gefundenen Werte sind verglichen mit den Resultaten, die bei den Proben Nr. 1–7 im Laboratorium der Friedrich Krupp A.-G.<sup>1)</sup>, Essen, bei Nr. 8 und 9

<sup>1)</sup> Herrn Dr. E. Schiffer, Vorstand d. Chem. Laboratoriums d. Fried. Krupp Aktiengesellschaft, Essen, sind wir zu großem Dank verpflichtet.

im Bureau of Standards, Washington, erhalten wurden.

Wie aus der Zusammenstellung ersichtlich ist, liefert unsere Methode genauere Resultate. Während z. B. beim Wolframstahl Nr. 8 die Streuung der angegebenen Vanadinwerte 6% beträgt, ist sie bei unseren Analysen nur 0,66%.

Die absoluten Mengen Chrom und Vanadin, die zur Titration kommen, brauchen nicht sehr groß zu sein; so können z. B. 2 mg Chrom oder Vanadin unter den oben gegebenen Bedingungen in einem Volumen von 500 ccm noch leicht bestimmt werden.

Die gleichzeitige Bestimmung von Chrom und Vanadin in Stählen beliebiger Zusammensetzung kann nach unserem Verfahren insgesamt leicht in 1/4 Stunden ausgeführt werden; die Titration selbst nimmt etwa 10 Minuten in Anspruch. Bei Serienanalysen läßt sich die Zeitdauer noch entsprechend verkürzen.

Wir haben bisher die Potentialmessung durch Kompensation mit Hilfe eines einfachen Meßdrahts und eines empfindlichen Zeigergalvanometers als Nullinstrument ausgeführt<sup>2)</sup>. Die Titrationen lassen sich noch einfacher ausführen mit einer Einrichtung ohne Kompensation, bei der lediglich ein Spiegelgalvanometer mit objektiver Ablesung über einen Hochohmwiderstand an die Titrationsskette angeschlossen wird; in einer späteren Mitteilung soll darüber berichtet werden. [A. 57.]

<sup>2)</sup> Vgl. E. Zintl u. G. Rienäcker, Ztschr. anorgan. allg. Chem. 161, 374 [1927].

## Zur Bestimmung kleinster Quecksilbermengen.

Von ALFRED STOCK und WILHELM ZIMMERMANN.

(chemisches Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe.

(Eingeg. 25. April 1928.)

Die jetzt feststehende Tatsache<sup>1)</sup>, daß die menschliche Gesundheit von so winzigen Mengen Quecksilber geschädigt werden kann, wie man es noch vor kurzem nicht für möglich gehalten hätte, verleiht der zuverlässigen Bestimmung kleinster Quecksilbermengen, von der Größenordnung 1/10 000 bis 1/100 000 mg Hg (1/10 bis 1/100 γ), erhöhte Bedeutung. Wir haben uns deshalb im Anschluß an unsere früheren Versuche<sup>2)</sup> damit noch einmal beschäftigt.

Das Quecksilber liegt bei der Analyse in der Regel als Quecksilber(II)-chlorid vor. Man erhält es bei der Untersuchung physiologischer Ausscheidungen (Speichel, Harn, Stuhl) nach deren Behandlung mit Chlor unmittelbar in dieser Form, bei der Luftanalyse als Metall, das mit Chlorwasser leicht in Chlorid verwandelt werden kann.

Einige neue Wege, die wir betraten, führten nicht zum Ziele. So wollte es bei der Abscheidung des Quecksilbers als Metall und Zentrifugieren in sehr enge Kapillaren hinein bis jetzt nicht gelingen, Mengen unter 1 γ Quecksilber zu einem Tropfen zu vereinigen. Ähnliche Versuche mit Quecksilber(II)-jodid blieben auch erfolglos. Die kolorimetrische Bestimmung des aus dem Jodid frei gemachten Jods als Jodstärke erwies sich als nur bis

etwa 1 γ Quecksilber brauchbar, also zu wenig empfindlich. Auf die gleiche Grenze stießen wir, als wir das Quecksilber mit Goldchlorid-Lösung in die äquivalente Menge Gold überführten, dieses in Chlorwasser lösten, wieder zu Metall reduzierten und dessen kolloide Lösung kolorimetrierten.

So kehrten wir zu der kolorimetrischen Bestimmung mit der Cazeuve'schen Reaktion<sup>3)</sup> zurück, der Blauviolett-färbung, die Diphenyl-carbazid, CO(NH.NH.C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>, noch mit äußerst verdünnten Quecksilbersalzlösungen gibt. Wir haben sie eingehend untersucht und vervollständigen hier die bisherigen Angaben. Die Reaktion ist von verschiedenen Einflüssen abhängig, deren Nichtbeachtung zu Fehlern führt.

Da es nicht das Carbazid selbst ist, das mit Quecksilber die blaue Verbindung<sup>4)</sup> liefert, sondern das aus jenem durch Oxydation, schon an der Luft, leicht entstehende Diphenyl-carbazon, CO(NH.NH.C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>) (N:N.C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>), verwendet man bei der Analyse besser von vornherein dieses. Es läßt sich aus dem käuflichen farblosen Diphenyl-carbazon nach G. Heller<sup>5)</sup> durch Kochen mit alkoholischer Kalilauge, Fällen mit Schwefelsäure und Umkristallisieren aus Benzol in Form beständiger roter

<sup>1)</sup> Vgl. P. Fleischmann „Zur Frage der Gefährlichkeit kleinster Quecksilbermengen“, Dtsch. med. Wchschr. 1928, Nr. 8.

<sup>2)</sup> I. A. Stock u. R. Heller, Ztschr. angew. Chem. 39, 466 [1926]; II. A. Stock und E. Pohland, ebenda 39, 791 [1926]. Im folgenden als I und II bezeichnet.

<sup>3)</sup> M. P. Cazeuve, Compt. rend. Acad. Sciences 130, 1478 u. 1561 [1900]; von P. Ménière (ebenda 146, 754 [1908]) zur kolorimetrischen Bestimmung von Quecksilber in der Luft benutzt.

<sup>4)</sup> Deren Wesen übrigens noch nicht sicher bekannt ist.

<sup>5)</sup> Liebigs Ann. 263, 274 [1891].

Kristalle unschwer darstellen\*). Zur Analyse dient die kaltgesättigte, tiefrote, gut haltbare alkoholische Lösung.

Für die kolorimetrischen Bestimmungen benutzen wir ein Mikrokolorimeter nach Duboscq von F. Hellige & Co., Freiburg i. Br., welches so abgeändert war, daß statt der gewöhnlichen 1-ccm-Tauchgefäße solche von  $\frac{1}{2}$  ccm Inhalt, bei 5 cm Höchst-Beobachtungstiefe (Durchmesser der Zylinder: 4 mm, der Tauchstäbe: 3 mm) verwendet werden konnten. Die Kolorimeterablesung geschah im verdunkelten Raum bei gelbem Lichte (Gelblichtglocke für photographische Zwecke); dabei tritt an Stelle der Färbung eine besser zu beobachtende Helligkeitsänderung. Der Ausschluß des Tageslichtes ist auch deshalb von Vorteil, weil die blaue Farbe im Lichte schneller verblaßt. Die Vergleichslösungen enthielten  $\frac{1}{10}$  oder  $\frac{2}{10}$   $\gamma$  Quecksilber (als  $\text{HgCl}_2$ ) in  $\frac{1}{2}$  ccm. Sie wurden, wie auch die zu analysierenden Lösungen, mit je einem Tropfen Carbazonlösung versetzt. Bei Abwesenheit von Quecksilber färbt sich dabei die Flüssigkeit nur schwach gelblich. Schon  $\frac{1}{100}$   $\gamma$  Quecksilber bläuen sie wahrnehmbar. Dies ist die untere Grenze für die quantitative Quecksilberbestimmung nach diesem Verfahren. Die obere liegt, wenn die kleinen Tauchgefäße benutzt werden, bei etwa 1  $\gamma$  Quecksilber, wo die Lösung zu dunkel für das Kolorimetrieren wird. Stärkere Lösungen sind also zunächst entsprechend zu verdünnen. Wird schnell genug gearbeitet, so bleibt das Beersche Gesetz erfüllt.

Leider ist die Blaufärbung wenig beständig. Außer vom Tageslicht wird sie beeinträchtigt von Säure, von Alkali, aber auch von größeren Mengen Neutralsalzen (vgl. II). Am günstigsten ist, wie uns Versuche mit Pufferlösungen zeigten,  $\text{pH} = 7$ , also genau neutrale Reaktion. Schon Zusätze von  $\frac{1}{10}$   $\gamma$   $\text{HCl}$  oder  $\frac{1}{10}$   $\gamma$   $\text{NaOH}$  brachten die Farbe schnell zum Schwinden. Es kommt also bei der Analyse auch darauf an, die Reaktion der Flüssigkeit möglichst neutral zu halten. Das von uns früher vorgeschlagene (II) Zugeben von Natriumacetat ist nur zu empfehlen, wenn die Menge des Quecksilbers  $\frac{1}{2}$   $\gamma$  übersteigt; bei den kleinsten Quecksilberkonzentrationen beschleunigt es, wie andere Salze auch, das Verschwinden der Farbe. Dasselbe gilt für eine Pufferlösung  $\text{pH} = 7$ , deren Anwendung sonst nahe gelegen hätte. Dagegen bewährte sich das Zusetzen von etwas Harnstoff (1 Tropfen kaltgesättigter Lösung), der wohl Säure, die bei der Reaktion zwischen Carbazon und Quecksilbersalz frei wird, bindet und dadurch die Farbe beständiger macht. Diese bleibt dann auch bei den kleinsten noch bestimmbaren Quecksilbermengen ( $\frac{2}{100}$   $\gamma$ ) eine Viertelstunde bestehen, so daß sich bequem kolorimetrieren läßt. Die schwache Farbe des Carbazons selbst beeinflusst der Harnstoff nicht (im Gegensatz z. B. zu Anilin und Pyridin).

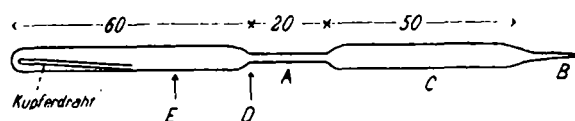
Wie wir schon früher mitteilten (II), wird die Quecksilberbestimmung bei Anwesenheit der meisten Schwermetalle unmöglich. Praktisch fällt dies nicht ins Gewicht, weil das Quecksilber im Laufe des Analyseanges (vgl. I) auf Kupfer abgeschieden und von diesem abdestilliert wird. Wir haben auch diese analytischen Operationen einer Nachprüfung unterzogen und können dafür einige Verbesserungen empfehlen.

Von großer Wichtigkeit ist die Reinheit des verwendeten Kupfers. Der gebräuchliche Kupferdraht enthält oft Zink, das beim Erhitzen herausdestilliert und den Quecksilberbeschlag verunreinigt. Das darf natürlich

unter keinen Umständen geschehen. Der Kupferdraht muß, ehe man ihn bei der Analyse benutzt, durch Glühen in einem einseitig geschlossenen Glasrohr geprüft werden, ob er kein Sublimat gibt. Geeignet ist Draht aus Elektrolytkupfer (wir bekamen ihn vom Hedderheimer Kupferwerk, Abteilung Gustavsburg).

Die quantitative Ausfällung des Quecksilbers aus der Quecksilberchloridlösung auf dem Kupferdraht läßt sich durch Temperaturerhöhung erheblich beschleunigen. Bei 50–60° (Trockenschrank; elektrisch geheiztes Wasserbad oder dgl.) dauert sie nur halb so lange wie bei Zimmertemperatur, etwa 24 Stunden bei  $\frac{1}{10}$   $\gamma$  oder mehr Quecksilber, 36 Stunden bei  $\frac{1}{100}$   $\gamma$  Quecksilber. Um Oxydation des Kupfers zu vermeiden, muß die Luft ausgeschlossen werden. Hierfür genügt Einschmelzen von Lösung und Draht in ein mit der Wasserstrahlluftpumpe evakuiertes Röhrchen.

Beim Abdestillieren des Quecksilbers aus dem Kupferdraht empfiehlt sich die Anwendung eines Glasrohres (schwer schmelzbar, 6 mm Weite) der abgebildeten Form. Die Verengung bei A soll 2–2½ mm weit und



ganz dünnwandig sein; sie wird von ihrer Mitte an nach außen (rechts) mit fließendem Wasser (1 cm breiter Filtrierpapierstreifen) gekühlt. Die Endkapillare B muß eine recht feine Öffnung haben, damit die Luftbewegung im Innern des Rohres beim Erhitzen verringert wird. Das Rohr wird bei C durch eine Klammer gehalten. Man erhitzt den am geschlossenen Ende liegenden Kupferdraht etwa fünf Minuten lang bis annähernd zum Erweichen des Glases. Anschmelzen darf das Kupfer aber an das Glas nicht, weil beide sonst unter Entstehung eines Sublimats miteinander reagieren. Bei richtiger Ausführung bekommt man einen reinen, nach der Drahtseite scharf abgesetzten Quecksilberbeschlag, der mit der Lupe (8–10malige Vergrößerung) oder dem Mikroskop noch bei  $\frac{2}{100}$   $\gamma$   $\text{Hg}$  zu erkennen und bei einiger Übung auch der Menge nach zu schätzen ist. Ist er mit der Lupe zu sehen, so handelt es sich um eine kolorimetrierbare Menge Quecksilber; man zerschneidet dann das Rohr bei D, löst das Quecksilber in Chlorwasser usw. Andernfalls verwandelt man etwa vorhandenes, aber nicht sichtbares Quecksilber in das leichter zu beobachtende Quecksilberjodid. Das Rohr wird bei E zerlegt und — E nach unten — ein bis zwei Stunden in ein enges Reagensglas gestellt, auf dessen Boden sich einige Jodkriställchen befinden. War Quecksilber zugegen, so entsteht in der Verengung ein leuchtend roter Jodidbeschlag, der noch bei  $\frac{1}{1000}$   $\gamma$  Quecksilber der Beobachtung unter der Lupe nicht entgeht. Hebt man ihn über dem Jod auf, so hält er sich und ist noch nach 24 Stunden zu sehen; sonst verflüchtigt er sich in einigen Stunden.

Zusammenfassend läßt sich für die Bestimmung von weniger als 10  $\gamma$  Quecksilber folgende Arbeitsweise empfehlen<sup>7)</sup>.

Die  $\text{HgCl}_2$ -haltige Lösung, deren Volum 2 bis 3 ccm betragen soll, wird, wenn sie noch Chlor enthält, von diesem durch Einleiten von Luft oder Kohlendioxyd befreit. Man versetzt sie dann in einem 1 cm weiten Glas

<sup>7)</sup> Über 10  $\gamma$  Quecksilber werden zweckmäßig elektrolytisch bestimmt (s. I). Schon bei 10  $\gamma$  ist die Abscheidung auf dem Kupferdraht manchmal nicht ganz quantitativ; es empfiehlt sich dann, die doppelte Länge Draht zu benutzen.

\*) Wir haben angeregt, daß es von der Industrie in den Handel gebracht wird.

mit reinem Ammoniumoxalat (z. B. „pro analysi“ von Kahlbaum oder Merck) bis zur Sättigung, stellt einen 6 cm langen, etwa 0,3 mm dicken, zuvor ausgeglühten und in Methylalkoholdampf reduzierten, einmal umgebogenen Draht aus reinem Kupfer (s. oben) hinein, so daß er, von der Flüssigkeit bedeckt, bis fast an deren Oberfläche reicht, zieht das Rohr aus, evakuiert es mit der Wasserstrahlluftpumpe, schmilzt es ab und erwärmt es 24 bis 36 Stunden (bei weniger als  $\frac{1}{10}$   $\gamma$  Hg) auf 50 bis 60°. Nach dem Öffnen des Rohres wird der Draht herausgenommen, durch viermaliges, je fünf Minuten währendes ruhiges Einstellen in Wasser gewaschen und zwei bis drei Stunden in einem kleinen Gefäß über Phosphorpentoxyd bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet. Das Abdestillieren des Quecksilbers geschieht wie oben angegeben.

Das Quecksilberdestillat wird (s. oben) entweder in Jodid verwandelt oder, wenn es mit der Lupe zu sehen ist, also wahrscheinlich mehr als  $\frac{5}{100}$   $\gamma$  wiegt und zur kolorimetrischen Bestimmung ausreicht, in Quecksilberchlorid übergeführt. Man löst es in einem möglichst engen Rohr in  $\frac{1}{4}$  ccm Chlorwasser, wozu zehn Minuten hinreichen, bläst die Lösung aus der Verengung heraus, spült mit einigen Tropfen Wasser nach und vertreibt den Chlorüberschuß restlos mit Luft<sup>\*)</sup>. Diese wird in

<sup>\*)</sup> Nicht mit Kohlendioxyd, welches das Kolorimetrieren stören würde.

kleinen Blasen durch eine Kapillare während zwei bis drei Stunden in die Flüssigkeit geleitet, wobei man der lästigen Blasenbildung durch Einstellen eines Glasstäbchens entgegenwirkt.

Die Lösung wird mit einem Tropfen kaltgesättigter Harnstofflösung versetzt, im  $\frac{1}{4}$ -ccm-Tauchgefäß des Kolorimeters<sup>a)</sup> auf  $\frac{1}{4}$  ccm gebracht und nach Zugabe eines Tropfens Carbazonlösung schnell bei gelbem Lichte kolorimetriert. Zur Vergleichslösung, die je nach der Menge des zu bestimmenden Quecksilbers  $\frac{1}{10}$  oder  $\frac{3}{10}$   $\gamma$  Hg in  $\frac{1}{4}$  ccm enthält, gibt man auch erst unmittelbar vor der Messung Harnstoff und Carbazon. Wegen der Vergänglichkeit der Färbung muß alles in zehn Minuten beendet sein.

So durchgeführt, liefert die Bestimmung gute Ergebnisse:

	1.	2.	3.	4.	5.
Angewandt $\gamma$ Quecksilber . . .	1	0,4	0,5	0,05	0,01
Gefunden $\gamma$ Quecksilber . . .	0,95	0,4	0,5	0,06	0,04
Die Vergleichslösung enthielt					
in $\frac{1}{4}$ ccm $\gamma$ Quecksilber . . .	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1

**Zusammenfassung:** Analysenverfahren zur quantitativen Bestimmung kleiner Quecksilbermengen bis hinab zu  $\frac{3}{100\,000}$  mg und zur qualitativen Schätzung bis zu  $\frac{7}{1000\,000}$  mg. [A. 68.]

<sup>a)</sup> Steht nur ein 1-ccm-Gefäß von gleicher Tiefe zur Verfügung, so verringert sich die Empfindlichkeit der Bestimmung etwa auf die Hälfte.

## VERSAMMLUNGSBERICHTE

### Hauptversammlung des Iron and Steel Institute

London, 3. und 4. Mai 1928.

Vorsitzender: Benjamin Talbot.

In seiner Presidential Address gab Talbot einen Überblick über die Entwicklung des basischen Frischherdverfahrens.

*Bericht des Ausschusses über die Heterogenität von Stahlblöcken.*

Die Eigenschaften der Stahlblöcke werden stark beeinflusst durch die verwendete Gußform. Für jede Art von Stahlblöcken gibt es eine günstigste Gußform, und die Konstruktion dieser Form hängt von der Zusammensetzung des Stahls und der späteren Verwendung des darin erzeugten Stahlblocks ab. Die für einen bestimmten Zweck günstigste Gußform kann nicht genau angegeben werden, solange man nicht die Erstarrungserscheinungen vollständig kennt. Die Gußform hat zunächst die Aufgabe, als Behälter für den geschmolzenen Stahl zu dienen, der nach dem Erstarren in der geeigneten Form für die weitere Bearbeitung vorliegen soll. Eine weitere Aufgabe der Gußform besteht darin, Wärme vom geschmolzenen Stahl aufzunehmen und von seiner Oberfläche abzuleiten. Bei der Konstruktion der Gußformen muß man berücksichtigen, daß der Stahlblock möglichst frei von Hohlräumen sein muß; er muß sich leicht bearbeiten lassen, schwache Stellen sollen möglichst nicht auftreten. Es müssen hier die Spannungen bei der Abkühlung und auch die Seigerungen berücksichtigt werden. Die Seigerung hängt nicht nur von der chemischen Zusammensetzung des Stahls ab, sondern auch von der Abkühlungsgeschwindigkeit. Die heutigen Verfahren der Stahlerzeugung sind in der Hauptsache auf empirischen Grundlagen entwickelt worden, und erst in den letzten Jahren hat man erkannt, daß man eine höhere Homogenität im Enderzeugnis durch verbesserte Verfahren erzielen muß. Der Ausschuß betont besonders die Bedeutung der Bestimmung und Kontrolle der Temperatur des flüssigen Stahls. Die im Ofen herrschende Temperatur beeinflusst die Reaktionen weitgehend. Es wird hier besonders auf die Bedeutung der Pyrometrie hingewiesen. Die Eigenschaften der Stahlblöcke werden durch die Gießtemperatur, sowie die Geschwindigkeit des Gießens stark beeinflusst. Die Untersuchungen erstreckten sich dann auf den Einfluß von Nickel, Nickel-Chrom, Nickel-Chrom-Molybdän auf die Eigenschaften der Stahl-

blöcke. Die Abweichungen im Gehalt an Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor in den verschiedenen Teilen der Blöcke sind um so größer, je größer die Blöcke werden. Anwesenheit von Nickel und Chrom scheint die Neigung zu Seigerungen zu verringern. Die Seigerung von Nickel ist von der gleichen Größenordnung wie die von Mangan in einfachen Kohlenstoffstählen. Mangan verbindet sich mit Schwefel, zum Teil auch mit Kohlenstoff; die Hauptmenge des Mangans ist aber in der festen Lösung enthalten. Ähnlich ist Nickel auch nur im Eisen gelöst und bildet keine Verbindungen mit den andern Elementen. Die Gleichgewichtsdiagramme Eisen-Mangan und Eisen-Nickel zeigen bei den in Betracht kommenden geringen Mengen die Form einfacher fester Lösungen. Die Abscheidung von Nickel scheint daher von geringerem Einfluß zu sein; auch Chrom wird sich in geringem Maße abscheiden. Die Untersuchung über den Einfluß von Molybdän zeigt eine deutliche Neigung zu Seigerungen. Es entspricht dies dem Verhältnis der andern zu Seigerungen neigenden Elemente. —

V. Harbord, London: „Vergleich der wichtigsten Verfahren zur Reinigung von Hochofengasen.“

Man kann die Gasreinigungsanlagen in zwei Hauptgruppen einteilen, die Trockenreiniger und die Naßreiniger. Bei den ersteren unterscheidet man Anlagen, welche das Gas filtrieren, und Anlagen, die den Staub aus dem Gas durch elektrische Fällung beseitigen. Außerdem unterscheidet man die Reinigungsanlagen danach, ob sie imstande sind, das heiße Gas zu reinigen und so dessen Wärme zu erhalten, oder ob eine vorherige Abkühlung des Gases vor der Reinigung notwendig ist. Die besten Erfolge werden durch den Reiniger von Halberg-Beth erzielt oder durch Waschanlagen, die aus dem Rieselturm und Theisen-Desintegratoren bestehen. Naßreiniger mit Rieseltürmen allein oder elektrische Reiniger können das Gas bis auf 0,4–0,5 g im Kubikmeter reinigen. Die Vorteile bei Verwendung des so gereinigten Gases gegenüber ungereinigtem Gas sind bei der Verbrennung sehr groß. Für Kesselzwecke gibt ein Gas mit nicht mehr als 0,2 g Staub im Kubikmeter befriedigende Ergebnisse. Hinsichtlich des Kraftverbrauchs sind die elektrostatischen Reiniger die besten. Es folgen dann der Brassert-Turm- und die Rieseltreiniger, dann die Halberg-Beth-Reiniger und der Reiniger nach Zschocke. Am ungünstigsten hinsichtlich des Kraftverbrauchs sind die Anlagen mit Rieselturm und Theisen-Desintegratoren. In den Fällen, in denen es genügt, den Staubgehalt im Gas auf 0,5 g/cbm herabzusetzen, kann dies durch Rieselt-