

Methan, welches für die Kontaktmasse harmlos ist. Das Wasser wird von Zeit zu Zeit abgezogen. Die Kontaktmasse soll beim Betrieb mit dem so gereinigten Gase bis zu 200 Stunden wirksam bleiben. Bei dem Haberverfahren werden die Gase bei 200 Atm durch Lösungen von ameisensaurem Kupfer, Natronlauge usw. gepumpt.

Eine der hauptsächlichsten Schwierigkeiten bei dem Überdruckverfahren war die Absorption der großen Mengen Reaktionswärme. Beim Haberverfahren ist diese verhältnismäßig klein, da nur 11% der Gase miteinander reagieren, während beim Claudeverfahren 40% der Gase unter 1000 Atm. Druck in einem sehr kleinen Volumen in Reaktion treten. In einem Rohr von nur 10 cm Durchmesser und 2 m Länge werden stündlich 60000 Cal frei. Diese enorme Wärmemenge muß bei der günstigsten Temperatur entfernt werden, d. h. bei einer Temperatur, bei der die Rohre nicht einfrieren und bei der andererseits das chemische Gleichgewicht nicht gestört wird, da die Rohre hierunter ebenfalls leiden müssen. Diese günstigste Temperatur ist ungefähr 550° C, und die Gase sollten mit dieser Temperatur in die Kontaktrohre eintreten. Zu diesem Zwecke werden beim Haberverfahren die Eintrittsgase durch die Austrittsgase geheizt. Beim Claudeverfahren findet innerhalb der Kontaktrohre ein Wärmeaustausch zwischen dem Katalysator und den Eintrittsgasen statt, so daß sie mit der richtigen Temperatur in die Kontaktmasse eintreten. Hierfür ist das vertikale Kontaktrohr in ein äußeres starkwandiges Druckrohr und in ein inneres Rohr zerlegt, welches den Katalysator enthält. Die Gase treten in den ringförmigen Raum zwischen den beiden konzentrischen Rohren unten ein, steigen an dem inneren Rohr empor, wobei sie sich anwärmen, und gelangen schließlich durch seine obere Öffnung in die Kontaktmasse, aus der sie unten zentral austreten. Diese Anordnung der Kontaktrohre erlaubt auch ihre Auswechslung gegen frische Katalysatoren in ungefähr derselben Weise, in der Geschütze mit Geschossen geladen werden.

Für den wirtschaftlichen Erfolg der Ammoniaksynthese ist der Preis des Wasserstoffs ausschlaggebend. Während bei dem Haberverfahren die Wasserstoffanlagen nur in größtem Maßstabe betrieben werden können, kann das Claudeverfahren auch dort eingerichtet werden, wo Wasserstoff in kleineren Mengen als Nebenprodukt entfällt. So können z. B. die an allen Industriezentren vorhandenen Kokeofengase als eine ausnahmsweise billige Wasserstoffquelle benutzt werden. Der Wasserstoff in diesen Gasen ist verunreinigt mit Stickstoff, Kohlenoxyd, Methan, Äthan, Butan, Äthylen, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff usw. Claudes Reinigungsverfahren beruht auf dem Prinzip der Gasverflüssigung und der Tatsache, daß sich Wasserstoff am schwersten verflüssigen läßt. Ein bei der Bethune Coal Co. in Nordfrankreich aufgestellter Apparat liefert 800 cbm reinen Wasserstoff stündlich aus Kokeofengasen, und eine Anlage, um daraus 3 Tonnen Ammoniak täglich herzustellen, ist jetzt im Bau.

Als Nebenprodukte der Gasreinigung erwartet Claude das gesamte in den Gasen enthaltene Benzol und Äthylen zu gewinnen.

Claude schätzt für Anlagen nach seinem Verfahren die Baukosten, auf die Tonne Ammoniak bezogen, auf weniger als die Hälfte der Baukosten für gleichgroße Anlagen nach dem Haberverfahren. (Solange die Besitzer der Haber- und der Claude-Patente, die Badische Anilin- und Soda-Fabrik und die Société Air Liquide, ihre Bau- und Betriebskosten geheimhalten, ist es natürlich für den Außenstehenden unmöglich, sich ein Bild von der Überlegenheit des einen oder des anderen Verfahrens zu machen. Es scheint mir, daß sich beide Verfahren in glücklicher Weise ergänzen. Während das Haberverfahren wohl nur für Anlagen allergrößten Stils in Frage kommt, kann das Claudeverfahren, dessen größte Einheit anscheinend nur 5000 kg Ammoniak täglich erzeugt, überall dort ausgeübt werden, wo kleinere Mengen Wasserstoff billig zur Verfügung stehen, wie z. B. bei Kokeereien und Wasserkraftwerken mit ungleichmäßiger Belastung. Über die Wirtschaftlichkeit dieser kleinen Ammoniakanlagen liegen m. W. noch keine Angaben vor, während das Haberverfahren seine Wirtschaftlichkeit in den Riesenanlagen in Oppau und bei Merseburg seit Jahren bewiesen hat.

Dr. F. Meyer. [A. 81.]

Ein Vorschlag zur Kohlenersparnis und zur Herstellung von Zement.

Von ERNST NATHO, beratender Chemiker, Essen-Bredeney.

(Eingeg. 20/4. 1923.)

Viel Brennstoff geht noch durch die Kesselschlacken und Aschen verloren.

Eine große Verbesserung ist hier schon durch die Schlacken-separation geschaffen und hierdurch sind recht gute Erfolge erzielt worden. Jedoch kommen diese Verfahren hauptsächlich für Steinkohlenaschen und -Schlacken in Betracht. Bei Braunkohlenaschen

ist die Sachlage eine andere. Da dieselbe ziemlich fein ist, läßt sich eine Separation mit den bei Steinkohle üblichen Vorrichtungen kaum vornehmen. Gerade aber die Braunkohlenaschen, wie sie den bei Dampfkesseln meist angewandten Treppenrostfeuerungen entfällt, enthält nach meinen Feststellungen noch häufig bis 50% Brennstoff. Dasselbe gilt auch für Generatoren.

Hier erhebt sich nun die Frage, ob diese Brennstoffmengen, die bisher nutzlos auf die Halde gefahren wurden, sich für unser Wirtschaftsleben nicht nutzbringend verwenden lassen. — An Versuchen, Braunkohlenaschen zu verwerten, hat es in neuerer Zeit nicht gefehlt. So hat Dr. Ing. Luftschitz, Dresden, versucht, diese Braunkohlenaschen, soweit sie basisch sind, zu Zementen und hydraulischen Bindemitteln zu verarbeiten, bei sauren Aschen setzt er Kalk zu.

Im ersteren Falle hat er, wenn er Zement herstellen will, den Vorteil gegenüber der Portlandzement-Herstellung, die Rohaufbereitung und den Brennstoff zum Brennen des Klinkers zu sparen. — Im zweiten Falle bietet allerdings das Verfahren keinen wirtschaftlichen Nutzen gegenüber der Portlandzement-Herstellung, da Kalkstein bezogen werden muß.

Ich halte aber auch diesen Weg zur Verwertung der Braunkohlenaschen in der jetzigen Zeit für praktisch ungangbar wegen seiner Kostspieligkeit und wegen eines anderen Punktes, der gleich Erwähnung finden wird.

Der Entfall einer guten Braunkohlenasche, die 40% Unverbranntes enthält, beträgt ca. 2%, wovon 0,8% Unverbranntes ist, 1,2% brennstofffreie Asche. d. h. 10 Doppelwaggon Braunkohle würden 1,2 Tonnen Zement ergeben.

Um nun aber Rohstoffe für eine Anlage von 3000 Doppelwaggon Zement jährlich zu haben, müßten pro Jahr 25000 Doppelwaggon, d. h. täglich 833 Doppelwaggon auf einer Stelle verfeuert werden. Aus diesen Ausführungen geht klar hervor, daß Dr. Luftschitz die generelle Verwertung der Braunkohlenaschen nicht erreicht hat, sondern nur in ganz vereinzelten Fällen unter Aufwendung ganz erheblicher Kosten, die die Verwertung im großen und ganzen zum Scheitern bringen dürften. Bei diesen Betrachtungen ist eine Rohbraunkohle vorgesehen, die erhebliche Mengen Wasser enthält.

Dieser Weg bietet, wie schon gesagt, kleineren Anlagen keine Lösung des Problems der restlosen Ausnutzung.

Jedoch ist dasselbe in verhältnismäßig einfacher Weise zu lösen durch die Kohlenstaubeuerung. Hiergegen könnte man einwenden, daß durch den Umbau von Kesselfeuerungsanlagen, abgesehen von den Betriebsstörungen, auch recht wesentliche Kapitalien verschlungen werden. — Es gibt nun aber einen verhältnismäßig einfachen Weg, das Ziel der restlosen Brennstoffausnutzung zu erreichen. Es ist nämlich nur erforderlich, z. B. bei einer Batterie von 10 Kesseln einen einzigen mit einer Kohlenstaubeuerung zu versehen. Dieser wird aber nicht mit Braunkohle, sondern mit trocken gelagerter Asche beheizt. Voraussetzung ist natürlich, daß dieselbe mindestens 40% Brennstoffe enthält, anderenfalls muß sie durch Frischbrennstoff beheizt werden. Ich selbst habe bei der Maschinenfabrik Walther, A. G., Köln-Dellbrück, Versuchen beigewohnt, wo eine derartige Asche mit bestem Erfolge verfeuert wurde. Die Temperatur wurde optisch mit 1700° gemessen und es wurde mit 18,5% Kohlendioxyd gefahren. Die Mahlfähigkeit der Asche war vorzüglich, da sie ein schwarzes Pulver mit gröberen Partikelchen darstellte. Der Kraftverbrauch war für das Mahlen wesentlich niedriger als bei Steinkohlen oder Brikettabrieb. Die Kohlenstaubeuerung gibt nach dem Ergebnis der Versuche eine Möglichkeit, die an anderen Stellen angesammelten Aschenhalde zu verwerten, vorausgesetzt, daß der Gehalt an Brennstoff genügt.

Diese Arbeitsweise habe ich aber noch rentabler gemacht dadurch, daß ich den Feuerungsraum der Kohlenstaubeuerung als Zementofen, resp. Calcinerofen benutzte. Es erübrigt sich dadurch gegenüber dem Luftschitzschen Verfahren der Bau von Öfen und Brikettierungsanlagen. Das Nathosche Verfahren (D.R.P. a.) kann auch für kleine Betriebe mit Erfolg angewandt werden.

Durch diese Anwendung der Kohlenstaubeuerung zum Verfeuern von Braunkohlenaschen unter gleichzeitiger Gewinnung eines geschmolzenen Zementklinkers ist die Möglichkeit gegeben, einen beträchtlichen Teil der erheblichen Steinkohlenmengen einzusparen, die heute für die Fabrikation des Portlandzementes verwandt werden.

Aber nicht allein die restlose Brennstoffausnutzung dürfte das Ideal sein, sondern die Arbeitsweise wird erst, wie schon erwähnt, rationell, wenn man wertvolle Abfallprodukte gewinnt unter gleichzeitiger Erzeugung von Dampf.

Die Schlacken gestatten nun, je nach ihrer Zusammensetzung, eine verschiedene Verarbeitung:

A. Basische Aschen, resp. Schlacken, schwefelarm, können zu geschmolzenem Zementklinker oder Traß verarbeitet werden.

B. Basische stark schwefelhaltige Schlacken gestatten die Gewinnung von geschmolzenem Zementklinker unter gleichzeitigem Entfall von Schwefelsäure.

C. Saure Schlacken können unter Zusatz von kohlen-saurem Kalk oder Ätzkalk (Carbidschlamm, Wasserreinigungsschlamm, Scheide-schlamm getrocknet) zu geschmolzenem Zementklinker oder Traß verarbeitet werden.

D. Saure Schlacken, die stark schwefelhaltig sind, können bei gleichen Zusätzen zu geschmolzenem Zementklinker oder Traß unter gleichzeitiger Gewinnung von Schwefelsäure verwendet werden.

E. Schlacken resp. Aschen basischer Natur können in der Kohlenstaubfeuerung oder auch in anderer Art zu chemischen Schmelzflüssen verarbeitet werden, wie z. B. Phosphatdüngemitteln usw.

Es ist hieraus zu ersehen, daß sämtliche Verfahren, die zum D.R.P. angemeldet sind, eine vielseitige Verwendung der Schlacken und Aschen in der Kohlenstaubfeuerung gestatten. Ich habe mich natürlich in meinen Schutzrechten nicht auf die Kohlenstaubfeuerung beschränkt.

A. Zement und Traß. Man unterscheidet Portlandzement, Eisenportlandzement, Hochofenzement, zementartige Bindemittel besonderer Fertigung, zementartige Bindemittel und Traß.

Portlandzement ist innig zu mischen aus Kalk und tonhaltigen Materialien derart, daß das Verhältnis von $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{CaO}$ nicht weniger als 1,7 beträgt. Zusätze nach dem Brennen mit Ausnahme zur Regelung der Abbindezeit dürfen nicht gemacht werden. Der Magnesiumgehalt darf nicht höher als 5% sein.

Ich halte diese Bedingungen sehr hindernd und nachteilig für eine freie Entwicklung der Portlandzementindustrie. Sie tragen den neueren Arbeiten und Forschungen in keiner Weise Rechnung. Man hat sich einfach auf das hydraulische Modul, dem Verhältnis von $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{CaO}$ festgelegt, mit dem man wohl im allgemeinen durchkommen kann, aber in manchen Fällen ist es ein absoluter Versager. Dagegen hat niemals das Verhältnis von $\text{SiO}_2 : 3\text{CaO}$ versagt. Das haben mir auch in den schwierigsten Verhältnissen meine Erfahrungen bestätigt. Es handelt sich hier um das Tricalciumsilikat, dessen Existenz deutsche Forscher leugnen, aber amerikanische Forscher anerkennen. Allerdings darf auch die Magnesia nicht außer acht gelassen werden, die stöchiometrisch als Kalk zu berechnen ist.

Dasselbe gilt auch für die schlechte Behandlung der Magnesia in den Normen. Amerikanische Forscher haben Zemente mit sehr hohem Magnesiumgehalt hergestellt, die sich tadellos bewährt haben. Das Mißlingen der Verarbeitung eines höheren Magnesiumgehaltes liegt meines Erachtens daran, daß erstens das Rohmaterial nicht genügend fein aufbereitet wird, und zweitens das Molekulargewicht der Magnesia unberücksichtigt geblieben ist. Mir ist es gelungen, einen einwandfreien Zement herzustellen, wenn ich diese Kautelen berücksichtigte. So z. B. ist ein Zement folgender Zusammensetzung absolut einwandfrei:

SiO_2	24,08
R_2O_3	15,53
CaO	42,81
Mg	17,58

15,29 SiO_2 werden im Verhältnis 1:2,8 an CaO gebunden. Der Rest der SiO_2 an MgO. Zu diesem Zwecke muß man natürlich MgO mit 1,4 multiplizieren ($\text{MgO} = 40$, $\text{CaO} = 56$). Das Unberücksichtiglassen der verschiedenen Molekulargewichte oder, was dasselbe heißt, ein zu geringer SiO_2 -Gehalt muß Treiben verursachen. Ich habe Arbeiten über diesen Punkt in der deutschen Literatur bisher nicht finden können.

Der Eisenportlandzement ist ein Gemisch von 70% Portlandzement und 30% aktiver Hochofenschlacke.

Hochofenzement ist ein Gemisch von 30% Portlandzement und 70% aktiver Hochofenschlacke. Ich halte diese Mischung nicht für richtig, da das Gemisch zuviel Kieselsäure enthält. Eine Mischung 50:50 dürfte das richtige sein.

Traß ist ein Produkt vulkanischer Tätigkeit, in welchem die Kieselsäure bei hohen Temperaturen aufgeschlossen ist. Dieses ist nur wegen der hohen Temperaturen technisch unmöglich, jedoch ermöglicht ein Kalkzusatz einen verhältnismäßig leichten Aufschluß. Zementartige Bindemittel besonderer Fertigung bestehen aus gesintertem Rohmaterial, das eine Spezialbehandlung durchgemacht hat, oder dem besondere Zusätze hydraulischer Art zugegeben sind.

Zementartige Bindemittel sind die bekannten gewöhnlichen Extra, d. h. gesinterte Rohstein unterhalb der Treibgrenze, der fein gemahlen wird und ähnliche, eine Art Naturzement, die die alten Normen erreichen.

Nach dieser Abschweifung kehre ich nun zu dem eigentlichen Thema zurück.

Zu diesem Zwecke möchte ich eine Durchschnittsanalyse von rheinischer Braunkohlenasche einer kritischen Betrachtung unterziehen,

um die verhältnismäßig einfache Durchführung meiner Anregungen leicht verständlich zu machen.

Nachstehend Durchschnitt von 18 Analysen einer rheinischen Braunkohlenasche:

Wasser	Verbrennbares	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Rest	S
0,515%	39,03%	3,89%	20,13%	28,92%	2,74%	3,53%	1,55%	0,03%

Gesintert resp. geschmolzen hat die Asche folgende Zusammensetzung:

SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO
6,96%	35,66%	51,3%	6,08%

Hierbei verflüchtigt sich Wasser, Verbrennbares, Rest (Alkalien) SO_3 und Schwefel. Bei 1100° wird Schwefeltrioxyd durch Siliciumdioxid ausgetrieben, Schwefel wird zu Schwefeltrioxyd oxydiert und dann ebenfalls durch Siliciumdioxid ausgetrieben. Natürlich findet nicht ein Sintern vorerst statt, sondern der Prozeß verläuft in der Kohlenstaubfeuerung gleich bis zum geschmolzenen Zementklinker. Dieses Rohmaterial muß aber eine Temperatur von etwa 1700° passiert haben, um die Bildung von Kalkaluminaten und Ferraten hervorzubringen. Bei 1400° würde ein stark treibender Zement gewonnen werden. Diese treibenden Eigenschaften ließen sich ohne Schwierigkeiten beseitigen, jedoch würde dann nur ein Zement mit einem Wirkungsgrad von 26% erzielt werden, der geringe Festigkeiten hätte und kolossal mit Ballast beladen wäre. Dieses läßt sich aber leicht vermeiden, wenn man die Temperatur auf 1700° treibt. Hierbei wird ein Wirkungsgrad von 83,206 erzielt. Allerdings zeigt das Schmelzprodukt den Übelstand, Löffelbinder zu sein und sich beim Anmachen stark zu erwärmen. Um nun eine derartige Braunkohlenasche zu einem normalen Zement zu verarbeiten, gibt es zwei Wege:

1. 87% Asche werden mit 13% Ton (SiO_2 59,4, Al_2O_3 16,83, Fe_2O_3 23%) preßfähig für eine Trockenpresse gemischt und gekollert. Am zweckmäßigsten ist es, Kollergang und Presse, auf dem Ofen aufzustellen (Beschickungsbühne). Die Beschickung erfolgt automatisch. Der Brennstoffgehalt der Masse beträgt dann an Koksasche 33,9561%. Bedenkt man nun aber, daß der Heizwert dieser Koksasche nur mit 2500 Calorien anzunehmen ist, und die Steinkohlenkoksasche 5000 Calorien aufweist, so resultiert immer noch ein Koksaschegehalt von 16,978%, der auf fertigen Zement berechnet 27,83% beträgt. Gegenüber der Portlandzement-Herstellung wird die Rohaufbereitung, abzüglich des Kollerns und des Pressens, und das gesamte Brennmaterial gespart, so daß das Verfahren einen ganz erheblichen wirtschaftlichen Nutzen bietet.

Der Zement ist dann folgendermaßen zusammengesetzt:

SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	Verhältnis $\text{SiO}_2 : \text{CaO} + \text{MgO}$	Wirkungsgrad	Binder
16,91	37,1	41,92	4,07	2,81	62,9	L

2. Man setzt der Braunkohlenasche 23% einer Staubsteinkohle folgender Zusammensetzung zu:

Feuchtigkeit (H_2O)	Kohle	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Unb.
6,0	40,0	30,2	5,94	12,31	0,918	4,05	0,54

Dieses Gemisch verfeuert man in einer Kohlenstaubfeuerung. Der erzeugte Zement hat dann folgende Zusammensetzung:

SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	Verhältnis $\text{SiO}_2 : \text{CaO} + \text{MgO}$	Wirkungsgrad	Abbindezeit
18,95	30,73	45,77	4,55	2,75	69,27	L

Dieses Verfahren bietet noch größere Vorteile als das erstere. Hierbei fallen sämtliche Kosten der Zementherstellung bis auf das Mahlen des Klinkers und Packen hinweg. Ein weiterer Vorteil ist, daß beide Komponenten das gleiche Litengewicht haben und sich schon in feinem Zustande befinden. Der Zement ist Langsambinder. Man ersieht hieraus, daß sich Zement noch auf sehr billigen Wege herstellen läßt, allerdings muß man dann die alte Zementbibel beiseite legen. Bei den 18 Analysen der rheinischen Braunkohlenasche unter gleichmäßigem Zusatz von 13% Ton werden folgende Schwankungen eintreten:

SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	Wirkungsgrad
13,93—20,95	30,86—40,86	35,28—48,56	0—6,84	61,24—92,11

Im Falle 2 liegen die Verhältnisse folgendermaßen:

SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	Wirkungsgrad
17,82—22,35	24,11—35,32	39,45—51,19	0,36—9,05	61,24—92,11

Ähnlich läßt sich auch die mitteldeutsche Braunkohlenasche verarbeiten.

Soll nun die rheinische Braunkohlenasche auf Traß verarbeitet werden, so ist natürlich der Zusatz von Ton resp. Staubkohle entsprechend höher zu bemessen. Für das Gemisch kommt ein Verhältnis von $\text{SiO}_2 : \text{CaO} = 1,87$ in Frage. Verwendet man Staubkohle oder saure Braunkohlenasche, so empfiehlt sich die Verarbeitung der Mischung in der Kohlenstaubfeuerung.

Im Falle 1 (Tonzusatz) treten folgende Schwankungen auf:

SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
24,08—29,31	32,43—44,89	28,67—38,01	0—6,95

Im Falle 2 liegen die Verhältnisse wie nachstehend angegeben:

SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
17,49—34,82	20,2—33,9	37,52—50,46	0,94—6,48

Selbstverständlich lassen sich an Stelle der Steinkohle saure Braunkohlenaschen, wie schon erwähnt, verwenden. Diese Gemische lassen sich bei genügendem Brennstoffgehalt mit Leichtigkeit ohne jeglichen Zusatz in der Kohlenstaubfeuerung verarbeiten.

B. Die Gewinnung von Zement und Schwefelsäure sei an einigen mitteldeutschen Braunkohlenaschen gezeigt. Es soll geschmolzener Zement und Schwefelsäure gewonnen werden. Hierzu ist es erforderlich, eine basische und eine saure Schlacke zu verwenden.

1. Basische Schlacke	2. Saure Schlacke
SiO ₂ 13,41	37,37
R ₂ O ₃ 11,64	29,83
CaO 45,66	16,21
MgO 3,7	3,77
SO ₃ 25,95	12,82

Der Zement hätte dann folgende Zusammensetzung:

SiO ₂ 21,51	Die Mischung bestand aus 100 Teilen basischer und 15 Teilen saurer Schlacke. Es werden dabei gewonnen
R ₂ O ₃ 18,09	31,66% Schwefelsäure.
CaO 53,82	
MgO 4,66	
SO ₃ 2,02	

SiO₂: CaO + MgO = 2,79. Wirkungsgrad 79,99%.

2. Beispiel.

1. Basische Schlacke	2. Saure Schlacke
SiO ₂ 10,12	37,37
R ₂ O ₃ 9,09	29,83
CaO 45,98	16,21
MgO 4,39	3,77
SO ₃ 30,52	12,82

Der Zement hätte dann folgende Zusammensetzung:

SiO ₂ 21,15	Die Mischung bestand aus 100 Teilen basischer Schlacke und 30,68 Teilen saurer Asche. Es werden dabei gewonnen 35,24 Schwefelsäure. Der Zement ist wegen eines hohen SO ₃ -Gehaltes zu beanstanden.
R ₂ O ₃ 17,89	
CaO 49,97	
MgO 5,44	
SO ₃ 5,55	

SiO₂: CaO + MgO = 2,72.

Fügt man nun aber 6,17 Teile Kieselgur (5,65% SiO₂) und 31,63 Kreide hinzu, würde folgender Zement erhalten:

SiO ₂ 22,98	Verhältnis von SiO ₂ : CaO + MgO = 2,79 Schwefelsäure-
R ₂ O ₃ 15,39	ausbeute 42% auf Zement berechnet. Wirkungsgrad
CaO 57,8	des Zementes 84,61.
MgO 3,83	

Wollen wir aus den drei Rohmaterialien Traß herstellen, sind die Mischungen folgendermaßen:

Fall 1. 100 Teile basische Schlacken werden mit 46,33 saurer Asche-gemischt.

Es resultiert ein Traß folgender Zusammensetzung:

SiO ₂ 26,69	
R ₂ O ₃ 22,19	Es wurden gewonnen 26,69% Schwefelsäure.
CaO 46,31	
MgO 4,81	

Fall 2. 100 Teile basische Asche werden mit 57,04% Teilen saurer Schlacke gemischt. Es resultiert dann ein Traß folgender Zusammensetzung:

SiO ₂ 27,44	
R ₂ O ₃ 21,55	Es würden 24,72% Schwefelsäure gewonnen.
CaO 45,6	
MgO 5,41	

Beispiele für saure Aschen nach C u. D dürften sich erübrigen, da sie analog durchgeführt werden. Am empfehlenswertesten ist eine Verarbeitung von sauren und basischen Aschen in richtiger Mischung, was besonders vorteilhaft ist, da es sich dann um Komponenten handelt, die das gleiche Litergewicht haben, eine Entmischung ist dann ausgeschlossen.

Für Punkt E seien folgende Beispiele angeführt. Verwendung findet ein sehr fein gemahlene ausländisches Rohphosphat. Weitere Bedingung ist, daß das Gemisch geschmolzen wird, da sonst ein Aufschluß der Phosphorsäure nicht bewirkt wird. Eine bloße Sinterung genügt nicht.

1. Rohphosphat

SiO ₂ 13,57
R ₂ O ₃ 9,05
CaO 37,18
MgO 0,79
P ₂ O ₅ 24,66

2. Braunkohlenasche (rheinisch)

1,59
18,72
24,4
3,38
—

Zusammensetzung des Düngemittels:

SiO ₂ 11,31
R ₂ O ₃ 20,71
CaO 46,4
MgO 3,19
P ₂ O ₅ 18,39

Die Mischung war aus gleichen Teilen Phosphat und Braunkohlen, Asche, zusammengesetzt.

Es kann aber auch mit einem Teil Phosphat und zwei Teilen Asche gearbeitet werden.

Hierdurch wird der Phosphorgehalt allerdings auf etwa 12% herabgedrückt, bleibt aber immer noch in den Grenzen des Rhenaniaphosphats. Der Vorteil ist aber, daß eine ganz erheblich geringere Zufuhr von Frischbrennstoff erforderlich ist, und die Produktion erheblich verbilligt wird. Die Zusammensetzung des Produktes ist dann folgende:

SiO ₂ 8,57%
R ₂ O ₃ 23,78%
CaO 51,43%
MgO 3,6%
SiO ₂ 12,62%

Von Phosphorsäure und Kieselsäure wird in beiden Fällen nicht der gesamte Kalk gebunden. Es müßte demnach das Brenngut, wenn es gesintert wäre, stark treiben. Dieses ist aber bei Schmelzung ausgeschlossen. Es dürfte der freie Kalk durch die Schmelzung an Tonerde und Eisen gebunden sein. Beim Rhenaniaphosphat dagegen wird sämtlicher Kalk an Kieselsäure gebunden, so daß das Produkt auch bei Sinterung nicht treiben kann. Interessant ist in dieser Beziehung die Durchrechnung von Thomasmehlanalysen. Diese weisen in der Regel freien Kalk auf, der weder von Phosphorsäure noch von Kieselsäure abgesättigt wird, und trotzdem treiben diese Produkte nicht, wie es eigentlich nach den Erfahrungen der Zementindustrie hätte erfolgen müssen. Es erhellt hieraus am besten, daß zwischen einem gesinterten und geschmolzenen Produkt im chemischen Aufbau ein wesentlicher Unterschied besteht.

Sämtliche Produkte erreichen den Gehalt der Rhenaniaphosphate an Phosphorsäure, sind aber erheblich billiger herzustellen. Es dürfte sich, wie schon gesagt, empfehlen, die mageren Mischungen zu nehmen, da hierdurch besonders an Brennstoff gespart wird. Die Vorteile der neuen Herstellung sind einleuchtend:

1. Geringer Brennstoffverbrauch.
2. Geringere Aufbereitungskosten.
3. Nutzbarmachung des Brennstoffs zur Dampferzeugung.

Diese meine Ausführungen zeigen, daß die Kohlenstaubfeuerung ein idealer Apparat zur Erzeugung von

1. Geschmolzenem Zementklinker,
2. Schwefelsäure,
3. Traß,
4. Phosphatdünger

ist. Hierdurch wird die Herstellung dieser Produkte durchschlagend verbilligt, was im Interesse der Verbraucherschaft liegt. Außerdem kommt noch eine wesentliche Frachtersparnis hinzu, und die Braunkohle erhält als wirtschaftlicher Faktor eine ganz besondere Bedeutung.

Es soll allerdings nicht verschwiegen werden, daß bei der Kohlenstaubfeuerung noch ein Mangel zu überwinden ist, nämlich die Erzeugung eines feuerfesten Steines, der den dort auftretenden Temperaturen standhält. Bisher hat in der Kohlenstaubfeuerung jegliches feuerfeste Material bei höherer Beanspruchung versagt, vor allen Dingen, wenn es sich um basische Aschen handelt.

Ich war nun bestrebt, gemeinsam mit einem erfahrenen Feuerungstechniker einen geeigneten Stein herzustellen. Die Vorversuche haben ergeben, daß der beschrittene Weg der richtige ist. Bestätigen nun weitere größere Versuche die Vorversuche, so dürfte auch diese Frage gelöst sein

[A. 87.]

Über die heutige Schreibweise des periodischen Systems der Elemente.

Von Prof. Dr. FRITZ PANETH, Berlin.

(Eingeg. 6./6. 1923)

Die Bohrsche Theorie des Atombaus, deren hoher Wahrheitsgehalt dem Physiker schon seit Jahren wegen ihrer unvergleichlichen Leistungen auf spektroskopischem Gebiet gewiß war, hat bekanntlich vor kurzem auch zu einem großen chemischen Erfolge geführt: Die