

## Aluminatschmelzzemente aus ungarischen Bauxiten.

Von Dr. J. VARGA.

(Chemisch-Technisches Institut der königl. ung. Technischen Hochschule, Budapest.)

(Eingeg. 22. November 1926.)

Nach dem Kriege wurden bei Gánt und bei Halimba in Transdanubien, innerhalb der durch den Friedensvertrag festgesetzten Grenzen Ungarns zwei größere Bauxitvorkommen aufgeschlossen. Die Menge des an diesen beiden Lagerstätten vorhandenen Bauxits wird auf Grund der Versuchsbohrungen auf über 200 Millionen Tonnen geschätzt.

Die Bauxite der beiden Vorkommen sind voneinander in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr verschieden; die von Halimba enthalten im allgemeinen viel Eisenoxyd und wenig Kieselsäure, die von Gánt mehr Kieselsäure neben weniger Eisenoxyd. Die

Tabelle 1

Prozente:	Bauxit von	
	Gánt	Halimba
Feuchtigkeit	0,5 — 1,0	0,5 — 1,0
Glühverlust	13,0 — 15,0	23,0 — 29,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58,0 — 66,0	44,0 — 48,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,0 — 15,0	23,0 — 31,0
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	vorhanden
SiO <sub>2</sub>	4,0 — 9,0	0,9 — 2,0
TiO <sub>2</sub>	1,5 — 3,2	0,5 — 2,1
SO <sub>3</sub>	—	0,3 — 0,8

extremen analytischen Daten der charakteristischen Vorkommen zeigt Tabelle 1.

Ich habe es für notwendig gehalten, diese auf ihre Eignung zur Herstellung von Aluminatzement vergleichend zu untersuchen.

Je eine Sorte der genannten Bauxite habe ich mit Kalkstein geschmolzen und ich habe versucht, Zemente herzustellen, die unter der Sinterungstemperatur der Portlandzemente schmelzen. Zur Herstellung der Aluminatschmelzzemente wird in den meisten Veröffentlichungen<sup>1)</sup> eine Mindesttemperatur von 1400° und

## Arbeitsweise.

Die Schmelzen wurden in einem Tiegelofen (Kohlentiegel mit 3 Liter Inhalt) hergestellt, der durch einen Gebläsebrenner mit Leuchtgas von 3200 Kal. geheizt wurde. Bei einigen Versuchen mußten wir das Gas mit Benzin karburieren. Die Tiegel wurden beim Erhitzen allmählich aufgeschlossen, so daß sie durchschnittlich zur Herstellung von 5 bis 10 Schmelzen geeignet waren. Für eine Untersuchung haben wir 10 bis 20 kg Schmelze in Chargen von 2 kg hergestellt. Obwohl die Mischungen von Bauxit und gebranntem Kalk stets schneller zum Schmelzen gebracht werden konnten, wie die Mischungen von Bauxit und Kalkstein der gleichen Zusammensetzung, haben wir bei den hier beschriebenen Versuchen nur Mischungen verwendet, die aus Bauxit und Kalkstein hergestellt worden waren. Die Zusammensetzung der Schmelze stimmte mit der aus der Mischung berechneten Zusammensetzung bei keinem Versuch genau überein, einerseits infolge des Aufschlusses der Tiegel, andererseits infolge der reduzierenden Wirkung des Tiegelkohlenstoffes auf das Eisenoxyd. Der Zeitpunkt des Schmelzens wurde mit Hilfe eines Kobaltglasspiegels genau beobachtet und die Schmelze danach noch 5 bis 30 Minuten lang erhitzt. Bei einem Teil der Versuche erfolgte die Abkühlung im Ofen selbst, indem die Heizung so reguliert wurde, daß der Tiegel 4 Stunden nach Eintritt des Schmelzens bis unter Rotglut abgekühlt worden war (langsame Kühlung). Bei anderen Versuchen wurde die leichtflüssige Schmelze auf eine Eisenplatte gegossen (schnelle Kühlung).

Das Schmelzen der zu einem Versuch gehörenden Chargen wurde stets bei genau gleichgehaltenen Bedingungen durchgeführt. Die Mischungen für mehrere Versuche wurden in einer Operation hergestellt. Die aus einzelnen Chargen gesammelte Schmelze eines Versuches wurde nach mehrtägigem Lagern gemahlen und durch ein Sieb von 4900 Maschen/qcm gesiebt. Zu dem durchgefallenen Teil wurden 3 bis 5 % des zwischen dem Sieb von 2400 und 4900 Maschen/qcm verbleibenden Teiles zugemischt. Die Zemente des 6. bis 10. Versuches wurden feiner gemahlen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4.

Versuch-Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Anmachewasser in %	25	25	25	25	28	30	27	25,5	26	26	28	30	
Temperaturerhöhung in C°	nicht geprüft	12,6	nicht geprüft	15	14,4	11,4	6,1	12	6,1	6,0	—	11,3	
Erhärtungsbeginn in Stunden u. Minuten	4,50	4,40	5,15	4,50	1,30	1,26	4,15	2,54	6,55	6,25	2,10	0,17	
Abbindezeit in Std. u. Min.	7,30	7,30	7,40	8,30	2,50	4,34	2,35	1,30	3,15	1,55	4,00	4,10	
Kochprobe	be- standen	be- standen	be- standen	be- standen	be- standen	be- standen	nicht geprüft	nicht geprüft	nicht geprüft	nicht geprüft	be- standen	be- standen	
Raumbeständigkeitsprobe	be- standen	be- standen	be- standen	be- standen	be- standen	be- standen	nicht geprüft	nicht geprüft	nicht geprüft	nicht geprüft	be- standen	nicht be- standen	
Mahlfeinheit													
Rückstand in %													
auf 900 M. Sieb	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	
auf 4900 M. Sieb	5,5	3,2	4,0	2,25	5,2	0,5	0,8	2,1	1,8	2,1	7,9	7,8	
auf 10000 M. Sieb	16,4	15,6	12,9	8,15	14,0	4,2	8,6	11,0	10,7	10,2	13,5	11,4	

eine Durchschnittstemperatur von 1450—1550° für notwendig gehalten.

E. Berl und Fr. Löblein<sup>2)</sup> finden den tiefsten Schmelzpunkt der aus chemisch reinen Komponenten hergestellten aluminiumoxydreichen Schmelzzemente bei 1325 ± 5° bis 1365 ± 5°; diese Zemente erreichen aber die Druckfestigkeiten des normalen Portlandzementes nicht.

<sup>1)</sup> Ref. von A. Troche: Beton u. Eisen 1923, S. 271; Ref. von L. Zimmermann: Der Bauingenieur 1924, S. 179; G. Adge und R. Klemm: Ztschr. angew. Chem. 1926, S. 177.

<sup>2)</sup> E. Berl und Fr. Löblein, Zement 1926, S. 718.

In den Zementen wurden nur die wichtigsten Bestandteile bestimmt, der Gehalt an FeO wurde aus einem gesonderten Aufschluß mit Permanganat titriert.

Die Festigkeitsprüfungen hat das königl. ungarische Materialprüfungsinstitut an Probekörpern durchgeführt, die mit Wiener Normalsand im Verhältnis 1:3 bei Normalkonsistenz mit der Tetmajerschen Fallramme hergestellt worden waren. Im allgemeinen wurden 6 Probekörper untersucht und der Mittelwert der vier größten Zug- und Druckfestigkeiten in der Tabelle aufgenommen. Bei dem 6.—10. Versuche wurde nur die Zugfestigkeit mit vier Probekörpern bestimmt.

Den Schmelzpunkt der Zemente haben wir in einem mit Gas oder elektrisch geheizten Ofen mit Segerkegel bestimmt;

die Versuchskegel wurden entweder aus dem rohen Klinker oder aus dem unter hohem Druck gepreßten Klinkermehl hergestellt.

Tabelle 2

Prozente:	Bauxit von		Kalkstein
	Gánt	Halimba	
Glühverlust	15,68	25,00	43,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	61,15	47,18	0,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,80	24,38	0,52
Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	—	0,53	—
SiO <sub>2</sub>	5,60	0,93	0,77
TiO <sub>2</sub>	2,78	2,04	—
SO <sub>3</sub>	—	0,44	Spuren
CaO	—	—	55,06
MgO	—	—	0,40
Summe	100,01	100,35	99,86

In der Tabelle 2 sind die analytischen Daten der verwendeten Bauxite und des Kalksteines zusammen-

### Besprechung der Versuchsergebnisse.

Der Bauxit von Gánt gibt mit Kalkstein im Verhältnis 1 : 1,1 gemischt und geschmolzen Zemente, deren Schmelzpunkte zwischen SK 13 und 15 (1380° C bis 1435° C) liegen (Versuch 1, 2, 3 und 4). In der chemischen Zusammensetzung weichen diese voneinander nur wenig ab, auch ihre Abbindezeiten und Festigkeitsdaten sind ziemlich gleich. Bei den mit schneller und mit langsamer Kühlung hergestellten Zementen fanden wir keine so große Festigkeitsunterschiede wie Berl und Löblein, die aus chemisch reinen Stoffen hergestellte Zemente zwecks schneller Kühlung in Wasser tropfen ließen. Obwohl man in der Praxis die Aluminatzemente der leichteren Handhabung wegen mit Wasser kühlt, haben wir diese Art der schnellen Kühlung nicht angewendet, weil sich an der Oberfläche der Zementperlen unter Wirkung des Wassers eine Aluminiumhydroxydschicht bildete.

Tabelle 3.

Rohmaterial		Mischung Bauxit/ Kalkstein	Dauer des Erhitzens nach vollkomm. Schmelzen	Abkühlung	A n a l y s e (Prozente)							Gesamt Eisen als Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Schmelz p. in Seger K.
Gänter	Halimbaer				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	SiO <sub>2</sub> TiO <sub>2</sub>	Summe			
Bauxit													
1.		1 : 1,1	5'	langsam	44,02	39,00	2,51	6,20	8,41	100,14	9,39	14 (1410°)	
2.		1 : 1,1	5'	schnell	44,91	37,63	1,75	7,08	8,69	100,06	9,61	15 (1435°)	
3.		1 : 1,1	30'	langsam	44,15	38,50	2,21	5,97	9,39	100,22	8,83	13–14 (1380°–1410°)	
4.		1 : 1,1	30'	schnell	44,96	37,66	1,22	6,82	9,43	100,09	8,76	15 (1435°)	
5.		1 : 1,2	5'	schnell	41,77	42,37	4,05	4,90	6,81	99,90	9,49	8–9 (1250°–1280°)	
6.		1 : 1,2	30'	schnell	41,56	42,23	2,84	5,76	7,63	100,02	9,24	9 (1280°)	
7.		1 : 1,2	30'	langsam	40,40	41,50	1,82	3,61	12,19	99,52	5,87	16 (1460°)	
8.		1 : 0,95	15'	langsam	44,11	34,40	3,08	5,93	12,34	99,86	9,67	16–17 (1460°–1480°)	
9.		1 : 0,95	45'	langsam	45,22	35,00	2,80	2,98	13,50	99,50	6,10	16–17 (1460°–1480°)	
10.		1 : 0,95	90'	langsam	44,00	37,80	1,97	2,69	13,52	99,98	4,88	16–17 (1460°–1480°)	
	11.	1 : 0,79	5'	schnell	38,66	36,49	9,49	9,84	5,05	99,53	20,42	8 (1250°)	
	12.	1 : 1,0	5'	schnell	35,97	40,29	7,70	10,44	5,22	99,62	19,30	7–8 (1230°–1250°)	
	13.	1 : 1,36	5'	schnell	30,91	46,89	6,96	8,82	5,66	99,24	16,76	8–9 (1250°–1280°)	

Tabelle 5.

Zeit	1.		2.		3.		4.		5.		6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Wass.	Wass.	Wass.	Wass.	Wass.	Luft	Wass.	Wass.
	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lag.	Lag.	Lag.	Lag.	Lag.	Lagerung	Lag.	Lag.
2 Tage	30,7	29,4	29,5	28,9	29,4	28,2	30,9	33,5	37,9	34,6	36,5	39,2	25,8	35,3	33,8	32,0	32,7	31,8
3 Tage	30,4	27,9	28,8	32,2	28,1	30,0	32,7	32,3	42,4	38,9	34,6	41,9	26,1	31,0	33,2	32,4	34,1	33,4
7 Tage	30,7	31,8	29,3	28,8	28,5	28,7	33,6	35,5	44,8	37,1	38,8	47,4	27,3	32,1	27,9	33,6	34,4	37,1
28 Tage	34,4	29,1	37,0	33,6	33,2	28,3	37,9	38,2	47,4	43,9	44,2	47,2	30,7	30,6	33,2	41,2	41,7	36,5
3 Monate	30,8	36,2	—	—	35,4	32,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6 Monate	33,9	38,4	—	—	36,5	37,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12 Monate	38,5	42,1	—	—	44,3	44,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 6.

Zeit	1.		2.		3.		4.		5.		11.		12.		13.	
	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser	Luft	Wasser
	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung	Lagerung
2 Tage	598	592	621	696	600	516	639	658	629	613	530	585	—	567	—	—
3 Tage	606	629	618	723	668	574	671	708	635	637	539	594	—	574	—	—
7 Tage	672	701	645	718	720	612	643	772	639	710	594	699	—	579	—	—
28 Tage	709	714	667	800	650	688	656	742	724	807	608	707	—	643	—	—
3 Mon.	792	770	—	—	756	718	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6 Mon.	804	823	—	—	774	782	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12 Mon.	783	791	—	—	777	776	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

gefaßt. Tabelle 3 zeigt die Versuchsangaben sowie die analytischen Daten der Zemente, Tabelle 4 enthält die Abbindeverhältnisse und die Mahlfeinheit, Tabelle 5 die Zugfestigkeiten (in kg/qcm) und Tabelle 6 die Druckfestigkeiten (in kg/qcm) der enthaltenen Produkte.

Auch die Versuche, bei welchen die Zemente 30 Minuten lang in Schmelzfluß gehalten worden sind, zeigten — falls kein Eisenoxyd in größeren Mengen reduziert wurde — keine wesentliche Veränderung der Produkte. Die Feststellung von Berl und Löblein.

daß „der Schmelzprozeß peinlichst genau geleitet werden mußte — 5 Minuten längeres Verweilen im Schmelzflusse hatte oft die vollkommene Unbrauchbarkeit des Zements infolge starker Carbidbildung und erheblicher Verflüchtigung verschiedener Bestandteile zur Folge“, gilt offenbar nur für den elektrothermischen Betrieb bzw. für hohe Temperaturen.

Die Festigkeit der Probekörper des 1. und 3. Versuches wurde auch nach drei, sechs und zwölf Monaten bestimmt. Die Druckfestigkeit zeigt im zwölften Monat einen Rückfall, die Zugfestigkeit jedoch wurde größer.

Aus der Mischung von Gánter Bauxit mit Kalkstein im Verhältnis 1:1,1 wurden Zemente hergestellt, die bei etwa 1400° schmelzen, nach etwa fünf Stunden zu erhärten beginnen und nach acht Stunden erhärten. Bei einem Mischungsverhältnis von 1:1,2 wurden Zemente erhalten, die wesentlich leichter schmelzen (SK 8—9, 1250—1280°), die bereits nach 1,5 Stunden zu binden beginnen und auch schneller erhärten (Abbindezeit 2h50'—4h35'). Der Zement des 5. Versuches zeigt bessere Festigkeitseigenschaften wie die Produkte der Versuche 1—4. Während letztere nach zwei Tagen etwa 30 kg, nach 28 Tagen 35 kg Zugfestigkeit zeigten, war die Zugfestigkeit bei dem Zement des 5. Versuches in derselben Zeit 35—45 kg. Dieser Versuch zeigt, daß bei Temperaturen, die beinahe um 200° unter der Sintergrenze des Portlandzementes liegen, ein Schmelzzement gewonnen werden kann, dessen Festigkeitseigenschaften die des Portlandzementes weit übertreffen. Aus dem Zement des 6. Versuches (langsame Kühlung) wurden nur kleine Mengen hergestellt und nur auf Zugfestigkeit geprüft.

Um einen Zement zu erhalten, dessen Tonerdegehalt den Kalkgehalt überragt, mußte der Bauxit von Halimba mit weniger Kalkstein geschmolzen werden wie der bisher besprochene Bauxit von Gánt. Der Schmelzpunkt des Zementes liegt tiefer als bei dem des 5. Versuches (SK 8. 1250°), und obwohl seine Festigkeitsdaten nicht so hoch sind wie die des letzteren, so liegen sie doch über den Durchschnittsfestigkeiten des Portlandzementes. Diese hohen Festigkeiten sind deshalb beachtenswert, weil der auf Ferrioxyd umgerechnete Gehalt an Ferro- und Ferrioxyd der Zemente ca. 20% beträgt. Bei reduzierender Heizung kann also auch aus dem eisenoxydreichen Bauxit von Halimba ein geschmolzener Aluminatzement hergestellt werden, dessen Anfangsfestigkeiten die des Portlandzementes übertreffen.

Der Zement des 12. Versuches beginnt zu schnell zu erhärten, der des 13. Versuches bindet so schnell ab, daß seine Verarbeitung nicht mehr möglich war.

#### Versuche über die teilweise Enteisung der Zement-schmelzen.

Bei dem 1. und 3. Versuch habe ich beobachtet, daß die erstarrte Zementschmelze kleine Eisenkörner enthält. Bei dem 7.—10. Versuch habe ich deshalb untersucht, wieviel Prozente des Eisenoxydgehaltes durch die reduzierende Heizung bei allmählich gesteigerter Temperatur zu metallischem Eisen reduziert werden können.

Der Rohstoff des 7. Versuches war derselbe wie bei dem 5. und 6. Versuch; in 2,70 kg Mischung (1,09 kg Bauxit) waren dem Eisenoxydgehalt entsprechend 112 g Eisen enthalten. Am Boden des Tiegels fanden wir einen Eisenregulus von 42 g. Es wurden also 37% des Eisenoxydgehaltes reduziert. Infolge der teilweisen Reduktion des Eisens war der Schmelzpunkt des Zementes um etwa 200° höher (als bei Versuch 5 und 6), der  $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$ -Gehalt stieg auf nahezu 12%. Auch der Beginn des Erhärtens tritt bei diesem Zement später

ein, und seine Zugfestigkeit wird größer. (Die Druckfestigkeit konnte nicht festgestellt werden.)

Im Laufe des 8., 9. und 10. Versuches wurden 2,7 kg Mischung (1,38 kg Bauxit) geschmolzen. Bei dem 8. Versuch wurden nur einige Gramme Eisen gefunden, bei dem 9. Versuch entstand ein Regulus von 66 g, entsprechend 44% des Eisenoxydes, bei dem 10. Versuch 82 g, entsprechend 55% reduziertem Eisenoxyd. Auch bei diesen Versuchen war eine Verlängerung der Abbindezeit und eine Vergrößerung der Zugfestigkeit durch die teilweise Enteisung verursacht worden.

Den Kohlenstoffgehalt des gewonnenen Eisens zeigt Tabelle 7.

Tabelle 7

Versuch Nr.	7	8	9	10
C Prozent	3,89	2,68	2,30	2,79

Die Untersuchung der mittels teilweisen Enteisung gewonnenen Aluminatzemente aus Halimbaer Bauxit ist jetzt im Gange.

#### Vergleichende Versuche mit Portlandzementrohstoff.

Da die Zemente des 5., 6. und 11. Versuches bei Temperaturen schmelzen, die um mehr als 150° unter der Sinterungstemperatur des Portlandzementes liegen, wurden mit den Mischungen auch Sinterungsversuche durchgeführt. Zum Vergleich wurde dann in denselben Tiegeln, bei gleichen Temperaturen und bei der gleichen Erhitzungsart ein Portlandzementrohstoff erhitzt.

Aus den Mitteilungen von Grün<sup>3)</sup> ist es bekannt, daß gesinterte Aluminatzemente von selbst zerrieseln und daß sie größere Anfangsfestigkeiten zeigen wie die durch Schmelzen gewonnenen Produkte. Da die Schmelzpunkte unserer Zemente bekannt waren, konnten die rohen Mischungen bei verschiedenen Temperaturen unter dem Schmelzpunkt erhitzt werden. Sowohl die Mischungen vom Gánter, wie die vom Halimbaer Bauxit (5., 6. und 11. Versuch) wurden zu Probekörpern mit 15×15×7,5 cm Kantenlänge gepreßt, und diese Ziegel in einem Muffelofen (40×40×60 cm) nach langsamer Trocknung erhitzt. Die Temperatur wurde mit einem Thermoelement gemessen, dessen Ende zwischen den Probekörpern lag. Die Ziegel wurden 10½ Stunden lang erhitzt, ½ Stunde lang bei der gewünschten maximalen Temperatur.

Die aus der Mischung des 5. Versuches gepreßten Ziegel zeigten bei 1200° nur eine beginnende Sinterung, bei 1230° waren sie gesintert und bei 1250° trat bereits ein teilweises Schmelzen ein. Die bei dieser Temperatur gesinterten Ziegel zerrieselten nur nach drei Wochen, die Produkte der tieferen Temperaturen früher.

Die aus der Mischung des 11. Versuches hergestellten Ziegel (Halimbaer Bauxit) zeigten bei 1180° beginnende, bei 1210° vollkommene Sinterung, bei 1240° waren sie teilweise schon geschmolzen. Auch diese Stoffe zerrieselten von selbst.

Bei diesen Versuchen wünschte ich den Schmelzpunkt der Zemente mit dem Thermoelement bei solchen Versuchsbedingungen zu kontrollieren, die eine Verunreinigung der Rohstoffe mit fremden Stoffen ausschließen. Auch beweisen diese Versuche, daß die zur Sinterung, und die zum vollkommenen Schmelzen notwendigen Temperaturen bei den genannten Mischungen sehr nahe zueinander liegen. Nach Berl und Löblein (l. c.) sind die Sinterungs- und Schmelztemperaturen der Aluminatzemente nur um einige Grade voneinander verschieden.

<sup>3)</sup> Zement, 1924, S. 39.

Um das Schmelzen des Aluminatzementes (5. Versuch) mit der Sinterung des Portlandzementes in bezug auf den Brennstoffbedarf annähernd vergleichen zu können, wurde der getrocknete Schlamm einer „hochwertigen Portlandzement“ herstellenden Fabrik bei den Versuchsbedingungen des 5. Versuches erhitzt. Der getrocknete Schlamm wurde durch ein Sieb mit 2400 Maschen/qcm gesiebt. Gleiche Mengen der Aluminatzementroh Mischung und des Portlandzementrohstoffes wurden bei gleichen Versuchsbedingungen vorgewärmt und im Tiegelofen erhitzt. Das Schmelzen der Bauxitkalktseemischung war nach 1 Stunde 50 Minuten vollendet, während der Portlandzementrohstoff nach 2 Stunden bei derselben Temperatur erhitzt noch Kohlensäure enthielt und nur teilweise gesintert war. Zum Schmelzen eines Aluminiumzementes ist also weniger Brennstoff erforderlich wie zur Sinterung eines Portlandzementes im Tiegelofen.

Im weiteren wurde das Mahlen eines Portlandzementklinkers mit dem Mahlen der zu wallnußgroßen Stücken zerschlagenen Aluminatzemente des 5. und 11. Versuches verglichen. Bei gleicher Kugelzahl und Umdrehungen der 100 l fassenden Kugelmühle gaben 10–10 kg der Versuchssubstanzen nach 7,5 Stunden folgende Ergebnisse:

Siebrückstand in Prozent auf	900 M. S.	4900 M. S.
Portlandzementklinker . . . . .	4,2	15,0
Aluminatzement des 5. Versuches . . . . .	3,2	8,0
Aluminatzement des 11. Versuches . . . . .	2,8	9,1

Die beiden Aluminatzemente wurden also feiner gemahlen wie der Portlandzementklinker. Auch das Mahlen der Zemente der Versuche 1–4 war leicht, nur diejenigen Klinker waren sehr hart, aus welchen größere Mengen Eisen reduziert wurden, deren Struktur 1–2 mm große Kristalle aufwies.

#### Zusammenfassung.

1. Die Haupttypen der ungarischen Bauxitvorkommen sind zur Herstellung von Aluminatzement gut geeignet.
2. Der eisenoxydreiche und kieselsäurearme Bauxit von Halimba ist für die Herstellung von Aluminatzement dem weniger Eisenoxyd und annähernd 8%  $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$  enthaltendem Bauxit von Gánt gleichwertig.
3. Aus beiden genannten Typen kann ein Aluminatzement hergestellt werden, dessen Schmelzpunkt

zwischen SK. 8 und SK. 9 liegt (1250–1280°) und der in bezug auf Festigkeitseigenschaften (besonders Anfangsfestigkeiten) die besten Portlandzemente übertrifft.

4. Beim Erhitzen im Tiegelofen benötigt die Herstellung eines — in bezug auf Festigkeitseigenschaften dem Portlandzement überlegenen — Aluminatzementes einen geringeren Brennstoffaufwand als die Sinterung des Portlandzementes.

5. Die bei niedrigen Temperaturen schmelzenden Aluminatzemente können im Kohletiegel auch eine Stunde lang im Schmelzfluß gehalten werden, ohne daß sich ihre Festigkeitseigenschaften verschlechtern.

6. Die langsame oder schnellere Kühlung des Aluminatzementes beeinflusst die Festigkeitseigenschaften nicht wesentlich.

7. Bei der Erhitzung auf beinahe 1500° im Graphit-Chamottetiegel können in 1½ Stunden nur 55,5% des Eisengehaltes der untersuchten Mischungen zu Roheisen mit 2,3–3,9% Kohlenstoffgehalt reduziert werden.

8. Bei der teilweisen Enteisung wird der Beginn des Abbindens zeitlich verschoben, die Zugfestigkeit wird erhöht. (Auf Druckfestigkeit konnte nicht geprüft werden.)

9. Der auf wallnußgroße Stücke zerschlagene Klinker eines bei niedrigen Temperaturen hergestellten Aluminatzementes kann mit geringerem Energieaufwand gemahlen werden, wie der Klinker eines im Drehofen hergestellten Portlandzementes.

10. Die Sinterungstemperatur der im Laufe dieser Arbeit hergestellten, zwischen SK. 8 und SK. 9 schmelzenden Aluminatzemente liegt ihren Schmelzpunkten nahe. Auch die vollkommene Sinterung zeigenden Klinker zerrieselten nach 2–3 Wochen.

Die hier beschriebenen Untersuchungen wurden mit der materiellen Unterstützung der ungarischen Naturwissenschaftlichen Stiftung durchgeführt und werden in einer Versuchseinrichtung fortgesetzt, welche die Herstellung der für die eingehenden Untersuchungen nötigen Mengen von Aluminatzement in einer Charge gestattet.

Herrn Prof. von Bresztovszky, dem Leiter des königl. ung. Materialprüfungsinstitutes, der die Durchführung der Festigkeitsprüfungen möglich machte, und Herrn Dipl.-Ing. A. Retezár, der mir bei sämtlichen Versuchen behilflich war, möchte ich auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen. [A. 356.]

## Bleikorrosion durch Mineralquellen.

Von Dr. P. KAJA.

Staatl. Hessisches Institut für Quellenforschung in Bad Nauheim.

(Eingeg. am 27. Febr. 1927.)

Wenn auch das Blei in zahlreichen Böden gegenüber dem Eisen eine erhöhte Korrosionsfestigkeit aufweist, so sind doch in den letzten Jahren mehrfach Fälle bekannt geworden, die die Angreifbarkeit des Bleis durch verschiedene Bodeneinwirkungen kennzeichnen.

In Verfolgung einer Störung im städtischen Fernsprechnetz fand sich an einer eng begrenzten Stelle über einen Abschnitt von 60 cm hin der Bleimantel des Kabels sowie die Umwicklung völlig zerstört. Faustgroße Löcher mit stark ausgefranzten Rändern bezeichneten die Hauptangriffsstellen. An den dazwischenliegenden Stellen war der Bleimantel, dessen normale Dicke 3 mm betrug, nur mehr papierdünn und vollkommen bedeckt mit einer rotbraunen Masse, die ihm in dicken Schuppen aufgelagert war. Auf dem gesamten Korrosionsgebiet war der Kabel-

mantel mit einer bis zu 3 cm dicken salzartigen Kruste bedeckt. Die weitaus stärksten Korrosionen lagen, wie aus der Abbildung ersichtlich, auf der Unterseite des Mantels, während die Oberseite größtenteils die ursprüngliche Wandstärke aufwies.

Die chemische Untersuchung des vorliegenden Materials sowie des umgebenden Erdreichs gab genügende Anhaltspunkte, um mit einiger Sicherheit auf die Ursachen der Korrosion schließen zu können und die Annahme berechtigt erscheinen zu lassen, daß es sich im vorliegenden Falle vorwiegend um einen chemischen Angriff handelt, der aber durch örtliche galvanische Vorgänge unterstützt sein mußte.

Die oben erwähnte salzartige Kruste, die das Bleirohr an den befallenen Stellen bedeckte, bestand bis auf die