

DIE PRÜFUNG UNGARISCHER FLUGASCHEN

KALKGEBUNDENE FLUGASCHENKÖRPER

Von

M. KORACH, M. DÉRI, G. SASVÁRI, I. PRÁGER, I. SZE BÉNYI, L. ACKERMANN
und L. JÉCSAI

Lehrstuhl für Chemische Technologie, Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 27. Juli, 1961)

I. Physikalische Eigenschaften

11. Volumgewicht

Das Volumgewicht variierte im trockenen Zustand bei den verschiedenen Aschenarten zwischen 0,73—1,11 kg/l, u. zw. nahm es mit steigendem Kalkgehalt ab. Die Pécs er Asche nimmt eine Sonderstellung ein, da das Volumgewicht der aus dieser angefertigten Körper unter 0,75 kg/l lag. Die übrigen Aschenarten lieferten Körper mit einem Volumgewicht um 1 kg /l.

Infolge des geringen Volumgewichts ist die Wärmeleitfähigkeit der kalkgebundenen Aschenkörper wesentlich niedriger als die der herkömmlichen Baustoffe (etwa 0,07—0,12 kcal/mh° C).

Die Verwendung der kalkgebundenen Aschensteine für Bauzwecke wäre daher vorteilhaft, wenn ihre übrigen Eigenschaften, in erster Linie ihre Festigkeit und Wetterbeständigkeit ebenfalls entsprechende Werte zeigten. Die Pécs er Asche ist als sehr billiger Wärmedämmstoff entweder in Form von Füllstoff oder von kalkgebundenen Formstücken zweifellos gut verwendbar. Bei dieser Aschensorte müßten die Versuche in dieser Richtung fortgeführt werden.

Die Volumgewichte der untersuchten Aschenarten sind in Tabelle I zusammengefaßt.

Tabelle I

Asche	Trockenvolumgewicht	
	Kalkgehalt: 15 Gew. % Gehärtet bei: 100° C	Kalkgehalt: 25 Gew. % Gehärtet bei: 100° C
Ajka	—	—
Borsod-vidék ...	1,047	0,980
Csepel	1,031	0,959
Komló	0,920	0,894
Mátra-vidék ...	0,993	1,020
Pécs	0,758	0,730
Tatabánya	1,106	0,950

12. Druckfestigkeit

121. Der Einfluß der Aschensorte

Hinsichtlich Druckfestigkeit kommen als Baustoffe nur zwei Aschensorten in Frage, u. zw. die Csepeler und die Mátraer Asche. Ihre Druckfestigkeit beträgt mit 80 und 100 kg/cm² etwa das dreifache der übrigen Sorten. Die Druckfestigkeit der übrigen Aschensorten lag unabhängig vom Kalkgehalt bzw. von der Erhärtungstemperatur ausnahmslos unter 40 kg/cm². Unseres Erachtens wird die Druckfestigkeit nicht durch die chemische oder mineralogische Zusammensetzung der Aschensorten, sondern viel eher durch ihre physikalischen Eigenschaften bestimmt.

122. Die Wirkung der Kalkzusätze

Der Einfluß der Kalkzusätze ist nicht eindeutig. Durch die Erhöhung der zugesetzten Kalkmenge verschlechtert sich die Druckfestigkeit, bei 100° C gehärtet — mit Ausnahme der Pécsér Asche — um ca. 20—40%. Bei Härtung im Autoklav steigt hingegen die Druckfestigkeit durch Erhöhung des Kalkzusatzes bei der Pécsér und Komlóer Asche auf ein Vielfaches, während sie sich bei den übrigen Aschen kaum ändert. Diese Erscheinung ist schwer zu erklären. Zur Auffindung der Ursachen wäre ein viel größeres statistisches Material nötig, als zur Zeit zur Verfügung steht.

123. Die Wirkung der Erhärtungsmethode

Die Erhöhung der Erhärtungstemperatur beeinflusst die Druckfestigkeit nur geringfügig (eine Ausnahme bildet die Komlóer und die Pécsér Asche). Es wurden also dieselben Feststellungen gemacht, wie im Laufe der mehrere Jahre hindurch geführten Versuche im Institut für Bauwissenschaft.

124. Die Wirkung der Nachtrocknung

Die bei 105° C durchgeführte Nachtrocknung erhöhte zweifellos die Druckfestigkeit all jener Aschensorten, die bereits bei geringem Kalkzusatz eine gute Festigkeit aufwiesen, doch blieb sie bei den Aschensorten geringerer Festigkeit wirkungslos. Bei Erhöhung des Kalkzusatzes wird diese Wirkung weniger deutlich. Auch hier wären ein größeres statistisches Material oder genauere Meßmethoden von Nutzen.

125. Lagerung bei Zimmertemperatur

Eine Lagerung von 40 Tagen bei Zimmertemperatur blieb auf die Druckfestigkeit praktisch wirkungslos. Allein bei der Csepeler Asche konnte eine auswertbare Erhöhung derselben festgestellt werden.

Die Meßergebnisse zu Abschnitt 12 sind der Tabelle II zu entnehmen.

Tabelle II
Druckfestigkeit kalkgebundener Probekörper in kg/cm²

	Borsod- vidék	Csepel	Komló	Mátra- vidék	Pécs	Tata- bánya
15 Gew. % CaO, bei 100° C ge- härtet	25,35	61,65	29,83	80,04	7,88	18,50
15 Gew. % CaO, bei 100° C ge- härtet und bei 105° C getrocknet	24,61	95,98	29,72	96,74	13,67	37,98
15 Gew. % CaO, bei 100° C ge- härtet und 40 Tage lang gelagert .	22,66	86,33	32,92	73,74	12,29	18,91
25 Gew. % CaO, bei 100° C ge- härtet	14,54	33,84	20,51	41,86	11,48	13,54
25 Gew. % CaO, bei 100° C ge- härtet und bei 105° C getrocknet .	9,57	47,68	23,23	40,96	11,69	14,90
15 Gew. % CaO, bei 180° C im Autoklav gehärtet	3,20	55,53	50,93	37,16	21,10	34,09
25. Gew. % CaO, bei 180° C im Autoklav gehärtet	14,06	66,43	71,83	27,28	33,24	57,01

13. Die Wirkung des gemeinsamen Mahlens von Asche und Kalkzusatz auf die Druckfestigkeit und das Volumgewicht

Eine 10% CaO enthaltende Mischung von Asche und Kalk wurde unterschiedlich lang gemahlen. Die Druckfestigkeit der aus dieser Masse hergestellten Probekörper erhöhte sich mit wachsender Mahldauer bei jeder Erhärtungsmethode eindeutig. Die einzelnen Aschensorten reagierten auf die Änderung der Mahldauer auf sehr verschiedene Art. So erhöht sich z. B. die Druckfestigkeit der Pécser Asche mit der Mahldauer anscheinend linear. Die Festigkeit aller übrigen Aschensorten erhöht sich am Anfang sprunghaft, später jedoch nur langsam. Die Csepeler, Komlóer und Borsoder Aschen weisen die höchste Druckfestigkeit nach einer Mahldauer von 24 Stunden auf. Sie nimmt danach entweder ab oder bleibt konstant.

Die Erhöhung der Druckfestigkeit ist sehr bedeutend. Bei den Aschensorten aus Pécs und aus der Mátra erhöht sie sich auf das Vierfache, während sie sich bei den übrigen Aschensorten — mit Ausnahme der Komlóer Asche — verdoppelt.

Das Volumgewicht der Probekörper nimmt am Anfang rasch zu, mit fortschreitender Mahldauer jedoch langsamer. Die Gesamtzunahme ist jedoch gering, bei den verschiedenen Aschensorten ziemlich einheitlich 20—30%.

Vergleicht man die sehr bedeutende Zunahme der Druckfestigkeit und den geringen Anstieg des Volumgewichts, so muß das gemeinsame Mahlen als

eine sehr wirksame Methode zur Verbesserung der Qualität für kalkgebundene Aschenkörper betrachtet werden. Die Methode dürfte allenfalls auch wirtschaftlich sein, da bei den meisten Aschensorten eine Mahldauer von 12—24 Stunden die Druckfestigkeit bereits verdoppelt, und die Zunahme des Volum-

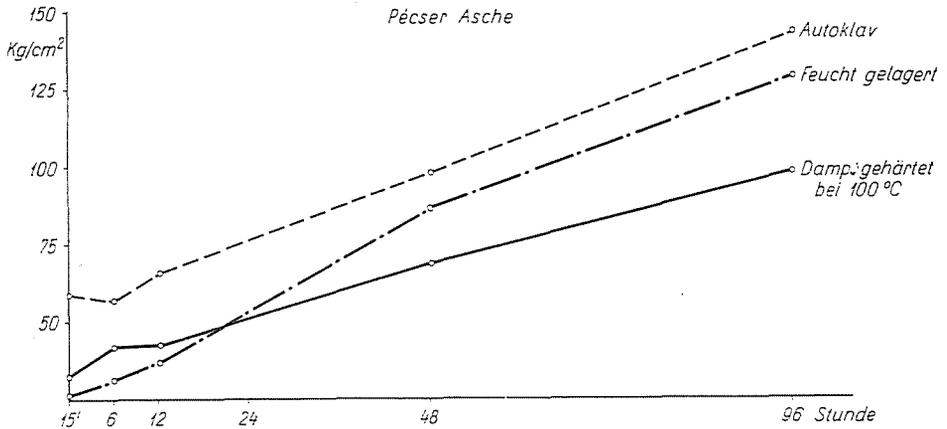


Abb. 1a. Druckfestigkeit von Flugaschenkörpern mit 10 Gew% CaO in Abhängigkeit von der Mahldauer

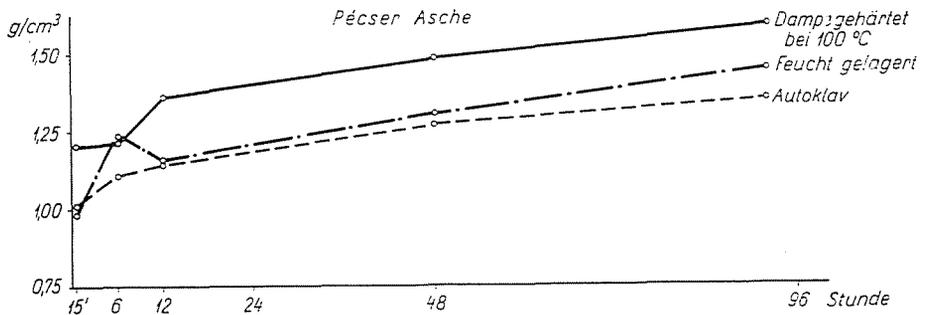


Abb. 1b. Volumgewicht von Flugaschenkörpern mit 10 Gew% CaO in Abhängigkeit von der Mahldauer

gewichts dabei geringfügig ist. Das Mahlen wurde im Laboratorium in kleinen Porzellantrommeln vorgenommen, es ist mithin anzunehmen, daß dieselbe Mahlwirkung in industriellen Anlagen in einem Bruchteil der erwähnten Mahldauer erreicht werden kann. Die Methode ist aussichtsreich genug, um Versuche größeren Ausmaßes oder auch Betriebsversuche zu rechtfertigen.

Die Meßergebnisse zu Abschnitt 13 enthält die Tabelle III. Des Beispiels halber ist das Verhalten einer Aschensorte in den Abbildungen 1a und 1b auch graphisch dargestellt.

Tabelle III

Aache	Stunde	Druckfestigkeit kg/cm ²			Volumgewicht kg/l		
		Gedampft	Autoklav	Feucht gelagert	Gedampft	Autoklav	Feucht gelagert
Borsod-vidék	0	12,0	20,0	13,0	1,12	1,06	1,09
	6	20,5	47,5	24,0	1,27	1,14	1,24
	12	37,0	29,5	24,0	1,28	1,16	1,26
	24	53,0	80,0	43,0	1,31	1,15	1,39
	48	42,0	53,0	32,5	1,36	1,20	1,33
	96	41,0	67,0	36,0	1,39	1,26	1,42
Csepel	0	85,5	117,0	73,5	1,34	1,15	1,22
	6	104,0	175,0	99,0	1,46	1,24	1,24
	12	137,0	196,0	110,5	1,46	1,40	1,35
	24	172,0	133,5	154,0	1,64	1,41	1,41
	48	131,0	178,0	102,0	1,49	1,30	1,28
	96	136,0	218,5	127,0	1,54	1,39	1,34
Komló	0	74,0	91,5	36,0	1,25	1,09	1,16
	6	66,0	99,0	59,0	1,40	1,18	1,19
	12	101,5	164,0	1,260	1,44	1,20	1,42
	24	89,0	155,0	68,0	1,37	1,25	1,25
	48	94,0	158,0	84,0	1,42	1,32	1,30
	96	100,0	172,0	92,0	1,45	1,41	1,34
Mátra-vidék	0	53,0	66,0	23,0	1,19	1,07	1,09
	6	77,0	61,0	46,0	1,37	1,10	1,19
	12	101,0	94,0	59,0	1,38	1,15	1,20
	24	93,0	109,0	72,0	1,35	1,21	1,23
	48	130,0	160,0	117,0	1,41	1,31	1,39
	96	146,0	253,0	100,0	1,50	1,39	1,41
Pécs	0	32,5	59,0	26,5	1,21	0,98	1,01
	6	42,3	57,0	31,0	1,22	1,11	1,24
	12	43,0	65,5	37,0	1,36	1,15	1,16
	24	52,0	76,8	53,5	1,40	1,19	1,21
	48	69,0	98,5	82,0	1,49	1,28	1,31
	96	99,0	144,0	130,0	1,60	1,37	1,46
Tatabánya	0	42,0	53,0	31,0	1,42	1,10	1,22
	6	48,7	69,0	43,0	1,42	1,28	1,26
	12	48,0	98,0	25,0	1,24	1,37	1,26
	24	54,0	71,0	54,0	1,40	1,31	1,36
	48	89,0	67,0	72,5	1,54	1,45	1,49
	96	101,0	177,0	115,5	1,54	1,64	1,57

2. Bindungsmechanismus

21. Die Wirkung der Erhärtung auf den säurelöslichen R_2O_3 -Gehalt

Die Säurelöslichkeit des R_2O_3 -Gehaltes von mit Kalk versetzten und dampfgehärteten Aschenkörpern erhöht sich als Folge der Erhärtung wesentlich. Die Erhöhung des Kalkzusatzes hat dabei nur eine geringfügige, der Anstieg der Erhärtungstemperatur hingegen eine sehr bedeutende Wirkung.

Die Zunahme des gelösten R_2O_3 -Gehaltes besteht bei jeder Aschensorte fast ausschließlich aus Al_2O_3 , während der Anteil an Fe_2O_3 sowohl bei der Erhöhung des Kalkzusatzes als auch beim Anstieg der Temperatur ziemlich konstant bleibt.

Die Erhöhung der Säurelöslichkeit erklärt sich daraus, daß die widerstandsfähigeren Aluminiumsilikate in Anwesenheit von Kalk als Folge der Dampfbehandlung in säurelöslichere Kalziumaluminatsilikate übergehen. Wie aus dem nächsten Abschnitt ersichtlich, ist dies tatsächlich der Fall, und dieser Vorgang stellt einen bedeutenden Teil des Bindungsmechanismus dar.

22. Röntgendiffraktionsspektren

Die aus den sauren Aschensorten hergestellten kalkgebundenen Probekörper weisen, mit dem Originalspektrum der Asche verglichen, neue Spektrallinien auf.

Die Linien 3,90, 2,60 und 1,84 Å des Hillebrandits, welche in dem Originalspektrum vollkommen fehlten, erscheinen mit mittlerer Intensität. Die dort ebenfalls fehlenden Linien 2,95 und 2,45 Å des Trikalziumaluminiumsilikats treten mit großer Intensität auf.

Hingegen verschwinden die im Originalspektrum anwesenden Linien 1,54 Å des Quarzes und 2,49 Å des Xonotlits. Die übrigen Xonotlit-Linien, welche in der Originalasche mit mittlerer Stärke erschienen, werden kaum merkbar schwach.

Diese Änderung des Diffraktionsspektrums beweist, daß bei der Kalkbindung der Flugasche zumindest zwei Hydraulite entstehen, u. zw. Hillebrandit und Trikalziumaluminiumsilikat. Die beiden Hydraulite entstehen aus dem Quarz und Xonotlit, die in der Originalasche in großen Mengen vorhanden waren.

Es ist recht interessant, daß das Tobermorit, welches bei der Bindung des Kalksandziegels fast das einzige Hydraulit darstellt, hier vollkommen fehlt, die Kalkbindung der Flugasche stellt also einen grundsätzlich anderen Vorgang dar als die Kalk-Sandbindung. Es ist denkbar, daß die Bildung des Tobermorits für die Quarzmodifikation der Kieselsäure charakteristisch ist.

Abb. 2 zeigt das Röntgenspektrum der kalkgebundenen Probekörper.

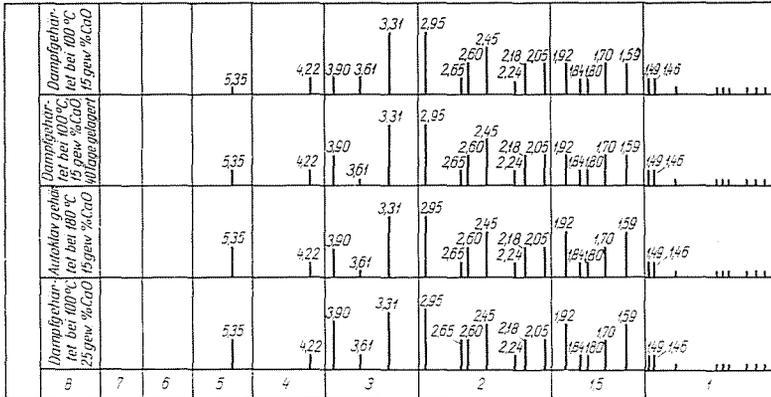


Abb. 2. Röntgenspektrellinien kalkgebundener Flugaschenkörper

3. Dauerhaftigkeit und Wetterbeständigkeit

31. Die Wirkung der CO_2 -Atmosphäre auf die Druckfestigkeit der Aschenkörper

Die Wirkung war nicht eindeutig. Die Druckfestigkeit der Csepeler, Mátraer und Pécseser Asche änderte sich in der CO_2 -Atmosphäre nicht merklich. Bei der Tatabányaer Asche erhöhte sich dieselbe um ca. 30%, während sie sich bei der Komlóer Asche um denselben Prozentsatz verringerte. Bei der Auswertung der gesamten Versuchsreihe ergibt sich, daß die CO_2 -Atmosphäre während der Versuchsdauer (60 Tage) die Druckfestigkeit nicht wesentlich beeinflusste.

Die Änderung des Karbonatgehaltes zeigt demgegenüber ein ganz anderes Bild. Es konnte bewiesen werden, daß sich jener Anteil des Kalkes, der in silikatischer Bindung ohne CO_2 -Behandlung durch Salzsäure nicht angegriffen wurde, während dieser Untersuchungsdauer in der CO_2 -Atmosphäre in hohem Maß zersetzte. Der salzsäurelösliche Kalkgehalt beträgt nach einer CO_2 -Behandlung das Dreifache des ursprünglichen.

Als Beispiel ist das Verhalten der Csepeler, Komlóer und Pécseser Asche in einer CO_2 -Atmosphäre in Abbildung 3 grafisch dargestellt.

32. Wirkung einer $NaHSO_4$ -Lösung auf die Druckfestigkeit

Die Wirkung einer Lagerung unter 5%iger $NaHSO_4$ -Lösung ist der Lagerung unter Wasser nahezu gleich. Die Lagerung dauerte in beiden Fällen 60 Tage. Die durch Lagerung unter Sulfatlösung erzielte Druckfestigkeit ist — mit Ausnahme der Borsoder Asche — bei jeder Aschensorte etwas höher als die durch Lagerung unter Wasser erzielte. Der Unterschied von 20—25% ist wegen der Ungenauigkeit der Meßmethode kaum auswertbar. Die Körper

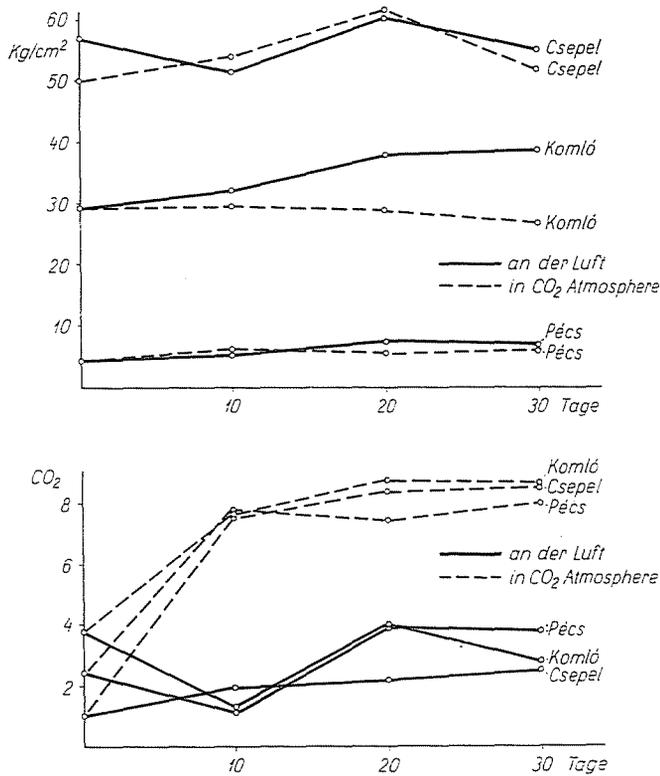


Abb. 3. Die Wirkung der CO_2 -Atmosphäre auf die Druckfestigkeit und auf den Karbonatgehalt

aus Borsoder Asche zerfielen in der Sulfatlösung. Aus der Untersuchung geht hervor, daß die untersuchten sauren Aschensorten mit Ausnahme der Borsoder Asche sulfatbeständig sind. Dies ist auch natürlich, da die Flugasche in ihrer ursprünglichen Zusammensetzung Gips enthält und der SO_3 -Gehalt an der Bildung der Hydraulite — zumindest nach Angaben der Fachliteratur — teilnimmt. Diese Schriftumsangabe wurde aber durch unsere Röntgendiffraktionsuntersuchungen nicht bekräftigt.

In Abbildung 4 ist das Verhalten der untersuchten Flugaschensorten unter NaHSO_4 -Lösung graphisch dargestellt.

33. Zerstörung durch wiederholtes Aufkochen

Die fünfmal wiederholte Behandlung mit siedendem Wasser hatte keinen wesentlichen Einfluß auf die Druckfestigkeit der Körper. Nach zweimaligem Aufkochen erhöhte sich die Druckfestigkeit, um nach dem fünften Aufkochen auf den ursprünglichen Wert zurückzusinken. Es läßt sich feststellen, daß

derart wenige Eingriffe die Struktur der Aschenkörper nicht zersetzen. Offenbar wird sich mit wachsender Zahl der Angriffe der Stoff der Körper früher oder später lockern und Schaden erleiden, doch ist es fraglich, ob vom Gesichtspunkt der Wetterbeständigkeit aus eine Untersuchung unter so extremen Bedingungen zu verwertbaren Ergebnissen führen kann.

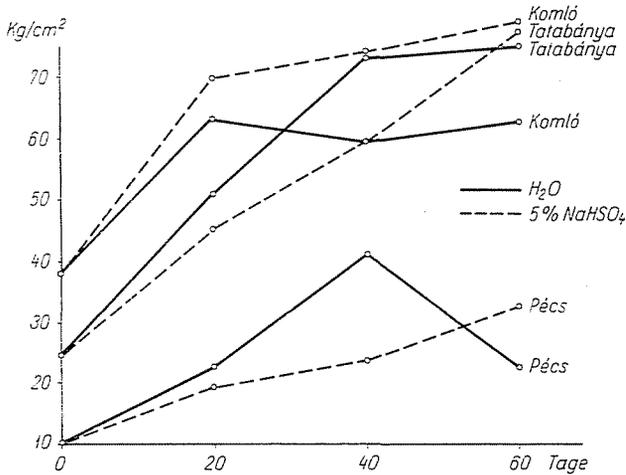


Abb. 4. Die Wirkung einer NaHSO₄-Lösung auf die Druckfestigkeit

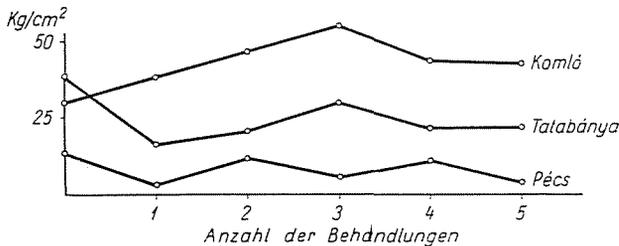


Abb. 5. Die Änderung der Druckfestigkeit bei wiederholtem Aufkochen

Die Änderung der Druckfestigkeit der Probekörper in Abhängigkeit von der Häufigkeit des Aufkochens ist beispielsweise für 3 typische Aschen in Abbildung 5 graphisch dargestellt.

4. Untersuchung einiger besonderer Eigenschaften bei einer Aschensorte

Unter den ungarischen Aschensorten ist es vor allem die Csepeler Asche, die bisher zur Herstellung von Bauelementen in kalkgebundener Form verwendet wurde. Aus diesem Baustoff wurde bereits eine Siedlung von etwa 200

Kleinwohnhäusern gebaut. Deshalb wurde diese Asche bzw. die aus ihr hergestellten Probekörper auch Prüfungen unterworfen, die zur Beurteilung der bautechnologischen Brauchbarkeit berufen waren. Zusätzlich wurden also noch die Zusammenhänge zwischen Druck- bzw. Zugfestigkeit und Wassergehalt sowie zwischen Volumbeständigkeit und Wassergehalt untersucht, die Trockengeschwindigkeit der Körper in Abhängigkeit von der Temperatur geprüft und schließlich die Feuchtigkeitsverteilung in den aus diesem Material gebauten Mauerwerken vier Jahre nach der Fertigstellung festgestellt.

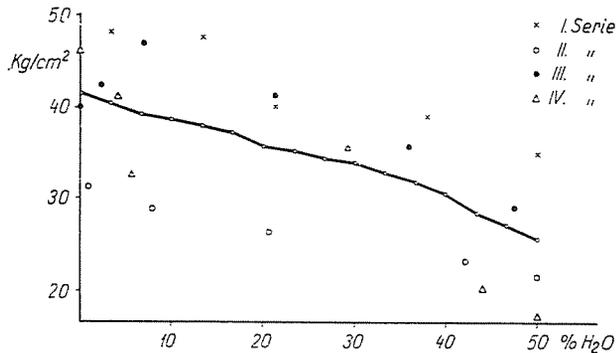


Abb. 6a. Die Druckfestigkeit als Funktion des Feuchtigkeitsgehaltes

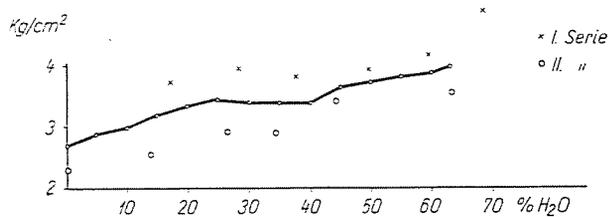


Abb. 6b. Die Zugfestigkeit als Funktion des Feuchtigkeitsgehaltes

41. Druck- und Zugfestigkeit in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt

Der Feuchtigkeitsgehalt beeinflusst die beiden obigen Arten der Festigkeit in entgegengesetzter Richtung. Mit zunehmendem Wassergehalt erhöht sich die Zugfestigkeit und verringert sich die Druckfestigkeit.

Sinkt der Wassergehalt von 50% auf 0%, nimmt die Druckfestigkeit um 30% zu.

Sinkt der Wassergehalt von 60% auf 0, verringert sich die Zugfestigkeit um 33%.

Vermutlich ist die günstige Wirkung der Zunahme des Feuchtigkeitsgehaltes auf die Zugfestigkeit nur eine scheinbare, da sich die Körper während der Zugbeanspruchung dehnten.

42. Volumbeständigkeit in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt

Bei Sättigung mit Wasser dehnten sich die Probekörper im Vergleich zu den trockenen aus. Die Quellung betrug linear etwa 0,002 m/m. Durch Trocknung konnte diese Dehnung rückgängig gemacht werden.

Wurde die Sättigung und nachträgliche Trocknung bei derselben Versuchsserie öfters wiederholt, konnte man eine bleibende Vergrößerung des Körpers feststellen. Diese betrug nach fünfmaliger Behandlung ca. 0,001 m/m.

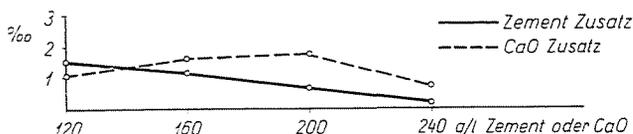


Abb. 7. Die lineare Quellung bei Wassersättigung als Funktion des zugesetzten Bindestoffes

43. Die Trockengeschwindigkeit

Die Untersuchung bestand aus einem Vergleich der Trockengeschwindigkeit bei kalkgebundenen Aschenkörpern und bei den herkömmlichen Baustoffen. Bei etwa 100 °C trocknen die Aschenkörper ungefähr ebenso rasch wie der Ziegelstein oder der Zementmörtel. Da aber der ursprüngliche Wassergehalt des Aschenkörpers ungefähr das Fünffache desjenigen des Ziegels oder des Zementmörtels betrug, dauerte die Trocknung bei 105 °C 3—5mal so lang wie die der Vergleichskörper. Dieses Verhältnis verschlechterte sich mit zunehmenden Körperabmessungen weiter.

Bei abnehmender Temperatur verringerte sich die Trockengeschwindigkeit bei Aschenkörpern viel rapider als bei Ziegeln und Zementmörtel. Bei 40 °C erreichte sie nicht einmal die Hälfte jener Geschwindigkeit, mit der die Vergleichskörper trockneten.

Die Abbildung 8a zeigt den Wasserverlust in Abhängigkeit von den Körperabmessungen und von der Zeit, Abbildung 8b stellt den Verlauf der Trockengeschwindigkeitskurve im Zusammenhang mit der Temperatur dar.

Hieraus läßt sich darauf schließen, daß die mit sehr hohem ursprünglichem Feuchtigkeitsgehalt eingebauten Bauelemente praktisch nie austrocknen. Aus diesem Grunde wurden zahlreiche Muster untersucht, die aus dem Mauerwerk von vier Jahre zuvor erbauten Häusern stammten. Die Untersuchung bewies, daß die Mauern das Formungswasser, wenn auch in ungleicher Verteilung, unverändert enthielten. Im inneren Drittel der Mauer übertraf der Wassergehalt beträchtlich den ursprünglichen, und auch in der äußeren Schicht der Mauer betrug er noch immer 20—25%. Diese Erscheinung kann zur Folge haben, daß die Mauer wegen der mit dem Wassergehalt zusammenhängenden Volumänderung sich entweder deformiert oder ablättert.

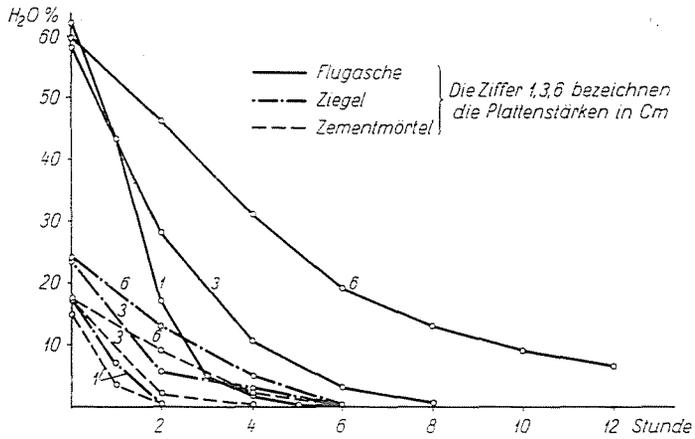


Abb. 8a. Die Zeitabhängigkeit des Wasserverlustes bei der Trocknung (105 °C)

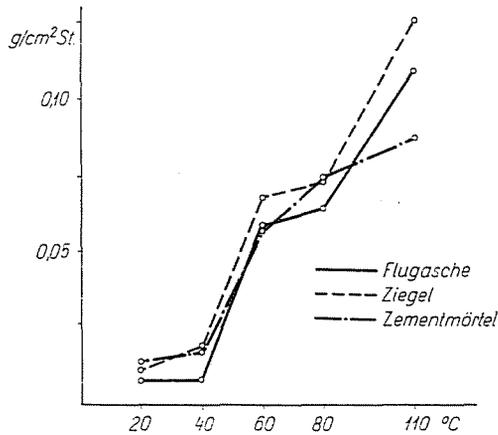


Abb. 8b. Die Trockengeschwindigkeit als Funktion der Temperatur (Trockendauer 3 St.)

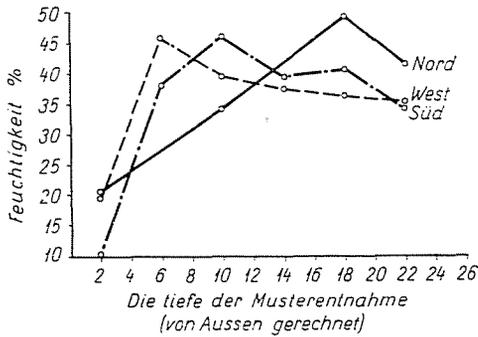


Abb. 9. Feuchtigkeitsverteilung in verschieden orientierten Flugaschenmauern

Abbildung 9 zeigt die Feuchtigkeitsverteilung in den Mauern der Wandstärke entlang in Abhängigkeit von der Orientierung der Mauer.

Allgemeines

Die Inhomogenität der Flugaschen sowie die ständig wechselnden Umstände ihrer Entstehung erlauben auch bei ein und demselben Kraftwerk keine verlässliche Bewertung. Da die Durchschnittsmuster nur einer in sehr kurzer Zeit entstandenen Flugaschenmenge entnommen werden können und ihre Auswertung nur für die Vergangenheit gültig ist — ein Durchschnitt in der Aschenzusammensetzung der aus den Gruben künftig zu gewinnenden Kohlen kann nämlich auf keine Weise ermittelt werden —, müssen alle Prüfungsergebnisse mit Vorbehalt behandelt und lediglich als Orientierungswerte aufgefaßt werden.

Insbesondere bezieht sich das auf die Resultate der Druckfestigkeitsmessungen, bei welchen eine Statistik aus mehreren tausend Versuchsserien notwendig wäre, um halbwegs verlässliche Meßergebnisse gewinnen zu können.

Obwohl die Wetterbeständigkeitsprüfungen die kalkgebundenen Flugaschenkörper als gefahrlos verwendbare Baustoffe erscheinen lassen, sollten diese Angaben gerade wegen der prinzipiellen Ungenauigkeit der Musterentnahme mit großer Vorsicht angewendet werden.

Zusammenfassung*

Einleitend werden die Gründe für die Aufnahme der Flugaschenforschung in den letzten Jahrzehnten dargelegt. Hiernach wird der Begriff eines »neuen« Baustoffes erörtert und darauf hingewiesen, daß ein entsprechend lang praktisch erprobter Baustoff nicht mehr als neu angesprochen werden kann. Die bisherigen Ergebnisse der heimischen Flugaschenforschung bilden den letzten Teil der Einleitung.

Es wurden 7 ungarische Flugaschensorten geprüft. Die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften erstreckte sich auf folgende Charakteristika: Volumgewicht, spezifisches Gewicht, Porosität, Schüttgewicht, Kornvolumgewicht, Kornform und Kornaufbau sowie Kornverteilung.

Es wurden dann die folgenden kolloidalen Eigenschaften geprüft: Adsorption verschiedener Dämpfe aus gesättigter Luft und Wirkung der in ihnen enthaltenen löslichen Salze auf die Dampfadsorption.

Die Untersuchung der chemischen Eigenschaften bestand aus Ermittlung der wasserlöslichen Salze, Elementaranalyse, Ermittlung des salzsäurelöslichen Anteils und des brennbaren Kohlenanteils und schließlich Messung der Hydrogen-Ionkonzentration der Aschensuspensionen.

Unter den mineralogischen Eigenschaften wurden folgende geprüft: Röntgen-Diffraktionsspektren und Bindefähigkeit ohne Zusatzmittel in natürlichem Zustand und nach Mahlung.

Hiernach wurden die kalkgebundenen Produkte der erwähnten Aschensorten untersucht.

* Diese Zusammenfassung bezieht sich sowohl auf die vorliegende Arbeit als auch auf den in der vorigen Nummer erschienen ersten Teil derselben.

An physikalischen Eigenschaften wurden geprüft: Volumgewicht, Druckfestigkeit und Einfluß des gemeinsamen Mahlens von Asche und Kalkzusatz auf die Druckfestigkeit und das Volumgewicht.

Bezüglich des Bindungsmechanismus wurden folgende Untersuchungen vorgenommen: Wirkung der Dampfbehandlung auf den säurelöslichen R_2O_3 -Gehalt und Aufnahme von Röntgen-Diffraktionsspektren.

Die Dauerhaftigkeit und Wetterbeständigkeit der Probekörper wurde auf folgende Weise geprüft: Feststellung des Einflusses der CO_2 -Atmosphäre auf die Druckfestigkeit, Messung der Druckfestigkeit nach Einwirkung einer $NaHSO_4$ -Lösung und schließlich Messung der Zerstörung durch wiederholtes Kochen.

Abschließend wurde eine Aschensorte auf folgende weiteren Eigenschaften geprüft: Druck- und Zugfestigkeit in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt, Volumbeständigkeit in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt und schließlich Trockengeschwindigkeit.

Literatur

1. ACKERMANN, L.—SZE BÉNYI, I.: *Építőanyag*, **13**, 281 (1961).
2. ALBERT, J.: *Építőanyag*, **11**, 355 (1959).
3. ALBERT, J.: *Agyagkötésű égetett porszénhamutéglák. (Tongebundene gebrannte Flugaschenziegel.) Építőanyagipari Központi Kutató Intézet, Budapest, Mitteilung Nr. 20 (1955).*
4. ASSARSSON, G. O. RYDBERG, E.: *J. Phys. Chem.*, **60**, 397 (1956).
5. BONDAR, J.: *Stroi. Mat.*, **4**, 10, 40 (1958).
6. BUDNIKOV, P. P., MATVEEV M. A. JURCSIK Sz. J.: *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **84**, 1021 (1952).
7. DÉRI, M.: *Építőanyag*, **13**, 201 (1961).
8. ENDELL, J.: *Braunkohle*, **4**, 138 (1952).
9. FERET, L.—VENUAT, M.: *Revue des Materiaux*, Nr. 475, p 87 (1955).
10. FOULLOUX, M. P.: *Silicates industriels*, **22**, 336 (1957).
11. GACSI P. B.: *Építőanyag*, **12**, 411 (1960).
12. GLEBOV, S., ROJAK, S.: *Stroi. Mat.*, **2**, 10, 13 (1956).
13. GREENBERG, S. A.: *J. Phys. Chem.*, **58**, 362 (1954).
14. JÉCSAI, L.: *Építőanyag*, **13**, 321 (1961).
15. KALOUSEK, G. L.: *J. Am. Ceram. Soc.*, **37**, 7 (1954).
16. KORACH, M.—SASVÁRI, Gy.: *Építőanyag*, **13**, 134 (1961).
17. McCLENAHAN, W. T.: *Eng. New. Rec.*, **151**, 32 (1953).
18. MOLDVAT, S. Á.: *Építőanyag*, **13**, 161 (1961).
19. NOVOPASIN, A. A.: *Trudi Kujb. Inst.*, **5**, 3, (1958).
20. OTTEMANN, J.: *Silikattechnik*, **2**, 143 (1951).
21. OTTEMANN, J.: *Silikattechnik*, **3**, 221 (1952).
22. PEPLER, R. B.: *J. Res. Nat. Bur. Standards*, **54**, 205 (1955).
23. PETERS, H.: *Betonsteinzeitung*, **23**, 27 (1957).
24. ROSENFELD, L. M.: *Stroi. Mat.*, **5**, 4, 8, (1959).
25. RUDNAI, Gy.: *Magyar Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Közl.*, **11**, 43, (1954).
26. SASVÁRI, Gy.: *Építőanyag*, **13**, 253, (1961).
27. SPESIVCEV, J. A.: *Prom. Ekon. Bull.*, **9**, 25, (1958).
28. THOMSON, H. F.: *Pit and Quarry*, **48**, 164, (1956).
29. VIOLET, H.: *Betonsteinzeitung*, **18**, 452, (1952).

Prof. M. KORACH

M. DÉRI

G. SASVÁRI

I. PRÁCER

I. SZE BÉNYI

L. ACKERMANN

L. JÉCSAI

Budapest XI., Gellért tér 4, Ungarn