

# ANWENDUNGSTECHNISCHE PRÜFUNG VON FARBSTOFFEN FÜR DAS BAUWESEN\*

Von

Z. VAJDA—K. BACHER—P. LÁNCZOS—L. Soós

Lehrstuhl für Bauausführung, Technische Universität Budapest

(Eingegangen am 15. Januar 1974)

## I. Einleitung

Von der chemischen Industrie und in deren Rahmen von den Farberwerken wird eine immer breitere Auswahl der Produkte den Verbraucherindustrien angeboten. Die zunehmende Produktauswahl, Anwendungsmöglichkeiten neuer Technologien, die Bestrebung, den Import zu vermindern, jedoch vor allem die wachsenden gütemäßigen Forderungen machen eine den Verbraucheransprüchen gerechte, anwendungstechnische Prüfung der neuen Erzeugnisse unumgänglich notwendig.

Die Leiter der Tisza-Chemiewerke (Tiszamenti Vegyiművek) und der Farben- und Kunstharzfabrik BUDALAKK wurden (1972. bzw. 1973) durch den sich parallel zu der gesunden Entwicklung der ungarischen Farbenindustrie entfaltenden Konkurrenzkampf veranlaßt, die bauliche anwendungstechnische Prüfung ihrer Farben durchführen zu lassen.

Im Beitrag wird über die von Verfassern ausgeführten bauanwendungstechnischen Untersuchungen — Wirkung der Farbstoffe auf die Festigkeit, die Dauerhaftigkeit der Farben — berichtet.

## 2. Untersuchung der Farbpigmente

Bei den Untersuchungen wurden die Pigmentfarben

— Chromoxidgrün	580
— Oxidgelb	193/F
— Oxidbraun	293/F
— Oxidrot	393/F
— Oxidschwarz	633/F

benutzt, die vom Fertigungsbetrieb, den Tisza-Chemiewerken zur Verfügung gestellt wurden.

\* Bericht über eine Versuchsreihe im Laboratorium des Lehrstuhls für Bauausführung an der Technischen Universität Budapest.

Es wurden dem Anwendungsbereich entsprechend die Festigkeits- und ästhetischen Eigenschaften verschiedener farbiger Betone und Mörtel geprüft.

Als Schalung für die Prüfkörper wurden kreisrunde, in der Mitte geteilte Schablonen von 8,0 cm Höhe und mit 14,0 cm Durchmesser hergestellt. Durch diese Querschnittsform konnten die zentrische Einspannung der beiden

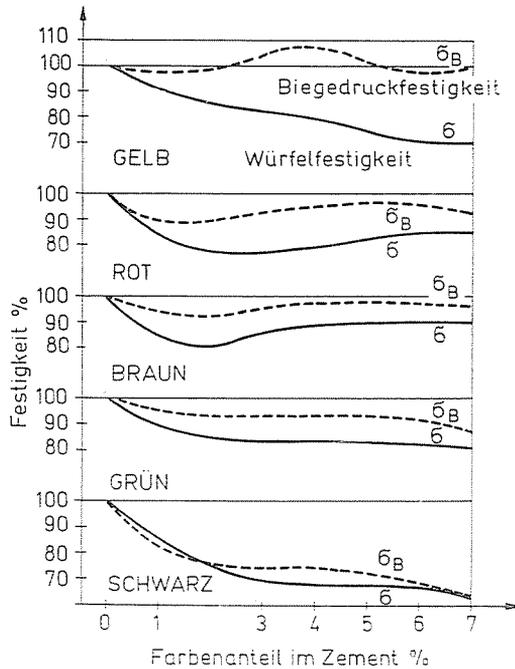


Abb. 1. Zusammenstellung der Festigkeitsmeßwerte an Betonprüfkörpern

Halbteile und die Größe des Prüfquerschnitts, die mit 50 cm<sup>2</sup> vorgesehen war, gewährleistet werden. In den unteren Teil (von 4,0 cm Dicke) wurde die frische Betonmischung und auf diese ebenfalls in 4,0 cm Dicke der farbige Zementmörtel eingetragen und von Hand verdichtet. Jede Reihe bestand aus fünf Prüfkörpern. Diese wurden nach 24 Stunden entschalt und 7 Tage lang einer Nachbehandlung (Naßbehandlung) unterzogen.

Die Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen wurden nach den Methoden der mathematischen Statistik ausgewertet.

### 2.1 Untersuchungen an farbigen Betonen

Die an Betonprüfkörpern erhaltenen Meßwerte sind in Abb. 1 zusammengefaßt. Im Koordinatensystem gelten die an Betonprobekörpern ohne Farbstoff erhaltenen Ergebnisse als 100%.

Bei der Analyse der Beziehung der Druckfestigkeit zur Biegedruckfestigkeit wurde festgestellt, daß sich mit erhöhter Zugabe von Gelb (bis 7%) die Druckfestigkeit etwas vermindert, die Biegedruckfestigkeit jedoch in 28tägigem Alter etwas zunimmt; im Alter von 14 Tagen ließ sich das nicht eindeutig nachweisen.

Diese Erscheinung läßt sich mit den Kristallnadelgebilden des gelben Farbstoffes erklären.

Von den Haftfestigkeitsprüfungen an Zementmörteln werden die für die rote Farbe erhaltenen Ergebnisse als kennzeichnend dargestellt (Abb. 2).

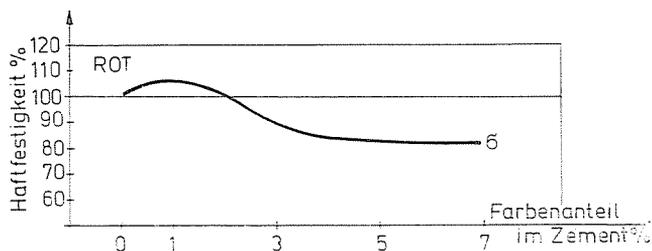


Abb. 2

## 2.2 Untersuchungen an farbigen Mörteln

Es wurden Prüfkörper, d. h. Farbenproben aus Mörteln für folgende Zwecke hergestellt:

- Glattputz-Zementmörtel mit der Bezeichnung *s* (Putzmörtel)
- Reibsandmörtel für Spritzanwurf mit der Bezeichnung *kf* (Sichtfläche)
- Reibsandmörtel zum Verreiben mit der Bezeichnung *kd* (Sichtfläche).

Farbendosierung: 1–7 kp/m<sup>3</sup> Mörtel.

Für Druckfestigkeitsprüfungen wurden Würfel mit 7,07 cm Kantenlänge in Stahlschalungen hergestellt, von Hand verdichtet, und im allgemeinen nach 48 Stunden entschalt. Es folgte keine Nachbehandlung, die Prüfkörper wurden in einem gedeckten Schuppen gelagert und im Alter von zehn Wochen auf Druckfestigkeit geprüft.

Zur Biegeprüfung dienten Mörtelprismen 4,0 × 4,0 × 16,0 cm. Sie wurden in Holz- bzw. Metallschalungen angefertigt, von Hand verdichtet, in der Regel nach 48 Stunden ausgeschalt und ohne Nachbehandlung in einem gedeckten Schuppen gelagert. Die Biegezugprüfung erfolgte im Alter von zehn Wochen.

Um die Haftfestigkeit der Mörtel zu prüfen, wurden Klein-Mauersteine zwischen Kranzbrettern mit Mörteln von verschiedenem Farbstoffgehalt verbunden. Die Steine lagen im rechten Winkel aufeinander flach auf. Jede Reihe (Farbton) bestand aus drei Ziegelpaaren.

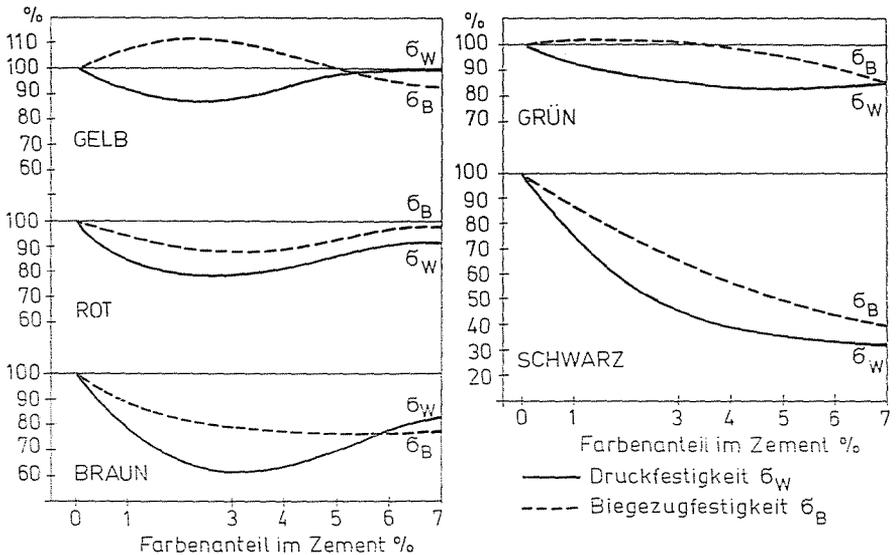


Abb. 3. Zusammenstellung der Festigkeitsmeßwerte an Strichmörtel-Prüfkörpern

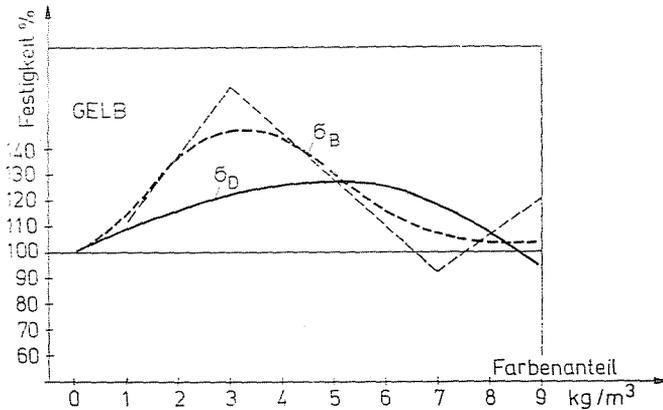


Abb. 4. Festigkeitsmeßwerte an gelbem Reibsandmörtel für Spritzanwurf

Die Festigkeitswerte der Prüfkörper aus Glattputzmörtel sind in Abb. 3 zusammengefaßt.

Die für Reibsandmitspritzmörtel mit gelber und roter Farbe erhaltenen Festigkeitswerte sind in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt.

Von den Festigkeitswerten der zum Verreiben gebräuchlichen Reibsandmörtel werden die mit gelber und roter Farbe erhaltenen in den Abbildungen 6 und 7 gezeigt.

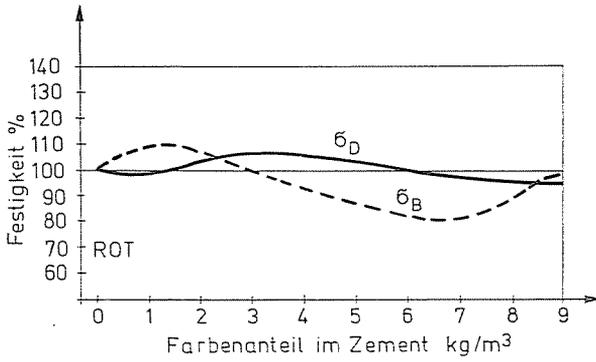


Abb. 5

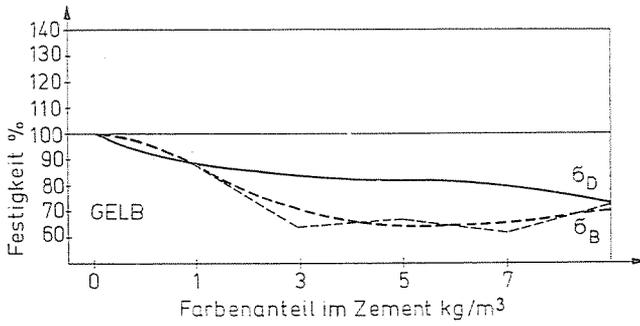


Abb. 6. Festigkeitsmeßwerte an gelbem Reibsandmörtel zum Verreiben

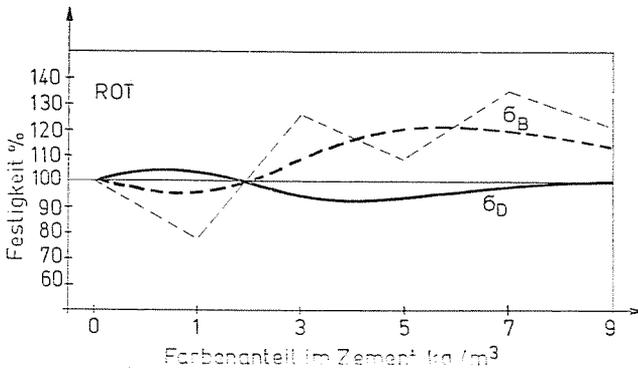


Abb. 7

Es ist festzustellen, daß sich über einem Farbenzusatz von 5 bis 7 kp/m<sup>3</sup> die Festigkeitswerte verschlechtern, bei Farbenzusätzen zwischen 1 und 5 kp/m<sup>3</sup> streuen die Ergebnisse je nach der Form der elementaren Farbenteilchen.

Bei den Haftfestigkeitsprüfungen wurde festgestellt, daß ein Farbstoffzusatz (von 3 bis 7%) und die Farben die Haftfestigkeit der Mörtel mit verschiedenen Farbgehalten in den Ziegelblöcken nicht wesentlich beeinflussen. Es wurde beobachtet, daß sich bei höheren Feuchtigkeitsgehalten der Ziegelsteine der farbige Mörtel nicht von den Ziegeln ablöste, sondern im Mörtelquerschnitt zerstört wurde, d. h. daß seine Eigenfestigkeit niedriger als die Haftfestigkeit war.

### 2.3 Auswertung

Aufgrund der Versuche wurden für den Auftraggeber technologische Empfehlungen zu der Entwicklung von Rezepturen für farbige Betone und als Fassadenputz geeignete farbige Mörtel ausgearbeitet.

Bei den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wurde festgestellt, daß die Preise der einheimischen und ausländischen Farbstoffe voneinander nicht wesentlich abweichen.

Um die Färbewirkung zu erhöhen, ist es zweckmäßig, von den Farbstoffen ungarischer Fertigung um 1% mehr als von den gleichen ausländischen zuzusetzen. Der geringe Mehraufwand wird durch die volkswirtschaftlich vorteilhafte Einsparung an Devisen aufgewogen.

Es ist voraussichtlich mit größeren Anwendungsbereichen als gegenwärtig von Sichtbetonflächen, farbigen Zement-Strichmörteln (kalten Fußböden), farbigen Putzmörteln sowie farbigen Kunststein- und Mosaikplatten zu rechnen.

### 3. Untersuchung konzentrierter Oxidfarben

Die im vorigen beschriebenen Forschungen wurden Ende 1973 im Auftrag der Farben- und Kunststoffwerke BUDALAKK in vier Bereichen ausgeführt.

Für die Untersuchungen wurden Farbstoffe

— Eisenoxidschwarz	318
— Eisenoxidgelb	920
— Eisenoxidrot	303

ausländischer Herstellung und

— Oxidgelb	2100
— Oxidrot	2214
— Oxidbraun	2215
— Oxidschwarz	2304

ungarischer Herstellung benutzt, die uns vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

In dieser Arbeitsphase wurden dem Verwendungszweck entsprechend die Festigkeitseigenschaften von farbigen Kunststeinerzeugnissen und farbigen Mosaikplatten geprüft.

Im Szentendreer Betrieb der Stahlbetonindustrie-Werke wurden für die Prüfungen folgende Prüfkörper gefertigt:

- Mosaikplatten  $40 \times 40$  cm  
(für Druck- und Biegeproben, in 7 Varianten)
- Mosaikplatten  $20 \times 20$  cm  
(für die im vorigen Punkt behandelten Prüfungen)
- Kunststeinwürfel, Kantenlänge 10 cm  
(für Druckfestigkeitsprüfungen, in zweimal 7 Varianten)
- Kunststeinprismen  $4 \times 4 \times 16$  cm  
(für Biegeproben, in 7 Varianten).

Als Standarden wurden für jede Prüfung auch Prüfkörper ohne Farbstoffzusatz, jedoch im übrigen gleicher Zusammensetzung hergestellt.

### 3.1 Prüfung farbiger Kunststeine

Für die *erste Prüfkörperserie* (Würfel und Prismen) wurden weißes Kalksteinmehl und weißer Kalksteinsplitt sowie weißer Zement verwendet, mit einem Farbstoffzusatz von 5% des Zementgewichts dem ursprünglichen fertigungstechnischen Verfahren entsprechend.

Für die *zweite Serie* der Kunststein-Prüfkörper wurden weißes Kalksteinmehl, roter Kalksteinsplitt und weißer Marmorsplitt sowie weißer Zement verwendet.

Bei schwarzer Farbe wurde in jedem Falle Portlandzement C500 verwendet.

Der Farbstoffzusatz betrug auf das Zementgewicht bezogen 3% für die herkömmlichen Farben und 2,25% für die konzentrierten Farben. Die Druckfestigkeitsprüfungen wurden jeweils im Alter von 28 Tagen durchgeführt.

Die für die *erste Serie* erhaltenen Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Die Druckfestigkeiten der Prüfkörper mit konzentrierten Farben unterschreiten um 4 bis 27% die Festigkeitswerte der Prüfkörper mit herkömmlichen Farbstoffen.

Die an der *zweiten Prüfkörperserie* erhaltenen Ergebnisse sind in Tabelle 2 enthalten. Es ist zu erkennen, daß die Festigkeitsverminderung der Prüfkörper mit konzentrierten Farbstoffen im Vergleich zu den mit herkömmlichen Farben hergestellten in dieser Serie wesentlich kleiner war.

Tabelle 1

Druckfestigkeitsmeßwerte (an Prüfkörpern $10 \times 10 \times 10$ aus dem Material der Mosaikplatten $40 \times 40$ )										
Standard	kp/m <sup>2</sup> Gewicht kp	315 2,20	305 2,20	300 2,20	320 2,24	330 2,24	335 2,26	Durchschn. 317,5	100%	
Rot konzentr.	Gewicht	300 2,26	275 2,26	270 2,24	275 2,27	275 2,23	280 2,27	279,1	88%	
Braun konzentr.	Gewicht	330 2,18	305 2,18	320 2,19	355 2,28	345 2,15	320 2,16	329,1	103,5%	
Schwarz konzentr.	Gewicht	315 2,24	300 2,22	310 2,22	325 2,26	305 2,22	300 2,21	309,1	97,3%	
Schwarz	Gewicht	330 2,24	320 2,24	328 2,27	350 2,24	350 2,23	355 2,25	338,8	106,5%	
Gelb konzentr.	Gewicht	205 2,16	190 2,16	200 2,18	200 2,16	200 2,16	205 2,18	200,0	90,5%	
Gelb	Gewicht	290 2,26	275 2,28	285 2,26	290 2,28	265 2,26	320 2,27	287,5	100%	

Tabelle 2

Druckfestigkeitsmeßwerte (an Prüfkörpern $10 \times 10 \times 10$ , aus dem Material der Mosaikplatten $20 \times 20$ )										
Standard	kp/m <sup>2</sup> Gewicht kp	260 2,30	240 2,32	265 2,35	260 2,35	270 2,34	270 2,33	Durchschn. 260,8	100%	
Gelb konzentr.	Gewicht	210 2,35	200 2,34	200 2,33	200 2,28	2000 2,28	210 2,32	204,3	78,5%	
Gelb	Gewicht	260 2,30	225 2,25	235 2,30	250 2,32	230 2,32	220 2,33	236,6	90,8%	
Rot konzentr.	Gewicht	225 2,32	225 2,34	225 2,36	230 2,35	225 2,35	230 2,36	226,6	86,9%	
Rot	Gewicht	255 2,38	245 2,37	250 2,33	255 2,45	250 2,42	225 2,38	246,6	94,7%	
Braun konzentr.	Gewicht	255 2,36	280 2,34	280 2,35	270 2,34	255 2,34	260 2,34	265,7	102,0%	
Schwarz konzentr.	Gewicht	260 2,34	250 2,41	260 2,40	270 2,36	265 2,39	250 2,41	259,1	99,5%	
Schwarz	Gewicht	245 2,37	265 2,40	260 2,38	265 2,41	265 2,42	265 2,40	260,1	100,0%	

Um die Wirkung der Wärmebehandlung zu prüfen, wurden von jeder Nummer weitere drei Probewürfel bereitet. Die Wärmebehandlung wurde nach vierstündigem Aufheizen durch 6 Stunden langes aktives Erhärten bei 80 °C und sechsstündiger Nachbehandlung unmittelbar nach der Herstellung der Würfel durchgeführt. Die Festigkeitsprüfung erfolgte im Alter von 28 Tagen, die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Durch die Dampfbehandlung wurden die Prüfkörper nicht beschädigt. Zwischen den Festigkeiten der normal erhärtenden und wärmebehandelten Prüfkörper läßt sich keine korrelative Beziehung feststellen.

**Tabelle 3**  
Druckfestigkeitswerte nach Wärmebehandlung  
(an Prüfkörpern 10×10×10, aus dem Material der Mosaikplatten 20×20)

	kp/m <sup>2</sup>	295	290	300	Durchschn.	
Standard	Gewicht kp	2,25	2,28	2,26	295	100%
Gelb konzentr.	Gewicht	240 2,20	260 2,25	245 2,24	248,3	84%
Gelb	Gewicht	280 2,23	290 2,25	290 2,25	286	97%
Rot konzentr.	Gewicht	275 2,18	280 2,20	270 2,20	275	93%
Rot	Gewicht	290 2,20	280 2,20	280 2,18	283	96%
Braun konzentr.	Gewicht	305 2,28	310 2,30	320 2,30	312	105%
Schwarz konzentr.	Gewicht	296 2,30	280 2,35	285 2,35	286	97%
Schwarz	Gewicht	2,33	2,35	2,38	270	92%

Die Ergebnisse der Biegedruckfestigkeitsprüfungen sind in Tabelle 4 enthalten. Aus diesen Meßwerten läßt sich feststellen, daß die Biegefestigkeit der Prüfkörper mit konzentriertem Farbstoff von der gleichartigen Festigkeit der Prüfkörper mit herkömmlicher Farbe kaum abweicht oder diese übertrifft.

**Tabelle 4**  
Biegezugfestigkeit von Kunststein-Prüfkörpern (4×4×16)

Nr.	Standard	Gelb konzentr.	Gelb	Rot konzentr.	Rot	Schwarz konzentr.	Schwarz	Braun konzentr.
1	150	131	143,8	147,2	132,4	139,7	138,7	132,5
2	147	130,5	144,1	138,5	136,3	140,2	141,2	133,4
3	152	131,1	139,6	140,6	134,5	142,1	140,3	130,9
im Mittel	149,6	130,8	142,5	142,1	134,4	140,6	140,0	132,2
%	100%	87,5	95,2	95,0	89,8	94,0	93,6	88,4

## 3.2 Prüfung der Mosaikplatten

Die Mosaikplatten wurden nach der Fertigungstechnik des Auftraggeberbetriebs auf einer CASSANI-Preßmaschinenstraße mit den üblichen Zuschlagstoff- und Bindemittelanteilen hergestellt.

Der Farbzusatz betrug 3% des Zementgewichts für herkömmliche Farben und 2,25% für konzentrierte Farben.

**Tabelle 5**  
Biegefestigkeit von Mosaikplatten  
(Platten 40×40)

Nr.	Standard	Gelb konzentr.	Gelb	Rot konzentr.	Rot	Schwarz konzentr.	Schwarz	Braun konzentr.
1	410	360	385	405	360	400	375	320
2	425	375	405	410	395	400	385	350
3	405	370	400	390	400	325	360	380
4	380	290	375	380	400	375	350	360
5	420	300	350	380	375	375	390	380
6	435	350	350	405	360	380	400	390
7	420	375	385	405	410	380	410	405
8	440	395	410	360	415	380	390	395
9	435	365	415	420	330	400	400	385
10	440	365	420	400	400	405	400	415
im Mittel	421	352,5	389,5	395,5	384,5	382,0	337,0	378,0
%	100	84,6	992,5	94,0	91,2	90,7	89,5	89,8

**Tabelle 6**  
Biegefestigkeit von Mosaikplatten  
(Platten 20×20)

Nr.	Standard	Gelb konzentr.	Gelb	Rot konzentr.	Rot	Schwarz konzentr.	Schwarz	Braun konzentr.
1	205	121	135	165	160	150	165	170
2	180	135	160	185	160	150	160	170
3	185	140	150	190	160	175	170	165
4	170	150	165	200	175	170	195	180
5	170	145	155	180	170	170	170	170
6	165	170	140	175	180	195	155	175
7	180	135	175	175	165	170	155	175
8	175	160	165	165	175	150	160	190
9	170	150	180	170	165	155	160	205
10	165	150	185	170	170	175	160	210
im Mittel	176,5	145,6	161	177,5	168,0	166,0	164,0	181,0
%	100,0	82,5	91,2	100,5	95,3	94,2	93,0	102,5

Die Biegeproben wurden nach den Normenvorschriften MSz 4754/1 und 4754/3 ausgeführt. Die vorgeschriebenen Parameter sind für Mosaikplatten  $40 \times 40$  cm ohne Wärmebehandlung:

- mittlere Bruchkraft mindestens 350 kp
- unterer Grenzwert der Bruchkraft für Güteklasse I: 280 kp

Die Bruchprobenergebnisse beziehen sich auf sieben farbige Mosaikplatten und eine Mosaikplatte ohne Farbstoffzusatz (Standard), nach Wärmebehandlung, im Alter von 28 Tagen. Die Meßwerte sind in Tabelle 3 angegeben.

An einer besonderen Serie, bestehend aus 7 Prüfkörpern mit, und einem Prüfkörper ohne Farbstoffzusatz (Standard) wurde die Festigkeit der Mosaikplatten  $20 \times 20$  geprüft. Die Normwerte für Mosaikplatten  $20 \times 20$  ohne Wärmebehandlung sind wie folgt:

- mittlere Bruchkraft mindestens 150 kp
- unterer Grenzwert der Bruchkraft für Güteklasse I: 120 kp

Die an wärmebehandelten Mosaikplatten im Alter von 28 Tagen erhaltenen Bruchfestigkeiten sind in Tabelle 4 angegeben.

Aus den Prüfungsergebnissen ist zu erkennen, daß die Biegezugfestigkeit der Mosaikplatten mit konzentrierten Farbstoffen von der Biegezugfestigkeit der Prüfkörper mit herkömmlichen Farbstoffen kaum abweicht oder diese sogar übersteigt.

Die Untersuchungen zeigen, daß die in der Bauindustrie benutzten Farbstoffe nur unter Berücksichtigung der Zusammenhänge zwischen Werkstoffbeschaffenheit und Technologie mit gutem Erfolg verwendet werden können.

Die Versuchsergebnisse — aus denen sich zwar keine eindeutigen Schlüsse ziehen lassen — beweisen, daß sowohl die Tisza-Chemiewerke als auch die BUDALAKK-Werke richtig verfahren, indem sie durch die Entwicklung ungarischer Farbstoffe die devisenaufwendigen ausländischen Farben zu ersetzen suchen. Ohne die Ergebnisse der chemischen Prüfungen zu berühren, die von einem anderen Lehrstuhl durchgeführt wurden, läßt sich feststellen, daß die anfänglichen technologischen Versuche Ergebnisse brachten, nach denen die verschiedenen verminderten Festigkeitswerte noch zulässig scheinen.

In Anbetracht der Möglichkeit, Devisen einzusparen, sollten diese Feststellungen dazu führen, durch eine gewisse Änderung der chemischen Zusammensetzung, der Kristallstruktur, der Körnung usw. aus inländischen Produkten Farbstoffe herzustellen, die sowohl hinsichtlich der Farbbeständigkeit als auch der Beton- und Mörtelfestigkeiten den gegenwärtig benutzten Importfarben gleichwertig sind.

### Zusammenfassung

Die Versuche beweisen, daß der Zusatz herkömmlicher oder aktivierter Pigmentfarben bis 5—6% des Zementgewichts die Festigkeiten nicht wesentlich beeinflußt und sich Oberflächen mit guter ästhetischer und Farbwirkung herstellen lassen. Auf gewissen Gebieten des Bauwesens können die devisenaufwendigen, ausländischen Erzeugnisse durch inländische Farbstoffe ersetzt werden.

Dozent Zoltán VAJDA  
Oberassistenten Károly BACHER  
Dr. Pál LÁNCZOS,  
László SOÓS

H-1521 Budapest