

Određivanje zrnatosti fotografskih slojeva

I. BROZ i K. WEBER

Fotografska praksa i teorija razlikuju dvije vrste »zrna«. Nerazvijena i razvijena zrna. Nerazvijena zrna su kristali srebrnih halogenida dispergiranih u želatini, koji tvore t. zv. »fotografsku emulziju«. Razvijena zrna su kristali ili kristalinične nakupine metalnog srebra, koje nastaju redukcijom iz srebrnih halogenida utjecajem razvijaa. Veličina i broj razvijenih zrna zavisit će prije svega o veličini i broju zrna u nerazvijenom fotografskom sloju, a osim toga o načinu osvjetljavanja, procesu razvijanja i naknadnoj obradbi fotografskog sloja. Činjenica, da se na razvijenom fotografskom negativ materijalu primjećuje već pri slabom povećanju zrnata struktura, nazivamo pojavom zrnatosti. Kod procesa razvijanja zrno (kristal) srebrnog halogenida znatno se deformira, tako da razvijeno zrno poprima sasvim drugi oblik i strukturu, a stepen ove deformacije ovisi o sastavu razvijaa, te o temperaturi i o vremenu razvijanja. Pojedini kristali elementarnog srebra u negativu, koji imaju većinom štapičasto-nitasti oblik, mogu se spajati međusobno u veća klupka ili nakupine srebra. Stvaranjem takovih nakupina mijenja se oblik i veličina zrna razvijenog sloja, a zbog toga zrnatost tih slojeva nije uvjetovana samo veličinom i brojem pojedinih kristala srebra, već je ovisna, naročito kod većih gustoća zacrnenja, i o veličini, obliku i broju tih nakupina.

Kao mjerilo za zrnatost često se upotrebljava fizikalna veličina, koja je u vezi sa Callier-ovim kvocijentom. Poznato je da brojčane vrijednosti gustoća zacrnenja fotografskih slojeva ovise u stanovitoj mjeri i o načinu mjerenja, pa se zbog toga razlikuju vrijednosti gustoća zacrnenja mjerenih u paralelno usmjerenom svijetlu ($D_{//}$), od gustoća zacrnenja mjerenih u difuznom svijetlu (D_{+}). Omjer tih dviju veličina daje Callier-ov kvocijent:

$$Q = \frac{D_{//}}{D_{+}} \dots \dots \dots (1)$$

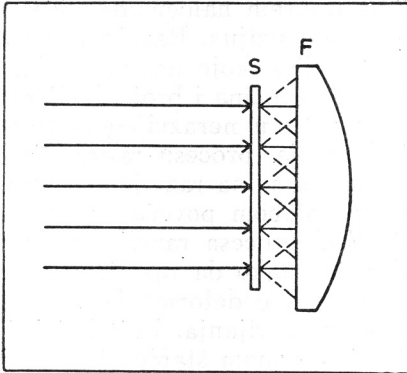
Vrijednosti gustoće zacrnenja u difuznom svijetlu dobivaju se na taj način, da se kod mjerenja receptor fotometra nalazi neposredno iza fotografskog sloja tako, da on registrira svu količinu svijetla, koju propušta sloj, t. j. difuzno raspršeno svijetlo, u kojem su sadržani svi smjerovi svijetla, dakle i paralelno usmjereno svijetlo (Sl. 1.). Ako se fotometar pomakne do izvjesne udaljenosti od mjerenog fotografskog sloja, to će on registrirati samo onaj dio svijetla koji prođe kroz mjereni sloj, koji je paralelno usmjeren, budući da ostali dio svijetla zbog raspršavanja ne dolazi do fotometra (Sl. 2.).

Brojčane vrijednosti $D_{//}$ veće su od D_{+} , što je u vezi sa zrnatom strukturom sloja, tako da je i kvocijent tih dviju veličina veći od 1. Threadgold je predložio da se Callier-ov kvocijent uzme kao mjera za zrnatost.

Taj prijedlog prihvatili su J. Eggert i A. Küster i ostvarili su praktički tu ideju. Oni su definirali zrnatost slijedećom jednodžbom:

$$K = 100 \log Q = 100 \log \frac{D_{//}}{D_{+}} \dots \dots \dots (2)$$

kod čega su uzeli onu vrijednost zacrnjenja $D_{//}$, koja odgovara vrijednosti $D_{+} = 0,5$. Prema tome većim vrijednostima Callier-ovog kvocijenta odgovaraju i veće vrijednosti zrnatosti.

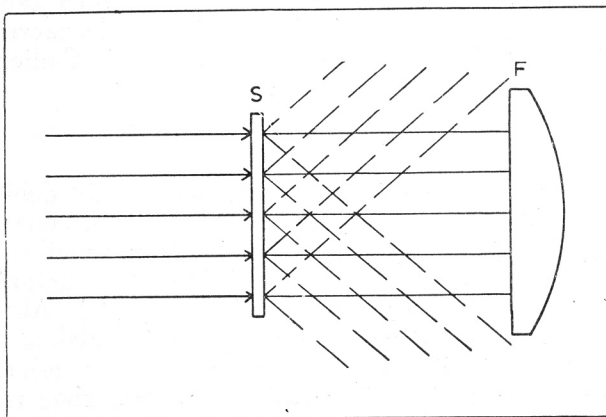


Sl. 1. Shema fotometarskog uređaja. Fotoelement se nalazi u neposrednoj blizini mjenenog sloja.
S fotosloj; *F* fotoelement
 Abb. 1. Schema der Photometeranordnung. Das Photoelement befindet sich unmittelbar hinter der Negativschicht. *S* Photoschicht; *F* Photoelement.

Iz jednadžbe, koja nam daje brojčane vrijednosti za zrnatost, može se dalje izračunati srednji promjer razvijenog zrna, kao i broj zrna na 1 cm² razvijenog sloja. Jednadžba za promjer zrna glasi:

$$d = 0,068 K = 6,8 \log \frac{D_{//}}{D_{+}} \dots \dots \dots (3)$$

a za broj zrna na jedinici površine



Sl. 2. Druga shema fotometarskog uređaja. Fotoelement se nalazi u većoj udaljenosti od mjenenog sloja.

Abb. 2. Zweites Schema der Photometeranordnung. Das Photoelement befindet sich in grösserer Entfernung von der Negativschicht.

$$z = 2,43 \frac{D_{\#}}{d^2} = 630 \frac{D_{\#}}{K^2} \dots \dots \dots (4)$$

Jednadžba za veličinu srednjeg promjera zrna daje vrijednosti u mikronima. U jednadžbi za broj zrna veličina srednjeg promjera zrna uzima se u centimetrima jer se z odnosi na plohu od 1 cm^2 .

Brojčane vrijednosti zrnatosti ovisne su u priličnoj mjeri još i o dužini vala svjetla, koje prolazi kroz sloj kod promatranja ili mjerenja. Navedene jednadžbe za zrnatost, promjer zrna i broj zrna vrijede samo u tom slučaju, ako je mjereno aparaturom (granulometrom), kod koje djeluje pretežno infracrveno svjetlo, a kao fotometar služi cezijeva fotostanica. Ako se mjerenja vrše na vizuelnom granulometru ili aparaturi sa selenovim fotoelementom, dobivaju se druge vrijednosti. Selenov fotoelement ima praktično istu spektralnu osjetljivost kao i ljudsko oko, zbog čega vizuelni granulometri i aparature sa selenovim fotoelementom daju uvijek iste vrijednosti za zrnatost. Zbog toga se razlikuje »fotoelektrična« (infracrvena) zrnatost K_f od »vizuelne« K_v . Prema J. Eggert-u i A. Küster-u postoji između ovih dviju veličina slijedeći odnos:

$$K_v = 1,24 K_f + 8 \dots \dots \dots (5)$$

Iz ove relacije slijedi da jednadžba za izračunavanje srednjeg promjera zrna ima ovaj oblik

$$d = 0,052 K_v - 0,23 \dots \dots \dots (6)$$

Zadatak, koji smo si postavili u vezi ove tematike sastoji se u slijedećem:

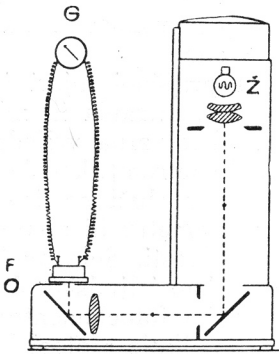
1. Sastaviti aparaturu pomoću koje će biti omogućeno mjerenje vizuelne zrnatosti. (Za vizuelni granulometar smo se odlučili zbog toga, što nismo raspolagali sa izvorom infracrvenog svjetla odnosno cezijeve fotostanice i jer je za praktičnu fotografiju veličina K_v svakako značajnija od K_f).
2. Ispitati uvjete mjerenja na takvoj aparaturi.
3. Mjeriti Callier-ov kvocijent raznih negativ materijala da bi se dobio uvid odnosa zrnatosti, veličine zrna i broja zrna.

EKSPERIMENTALNI DIO

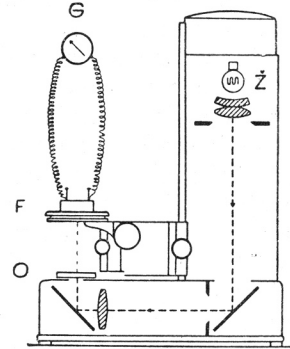
Mi smo za mjerenje zrnatosti upotrebljavali fotoelektrički fotometar, kojega smo sastavili kombinacijom Zeiss-ovog »Ultrafot« kamere-mikroskopa, fotoelementa i Multiflex-galvanometra (B. Lange, tip MG-2) velike osjetljivosti, te ampermetra. Vrijednosti gustoće zacrnenja u difuzno raspršenom svjetlu dobili smo na taj način (Sl. 3), što se fotoelement nalazi neposredno nad mjerenim slojem, a vrijednosti gustoće zacrnenja u paralelno usmjerenom svjetlu premještanjem fotoelementa na visinu od 20 cm. (Sl. 4). Budući da se promjenom jakosti struje mijenja i intenzitet svjetla, a to svakako utječe na veličine mjerenja gustoća zacrnenja, uključili smo u aparaturu ampermetar radi kontrole jakosti struje.

Za mjerenje Callier-ovog kvocijenta uzeli smo 4 razna negativ materijala: Agfa Isopan FF (10/10⁰ DIN), Agfa Isopan F (17/10⁰ DIN), Agfa Isopan SS (21/10⁰ DIN) i Agfa Isopan U (24/10⁰ DIN). Svi navedeni ma-

terijali bili su filmovi širine 35 mm, pakirani za amatersku upotrebu. Ove negativ materijale izabrali smo radi toga, jer predstavljaju razne tipove emulzija, od slabo osjetljivih do visoko osjetljivih. Poznato je, da negativ



Sl. 3. Shematska slika aparature za mjerenje gustoće zacrnnjenja u difuzno raspršenom svijetlu.
F fotoelement; O mjereni sloj; G galvanometar; Z žarulja ultrafot-mikroskopa
Abb. 3. Schematisches Bild der Apparatur zur Messung der photographischen Dichte im diffus-
zerstreuten Licht. F Photoelement; O Negativschicht; G Galvanometer; Z Glühlampe des
Ultraphot-Mikroskops.



Sl. 4. Shematska slika aparature za mjerenje gustoće zacrnnjenja u paralelno usmjerenom svijetlu.
Abb. 4. Schematisches Bild der Apparatur zur Messung der photographischen Dichte im parallel-
gerichteten Licht.

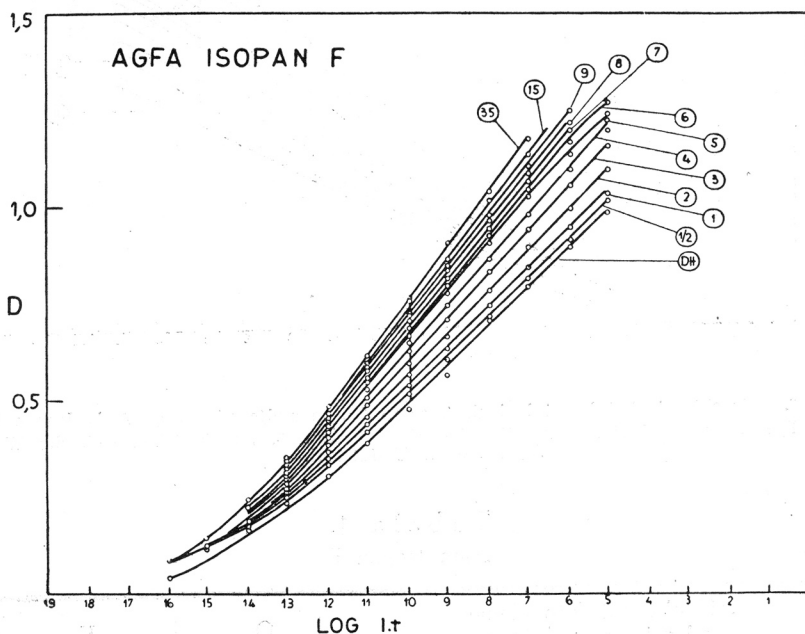
materijali velike osjetljivosti imaju i veću zrnatost od onih niže osjetljivosti. Da bi se izbjegao utjecaj razvijaa, temperature i vremena razvijanja, svi navedeni materijali razvijani su u istom razvijaa kod iste temperature i jednakim vremenima razvijanja. U literaturi o zrnatosti navodi se gotovo svugdje, da je uobičajeno određivati Callier-ov kvocijent kod gustoće zacrnnjenja $D_{\#} = 0,5$. Zbog toga smo navedene materijale osvijetljavali na Scheiner-ovom sektorskom kotaču, pa smo poslije razvijanja dobili stepenaste sive klinove. Ekspozicija se je za pojedine materijale udesila tako, da su se uz različito vrijeme razvijanja dobivena zacrnnjenja kretala oko $D_{\#} = 0,5$. Od svakog navedenog materijala osvijetljeno je po 6 komada, koji su onda razvijani u vremenima: 4, 8, 12, 16, 20 i 24 min. Proces razvijanja vršio se strogo po senzimetrijskim pravilima. Svi materijali razvijani su u razvijaa Agfa-17, kod temperature $19^{\circ}\text{C} (\pm 0,5^{\circ}\text{C})$ u potpunom mraku. Razvijanje vršilo se pomoću šesterostrane prizme, na čijim stranama su bili pričvršćeni odresci filmova duljine cca 13 cm, i posude u obliku valjka. Prizma sa filmovima stavila se je u valjak sa razvijaačem, lagano pomicala rukom iz lijeva u desno i obratno*).

Iz ovako pripremljenih stepenastih sivih klinova imali smo mogućnost mjerenja Callier-ovog kvocijenta i iz toga zaključiti:

1. Kako se mijenja zrnatost i veličina zrna raznim vremenima razvijanja.
2. Kako se odnose zrnatosti i veličine zrna materijala raznih osjetljivosti razvijanih ali u istom razvijaa, isto vrijeme, kod iste temperature i pod istim okolnostima.

*) Razvijanje je izvršeno prema metodi senzimetrijskog razvijanja koju je razradio K. Kempni.

Prije nego li smo prešli na samo mjerenje Callier-ovog kvocijenta materijala, kojega smo pripremili, izvršili smo dva mjerenja zbog ispitivanja uvjeta mjerenja na našem granulometru. Kao prvo mjerili smo D_+ tako, da smo fotoelementat položili na ispitivani sloj, a zatim smo fotoelementat podizali u vis da ustanovimo onu udaljenost sloja od fotoelementa, kod koje na fotoelementat dolazi isključivo paralelno usmjereno svjetlo tako, da je mjerena vrijednost gustoće zacrnenja pretstavlja D_+ . Fotoelement je podizan uvis točno po okomici bez i najmanjeg pomicanja iz pravca okomice. Za ovo mjerenje uzeli smo stepenasti sivi klin Agfa

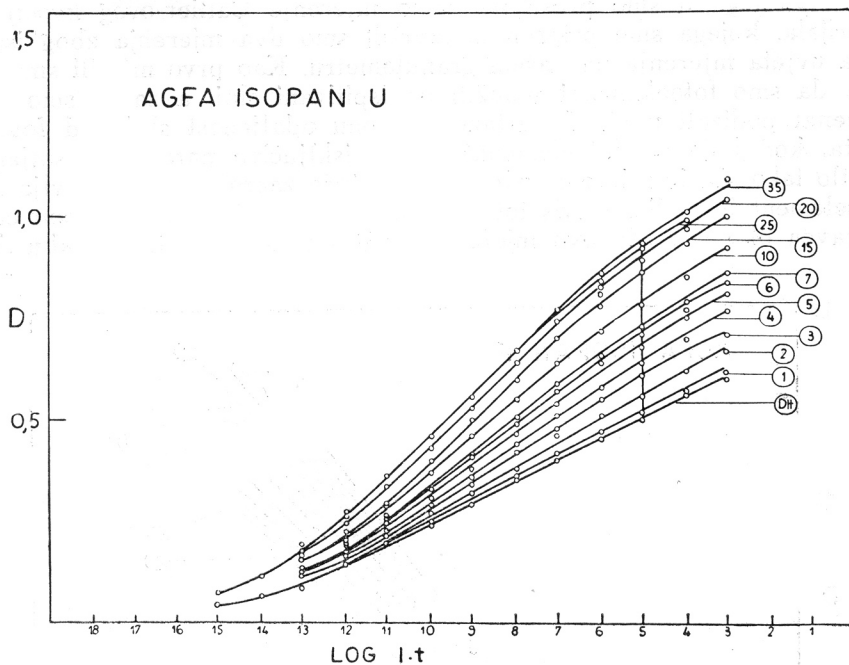


Sl. 5. Krivulje zacrnenja stepenastog sivog klina Agfa Isopan F (razvijan 12 min.) dobivene mjerenjem gustoće zacrnenja kod raznih udaljenosti fotoelementa od mjenog sloja. Brojevi uz krivulje znače udaljenost fotoelementa od mjenog sloja u centimetrima. Ordinata: Vrijednosti gustoće zacrnenja (D). Apscisa: Logaritama ekspozicije ($\log I \cdot t$)

Abb. 5. Schwärzungskurven eines grauen Stufenkeiles auf Agfa Isopan F-Material (entwickelt 12 Min.), die durch Messungen der Dichten bei verschiedener Entfernung des Photoelements von der Negativschicht erhalten wurden. Die Zahlen der Kurven geben die Entfernung des Photoelements von der Negativschicht in cm an. Ordinate: Schwärzungsdichten (D); Abscisse: Logarithmus der Exposition ($\log I \cdot t$)

Isopan F dobiven razvijanjem od 12 min., i stepenasti sivi klin Agfa Isopan U također od 12 min. razvijanja. Grafički prikazi rezultata fotometriiranja vide se na slikama 5 i 6. Iz ovih grafikona odredili smo grafičkom metodom (Callier-ov kvocijent za pojedinačne vrijednosti mjerenja (uvijek za $D_+ = 0,5$)

U tabelama 1 i 2 dajemo pregled dobivenih vrijednosti za Callier-ov kvocijent i zrnatost.



Sl. 6. Opis slike je isti kao i kod sl. 5, samo što se ovdje odnosi na Agfa Isopan U.
 Abb. 6. Die Bildunterschriftung ist dieselbe wie bei Abb. 5, nur beziehen sich die Werte auf Agfa Isopan U-Material.

Tabela 1.
 Agfa Isopan F

Udaljenost foto elementa od mjerelog sloja u cm.	Q	K
0,5	1,05	2,12

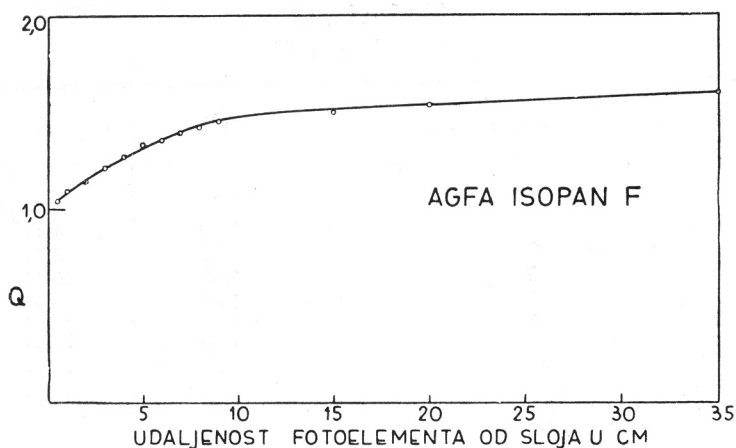
Tabela 2.
Agfa Isopan U

Udaljenost fotoelementa od mjenenog sloja u cm.	Q	K
1	1,08	3,34
2	1,12	4,92
3	1,22	8,64
4	1,28	10,72
5	1,38	13,99
6	1,43	15,53
7	1,47	16,73
10	1,58	19,87
15	1,72	23,55
20	1,80	25,53
25	1,84	26,48
35	1,87	27,18

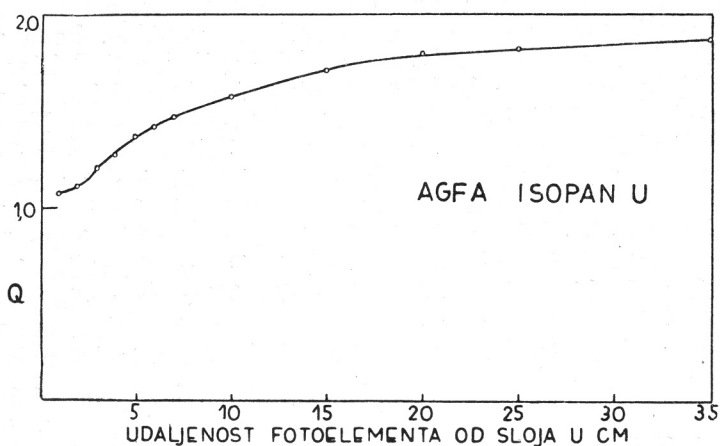
nog sloja u vis rastu i vrijednosti gustoća zacrnljenja, a time i numerička vrijednost Callier-ovog kvocijenta do izvjesne veličine, kada vrijednosti postanu konstantne. Kod grafikona na slici 7 vrijednosti Callier-ovog kvocijenta postaju konstantne, kad fotoelement dostigne visinu od cca 15 cm. Kod grafikona na slici 8 to se događa u visini od cca 20 cm. Na osnovu tih podataka izvršili smo daljnja mjerenja D_{\parallel} kod visine fotoelementa od 20 cm. Prigovor, koji bi mogao doći u vezi činjenice, što na grafikonu na slici 8 veličine D_{\parallel} postaju strogo konstantne kod udaljenosti fotoelementa od mjenenog sloja u visini od cca 25 cm., otklanjamo činjenicom, što bi intenzitet svijetla, ako bi se mjerenja D_{\parallel} vršila stalno kod 25 cm., toliko slabio, da bi se kod mjerenja polja klina sa većim zacrnljenjem morao povećati i intenzitet svijetla žarulje povećavanjem amperaže, što bi opet dovelo do pogreške u rezultatima, kako ćemo to još pokazati.

Do zaključka da mjerimo D_{\parallel} kod visine od 20 cm., dolazimo i iz grafikona na slikama 9 i 10, gdje smo nanijeli mjerenu gustoću zacrnljenja pojedinih polja klina u ovisnosti sa udaljenošću fotoelementa od mjenenog sloja. Iz ovih grafikona lijepo se vidi, da razlika između vrijednosti D_{\perp} i D_{\parallel} postaje to veća i očiglednija što je gustoća zacrnljenja polja klina veća. To ujedno znači, da Callier-ov kvocijent, a time i zrnatost postaju veći kod većih zacrnljenja.

Iza mjerenja, kojima smo ustanovili potrebnu udaljenost fotoelementa od mjenenog sloja, ispitali smo još, kako utječu promjene intenziteta svijetla na mjerene veličine gustoća zacrnljenja. To smo postigli tako, da smo mijenjali voltažu akumulatorske baterije, a time i amperažu žarulje ultrafota. Kao sloj za mjerenje uzeli smo opet stepenasti sivi klin od Agfa Isopan F (razvijan 12 min). Mjerenja izvršili smo kod 6,0, 6,3, 6,6, 7,0 i 7,2 ampera. Na grafikonu na slici 11 naneseni su rezultati mjerenja kod 6,0 A, 6,6 A i 7,2 A, a na tabeli 3 dajemo vrijednosti Callier-ovog kvocijenta i zrnatosti.



Sl. 7. Ovisnost Callier-ovog kvocijenta (Q) o udaljenosti fotoelementa od mjenenog sloja.
 Abb. 7. Werte des Callier-Quotienten in Abhängigkeit von der Entfernung des Photoelementes von der Negativschicht.

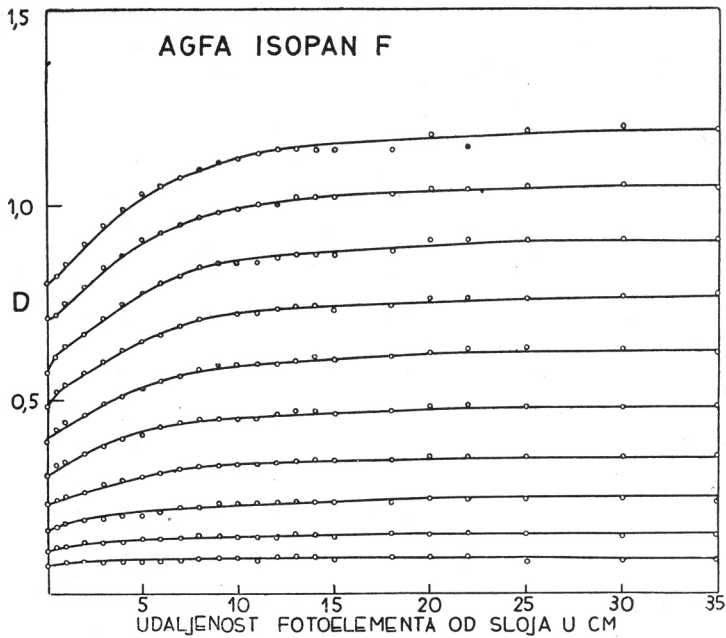


Sl. 8. Opis slike je isti kao i kod sl. 7.
 Abb. 8. Die Bildunterschriftung ist dieselbe wie bei Abb. 7.

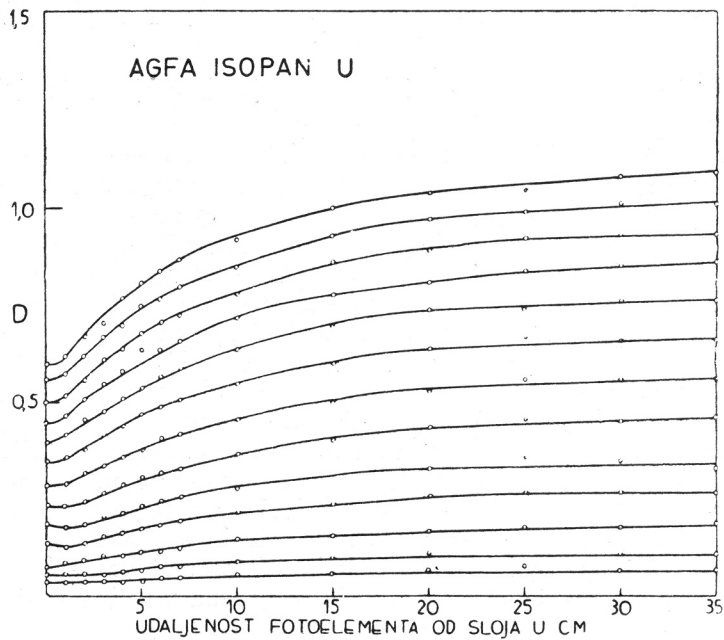
Tabela 3.

A	Q	K
6,0	1,66	22,01
6,6	1,71	23,30
7,2	1,76	24,55

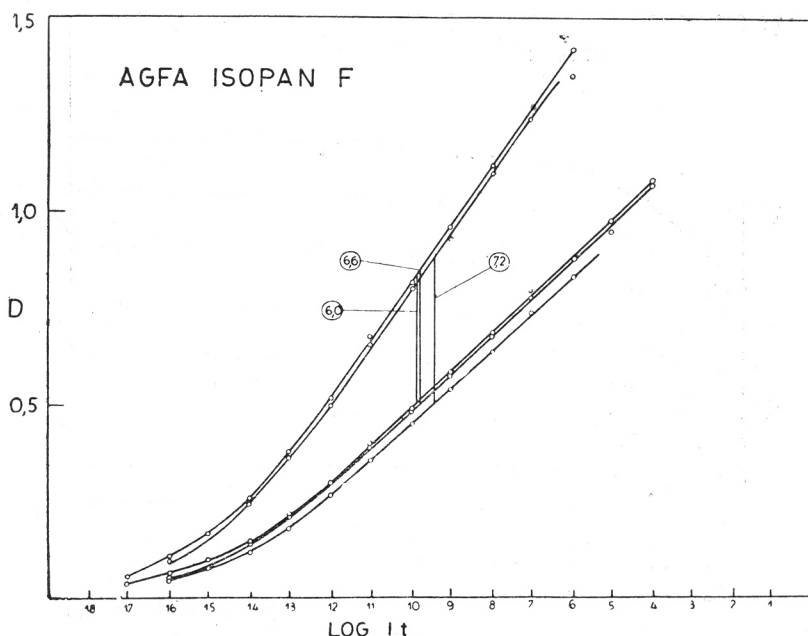
Iz tih podataka se vidi, da promjena intenziteta svijetla odnosno jačnosti struje (A), utječe na rezultate mjerenja. Te promjene nisu velike



Sl. 9. Ovisnost vrijednosti gustoća zaernjenja (D) o udaljenosti fotoelementa od mjerelog sloja.
 Abb. 9. Werte der Schwärzungsdichte (D) in Abhängigkeit von der Entfernung des Photoelementes von der Negativschicht.



Sl. 10. Opis slike isti kao i kod sl. 9.
 Abb. 10. Die Bildunterschrift ist dieselbe wie bei Abb. 9.

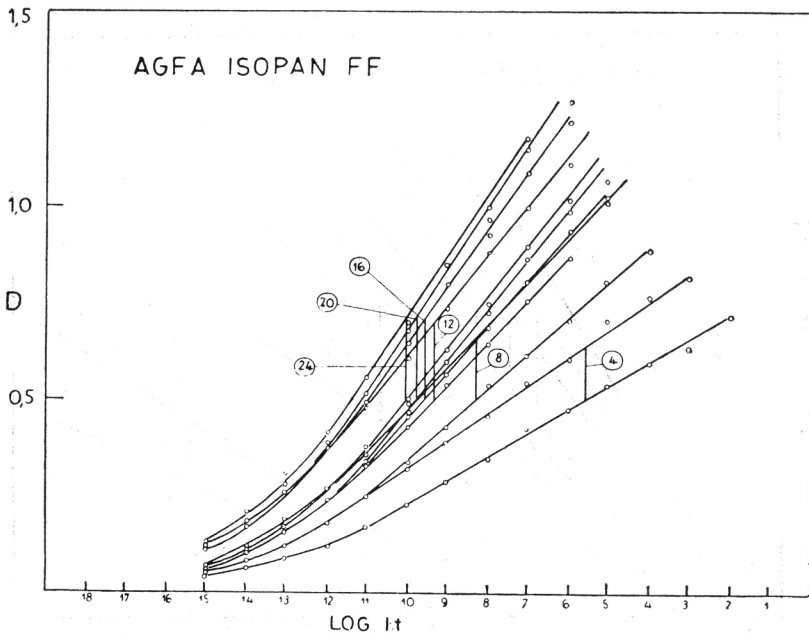


Sl. 11. Krivulje zacrnenja stepenastog sivog klina Agfa Isopan F (razvijan 12 min.), dobivene mjerenjem gustoće zacrnenja uz razne intenzitete svijetla. Brojevi uz krivulje pokazuju amperazu žarulje ultrafot-mikroskopa za vrijeme mjerenja.

Abb. 11. Schwärzungskurven eines grauen Stufenkeiles auf Agfa Isopan F-Material (entwickelt 12 Min.), die durch Schwärzungsmessungen bei verschiedenen Lichtintensitäten erhalten wurden. Die Zahlen der Kurven geben die Stromstärken der Glühlampe in Ampere, während der Messung an.

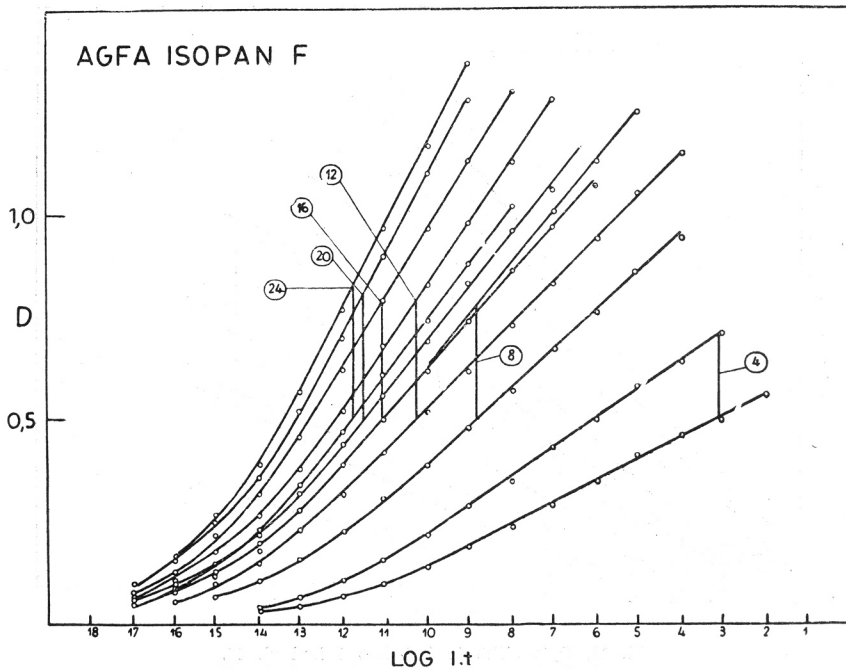
kako dolazi do malih promjena jakosti struje. Promjena te jakosti za 0,2 A ne povlači za sobom velikih grešaka u rezultatima, budući da se to kod mjerenja gustoće zacrnenja očituje u drugoj decimali za ± 1 .

Nakon što smo ispitali uvjete mjerenja na našem granulometru, prešli smo na mjerenja zrnatosti već prije spomenutog negativnog materijala. Kao što smo spomenuli, od svakog pojedinog materijala dobili smo po 6 klinova, koji su bili razvijani 4, 8, 12, 16, 20 i 24 min. Od svakog pojedinog klina mjerene su gustoće zacrnenja u difuznom i paralelnom svijetlu. Sva mjerenja izvršena su kod jakosti struje od 6,2 A. Gustoće zacrnenja su se uvijek mjerile iznad mreže. Od dobivenih podataka fotometriiranja konstruirane su krivulje gustoće zacrnenja. U biti zapravo ne bi bilo potrebno fotometrirati cijeli klin, već samo nekoliko polja u blizini gustoće zacrnenja 0,5, obzirom na to što se Callier-ov kvocijent mjeri kod gustoće zacrnenja $D_+ = 0,5$. Ako bi se postupilo na taj način, postajala bi veća mogućnost, da povučena krivulja ne odgovara u potpunosti krivulji gustoće zacrnenja toga materijala, što bi svakako dovelo do pogreške u rezultatima. Iz dobivenih vrijednosti fotometriiranja konstruirane su krivulje gustoće zacrnenja, grafički je izmjerena veličina gustoće zacrnenja D_+ , koja odgovara gustoći zacrnenja $D_+ = 0,5$ (grafikonu na slikama 12, 13, 14 i 15). U tabeli 4 dajemo vrijednosti mjerenja Callier-ovog kvocijenta, zrnatosti srednjeg promjera zrna i broja zrna na 1 cm² sloja.



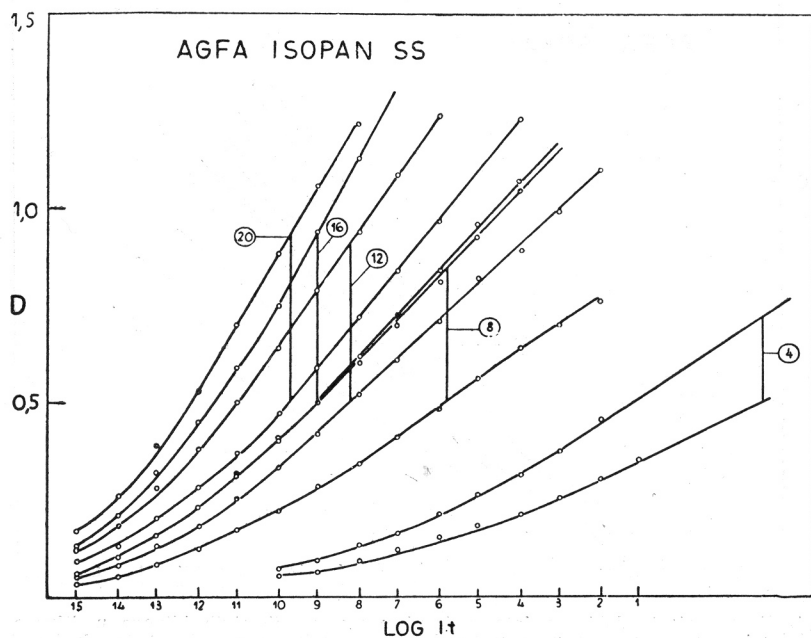
Sl. 12. Krivulje zacrnenja dobivene fotometriranjem stepenastih sivih klinova u difuzno raspršenom svjetlu i paralelnom svjetlu. Okomice, koje spajaju krivulje za $D_{//}$ i D_{\perp} kod vrijednosti $D_{\perp} = 0,5$, obilježene su brojevima, koji pokazuju vremena razvijanja u minutama fotometriranog sivog klina.

Abb. 12. Schwärzungskurven die durch Photometrierung der Graukeile im diffus-zerstreuten, sowie im parallelen Licht erhalten wurden. Die senkrechten Geraden, die die Kurven für $D_{//}$ und D_{\perp} bei der Werten $D_{\perp} = 0,5$ verbinden, sind mit Zahlen bezeichnet, die die Entwicklungszeit in Minuten angeben.

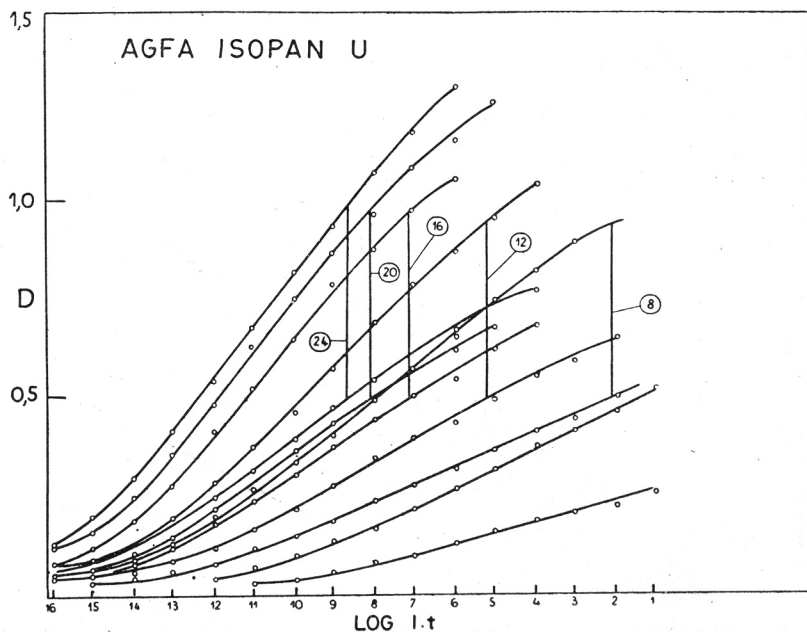


Sl. 13. Opis slike je isti kao i kod sl. 12.

Abb. 13. Die Bildunterschrift ist dieselbe wie bei Abb. 12.



Sl. 14. Opis slike je isti kao i kod sl. 12.
 Abb. 14. Die Bildunterschrift ist dieselbe wie bei Abb. 12.



Sl. 15. Opis slike je isti kao i kod sl. 12.
 Abb. 15. Die Bildunterschrift ist dieselbe wie bei Abb. 12.

Tabela 4.

Agfa Isopan FF						
	4	8	12	16	20	24
Q	1,28	1,32	1,40	1,42	1,44	1,42
K	10,72	12,06	14,61	15,23	15,84	15,23
d	0,33	0,40	0,53	0,56	0,60	0,56
z	$1,115 \cdot 10^9$	$1,907 \cdot 10^9$	$4,325 \cdot 10^8$	$3,874 \cdot 10^8$	$3,374 \cdot 10^8$	$3,874 \cdot 10^8$

Agfa Isopan F						
	4	8	12	16	20	24
Q	1,40	1,54	1,58	1,58	1,60	1,64
K	14,61	18,75	19,87	19,87	20,41	21,48
d	0,53	0,75	0,80	0,80	0,83	0,89
z	$4,325 \cdot 10^8$	$2,160 \cdot 10^8$	$1,898 \cdot 10^8$	$1,898 \cdot 10^8$	$1,763 \cdot 10^8$	$1,533 \cdot 10^8$

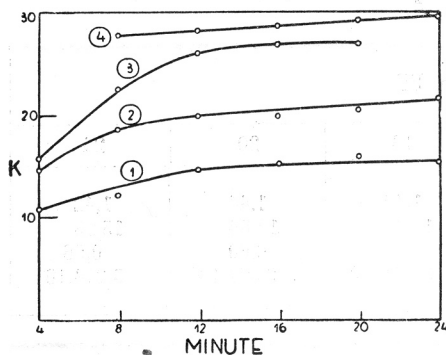
Agfa Isopan SS						
	4	8	12	16	20	24
Q	1,44	1,68	1,82	1,86	1,86	
K	15,84	22,53	26,01	26,95	26,95	
d	0,60	0,94	1,12	1,17	1,17	
z	$3,374 \cdot 10^8$	$1,375 \cdot 10^8$	$9,686 \cdot 10^7$	$8,876 \cdot 10^7$	$8,876 \cdot 10^7$	

Agfa Isopan U						
	4	8	12	16	20	24
Q		1,90	1,92	1,94	1,96	1,98
K		27,88	28,33	28,78	29,23	29,67
d		1,22	1,24	1,27	1,29	1,31
z		$8,163 \cdot 10^7$	$7,902 \cdot 10^7$	$7,533 \cdot 10^7$	$7,301 \cdot 10^7$	$7,080 \cdot 10^7$

Prema podacima iz tabele 4 konstruirali smo 3 grafikona: prvi prikazuje ovisnost zrnatosti o vremenu razvijanja (slika 16), drugi ovisnost srednjeg promjera zrna o vremenu razvijanja (slika 17), a treći odnos zrnatosti o fotografskoj osjetljivosti upotrebljenog negativ materijala (slika 18).

Iz grafikona na slikama 16 i 17 očito se vidi, da vrijednosti zrnatosti i srednjeg promjera zrna kod sva četiri materijala rastu sa vremenom razvijanja, i da materijali sa većom fotografskom osjetljivošću imaju i veće vrijednosti zrnatosti i srednjeg promjera zrna.

Iz grafikona na slikama 16 i 18 vidimo da postoji ovisnost zrnatosti o veličini osjetljivosti fotomaterijala. Porastom osjetljivosti redovito raste

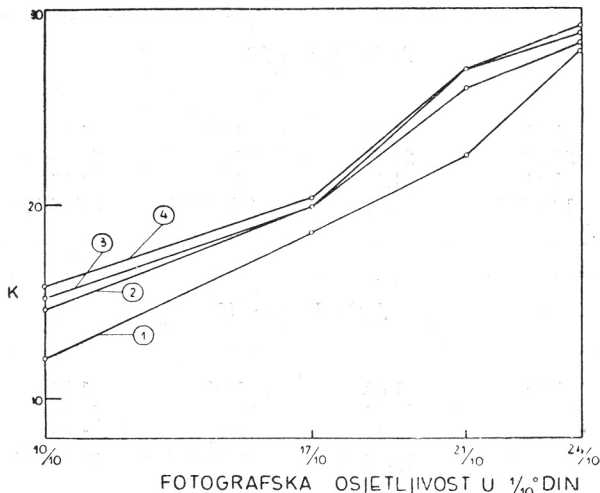
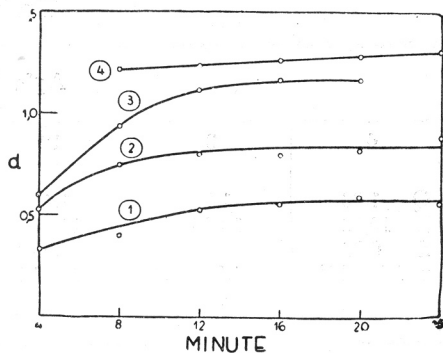


Sl. 16. Ovisnost zrnatosti o vremenu razvijanja. Ordinata: Vrijednost zrnatosti (K). Apscisa: Vrijeme razvijanja u minutama. Krivulja 1. odnosi se na Agfa Isopan FF, krivulja 2. na Isopan F, krivulja 3. na Isopan SS, krivulja 4. na Isopan U.

Abb. 16. Werte der Körnigkeit als Funktion der Entwicklungszeit. Ordinate: Werte der Körnigkeit (K). Abscisse: Entwicklungszeit in Minuten. Kurve 1. bezieht sich auf Agfa Isopan FF-Material, Kurve 2. auf Isopan F, Kurve 3. auf Isopan SS und Kurve 4. auf Isopan U.

Sl. 17. Ovisnost srednjeg promjera zrna o vremenu razvijanja. Ordinata: Srednji promjer zrna, izražen u mikronima. Apscisa: Vrijeme razvijanja u minutama. Oznake krivulja su iste kao i na sl. 16.

Abb. 17. Der mittlere Durchmesser der Körper als Funktion der Entwicklungszeit. Ordinate: Mittlerer Durchmesser der Körner in Mikronen. Bezeichnung der Kurven wie bei Abb. 16.



Sl. 18. Ovisnost zrnatosti o fotografskoj osjetljivosti. Brojevi na linijama odnose se na jednako vrijeme razvijanja, i to 1. na 8 min, 2. na 12 min, 3. na 16 min i 4. na 20 min.

Abb. 18. Die Körnigkeit in Abhängigkeit von der photographischen Empfindlichkeit. Die Zahlen der Kurven beziehen sich auf gleiche Entwicklungszeiten, und zwar 1. auf 8 Min., 2. auf 12 Min., 3. auf 16 Min. und 4. auf 20 Min.

i zrnatost, no povezanost tih veličina sigurno je ovisna o velikom broju različitih faktora. Grafikon na slici 18 nam kaže, da su zakonitosti tog odnosa sigurno veoma zamršene.

ZAKLJUČAK

Upotrebom »Ultrafot« kamera-mikroskopa i odgovarajućeg fotoelektričkog uređaja konstruirana je aparatura za mjerenje vizuelne zrnatosti na temelju određivanja Callier-ovog kvocijenta. Mjerenjima tog kvocijenta

u ovisnostima o pokusnim uvjetima ustanovljena je točna metodika rada ove aparature.

Opisanom aparaturom izvršena su određivanja zrnatosti za 4 negativ materijala različitih fotografskih osjetljivosti, a dobiveni rezultati su upotrebljeni kao ilustracija ispravnosti rada.

LITERATURA

1. Eggert, J. i Küster, A., Kintotechn., 16 (1934) 127; Veröffentl. wiss. Zentrallab. Agfa, 4 (1935) 49.
2. Frieser, H., Fortschritte d. Photogr., II, Leipzig 1940, str. 277; III, str. 73.
3. Küster, A., Veröffentl. wiss. Zentrallab. Agfa, 3 (1933) 93.
4. Mees, C. E. K., The Theory of the Photogr. Process, New-York 1946, str. 638, 838.
5. Meidinger, W. Die theoret. Grundlagen d. Photogr. Prozesse, (A. Hay, Handbuch d. wissen. angew. Photogr., sv. V.) Wien, 1932, str. 66, 153.

TVORNICA »FOTOKEMIKA«
ODJEL ZA ISTRAŽIVANJE
ZAGREB

Primljeno 26. ožujka 1952.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Bestimmung der Körnigkeit photographischer Schichten

I. BROZ und K. WEBER

Es wurde der Begriff der Körnigkeit entwickelter photographischer Schichten und seine Beziehungen zum »Korn« unentwickelter Schichten dargelegt. Das Verhältnis der photographischen Dichte im parallel-gerichteten Lichte (D_{\parallel}) zur Dichte im diffusen Licht (D_{++}) ergibt den Callier-Quotient (Gleichung 1), der besonders auf Grund der Arbeiten von J. Eggert und A. Küster, als Mass der Körnigkeit der Schicht (K) dienen kann (Gleichung 2). Bestimmt man die Körnigkeit mit Hilfe des Callier-Quotienten, so ist es auch möglich den Durchmesser (d) des entwickelten Kornes, sowie auch die Anzahl der Körner (z) je Flächeneinheit zu berechnen (Gleichungen 3 und 4). Es ist üblich zwischen photoelektrischer (infraroter) und visueller Körnigkeit zu unterscheiden, und die verschiedenen Zahlenwerte dieser Grössen können durch einfache Beziehungen dargestellt werden (Gleichungen 5 und 6).

Es wurde ein photoelektrisches Granulometer mit einem Selen-Sperrschichtphotoelement und bei Verwendung der optischen Einrichtung des Zeiss'schen »Ultraphot«-Kameramikroskopes konstruiert (Abbildungen 3, 4). Mit diesem Apparat werden visuelle Körnigkeiten (K_v) gemessen, weil die spektrale Empfindlichkeit des Photoelementes fast genau der Augenempfindlichkeitskurve entspricht. Die Arbeitsweise und die optimalen Versuchsbedingungen des Granulometers wurden festgelegt.

Für vier Negativfilme verschiedener photographischer Empfindlichkeit wurden, bei Aenderung der photographischen Bearbeitung des Materials, die Körnigkeiten bestimmt, und die Bedeutung der Resultate, sowie die Zusammenhänge die zwischen denselben bestehen, besprochen.

PHOTOFABRIK »FOTOKEMIKA«
FORSCHUNGSABTEILUNG
ZAGREB (KROATIEN)

Eingegangen am 26. März 1952.