

Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 24 (1951)
Heft: III

Artikel: Über den Schrumpfungsfaktor von photographischen Platten
Autor: Jenny, L. / Hürlimann, T.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-112214>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über den Schrumpfungsfaktor von photographischen Platten

von L. Jenny und T. Hürlimann, Basel.

(28. II. 1951.)

Summary: 1. Three methods for measuring the factor of shrinkage of nuclear emulsions are compared. They consist in

- a) measuring the thickness of the emulsion layer before and after fixation,
- b) evaluating tracks with different inclination of known length and
- c) determining the composition of the emulsion by differential weighing.

All values determined by these methods show good agreement.

2. Fresh hardening fixers increase the factor of shrinkage up to 15% above the value found with normal fixing baths. Old or used hardening fixers on the other hand give no or only a small increase in the factor of shrinkage.

3. The influences of certain treatments preceding exposure of these special plates are investigated. In most cases they cause a reduction of the factor of shrinkage by 10—20% compared with the untreated emulsion. This effect is explained by the washing out of glycerine, which is contained in these emulsions. Presence of hardening substances in a proceeding bath gives effect to intensive surface hardening and therefore partially suppresses the diffusion of the glycerine out of the layer.

4. Moreover the diminished content of glycerine and water by preceding treatments causes an increase in the stopping power and therefore a shortening of the tracks up to 3%.

Beim Verwenden der konzentrierten Bromsilberschichten für kernphysikalische Messungen ist es notwendig, die Eigenschaften und Merkmale der betreffenden Plattensorte genau zu kennen. Neben der Energie-Reichweite-Beziehung betrifft dies vor allem den sogen. Schrumpfungsfaktor (factor of shrinkage), worunter man das Verhältnis der Schichtdicken im ursprünglichen und im fixierten Zustand versteht. Die Schrumpfung erfolgt vorwiegend senkrecht zur Plattenebene und macht sich besonders stark bemerkbar an sehr steil in der Schicht verlaufenden Partikelspuren. Weil der allergrösste Teil des Bromsilbers beim Fixieren entfernt wird, kann der Schrumpfungsfaktor einen beträchtlichen Wert annehmen.

Über die Bestimmung des Schrumpfungsfaktors, der natürlich von Fabrikat zu Fabrikat schwankt und der von sehr vielen Faktoren, wie Konzentrationsverhältnis $\frac{\text{AgBr}}{\text{Gelatine}}$, Menge des in der Emulsion als Weichmacher vorhandenen Glycerins ¹⁾ oder sonstiger

eingelagerter Stoffe beeinflusst wird, berichten verschiedene Arbeiten²⁻⁹), teilweise aber ohne nähere Angaben über die Methodik. Im Zusammenhang mit andern Untersuchungen befassten wir uns eingehend mit den zur Ermittlung des Schrumpfungsfaktors möglichen Methoden und suchten vor allem auch die Einflüsse gewisser, beim Arbeiten mit diesen Platten üblichen Manipulationen auf diese Korrekturgrösse festzustellen.

Bestimmungsmethoden.

Um den Schrumpfungsfaktor zu bestimmen, können folgende Wege eingeschlagen werden:

1. man misst mit einer Präzisions-Mikrometer-Uhr die Dicken der unfixierten und der fixierten Emulsionsschicht,

2. man misst eine Anzahl Spuren bekannter Länge, die verschieden steil in der Schicht verlaufen,

3. man ermittelt durch Differenzwägungen die Gewichte der verschiedenen Schichtkomponenten, was nach Umrechnung auf die Volumina ebenfalls zum Schrumpfungsfaktor führt. Dabei wird angenommen, dass die Schrumpfung in der ganzen Platte gleich erfolge und dass beim Entfernen des AgBr keine Hohlräume zurückbleiben, was aber bei den in der Gelatine auftretenden Kräften unwahrscheinlich ist.

Eine weitere, von uns nicht ausgeübte Bestimmungsmethode gibt C. F. POWELL²⁾ an. Er lässt Partikel unter definiertem Winkel in die Platte einfallen und ermittelt aus der experimentell bestimmten Neigung der Bahnspuren in der fixierten Platte den Schrumpfungsfaktor.

Wichtig bei allen diesen Methoden ist, dass die Platten genügend fixiert, gewässert und für die Messreihen stets unter den gleichen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen getrocknet werden.

Bei der ersten Messmethode werden die Schichtdicken einer möglichst grossen Zahl von Plattenstellen ermittelt, wobei stets die am *nämlichen* Ort bestimmten Maße unter sich zu vergleichen sind. Weil die Glasplatten meistens kleine Unregelmässigkeiten aufweisen, muss die Glasdicke ebenfalls für jede Position gemessen werden. Die Platte wird auf eine polierte Fläche gelegt und unter der starr befestigten Mikrometer-Uhr verschoben. Damit die Kugel des Messtasters nicht in die elastische Emulsion einsinkt, verwenden wir zur Verteilung der Kraft ein rundes, planparallel geschliffenes Metallplättchen. Nach dieser Methode erhält man eine Anzahl von Schrumpfungsfaktoren, die mit relativ kleiner Streuung um ein Mittel verteilt liegen.

Bei der zweiten Bestimmungsmethode werden Spuren verschiedener Steilheit, aber gleicher ursprünglicher Länge ausgemessen. Die Projektion p in die Plattenebene und die Höhendifferenz zwi-

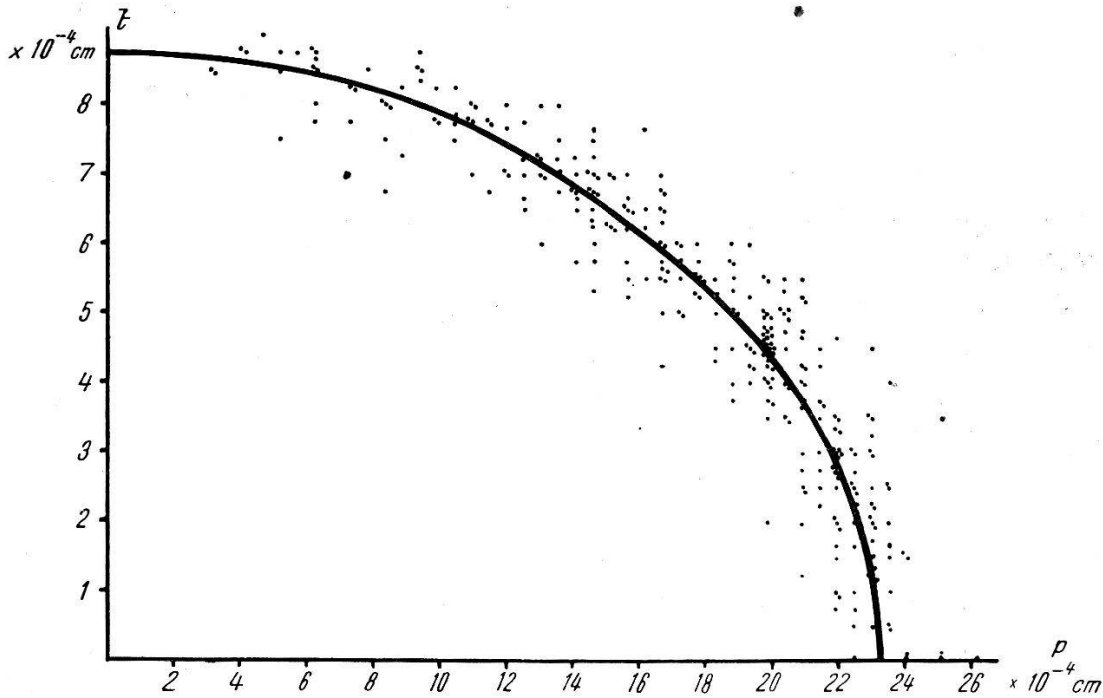


Fig. 1.

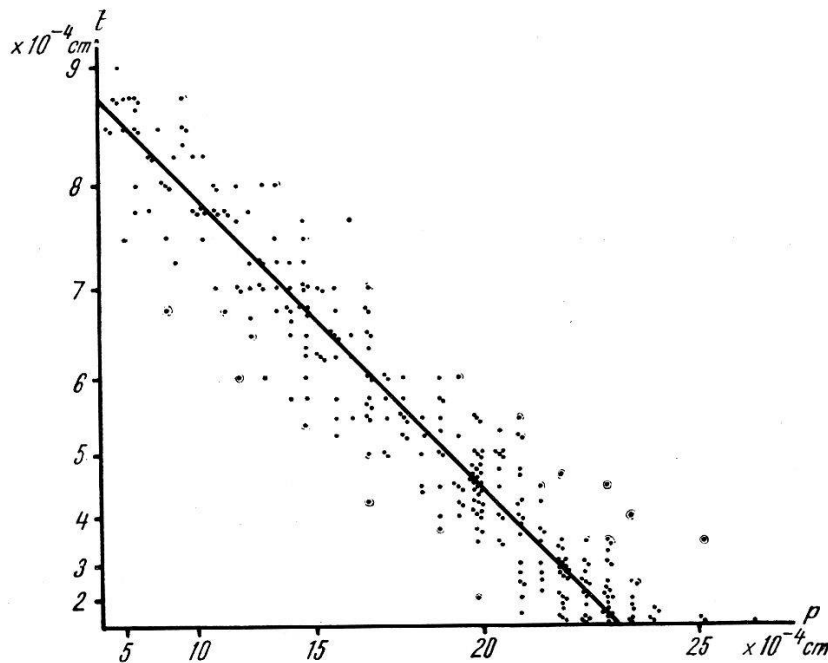


Fig. 2.

schen Anfang und Ende (Tiefgang t) dieser Spuren trägt man in einem Koordinatensystem gegeneinander auf und findet die Messpunkte um ein elliptisches Kurvenstück (Fig. 1) gestreut, oder um eine Gerade (Fig. 2), wenn die Maßstäbe quadratisch gewählt

werden. Das Verhältnis der Achsenabschnitte erlaubt die Ermittlung des Schrumpfungsfaktors.

Diese Methode erfordert einige Vorsichtsmassnahmen, die, wie wir weiter unten zeigen, im allgemeinen vernachlässigt werden. Sie ist wegen der Streuung am wenigsten genau und erheischt am meisten Zeit, doch erlaubt sie die Untersuchung und den Beweis, dass die Schrumpfung in allen Schichtzonen und für verschieden steil verlaufende Spuren gleich ist. Dieser Befund steht im Widerspruch zu den Resultaten von ROTBLAT und TAI⁷⁾, worauf wir im weiteren noch eingehen werden.

Die dritte Methode, die mit Wägungen arbeitet, liefert einen mittleren Schrumpfungsfaktor. Weil beim Fixieren ausser dem Silberhalogenid auch das vorhandene Glycerin verschwindet, muss dessen Menge durch vorheriges Herauslösen in fliessendem Wasser für sich bestimmt werden. Versuche mit Platten (100 μ dick) bekannten Glyceringehalts haben ergeben, dass durch eine solche Zwischenwässerung während 20 bis 30 Minuten alles Glycerin entfernt wird. Von den Gewichts differenzen rechnet man in die Volumina um, wobei sich für Glycerin und Gelatine in den Tabellenwerken hinreichend genaue Dichtewerte finden. Für Silberhalogenid kann man, unter Berücksichtigung des allgemein vorhandenen kleinen Gehaltes (3%) an $\text{AgJ}^{10) 11)$, eine mittlere Dichte von 6,45 g/cm³ einsetzen. Die andern Zusätze einer Emulsion, wie Härtungsmittel, Sensibilisator, Stabilisator und Unterguss, fallen mengen- und volumenmässig nicht in Betracht. Aus dem Totalvolumen (Glycerin + Gelatine + Silberhalogenid) und dem reinen Gelatine-Volumen ergibt sich schliesslich der Schrumpfungsfaktor.

Schrumpfungsbestimmungen an den verschiedensten Emulsionen nach diesen drei Methoden ergaben stets unter sich gut übereinstimmende Resultate. Für eine selbsthergestellte Emulsion¹²⁾ fanden wir z. B.:

nach Methode 1 (Messung der Dicken):	S. F. = $2,62 \pm 0,03$
„ „ 2 (Spuren ausgemessen):	S. F. = $2,63 \pm 0,07$
und „ „ 3 (Wägungen):	S. F. = $2,63 \pm 0,02$.

Der unkorrigierte, nach Methode 2 gefundene Wert liegt etwas höher bei $2,66 \pm 0,07$. Dies ist dadurch erklärbar, dass der am Mikroskop abgelesene Tiefgang nicht der wahre ist, weil die Brechungsindices von Gelatine und Immersionsöl verschieden sind. In unserem Fall ist bei Zimmertemperatur für grünes Licht (bei welchem die Platten ausgewertet werden) der Brechungsindex der verwendeten Gelatine DGF 7670 im Mittel 1,536, der des Immersionsöls 1,521. Bei

Berücksichtigung dieses Unterschiedes erfahren die am Mikroskop gemessenen Tiefgänge eine Vergrößerung um etwa 1,4%.

Dass sich die Wägemethode auch für Handelsplatten eignet, soll am folgenden Beispiel einer ILFORD-C₂-Platte gezeigt werden (ältere Emulsion, erhalten 1947).

Methode 1 ergab S. F. = $2,33 \pm 0,05$
 und „ 3 S. F. = $2,36 \pm 0,02$.

Beide Werte stimmen gut überein mit der Angabe von TSIAN SAN-TSIANG u. a. ³⁾, die durch Ausmessung von Spuren in solchen ILFORD-Schichten einen auf 10% genauen Schrumpfungsfaktor von 2,33 fanden. Die erwähnten Autoren, und ebenso VIGNERON ⁸⁾, errechneten aus den Angaben über die atomare Zusammensetzung dieser ILFORD-Platten einen kleinern Schrumpfungsfaktor von rund 2,0. Diese Angaben erlauben aber keine Unterscheidung zwischen den C-, H- und O-Atomen der Gelatine und des Glycerins; deshalb wird letzteres allgemein als „Gelatine“ gerechnet. Das so gefundene, zu grosse Gelatine-Volumen bewirkt aber einen kleinern Schrumpfungsfaktor, wodurch sich die Diskrepanz zwischen Rechnung und Versuch erklären lässt.

Veränderungen des Schrumpfungsfaktors.

a) Durch härtende Stop- und Fixierbäder.

Der nach einer der obigen Methoden gefundene Korrekturwert gilt aber nur für Platten, die in gewöhnlichen (neutral oder sauer), nicht härtenden Fixierbädern fixiert und nicht vorbehandelt worden sind. Benutzt man, wie es häufig empfohlen wird, ein Härte-Fixierbad ^{9) 11) 13) 14)}, so erfährt der Schrumpfungsfaktor der damit behandelten Schicht eine starke Vergrößerung. Der Kalialaun in diesen Fixierbädern bewirkt eine Gerbung der Gelatine und verringert dadurch ihren natürlichen Wassergehalt im trockenen Zustand, was einer Verminderung der Schichtdicke entspricht. Dies gilt aber nur für frisches, ungebrauchtes Fixierbad. Verwendet man die gleiche Lösung mehrmals, so findet man infolge der Abnahme der härtenden Wirkung wieder einen kleinern Schrumpfungsfaktor. Die zuerst fixierten Platten eigener Herstellung zeigen jeweils in reproduzierbarer Weise Werte um 3,0, während die Schrumpfungsfaktoren der folgenden Platten kleiner werden und allmählich den Wert für normales, nicht härtendes Fixieren annehmen. Bei ungebrauchtem altem Härte-Fixierbad ergeben sich normale Schrumpfungsfaktoren. Die Abnahme des Schrumpfungsfaktors hängt ab

vom Verhältnis des Fixierbad-Volumens zum Volumen der bereits fixierten Emulsion (siehe Tabelle).

Reihe 1 50 cm ³ KODAK F-5			Reihe 2 250 cm ³ KODAK F-5		
Platte Nr.	Emuls.- Volumen	S. F.	Platte Nr.	Emuls.- Volumen	S. F.
1	0,55 cm ³	2,97 ± 0,05	1	0,55 cm ³	3,05 ± 0,07
2	0,47	2,66 ± 0,06	2	0,54	2,90 ± 0,06
3	0,50	2,67 ± 0,08	3	0,26	2,61 ± 0,06
4	0,54	2,63 ± 0,05			
5	0,54	2,61 ± 0,05			
Schrumpfungsfaktor bei normalem Fixieren = 2,66 ± 0,04.					

Was hier für Härte-Fixierbäder gefunden wurde, gilt sinngemäss auch für härtende Unterbrechungs- oder Stop-Bäder ⁹⁾. Hier findet ebenfalls eine Gerbung statt, die wiederum den Schrumpfungsfaktor vergrössert.

b) Durch Vorbehandlungen.

Zur Einlagerung einer radioaktiven Substanz oder eines Stoffes zur Durchführung von Kernreaktionen, zur Entfernung latenter Schleier und Spuren sowie zur Diskriminierung zwischen den verschiedenen Spurentypen erfahren diese Platten gewisse Vorbehandlungen, wobei sie meistens während einiger Zeit in eine wässrige Lösung gelegt werden. Dadurch wird aber das in der Emulsion vorhandene Glycerin ganz oder teilweise herausgelöst. Die Schichtdicke der zur Bestrahlung wieder getrockneten Platte wird somit gegenüber der ursprünglichen kleiner und somit auch der Schrumpfungsfaktor. Bei Einlagerungen wird das verschwundene Glycerin durch ein Salz teilweise ersetzt. Dieser Volumenersatz ist sehr minim, weil die ohne Störung der Emulsionseigenschaften einbaubaren Substanzmengen meistens nur klein sein können. Dagegen ist die Zunahme beträchtlich bei stark hygroskopischen Stoffen wie Li- oder Ca-Salzen¹⁵⁾, weil durch die eingeschleppten Wassermengen eine starke Aufquellung der Emulsionsschicht bewirkt wird. In solchen Fällen kann ein weit über dem normalen liegender Schrumpfungsfaktor gefunden werden. So ergab eine während 2 Stunden in LiCl-Lösung (10%) eingeweichte Platte einen Wert von $4,45 \pm 0,15$ (Normal: 2,63). Einlagerungen, die bei der Herstellung der Platten vorgenommen werden, wirken sich lediglich in einer Vergrösserung des Schrumpfungsfaktors aus.

Neben der Entfernung des Glycerins bei solchen Vorbehandlungen können aber auch Gerbungen der Gelatine durch Ionen der verwendeten Lösung erfolgen¹⁶). Wir denken hier vor allem an die Einlagerungen von Samarium-, Thorium- und Uran-Salzen. Diese (und andere drei- oder mehrwertige) Ionen bewirken eine Härtung der Emulsionsoberfläche und verlangsamen dadurch das Herausdiffundieren des Glycerins, so dass nach Beendigung der Imprägnierung nicht unbedingt alles Glycerin entfernt sein muss.

Dass wirklich eine Erschwerung der Diffusion vorliegt, zeigt schon die Tatsache der bedeutend längern Fixierzeiten von z. B. Th-imprägnierten Platten. Die Oberflächenhärtung solcher Platten liess sich durch Abschmelzproben nachweisen. Wir hingen in ein mit Wasser gefülltes Becherglas einen mit 0,001 n-Th(NO₃)₄ imprägnierten Plattenstreifen sowie einen unbehandelten Streifen der gleichen Emulsion und erwärmten langsam. Die Kontrollplatte begann bei 81° zu schmelzen, die mit Thoriumnitrat behandelte aber erst oberhalb 86°, und zwar zunächst nur an den Plattenkanten. Mit steigender Temperatur löste sich eine selbst dem Sieden widerstehende, sehr zähe Emulsionshaut ab, während die darunter befindliche Schicht vollständig abschmolz. Mit diesem reproduzierbaren Versuch wird bestätigt, dass sich bei solchen Imprägnierungen wirklich intensive Oberflächenhärtungen ergeben. Die Dicke der gegerbten Zone und ihr hemmender Einfluss auf die Diffusion des Glycerins variieren selbstverständlich je nach den Versuchsbedingungen (Konzentration des gerbenden Ions, pH-Wert, Volumenverhältnis $\frac{\text{Emulsion}}{\text{Lösung}}$, Badedauer, Bewegung der Lösung etc.).

Ähnliche gerbende und damit diffusionsstörende Effekte stellen sich ein bei Behandlung z. B. mit Phosphaten oder mit Chromsäure, welch letztere zur Diskriminierung der Spuren empfohlen wird¹⁷). Bei einer solchen Diskriminierung *nach* der Bestrahlung ist das Herausdiffundieren des Glycerins ohne Einfluss auf den Schrumpfungsfaktor, wohl aber die damit verbundene Gerbung der Gelatine, die ähnlich wie ein Härtefixierbad eine bestimmte Erhöhung des Schrumpfungsfaktors bewirkt. Diese Gerbung der Gelatine durch die Chromsäure oder durch drei- oder mehrwertige Ionen verlangsamt die folgenden photographischen Behandlungen (Entwicklung, Fixieren), wobei zu untersuchen wäre, ob nicht die mehrfach beschriebene „Desensibilisierung“ dieser Plattensorten durch Behandeln z. B. mit Ammoniumuranat in Essigsäure¹⁷) lediglich in einer durch pH-Veränderung der Emulsion und Diffusionserschwerung erfolgenden Unterentwicklung beruht.

Den Einfluss solcher härtender Lösungen auf den Wert des Schrumpfungsfaktors suchten wir festzustellen durch Modellversuche mit Chromalaun. Wir entfernten aus einer Platte zunächst das Glycerin und badeten sie hernach während 20 Minuten in 3% Chromalaun. Eine zweite Platte des gleichen Emulsionsgusses wurde direkt in 3% Chromalaun während der gleichen Zeit gebadet. Aus den Schichtdicken der beiden Platten wurden nach Methode 1 die folgenden Schrumpfungsfaktoren ermittelt:

Platte Nr. 1	Platte Nr. 2
(normaler S. F. = $2,44 \pm 0,03$ *)	
stufenweise behandelt	direkt mit Chromalaun behandelt
S. F. = $1,89 \pm 0,02$.	S. F. = $2,11 \pm 0,03$.

Diese Werte zeigen eindeutig, dass bei gleichzeitig erfolgreichem Gerben der Emulsion und Auswaschen des Glycerins der zweite Vorgang nur noch teilweise abläuft, denn der bei der zweiten Platte gefundene Wert liegt deutlich über dem durch stufenweises Behandeln verursachten.

Bei solchen vorbehandelten Platten ist übrigens darauf zu achten, dass mit der Abnahme des Gehaltes an Glycerin und Wasser in der Emulsionsschicht eine Verminderung der Spurenreichweite (Erhöhung des Bremsvermögens) verbunden ist. Die zu beobachtende Verkürzung der Spuren beträgt rund 3%, was in guter Übereinstimmung mit der nach CÜER¹⁾ durchgeführten Berechnung steht. Das Mass dieser Verkürzung variiert natürlich je nach den Versuchsbedingungen. Im folgenden Beispiel sei dieser Effekt der härtenden Vorbehandlung auf die Schrumpfung und indirekt auf die Reichweite dargestellt anhand zweier, verschiedenartig mit $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ imprägnierter Platten.

1. Platte: (Emulsion mit normalem Schrumpfungsfaktor 2,63) eingeweicht in 0,0001 n- $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ 20 Minuten, pH = 5, rasch getrocknet und 5 Tage liegen gelassen.

Methode 2 (Spuren) ergibt S. F. = 2,24

(Härtung und teilweises Entfernen des Glycerins)

Länge der α -Spuren von Th-C' = 48,5 μ .

2. Platte: (gleiche Emulsion wie Platte 1)

0,0001 n- $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ auf die Plattenoberfläche aufgetropft bis Schicht gleichmässig bedeckt und sich vollgesogen hat, rasch getrocknet und 5 Tage liegen gelassen.

Methode 2 ergibt S. F. = 2,50

(keine Entfernung von Glycerin, nur Härtung)

Länge der α -Spuren von Th-C' = 50,0 μ .

*) Diese Emulsion enthielt weniger Glycerin und zeigt deshalb einen kleinern Schrumpfungsfaktor.

Diskussion.

Alle diese Schrumpfungsbestimmungen und auch die Anwendung der gefundenen Korrekturwerte erfolgten unter der Voraussetzung, dass das Schrumpfen infolge des Fixierprozesses in der ganzen Schicht gleichmässig geschehe (abgesehen von den Randzonen der Platte) und dass sich diese Kontraktion der Emulsion auf verschieden steil verlaufende Spuren gleichartig auswirke. Diese beiden Annahmen sind nicht unbestritten; besonders ROTBLAT und TAI⁷⁾ glaubten aus ihren Bestimmungen an Th-C'-Spuren verschiedener Steilheit schliessen zu können, dass den Spuren je nach Neigung unterschiedliche Schrumpfungsfaktoren zukommen. Aus der von ihnen veröffentlichten Figur ergibt sich zunächst, dass steil, also unter grossem Winkel zur Horizontalen verlaufende Spuren bis zu 23% zu lang werden, wenn zur Berechnung der aus Schichtdickenmessungen gewonnene Schrumpfungsfaktor benützt wird. Diese Verlängerung erklären die beiden Autoren durch die Annahme, dass beim Fixieren die Silberkörner steiler Spuren zusammenstossen und dadurch gegenüber der umgebenden, weiter schrumpfenden Gelatine zurückbleiben. Danach müsste somit der Schrumpfungsfaktor ausser von den zu Beginn aufgezählten Faktoren abhängen von der Steilheit der Spur, der Korndichte der Spur und der Korngrösse (Entwicklungsbedingungen).

Es ist kaum anzunehmen, dass das Schrumpfen einer steilen Spur mit einem solchen Stauungseffekt verbunden ist, denn die in der Gelatine wirksamen Kräfte sind sehr gross, vermag doch eine dicke Gelatineschicht beim Eintrocknen ohne Weichmacher ohne weiteres aus der Glasoberfläche Stücke herauszureissen. Wir glauben vielmehr, dass unter dem Einfluss dieser grossen Kräfte die einzelnen Silberkörner, wenn sie zusammenstossen, seitlich verschoben werden, was ja bei sehr steilen Spuren häufig deutlich zu beobachten ist. Diese Verschiebungen werden ohnehin begünstigt durch die mit der Schrumpfung zwangsläufig verbundene Entfernung der umgebenden, aber nicht entwickelten AgBr-Körner. Würde die von ROTBLAT und TAI aufgestellte Hypothese zutreffen, so müssten wir in unserer, nach der Spurenmethode erfolgten Bestimmung anstelle der eindeutigen Geraden (Figur 2) einen komplizierten Linienzug finden. (Siehe auch die entsprechenden Figuren bei VIGNERON⁸⁾).

Unserer Ansicht nach sind ROTBLAT und TAI deshalb zu dieser Annahme gelangt, weil sie für die Längenberechnung der Spuren einen falschen, unter vollständig andern Bedingungen gewonnenen Schrumpfungsfaktor eingesetzt haben. Reduziert man nämlich für

die Messpunkte in Figur 2 ihrer Veröffentlichung den Schrumpfungsfaktor um etwa 23 %, so erhalten alle Spuren, unabhängig vom Neigungswinkel, die gleiche Länge. Diese Diskrepanz tritt deshalb auf, weil der durch Dickenmessungen an normalen, d. h. unbehandelten Platten ermittelte Korrekturfaktor übertragen wurde auf Schichten, die zur Bestrahlung mit Thorium eine Vorbehandlung, verbunden mit teilweiser Entfernung des Glycerins, erfuhren. Messungen an einer rund $90\ \mu$ dicken Platte ergaben nach Vorbehandlung mit $0,001\ \text{n-Th}(\text{NO}_3)_4$ eine Reduktion der Schichtdicke von etwa $20\ \mu$. Erst in dieser dünneren Emulsionsschicht entstehen die zur Ausmessung benützten Spuren, deshalb ist hier ein kleinerer Schrumpfungsfaktor einzusetzen.

Es muss daher bei diesen Plattensorten, falls sie eine von der Norm abweichende Behandlung erfahren, jeweils die Veränderung des Schrumpfungsfaktors bestimmt werden.

Herrn Prof. Dr. P. HUBER danken wir für sein reges Interesse an diesen Untersuchungen.

Literatur.

- 1) P. CÜER, C. R. Ac. Sc. **223**, 1121 (1946).
- 2) C. F. POWELL, G. P. S. OCCHIALINI, D. L. LIVESEY und L. V. CHILTON, J. Sci. Instr. **23**, 102 (1946).
- 3) TSIEN SAN-TSIANG, HO ZAH-WEI, R. CHASTEL und L. VIGNERON, Jl. Phys. et Rad. **8**, 206 (1947).
- 4) R. COTTON, C. R. Ac. Sc. **224**, 823 (1947).
- 5) R. WESTÖÖ, Ark. f. Math. Phys. **34B**, Nr. 22, 6 (1947).
- 6) R. BROWN, U. CAMERINI, P. H. FOWLER, H. MUIRHEAD, C. F. POWELL und D. M. RITSON, Nature, Lond. **163**, 85 (1949).
- 7) J. ROTBLAT und C. T. TAI, Nature, Lond. **164**, 835 (1949) und „Fundamental Mechanisms of Photographic Sensitivity“, Butterworth Scientific Publications, London 1951, 331.
- 8) L. VIGNERON, Jl. Phys. et Rad. **10**, 305 (1949).
- 9) V. L. TELEGDI und W. ZÜNTI, H.P.A. **23**, 751 (1950).
- 10) ILFORD RESEARCH LABORATORY, „Photographic Emulsions for Nuclear Research“, Aug. 1948.
- 11) J. H. WEBB, Phys. Rev. **74**, 520 (1948).
- 12) L. JENNY, „Fundamental Mechanisms of Photographic Sensitivity“, Butterworth Scientific Publications, London 1951, 259.
- 13) C. F. POWELL und G. P. S. OCCHIALINI, „Nuclear Tracks in Photographs“, Oxford, Clarendon Press, 111 (1947).
- 14) M. BLAU und J. A. DE FELICE, Phys. Rev. **74**, 1198 (1948).
- 15) D. GIBSON, L. L. GREEN und D. L. LIVESEY, Nature, Lond. **160**, 534 (1947).
- 16) C. E. K. MEES, „Theory of the Photographic Process“, The Macmillan Company, New York 1944, 109.
- 17) L. L. GREEN und D. L. LIVESEY, Nature, Lond. **158**, 272 (1946).