

## Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung

Nr. 191

## Zur Methodik der Szintillationszählungen

Von

R. Leonard Hasche

National Research fellow in Physical Chemistry.

(Mit 3 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Juli 1926)

Die Untersuchung zerfällt in zwei Teile. Der erste beschäftigt sich mit einem Vergleich verschiedener Mikroskoptypen und verschiedener Kombinationen von Objektiven und Okularen, die für die Zählung von Szintillationen der »natürlichen« H-Teilchen aus Paraffin benützt wurden. Im zweiten Teile wurde der Einfluß der Schirmbeleuchtung durch  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung auf die Sichtbarkeit der Szintillationen von H-Teilchen untersucht, während die übrigen Bedingungen festgehalten wurden. Die zur Prüfung gewählten Mikroskope sind dieselben, welche im Laufe der mehrjährigen Untersuchungen über Atomzertrümmerung durch  $\alpha$ -Teilchen in Cambridge und Wien benützt wurden.<sup>1</sup> Alle Mikroskope mit einer Ausnahme waren vom rechtwinkligen Typus, d. h. die optischen Achsen des Objektivs und Okulars stehen senkrecht aufeinander. Die Ausnahme bildet ein von Reichert zusammengestelltes Mikroskop mit einem Watson-Objektiv, das dem von Rutherford und Chadwick bei ihren letzten Experimenten benützten Mikroskop

## Mikroskopdaten:

Bezeichnung	Objektiv		korrigiert für Tubuslänge	Okular- vergrößerung	Gesamt- vergrößerung
	f.	n. a.			
Watson I.	..16 mm	0·45	160 mm	Zeiß Orthoskop 12·5×	45
II	..12	0·70	160	Watson Hologoscopic 5×	47
III.	16	0·80	400	Watson Spez. 2·5×	70
Zeiß I..	.10	0·30	300	Zeiß Spez. 4·5×	45
II	20	0·65	300	Dasselbe 4·5×	90
Watson-Reichert	..10	0·45	200	Reichert Spez. 2·5×	18

<sup>1</sup> »Atomzertrümmerung«  
lagsges., Leipzig, 1926.

nachgebildet ist.<sup>1</sup> In diesem Falle wurde nämlich von einem total-reflektierenden Prisma abgesehen, wodurch jedenfalls die Lichtstärke des Mikroskops verbessert wird.

Die Vergrößerung wurde bestimmt durch Vergleich mit einer Millimeterskala in der deutlichen Sehweite (250 *mm*). Fig. 1 gibt ein schematisches Bild des Mikroskopes Watson II, *R* bezeichnet den zur Orientierung des Auges dienenden Leuchtring.

Bei den ersten Versuchen wurde als Quelle der die H-Teilchen erregenden  $\alpha$ -Strahlen ein Poloniumpräparat von etwa 160 statischen Einheiten verwendet. Es hatte eine Fläche von 3·5 *mm*<sup>2</sup> und war in der Mitte einer Messingplatte *P* (Fig. 2) angebracht; über der Öffnung *G* befand sich ein Paraffindünnschnitt und eine

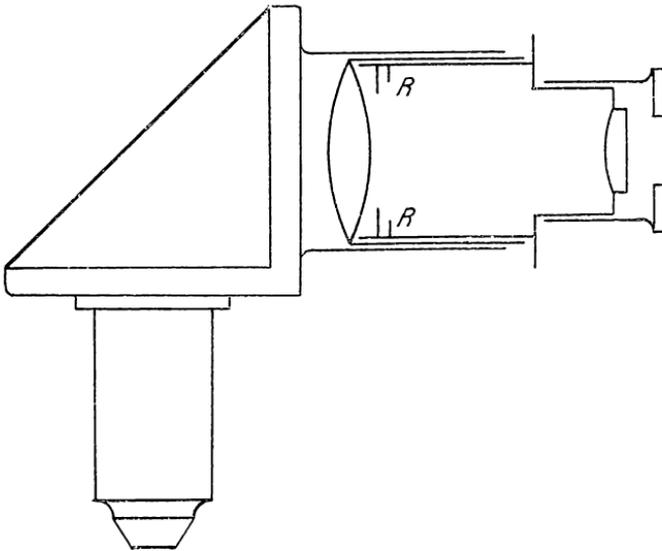


Fig. 1.

Glimmerfolie mit einer Gesamtabsorption von 8·5 *cm* L.-Å. Darüber war der Zinksulfidschirm *S* in dem Messingdeckel *B* montiert, welcher in verschiedenen Abständen über der H-Strahlenquelle durch Schraubenbewegung eingestellt werden konnte. Der Abstand zwischen Poloniumpräparat und Paraffin betrug 2·5 *mm*, der zwischen Paraffin und Schirm 6 *mm*. Diese Abstände wurden bei allen Versuchen konstant gehalten. Alle Versuche der Tabelle I wurden mit ein und demselben Szintillationsschirm, Leuchtsubstanz von der Firma de Haen, Hannover, ausgeführt. Frühere Untersuchungen in den Wiener Instituten haben gezeigt, daß diese

<sup>1</sup> Das von diesen Autoren benützte Watson-Objektiv wurde mit einem von der Firma Reichert gelieferten Okular kombiniert, wodurch eine Vergrößerung von 18 bei einem Gesichtsfeld von beinahe 50 *mm*<sup>2</sup> erreicht wurde. Vgl. E. Rutherford und J. Chadwick, Proc. Phys. Soc., London, Vol. 36, p. 417, 1924.

Substanz sehr schöne Szintillationen gibt, aber auch für  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen recht empfindlich ist, was aber bei diesen Zählungen mit Polonium als Primärstrahlenquelle ohne Bedeutung ist. Tabelle II gibt Versuche mit einem anderen Schirm, der mit Leucht-

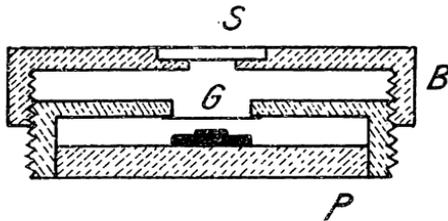


Fig. 2.

substanz von der Firma Kuhnheim hergestellt worden war. Diese Leuchtsubstanz hat sich bei früheren Untersuchungen stets sehr gut bewährt. Doch waren die bei der vorliegenden Untersuchung zur Verfügung stehenden Reste nicht von derselben hohen Qualität wie die früher verwendete Hauptmenge.

Der Vorgang bei den Zählungen war der folgende. Die Zählung begann nach halbstündiger Akkommodation. Eine bestimmte Zahl von Szintillationen wurde gezählt und die Zeit vom Beobachter selbst bei rotem Licht auf einer Stoppuhr abgelesen und verzeichnet. Eine schädliche Einwirkung des schwachen roten Lichtes auf das Beobachtungsvermögen war nicht vorhanden. Die einzelnen Zählperioden dauerten ungefähr 30 Sekunden, die Zahl der dabei gezählten Szintillationen betrug 5 bis 10. In der zweiten Kolonne steht das subjektive Gesichtsfeld angegeben, d. h. die Fläche des objektiven Gesichtsfeldes mit dem Quadrat der jeweils experimentell bestimmten Vergrößerung multipliziert. Die Fläche des objektiven Gesichtsfeldes wurde bestimmt, nachdem eine Messungsserie mit dem betreffenden Mikroskop vollendet worden war. Der Wert für die Zahl der Szintillationen pro Minute und Quadratmillimeter der Schirmfläche ist ein Mittelwert aus 15 bis 21 Zählungen. Wie die Tabelle zeigt, haben sowohl die beiden Zeißmikroskope wie das Watson III große subjektive Gesichtsfelder bei großer Tubuslänge, und infolgedessen kann eine leichte Verstellung des Auges einen Teil des Gesichtsfeldes unsichtbar machen. Um die Störung auf ein Minimum zu verkleinern, wurden die Mikroskope auf einer gemeinsamen Grundlage befestigt und vor den Okularen verstellbare Stützen angebracht, um die Stirn und die Backen anzulegen. Vor Beginn der Zählung kann so der Kopf fixiert werden, daß das ganze Gesichtsfeld dauernd überblickt wird, und es war sehr leicht, den Kopf während der Zählung in unveränderter Lage zu behalten. Bei den anderen Mikroskopen bestand diese Schwierigkeit nicht wegen der kleineren Tubuslänge, und da der Leuchtring für die Orientierung des Auges vollständig ausreichte.

Ein Blick auf Tabelle I zeigt die überlegenen Resultate mit dem Mikroskop Watson III, punkto Wahrnehmung von schwachen:

Tabelle I.

Bezeich. d. Mikroskops	Subjektives Gesichtsfeld $cm^2$	Objektives Gesichtsfeld $mm^2$	Zahl pro Min. $mm^2$	Datum	$\gamma$ -Bestrahlg. Abstand
Watson III . . . .	169	3·45	3·11	8. 6.	Ohne
III . . . .	154	3·14	3·21	15. 6.	
III ..	154	3·14	3·06	15. 6.	mit 3·5 <i>cm</i>
Zeiß I . . . .	163	7·17	2·46	9. 6.	Ohne
I . . . .	163	7·17	2·73	16. 6.	
I . . . .	163	·17	2·70	16. 6.	mit 3·5 <i>cm</i>
II . . . .	181	2·26	2·92	11. 6.	Ohne
II ..	181	2·26	3·09	16. 6.	
II ..	181	2·26	3·43	16. 6.	Mit 3·5 <i>cm</i>
Watson II . . . .	201	9·1	2·36	9. 6.	Ohne
II . . . .	201	9·1	2·56	11. 6.	
II . . . .	212	9·6	2·94	17. 6.	
II . . . .	212	9·6	2·82	17. 6.	Mit 3·5 <i>cm</i>
I ..	394	15·2	·27	9. 6.	Ohne
I . . . .	430	21·	2·07	17. 6.	
I ..	430	21·	1·72	17. 6.	Mit 3·5 <i>cm</i>
R <sup>1</sup> ..	151	47·7	1·58	29. 6.	Ohne
R . . . .	154	43·9	1·13	29. 6.	
R . . . .	154	43·9	0·25	29. 6.	Mit 3·5 <i>cm</i>
R . . . .	154	43·9	0·15	29. 6.	Mit 2 <i>cm</i>

<sup>1</sup> Mit gekrümmtem Schirm.

Szintillationen. Es hat demgegenüber wegen seiner Größe den Nachteil, sehr unhandlich zu sein. Auch hat das Gesichtsfeld eine recht beträchtliche Krümmung, doch da die Szintillationen sehr groß erscheinen, werden sie nicht übersehen, auch dann, wenn sie in einem Teil des Gesichtsfeldes nicht ganz scharf abgebildet werden. Beleuchtung des Gesichtsfeldes durch die durchdringende Strahlung aus einem Radiumstandard von 30-mg-Äquivalent Radiumelement ergab allerdings eine sehr störende »Unruhe« des Gesichtsfeldes, wie sie für  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung charakteristisch ist. Sie tritt besonders hervor, wenn der Schirm durch ein Mikroskop von so starker Vergrößerung wie der von Watson III und Zeiß II beobachtet wird, worauf später noch hingewiesen werden soll. Diese Unruhe des Hintergrundes erschwert sehr die Unterscheidung von schwachen Szintillationen, und das Auge ist leicht geneigt zu ermüden und zu wandern. Während der Mittelwert der Versuche

mit Schirmbeleuchtung in halbwegs guter Übereinstimmung mit dem der früheren Experimente ohne Beleuchtung steht, streuen die einzelnen Messungen bei diesen Versuchen sehr stark. Die ungefähr konstanten Werte ohne einen merkbaren Gang zeigen, daß das Auge fähig ist, das ganze Gesichtsfeld gleichzeitig zu überblicken.

Das Mikroskop Zeiß I, das annähernd das gleiche objektive Gesichtsfeld, aber nur 2 Drittel der Vergrößerung des letzterwähnten Mikroskops aufweist, gibt etwa 15% geringere Ausbeute. Viele Szintillationen werden zweifellos übersehen.

In Kolonne 5 wird das Datum des Versuchstages angegeben, welches die Tatsache erkennen läßt, daß bei einigen Mikroskopen eine Zunahme der Ausbeute mit fortschreitender Übung des Beobachters eintritt. Die  $\gamma$ -Bestrahlung lieferte bei diesem Mikroskop ein gleichförmig erhelltes Gesichtsfeld ohne den störenden Effekt der »Unruhe«, der früher bei Mikroskop Watson III erwähnt wurde.

Bessere Resultate wurden mit Mikroskop Zeiß II erzielt, bei dem die Ausbeute nur um ein geringes niedriger ist als bei dem zuerst untersuchten Instrument. Es hat aber den Nachteil eines kleinen objektiven Gesichtsfeldes. Das Instrument ist leicht justierbar, das Gesichtsfeld eben, und die Sichtbarkeit ist nicht so empfindlich gegenüber der Stellung des Auges wie bei Watson III. Die Szintillationen sind groß, seiner starken Vergrößerung entsprechend, und scharf. Die  $\gamma$ -Bestrahlung des Schirmes lieferte die oben erwähnte ungleichmäßige Erhellung, nur intensiver und störender als bei Watson III. Die große Zahl der hier beobachteten Szintillationen ist zum Teil möglicherweise durch die wellenförmige Aufhellung des Hintergrundes vorgetäuscht.

Die Versuche mit dem Mikroskop Watson II mit seinem größeren objektiven Gesichtsfeld zeigen ein stetiges zeitliches Anwachsen an Zahl beobachtbarer Teilchen, woraus hervorgeht, daß das Auge des Beobachters fortschreitend trainiert wird, das ganze Gesichtsfeld zu erfassen. Es ist daher klar, daß das maximal erfassbare Gesichtsfeld bei einem gegebenen Instrument von der Übung des Beobachters abhängt und daß kein definitiver Wert angegeben werden kann. Die Szintillationen waren in diesem Mikroskop scharf und etwas größer als bei Zeiß II. Es konnte bei diesem Mikroskop kein ausgesprochener Einfluß auf die mittlere Ausbeute durch die  $\gamma$ -Bestrahlung des Schirmes beobachtet werden. Eine »unruhige« Aufhellung des Gesichtsfeldes trat nicht auf. Dies gilt auch für die zwei vorhergehenden Instrumente. Es wurde mir von meinen Mitarbeitern im Wiener Institut mitgeteilt, daß mit starken Ra C-Präparaten als Strahlungsquellen die unruhige Aufhellung des Schirmes selbst bei diesem Mikroskop, welches am meisten benützt wird, als sehr störend empfunden wird. Es scheint daher, daß die betreffenden Beobachtungen bei einer intensiveren primären oder sekundären  $\beta$ -, beziehungsweise  $\gamma$ -Bestrahlung, als sie bei den hier beschriebenen Versuchen auftritt, ausgeführt wurden. Es mag auch hervorgehoben werden, daß die Bedingungen der Schirmbeleuchtung bei dieser

Arbeit nicht direkt für alle hier untersuchten Instrumente vergleichbar sind. Da die Erhellung des Schirmes durch Anbringung eines radioaktiven Präparates seitlich und etwas über den Schirm bewirkt wurde, trat eine nennenswerte Absorption durch das Metall und das Glas des Objektivs bei diesem Mikroskop und bei Watson III (beide mit Ölimmersion benützt) ein, was bei den anderen Mikroskopen nicht der Fall ist. Während der mit Aufhellung des Schirmes erhaltene Mittelwert für die Teilchenzahl befriedigend übereinstimmt, wurde doch das Auge auf jeden Fall sehr angestrengt. Zahlreiche Pausen waren notwendig, um Ermüdungswellen abzubauen.

Die Versuchsergebnisse mit Watson I entsprachen seinem sehr großen Gesichtsfeld, das ganz unmöglich zu übersehen ist, und die Szintillationen sind nicht von solcher Größe und Helligkeit, um stets die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken.

Das Mikroskop Watson R gibt eine in noch höherem Maße herabgesetzte Ausbeute. Die Größe des objektiven Gesichtsfeldes ist gegenüber Watson I vergrößert, die des subjektiven Gesichtsfeldes verkleinert, aber trotzdem gibt letzteres eine bessere Ausbeute. Es scheint also, daß die Vergrößerung des Mikroskops ausschlaggebender für die Ausbeute ist als die Verkleinerung des subjektiven Gesichtsfeldes. Das Mikroskop Watson R zeigte eine so starke Krümmung des Gesichtsfeldes, daß es die Benützung eines gewölbten Schirmes notwendig machte. Der Versuch ergab eine bedeutend verbesserte Ausbeute. Diese auf Unschärfe der Szintillationen beruhende Fehlerquelle ist besonders groß bei einem Mikroskop von so geringer Vergrößerung. Bei scharfer Einstellung waren die Szintillationen hell, aber klein.<sup>1</sup>

Tabelle II.

Bezeich. des Mikroskops	Subjektives Gesichtsfeld $cm^2$	Objektives Gesichtsfeld $mm^2$	Zahl pro Min. $mm^2$	Datum
Watson III ....	169	3·45	2·90	12. 6.
Zeiß I ..	173	8·54	2·26	14. 6.
II.....	173	2·26	2·0	11. 6.
Watson II .. ..	201	9·1	1·96	12. 6.
II ..	227	10·17	1·91	14. 6.
I. .	394	20·0	1·6	14. 6.

Eine Reihe von Versuchen wurde mit einem Kuhnheim-Zinksulfidschirm ausgeführt; sie sind in Tabelle II angegeben. Wie eingangs erwähnt, war der Schirm nur aus einigen Restbeständen von Zinksulfid hergestellt und erlaubt uns kein Urteil über diese

<sup>1</sup> Dieser Umstand erschwert besonders die Unterscheidung von H- und  $\alpha$ -Szintillationen, da ein merklicher Unterschied an Flächenhelligkeit der beiden fehlt.

Leuchtsubstanz, mit der sonst sehr gute Resultate erzielt wurden, abzugeben. Sie hat den Vorteil weniger auf  $\gamma$ -Strahlung anzusprechen, als das von der Firma de Haen bezogene Zinksulfid.

Tabelle III.

Mikroskop Watson II, Gesichtsfeld  $9 \cdot 1 \text{ mm}^2$ .

Absorption in $\text{cm L.-\AA.}$	Beleuchtung	Zahl pro Min. $\text{mm}^2$	$\%$ Helle-Szintillationen	Verhältnis zw. mit ohne Beleuchtung	Datum
14·1	Ohne	12·6	20—25	—	21. 6.
14·1		14·9	20—30	—	23. 6.
14·1	Mit 2 <i>cm</i>	0·61	—	0·49	21. 6.
14·1	Mit 3·5 <i>cm</i>	12·8	—	0·81	23. 6.
15·1	Ohne	8·8	40	—	21. 6.
15·1	Mit 2 <i>cm</i>	2·2	—	0·25	21. 6.
15·1	Ohne	9·5	30	—	23. 6.
15·1	Mit 3·5 <i>cm</i>	6·5	—	0·70	23. 6.
16·3	Ohne	2·6	40	—	21. 6.
16·3	Mit 2 <i>cm</i>	0·47	—	0·18	21. 6.
16·3	Ohne	3·45	—	—	23. 6.
16·3	Mit 3·5 <i>cm</i>	2·12	—	0·61	23. 6.
17·7	Ohne	1·94	40	—	22. 6.
17·7	Mit 2 <i>cm</i>	0·48	—	0·25	22. 6.
17·7	Ohne	1·91	44	—	24. 6.
17·7	Mit 3·5 <i>cm</i>	1·19	—	0·62	24. 6.
18·9	Ohne	1·34	50	—	22. 6.
18·9	Mit 2 <i>cm</i>	0·67	—	0·49	22. 6.
18·9	Ohne	1·32	—	—	24. 6.
18·9	Mit 3·5 <i>cm</i>	0·97	—	0·73	24. 6.
23·8	Ohne	0·99	64	—	22. 6.
23·8	Mit 2 <i>cm</i>	0·56	—	0·57	22. 6.
23·8	Ohne	0·99	60	—	24. 6.
23·8	Mit 3·5 <i>cm</i>	0·62	—	0·62	24. 6.
27·0	Ohne	0·81	60	—	22. 6.
27·0	Mit 2 <i>cm</i>	0·48	—	0·60	22. 6.
27·0	Ohne	0·89	60	—	24. 6.
27·0	Mit 3·5 <i>cm</i>	0·42	—	0·47	24. 6.

In Tabelle III sind die Versuchsergebnisse der Zählung von H-Teilchen nahe dem Ende ihrer Reichweite mit und ohne Schirm-

erhellung angeführt. Für diese Versuche wurde das Mikroskop Watson II gewählt. Es wurde ein ziemlich konstantes Verhältnis der Teilchenzahlen mit und ohne Beleuchtung gefunden (bei einer Distanz des Radiumpräparates von  $2\text{ cm} = 25\%$ , bei einem Abstand von  $3.5\text{ cm} = 65\%$ ). Bei einer Absorption von  $17.7\text{ cm}$  sind die schwächeren Szintillationen verschwunden, und es bleiben nur noch weitreichende Teilchen, deren Ursprung noch nicht geklärt ist. Sie könnten aus der Palladiumunterlage des verwendeten Poloniumpräparates stammen, was zweifelhaft ist, oder aus dem

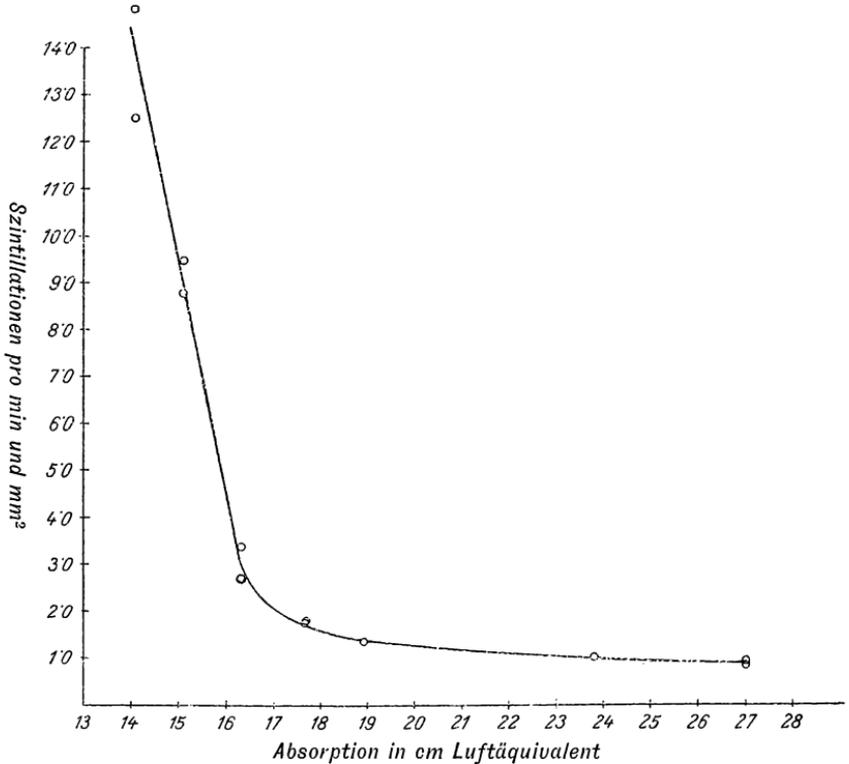


Fig. 3.

Silberblech, welches als Unterlage für ein stärkeres Präparat diene, oder vielleicht aus dem Kohlenstoff des Paraffins. Diese weitreichenden Teilchen geben ganz schöne Szintillationen mit einem geringen Prozentsatz von schwachen. Die Kurve in Fig. 3 gibt die Zahl der Szintillationen pro Minute und Quadratmillimeter des Gesichtsfeldes in ihrer Abhängigkeit von der Absorption. Das Reichweitenende der natürlichen H-Teilchen aus Paraffin ergibt sich aus dieser Kurve zu ungefähr  $16.8\text{ cm}$  in Luft.

Tabelle IV gibt die Resultate einer ähnlichen Versuchsreihe, die mit dem Mikroskop Watson-Reichert gemacht wurde. Aus der letzten Kolonne geht die sehr geringe Ausbeute, verglichen mit

Tabelle IV.  
Watson Reichert, Gesichtsfeld  $27 \cdot 4 \text{ mm}^2$ .

Absorption in $\text{cm L.-\AA}$ .	Beleuchtung	Zahl pro Min. $\text{mm}^2$	$\%$ Helle- Szintillationen	Verhältnis mit : ohne Beleuchtung	$\%$ Ausbeute, vergl. mit Watson II
13·4	Ohne	2·96	40	—	—
13·4	Mit 2 $\text{cm}$	1·48	80	0·63	—
14·1	Ohne	2·27	70	—	18
14·1	Mit 2 $\text{cm}$	1·31	—	0·57	10·4
15·1	Ohne	0·97	80	—	14·9
15·1	Mit 2 $\text{cm}$	0·41	—	0·42	4·7
16·3	Ohne	0·78	75	—	30
16·3	Mit 2 $\text{cm}$	0·32	—	0·65	12·3

der mit Watson II bei Zählungen von H-Teilchen am Ende ihrer Reichweite erhaltenen, hervor.

### Zusammenfassung.

Als Ergebnis der voranstehenden Untersuchung über die Zählung von natürlichen H-Teilchen aus Paraffin mit verschiedenen Mikroskopen scheint es möglich, einige endgültige Schlüsse bezüglich ihrer Vorzüge und Nachteile sowie deren allgemeine Brauchbarkeit zu ziehen. Die Mikroskope Watson III und Zeiß II sind trotz ihrer hohen Ausbeute wegen ihrer großen Tubuslänge und außerordentlichen Empfindlichkeit gegenüber der Augenstellung des Beobachters sowie ihrer Größe wegen schwer zu handhaben. Auch besitzen sie den Nachteil eines kleinen Gesichtsfeldes. Dem Autor scheint das Mikroskop Watson II am besten geeignet, die bei den zwei vorhergehend erwähnten Mikroskopen beschriebenen Schwierigkeiten zu überwinden, und die Versuchsergebnisse beweisen, daß mit einiger Übung eine nahezu gleich gute Ausbeute erzielt werden kann, wie mit dem größeren Instrument. Die anderen zwei Mikroskope, Watson I und besonders Watson R, stellen offenbar eine ungünstigere Kombination von Vergrößerung und Gesichtsfeldgröße dar und sind nach der Meinung des Autors nicht so gut zu Szintillationszählungen von H-Teilchen verwendbar.

Anm. bei der Korrektur: Laut einer persönlichen Mitteilung von Dr. J. Chadwick hatte das bei den auf p. 601 zitierten Untersuchungen benützte Mikroskop eine Vergrößerung von etwa 30, also wesentlich mehr als das hier verwendete Watson R. Nach den Erfahrungen des Autors wäre mit einer solchen Steigerung der Vergrößerung nicht viel zu gewinnen wegen der erhöhten Schwierigkeiten, das sehr große subjektive Gesichtsfeld vollständig zu überblicken, zumal die erreichte Vergrößerung doch noch beträchtlich hinter der vom Watson I zurückbleibt.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften  
mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [135\\_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Hasche R. Leonhard

Artikel/Article: [Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung Nr. 191.  
Zur Methodik der Szintillationszählungen. 601-609](#)