

Tabelle 1.

Thermax	Kristallgröße in Å	Äußere Oberfläche der Körner in m ² /g	Absorbierende Oberfläche (mg Methylblau) in m ² /g	Katalytische Leistung in mMol HBr/g C und Stunde
1300 ⁰	30	8,5	4,0	0,049
3000 ⁰	3500	8,5	3,6	0,047

Die Messung ergab (Tab. 1), daß Thermax — 3000⁰ die gleiche katalytische Leistung von 0,05 mMol HBr liefert, wie Thermax — 1300⁰. Daß diese HBr-Bildung auf katalytische Wirkung des Rußes zurückzuführen ist, wurde dadurch bewiesen, daß die Apparatur mit der gleichen Menge Quarzsand von 1 µ Feinheit nur 0,003 mMol HBr liefert.

Bei der HBr-Bildung ist die katalytische Wirkung des Kohlenstoffs also nicht auf „aktive Stellen“ an Ecken und Kanten der Graphitkristalle zurückzuführen. Da aber auch andere, allenfalls denkbare, in den Außenflächen liegende aktive Stellen durch die Graphitierung vermindert werden müssen, sind bei der HBr-Bildung offenbar die in der Oberfläche der Graphitkristalle normal gebundenen Atome wirksam.

An den Vorschlag von G. M. SCHWAB⁴⁾ anlehnd, könnte man annehmen, daß die Katalyse durch Aktivierung des Broms an den Basisflächen der Graphitkristalle bewirkt wird. Dafür spricht die Bindung von Brom im Graphitgitter im „Bromgraphit“ nach RÜDORFF⁵⁾. Da der Bromgraphit bereits bei Zimmertemperatur und vermindertem Bromdampfdruck zerfällt, ist eine Aufnahme des Broms ins Innere der Graphitkristalle hier nicht wahrscheinlich, dagegen wäre eine analoge Bindung an die freiliegenden Basisflächen denkbar.

Wien, Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Technischen Hochschule, den 16. Februar 1944.
U. HOFMANN. W. HÖPER.

¹⁾ A. RAGOSS, U. HOFMANN u. R. HOLST, Kolloid-Z. 105, 118 (1943).

²⁾ Vor dem Glühen bei 1300⁰ enthält der Ruß noch Kohlenstoffverbindungen und hat eine katalytische Leistung von nur 0,033 mMol HBr/g und Stunde.

³⁾ U. HOFMANN u. W. LEMCKE, Z. anorg. allg. Chem. 208, 194 (1932).

⁴⁾ G. M. SCHWAB u. F. LOBER, Z. phys. Chem., Ser. A, 186, 321 (1940).

⁵⁾ W. RÜDORFF, Z. anorg. Chem. 245, 383 (1941).

Elektronenmikroskopische Bestimmung der Konzentration von Tabakmosaikviruslösungen.

Die Konzentration von Tabakmosaikviruslösungen wurde bisher durch Stickstoffmikroanalyse als mg/ccm Eiweiß oder durch Wägung als Trockengewichtsprozent bestimmt. Seit der Sichtbarmachung der Erreger im Elektronenmikroskop¹⁾ bestand das Bestreben, als Grundlage für die Infektionsversuche ein Verfahren zu entwickeln, das der Auszählung von Bakterien in der Zählkammer entspricht.

Bei der bisher üblichen Methode der Objektträgerbeschickung war es aber nicht möglich, die Anzahl der abgebildeten Teilchen auf eine bestimmte Flüssigkeitsmenge zu beziehen, da der aufgetragene Tropfen nur zum Teil im Gesichtsfeld abgebildet werden konnte. Außerdem ist es wahrscheinlich, daß beim

Eintrocknen des Dispersionsmittels und erst recht beim seitlichen Absaugen durch die zum Tropfenrande hinzielende Strömung eine längenmäßige Auslese und ein Abschwimmen der Virusstäbchen erfolgt.

Um diesen Schwierigkeiten zu entgehen, wurde versucht, die von RIEDEL und RUSKA²⁾ angegebene Methode zur Niederschlagung von Aerosolen im elektrischen Feld für die Darstellung von Viruselementen auszubauen.

Die Viruslösung wird so weit verdünnt, daß eine „molekulare“ Lösung ohne makroskopisch sichtbare Anisotropieerscheinungen, die auf eine teilweise Aggregation der Stäbchen hindeuten würden, vorliegt. Diese verdünnte Lösung wird zerstäubt und der entstehende Nebel fünf Minuten lang in einem Strom von 1 Liter/min an den mit 5 kV aufgeladenen Objektträgerblenden vorbeigeführt. Dabei schlagen sich feinste, voneinander isoliert liegende Tröpfchen nieder. Tabakmosaikvirus in destilliertem Wasser ergibt infolge der schnellen Abdunstung des Wassers nur homogene dichte Flecke oder wirre Netze mit amöbenartigen Umrissen, ohne daß Einzelstäbchen sichtbar werden (Fig. 1). Erst der Zusatz hygrokopischer Substanzen, wie NaCl, LiCl, Co(NO₃)₂, Glycerin u. a., setzt den Dampfdruck so weit herab, daß die Nebeltröpfchen bis zum Niederschlagen auf dem Kollodiumfilm des Objektträgers erhalten bleiben. Die Beziehungen zwischen Durchmesser des entstandenen Fleckes und dem des Nebeltröpfchens läßt sich durch Zusatz einer geringen Menge kolloidalen Goldes oder Silbers herstellen bzw. durch die Kantenlänge der Salzkristalle des verwendeten Zusatzes berechnen, wie in der oben zitierten Arbeit angegeben.

Fig. 2 zeigt ein solches Nebeltröpfchen. Jetzt liegt die gesamte vom Zerstäuber aus der Lösung gerissene Virusmenge innerhalb des aufgetrockneten Fleckes. Auf jedem Objektträger lassen sich je nach Dauer des Versuches gleichzeitig 50 bis 100 gut voneinander getrennt liegende Tröpfchen darstellen, die als Grundlage einer statistischen Auswertung dienen können. Durch weiteres Verdünnen der Ausgangslösung werden schließlich Tröpfchen mit übersichtlich liegenden Einzelstäbchen gewonnen, die einer genau bestimm- baren Flüssigkeitsmenge zugeordnet sind (Fig. 3).

Zur Bestimmung der Konzentration der Ausgangslösung genügt nicht das bloße Auszählen der Virus- teilchen, da die Länge der Stäbchen durch starke Tendenz zur Längsaggregation beträchtlich variiert. Darum geben wir die Konzentration durch die Gesamtlänge der aneinandergereihten Stäbchen in der Volumeneinheit einer Lösung an.

In Fig. 3 z. B. entspricht der dargestellte Fleck, dessen Inhalt planimetrisch bestimmt wird, unter Berücksichtigung der Abtrocknungskurve für den verwendeten Salzzusatz einem Tröpfchen von ≈ 1 µ Durchmesser. Dann ist der Inhalt des Tröpfchens

$$\frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,5^3 \mu^3 = 0,5 \mu^3.$$

Die Gesamtstrecke der aneinandergereihten Virus- stäbchen in diesem Tröpfchen beträgt ≈ 5 µ. Also befinden sich in der Ausgangslösung, die für den Versuch durch Salzlösungen im Verhältnis 1:3 verdünnt war,

$$\text{in } 1 \mu^3 \text{ Viruslösung } \approx 40 \mu \text{ TM-Stäbchen,}$$

oder umgerechnet

$$\text{in } 1 \text{ cm}^3 \text{ Viruslösung } \approx 40.000 \text{ km TM-Stäbchen.}$$

Durch statistische Auswertung einer großen Zahl von Tröpfchen unter Berücksichtigung der Stäbchenzahl in der Längeneinheit ergeben sich nun Werte für die mittlere Stäbchenlänge und die Längenvaria-

stäubungsmethode auch auf Probleme der Einwirkung von Reagentien auf Eiweißkörper und auf Adsorptionsfragen ausdehnen, während bei der bisherigen Präparationsmethode für die elektronenoptische Dar-

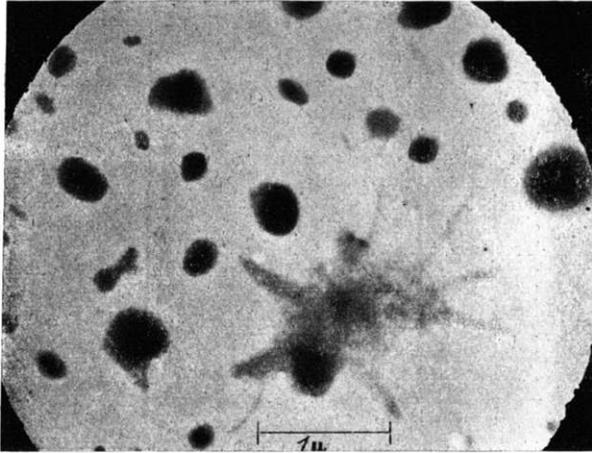


Fig. 1. 3400/43 TM-Virus in H₂O im elektrischen Feld bei + 5 kV niedergeschlagen (18 000 fach vergr.).

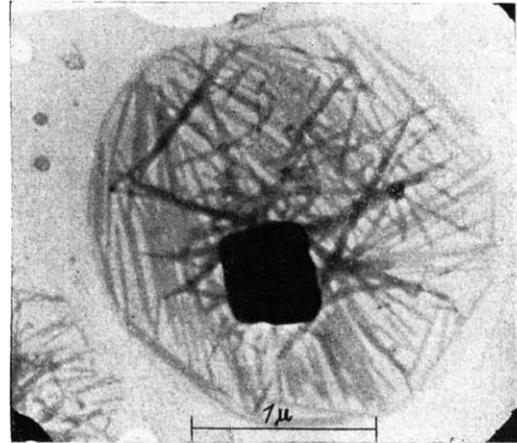


Fig. 2. 3891/43 TM-Virus in H₂O mit 0,08% NaCl im elektrischen Feld bei + 5 kV niedergeschlagen (24 000 fach vergr.).

tion in einem Verteilungsdiagramm. Zur Klärung dieser Frage, die besonders in Hinsicht auf das Problem der kleinsten noch infektiösen Einheit wichtig ist, haben wir zirka 7000 Einzelstäbchen vermessen, um Gesetzmäßigkeiten in der statistischen Verteilung der Längen aufzudecken. Einzelheiten bringt eine spätere ausführliche Arbeit.

Das Verfahren läßt sich auch zu einer Bestimmung der Eiweißmenge in Viruslösungen ausbauen. Dabei sind verschiedene Konstanten zu berücksichtigen, die bisher noch nicht endgültig festliegen, aber durch Verbindung unserer Bestimmungsmethode mit der chemischen Eiweißanalyse geprüft werden können, so vor allem das spezifische Gewicht. Nach BAWDEN und PIRIE³⁾ beträgt die Dichte 1,34, nach BECHHOLD und SCHLESINGER⁴⁾ 1,12. Der Durchmesser der Stäbchen konnte durch Photometrierung von Elektronenaufnahmen¹⁾ und Auswertung von Röntgenbeugungsdiagrammen⁵⁾ auf 150 bzw. 152 Å festgelegt werden. Der Querschnitt stellt nach denselben Röntgenbeugungsaufnahmen wahrscheinlich ein Sechseck mit der Seitenlänge von 87 Å dar, während die Elektronenaufnahmen eine zylinderförmige Gestalt nahelegen. Die Viruseiweißmenge M läßt sich also als Inhalt eines sechsseitigen Prismas oder eines Zylinders von der Höhe h der Gesamtstäbchenlänge in einem Kubikzentimeter Lösung berechnen:

$$M = \pi r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 7,5^2 \cdot 4 \cdot 10^{16} \text{ m}\mu \cdot \text{m}\mu^2 = 7,07 \cdot 10^{18} \text{ m}\mu^3.$$

Bei einem spezifischen Gewicht von 1,34 ergibt das 9,5 mg/ccm Eiweiß. Eine chemische Kontrollbestimmung ergab 9,02 mg/ccm. Schon diese Überschlagsrechnung auf Grund der Werte eines einzigen Tröpfchens zeigt also eine große Genauigkeit für die Konzentrationsbestimmung an, die sich bei statistischer Auswertung einer größeren Anzahl von Tröpfchen noch steigern läßt.

Wie die bei Fig. 3 gezeigte Kontrasterhöhung durch Kobaltnitrat schon andeutet, läßt sich die Zer-

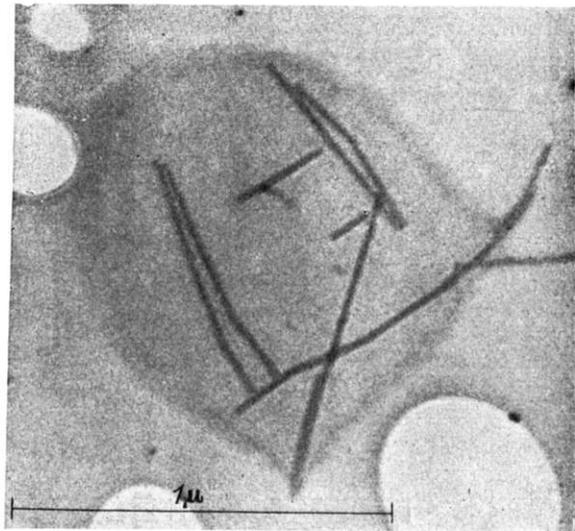


Fig. 3. 3602/43 TM-Virus in H₂O mit 0,08% NaCl im elektrischen Feld bei + 5 kV niedergeschlagen. Kontrasterhöhung durch Zusatz von 0,02% CO(NO₃)₂ (50 000 fach vergr.).

stellung gerade Elektrolytfreiheit der Suspension Vorbedingung war.

Mit der geschilderten Methode erweitert also die Elektronenmikroskopie auch in der Virusforschung ihren Anwendungsbereich über die rein morphologische Darstellung hinaus in den Bereich der quantitativen Analyse.

Zusammenfassung. Feinste Nebeltröpfchen von zerstäubten Viruslösungen werden im elektrischen

Feld niedergeschlagen und elektronenmikroskopisch zur Darstellung gebracht. Aus Fleckgröße der aufgetrockneten Tröpfchen und Stäbchenlänge der im Tröpfchen enthaltenen Virusteilchen wird die Konzentration der Viruslösung berechnet.

Berlin-Dahlem, Biologische Reichsanstalt, und Berlin-Spandau, Laboratorium für Übermikroskopie der Siemens & Halske AG., den 14. März 1944.

H. HAARDICK, G. A. KAUSCHE, H. RUSKA.

¹⁾ G. A. KAUSCHE, E. PFANKUCH u. H. RUSKA, Naturwiss 27, 292 (1939).

²⁾ G. RIEDEL u. H. RUSKA, Kolloid-Z. 96, 86 (1941). — G. RIEDEL, Kolloid-Z. 103, 228 (1943).

³⁾ F. C. BAWDEN u. N. W. PIRIE, Proc. roy. Soc., Lond., Ser. B., 123, 274 (1937).

⁴⁾ H. BECHHOLD u. M. SCHLESINGER, Phytopath. Z. 6, 627 (1933).

⁵⁾ J. D. BERNAL u. I. FANKUCHEN, J. gen. Physiol. (Am.) 25, 111 (1941).

Über die Auslösung von Chromosomenmutationen bei *Drosophila melanogaster* mit Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge.

Die bisher vorliegenden Untersuchungen¹⁾ über die Auslösung von Chromosomenmutationen mit Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge ergaben bei verschiedenen Untersuchungsobjekten keinen Hinweis auf eine Wellenlängenabhängigkeit. Diese Feststellung bedurfte jedoch einer Nachprüfung, da die Befunde in einigen Fällen statistisch nicht befriedigend gesichert sind, und in anderen dem Vergleich die Wirkung nur bei einer einzigen Dosis und nicht die Dosisproportionalitätskurven zugrunde liegen.

Zur Klärung dieser Frage bestimmten wir Dosisproportionalitätskurven für Translokationen zwischen II. und III. Chromosom in reifen Spermien von *Drosophila melanogaster* bei drei Röntgenstrahlqualitäten. Über die verwendeten Strahlungen sowie die Versuchsergebnisse orientiert Tabelle 1. Eine nennens-

Tabelle 1. Raten der II/III-Translokationen nach Bestrahlung reifer Spermien von *Drosophila melanogaster* mit verschiedenen Röntgenstrahlqualitäten (Expositionsdauer: 300').

Dosis in r	35 kV; 0,5 mm Al-Filter HWS = 0,5 mm Al. $\lambda_{\text{eff}} = 0,5 \text{ \AA}$		70 kV; 0,5 mm Al-Filter HWS = 0,9 mm Al. $\lambda_{\text{eff}} = 0,4 \text{ \AA}$		180 kV; 0,5 mm Cu + 0,5 mm Al-Filter HWS = 1,1 mm Cu $\lambda_{\text{eff}} = 0,15 \text{ \AA}$	
	Anzahl der untersuchten Gameten	Prozentsatz der II/III-Translokationen	Anzahl der untersuchten Gameten	Prozentsatz der II/III-Translokationen	Anzahl der untersuchten Gameten	Prozentsatz der II/III-Translokationen
1000	2115	1,28 ± 0,24	2342	1,37 ± 0,24	1559	1,35 ± 0,29
2000	2215	3,93 ± 0,41	2142	3,96 ± 0,42	1418	3,32 ± 0,48
4000	1133	10,92 ± 0,93	2309	10,34 ± 0,63	913	11,17 ± 1,04

werte Schwächung der Röntgenstrahlung in dem über den Gonaden liegenden Gewebe war auch bei den weichsten der verwendeten Strahlungen nicht zu erwarten, da die in Frage kommende Gewebeschicht nur etwa 0,3 mm, die Halbwertschicht im Gewebe jedoch etwa 12 mm beträgt. Außerdem war durch die Form der Bestrahlungskapsel Sorge getragen, daß die Fliegen nicht übereinander lagen.

Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, konnte ein Unterschied in der Wirksamkeit weicher und harter Röntgenstrahlen nicht nachgewiesen werden. Bei den verschiedenen Strahlenqualitäten ändert sich weder die Mutationskonstante noch die Form der Dosisproportionalitätskurve, die, wie früher gezeigt²⁾, durch $T = c \cdot D^{1,5}$ wiedergegeben werden kann. Eine eingehendere Diskussion des Trefferereignisses und Treffbereichs wird nach Vorliegen weiterer Untersuchungen, insbesondere über Bestrahlung mit schnellen Neutronen, erfolgen.

Berlin-Buch, Genetische Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts, den 20. März 1944.

A. CATSCH, A. KANELIS, GH. RADU, P. WELT.

¹⁾ H. BAUER, Chromosoma 2 (1942). — K. EBERHARDT, Chromosoma 1 (1939). — A. C. FABERGÉ, J. Genet 40 (1940). — A. MARSHAK, Proc. nat. Acad. Sci. 23 (1937). — H. J. MULLER, J. Genet. 40 (1940).

²⁾ A. CATSCH, GH. RADU, A. KANELIS, Naturwiss. 31/32 (1943).

Massenspektrometrische Atomgewichtsbestimmung an natürlichem und angereichertem Kalium.

Mit einem ausheizbaren Massenspektrometer, das der eine von uns an anderer Stelle ausführlich beschreiben wird, wurde das Häufigkeitsverhältnis der beiden Kaliumisotope $K^{39} : K^{41}$ bestimmt. Die zuerst untersuchte Probe war KCl p. a. von KAHLBAUM. Wir fanden für das Isotopenmischungsverhältnis $K^{39} : K^{41} = 13,96 \pm 0,1$. Hieraus berechnet sich die mittlere Massenzahl zu $39,134 \pm 0,001$ und unter Zugrundelegung eines Packungsanteiles von $-6,1 \cdot 10^{-4}$ und des SMYTHESchen Faktors von 1,000275 das chemische Atomgewicht des Kaliums zu $39,099 \pm 0,001$, in guter Übereinstimmung mit den bisherigen chemischen und massenspektrometrischen Atomgewichtsbestimmungen¹⁾.

Im weiteren haben wir eine Kaliumprobe untersucht, in der von v. HEVÉSY und LÖGSTRUP²⁾ auf dem Wege der idealen Destillation das Kaliumisotop 41 angereichert worden war. Das Atomgewicht dieser Probe war früher von HÖNIGSCHMIDT und GOUBEAU³⁾ sowie von BAXTER⁴⁾ übereinstimmend zu $39,109 \pm 0,001$ gefunden worden. Unsere Messungen im Massenspektrometer ergaben für dieses angereicherte Kalium ein Mischungsverhältnis $K^{39} : K^{41} = 12,76 \pm 0,1$ und damit ein Atomgewicht $A = 39,110 \pm 0,001$ in guter Übereinstimmung mit den Bestimmungen von HÖNIGSCHMIDT und BAXTER.

Die Radioaktivität dieser angereicherten Kaliumprobe war früher mit der von gewöhnlichem Kalium verglichen worden, um zu entscheiden, welchem Isotop die natürliche Radioaktivität des Kaliums zuzuschreiben ist⁵⁾ 6). Aus der gemessenen Aktivitätszunahme von $4,43 \pm 0,5\%$ war unter Zugrundelegung des damals zu hohen internationalen Atomgewichtswertes das K^{40} ausgeschlossen worden. Nach Veröffentlichung des heute gültigen Wertes hat HEVÉSY⁷⁾