

$$\frac{\partial R}{\partial a_1} = 0; \quad \frac{\partial R}{\partial a_2} = 0; \quad \dots \dots \frac{\partial R}{\partial a_{m-2}} = 0 \quad 14]$$

bestimmt, was ohne Schwierigkeit möglich ist. Mit Hilfe von 3] ergeben sich dann die Brechwerte  $n_\nu$  der Schichten.

Wählt man  $m = 4$ , so läßt sich das Ergebnis noch gut in einer ebenen Figur darstellen. Für eine solche Vierfachsicht auf Glas in Luft ( $n_0 = 1$ ) ergeben sich die in Abb. 2 gezeichneten Verhältnisse. Dort ist  $R$  über den beiden, bei Ansatz der Extremalbedingungen 14] als unabhängig angesehenen Variablen  $a_1$  und  $a_2$  aufgetragen zu denken. So läßt sich in Abb. 2 in dem schiefwinkligen Netz für beliebig zugrunde gelegte Brechwerte bzw. reflektierte Amplituden am Glas ( $a_g$ ) und an der obersten Schicht ( $a_0$ ) der „Ort“ von  $R_{min}$ , d. h. die zugehörigen Werte von  $a_1$  und  $a_2$ , ablesen. Für  $n_g = 1,5$  (also  $a_g = 0,2$ ) und  $n_1 = 1,45$  (also  $a_0 = 0,1835$ ) beträgt  $R_{min} \approx 0,0002$ ; dazu müssen die übrigen Schichten folgende Brechwerte haben:  $n_2 = 2,94$ ;  $n_3 = 3,28$ ;  $n_4 = 2,01$ . Die zu anderen, technisch vielleicht besser zu erreichenden Werten von  $n_\nu$  bzw.  $a_\nu$  gehörigen Werte von  $R$  liegen gemäß 11] auf einem Ellipsoid, von dem

der dem Minimum benachbarte Teil durch einige Schichtlinien (Ellipsen) dargestellt ist<sup>9)</sup>.

Die spektrale Reflexion  $r(\lambda)$  dieser Schichtanordnung, berechnet nach 5] unter Beschränkung auf Glieder erster Ordnung, zeigt Abb. 3. Unter anderem ist zu erkennen, daß nur innerhalb des zugrunde gelegten sichtbaren Spektralbereiches Reflexverminderung vorhanden ist, dort allerdings eine sehr weitgehende.

#### 4. Zusammenfassung.

Die Gesamreflexion von Licht eines ausgedehnten Spektralgebietes an Glas usw., das mit einer beliebigen Zahl nicht zu hoch brechender, nicht absorbierender, dünner Schichten bedeckt ist, wird angenähert berechnet. Für weißes Licht und das helladaptierte menschliche Auge wird die Berechnung numerisch zu Ende geführt. Das Ergebnis wird zur Berechnung minimal reflektierender Anordnungen von Mehrfachsichten auf Glas usw. benutzt.

<sup>9)</sup> Eine ausführliche Diskussion einer Vierschichtlösung mit nur wenig anderen Zahlenwerten, wobei der Weg zu ihrer Erlangung allerdings nicht sichtbar ist, befindet sich in der erwähnten Patentanmeldung der Fa. Schott u. Gen., weshalb hier darauf verzichtet werden kann.

*Aus dem Laboratorium für Übermikroskopie der Siemens und Halske A.-G. in der früheren Reichsforschungsanstalt Insel Riems bei Greifswald*

## Der Einfluß der Zerschäumung von Tabakmosaik-Viruslösungen auf die Länge der Virusmoleküle <sup>1)</sup>

Von H. Ruska (z. Zt. Leopoldshöhe/Lippe)

Mit 3 Abbildungen

(Eingegangen am 10. März 1945.)

### 1. Beobachtungen über Aktivitätssteigerungen von Viruslösungen bei der Durchschäumung.

Bloch<sup>2)</sup> und Weineck<sup>3)</sup> haben Angaben darüber gemacht, daß es gelingt, die Aktivität einer Viruslösung durch Zerschäumen zu stei-

gern. Die Potenzierung oder Aktivierung der Virussuspensionen, wie dieser Effekt genannt worden ist, wird auf eine Zunahme der Zahl der infizierenden Teilchen zurückgeführt, die infolge der Spreitung des Virus auf den Oberflächen der Schaumblasen eintritt. Der Aktivierungseffekt kann zwei Deutungen erfahren. Entweder trennen sich bei der Durchschäumung die einzelnen Viruspartikel, die als Elementareinheiten gelten, selbst in zahlreiche kleinere aber biologisch voll wirksame Teilstücke oder es trennen sich in der Ausgangssuspension vorliegende größere Aggregate der Elementareinheiten. Beide Deutungen sind gegeben worden. Bei dem Colilysin S wurde von Bloch eine Aktivierung um 5 Zehnerpotenzen (!) gefunden und bei der Deutung dieses Ergebnisses Zerfall der Elementareinheiten angenommen<sup>2)</sup>. Bei Versuchen von Weineck mit Lapinevirus betrug die Aktivitätszunahme bis zu 2 Zehnerpotenzen. Weineck führte seine Beobachtung auf Zerfall von Virusaggregaten zurück<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Bemerkung vor der Drucklegung: Von E. Pfankuch, früher Biologische Reichsanstalt, Außenstelle Guhrau, war gemeinsam mit dem Verfasser eine Reihe von Untersuchungen „Über die Länge des Tabakmosaik-Virusmoleküls und ihre Variabilität“ geplant. Zunächst ist der Zusammenhang zwischen der Sedimentationskonstanten und der elektronenmikroskopischen Längensstatistik an normalen und beschallten Viruslösungen untersucht worden. Da E. Pfankuch seit der Besetzung Schlesiens verschollen ist und große Teile der Untersuchungsergebnisse verloren gingen, konnten nur einige erhalten gebliebene Daten veröffentlicht werden. (Siehe E. Pfankuch und H. Ruska, Z. f. Naturforsch. **2b**, 358 (1947).)

<sup>2)</sup> H. Bloch, „Über einen Potenzierungseffekt bei Bakteriophagen“, Arch. f. d. ges. Virusforsch. **1**, 560 (1940).

<sup>3)</sup> E. Weineck, „Anreicherung des Lapine-Virus durch Zerschäumen“, Kolloid-Z. **100**, 403 (1942.)

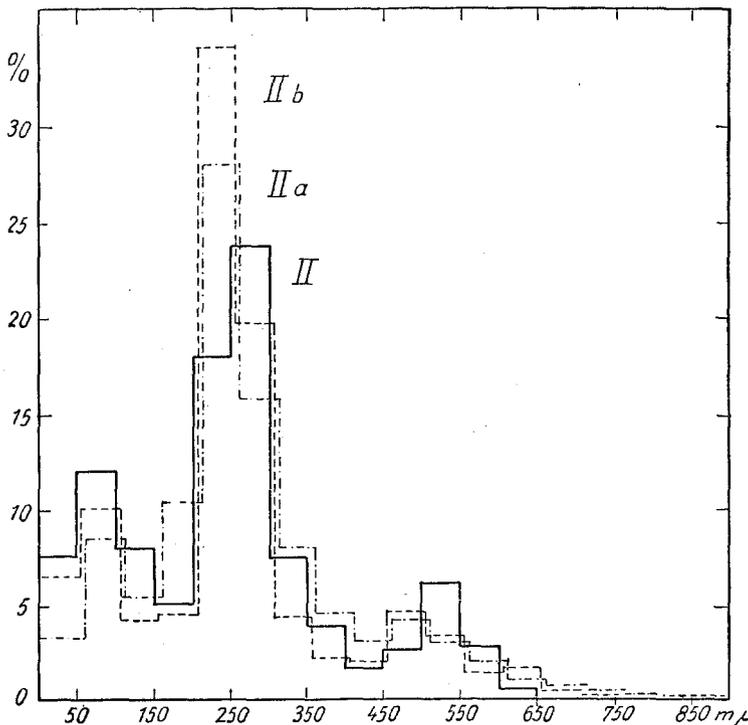
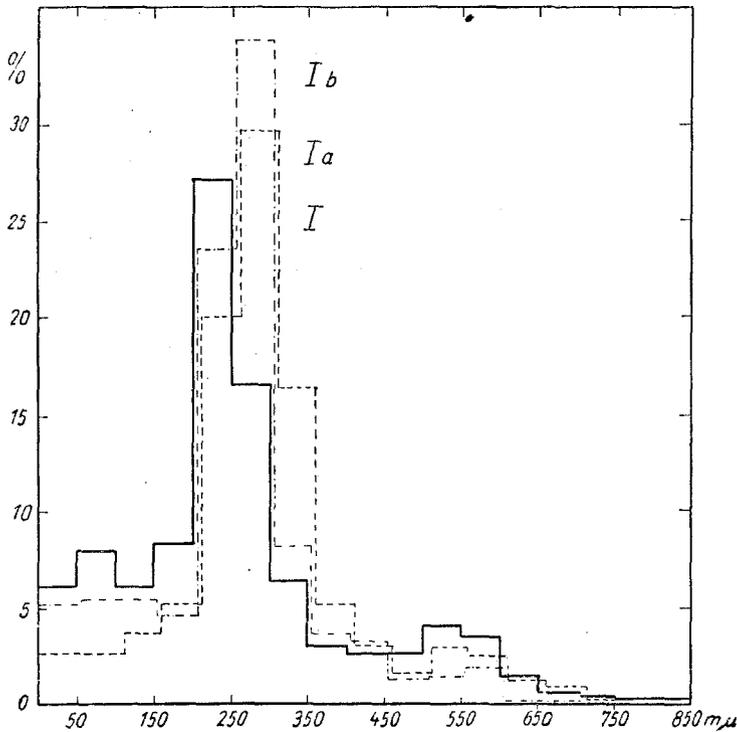


Abb. 1 und 2. Treppendiagramme für die Moleküllängen aus normalen (I und II) und durchgeschäumten (Ia, b und IIa, b) Tabakmosaik-Viruslösungen. Abszisse: Moleküllängen in  $m\mu$ . Ordinate: Klassenhäufigkeit in %.

I Normalverteilung der Stammlösung I, der Zahl der Elemente = 1070; Ia dieselbe, 60 Min. in Apparatur nach Bloch durchgeschäumt, Zahl der Elemente = 1305; Ib dieselbe, 20 Min. im Kreislaufzerschäumer durchgeschäumt, Zahl der Elemente = 454; II Normalverteilung der Stammlösung II, Zahl der Elemente = 549; IIa dieselbe, 10 Min. in Apparatur nach Bloch durchgeschäumt, Zahl der Elemente = 1821; IIb dieselbe, 30 Min. in Apparatur nach Bloch durchgeschäumt, Zahl der Elemente = 555.

Der Potenzierungseffekt kann nicht bei allen Virusarten beobachtet werden. Hühnerpestvirus zeigte bei der Durchschäumung keine Aktivitätszunahme<sup>3)</sup>. Weineck konnte nach mündlicher Mitteilung das negative Ergebnis von Bloch bei Hühnerpestvirus bestätigen. Ruska<sup>4)</sup>, Kausche<sup>5)</sup>, Weineck<sup>5)</sup> und Knöll<sup>5)</sup> gelang es dagegen nicht, den von Bloch beschriebenen extremen Potenzierungseffekt von 4 bis 5 Zehnerpotenzen bei den von ihnen untersuchten Bakteriophagenstämmen nachzuweisen. An anderer Stelle<sup>4)</sup> wird darüber ausführlicher berichtet und durch Ultrafiltrationsversuche gezeigt, daß die Phagenpartikel bei der Durchschäumung nicht kleiner werden. Immerhin scheint ein Molekülzerfall, wie ihn Bloch diskutiert hat, bei den einfacher als Bakteriophagen gebauten Elementarteilchen hochmolekularer Virusproteine nicht ausgeschlossen. Bergold und Brill<sup>6)</sup> konnten Spreitungseffekte bei Insektenviren beobachten, die sie auf eine erhebliche Veränderung im konfigurativen Aufbau der Virusmoleküle zurückführten, die aber auch durch den Zerfall der Virusmoleküle in kleinere Einheiten gedeutet werden könnten. Sie stellten fest, daß im Spreitungsversuch die vom Virus eingenommene Fläche vom  $pH$  der Wasserunterlage abhängig ist und in der Nähe des isoelektrischen Punktes ein Maximum aufweist. Ob nach der Spreitung die Virusaktivität zugenommen hat, wurde nicht geprüft.

## 2. Untersuchungen am Tabakmosaik-Virus.

Um die Frage nach dem Zerfall von Virusmolekülen unter dem Einfluß von Oberflächenkräften zu prüfen, wurde im Folgenden versucht, einen Zerfall von Tabakmosaik-Virusmolekülen nach der Spreitung durch Zerschäumen der Lösung statistisch-morphologisch nachzuweisen.

<sup>4)</sup> „Zur Frage der Potenzierung von Bakteriophagenlösungen durch Zerschäumen“. Kolloid-Z. folgende Mitteilung.

<sup>5)</sup> Nach persönlichen Mitteilungen.

<sup>6)</sup> G. Bergold und R. Brill, Spreitungsversuche mit Insektenviren“, Kolloid-Z. 99, 1 (1942).

Als Ausgangsmaterial dienten 2 in verschiedenen Arbeitsgängen hergestellte etwa 0,5proz. Stammlösungen I und II von Tabakmosaik-Virus in  $m/_{10}$  Phosphatpuffer ( $p_H$  7). Die Lösungen wurden in dieser Konzentration in der bei Bloch<sup>2)</sup> angegebenen Anordnung oder in der Verdünnung 1:1 im Kreislaufzerschäumer von Ostwald und Siehr<sup>8)</sup> zerschäumt<sup>9)</sup>. Die Oberflächenspannung der Viruslösung ist so wenig herabgesetzt, daß weder Schaum übertritt noch zirkuliert. Trotzdem war die Wirkung der Durchblasung von Luft eindeutig. Nach dem 10, 20, 30 und 60 Minuten dauernden Zerschäumen wurden die Lösungen auf einen Virusgehalt von 5  $\gamma$ /ccm verdünnt und möglichst sofort auf den Trägerfilm zur elektronenmikroskopischen Untersuchung aufgetrocknet. Die Vergrößerung der elektronenmikroskopischen Aufnahmen betrug mit einer Genauigkeit von  $\pm$  7 Proz. meist 12 bis 15000. Die Vermessung der Moleküllängen erfolgte mit Hilfe von 20000fachen Nachvergrößerungen auf 0,2 mm (10  $m\mu$ ). Die so erhaltenen Werte wurden in Gruppen zusammengezogen, die jeweils 50  $m\mu$  umfassen.

Die Treppenpolygone I und II der Abb. 1 und 2 zeigen die normale Längenverteilung der Tabakmosaik-Virusmoleküle der Stammlösungen I und II. Das zweite Maximum (Hauptmaximum) stellt die stabilste Moleküllänge dar. Wir bezeichnen sie mit  $n$  (normal), das dritte Maximum liegt bei dem doppelten Längenwert von etwa  $2n$ . Elemente der Größenklassen aller Maxima sind auf Abb. 3 leicht zu erkennen. Das Hauptmaximum befindet sich in einem Falle (I) bei einer Stäbchenlänge von 200 bis 250  $m\mu$ , im anderen (II) bei 250 bis 300  $m\mu$ . Der Unterschied ist nicht zu deuten. Wichtig erscheint, daß in beiden Fällen beide Größenklassen die höchste Zahl der Varianten aufweisen. Die verglichenen Normalkollektive haben, ebenso wie die Kollektive aus den durchschäumten Lösungen, ungleichen Umfang. Sie sind alle auf 100 reduziert. Ein drittes Treppenpolygon einer normalen Stammlösung von insgesamt 790 vermessenen Elementen hatte ebenso wie II das Hauptmaximum bei  $n = 250$  bis 300  $m\mu$  Stäb-

chenlänge, ein weiteres Maximum bei 500 bis 550  $m\mu$  ( $2n$ ) und ein letztes sehr flaches bei 800 bis 900  $m\mu$  ( $3n$ ). Die Untersuchung einer normalen von G. Schramm stammenden Tabakmosaik-Viruslösung, die über ein Jahr im Eisschrank gestanden hatte, zeigte bei der Vermessung von 755 Stäbchen das Hauptmaximum wiederum bei 200 bis 250  $m\mu$ <sup>10)</sup>. Der Aufbau des Häufigkeitspolygons der Moleküllängen aus normalen TM-Viruslösungen ist jedenfalls immer so, daß der größte Prozentsatz der Stäbchenlängen zwischen 200 und 300  $m\mu$  liegt.

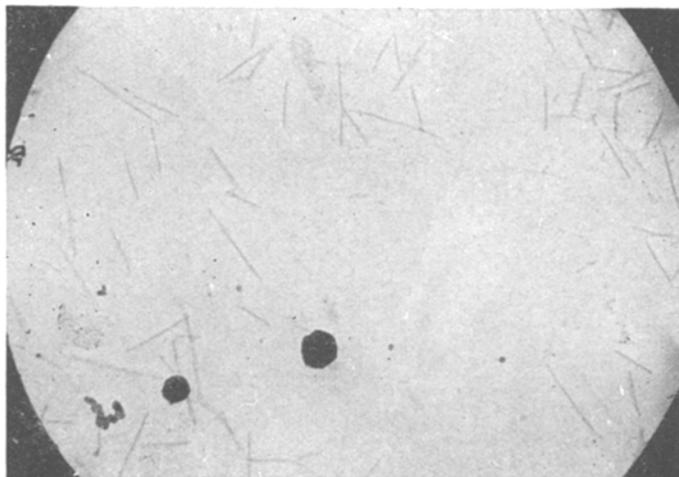


Abb. 3 R 743/44. Moleküle des Tabakmosaik-Virusproteins mit den charakteristischen Längen von  $n/2$ ,  $n$  und  $2n$ . el. opt.: 18300:1. Abbildung 20000:1.

Vergleichen wir mit der Normalverteilung die Ergebnisse mit zerschäumten Viruslösungen (Abb. 1 Treppenpolygon Ia, b und Abb. 2, IIa, b), so fallen zwei Veränderungen auf. Erstens die Erhöhung des Hauptmaximums und zweitens das Absinken des dritten Maximums. Man erhält daraus den Eindruck, daß durch die Zerschäumung die Stäbchen von der Länge  $2n$  zum Teil in Stäbchen von der Länge  $n$  zerfallen, was zur Folge haben muß, daß die Zahl der infektiösen Elemente zunimmt. Nur beim Treppenpolygon des Zerschäumungsversuchs IIa ist die Summe der beiden Hauptklassen (Länge 200 bis 300  $m\mu$ ) nicht merklich größer als bei der dazugehörigen Normalverteilung II.

Auffallend ist, daß die Größe des Hauptmaximums (zweites Maximum) stärker ansteigt als aus dem Zerfall der Längen des dritten Maximums zu erwarten ist. Dieser Umstand erklärt sich aus dem gleichzeitigen Absinken der Varianten in den vor dem Hauptmaximum liegenden Größenklassen. Vielleicht verschwinden

<sup>7)</sup> Herrn Dr. E. Pfankuch bin ich für die Überlassung der Präparate sehr zu Dank verpflichtet.

<sup>8)</sup> Wo. Ostwald und A. Siehr, Chemiker Ztg. 61, 649 (1937).

<sup>9)</sup> Für die Überlassung eines Kreislaufzerschäumers danke ich Herrn Dr. E. Weineck.

<sup>10)</sup> Herrn Prof. G. Pyl, in dessen Besitz sich das Präparat befand, danke ich ebenso wie Herrn Dr. G. Schramm für die Überlassung.

Tabelle I.  
(Erklärung im Text und unter Abb. I und 2.)

Klassenmitten in $m\mu$	Tabakmosaik-Virus (I) normal		(Ia) 60' durchschäumt		(Ib) 20' im Kreislaufzerschäumer	
	Häufigkeit $p$ in Proz.	Längen in $m\mu$	Häufigkeit $p$ in Proz.	Längen in $m\mu$	Häufigkeit $p$ in Proz.	Längen in $m\mu$
225	27,1	6097	20,0	4500	23,5	5288
275	16,6	4560	29,6	8140	34,3	9432
325	6,5	2120	16,3	5297	8,3	2597
375	3,2	1200	5,2	1950	3,9	1463
425	2,8	1190	3,2	1360	3,3	1402
475	2,8	1330	1,6	760	1,3	618
525	4,2	2205	3,1	1638	1,5	787
575	3,5	2012	2,5	1437	1,9	1098
625	1,4	875	1,3	813	0,2	125
675	0,6	405	0,8	607	0,2	135
$\sum_{225}^{675}$ Summen =	68,7	21994	83,7	26502	78,4	22940
Mittelwerte der Längen $M$ =		321,6		316,6		292,6
Zahl der Moleküle über 200 $m\mu$ pro $\mu$	3,11		3,16		3,42	
Proz. infektiöse Einheiten der Stäbchen über 200 $m\mu$	100		101,6		110,0	
Proz. infektiöse Einheiten aller vermessenen Stäbchenlängen	100		108		114	

die kürzesten Stäbchen zum Teil dadurch, daß sie beim Zerschäumen infolge ihrer relativ größeren Oberfläche an Teilen der Zerschäumungsapparaturen leichter haften bleiben als die längeren Stäbchen. Das Hauptmaximum steigt dann außer durch Zerfall längerer Stäbchen durch eine relative Verschiebung der Prozentwerte an. Diese Verschiebung läßt die Differenzen zwischen der Höhe des normalen zweiten Maximums und denjenigen aus den zerschäumten Lösungen größer erscheinen als sie tatsächlich sind, die zwischen den dritten Maximalwerten dagegen kleiner.

Zeitdauer und Technik der Zerschäumung scheint insofern von Einfluß zu sein, als das Ergebnis mit 20 Minuten Durchlüftung im Kreislaufzerschäumer (Ib) besser ist als mit 60 Minuten Zerschäumung in der Apparatur nach Bloch (Ia). Außerdem sind in der zuletzt genannten Vorrichtung die Ergebnisse deutlicher nach 30 Minuten (IIb) als nach 10 Minuten (IIa).

Dieser aus dem Verlauf der Polygone entnommene Eindruck wird auch durch die später folgende genaue Auswertung bestätigt.

Zur Beurteilung der Frage, ob die Zahl der infektiösen Elemente in der Lösung zugenommen hat, müssen wir erwägen, von welcher Länge ab ein Tabakmosaik-Virusstäbchen als infektiös gelten kann und nur diese Längen berücksichtigen. Zu beachten ist bei der Berechnung, daß die Treppenspolygone die Größenverteilung von jeweils 100 Stäbchen darstellen, daß aber bei der Betrachtung der Infektiosität einer Lösung nicht gleiche Stäbchenzahlen, sondern der gesamte Eiweißgehalt, d. h. gleiche Stäbchengewichte bzw. Volumina zugrunde gelegt werden müssen. Da die Stäbchen gleiche Querschnitte besitzen, kann man einfach auf gleiche Stäbchenlängen beziehen. Es sind also Lösungen gleicher Gesamtlängen der Stäbchen zu vergleichen. Ein Fehler kann bei dieser Betrachtung allerdings dann eintreten, wenn ein wesent-

Tabelle 2.  
(Erklärung im Text und unter Abb. 1 und 2.)

Klassenmitten in $m\mu$	Tabakmosaik-Virus (II) normal		(IIa) 10' durchschäumt		(IIb) 30' im Kreislaufzerschäumer	
	Häufigkeit $p$ in Proz.	Längen in $m\mu$	Häufigkeit $p$ in Proz.	Längen in $m\mu$	Häufigkeit $p$ in Proz.	Längen in $m\mu$
225	18,0	4050	27,4	6165	34,0	7650
275	23,7	6517	16,0	4400	19,8	5445
325	7,5	2438	8,1	2633	4,5	1462
375	4,0	1500	4,6	1725	2,3	863
425	1,7	722	3,2	1360	2,1	892
475	2,7	1283	4,3	2042	4,7	2233
525	6,2	3255	3,1	1628	3,4	1785
575	2,9	1667	1,9	1092	1,4	805
625	0,6	375	1,1	688	1,6	1000
675	0,0	—	0,7	472	0,4	270
$\sum_{225}^{675}$ Summen = Mittelwerte der Längen $M$ =	67,3	21807	70,4	22205	74,2	22405
		324,0		315,4		302,0
Zahl der Moleküle über 200 $m\mu$ pro $\mu$	3,09		3,17		3,31	
Proz. infektiöse Einheiten der Stäbchen über über 200 $m\mu$	100		102,6		107,1	
Proz. infektiöse Einheiten aller vermessenen Stäbchenlängen	100		103		112	

licher Prozentsatz der Stäbchen in so kleine Teile zerfällt, daß sie auf dem elektronenmikroskopischen Bild nicht mehr als Stäbchen vermessen werden. Bei der Geringfügigkeit der Durchschäumungseffekte ist jedoch nicht anzunehmen, daß ein solcher Zerfall einen wesentlichen Prozentsatz betrifft.

Da durch Ultraschall zerschlagene Moleküle ihre Aktivität verloren haben, kann man annehmen, daß nur die Stäbchen oberhalb einer Länge von etwa 200  $m\mu$  aktiv sind<sup>11)</sup>. Für unsere Berechnung sind daher nur über 200  $m\mu$  liegende Längen berücksichtigt. Die kürzeren, bei der Durchschäumung z. T. verloren gegangenen Stäbchen sind weggelassen. Sie fallen beim Vergleich von verschieden behandelten Lösungen gleicher Konzentration ohnehin weniger ins Gewicht als die längeren Stäbchen.

<sup>11)</sup> Anmerkung bei der Korr.: Dies ist neuerdings durch Versuche von Stanley sichergestellt.

Zur Durchführung der Berechnung des Anstiegs der Teilchenzahlen über 200  $m\mu$  bei gleichbleibender gewichtsmäßiger Konzentration der Lösung an infektiösem Eiweiß (gleicher Gesamtlänge der Teilchen), entnehmen wir aus den Treppenpolygonen die Prozentwerte  $p$  der Größenklassen (Varianten)  $V$  mit den Klassenmitten 225 bis 675  $m\mu$  und bilden von beiden das Produkt ( $p \cdot V$ ), um die Gesamtlänge der Stäbchen jeder Größenklasse zu erhalten (Tab. 1 und 2). Aus der Summe der Gesamtlängen der verschiedenen Größenklassen ( $\sum_{225}^{675} pV$ ) in  $m\mu$  dividiert durch die Summe der Prozentzahlen ( $\sum_{225}^{675} p$ ) ergibt sich das arithmetische Mittel  $M$  für die Länge der Tabakmosaik-Virusstäbchen der unbehandelten (Tab. 1 I und 2 II) und der 10 und 30 (Tab. 2 IIa und b) bzw. 60 und 20 Minuten (Tab. 1 Ia und Ib) durchschäumten

Lösungen in  $m\mu$ . Der reziproke Wert  $\frac{1}{M}$  mal 1000 ergibt die mittlere Zahl der infektiösen Einheiten (Virusmoleküle) in einem  $1 \mu$  langen Virusfaden. Als Normalwerte finden sich 3,11 und 3,09 Moleküle auf  $1 \mu$ , nach der Durchschäumung 3,16 und 3,42 bzw. 3,17 und 3,31. Beziehen wir diese letzten Zahlen auf den Wert 100 für die unbehandelten normalen Lösungen I und II, so kommen die Werte der durchschäumten Lösungen auf 101,6 bis 110. Bezieht man nicht auf die gleiche Masse der infektiösen, über  $200 m\mu$  langen Stäbchen, sondern unter Berücksichtigung der kürzeren Stäbchen auf die Gesamtmasse des Virus, so kommen auf 100 Stäbchen der unbehandelten Lösung 103 bis 114 der durchschäumten (Tabelle 1 und 2 unterste Zeile). Es findet sich also infolge des Zerfalls längerer Stäbchen ein geringes Anwachsen der Zahl der infektiösen Einheiten.

### 3. Besprechung der Ergebnisse.

Im Testversuch dürften Anstiege der infektiösen Einheiten von 10 Proz. kaum erfaßbar sein. Statistisch scheinen die Ergebnisse durch Vermessung und Auswertung von 5754 Stäbchen genügend gesichert. Der sehr geringe Zuwachs an infektiösen Einheiten von nur 1,6 Proz. bei Versuch Ia wird durch den relativ hohen Wert der Größenklassen 300 bis  $350 m\mu$  bedingt (Abb. 1). Die gefundenen Prozentzahlen sind nicht vernachlässigbar klein, wenn man sie sich bei der Darstellung der Treppenpolygone aufgetragen denkt, sie verschwinden aber völlig gegenüber den mitgeteilten Potenzierungseffekten beim Zerschäumen anderer Virussuspensionen wie Bakteriophagen (Bloch) und Vaccine (Lapine-Virus, Weineck). Die Versuche, die an einem durch seinen regelmäßigen molekularen Feinbau und seine Fadenform für den Zerfall in gleiche Teilmoleküle gewissermaßen gut disponierten Virusmolekül durchgeführt worden sind, zeigen, daß man mit der Annahme eines Molekülzerfalls bei Potenzierungseffekten sehr zurückhaltend sein muß. Er war in unserem Beispiel nur in sehr geringem Umfang feststellbar, wenn man nicht überhaupt die Auffassung vertritt, daß nicht längere Moleküle, sondern Längsaggregate von 2 bis 3 Molekülen zerfallen

sind. Wird ein Zerfall mit robusteren Eingriffen wie z. B. Ultraschall erzwungen, so kommt es anstatt zur Viruspotenzierung zur Inaktivierung. Weineck hat daher mit Recht die Deutung vorgezogen, daß bei der Aktivierung von Vaccine durch Zerschäumen kein Zerfall der Elementarteilchen, sondern eine Desaggregation von größeren Verbänden vorliegt. Für Bakteriophagen haben wir entgegen der von Bloch gegebenen Deutung den gleichen Vorgang nachgewiesen<sup>4</sup>). Wo Durchschäumungseffekte fehlen (Hühnerpest), darf man annehmen, daß keine größeren Virusaggregate vorliegen.

### 4. Zusammenfassung.

Es wird der Mechanismus der Potenzierung von Viruslösungen durch Zerschäumen besprochen und am Beispiel des Tabakmosaik-Virus die Wirkung auf die Stäbchenlänge statistisch-morphologisch untersucht.

Es zeigt sich, daß nach dem Zerschäumen das zweite Längenmaximum (Hauptmaximum) auf Kosten des dritten Maximums anwächst. Danach zerreißen bei der Spreitung die längeren (doppelten) Virusmoleküle z. T. in die „Normallänge“. Ein weiterer Abbau der Normallängen, wie er bei der Einwirkung von hochfrequentem Schall zu beobachten ist, tritt jedoch nicht ein. Ein sehr begrenzter Zerfall der Virusmoleküle wird statistisch nachgewiesen. Er kann in unserem Beispiel theoretisch die Virusaktivität um etwa 10 Proz. steigern, nicht aber um mehrere Potenzen.

Stärkere Potenzierungseffekte durch Zerschäumen der Suspensionen von Viruspartikeln, insbesondere an solchen, die komplizierter gebaut oder wesentlich größer sind als die Nukleoproteinmoleküle des Tabakmosaik-Virus, kommen durch die Trennung größerer Virusaggregate und nicht durch eine Aufteilung der Elementarteilchen zustande.

Frl. E. Fehlhaber und Frl. E. Hirschfeld dankt der Verfasser für ihre experimentelle Hilfe. Dem Präsidenten der Forschungsanstalt Insel Riems, Herrn Prof. Dr. Dr. O. Waldmann, sind wir für die gastliche Aufnahme, die das Laboratorium für Übermikroskopie der Siemens & Halske AG. in der Forschungsanstalt gefunden hatte, sehr zu Dank verpflichtet.