

[Aus dem Königl. Institut für Infektionskrankheiten „Robert Koch“  
zu Berlin.]

(Direktor: Geh. Obermed.-Rat Prof. Dr. Loeffler.)

(Vorsteher der chemischen Abteilung: Prof. Dr. Lockemann.)

## Über die Beeinflussung der Desinfektionswirkung des Formaldehyds durch Methylalkohol und die daraus zu ziehenden Schlüsse auf die Raumesinfektion mit Formaldehyd.

Von

Dr. Fr. Croner.

---

Vor kurzem wurde in dieser Zeitschrift<sup>1</sup> von G. Lockemann und mir über Versuche berichtet, die bezweckten festzustellen, wie große Mengen Methylalkohol neben Formaldehyd bei einigen Raumesinfektionsverfahren, den Apparatverfahren sowohl wie auch bei den apparatlosen Verfahren, entwickelt werden. Es zeigte sich hierbei, daß das Verhältnis des Formaldehyds zu dem des Methylalkohols außerordentlich schwankend ist. Am wenigsten Methylalkohol wurde entwickelt bei dem Paraform-Permanganatverfahren, nämlich auf 1 Teil Formaldehyd 0.1 Teil Methylalkohol, dagegen die größte Menge Methylalkohol bei dem von Gins<sup>2</sup> angegebenen Formalin-Kalk-Permanganatverfahren, auf 1 Teil Formaldehyd 5 Teile Methylalkohol. In der Mitte lagen das Apparatverfahren von Flügge und das Autanverfahren, bei denen das Verhältnis von Formaldehyd zu Methylalkohol 1:0.4 betrug, das Doerr-Raubitscheksche Verfahren mit 1:0.8.

Bei dem Apparatverfahren und den Formalin-Permanganatverfahren (mit und ohne Kalk) ist in dem angewandten Formalin bereits Methyl-

<sup>1</sup> Diese Zeitschrift. 1914. Bd. LXXVII. S. 257.

<sup>2</sup> Desinfektion. 1912. Bd. V. S. 155.

alkohol enthalten. Dieser Methylalkohol wird beim Apparatverfahren fast quantitativ verdampft, beim Doerr-Raubitschekschen Verfahren zu etwa 80 Prozent, während von uns beim Ginsschen Verfahren Methylalkoholmengen gefunden wurden, die fast 170 Prozent des in Reaktion getretenen Methylalkohols entsprachen. Diese Mengen Methylalkohol konnten also nur unter dem Einfluß von Alkali durch Reduktion von Formaldehyd (unter entsprechender Oxydation äquimolekularer Mengen zu Ameisensäure) entstanden sein. Derselbe Vorgang mußte sich bei den Verfahren, in denen Paraform als Formaldehydquelle gedient hatte, abgespielt haben.

Es geht daraus hervor, daß beim Formalin-Permanganat-Kalkverfahren und bei sämtlichen von uns geprüften mit Paraform als Formaldehydquelle arbeitenden Verfahren ein Teil des Formaldehyds in Methylalkohol verwandelt und als solcher mit verdampft wird. Da bei einzelnen dieser Verfahren der Prozentsatz des in Methylalkohol umgewandelten Formaldehyds ein sehr hoher ist, aber auch bei diesen der praktische Desinfektionseffekt als günstig angegeben wird, so mußte hieraus der Schluß gezogen werden können, daß der Methylalkohol den Verlust an Formaldehyd bei der Desinfektionswirkung zu ersetzen vermag. Ja man hätte sogar mit Frei<sup>1</sup> die Möglichkeit ins Auge fassen können, daß durch das Zusammenwirken von Formaldehyd und Methylalkohol ein über die additionelle Wirkung hinausgehender Effekt erzielt würde. Auerbach<sup>2</sup> vertritt zwar in seinen Publikationen mit Barschall und Plüddemann den Standpunkt, daß beim Formalin der Methylalkoholgehalt in der Desinfektionswirkung keine Rolle spiele, doch bedurfte es bei der vorliegenden Frage, wo teilweise beträchtlich höhere Methylalkoholmengen in Betracht kamen, noch einer weiteren Klärung der Frage.

Gleichzeitig erschien es notwendig, die Desinfektionskraft von Formaldehyd und Methylalkohol für sich festzustellen, da hierüber bisher wenig veröffentlicht worden ist.

Über die Wirkung des Methylalkohols liegen einige Untersuchungen von H. Buchner, F. Fuchs und L. Megele<sup>3</sup> vor, die zu dem Ergebnis gelangten, daß „bei Sproßpilzen und Bakterien Methylalkohol entweder schwächer oder gleich stark oder etwas stärker desinfizierend wirkt als Äthylalkohol“. Über die Konzentration von Methylalkohol, die die stärkste desinfizierende Wirkung besitzt, werden keine näheren Angaben gemacht; es sind die diesbezüglichen Versuche anscheinend auch nicht angestellt

<sup>1</sup> *Diese Zeitschrift*. 1913. Bd. LXXV. S. 433.

<sup>2</sup> *Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte*. 1905. Bd. XXII. S. 584. — *Ebenda*. 1909. Bd. XXX. S. 195.

<sup>3</sup> *Archiv f. Hygiene*. 1901. Bd. XL. S. 347.

worden. Aus den von den Autoren mitgeteilten Tabellen geht nur so viel hervor, daß 60 prozentige Lösungen von Methylalkohol einerseits wirksamer sind als verdünntere, andererseits schwächer als absoluter Alkohol.

Das Ergebnis meiner Versuche mit an Seidenfäden angetrockneten Colibazillen ist in Tabelle I niedergelegt. Diese Seidenfäden waren nach bestimmten Zeitabschnitten aus den verschiedenen Alkoholkonzentrationen herausgenommen, in sterilem destillierten Wasser abgewaschen und in Bouillon übertragen worden. In dieser und den folgenden Tabellen bedeutet das Zeichen + Wachstum, das Zeichen — Sterilität in den Röhrchen.

Tabelle I.

Einwirkung von Methylalkohol verschiedener Konzentrationen auf Bac. coli an Seidenfäden.

	100 Proz.	90 Proz.	80 Proz.	70 Proz.	60 Proz.	50 Proz.	40 Proz.	30 Proz.
1 Minute	+	+	+	—	+	+	+	+
2 Minuten	+	+	—	—	+	+	+	+
3 „	+	+	—	—	+	+	+	+
4 „	+	—	—	—	+	+	+	+
10 „	+	—	—	—	—	+	+	+
15 „	+	—	—	—	—	+	+	+
25 „	+	—	—	—	—	+	+	+
35 „	+	—	—	—	—	+	+	+
45 „	+	—	—	—	—	—	+	+
60 „	+	—	—	—	—	—	+	+

Aus Tabelle I ergibt sich, daß, ähnlich wie dies fast allgemein für den Äthylalkohol angegeben wird, der absolute Methylalkohol trockenem Testmaterial gegenüber von sehr geringer Wirkung ist. Die Wirksamkeitskurve steigt dann an, um bei 70 Prozent Methylalkohol ihr Maximum zu erreichen. Die Desinfektionskraft des 60 prozentigen Alkohols ist schon wieder geringer als die des 90 prozentigen und sinkt dann rasch (etwa zwischen 40 und 50 Prozent) auf die geringe Wirkung des absoluten Alkohols herab. Man sieht daraus, daß der Methylalkohol gegenüber Bact. coli sich fast genau so verhält, wie dies A. Beyer<sup>1</sup> für den Äthylalkohol bei Staphylokokken gefunden hat.

Versuche über die Desinfektionskraft des methylalkoholfreien Formaldehyds liegen meines Wissens überhaupt noch nicht vor. Zwar haben B. Krönig und Th. Paul<sup>2</sup> einer Formaldehydlösung steigende Mengen

<sup>1</sup> Diese Zeitschrift. 1911. Bd. LXX. S. 225.

<sup>2</sup> Ebenda. 1897. Bd. XXV. S. 1. Tabelle LIX.

Methylalkohol zugesetzt, um den Unterschied in der Wirkung festzustellen, doch geht aus ihren Angaben hervor, daß sie ursprünglich nicht von methylalkoholfreiem Formaldehyd, sondern von Formalin ausgingen, so daß die von ihnen benutzte 5prozentige Formaldehydlösung etwa 1.6 Prozent Methylalkohol enthalten haben wird. Sie fanden, daß mit steigenden Mengen Methylalkohol (10, 25, 75 und 98 Prozent) eine dauernde Verminderung der Wirkung eintritt.

Um wäßrige, methylalkoholfreie Formaldehydlösungen zu erhalten, löste ich Paraform in wenig verdünnter Natronlauge und fügte alsdann wieder so viel Salzsäure zu, daß die Lösung gegen Lackmus neutral reagierte. Auf diese Weise enthielt die von mir benutzte Lösung nach titrimetrischer Bestimmung einen Kochsalzgehalt von 2 bis 3  $\text{grm}$  in 100  $\text{ccm}$ . Bei den Ergebnissen der angestellten Versuche dürfte diese geringe Menge Kochsalz nur eine untergeordnete Rolle spielen. Es hat sich wenigstens bei späteren Versuchen mit Formalin, dem zum Teil eben zur Klärung dieser Frage eine gleiche Menge Chlornatrium zugesetzt war, ein Unterschied in der Wirksamkeit zwischen der kochsalzfreien und der kochsalzhaltigen Lösung nicht beobachten lassen.

Als Testmaterial für die Versuche dienten im allgemeinen aus Bouillonkulturen hergestellte, an Seidenfäden angetrocknete Bakterien. Nach der Einwirkung des Desinfiziens wurden diese in sterilem Wasser nachgewaschen und in Bouillon übertragen. Das positive oder negative Wachstum der Bakterien wurde nach achttägiger Bebrütung registriert. Bei einem Versuch wurden Aufschwemmungen von Bakterien in Bouillon verwendet, von denen nach bestimmten Zeitabschnitten eine Öse in sterile Bouillon gebracht wurde. Die Ergebnisse der Versuche sind in den folgenden Tabellen II bis V zusammengestellt.

Es werden hiernach Staphylokokken in einer 2prozentigen Formaldehydlösung zwischen 35 und 45 Minuten, in einer 3prozentigen zwischen 25 und 35 Minuten und in einer 4prozentigen zwischen 16 und 25 Min. abgetötet. An Seidenfäden angetrocknete Colibazillen erlagen der 2proz. Formaldehydlösung nach mehr als 25 Minuten, der  $2\frac{1}{2}$ prozentigen Lösung zwischen 15 und 25 Minuten. *Bacterium coli* in Bouillonaufschwemmung ging in der 0.75prozentigen Formaldehydlösung nach 35 Minuten, in der 1.0prozentigen Lösung nach 20 Minuten zugrunde.

Immerhin kam es bei allen diesen Versuchen weniger darauf an, absolute Zahlen für die Abtötung einzelner Bakterienarten durch methylalkoholfreie Formaldehydlösungen festzustellen — es hätten alsdann noch andere Bakterien in gleicher Weise geprüft werden müssen —, sondern den Einfluß eines Methylalkoholgehaltes der Desinfektionsflüssigkeit auf die Schnelligkeit der Abtötung zu beobachten.

Tabelle II.

Einwirkung von Formaldehyd, Formalin, Methylalkohol und einem Gemisch von Formaldehyd und Methylalkohol auf *Bact. coli* in Bouillon.

	Formaldehyd (aus Paraform)			Formalin			Methylalkohol			Formaldehyd + Methylalkohol			
	0.5 Prozent	0.75 Prozent	1.0 Prozent	0.5 Proz. Form- aldehyd, 0.19 Proz. CH <sub>3</sub> OH	0.75 Proz. Form- aldehyd, 0.3 Proz. CH <sub>3</sub> OH	1.0 Proz. Form- aldehyd, 0.37 Proz. CH <sub>3</sub> OH	1.0 Prozent	1.5 Prozent	2 Prozent	0.5 Proz. Form- aldehyd, 0.19 Proz. CH <sub>3</sub> OH	0.75 Proz. Form- aldehyd, 0.3 Proz. CH <sub>3</sub> OH	1.0 Proz. Form- aldehyd, 0.37 Proz. CH <sub>3</sub> OH	
6 Minuten	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabelle III.

Einwirkung von methylalkoholfreiem und methylalkoholhaltigem Formaldehyd auf Staphylokokken an Seidenfäden.

	Formaldehyd aus Paraform + 2.7 Proz. Kochsalz			Formaldehyd aus Formalin (15 Proz. CH <sub>3</sub> OH)			Methylalkohol			Formaldehyd aus Para- form + 2.7 Proz. Koch- salz + 15 Proz. CH <sub>3</sub> OH + 2.7 Proz. Kochsalz					
	2	3	4	2	3	4	1	2	3	4	2	3	4	2	3
Formaldehyd	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Methylalkohol	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8 Minuten	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
35 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabelle IV.  
Einwirkung von methylalkoholfreiem und methylalkoholhaltigem Formaldehyd auf Bact. coli in Bouillon.

	Formaldehyd aus Paraform			Formaldehyd aus Formalin (15 Proz. Methylalkohol)			Methylalkohol			Formaldehyd aus Paraform + 15 Proz. Methylalkohol		
	0.5 Proz.	0.75 Proz.	1.0 Proz.	0.5 Proz.	0.75 Proz.	1.0 Proz.	0.5 Proz.	1.0 Proz.	1.5 Proz.	0.5 Proz.	0.75 Proz.	1.0 Proz.
Formaldehyd	—	—	—	0.75 „	1.12 „	1.5 „	—	—	—	0.5 Proz.	0.75 „	1.0 Proz.
Methylalkohol	—	—	—	0.75 „	1.12 „	1.5 „	—	—	—	0.5 Proz.	0.75 „	1.0 Proz.
6 Minuten	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15 „	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20 „	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30 „	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45 „	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60 „	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabelle V.  
Einwirkung von methylalkoholfreiem und methylalkoholhaltigem Formaldehyd auf Bact. coli an Seidenfäden.

	Formaldehyd aus Paraform + 2.7 Proz. Kochsalz			Formaldehyd aus Formalin (mit 15 Proz. Methylalkohol)			Formaldehyd aus Paraform (mit 15 Proz. Methylalkohol + 2.7 Proz. NaCl)			Formaldehyd aus Formalin (mit 15 Proz. Methylalkohol + 2.7 Proz. NaCl)		
	1 1/2 Proz.	2 Proz.	2 1/2 Proz.	1 1/2 Proz.	2 Proz.	2 1/2 Proz.	1 1/2 Proz.	2 Proz.	2 1/2 Proz.	1 1/2 Proz.	2 Proz.	2 1/2 Proz.
Formaldehyd	—	—	—	0.56 „	0.75 „	0.93 „	0.56 „	0.75 „	0.93 „	0.56 „	0.75 „	0.93 „
Methylalkohol	—	—	—	0.56 „	0.75 „	0.93 „	0.56 „	0.75 „	0.93 „	0.56 „	0.75 „	0.93 „
7 Minuten	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15 „	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25 „	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+
35 „	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+
45 „	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+
60 „	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+

Zu diesem Zweck wurde folgendermaßen verfahren: Einerseits wurden neben methylalkoholfreiem Formaldehyd Formalinlösungen mit gleichem Formaldehydgehalt, andererseits Formaldehydlösungen mit künstlichem Methylalkoholzusatz in wechselnden Mengen untereinander verglichen, um zu sehen, bei welchem Methylalkoholzusatz die schnellste Abtötung der Keime erfolgt. Zur Bestimmung des Methylalkohols im Formalin diene eine von Lockemann und mir<sup>1</sup> angegebene Methode, bei der der Formaldehydgehalt durch Umsetzung mit Hydroxylaminchlorhydrat oder Natriumsulfit, die Methylalkoholmenge durch Bestimmung der Gesamtoxydation mittels  $\frac{1}{2}$  n. Kaliumpermanganat und Differenzberechnung der nach Abzug der dem Formaldehyd entsprechenden verbrauchten Permanganatmenge übrig bleibenden oxydablen Substanz als Methylalkohol. Gleichzeitig wurde bei einer Reihe von Versuchen geprüft, ob Formaldehydlösungen, denen Methylalkohol in dem im Formalin vorhandenen Verhältnis zugesetzt war, mit den korrespondierenden Formalinlösungen übereinstimmende Resultate ergeben. Einige Male wurden auch Methylalkoholkonzentrationen, die den neben Formaldehyd im Formalin vorhandenen entsprachen, für sich mit untersucht.

Als Testbakterien dienten Colibazillen, Staphylokokken und Milzbrandsporen.

Die Ergebnisse dieser Versuche gehen gleichfalls aus den Tabellen II bis V hervor.

Hierbei zeigt sich, daß aus Paraform hergestellte Formaldehydlösungen durchweg den gleichprozentigen Formalinlösungen überlegen sind. Ebenso verschlechtert sich die Wirkung von Formaldehydlösungen, wenn ihnen Methylalkohol in den Mengen zugesetzt wird, wie sie in den entsprechenden Formalinlösungen vorhanden sind.

Bei einer anderen Reihe von Versuchen wurden, wie erwähnt, einer aus Paraform hergestellten Formaldehydlösung wechselnde Mengen von Methylalkohollösung zugesetzt. Die Tabellen VI bis VIII geben über das Ergebnis dieser Versuche Auskunft.

Diese Versuche zeigen, daß bei den angewandten Konzentrationen zunächst mit steigendem Zusatz von Methylalkohol die Desinfektionswirkung sinkt, ohne daß genau ein Prozentgehalt angegeben werden könnte, wo das Minimum erreicht ist. Es mag dies auch für die einzelnen Bakterienarten etwas verschieden sein. Höhere Methylalkoholkonzentrationen beschleunigen andererseits die Abtötungszeit der Bakterien und verstärken die Wirkung so, daß die des alkoholfreien Formaldehyds überholt wird. Worauf die Abweichung dieser Ergebnisse gegenüber denen von Krönig und Paul zurückzuführen ist, läßt sich nicht feststellen.

<sup>1</sup> Erscheint demnächst in der *Zeitschrift f. analytische Chemie*.

Tabelle VI.

Beeinflussung der Desinfektionswirkung von Formaldehyd durch wechselnde Zusätze von Methylalkohol, geprüft an Staphylokokkenfäden.

Methyl- alkohol	2 Proz. Formaldehyd aus Paraform + Methylalkohol								
	0Proz.	1Proz.	3Proz.	5Proz.	10Proz.	20Proz.	40Proz.	60Proz.	70Proz.
5 Min.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+
35 "	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45 "	—	+	+	+	+	+	+	—	—
60 "	—	—	—	+	+	+	—	—	—

Tabelle VII.

Beeinflussung der Desinfektionswirkung von Formaldehyd durch wechselnde Zusätze von Methylalkohol, geprüft an Colifäden.

Methyl- alkohol	2 Proz. Formaldehyd aus Paraform + Methylalkohol								
	0Proz.	1Proz.	3Proz.	5Proz.	10Proz.	20Proz.	40Proz.	60Proz.	70Proz.
5 Min.	+	+	+	+	+	+	—	—	—
10 "	+	+	+	+	+	+	—	—	—
15 "	+	+	+	+	+	—	—	—	—
25 "	—	—	+	+	+	—	—	—	—
35 "	—	—	—	verun- reinigt	+	—	—	—	—
45 "	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60 "	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle VIII.

Einwirkung von 4 prozentiger Formaldehydlösung mit wechselnden Mengen Methylalkohol auf Staphylokokken an Seidenfäden.

Methyl- alkohol	1.6 Proz.	2.0 Proz.	4.0 Proz.	8.0 Proz.	16.0 Proz.	24.0 Proz.	32.0 Proz.	64.0 Proz.
4 Min.	+	+	+	+	+	+	—	—
9 "	+	+	+	+	+	+	—	—
15 "	—	+	+	+	+	—	—	—
25 "	—	—	—	—	—	—	—	—
35 "	—	—	—	—	—	—	—	—
45 "	—	—	—	—	—	—	—	—
60 "	—	—	—	—	—	—	—	—





Tabelle XI.  
Testmaterial: Staphylokokken an Seidenfäden.

Methylalkohol Verhältnis von Formaldehyd: Methylalkohol	6 Proz. Formaldehyd + Methylalkohol in folgenden Konzentrationen						
	2·25Proz.	6·0Proz.	12·0Proz.	18·0Proz.	24·0Proz.	30·0Proz.	36Proz.
	1:0·38	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
2 Minuten	+	+	+	+	+	+	+
4 „	+	+	+	+	+	+	+
6 „	+	+	+	+	+	+	+
8 „	—	+	+	+	+	+	+
10 „	—	—	+	+	+	+	+
15 „	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle XII.

Einwirkung von 8- und 16 prozentigen Formaldehydlösungen und wechselnden Mengen Methylalkohol auf Milzbrands sporen (1 Min. Resistenz gegen strömenden Wasserdampf) an Seidenfäden.

Methylalkohol Verhältnis von Formaldehyd: Methylalkohol	Formaldehyd 8 Prozent + Methylalkohol in folgenden Konzentrationen				Formaldehyd 16 Prozent			
	3·2Proz.	8 Proz.	16 Proz.	40 Proz.	6·4 Proz.	8 Proz.	10 Proz.	40 Proz.
	1:0·4	1:1	1:2	1:5	1:0·4	1:0·5	1:1	1:2·5
1/4 Stunde	—	—	—	+	—	—	—	—
1/2 „	—	—	—	+	—	—	—	—
3/4 „	—	—	—	+	—	—	—	—
1 „	—	—	—	—	—	—	—	—

Bei den Versuchen (Tabelle IX bis XII) sollte festgestellt werden, ob die absolute Menge Methylalkohol, die in der Lösung vorhanden ist, das desinfektorische Ergebnis verschlechtert, oder ob dem Verhältnis von Formaldehydmenge zu Methylalkohol hierbei eine Rolle zuzuschreiben ist. Es wurde deshalb von wechselnden Formaldehydmengen ausgegangen, und ihnen in bestimmten Mengenverhältnissen Methylalkohol zugesetzt. Während es bei einer größeren Reihe von Versuchen, auch bei den früher erwähnten, den Eindruck machte, daß das ungünstigste Verhältnis für Formaldehyd zu Methylalkohol bei 1:5 liegt, ließ sich diese Anschauung bei anderen Versuchen nicht in vollem Umfang aufrecht erhalten.

Im Versuch IX ist bei der 1 prozentigen Formaldehydlösung das ungünstigste Verhältnis innerhalb der Grenzen 8 und 24 Teile zugesetzten

Methylalkohols, also beim Verhältnis 1:8 bis 1:24, bei der 2prozentigen beim Verhältnis 2:8 oder 1:4.

Im Versuch X ist bei der 2prozentigen Lösung gleichfalls das ungünstigste Verhältnis 2:10 oder 1:5, bei der 4prozentigen 4:8 oder 1:2.

Beim 6prozentigen Formaldehyd (Versuch XI) verschlechtert sich die Desinfektionskraft des Formaldehyds vom Verhältnis 1:0.38 bis zum Verhältnis 1:2, um dann unverändert bis zu dem 1:6 zu bleiben.

Beim Versuch XII ist wiederum das ungünstigste Verhältnis auf 8 Teile Formaldehyd 40 Teile Methylalkohol oder 1:5.

Aus diesen Versuchen geht weiterhin hervor, daß von einem bestimmten Formaldehydgehalt an, der von der Resistenz der einzelnen Bakterienarten unabhängig ist, eine abschwächende Wirkung des Methylalkohols nicht mehr in Erscheinung tritt. Für pathogene Bakterien, Sporen einbegriffen, dürfte diese Konzentration dicht über 8 Prozent Formaldehyd liegen.

Kommen wir nun wieder zu dem Ausgangspunkt unserer Untersuchungen zurück, ob bei den einzelnen Raumdesinfektionsverfahren die Anwesenheit des Methylalkohols eine Rolle spielt, so war es zunächst notwendig, für die einzelnen Verfahren das Verhältnis, in dem die beiden Substanzen entwickelt werden, kennen zu lernen. Um dies festzustellen, benutzte ich zwei Arbeiten von Lockemann und mir<sup>1</sup> und berechnete daraus die Mengen Formaldehyd und Methylalkohol, die in 100 Teilen Dampf vorhanden gewesen sind. Aus der älteren Publikation war für eine Reihe von Methoden unter verschiedenen Mischungsverhältnissen der Gesamtverlust und die entwickelte Menge Formaldehyd bestimmt worden, in der neuen waren die gleichzeitig mit dem Formaldehyd entwichenen Methylalkoholmengen berücksichtigt. Zog man beide von dem Gesamtverlust ab, so erhielt man die verdampfte Menge Wasser. (In der älteren Arbeit war auf den Methylalkoholgehalt der Dämpfe noch nicht Rücksicht genommen, und deshalb der Wassergehalt zu hoch angegeben worden.)

In der Tabelle XIII sind die Mengen Formaldehyd und Methylalkohol, die in 100 Teilen Dampf gelöst sind, zusammengestellt.

Bei der Durchsicht der Tabelle zeigt sich, daß die Dämpfe durchweg sehr reich an Formaldehyd sind. Die höchsten Konzentrationen werden erhalten beim Paraform-Permanganatverfahren bei Anwendung des Mengenverhältnisses 10 Teile Paraform, 25 Teile Permanganat, 25 Teile Wasser, nämlich über 21 Prozent; die niedrigsten beim Formalin-Kalk-Permanganatverfahren, nämlich 6.0 Prozent, wenn man von dem für die Praxis nicht vorgeschlagenen Paraform-Kalk-Permanganatverfahren absieht.

<sup>1</sup> Desinfektion. 1909. Bd. II. S. 725. — Diese Zeitschrift. 1914. Bd. LXXVII. S. 257.

Tabelle XIII.

Verfahren			Gesamtentwicklung grm	Entwickelter CH <sub>3</sub> O		Entwickelter CH <sub>3</sub> OH		Entwickeltes H <sub>2</sub> O		In 100 Teilen Dampf enthalten in Prozent		
Name	Verhältnis	Mengen		Proz.	grm	Proz.	grm	Proz.	grm	CH <sub>2</sub> O	CH <sub>3</sub> OH	H <sub>2</sub> O
1a Formalin- Permanganat	Formalin : Permanganat : Wasser = 6 : 6 : 6	2.4 grm CH <sub>2</sub> O 6.0 grm KMnO <sub>4</sub> 8.7 grm H <sub>2</sub> O 0.9 grm CH <sub>3</sub> OH	5.4	40	1.0	87	0.8	41.3	3.6	18.5	14.8	67.7
1b Formalin- Permanganat	Formalin : Permanganat : Wasser 6 : 6 : 3	2.4 grm CH <sub>2</sub> O 6.0 grm KMnO <sub>4</sub> 5.7 grm H <sub>2</sub> O 0.9 grm CH <sub>3</sub> OH	5.6	48	1.1	92	0.8	68.5	3.7	19.6	14.3	66.1
2 Formalin- Kalk- Permanganat	Formalin : Permanganat : Kalk : Wasser = 10 : 3 : 10 : 10	4.0 grm CH <sub>2</sub> O 3.0 grm KMnO <sub>4</sub> 10.0 grm CaO 14.5 grm H <sub>2</sub> O 1.5 grm CH <sub>3</sub> OH	8.4	12.5	0.5	169	2.5	54	5.4	6.0	29.7	74.3
3 Paraform- Permanganat	Paraform : Permanganat : Wasser 1 : 2.5 : 2.5	4.0 grm CH <sub>2</sub> O 10.0 grm KMnO <sub>4</sub> 10.0 grm H <sub>2</sub> O	7.4	42	1.6	—	0.2	56	5.6	21.6	2.7	75.7
4 Paraform- Kalk- Permanganat	Paraform : Permanganat : Kalk : Wasser = 4 : 3 : 10 : 10	4.0 grm CH <sub>2</sub> O 3.0 grm KMnO <sub>4</sub> 10.0 grm CaO 10.0 grm H <sub>2</sub> O	5.8	7.5	0.3	—	1.5	40	4.0	5.2	25.9	68.9
5 Autan	Paraform : BaO <sub>3</sub> : H <sub>2</sub> O = 14 : 37 : 37.5	2.8 grm CH <sub>2</sub> O 7.4 grm BaO <sub>2</sub> 7.5 grm H <sub>2</sub> O	5.7	20	0.6	—	0.2	65	4.9	10.5	3.5	66.0
6 Apparat von Flüßge	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ca. 15 von 14.4 auf 0.8 sinkend	—	—

Dem Paraform-Permanganatverfahren nahe steht das Formalin-Permanganatverfahren mit 19.6 bzw. 18.5 Prozent Formaldehyd, je nach der Menge des verwendeten Wassers; es folgt das Apparatverfahren mit etwa 15 Prozent, dem sich das Autanverfahren mit 10.5 Prozent anschließt.

Die höchsten Methylalkoholmengen werden verdampft beim Formalin-Kalk-Permanganatverfahren (29.7 Prozent), die geringsten beim Paraform-Permanganatverfahren (2.7 Prozent). Dazwischen stehen das Paraform-Kalk-Permanganatverfahren mit 21.6 Prozent Methylalkohol, das Formalin-Permanganatverfahren (14.8 bzw. 14.3 Prozent Methylalkohol), das Autanverfahren mit 3.5 Prozent Methylalkohol. Anscheinend eine Sonderstellung nimmt in dieser Reihe das Apparatverfahren ein; denn während man bei den apparatlosen Verfahren annehmen kann, daß wegen der kurzen und energischen Reaktion Dämpfe von gleicher Zusammensetzung erzeugt werden, enthält beim Apparatverfahren der Dampf zunächst über 14 Prozent Methylalkohol, wird im Laufe der Verdampfung immer alkoholärmer und am Schluß fast alkoholfrei.

Rein theoretisch läßt sich aus diesen Zahlen für den Formaldehyd- und Methylalkoholgehalt der entwickelten Dämpfe folgern, daß fast alle geprüften Verfahren, vorausgesetzt, daß überhaupt quantitativ genügende Dampfmen gen entwickelt werden, eine hinreichende Desinfektionswirkung entfalten müssen. Denn es wird eine so hohe Formaldehydkonzentration erreicht, daß ihr gegenüber nach den mitgeteilten Versuchen eine Beeinflussung durch Methylalkohol nicht mehr in Frage kommen würde. Sichere Schlüsse darauf, wie sich in der Praxis die Verhältnisse gestalten, lassen sich hieraus jedoch nicht ohne weiteres ziehen. Denn die Versuche im Reagenzglas lassen sich nicht ohne weiteres auf die im Raum befindlichen Dämpfe übertragen. Zunächst ist es fraglich, ob die Desinfektionswirkung von Formaldehyd und Methylalkohol in den Dämpfen derjenigen in wäßriger Lösung von gewöhnlicher Temperatur parallel geht; außerdem werden die Verhältnisse durch die Art der Verteilung im Raume, durch die verschiedenen große Adsorption an den Oberflächen und durch andere Bedingungen kompliziert. Über diese Fragen könnten erst praktische Desinfektionsversuche Auskunft geben, bei denen gleiche Mengen von Dampf verschiedener Zusammensetzung in bezug auf Formaldehyd und Methylalkohol miteinander verglichen werden.

---

### Zusammenfassung.

1. Der Zusatz von Methylalkohol zu Formaldehydlösungen ist für die Desinfektionswirkung nicht indifferenten Natur.

2. Mit steigenden Zusätzen von Methylalkohol zu Formaldehyd sinkt zunächst die Desinfektionskraft, steigt allmählich wieder und übertrifft bei hohen Methylalkoholzusätzen die des reinen Formaldehyds.

3. Ein numerisches Verhältnis zwischen Formaldehyd und Methylalkohol, das bei allen Formaldehydkonzentrationen die ungünstigsten Desinfektionswerte liefert, konnte nicht allgemein festgestellt werden.

4. Von einem bestimmten Formaldehydgehalt an, etwa von 8 Prozent, spielt pathogenen Keimen gegenüber der Methylalkoholgehalt keine wesentliche Rolle.

5. Aus diesem Grunde werden die sehr formaldehydreichen Dämpfe, die bei den Raumesinfektionsverfahren entwickelt werden, rein theoretisch durch die beigemengten Methylalkoholdämpfe nicht beeinträchtigt werden.

6. Methylalkohol allein besitzt stark desinfizierende Eigenschaften. Wie beim Äthylalkohol dürfte die 70 prozentige Lösung die höchste Wirksamkeit besitzen, während der absolute Alkohol relativ wenig wirksam ist.

---