II. Weitere Mittheilungen über Luftfiltration.

Von

Bezirksarzt **Dr. W. Hesse** in Schwarzenberg.

In No. 2 des laufenden Jahrganges dieser Wochenschrift habe ich vorbehaltlich weiterer Mittheilung eine Arbeit über Abscheidung der Mikroorganismen aus der Luft veröffentlicht, und am Schlusse derselben einiger Versuche gedacht, bei welchen Watte, leicht luftdurchlässiges Filtrirpapier und Cellulose als Filterstoff verwendet wurde. Nachdem ich mit den ebengenannten Stoffen eingehende Versuche angestellt, auch einige andere wichtige Materialien berücksichtigt habe, stehe ich nicht an, die hierbei hervorgetretenen Thatsachen in Kürze zur allgemeinen Kenntniss zu bringen.

Ich erwähne, dass die Zahl meiner auf Luftfiltration gerichteten Versuche weit über 200 beträgt, halte es auch für angezeigt, eine kurze Beschreibung der Apparate und der Versuchsanordnung vorzuschicken.

I. Apparate.

1. Apparat zum Einspannen von Filtern aus Papier und anderen starren Stoffen.

Der von Herrn Dr. K. Möller in Brackwede ersonnene Apparat besteht aus 3 Theilen, nämlich einer Hülse A, mit nach innen vor-

I.

stehendem Rande, auf welchen durch Schraube B und Ring C das genau nach dem inneren Durchmesser von A geschnittene und auf den vorstehenden Rand von A aufgelegte Filter festgepresst wird. (Vergl. Abbildung I.)

Die filtrirende Fläche beträgt ihrem Durchmesser von 4 cm entsprechend 12,6 qcm.

2. Apparat zur Compression der Watte und anderer lockerer Filterstoffe.

Derselbe, ebenfalls von Herrn Dr. Möller, und zwar in 2 verschiedenen Grössen angefertigt, ist dem vorbeschriebenen Apparate ähnlich, nur wesentlich stärker gebaut, und an Stelle des Ringes C mit 2 siebartig durchlöcherten Platten versehen, zwischen welchen der Filterstoff festgehalten wird und beliebig gepresst werden kann.

II.

Die Platten haben, um eine gleichmässige Pressung des Filterstoffes nach allen Richtungen, namentlich auch gegen die Innenwand des Apparates hin zu bewirken, eine convexe Form. (Vgl. Abbildung II.)

II. Versuchsanordnung.

Diese Apparate, gewissermassen die Trichter für die Filter, wurden nun derart verwendet, dass eine stark mit Mikroorganismen (Haderstaub) geschwängerte Luft durch das Filter gesaugt, und die filtrirte Luft mittelst Luftuntersuchungsröhren auf ihre Reinheit geprüft wurde. Selbstverständlich ging einem jeden Versuche sorgfältiges Sterilisiren der Luftuntersuchungsröhre, sowie Sterilisiren und Trocknen des Filters voraus, auch war zur Vermeidung einer jeden Verunreinigung des Filtrates das Filter mit der Luftuntersuchungsröhre luftdicht verbunden.

Die Wirkung der Filtration wurde nach der Menge und Art der auf der Gelatine zur Entwicklung kommenden Colonien beurtheilt. (Ausführliches hierüber s. in meinen Arbeiten im 2. Bande der Mittheilungen des Reichsgesundheitsamtes und in dieser Wochenschrift.)

III. Neue Versuche.

1. Versuche mit sehr leicht durchlässigem Filtrirpapier.

Von den 2 Sorten sehr leicht durchlässigen Filtrirpapiers, welche mir zur Verfügung standen, stammte die eine von Faubel & Co. in Cassel (Niederländisch Patent), die andere von Schleicher & Schüll in Düren (anscheinend frisch hergestellte Bogen der Sorte No. 597). Beide Sorten setzten der Luft beim Durchsaugen einen ausserordentlich geringen Widerstand entgegen, indem eine aus 10 auf einander gelegten einfachen Lagen bestehende Scheibe von 4 cm Durchmesser 1 l Luft bei 1 mm Wasserdruck in 9 Minuten hindurchliess.

Die erstgenannte Sorte zeigte schon bei oberflächlicher Betrachtung eine sehr ungleichmässige Vertheilung des Papierstoffes. Dem entsprechend war auch das Untersuchungsergebniss kein gleichmässiges, und die Zahl der Blätter, die übereinander gelegt werden mussten, um Keimdichte zu erzielen, verschieden. Im Allgemeinen aber waren beide Sorten in 7—10facher Lage bakteriendicht und in 10—20facher Lage keimdicht.

2. Versuche mit doppelt und dreifach geschöpftem Filtrirpapier.

Derartige mehrfach geschöpfte Filtrirpapiere liessen auf Ansuchen Schleicher und Schüll in der Weise herstellen, dass auf die einfach geschöpfte Schicht sofort noch 1, bez. 2 Schichten nachgeschöpft wurden. Dieses Verfahren erwies sich insofern äusserst günstig, als das doppelte geschöpfte Filtrirpapier schon in einfacher Lage bakteriendicht, in zweifacher aber bereits keimdicht war, und dass das dreifach geschöpfte schon in einfacher Schicht alle Keime zurückhielt. Leider aber waren beide Papiersorten sehr schwer luftdurchlässig, denn es brauchte 1 l Luft zum Durchgang durch eine Scheibe doppelgeschöpften Papiers von 4 cm Durchmesser bei 1 mm Wasserdruck 26 Min., durch eine dergleichen dreifachgeschöpften bei 5 mm Wasserdruck 13 Min.

Bei gleichem Verhalten gegenüber den Luftkeimen werden demnach diese Papiere von den lockerfasrigen, leicht durchlässigen Filtrirpapieren entschieden übertroffen.

3. Versuche mit Cellulose.

Hierbei verwendete ich zumeist 1—2 mm starke lockere Pappe aus Cellulose, welche nach dem Schwefelnatriumverfahren dargestellt worden war.

Filter aus derartigen Pappen wirken ganz ähnlich wie solche aus leicht durchlässigem Filtrirpapier. Die nachstehende Tabelle giebt Auskunft über eine Anzahl Versuche, in denen Bakterien- bez. Keimdichte erzielt wurde:

Versuchsergebniss	Zahl der Lagen	Dicke einer Lage	Durchmesser d. Papierscheiben	angewandter Wasserdruck	Durchflusszeit von 1 l Luft
Bakteriendichte	3	2 mm	4 cm	1 mm	7 Min.
"	4	reichl. 1 "	"	"	6 "
"	3	2 1/2 "	"	"	6 "
"	5	1 "	"	"	7 "
"	5	1 "	"	"	6 "
Keimdichte	3	3 "	"	"	12 1/2 "
"	2	4 "	"	"	20 "

Ähnliche Ergebnisse wurden mit Pappfiltern aus Mitscherlich's Cellulose von 1 1/2—9 mm Dicke erreicht, nur dass — wahrscheinlich in Folge stärkerer Pressung des Stoffes und der Anwesenheit inkrustirender Bestandtheile — der Luftdurchtritt etwas schwieriger erfolgte.

Die Versuche mit Filtern aus Schwefelnatrium - Cellulose fielen nicht ganz gleichmässig aus, wohl weil der festangezogene Ring C nicht selten verhältnissmässig tief in die lockere Pappe einschnitt und kleine Zerreibungen bewirkte, wodurch keimdurchlässigere Stellen entstanden.

4. Versuche mit Watte.

Wie schon in meiner früheren Arbeit bemerkt, gelang es mir bei meinen Vorversuchen ohne besondere Maassnahmen nicht, die Luft mittelst Watte keimfrei zu machen. Es trat vielmehr nur in dem einen Falle, dass Baumwolle sehr fest in ein Glasrohr eingepresst wurde, Keimdichte¹⁾ ein. Da solche Baumwollpfropfe aber sehr schwer durchlässig für Luft waren, erübrigte es, unter Benutzung eines geeigneten Apparates genau festzustellen, welche Menge von Material und welcher Grad der Pressung erforderlich sei, um Watte keimdicht zu machen und dabei möglichst luftdurchlässig zu erhalten.

In den betreffenden Versuchen kam der oben beschriebene Apparat, sowie von Herrn Dr. Möller gelieferte, zwischen Gaze eingenahte Tafelwatte, zumeist ein Gemisch von bengalischer und amerikanischer Baumwolle, seltener rein amerikanische Baumwolle, zur Verwendung. 6 Scheiben von 6 1/2 cm Durchmesser dieser in lockerem Zustande etwa 1 cm dicken Watte wogen 8 g.

Theils der Schwierigkeit wegen, die Watte kreisrund zu schneiden, theils um einen sicheren Anschluss der Watte an die Hülswand zu erreichen, wurden die Scheiben etwas grösser geschnitten, als die lichte Weite der Hülse betrug.

Nun ergab sich, dass ganz wie beim Filtrirpapier mit jeder Vermehrung der Schichten eine Verminderung der Zahl und Arten der durchgedungenen Keime eintrat, bis nur noch die kleinsten Pilzsporen und zuletzt gar keine Keime mehr hindurchgingen, dass auch in jeder anderen Hinsicht die bei Papierfiltern gewonnenen Erfahrungen Bestätigung fanden. Völlige Keimdichte wurde erreicht, wenn man mindestens 6 reichlich geschnittene Watteschichten auf knapp 1/2 cm Dicke zusammenpresste. Bei Verwendung von mehr (8—10) Wattescheiben war derselbe Erfolg mit kleiner geschnittenen Scheiben und schwächerer Pressung (bis 1 cm) zu erzielen. Leider lässt sich wegen der siebartigen Beschaffenheit der Platten die wirkliche filtrierende Fläche nicht genau berechnen, und muss ich mich in dieser Beziehung auf die Angaben beschränken, dass auf den ganzen Querschnitt der Siebe von rund 28 qcm (entsprechend dem lichten Durchmesser der Hülse A von 6 cm) 136 Oeffnungen von je 2 mm, also zusammen 4,27 qcm Luftöffnung kam, und dass 1 l Luft bei 1 mm Wasserdruck die keimdichten Filter je nach der Anzahl der Filterschichten in 3 1/4—5 Minuten durchzog, demnach jedenfalls die Luftdurchlässigkeit der Filter eine sehr grosse war. Ganz ähnliche Ergebnisse lieferten Versuche, welche mit einigen andern theils organischen, theils unorganischen Stoffen angestellt wurden:

Stoff	Zahl der Lagen	compri-mirt auf	ange-wandter Wasser-druck	Durchflusszeit von 1 l Luft durch das Filter	Ergebniss.
sehr lockerer wollener Ueberzieherstoff	12	0,6 cm	1 mm	4 1/2 Min.	keimdicht
Bieber	12	0,3 "	1 "	3 1/4 "	35 Colonien
Schlackenwolle aus den Werken von Krupp in Essen festgepresst, dergl. locker		Dicke der Schicht 13 cm	2 "	13 "	keimdicht
dergl. festgepresst		13 "	1 "	10 "	desgl.
dergl. festgepresst		3 "	1—1 1/2 "	3 "	desgl.
feiner Quarzsand (Streusand)		18 "	1 "	14 "	desgl.
desgl.		4 1/2 "	1 "	4 "	durchlässig.

Aus dieser Tabelle ist die vorzügliche Leistung der Schlackenwolle hervorzuheben.

Die minder günstige Wirkung des Bibers, den mir Herr Dr. Möller zur Prüfung zustellte, ist jedenfalls auf die Grösse der Maschen dieses Gewebes zurückzuführen.

Vermuthlich lässt sich auch mit diesem Stoffe durch Vermehrung der Schichten Keimdichte erreichen.

Wiederholt wurde das in den Gelatineröhren zum Ausdruck gelangte Untersuchungsergebniss noch dadurch sichergestellt, dass man die einzelnen Filterschichten auf ihren Keimgehalt prüfte. Man übertrug zu diesem Zwecke kurz nach beendeten Versuche die Filterschichten der Reihe nach von innen nach aussen weiterschreitend in grosse Reagirgläser, welche etwas Nährgelatine enthielten, verflüssigte dann die letztere bei etwa 35° C., bespülte und durchtränkte mit

¹⁾ Ueber die Keimdichte gewisser Baumaterialien vergl. meinen Aufsatz im 2. Bande der Mittheilungen aus dem Reichsgesundheitsamte S. 202 ff.

ihr die Filterschicht, und liess sie bei annähernd horizontaler Lagerung des Glases wieder erstarren.

Bei weiterer Beobachtung der bei Zimmertemperatur aufbewahrten Gläser liess sich an den darin zur Entwicklung gekommenen Colonien erkennen, dass die äusserste Filterschicht weitaus die meisten Keime enthielt, mit jeder folgenden Schicht aber Zahl und Art der Keime stetig abnahm, bis nur noch vereinzelte Schimmelpilzcolonien auftraten, und endlich — wenn das Filter keimdicht gewesen war — jedes Wachsthum ausblieb.

Bei starren Filterstoffen (Papier) liefert dies Verfahren regelmässig so klare Ergebnisse, dass es dazu geeignet erscheint, von vornherein zu bestimmen, wieviel Filterschichten zur Erzielung von Keimdichte erforderlich sind, wenn es erst gelungen sein wird, ganz gleichmässig beschaffene Filterstoffe herzustellen. Mit lockeren Filterstoffen (Watte) erhielt ich ein weniger anschauliches Bild, weil es schwierig war, dieselben in gleichmässigen, genügend dünnen Schichten aus dem Apparate zu entfernen, und anscheinend auch die Keime an verschiedenen Stellen des Filters ungleich tief eindringen.

Wie ich in meinem früheren Aufsatz dargethan habe, kommt der Filtration der Luft der Umstand zu Statten, dass die kleinsten Mikroorganismen (Bakterien und Bacillensporen) nicht in isolirtem Zustande, sondern zu mehreren zusammenhängend oder in Theilchen ihres Nährbodens eingebettet, bez. daran oder an anderen Substanzen (Keimträgern) haftend in der Luft enthalten sind. Es genügt daher, die Bedingungen an die Leistungsfähigkeit von Luftfiltern zu stellen, dass sie die kleinsten isolirten Schimmelpilzsporen zurückhalten.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei der Filtration von Flüssigkeiten, insbesondere von Wasser. Hier sind die für Luftkeime undurchlässigen Filter keineswegs wirksam.

Es bedarf vielmehr einer Einrichtung, durch welche auch die kleinsten im Wasser isolirt enthaltenen Mikroorganismen am Durchtreten gehindert werden.

Auf dem behufs Filtration der Luft durch Watte betretenen Wege fortschreitend ist es mir neuerdings gelungen, keimdichte Wasserfilter herzustellen und werde ich hierüber in einem folgenden Artikel berichten.