Anhang.

(Aus dem Laboratorium des Landesgewerbearztes Dr. *Teleky*, Düsseldorf.)

Die Auszählung der Staubpräparate mit dem Owensschen Staubbestimmungsapparat und seine Verbesserungen.

Von

Frida Voges,

Technische Assistentin.

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 11. Juli 1932.)

Die Auszählung der mit dem Owensschen Apparat erhaltenen Staubpräparate erfordert eine gründliche Übung und gehört sicherlich mit zu den zeitraubendsten Arbeiten, die in einem gewerbehygienischen Laboratorium ausgeführt werden. Dies kann am besten der beurteilen, der sich längere Zeit mit solchen Arbeiten befaßt hat.

Als ich am 1. X. 1930 mit der Zählung von Staubpräparaten begann, war es notwendig, sich zunächst gründlich mit der Zähltechnik vertraut zu machen und vor allem das Auge durch ständiges Üben für diese besondere mikroskopische Methodik zu schulen. So galten die ersten 3 Wochen meiner Tätigkeit vorwiegend dem Erlernen der Technik, und erst dann, als durch ständig wiederholte Kontrollzählung die Richtigkeit der von mir gefundenen Resultate erwiesen war, konnte ich an meine eigentliche Aufgabe, Staubzählungen in größerem Maßstabe durchzuführen, herantreten. Durch die Übung war es mir dann natürlich möglich, viel mehr Präparate in derselben Zeit zu zählen als in den ersten Tagen. Aber stets sind es doch nur 12—14 Präparate (Staubstriche), deren Staubzahl an einem Arbeitstage bestimmt wird.

Es verhält sich hiermit ganz so, wie es auch bei sonstigen Laboratoriumsuntersuchungen der Fall ist. Z. B. erfordert ja auch die Auszählung von Blutpräparaten und die Differentialzählung stets entsprechenden Aufwand an Übung und Zeit. Dies wird freilich den, der auf Sicherheit der Methodik und Genauigkeit der Resultate Wert legt, nicht von ihrer Durchführung abhalten dürfen.

Jeder Zählung liegt die Auszählung eines Staubstreifens zugrunde, der senkrecht zu dem von dem Apparat erhaltenen Staubstrich verläuft und bei unseren Zählungen eine durch entsprechende Einstellung bewirkte Breite von $10\ \mu$ des Okularmikrometers hat. Es werden nun stets 10 solcher Streifen von verschiedenen Stellen des Staubstrichs der ganzen Länge nach ausgezählt, der Staubstrich gemessen und die von den 10 Streifen erhaltene Zahl mit der Anzahl der im Präparat befindlichen Streifen multipliziert und durch 10 dividiert. Der Staubstrich ergab meist eine Länge von 9,2 mm. Folglich errechneten wir die Ge-

samtzahl der im Staubstrich enthaltenen Teilchen, indem wir die bei Auszählung von 10 Streifen gefundene Zahl mit 92 multiplizieren. Wir fanden aber auch Längen von 8,9—9,4 mm und mußten dann mit dieser entsprechenden Zahl multiplizieren. Die so erhaltene Zahl dividiert durch die Zahl der durchgesaugten Kubikzentimeter Luft ergibt die Staubzahl, d. i. die Zahl der im Kubikzentimeter enthaltenen Staubpartikelchen.

An Stelle der mühsamen direkten Staubzählung wird von *Kagan* und *Broumstein* im J. ind. Hyg. 1931, Nr 1, ein indirektes Verfahren empfohlen, das sich auf einer graphischen Darstellungsmethode aufbaut. Es liegt dieser Methode die graphische Auswertung von Zählresultaten zugrunde, deren Darstellung in einem Koordinatensystem regelmäßige, parabelförmige Kurven ergibt. Auch in unserem Fall wollen die Verf. durch einfache geometrische Dreiecks-konstruktion und der Inhaltsberechnung des Dreiecks die Staubmenge eines Staubstreifens errechnen. Mit Hilfe von 6 Punkten, und zwar 2 Nullpunkten, d. i. Beginn und Ende des Staubstreifens, und 4 durch Zählung ermittelten Punkten (die Zahl der Staubteilchen in 4 Quadraten, die sich an verschiedenen Stellen des Streifens befinden, wird entsprechend auf die Ordinate aufgetragen), wird ein Dreieck konstruiert, dessen Fläche $\frac{1}{2}$ Höhe mal Grundlinie ist.

Die dabei gefundenen Werte sollen mit großer Genauigkeit den bei direkter Zählung erhaltenen Werten entsprechen. Da sich nach Ansicht der Autoren auf diese Weise eine einfache, schnelle und sehr genaue Durchschnittsberechnung der in einem Staubpräparat jeweils vorhandenen Staubmenge durchführen läßt, erübrige es sich, die bisher gebräuchliche, *direkte* Staubzählung vorzunehmen.

Voraussetzung eines graphischen Verfahrens ist die, daß die herausgegriffenen Werte einer gesetzmäßig verlaufenden Kurve angehören, die dann um so genauer bestimmt ist, je mehr errechnete Punkte vorliegen. Ob diese Bedingung erfüllt ist und ob sich die Methode sonst bewährt, soll im folgenden geprüft werden.

Ich habe zur Nachprüfung der graphischen Staubbestimmungsmethode bei einer Reihe von Staubpräparaten vergleichende Mengenbestimmung einmal mit der üblichen direkten Zählung und danach mit dem von *Kagan* und *Broumstein* beschriebenen Berechnungsverfahren durchgeführt.

Gleich zu Anfang ergaben sich bei der Anwendung der graphischen Darstellungsmethode mancherlei Schwierigkeiten, einmal in der Zähltechnik, dann in der Konstruktion des Dreiecks.

Es ist bei der Auszählung eines einzelnen Quadrats oft schwierig, die Zahl der in ihm befindlichen Teilchen genau anzugeben; häufig fallen nämlich viele Partikelchen gerade mit den Mikrometerstrichen

im Okular zusammen, so daß sich eine exakte Abgrenzung zweier Quadrate nur schwierig ermöglichen läßt. Nun müssen bei der Dreiecksberechnung 4 Seiten eines so kleinen Quadrates berücksichtigt werden, bei der direkten Zählung nur 2 Seiten eines Streifens. Dadurch werden naturgemäß bei der ersten Zählung die vorhandenen Fehlerquellen vermehrt und somit die Ungenauigkeit der Endwerte erhöht.

Nach *Kagan* und *Broumstein* ergibt sich bei der graphischen Darstellung ihrer Zahlenwerte stets eine parabelförmige Kurve. Das ist aber bei meinen Resultaten durchaus nicht der Fall; bei mir ergeben sich recht unregelmäßige, wellenförmige Kurven, und zwar werden diese

Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 3.

Kurven um so unregelmäßiger, je mehr Quadrate eines senkrechten Staubstreifens ausgezählt werden (Abb. 1—3).

Je mehr Quadrate gezählt werden, je genauer also das Verfahren werden sollte, desto mehr weichen die gewonnenen graphischen Bilder von der erwünschten Parabelfigur ab.

Damit wird aber auch die Konstruktion des den Parabelflächen gleichenden Dreiecks ungenau und willkürlich.

Wäre in Abb. 2 das Quadrat 22 und 28 des Streifens nicht gezählt worden, dann ließe sich eine Kurve mit gleichmäßigem Verlauf darstellen, und die Dreiecksseiten könnten gezeichnet werden; so aber ist das nicht ohne große Willkürlichkeit möglich.

Ebenso wäre in Abb. 3 die Höhe des Dreiecks beträchtlich niedriger, wenn nicht gerade das Quadrat 20 gezählt worden wäre.

Aus diesen Zeichnungen geht also hervor, daß die Dreieckskonstruktion teils willkürlich, teils vom zufälligen Herausgreifen eines Quadrats abhängig ist.

Dieses gilt nun von der Höhe, aber auch die Grundlinie des Dreiecks bereitet Schwierigkeiten, und zwar werden bei der Berechnung des Flächeninhalts nach der Formel $\frac{g \cdot h}{2}$ selbst ursprünglich geringfügige Abweichungen durch Multiplikation vergrößert. Z. B. erhöhen 4 einzeln liegende Partikelchen in 6 nacheinanderfolgenden Quadraten am Ende des Streifens die Endsumme bei der direkten Zählung nur um 4, dagegen wird bei der Dreiecksmethode die Basis um 6 verlängert und bei der Dreiecksberechnung mit der halben Höhe multipliziert, die Endsumme also wesentlich erhöht.

Bei vergleichender Zählung erhielt ich Werte, wie aus meinen Tabellen ersichtlich. In den Tabellen sind die Zahlwerte der Staubstreifen von einem Staubpräparat angegeben und dann, dem Beispiel *Kagans* und *Broumsteins* entsprechend, der Durchschnitt. Von Bedeutung ist aber das Gesamtergebn der im Staubstrich enthaltenen Partikelchen, die *Kagan* und *Broumstein* durch Multiplikation mit 100 gewinnen, da sie die Länge des Striches immer gleich annehmen, wir durch Multiplikation mit der gemessenen Strichlänge, d. i. bei uns meist 92, in anderen Fällen jedoch 89—94. Natürlich ergibt auch dies dann eine Vergrößerung der Differenzen zwischen den nach der Methode *Kagans* und *Broumsteins* errechneten und unseren auch hier wieder durch genauere Messung ermittelten Werten.

Tabelle 1.

I	II	III	IV	V	VI	VII
Staubstreifen	Direkte Berechnung	Dreiecksberechnung von den Quadraten 6—10—15—20 usw. 7—8 Punkte	Dreiecksberechnung beliebiger Entfernungen insgesamt 8—10 Punkte	Abweichung zwischen II + III %	Abweichung zwischen II + IV %	Abweichung zwischen III + IV %
Nr.						
1	496	665	765	+ 34	+ 54,2	+ 22
2	274	491	456	78,6	66,4	12
3	260	361	385	38,8	48	9,2
4	236	494	465	109	97	12
5	249	462	437	85,5	75,5	10
6	266	377	431	41,7	62	20
7	271	503	372	85,6	37,1	48
8	211	300	237	42	10,9	29
9	200	240	292	20	31	26
10	400	402	540	— 0,5	35	34
Durchsch.	286	429	438	53	51	22

In Tab. 1 zeigt die Staubmenge, durch die direkte Zählung und durch die graphische Darstellung bestimmt, Unterschiede beim einzelnen

Streifen bis zu +109%. Dann ergeben sogar die Berechnungen nur eines und desselben Staubstreifens bei Zählung verschiedener Quadrate (Spalte VII) Abweichungen bis 48%, der Gesamtstrich von 22%.

Tabelle 2.

Staubstreifen Nr.	Direkte Berechnung	Dreiecksbestimmung von 4 Quadraten	Abweichung %
1	176	247	+ 40,3
2	101	198	96
3	85	221	42
4	98	210	114
5	86	206	139,5
6	103	202	96
7	108	217	100,9
8	103	232	125,2
9	98	150	53
10	190	212	11,5
Durchschnitt . .	114	209	81

Bei der Dreiecksbestimmung in Tab. 2 sind, wie es *Kagan* und *Broumstein* empfehlen, die Partikelchen von nur 4 Quadraten gezählt und durch diese und die Nullpunkte (vgl. oben) ein Dreieck konstruiert. Die Abweichungen im Einzelstreifen betragen weit über 100%. Die Durchschnittsberechnung von 10 Staubstreifen ergibt eine prozentuale Abweichung von 81 % gegenüber der in Tab. 1 bei Zählung einer größeren Anzahl von Quadraten sich ergebenden Abweichung von nur 53 bzw. 51%. Die Abweichung ist bei Auszählung mehrerer Quadrate also wesentlich niedriger.

Dieselben Unterschiede, wenn auch nicht so groß, zeigen die Tab. 3 und 4. In der ersteren ist die prozentuale Abweichung von dem Ergebnis direkter Zählung 57, in Tab. 4, wo die Dreiecksbestimmung von

Tabelle 3.

Staubstreifen Nr.	Direkte Berechnung	Dreiecksbestimmung von 4 Punkten	Abweichung %
1	203	288	+ 41,8
2	126	228	80,9
3	113	184	62,8
4	129	161	24,8
5	96	204	112,5
6	98	154	57,1
7	114	182	63,1
8	111	143	28,8
9	146	195	33,5
10	230	396	72,1
Durchschnitt . .	136	213	57

Tabelle 4.

Staubstreifen Nr.	Direkte Berechnung	Dreiecksbestimmung von jedem 3. Quadrat	Abweichung %
1	255	380	+ 49
2	133	200	50,3
3	140	212	51,4
4	121	144	19
5	128	165	28,9
6	100	175	75
7	102	171	67
8	117	152	29,9
9	91	108	18,6
10	194	285	47,4
Durchschnitt . .	138	199	43

mehreren errechneten Punkten gemacht wurde, nur 43%. Abb. 4a, b, c, d, e stellen mehrere der zur Tab. 4 gehörigen graphischen Bilder dar.

Abb. 4 a—e.

Die folgende Tab. 5, in der von verschiedenen Staubarten (Quarz, Chamotte, Silica, Kalk, Silamit) jeweils nur *ein* Staubstreifen berechnet ist und die Dreiecksbestimmungen unter Berücksichtigung verschiedener Entfernungen der einzelnen Quadrate gemacht sind, weist ebenfalls erhebliche Differenzen auf.

Tabelle 5.

Staub- präparat Nr.	Direkte Berechnung	Dreiecksberech- nung von den Quadraten	Dreiecksbestim- mung von den Quadraten	Dreiecksbestim- mung von 4 Quadraten	Staubarten
		5-10-15-20 usw.	3-8-13-18 usw.		
1	337	709	595	716	Quarz + Ton
2	258	323	297	323	Muschelkalk
3	167	201	232	297	„
4	127	87	184	196	„
5	254	332	297	367	Silica
6	178	198	165	187	Chamotte
7	80	80	90	60	Silamit
8	52	52	63	84	„
9	116	195	182	169	Quarz

Alle diese Tabellen zeigen mit Sicherheit, daß Differenzen bis weit über 100% innerhalb des Streifens und über 50% im Gesamtpräparat nichts Seltenes sind. Es kann somit der graphischen Methode eine auch nur annähernde Genauigkeit bezüglich der durch sie ermittelten Zahlenwerte nicht zugesprochen werden.

So erfreulich auch eine Vereinfachung und Erleichterung der Staubzählmethodik wäre, so begrüßenswert an sich nach dieser Richtung zielende Bestrebungen wie die der beiden genannten Autoren sein mögen, so müssen wir dennoch an der bisher von uns geübten direkten Zählung festhalten.

Von technischen Verbesserungen des Owensschen Apparates ist über die Einschaltung des Zweiwegehahnes bereits oben (S. 807) berichtet worden, auch über die gegen seine Anwendung geäußerten Bedenken. Hier im Rheinland mit seiner feuchten Luft hat sich die Einrichtung bewährt, es ist aber wohl angezeigt, insbesondere bei trockener Luft, die einzelnen Pumpenzüge nicht so rasch folgen zu lassen, als es der Zweiwegehahn ermöglicht.

In letzter Zeit hat Prof. B. Heymann gemeinsam mit der Firma Goldberg & Söhne, Berlin W, einen „Migos-Staubuntersuchungsapparat“ konstruiert, der gegenüber dem alten Owens-Apparat einige unzweifelhafte Vorteile aufzuweisen hat. Der neue Apparat gibt die Möglichkeit, bis 15 Staubproben nacheinander, nicht unterbrochen durch das zeitraubende Neueinlegen des dünnen Deckgläschens, zu entnehmen.

Der Migos-Apparat besteht ebenso wie der Original Owens-Apparat aus einer Handluftpumpe mit einem Fassungsraum von 50 ccm, einem Luftzuführungsraum mit Anfeuchtvorrichtung für die eintretenden Staubeilchen, der hier aber — um Erwärmen durch die ihn haltende Hand zu verhüten — mit einer Holzhülse versehen ist.

Als wesentliche Neuerung und Verbesserung ist ein Trommelgehäuse konstruiert, das von einem Deckel luftdicht abgeschlossen ist. Innerhalb

dieses Gehäuses ist eine Scheibe — die sog. Deckglasscheibe — *drehbar* angeordnet; sie besitzt 6 Öffnungen, von denen 5 zur Aufnahme der Deckgläschen dienen, während die 6. Öffnung für Ventilationszwecke frei bleibt. Die Drehung der Scheibe erfolgt durch einen Knopf außerhalb des Trommelgehäuses, wobei durch eine Einschnappvorrichtung die richtige Lage des jeweils zur Benutzung gelangenden Gläschens gewährleistet wird. Der Knopf ist mit einer Bezifferung versehen, durch die schon äußerlich am geschlossenen Apparat das zur Bestäubung gelangende Deckglas und dessen Position erkennbar ist. Durch eine besondere drehbare Spaltvorrichtung können jeweils 3 Staubstriche auf ein Deckgläschen geschleudert werden. In unmittelbarer Folge werden also insgesamt 15 Staubproben entnommen, ohne daß der Apparat geöffnet zu werden braucht, wobei auch noch durch Bezifferung der Deckgläschen die Identifizierung der einzelnen Proben gesichert ist. Diesen Vorteilen des Migos-Staubapparates, die bei der Staubentnahme als solcher zweifellos eine sehr beachtliche Erleichterung und Vereinfachung bedeuten, standen aber gewisse, bei der Auszählung selbst auftretende Schwierigkeiten gegenüber.

Ich habe bei mehreren Versuchen stets wellenförmige Staubstriche mit ungleicher Verteilung der Staubpartikel erhalten, die schon makroskopisch deutlich sichtbar sind, mikroskopisch sah man abwechselnd dichtere und weniger dicht belegte Stellen miteinander abwechseln. Diese ungleichmäßige Verteilung des Staubes läßt die Zählung an sich schon unsicher erscheinen, da sie wesentlich von der Art der durch Zählung erfaßten Stellen abhängig ist. Bei gleichzeitiger Probeentnahme mit dem Original-Owens und mit dem Owens-Heymann ergaben sich größere oder kleinere Differenzen.

Wie Versuche gezeigt haben, ist hierbei wahrscheinlich folgendes als Fehlerquelle anzusprechen. Die dünnen Deckgläschen liegen hohl in der oben erwähnten Deckglasscheibe und werden mit einem kleinen Federling in die jeweilige Öffnung eingespannt. Durch das schnelle ruckweise Ansaugen gerät das Deckgläschen in Vibration, und diese Schwingungen führen wohl zu der wellenförmigen Auflagerung der Staubeilchen.

Es ist aber nun die den Apparat herstellende Firma darangegangen, durch entsprechende Unterlegung der Deckgläschen diese unerfreuliche Erscheinung auszuschalten. Mit dieser Neuerung *bietet der Owens-Heymann sehr erhebliche Vorzüge gegenüber seinem Vorgänger.*