Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 51 (1960)

Heft: 5

Artikel: Untersuchungen zur Rauchmethodik. Teil III, Näherungsverfahren zur Ermittlung des Rauchzugvolumens aus Daten von Raucherbeobachtungen

Autor: Waltz, P. / Häusermann, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-982924

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

MITTEILUNGEN
AUS DEM GEBIETE DER
LEBENSMITTELUNTERSUCHUNG UND HYGIENE
VERÖFFENTLICHT VOM EIDG. GESUNDHEITSAMT IN BERN
Offizielles Organ der Schweizerischen Gesellschaft für analytische und angewandte Chemie

TRAVAUX DE CHIMIE ALIMENTAIRE
ET D'HYGIÈNE
PUBLIÉS PAR LE SERVICE FÉDÉRAL DE L'HYGIÈNE PUBLIQUE À BERNE
Organe officiel de la Société suisse de chimie analytique et appliquée

ABONNEMENT:
Schweiz Fr. 17.— per Jahrgang (Ausland Fr. 22.—) Preis einzelner Hefte Fr. 3.— (Ausland Fr. 4.—)
Suisse fr. 17.— par année (étranger fr. 22.—) Prix des fascicules fr. 3.— (étranger fr. 4.—)

BAND - VOL. 51 1960 HEFT - FASC. 5

Untersuchungen zur Rauchmethodik

III. Näherungsverfahren zur Ermittlung des Rauchzugvolumens aus Daten von Raucherbeobachtungen

Von *P. Waltz* und *M. Häusermann*
(Fabriques de Tabac Réunis S.A., Neuchâtel-Serrières)

Einleitung

In Kürze werden wir über eine umfangreiche Raucherbeobachtung berichten, die unternommen wurde, um die Gewohnheiten der Schweizer Raucher zu studieren, insbesondere im Hinblick auf die für das künstliche Abrauchen von Zigaretten massgebenden Bedingungen Zugintervall und Stummellänge. Unter Anwendung des im folgenden beschriebenen Verfahrens war es uns möglich, aus dem Beobachtungsmaterial (d.h. der Kenntnis der Zigarettenmarke, der Stummellänge, der Rauchdauer und der Anzahl Rauchzüge) auch das mittlere Rauchzugvolumen angenähert zu ermitteln.

A. Grundsätzliches zum Verfahren

Beim natürlichen intermittierenden Rauchen verbrennt nur ein Teil des in der Zigarette enthaltenen Tabaks in den Hauptstrom, während der Rest in den

Für die Mitarbeit der Herren E. Nyàri und R. Prince möchten wir an dieser Stelle danken.

Rauchpausen unter Bildung von Nebenstromrauch verglimmt. Die quantitative Erfassung dieses Vorganges wurde u.a. von *Wenusch* [3][4]) beschrieben. Der Mengenumsatz beim Rauchen kann wie folgt formuliert werden:

$$T_h = T_f - v_g D_g \qquad (I)$$

worin:

T_h = in den Hauptstrom verrauchter Tabak (mg)
T_f = insgesamt verrauchter Tabak (mg)
v_g = Glimmgeschwindigkeit (mg Tabak pro Sekunde)
D_g = Totale Glimmdauer = Summe der Rauchpausen (sec)

Wir führen als weitere Grösse den pro Rauchzug in den Hauptstrom verrauchten Tabak ein und setzen voraus, dass diese mit dem Rauchzugvolumen in Beziehung gebracht werden kann:

$$T_z = \frac{T_h}{n} = f(V) \qquad (II)$$

T_z = Tabakabbrand pro Rauchzug (mg)
n = Anzahl Rauchzüge
V = Rauchvolumen pro Zug (ml)

Für die folgenden Berechnungen wird vorausgesetzt, dass die Zigaretten gleichförmig gestopft sind, d.h. dass die Längenanteile den Gewichtsanteilen proportional sind. T_f in Gleichung (I) lässt sich daher wie folgt berechnen:

$$T_f = \frac{(L_c - L_s)(P_c - P_p)}{L_c - L_{fi}} \qquad (III)$$

L_c = Länge der Zigarette (mm)
L_s = Länge des Stummels (mm)
L_{fi} = Länge des Filters, falls vorhanden (mm)
P_c = Gewicht der Zigarette (mg)
P_p = Gewicht von Zigarettenpapier + Filter (mg)

Die totale Glimmdauer ergibt sich zu

$$D_g = D_f - nt \qquad (IV)$$

D_f = totale Rauchdauer (sec)
t = Dauer eines Rauchzuges (sec), in allen folgenden Berechnungen als 2 Sekunden festgelegt.

Die Bestimmung der Glimmgeschwindigkeit erfolgt experimentell, wobei die Zeit gemessen wird, die für das Abglimmen einer bestimmten Menge Tabak benötigt wird.

$$v_g = \frac{L_g (P'_c - P_p)}{t_g (L_c - L_{fi})} \qquad (V)$$

L_g = im Glimmversuch verglimmte Zigarettenlänge (mm)
t_g = Glimmdauer im Glimmversuch (sec)
P'_c = Zigarettengewicht für Glimmversuch (mg)

Da T_f, v_g und D_g nun bekannt sind, können wir nach Gleichung (I) T_h und nach Gleichung (II) T_z berechnen.

Die Beziehung zwischen T_z (Tabakbrand pro Rauchzug) und V (Rauchzugvolumen) erfolgt wiederum experimentell, indem Zigaretten der fraglichen Marke unter Einhaltung festgelegter Zugvolumina künstlich abgeraucht werden. Aus der Kenntnis der Zigaretteneigenschaften und der Rauchbedingungen lässt sich nach dem eben dargelegten Verfahren T_z berechnen, welches dann graphisch als Funktion des Rauchzugvolumens V dargestellt wird. Aus dieser Kurve lässt sich nun das einem bestimmten T_z-Wert zugehörige Rauchzugvolumen ablesen.

B. Ausführung des Verfahrens

Vorbemerkung

Die Durchführung des Verfahrens sei im folgenden an einem Beispiel erläutert. Es handelt sich dabei um einen Kleinversuch der Beobachtung und der Auswertung des Raucherverhaltens, bei dem besonders günstige Bedingungen vorlagen: Die Zigaretten wurden nach Gewicht ausgelesen und die Tabakfeuchtigkeit war bekannt. Die Versuchspersonen, denen die Zigaretten in der Originalverpackung angeboten wurden (bei einer gesellschaftlichen Unterhaltung oder einer ähnlichen Gelegenheit), waren in völliger Unkenntnis dieser Tatsache und wussten auch nicht, dass sie während des Rauchens beobachtet würden. Der Beobachter zählte die Anzahl Rauchzüge, stoppte die Rauchdauer mit einem Chronometer und vermass die Stummellänge nach Ende des Rauchens.

1. Auswahl der Zigaretten

Zigaretten vom Typ American-Blend, konditioniert auf einen Wassergehalt von 11,6 % und nach dem Gewicht ausgesondert.

Zigarettenlänge L_c	= 80 mm
Filterlänge L_{fi}	= 17 mm
Zigarettengewicht	= 1169 ± 2 mg
Gewicht Papier + Filter P_p	= 253 mg

2. Glimmversuch

Auf der Zigarette werden zwei Bleistiftmarken im Abstand von 40 mm angebracht. Die Zigarette wird entzündet und mit dem Filterende waagrecht auf einen Nagel gespiesst. Im Raum soll dabei kein Luftzug herrschen. Die Glimmdauer zwischen den beiden Marken wird gemessen und die Glimmgeschwindigkeit nach Gleichung (V) berechnet.

Beispiel: (Glimmdauer t_g = 727 sec)

$$v_g = \frac{L_g(P'_c - P_p)}{t_g(L_c - L_{fi})} = \frac{40(1169\text{-}253)}{727\ (80\text{-}17)} = 0{,}80 \text{ mg/sec}$$

Aus vier derartigen Versuchen wurde eine mittlere Glimmgeschwindigkeit von 0,82 mg/sec berechnet.

3. Beziehung zwischen dem Tabakabbrand und dem Zugvolumen

Je vier Zigaretten werden mit einem Zugintervall von 60 Sekunden auf einer RADAG-Rauchapparatur [2]) bei je einem Zugvolumen von 10, 30, 50 und 70 ml künstlich abgeraucht. Jeweils am Ende des letzten Rauchzuges wird die Stummellänge gemessen. Für die je vier identischen Versuche werden die Durchschnittswerte über das Zigarettengewicht, die Rauchdauer und die Stummellänge berechnet. Die durchschnittliche Anzahl Rauchzüge n ergibt sich aus der Rauchdauer D_f und dem Zugintervall:

$$n = \frac{D_f}{60} + 1 \qquad \text{(VI)}$$

In unserem Beispiel ermittelten wir dabei die in Tab. 1 dargestellten Werte (für alle Zugvolumina waren die folgenden Werte dabei konstant: Gewicht von Papier + Filter P_p = 249 mg; Zigarettenlänge L_c = 80 mm; Filterlänge L_{fi} = 17 mm; Glimmgeschwindigkeit v_g = 0,82 mg/sec).

Tabelle 1

Beziehung zwischen dem Rauchzugvolumen V und dem Tabakabbrand pro Rauchzug T_z beim künstlichen Abrauchen von American-Blend-Zigaretten

Rauchzugvolumen V	(ml)	10	30	50	70
Zigarettengewicht P_c	(mg)	1164	1148	1152	1148
Stummellänge L_s	(mm)	28,5	27,25	25,5	26,5
Rauchdauer D_f	(sec)	780	660	600	540
Anzahl Rauchzüge n		14,0	12,0	11,0	10,0
Zugdauer t	(sec)	1,5	1,8	2,1	2,4
Tabakabbrand pro Zug T_z	(mg)	9,0	18,5	28,0	34,0

Die Werte für T_z in Tab. 1 wurden dabei mit Hilfe der Gleichungen (I) bis (IV) berechnet. Die erneute zweimalige Wiederholung des Verfahrens führte zu folgenden Durchschnittswerten:

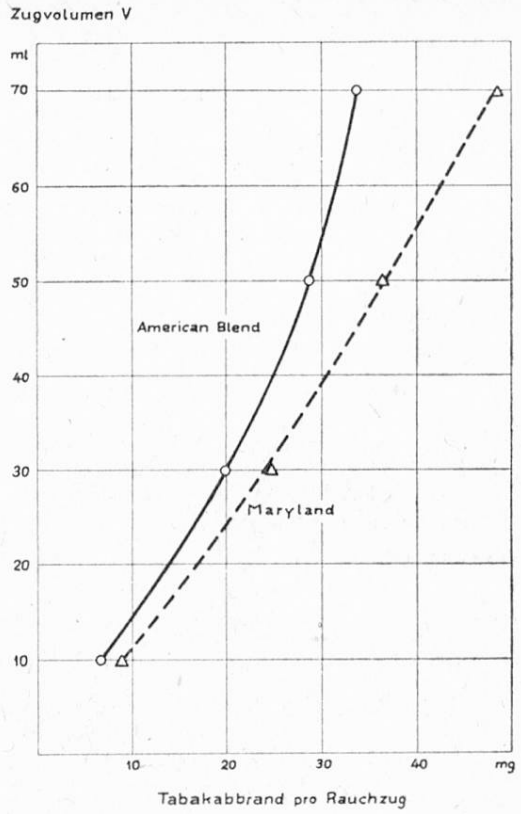
Zugvolumen V	10	30	50	70	ml
Tabakabbrand pro Rauchzug T_z	6,6	19,7	28,8	33,7	mg

Die auf Grund dieser Werte gezeichnete Kurve ist in Fig. 1 dargestellt (American-Blend).

4. Auswertung der Raucherbeobachtungen

Ohne ihr Wissen wurden 22 Raucher beobachtet (siehe Vorbemerkung zu B), während sie eine nach Gewicht und Feuchtigkeit selektionierte Zigarette rauchten. Dabei wurden die Rauchzüge gezählt und die Rauchdauer und die Stummellänge gemessen.

Figur 1
Abhängigkeit des Tabakabbrandes pro Rauchzug vom Zugvolumen, am Beispiel einer Maryland- und einer American-Blend-Zigarette



Beispiel: Eine Versuchsperson rauchte eine dieser Zigaretten in 672 Sekunden mit 14 Rauchzügen auf eine Stummellänge von 22 mm. Während der Rauchpausen hielt sie die Zigarette meistens zwischen den Fingern und liess sie nur kurze Zeit im Aschenbecher liegen. Die Glimmgeschwindigkeit der Zigarette wurde für diese beiden Situationen von uns zu 0,84 und 0,78 mg/sec bestimmt; als für die Raucherbeobachtung massgebende Geschwindigkeit setzten wir 0,82 mg/sec ein. Durch Einsetzen der Beobachtungsdaten und der experimentell ermittelten Werte in die Gleichungen (I) bis (IV) kann T_z brechnet werden:

$$\text{(III):}\quad T_f = \frac{(80\text{-}22)\ (1169\text{-}253)}{80\text{-}17} = 843 \text{ mg}$$

$$\text{(IV):}\quad D_g = 672\text{-}14 \cdot 2 = 644 \text{ sec}$$

$$\text{(I):}\quad T_h = 843\text{-}0{,}82 \cdot 644 = 315 \text{ mg}$$

$$\text{(II):}\quad T_z = \frac{315}{14} = 22{,}5 \text{ mg Tabak pro Rauchzug}$$

Dem T_z-Wert von 22,5 mg entspricht nun auf der American-Blend-Kurve in Fig. 1 ein Rauchzugvolumen von *36 ml.*

Aus allen 22 Raucherbeobachtungen wurde nach diesem Verfahren folgendes Resultat erhalten (Tab. 2):

Tabelle 2

Zusammenfassung der Ergebnisse von 22 Raucherbeobachtungen

		Niedrigster Einzelwert	Mittelwert	Höchster Einzelwert
Anzahl der Rauchzüge n		7	15,1	24
Rauchdauer D_f	(sec)	435	632	852
Zugintervall T	(sec)	22	51,3	130
Stummellänge L_s	(mm)	21	24,6	35
Total verrauchter Tabak T_f	(mg)	654	805	872
I. d. Hauptstrom verrauchter Tabak T_h	(mg)	168	299	456
Tabakabbrand pro Rauchzug T	(mg)	11,2	20,1	29,0
Rauchzugvolumen V	(ml)	17	32,0	51

C. Kritik des Verfahrens

Die genaue Durchführung des dargestellten Verfahrens beruht auf Voraussetzungen, die in der Praxis nicht alle erfüllt sind. Fehlermöglichkeiten ergeben sich vor allem daraus, dass das genaue Zigarettengewicht bei normalen Raucherbeobachtungen nicht bekannt ist, und dass die experimentelle Bestimmung der jeweils zutreffenden Glimmgeschwindigkeit nur näherungsweise möglich ist. Einige Faktoren, denen ein vermutlicher Einfluss auf die Glimmgeschwindigkeit sowie auf die Beziehung zwischen Zugvolumen und Tabakabbrand pro Zug zugeschrieben werden durfte, wurden genauer untersucht.

1. Abhängigkeit der Glimmgeschwindigkeit von verschiedenen Faktoren

Tabaktyp und Stopfungsgrad der Zigarette:

Der Einfluss dieser beiden Faktoren auf die Glimmgeschwindigkeit ist in Tabelle 3 dargestellt.

Bei den Maryland-Zigaretten ist ein leichter Anstieg der mittleren Glimmgeschwindigkeit mit zunehmender Stopfung festzustellen, der aber gegenüber der Streubreite $\pm 2\,\sigma$, die etwa ein Viertel des Absolutwertes beträgt, nur klein ist. Bei den Blend- und Virginia-Zigaretten hat die Stopfung auf die v_g keinen Einfluss.

Zwischen den Sorten wird eine etwas höhere v_g der Blend-Zigaretten gegenüber den beiden anderen Typen beobachtet, die aber erst über das Mittel von etwa 20 Einzelwerten signifikant ist.

Wir schliessen daraus, dass der Stopfungsgrad und der Tabaktyp die Glimmgeschwindigkeit zwar mitbestimmen, dass ihr Einfluss aber klein ist gegenüber anderen Faktoren, welche die grosse Streuung der Messwerte bedingen.

Tabelle 3

Glimmgeschwindigkeit v_g (in mg wasserfreiem Tabak pro Sekunde) in Abhängigkeit von Tabaktyp und Stopfungsgrad der Zigarette

Tabaktyp	Stopfung in mg/cm³ (wasserfreier Tabak)		Mittlere v_g	$\pm 2\sigma$	Anzahl Bestimmungen
Maryland	leicht	$<$ 190	0,77	0,21	25
	mittel	190-240	0,80	0,17	76
	stark	$>$ 240	0,82	0,19	29
American-Blend	leicht	$<$ 210	0,84	0,20	23
	mittel	210-260	0,85	0,14	76
	stark	$>$ 260	0,84	0,12	36
Virginia	leicht	$<$ 240	0,80	0,26	13
	mittel	240-290	0,79	0,20	39
	stark	$>$ 290	0,81	0,21	15

Abhängigkeit von der Tabakfeuchtigkeit:

In der Tabelle 4 haben wir die Glimmgeschwindigkeit als Funktion der Tabakfeuchtigkeit dargestellt, wobei Zigaretten aller Tabaktypen (ausgenommen Orient) und Stopfungsgrade erfasst wurden.

Tabelle 4

Abhängigkeit der Glimmgeschwindigkeit v_g von der Tabakfeuchtigkeit von Zigaretten aller Tabaktypen und Stopfungsgrade

% H_2O im Tabak	< 8	8–8,99	9–9,99	10–10,99	11–11,99	12–12,99	> 12,99
v_g	0,85	0,85	0,82	0,81	0,80	0,84 *)	0,77
$\pm 2\sigma$	0,17	0,11	0,12	0,14	0,17	0,13	0,13
Anzahl der Bestimmungen	27	17	67	73	13	6	18

*) Dieser Wert ist wahrscheinlich zu hoch, was sich durch die ungenügende Anzahl Einzelwerte (6) erklären lässt.

Die Glimmgeschwindigkeit sinkt also mit zunehmendem Wassergehalt des Tabaks. Im praktisch allein massgebenden Feuchtigkeitsbereich von 9 bis 12 % ist dieser Einfluss jedoch unwesentlich (ca. 2,5 % des Messwertes) und kann gegenüber der gesamten Streubreite von etwa 20 % des Messwertes vernachlässigt werden.

Abhängigkeit von äusseren Umständen:

American-Blend-Zigaretten von gleichem Gewicht und gleicher Tabakfeuchtigkeit wurden unter verschiedenen äusseren Bedingungen auf einer Stranglänge von je 40 mm verglimmen gelassen. Die daraus berechneten Glimmgeschwindigkeiten v_g sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5

Glimmgeschwindigkeit v_g (in mg Tabak von 10,0 % Feuchtigkeit pro Sekunde) von American-Blend-Zigaretten in Abhängigkeit von äusseren Umständen

Aussere Umstände	v_g
Zigarette horizontal am offenen Fenster	0,94
Zigarette in der Hand gehalten beim Gehen im Freien	0,86
Zigarette vertikal nach unten im geschlossenen Raum	0,86
Zigarette in der Hand einer sitzenden Person, im Raum	0,84
Zigarette horizontal, im Raum, ohne Luftbewegung *)	0,80
Zigarette im Aschenbecher, Glutzone frei schwebend	0,78
Zigarette im Aschenbecher, Glutzone am Boden aufliegend	0,60–0,70

*) Entspricht unserer Standardmethode zur Bestimmung der v_g.

Unter dem Einfluss der «äusseren Umstände» schwankt die v_g bedeutend mehr als infolge der bereits untersuchten Faktoren zusammengenommen. Insbesondere beim Rauchen im Freien kann die v_g je nach der Stärke des Luftzugs und dessen Richtung gegenüber der Zigarette von sehr niedrigen Werten (die Zigarette kann auslöschen) bis zu sehr grossen Werten schwanken. Aus diesem Grund wurden für die Berechnung der Rauchzugvolumina aus der grossen Raucherbeobachtung (das Resultat dieser Untersuchung wird nächstens in dieser Zeitschrift veröffentlicht) nur die Daten von Beobachtungen in Innenräumen verwertet.

Die Standardmethode zur Bestimmung der v_g (Zigarette in horizontaler Lage, verglimmend in einem Raum ohne Luftbewegung) führt zu einem mittleren Wert, so dass die Berechnungen, die unter Zugrundelegung dieses experimentellen Wertes durchgeführt werden, im Durchschnitt über ein grosses Muster zu einem repräsentativen Resultat führen sollten.

Verglimmen beim intermittierenden Rauchen:

Beim Glimmversuch werden keine Rauchzüge gezogen; man darf daher vermuten, dass der noch nicht verglimmte Tabakstrang seine Zusammensetzung nicht ändere. Beim intermittierenden Rauchen hingegen wird der hintere Teil der Tabaksäule progressiv mit Feuchtigkeit und Rauchstoffen beladen; *Schur* und *Rickards* [1]) schliessen daraus, dass die Glimmgeschwindigkeit mit kürzer werdendem Stummel abnehme. Die experimentelle Ueberprüfung dieses Effektes ist schwierig, weil die Zigaretten auf den kurzen Teilstücken zwischen zwei Rauchzügen sehr ungleichmässig verglimmen und die Brandzone stets mehr oder weniger abgeschrägt ist. Unter der Annahme, dass eine grössere Anzahl von Messungen trotzdem Aufschluss über diese Frage geben könne, haben wir die Glimmstrecken zwischen zwei Rauchzügen beim künstlichen Abrauchen (Zugintervall 60 Sekunden) gemessen und je vordere und hintere Hälfte der abgerauchten Zigarettenlänge getrennt addiert. Das Resultat dieser Versuche ist in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6

Zwischen den Rauchzügen verglimmte Zigarettenlänge beim intermittierenden Rauchen. (Intervall 60 Sekunden)

(Mittelwerte aus je 3-6 Bestimmungen pro Marke)

Zigarettentyp	Total verglimmte Länge je abgerauchte	
	vordere Hälfte mm	hintere Hälfte mm
Schweizer Inland	18,7	19,7
Französischer Typ	17,2	15,2
Französischer Typ	16,3	16,5
Maryland	15,7	15,0
Maryland	17,8	15,8
Maryland	17,0	16,0
Orient	15,5	15,2
Orient-Virginia	16,2	15,5
Virginia	14,3	15,7
American-Blend	17,5	17,8
American-Blend	18,0	21,0
American-Blend	17,7	17,7
American-Blend	15,0	15,0
Mittel über alle Werte	16,7	16,6

Im Mittel verglimmt also eine Zigarette in den Rauchpausen mit einer konstanten Geschwindigkeit, unabhängig von der bereits abgerauchten Länge. Wir dürfen daher vermuten, dass der Absolutwert der Glimmgeschwindigkeit, wie

er im Glimmversuch ermittelt wird, sich mit der Glimmgeschwindigkeit beim intermittierenden Rauchen decke. Eine direkte Bestimmung der v_g aus den in Tabelle 6 mitgeteilten Werten ist denkbar, führt aber zu falschen Werten, da der Tabakabbrand nicht über den ganzen Zigarettenquerschnitt mit der gleichen Geschwindigkeit verläuft. (Wie schon *Wenusch* [3]) feststellte, brennt die Zigarette während des Rauchzuges vorwiegend peripher ab, während in der Rauchpause verhältnismässig mehr Tabak im Zentrum des Glutkegels verglimmt.)

2. *Zusammenhang zwischen dem Tabakabbrand pro Rauchzug und dem Zugvolumen in Abhängigkeit von Tabaktyp und Zigarettenpapiertyp*

Je 10 Zigaretten pro Marke wurden unter folgenden Bedingungen künstlich abgeraucht: Zugvolumen 35 ml, Zugintervall 30 Sekunden, Zugdauer 1,6 Sekunden. Alle Zigaretten hatten eine für die betreffende Marke durchschnittliche Stopfung mit einer Tabakfeuchtigkeit von 9 bis 12 %. Aus den Abrauchdaten und der im Glimmversuch ermittelten Glimmgeschwindigkeit wurde nach dem unter B beschriebenen Verfahren der Tabakabbrand pro Rauchzug berechnet. Bezogen auf wasserfreien Tabak wurden dabei die in Tabelle 7 zusammengestellten Resultate erhalten.

Tabelle 7

Tabakbrand in mg wasserfreiem Tabak pro Rauchzug von 35 ml; Mittelwerte über n Zigarettenmarken

Tabaktyp	Tabakabbrand	$\pm 2\,\sigma$	n
Maryland	23,0	4,7	23
American-Blend	16,8	4,0	28
Virginia *)	18,5	3,8	11

*) Orientzigaretten verhalten sich etwa wie Virginia-Zigaretten.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass der Tabakabbrand pro Rauchzug in Maryland-Zigaretten signifikant grösser ist als in den Zigaretten aller anderen Typen. Um festzustellen, ob für den Unterschied der Tabaktyp oder die Art des Zigarettenpapiers verantwortlich sei (das für Maryland-Zigaretten verwendete Papier hat in der Regel andere Brenneigenschaften als die Papiere der anderen Zigarettentypen), wurde folgender Versuch durchgeführt:

Je eine typische Maryland- und Blend-Zigarette wurde mit je drei Zigarettenpapiersorten maschinell hergestellt. Die Papiersorten seien bezeichnet als

A = semi-combustible
B = combustible
C = combustible hochporös

Jede dieser 6 Zigarettensorten wurde wie folgt untersucht:

Je 12 Zigaretten wurden zur Bestimmung der Glimmgeschwindigkeit verwendet, und je 4 mal 12 Zigaretten wurden bei vier verschiedenen Rauchzugvolumina künstlich abgeraucht. Der Tabakabbrand pro Rauchzug wurde berechnet und ist in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8

Tabakabbrand in mg normalfeuchtem Tabak pro Rauchzug, als Funktion des Tabaktyps und der Art des Zigarettenpapiers

(Mittelwerte aus je 12 Bestimmungen)

Rauchzugvolumen	10 ml	30 ml	50 ml	70 ml
Maryland-Zigarette				
A Papier semi-combustible *)	8,8	24,7	36,4	48,6
B Papier combustible	6,6	18,9	30,7	39,6
C Papier hochporös	9,0	19,2	30,1	45,9
American-Blend-Zigarette				
A Papier semi-combustible	5,9	16,6	27,4	35,3
B Papier combustible *)	6,6	19,7	28,8	33,7
C Papier hochporös	7,5	19,0	29,4	35,0

*) Für den fraglichen Zigarettentyp normalerweise verwendetes Papier. Die dazu gehörigen Tabellenwerte sind in Fig. 1 graphisch aufgetragen.

Wir folgern aus diesen Resultaten, dass für ein gegebenes Papier der Verbrauch an Maryland-Tabak pro Rauchzug grösser ist, als an American-Blend-Tabak. Gross ist der Unterschied jedoch nur beim Zugvolumen 70 ml und — hier für alle Volumina — für das Zigarettenpapier A (semi-combustible). Daraus

Tabelle 9

Einfluss des Zigarettenpapiers auf die Glimmgeschwindigkeit der Zigarette

(v_g in mg normalfeuchtem Tabak pro sec)

Zigarettenpapier	Glimmgeschwindigkeit für den Typ	
	Maryland	American-Blend
A Semi-combustible	0,89	0,75
B Combustible	1,14	0,89
C Hochporös	1,25	0,97

folgt weiter, dass der grössere Tabakabbrand pro Rauchzug für den Typ Maryland und nicht für den Papiertyp spezifisch ist, wobei allerdings das für den Marylandtyp bestimmte Papier A diesen Effekt noch verstärkt.

Das hochporöse Papier hat praktisch keinen Einfluss auf den Tabakabbrand pro Rauchzug, erhöht aber die Glimmgeschwindigkeit, wie aus Tabelle 9 hervorgeht.

D. Schlussfolgerungen

Während bei Raucherbeobachtungen die Zigarettenmarke identifiziert und die Stummellänge, die Rauchdauer und die Anzahl der Rauchzüge genau bestimmt werden können, sind die beiden zur Berechnung des Rauchzugvolumens benötigten Parameter *Zigarettengewicht* und *Glimmgeschwindigkeit* auf Grund von Messungen an anderen, gekauften Zigaretten der gleichen Marke nur als Durchschnittswerte bekannt. Die Berechnung erfolgt nach der Grundgleichung

(I) $T_h = T_f - v_g D_g$.

Vereinfachend nehmen wir an, die gesamte in den Hauptstrom verrauchte Tabakmenge T_h sei bei gegebener Stummellänge und Zugzahl dem Zugvolumen proportional (das ist im Bereich mittlerer Zugvolumina von etwa 20 bis 50 ml angenähert zutreffend).

Die total verrauchte Tabakmenge T_f ist nun dem Gesamttabakgewicht der Zigarette proportional, dessen wirklichen Wert wir zwar nicht kennen, für das wir aber das für die betreffende Zigarettenmarke gültige Mittel einsetzen können. Im Mittel über eine grosse Zahl von Raucherbeobachtungen wird sich dann das wirkliche T_f dem von uns eingesetzen Wert stark nähern.

Die Glimmgeschwindigkeit v_g wird experimentell an Zigaretten der gleichen Marke bestimmt und ist praktisch unabhängig vom Zigarettengewicht. Sie schwankt jedoch beträchtlich unter dem Einfluss «äusserer», schwer zu definierender Faktoren. Die Standardmethode zur Bestimmung der v_g ist jedoch so festgelegt, dass ein Wert gefunden wird, der etwa das Mittel der praktisch möglichen Glimmgeschwindigkeiten darstellt.

Aus dem Dargelegten folgt, dass die aus einer einzelnen Raucherbeobachtung berechneten Grössen T_f (total verrauchter Tabak), T_h (in den Hauptstrom verrauchter Tabak), T_z (pro Zug verrauchter Tabak) und V (Zugvolumen) mit einem mittleren (T_f) bis sehr grossen (T_h, T_z, V) Fehler behaftet sind. In der Praxis ist der Streubereich für zwei Drittel aller Zigaretten etwa $\pm$ 5 % sowohl für T_f wie für v_g; daraus ergibt sich im ungünstigen Fall eine Streuung des T_h von $\pm$ 30 %. Für einige Einzelwerte sind daher noch stärker abweichende oder gar «unmögliche» Resultate zu erwarten. Anderseits ist aber zu erwarten, dass das Mittel aus einer grossen Zahl von Beobachtungen dem wirklichen — aber nicht messbaren — Durchschnittswert sehr nahe komme.

Zur Stützung dieser Hypothese vergleichen wir die Zahlenwerte in Tabelle 2, welche unter genauer Kenntnis aller Parameter auf Grund von 22 Raucherbeob-

achtungen errechnet wurden, mit dem Resultat, das die bereits erwähnte grosse Raucherbeobachtung für den Spezialfall der American-Blend-Zigaretten ergab, und bei welcher das Zigarettengewicht unbekannt und die Glimmgeschwindigkeit grossen Schwankungen unterworfen waren (Tabelle 10).

Tabelle 10

Vergleich der Resultate zwischen der grossen und der kleinen Raucherbeobachtungs-Untersuchung

	Grosse Raucher-Beobachtung	Kleine Raucher-Beobachtung
Zigarettentyp	American-Blend Verschiedene Marken	American-Blend Nur eine Marke (gewogene Zig.)
Anzahl der verwerteten Beobachtungen	98	22
Mg Tabakabbrand pro Rauchzug		
Niedrigster Einzelwert	– 10	11,2
Höchster Einzelwert	72	29,0
Mittelwert	18,1	20,1
Ml Rauchzugvolumen		
Niedrigster Einzelwert	– 10	17
Höchster Einzelwert	115	51
Mittelwert	32,7	32,0

Obwohl die Einzelwerte bei der grossen Untersuchung sehr stark streuen und die extremsten Werte «unmöglich» sind, ist ihr Mittelwert praktisch identisch mit demjenigen der kleinen Untersuchung.

Zusammenfassung

Es wird eine Methode beschrieben zur Ermittlung des Rauchzugvolumens aus folgenden Daten einer Raucherbeobachtung: Zigarettenmarke, Rauchdauer, Zugzahl und Stummellänge. Ausserdem werden dazu noch die experimentell zu bestimmenden Angaben über das mittlere Zigarettengewicht der betreffenden Marke, die Glimmgeschwindigkeit und die Abhängigkeit des Zugvolumens von der pro Rauchzug verrauchten Tabakmenge benötigt. Letzteres erfolgt durch künstliches Abrauchen unter definierten Bedingungen. Unter günstigen Umständen, d.h. wenn bei einer Raucherbeobachtung das genaue Zigarettengewicht bekannt ist, führt die Methode zu zuverlässigen Einzelresultaten. Unter normalen Umständen (wenn nur die Zigarettenmarke bekannt ist) kann jedoch nur das aus einer grossen Zahl von Raucherbeobachtungen berechnete Mittel als repräsentativ gelten.

Résumé

Une méthode est présentée permettant de déterminer le volume de fumée aspirée par un fumeur de cigarettes. Il suffit pour cela de connaître la marque de la cigarette, la durée du fumage, le nombre de bouffées et la longueur du mégot. La méthode implique la détermination expérimentale du poids moyen des cigarettes de la marque en question, de la vitesse de combustion libre et de la relation existant entre le tabac consommé par bouffée et le volume d'aspiration. Cette dernière est établie par un fumage artificiel dans des conditions définies. Dans des circonstances favorables, c.-à-d. si le poids exact de la cigarette fumée par la personne observée est connu, la méthode conduit à des résultats individuels satisfaisants. Par contre, si l'observateur ignore ce paramètre, un grand nombre d'observations est nécessaire pour obtenir une valeur moyenne représentative.

Summary

A method ist presented for the determination of the puff volume from the following data available through the observation of a cigarette smoker: cigarette brand, duration of smoking, number of puffs, and stub length. The method implies the separate experimental determination, on cigarettes of the brand concerned, of the average weight, the free-burning rate, and the relationship between the amount of tobacco consumed per puff and the puff volume. The latter is done by smoking the cigarettes artificially under defined conditions. Under favourable circumstances, e.g. when the accurate weight of the cigarette smoked by the observed person is known, the method gives fairly accurate individual results. If only the cigarette brand is known, however, a large number of observations must be made in order to obtain an average value, which can be considered as representative.

Literatur

[1]) *Schur, M. O. & J. C. Rickards,* Tobacco **150** (15) 25 (1960).
[2]) *Staub, M. & H. Furrer,* diese Mitt. **45**, 473-476 (1954).
[3]) *Wenusch, A.,* Z. Unters. Lebensm. **68**, 419-20 (1934).
[4]) — «Der Tabakrauch», Bremen 1939, S. 27-28.