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

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 50 (1959)

Heft: 3

Artikel: Untersuchungen zur Rauchmethodik

Autor: Waltz, P. / Häusermann, M. / Nyari, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983421

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: 02.07.2025

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

Untersuchungen zur Rauchmethodik

Von *P. Waltz, M. Häusermann* und *E. Nyari*

(Aus der Abteilung für Forschung und Entwicklung der Vereinigten Tabakfabriken AG, Neuchâtel-Serrières)

Die Methode, Zigaretten künstlich abzurauchen und den dabei entstehenden Rauch aufzufangen, quantitativ zu bestimmen und teilweise auch qualitativ zu untersuchen, hat heute eine grosse Bedeutung erlangt. Viele grundlegende Untersuchungen, von denen wir besonders die Arbeiten von *Staub* und *Furrer* erwähnen möchten, haben zur Entwicklung von Methoden und Apparaten geführt, welche weitgehend Befriedigung geben. Bei der internationalen Bedeutung der Zigaretten hat sich nun eine Notwendigkeit zur Standardisierung der Methoden gezeigt. Um aber eine solche Gleichstellung oder wenigstens eine Vergleichbarkeit der Resultate verschiedener Laboratorien zu erzielen, ist es notwendig, die bestehenden Apparate und ihre Fehler zu kennen. Es ist das Ziel dieser Arbeit, verschiedene Apparaturen kritisch zu beleuchten, den Einfluss ihrer Fehler auf das Ergebnis zu bestimmen und Wege zu zeigen, wie notwendige Korrekturen angebracht werden können.

A. Begriffsbestimmung und Problemstellung

Zur Charakterisierung des Rauchens dienen folgende Begriffe:

1. *Zugintervall* T = Zeit in Sekunden vom Beginn eines Rauchzuges bis zum Beginn des nächsten Rauchzuges.
2. *Zugdauer* t = Dauer des Zuges in Sekunden.
3. *Zugvolumen* V = Rauchgasvolumen pro Zug, in Millilitern.
4. *Druckgefälle* r = Druckdifferenz, in mm Wassersäule, die sich während des Rauchzuges zwischen zwei gegebenen Messpunkten ausbildet (z.B. vor und hinter der brennenden Zigarette oder vor und hinter dem Rauchabscheider).
5. *Strömungsgeschwindigkeit* v = Rauchgasgeschwindigkeit in Millilitern pro Sekunde. Die mittlere Rauchgasgeschwindigkeit $\bar{v}$ ist gleich V/t.
6. *Zugprofil* nennen wir das Druckgefälle durch die Zigarette als Funktion der Zeit (r = f (t)).

Das Zusammenspiel dieser (zum Teil einander gegenseitig bedingenden) Faktoren ist für den Rauchvorgang kennzeichnend; wir nennen diese Begriffe daher *Kennzeichnungsgrössen.* Die Kennzeichnungsgrössen sind einerseits bedingt durch die Eigenschaften der brennenden Zigarette, und anderseits das Verhalten des Rauchers oder den Aufbau der automatischen Rauchapparatur. Von ihnen wiederum hängt die Ausbeute an Rauch und Rauchbestandteilen ab. Die folgende Uebersicht möge die Zusammenhänge klarstellen:

Primäre Faktoren		*Kennzeichnungsgrössen*		*Ausbeute an*
1. Eigenschaften der Zigarette 2. Verhalten des Rauchers (natürliches Rauchen); Art der Rauchapparatur (künstl. Rauchen)	→	1. Zugintervall T 2. Zugdauer t 3. Zugvolumen V 4. Druckgefälle r 5. Strömungsgeschwindigkeit v 6. Zugprofil	→	fester Rauchphase, Rauchnikotin und anderen Rauchbestandteilen

Die vorliegende Arbeit wurde mit der Absicht unternommen,

1. einige verbesserte Methoden zur Kontrolle der Kennzeichnungsgrössen auszuarbeiten,
2. Zusammenhänge zwischen primären Faktoren, Kennzeichnungsgrössen und Ausbeute an Rauchprodukten zu erfassen,
3. die zurzeit üblichen Rauchapparaturen auf Grund dieser Zusammenhänge zu beurteilen, und
4. die Massnahmen festzulegen, die zur genauen Einhaltung der Rauchbedingungen ergriffen werden müssen.

B. Methodisches

1. Bestimmung des Zugwiderstandes der Zigaretten

Der *Zugwiderstand* R einer Zigarette ist identisch mit dem Druckgefälle, das sich ausbildet, wenn die Zigarette von Luft mit der Geschwindigkeit $\bar{v}$ (= V/t = mittlere Rauchgasgeschwindigkeit) durchströmt wird. Die Bestimmung des Zugwiderstandes kann nur an der nicht entzündeten Zigarette erfolgen. Wir verwenden zu diesem Zweck einen Apparat, der in Fig. 1 schematisch dargestellt ist.

Die Luft wird durch die zu messende Zigarette mit einer Geschwindigkeit von 22 ml/sec. angesaugt; der Unterdruck im Mundstückraum H wird mit einem Wassermanometer M gemessen; ausgedrückt in mm Wassersäule ist er gleich dem Zugwiderstand R der Zigarette. Die Luft durchströmt anschliessend den Papierfilter F, das Nadelventil V und das Rotameter S. Dieses ist mit dem Quecksilberbarometer B verbunden, das zur Kontrolle des Teilvakuums im Rotameter dient (Druckschwankungen im Rotameter führen zu Falschanzeigen). Das Teilvakuum wird mittels des vor der Vakuumpumpe sitzenden Hahns W einreguliert. Zur Eichung des Rotameters wird der Apparatur das unten beschriebene Seifenhaut-Spirometer vorgeschaltet.

Anmerkung: Die Luftgeschwindigkeit von 22 ml/sec ist gleich der mittleren Rauchgeschwindigkeit unter den Rauchbedingungen von *Staub* und *Furrer* [13]), nach denen in unserem Laboratorium gearbeitet wird (Zugvolumen 35 ml, Zugdauer 1,6 sec). In den USA, in England und in Italien wird, entsprechend den dort üblichen Rauchbedingungen (35 ml in 2 sec), der Zugwiderstand sinngemäss bei der Luftgeschwindigkeit 17,5 ml/sec gemessen; in Deutschland erfolgt die Messung zurzeit bei 20 ml/sec [6]).

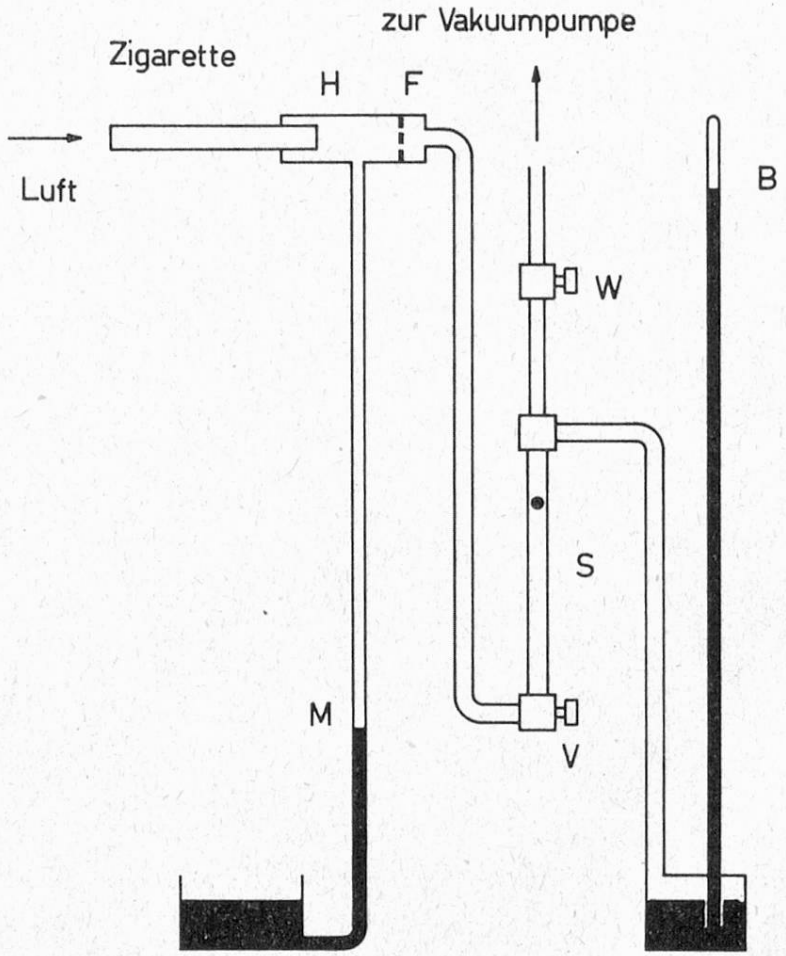

Fig. 1
Schema eines Apparates zur Messung des Zugwiderstandes von Zigaretten und Filterstäben

2. *Bestimmung des Luftzugvolumens*

Das Luftzugvolumen bestimmen wir vor der (nicht entzündeten) Zigarette mit einem Seifenhaut-Spirometer, wie es u.a. von *O'Keeffe* und *Lieser* [15]) verwendet wird.

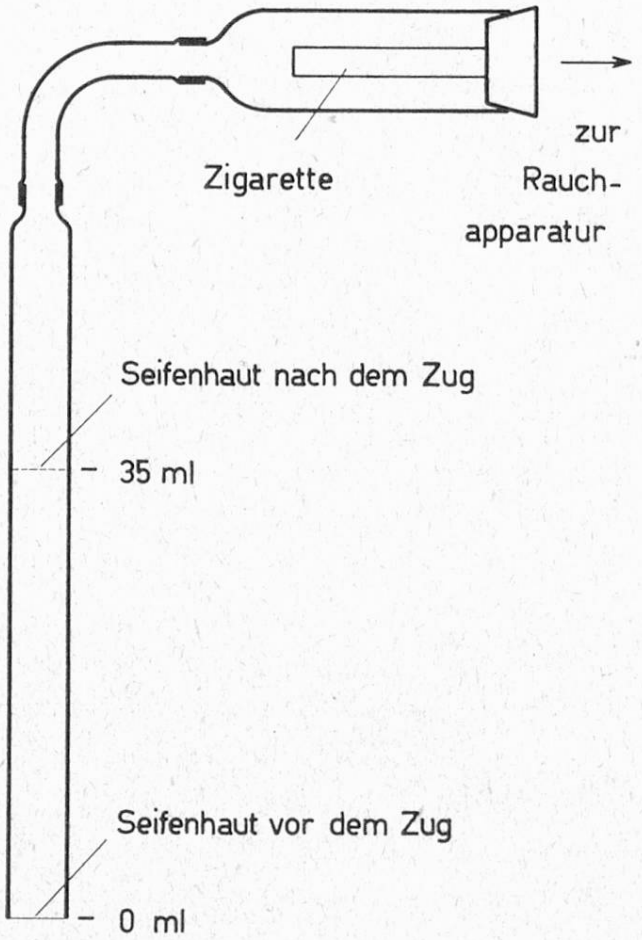

Fig. 2
Seifenhaut-Spirometer zur Messung des Luftzugvolumens vor der nicht entzündeten Zigarette

Das einfache Instrument besteht aus einem graduierten Glasrohr, das durch einen weiten Schlauch mit einer Glasglocke verbunden ist, welche luftdicht über den Zigarettenhalter gestülpt wird. An der unteren Mündung des graduierten Rohres wird eine Seifenhaut angebracht, die mit dem «Rauchzug» hochsteigt und nach dem Aufhören des Soges stehen bleibt. Das Instrument arbeitet genau, reproduzierbar und widerstandsfrei. In Verbindung mit einem Chronometer ist ein grösseres Spirometer mit zwei Marken, die ein bestimmtes Volumen begrenzen, auch als genauer Strömungsmesser verwendbar.

3. *Messung des Zugprofils*

Zur Registrierung des Zugprofils als Druck-Zeit-Diagramm hat sich bei unseren Versuchen der JAQUET-Polygraph Typ 550 *) gut bewährt. Das Instrument besteht im wesentlichen aus einer Dose, die mit einer dünnen Latexmembran verschlossen ist

*) Hersteller: Jacquet AG, Thannerstrasse 19-25, Basel

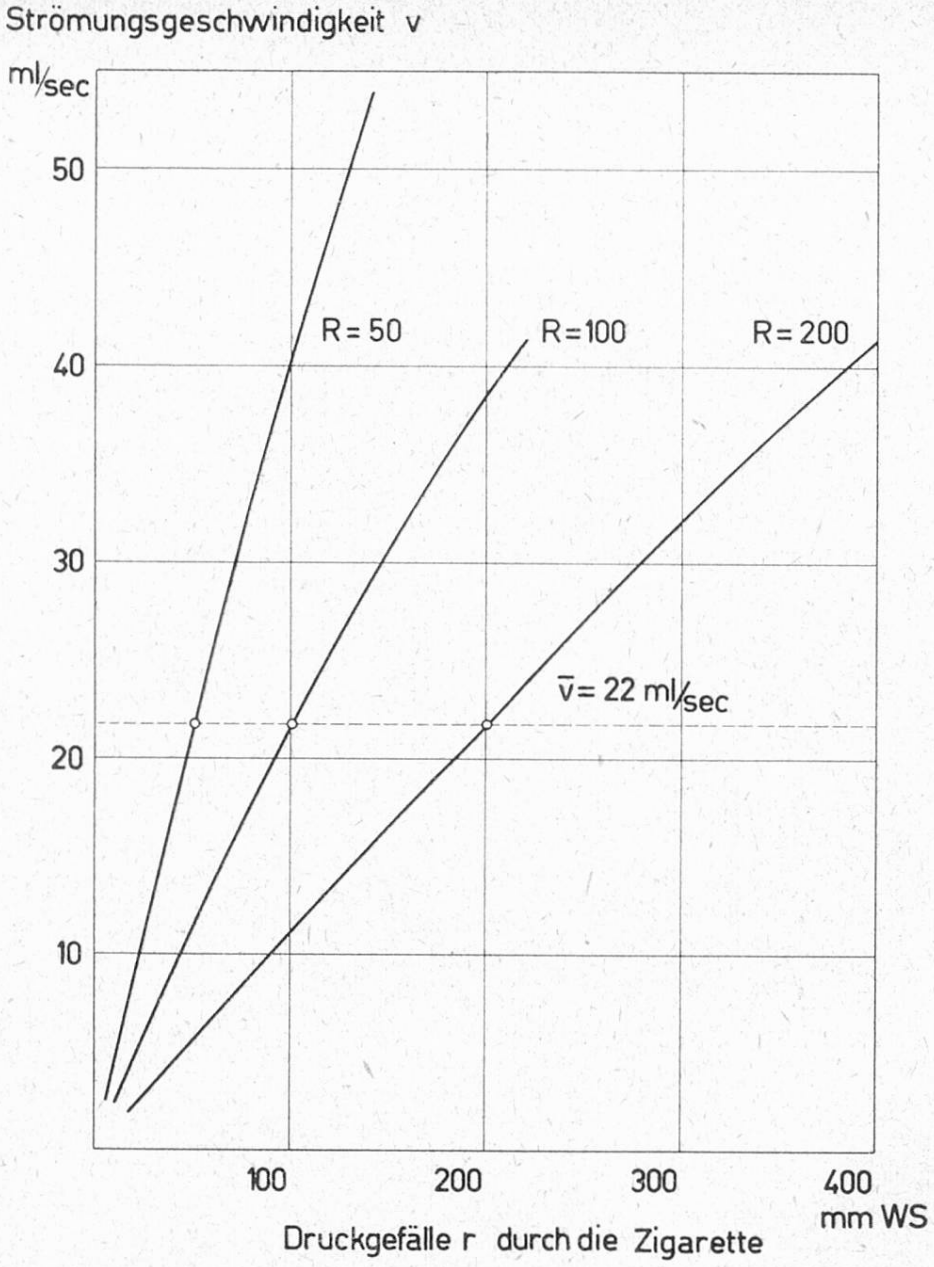

Fig. 3

Strömungsgeschwindigkeit v der eine Zigarette mit dem Zugwiderstand R durchströmenden Luft in Abhängigkeit vom Druckgefälle r

und an den Mundstückraum der Zigarette angeschlossen wird. Der Unterdruck hinter der Zigarette verursacht eine Deformation der Latexmembran, welche mit einem Hebelmechanismus auf eine Schreibfeder übertragen wird. Letztere schreibt auf ein Papierband, dessen Vorschub mit wählbarer Geschwindigkeit über einen Uhrwerkmechanismus erfolgt; am Papierrand wird ausserdem die Zeitkoordinate durch einen Schreiber markiert, der alle 0,2 Sekunden einen Impuls erhält. Das Instrument ermöglicht daher die gleichzeitige Kontrolle des *Zugprofils,* des *Druckgefälles* r und der *Zugdauer* t. Das Instrument registriert den Unterdruck praktisch trägheitsfrei von 0 bis minus 300 mm Wassersäule; im Zusammenhang mit der Zeitmarkierung auf dem Papier wird dadurch eine genaue Messung der wirklichen Zugdauer ermöglicht. Die Bestimmung des Druckgefälles ist mit einem Unsicherheitsfaktor von etwa ± 5 % des gemessenen Wertes behaftet.

4. *Angenäherte Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit*

Das mit dem JAQUET-Polygraphen erzeugte Zugprofil stellt die Druckgefälle-Zeit-Funktion dar. Es wäre jedoch die Kenntnis des Strömungs-Zeit-Diagramms von Nutzen, da das Integral über dieses Profil gleich dem Zugvolumen ist. Um die Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit v vom Druckgefälle r in dem uns interessierenden Geschwindigkeitsbereich festzustellen, haben wir Messreihen mit Zigaretten von definiertem Zugwiderstand R im Apparat nach Fig. 1 ausgeführt. Die Resultate dieser Untersuchung sind in Fig. 3 graphisch dargestellt.

Es geht daraus hervor, dass die Strömungsgeschwindigkeit dem Druckgefälle über die Zigarette angenähert proportional ist. Die Beziehung zwischen den drei Grössen v, r und R hat die Form

$$v = 22 \frac{r}{R}, \qquad \text{(I)}$$

worin R den Zugwiderstand der Zigarette bei der Standardströmungsgeschwindigkeit 22 ml/sec darstellt. Die Formel ist richtig für die Bedingung $r = R$, gibt jedoch zu niedrige v-Werte für $r < R$ und zu hohe v-Werte für $r > R$. Für praktische Zwecke ist ihre Genauigkeit aber ausreichend, insbesondere da die Druckmessung mit dem Polygraphen an sich nur beschränkt genau ist.

5. *Angenäherte Bestimmung des Rauchzugvolumens*

Die experimentelle Messung des Rauchzugvolumens kann nur *hinter* der entzündeten Zigarette erfolgen (*Staub* und *Furrer* [5])), wobei auf die analytische Aufarbeitung des Rauches verzichtet werden muss.

Mit Hilfe des Polygraphen ist es nun aber möglich, das Rauchzugvolumen näherungsweise zu ermitteln, ohne den Rauchvorgang zu stören. Wie gezeigt wurde, ist die Strömungsgeschwindigkeit dem Druckgefälle proportional. Das Integral über das Druckgefälle-Zeit-Zugprofil ist daher proportional dem Zugvolumen. In Fig. 4 wird gezeigt, wie die Integrierung graphisch durchgeführt wird.

Zu diesem Zweck teilt man das Zugprofil in «Trapeze» von der Breite $\Delta t = 0{,}1$ sec (in Fig. 4 ist Δt vergrössert gezeichnet) und misst die Höhen $r_1, r_2, \ldots r_n$ in ihrer richtigen Dimension, d.h. in mm Wassersäule Druckgefälle. Das Zugvolumen ergibt sich dann aus der Formel

$$V = \Delta t \cdot \frac{r_1 + r_2 + \ldots r_n}{R'} \cdot \bar{v} \qquad \text{(IIa)}$$

Eine Schwierigkeit entsteht dadurch, dass der Zugwiderstand *R'* der *brennenden* Zigarette nicht gemessen werden kann. Wie später dargelegt wird, erhöht sich der Zugwiderstand R einer Zigarette durch das Entzünden um etwa 25 mm, so dass die Formel IIa folgenden Ausdruck erhält:

$$V = 0{,}1 \cdot \frac{r_1 + r_2 \ldots r_n}{R + 25} \cdot 22 \qquad \text{(IIb)}$$

Aus prinzipiellen und methodischen Gründen ist das nach (IIb) berechnete Zugvolumen nur ein Näherungswert. Das Verfahren leistet trotzdem bei der Untersuchung

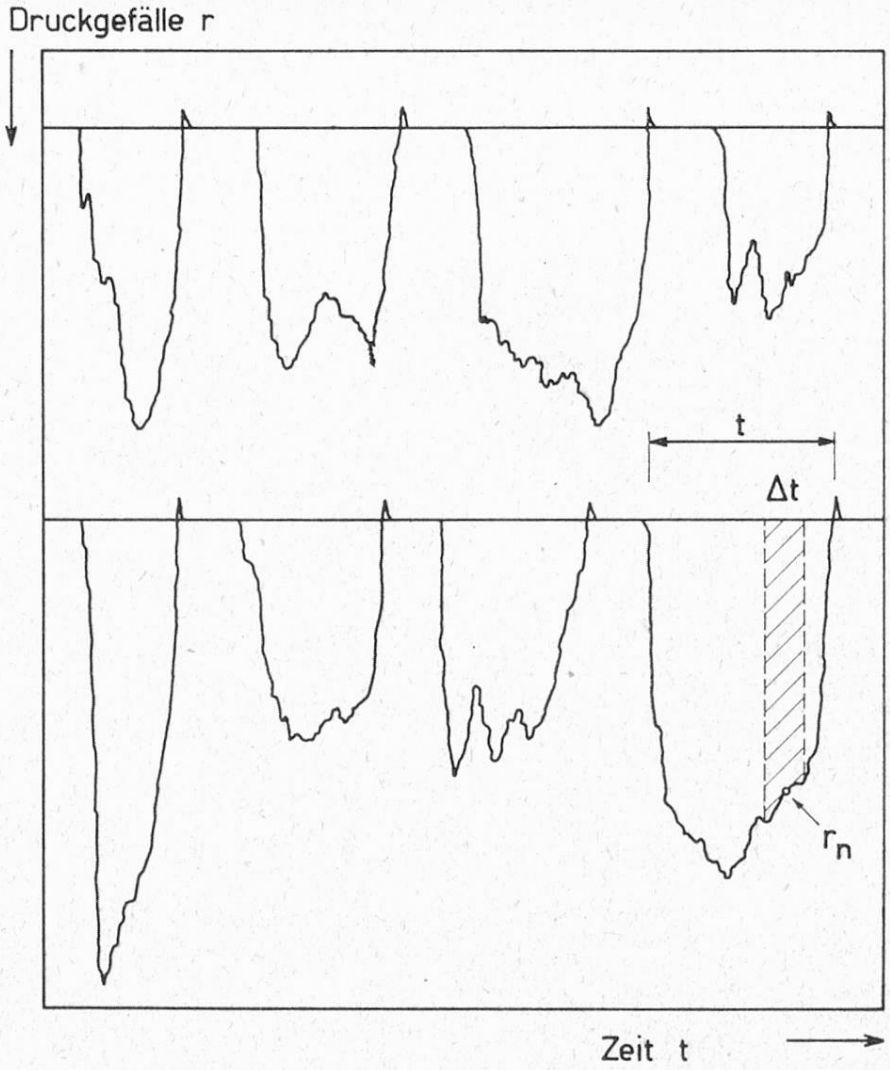

Fig. 4
Beispiele von Zugprofilen des natürlichen Rauchens, mit Prinzipschema der graphischen Integrierung des Rauchzugprofils

des natürlichen Rauchens gute Dienste, da genauere Messungen einen grossen apparativen Aufwand bedingen, welcher die Spontaneität des Rauchers beeinflusst und dadurch die natürlichen Rauchbedingungen verfälscht.

C. Verhalten der Zigarette nach dem Anzünden

Die wesentlichen Eigenschaften der Zigarette, wie Tabakart und -schnitt, Gewicht, Stopfung und Filter sind nur in dem Masse von Bedeutung, als sie den *Zugwiderstand* bedingen. Dieser allein bestimmt unmittelbar die den Rauchvorgang kennzeichnenden Grössen. Beim Entzünden erhöht sich der Zugwiderstand, da die Glutzone den Luftdurchgang bremst. Diese Erhöhung, welche für eine genaue apparative Einstellung des Zugsvolumens bedeutend ist, haben wir indirekt folgendermassen bestimmt:

Beim künstlichen Rauchen erhält man für eine gegebene Rauchapparatur ein spezifisches Rauchprofil (Fig. 5), dessen höchstes Druckgefälle r_{max} in einem konstanten Verhältnis steht zum Zugwiderstand R der untersuchten Zigarette.

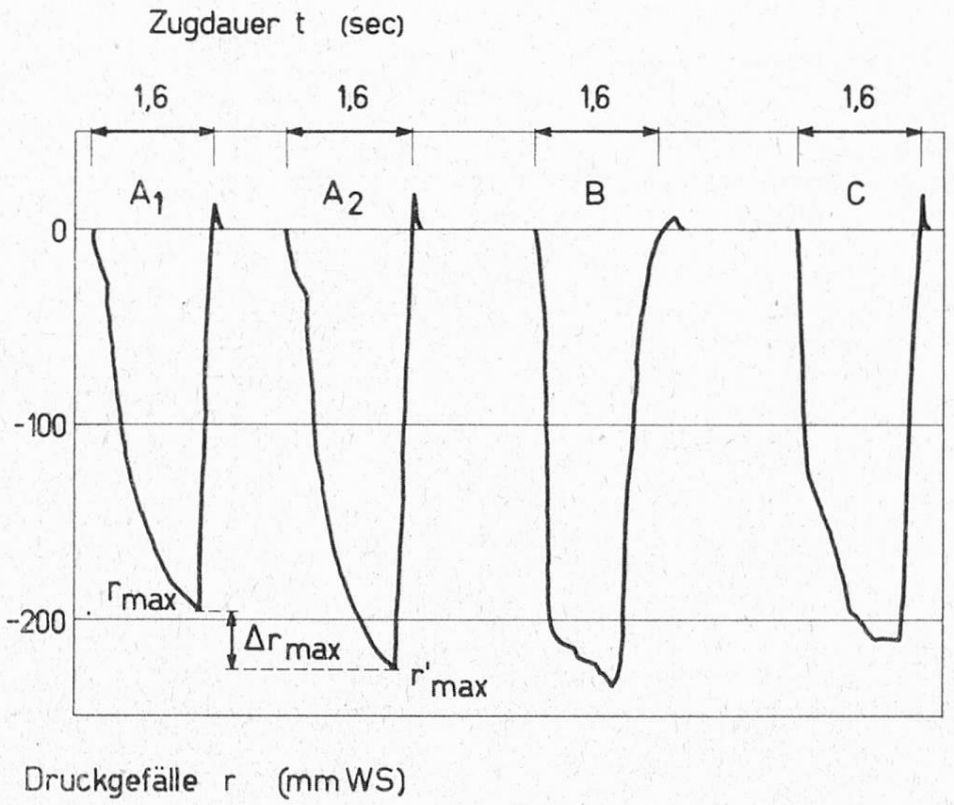

Fig. 5

Rauchprofile beim künstlichen Rauchen. Zigarette mit Zugwiderstand R = 130. Rauchapparatur RADAG nach *Staub* und *Furrer* [8])

A_1 Elektrostatischer Rauchabscheider nach *Eschle* [20]). Zigarette nicht angezündet.
A_2 Elektrostatischer Rauchabscheider. Zigarette angezündet.
B Waschflaschen nach *Staub* und *Furrer* [13]) als Rauchabscheider. Zigarette angezündet.
C Cambridge-Filter nach *Wartman* und *Harlow* [17]) als Rauchabscheider. Zigarette angezündet.

Nach dem Entzünden der Zigarette erhöht sich der Zugwiderstand um den Wert ΔR, was sich im Zugprofil in einer Erhöhung des höchsten Druckgefälles um den Wert Δr_{max} wiederspiegelt.

Wir nehmen an, dass Δr_{max} und ΔR im gleichen Verhältnis zueinander stehen, wie r_{max} und R, und schreiben daher:

$$\frac{r_{max}}{R} = \frac{\Delta r_{max}}{\Delta R}$$

ΔR berechnet sich nun nach der Formel:

$$\Delta R = \frac{R \cdot \Delta r_{max}}{r_{max}} \qquad \text{(III)}$$

Messungen an Zigaretten mit verschiedenen Zugwiderständen in einer normierten Rauchapparatur (RADAG-Rauchapparatur nach Staub und Furrer in Verbindung mit einem elektrostatischen Rauchabscheider nach Eschle) haben folgende Resultate gegeben (Tabelle 1):

Tabelle 1

Zunahme des Zugwiderstandes nach dem Anzünden von Zigaretten. Rauchapparat RADAG mit elektrostatischem Rauchabscheider von 630 ml Inhalt

Vor dem Anzünden			Nach dem Anzünden	
Zugwiderstand R	maximales Druckgefälle r_{max}	$\frac{r_{max}}{R}$	Zunahme des maximalen Druckgefälles Δr_{max}	Zunahme des Zugwiderstandes ΔR
50	70	1,40	40	29
80	105	1,31	35	27
130	195	1,50	30	20
160	240	1,50	30	20
200	295	1,48	35	24

Wir stellen fest, dass die Erhöhung des Zugwiderstandes ΔR nach dem Anzünden der Zigarette eine konstante, vom Zugwiderstand R der nicht angezündeten Zigarette unabhängige Grösse ist.

Das Ergebnis kann so formuliert werden, dass der hypothetische Zugwiderstand R' einer brennenden Zigarette 20 bis 30 mm höher ist als der gemessene Zugwiderstand R der gleichen Zigarette vor dem Anzünden:

$$R' = R + \text{ca. } 25 \qquad \text{(IV)}$$

Es handelt sich hier selbstverständlich um eine Näherungsformel, da das höchste Druckgefälle r'_{max} einer brennenden Zigarette von Zug zu Zug schwankt. Die Auswertung einer grossen Zahl von Polygraph-Diagrammen, die beim künstlichen Abrauchen von Zigaretten aufgenommen wurden, hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

a) Die spezifische Form des Zugprofils bleibt bis zum letzten Rauchzug erhalten.
b) Die Höhe des Zugprofils – und damit der hypothetische Zugwiderstand R' – fällt erst bei den zwei bis drei letzten Rauchzügen leicht ab. Nur in Ausnahmefällen wird hierbei der ursprüngliche Zugwiderstand R der noch nicht angezündeten Zigarette unterschritten.
c) Bei Filterzigaretten setzt sich der Zugwiderstand aus den Widerständen des Tabakstrangs und des Filters zusammen; ist der Widerstand des Filters gegenüber dem des Tabakstrangs gross, so fällt der Zugwiderstand R' mit kürzer werdender Zigarette fast nicht ab.

d) Der dem Aschenfall folgende Rauchzug zeichnet sich in der Regel durch ein höheres Druckgefälle aus. Anderseits ist das Druckgefälle über alle Rauchzüge hinweg äusserst konstant, sofern die Asche je zwischen zwei Zügen weggeblasen wird.

D. Natürliches Rauchen

In Fig. 4 sind einige typische *Zugprofile* dargestellt, wie sie von mehreren Personen beim Rauchen von Zigaretten verschiedenen Zugwiderstandes erhalten wurden. Der Vergleich mit drei Zugprofilen, wie sie beim automatischen Rauchen entstehen (Fig. 5), gibt einen Hinweis auf die Vielfalt der Formen beim natürlichen Rauchen gegenüber der unumgänglichen Einförmigkeit der maschinell erzeugten Rauchzüge.

Die quantitative Auswertung der beim natürlichen Rauchen erhaltenen Zugprofile führte zu folgenden Resultaten:

Das höchste *Druckgefälle* r'_{max} wird mit steigendem Zugwiderstand der Zigaretten grösser, übersteigt aber in der Regel 400 mm nicht. *Die Zugdauer* richtet sich nach dem Zugwiderstand der Zigarette: je höher der Zugwiderstand, desto länger die Zugdauer; bei extrem leichtzügigen Zigaretten (R = 50) bestimmten wir mittlere Zugzeiten von 1,1 bis 1,5 Sekunden, während schlecht ziehende Zigaretten (R = 200) Zugzeiten von 1,8 bis 2,4 Sekunden erforderten. Das *Zugvolumen* (ermittelt gemäss B. 5) streute verhältnismässig stark (von 30 bis 60 ml)bei allen Rauchern, war jedoch vom Zugwiderstand der Zigarette unabhängig. Alle diese Beobachtungen decken sich mit den Feststellungen von *Staub* und *Furrer* [13]).

In bezug auf das *Zugintervall* konnten unsere Versuche keinen Aufschluss geben, da sich die Versuchspersonen in dieser Hinsicht nicht normal verhielten.

Ausgedehnte Untersuchungen zum Verhalten des Rauchers wurden in jüngster Zeit von *Cigarette Components Ltd.*[16]) und von *Cuzin* [18]) durchgeführt. Dieser führte genaue Messungen durch, wobei der apparative Aufwand die Spontaneität der Versuchspersonen beeinflussen konnte (Verfälschung des natürlichen Zugintervalls), während jene statistisches Material über sich unbeobachtet glaubende Raucher zusammentrug. *Cuzin* bestimmte mit seiner Methode an französischen Rauchern eine mittlere Zugdauer von 1,7 Sekunden und ein mittleres Rauchzugvolumen von 34,4 ml; *Cigarette Components* ermittelten an englischen Rauchern ein durchschnittliches Zugintervall von 63 Sekunden, während das Zugvolumen und die Zugdauer nur indirekt erfasst werden konnten und daher nicht wegleitend sind.

E. Künstliches Rauchen

1. Kennzeichnungsgrössen

Um beim künstlichen Rauchen reproduzierbare Resultate zu erhalten, muss man sich auf Rauchbedingungen festlegen, die unabhängig von den Eigenschaften der Zigarette und den äusseren Umständen unverändert beibehalten werden.

Um trotzdem die Bedingungen des natürlichen Rauchens so weitgehend wie möglich beizubehalten, werden die kontrollierbaren Kennzeichnungsgrössen: *Zugintervall, Zugdauer* und *Zugvolumen* den beim natürlichen Rauchen gefundenen Mittelwerten angepasst.

In den angelsächsischen Ländern, in Italien und neuerdings auch in Deutschland wird fast ausschliesslich unter folgenden Bedingungen geraucht: Zugintervall 60 Sekunden, Zugdauer 2 Sekunden, Zugvolumen 35 ml.

Unser Laboratorium arbeitet unter den Bedingungen von *Staub* und *Furrer* [13]): Zugintervall 30 Sekunden. Zugdauer 1,6 Sekunden, Zugvolumen 35 ml. Im Gegensatz zu den erwähnten Autoren verändern wir die Zugdauer nicht, falls die zu rauchenden Zigaretten extreme Zugwiderstände aufweisen.

Die übrigen Kennzeichnungsgrössen *Druckgefälle, Strömungsgeschwindigkeit* und *Zugprofil* ergeben sich aus dem Zusammenspiel der drei kontrollierbaren Kennzeichnungsgrössen mit den primären Faktoren (Zugwiderstand R' der brennenden Zigarette, Saugmechanismus der Rauchapparatur und Art des Rauchabscheiders). Die Reproduzierbarkeit der Rauchbedingungen hängt daher bei einer gegebenen Rauchapparatur letztlich von der Homogenität der Zigaretten und der Genauigkeit ab, mit der die Bedingungen Zugintervall, Zugdauer und Zugvolumen eingehalten werden. (Die Konditionierung des Tabaks und des Raums wird vorausgesetzt).

2. *Zugdauer*

Während die genaue Einhaltung des Zugintervalls technisch einfach zu lösen ist, ergeben sich in bezug auf die Zugdauer grundsätzliche Schwierigkeiten.

In der von uns verwendeten RADAG-Rauchapparatur wird der Rauchzug durch einen Kolben erzeugt. Für einen gegebenen Zugwiderstand der Zigarette müssen der Kolbenhub, die Kolbengeschwindigkeit und das Entlüftungsventil so einreguliert werden, dass das Zugvolumen von 35 ml die Zigarette in genau 1,6 Sekunden durchströmt. Wir haben nun festgestellt, dass die wirkliche Zugdauer (mit dem JAQUET-Polygraphen unmittelbar hinter der Zigarette gemessen) kürzer ist als die Zugdauer an der Rauchmaschine. Dieser Zeitfehler ist zum Teil durch spezifische Eigenheiten unserer Rauchapparatur bedingt, hängt aber im wesentlichen von den Raum- und Widerstandsverhältnissen im Rauchabscheider ab. Bei der Verwendung eines elektrostatischen Rauchabscheiders von 630 ml Leervolumen haben wir eine wirkliche Zugdauer von 1,6 Sekunden hinter der Zigarette nur dann erhalten, wenn die Maschinenfunktionen auf 1,8 bis 2,0 Sekunden eingestellt waren.

Ganz allgemein können wir festhalten, dass die an der Rauchapparatur eingestellte oder gemessene Zugdauer nicht mit der wirklichen Zugdauer, die unmittelbar hinter der Zigarette gemessen wird, identisch sein muss. Ein Zeitfehler ist hingegen dort ausgeschlossen, wo das Entlüftungsventil am Mundstückraum der Zigarette angeschlossen ist (Beispiel: Rauchapparatur von *Schur* und *Rikkards* [12]).

Der *Einfluss der Zugdauer auf die Ausbeute an Rauchprodukten* ist klein, wie aus der folgenden Untersuchung hervorgeht:

Je 10 Zigaretten der Sorte A von gleichem Gewicht und Zugwiderstand wurden unter im übrigen gleichen Bedingungen mit der respektiven Zugdauer 0,8, 1,6 und 2,4 Sekunden geraucht. Für die Zugdauer 1,6 und 2,4 Sekunden wurde der Versuch mit je 10 Zigaretten der Sorte B wiederholt. Die Versuche ergaben, dass die Ausbeuten an Rauchteer und Rauchnikotin mit steigender Zugdauer etwas grösser werden (Tabelle 2).

Tabelle 2

Ausbeute an Rauchteer und Rauchnikotin als Funktion der Zugdauer beim künstlichen Rauchen. (RADAG-Rauchapparatur mit elektrostatischem Rauchabscheider; Zugintervall 30 Sekunden; Zugvolumen 35 ml)

	Zugdauer (Sekunden)		
	0,8	1,6	2,4
Zigarette A: mg Rauchnikotin	2,31	2,49	2,59
mg Rauchteer	22,0	25,1	25,9
Zigarette B: mg Rauchnikotin	—	3,22	3,29
mg Rauchteer	—	26,5	27,1

Auf Grund dieser Resultate kommen wir zum Schluss, dass *geringe* Abweichungen der effektiven Zugdauer vom Sollwert ohne praktische Bedeutung sind.

3. *Zugvolumen*

Unter dem Zugvolumen versteht man in der Regel das pro Rauchzug der Zigarette entströmende Rauchvolumen. Da dieses nicht genau gemessen werden kann, werden die Maschinenfunktionen vor dem Rauchen mit einer nicht entzündeten Zigarette auf das gewünschte *Luftzugvolumen* eingestellt. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass nach dem Entzünden der Zigarette grundsätzlich andere Verhältnisse vorliegen: Das Rauchgas unterscheidet sich in Temperatur und Zusammensetzung von der in die Zigarette eintretende Luft. Die Rauchgaszusammensetzung äussert sich in der Vergrösserung des Rauchvolumens gegenüber dem eingesaugten Luftvolumen. Für 35 ml eingesaugte Luft finden *Schur* und *Rickards* [12]) 42 ml Rauchgase, wobei infolge messtechnischer Schwierigkeiten diesem Verhältnis nur approximative Bedeutung zukommt. Die Volumenzunahme lässt sich hingegen genau berechnen, wenn man den Stickstoffgehalt der Rauchgase kennt, da vorausgesetzt werden darf, dass der Luftstickstoff bei der Gluttemperatur der Zigarette (max. 900° C) keine chemische Verbindung eingehe. *Carugno* und *Giovanozzi* [19]) haben gaschromatographisch Stickstoffgehalte von 67,9 bis 61,2 % im Rauchgas gefunden; daraus berechnet sich eine Volumenzunahme von 15 bis 28 %, bezogen auf die eingesaugte Luft. Ein Rauchgasvolumen von 35 ml entspricht daher einem Luftvolumen von etwa 26 bis 30 ml. Es ist letztlich eine Sache der Uebereinkunft, ob

man das Zugvolumen auf die eingesaugte Luft oder die erzeugten Rauchgase festlegt; letzteres ist aus theoretischen Gründen (zur Befriedigung seines Genusses dosiert der Raucher das der Zigarette entströmende Rauchvolumen) und vom praktischen Standpunkt aus (Konstruktion der Rauchapparatur) zweifellos vorzuziehen. Die jüngste Untersuchung über das natürliche Rauchen von *Cuzin* [18]) hat übrigens ein durchschnittliches *Rauch*volumen von 34,4 ml gezeitigt und damit das heute fast allgemein übliche Rauchvolumen von 35 ml beim künstlichen Rauchen bestätigt.

Neben diesem Unterschied zwischen eingesaugtem Luftvolumen und Rauchgasvolumen von 15 % bis 28 % wegen der Veränderung der Gaszusammensetzung bei der Verbrennung, ergibt sich noch ein zweiter Volumenfehler. Diese weitere Abweichung vom Sollwert rührt primär von Aenderungen im Druckgefälle nach dem Entzünden der Zigarette her, wird aber wesentlich mitbedingt, von den Raum- und Widerstandsverhältnissen im Rauchabscheider. Für ein gegebenes System von Rauchmaschine und Rauchabscheider haben wir das aus einer Erhöhung des Zugwiderstandes der Zigarette resultierende Volumendefizit gemessen:

Rauchapparatur RADAG als Saugquelle, der für je eine Versuchsreihe einer der folgenden Rauchabscheider vorgeschaltet wurde:

A. Elektrostatischer Abscheider nach *Eschle* [20]) (Leervolumen 630 ml, druckgefällfrei).

B. Leeres Gefäss von 320 ml Inhalt als hypothetischer mittelgrosser Elektroabscheider (druckgefällfrei).

C. Leeres Gefäss von 120 ml Inhalt als hypothetischer kleiner Elektroabscheider (druckgefällfrei).

D. Zwei Waschflaschen in Serie nach *Staub* und *Furrer* [13]) (Druckgefälle bis 700 mm Wassersäule).

E. Cambridge-Glasfaserfilter nach *Wartman* und *Harlow* [17]) (Leervolumen nur wenige ml; Zugwiderstand des sauberen Filters 14 mm Wassersäule).*)

F. Mit dem Rauch von 5 Zigaretten belegter Cambridge-Filter (Zugwiderstand 170 mm Wassersäule).

Da aus messtechnischen Gründen Versuche zur Messung des Volumenfehlers nicht an brennenden Zigaretten vorgenommen werden können, ersetzten wir die Zigaretten durch Filterstöpsel von definierten Zugwiderständen R = 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 mm Wassersäule. In jeder der Versuchsreihen A bis E wurde wie folgt vorgegangen. Die Funktionen der Rauchmaschine wurden mit dem Widerstand R = 25 auf das Zugvolumen 35 ml eingestellt. Ohne die Apparatur zu verändern, wurde der Eichwiderstand R = 25 durch die nächsthöheren Widerstände ersetzt und die resultierenden Zugvolumina mit dem Seifenhaut-

*) Hersteller: Phipps & Bird, Inc., 6 th & Byrd Streets, Richmond, Va., USA.

Spirometer gemessen. Das Verfahren wurde sinngemäss mit den Eichwiderständen 50, 75, usf. wiederholt. Das Resultat der Versuche ist in Fig. 6 graphisch dargestellt.

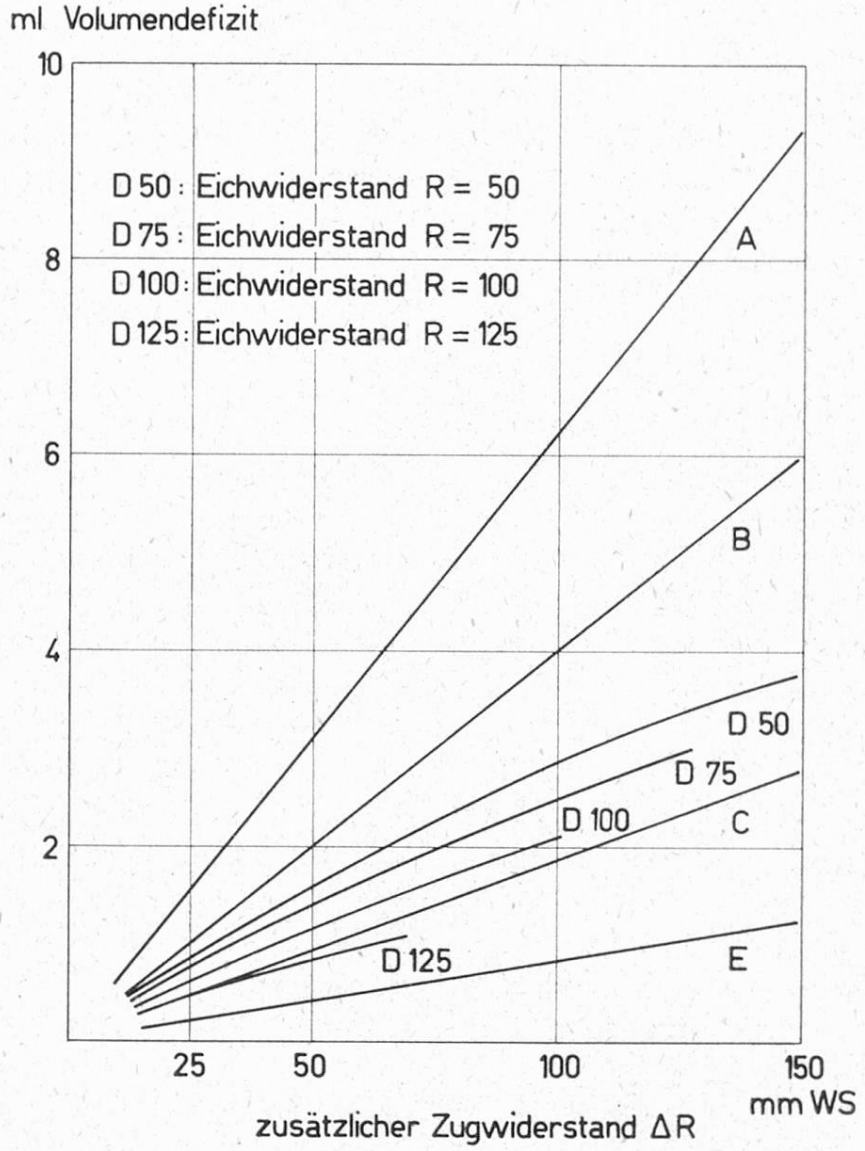

Fig. 6

Zugvolumendefizit in Abhängigkeit des zusätzlichen Zugwiderstandes ⊿R bei verschiedenen Rauchabscheidern. Rauchapparatur RADAG

A = elektrostatischer Rauchabscheider von 630 ml Inhalt
B = leeres Gefäss von 230 ml Inhalt als hypothetischer Rauchabscheider
C = leeres Gefäss von 120 ml Inhalt als hypothetischer Rauchabscheider
D = zwei Waschflaschen in Serie als Rauchabscheider
E = Cambridge-Filter als Rauchabscheider

Es ergibt sich daraus, dass bei der Verwendung der Rauchabscheider A, B, C und E (alle praktisch widerstandsfrei) das Volumendefizit unabhängig vom Eichwiderstand und proportional dem zusätzlichen Zugwiderstand ΔR ist; der Proportionalitätsfaktor wächst mit zunehmendem Leervolumen des Rauchabscheiders.

Werden zur Rauchabsorption die Waschflaschen D (mit hohem Eigenwiderstand) verwendet, ist das Volumendefizit zwar gleichfalls dem zusätzlichen Zugwiderstand ΔR angenähert proportional; der Proportionalitätsfaktor ist jedoch *abhängig von der Höhe des Eichwiderstandes* (umso kleiner, je grösser der Eichwiderstand).

Beim Versuch F wurde die Eichung der Apparatur mit einem sauberen Cambridge-Filter (E) vorgenommen. Ohne den Eich-Filterstöpsel und die Einstellung an der Apparatur zu verändern, wurde hierauf ein mit dem Rauch von 5 Zigaretten belegter Cambridge-Filter (Zugwiderstand 170 mm) eingesetzt. Das dabei gemessene Volumendefizit betrug nur 0,8 ml.

Die Versuche führen zum Schluss, dass eine Erhöhung des Zugwiderstandes der Zigarette zu einem Volumendefizit führt, das mit steigendem Leervolumen des Rauchabscheiders wächst und das im Spezialfall der Waschflasche als Rauchabscheider noch vom ursprünglichen Zugwiderstand der zu verrauchenden Zigarette abhängt. Im Abschnitt C (Formel IV) wurde gezeigt, dass der Zugwiderstand einer Zigarette nach dem Entzünden sich um etwa 25 mm erhöht. Unter der vereinfachenden Annahme, dass dieses Widerstandsinkrement für beliebige Rauchapparaturen und Rauchabscheider gelte, können wir die in der Praxis zu erwartenden Volumendefizite wie folgt abschätzen (Tabelle 3).

Tabelle 3

Volumendefizit in Abhängigkeit des Rauchabscheiders (RADAG-Rauchapparatur; Sollwert des Zugvolumens 35 ml)

Rauchabscheider		Volumendefizit (ml)
E/F	Cambridge-Filter	0,2—1,0 *)
C	Elektroabscheider 120 ml	0,5
D	Waschflaschen nach *Staub* und *Furrer*	0,5—0,9 **)
E	Elektroabscheider 320 ml	1,0
A	Elektroabscheider 630 ml	1,6

*) 0,2 ml beim Anzünden der ersten, 1,0 ml am Ende der fünften Zigarette (5 Zigaretten können durch einen Cambridge-Filter geraucht werden).

**) Je nach dem Zugwiderstand der Zigarette.

Der *Einfluss des Zugvolumens auf die Ausbeute an Rauchprodukten* wurde unter anderem von *Cigarette Components* [21]) und *Eschle* [20]) untersucht. Wir entnehmen den Arbeiten dieser Autoren, dass eine Verkleinerung des Zugvolumens

weniger Teer und Nikotin im Hauptstromrauch zur Folge hat. Soll der dadurch bedingte Analysenfehler vermieden werden, so muss man das Zugvolumendefizit dadurch ausschliessen, dass die Funktionen der Rauchapparatur mit einer Zigarette eingestellt werden, deren Zugwiderstand $\overline{R}+25$ mm beträgt, wobei $\overline{R}$ der mittlere Zugwiderstand der zu verrauchenden Zigaretten darstellt.

Der Volumenfehler kann ganz ausgeschlossen werden, wenn es gelingt, eine Rauchapparatur zu konstruieren, die auf Aenderungen im Druckgefälle während des Abrauchens unempfindlich ist. Die Kombination einer Injektionsspritze als Saugquelle (hermetisch dichtender Saugkolben) mit einem Cambridge-Filter als Rauchabscheider (minimales Leervolumen) ergab ein System, das bei Druckgefällschwankungen bis 400 mm zeitgenau und volumenfehlerfrei arbeitete.

F. Rauchapparaturen

Bei der Diskussion der zurzeit üblichen Rauchapparaturen ist es von Vorteil, den Saugteil der Maschine vom Rauchabscheider getrennt zu besprechen.

1. Saugquelle

Entsprechend dem Funktionsprinzip, das beim Bau einer Rauchapparatur in erster Linie angestrebt wurde, lässt sich die Mehrzahl der neueren Apparate einteilen in druckgenaue, volumengenaue, zeitgenaue und kombinierte Maschinen, wobei letztere Zeit- *und* Volumengenauigkeit anstreben.

Druckgenaue Maschinen. Bei der Maschine von *Girardet* et al.[11]) wird das Druckgefälle hinter der Zigarette während der Zugdauer auf einem konstanten Wert gehalten. Dabei ergibt sich ein sehr grosser Volumenfehler entsprechend den wechselnden Zugwiderständen der zu verrauchenden Zigaretten.

Volumengenaue Maschinen. Apparate von *Pfyl* und *Schmitt* [2]) und *Staub* und *Furrer* [5]) (Ansaugen eines konstanten Rauchgasvolumens mit einer fallenden Quecksilbersäule), *Bradford* et al. [3]) und *Cigarette Components Ltd.* [10]) (fallende Wassersäule). Bei Schwankungen im Druckgefälle arbeiten diese Apparaturen nicht zeitgenau. Dieser Nachteil wird aufgehoben, wenn die frei fallende Flüssigkeitssäule durch einen zwangsläufig bewegten Kolben ersetzt wird (*O'Keeffe* und *Lieser* [15])).

Zeitgenaue Maschinen. Als Saugquelle dient ein definiertes Vakuum, das während der Zugdauer mit der brennenden Zigarette verbunden wird. Das System wird verwendet von *Wynder* et al. [7]), *Wahl* und *Heil* [6]) und *Schur* und *Rickards* [12]). Schwankungen im Zugwiderstand der Zigarette führen zu Volumenfehlern, die auch durch den Einbau eines Strömungsmessers [6])[12]) nicht vermieden werden können.

Kombinierte Maschinen. Es handelt sich hier entweder um Kolbenmaschinen, die mit automatischen Ventilen Zeitgenauigkeit anstreben, wie die Apparate von *Staub* und *Furrer* [8]), *Cigarette Components Ltd.* [9]) und *Schur* und *Rickards* [12]),

und die in Verbindung mit einem Rauchabscheider von kleinem Leervolumen nahezu optimale Bedingungen gewährleisten, oder um die Vakuum-Zeit-Maschine von *Keith* und *Newsome* [14]), die mit einem komplizierten System von Vakuumbehälter, Druckgefällregulator und vier Ventilen arbeitet und deshalb für Routineuntersuchungen nicht als sehr geeignet erscheint.

2. *Rauchabscheider*

Ein vollkommener Rauchabscheider soll drei Bedingungen gleichzeitig erfüllen: Kleinstmögliches Leervolumen, kleines und konstantes Druckgefälle, quantitative Rauchabscheidung. Aus der nachstehenden Uebersicht geht hervor, dass in der Praxis diese Bedingungen nur sehr angenähert erreicht werden.

Ein *sehr kleines Leervolumen* haben die Kapillare nach *Wenusch* [4]) (Mehrmals gebogene Kapillare von etwa 0,5 mm Innendurchmesser; Nachteil grosses Druckgefälle) und der Cambridge-Filter [17]) (kleines Druckgefälle, das aber infolge der Belegung mit Rauch zunimmt).

Ein *kleines Leervolumen* besitzen die Kühlfalle nach *Schur* und *Rickards* [12]) und der trockene Wattefilter nach *Wahl* und *Heil* [6]) (arbeiten nicht ganz quantitativ), der tiefgekühlte Filter aus Cellulosepulver nach *Keith* und *Newsome* [14]) (grosses Druckgefälle und unhandlich in der Anwendung) und der kleine elektrostatische Abscheider der *Cigarette Components Ltd.* (Elektrodenspannung 20 000 Volt, arbeitet quantitativ und hat kein Druckgefälle).

Ein *mittleres bis grosses Leervolumen,* verbunden mit einem grossen Druckgefälle, haben die Waschflaschen nach *Staub* und *Furrer* [13]) und *Bradford* et al.[3]) (hier verbunden mit einem grossvolumigen Sedimentationsraum).

Widerstandsfrei arbeiten der elektrostatische Abscheider [1]) nach *Eschle* [20]) und das Sedimentationsgefäss mit Waschturm der *Cigarette Components Ltd.* [9]); beide Systeme haben jedoch ein grosses Leervolumen, das beim intermittierenden Rauchen als Luftkissen wirkt und Zeit- und Volumenfehler verursacht.

Am vorteilhaftesten erscheinen der kleine Elektroabscheider der *Cigarette Components Ltd.* und der *Cambridge-Filter,* letzterer allerdings nur in Verbindung mit einem hermetisch dichten Saugkolben.

3. *Zugprofil*

Das Zugprofil beim künstlichen Rauchen ist spezifisch bedingt durch das System Saugquelle-Rauchabscheider und kann in der Regel nicht beeinflusst werden. Eine Ausnahme bildet der Apparat von *Keith* und *Newsome* [14]), welcher eine beschränkte Variationsmöglichkeit zulässt. Es ist jedoch grundsätzlich möglich, eine Maschine zu konstruieren, die ein gewünschtes Zugprofil erzeugt, indem als Saugquelle ein Kolben verwendet wird, dem mit einer Nockenscheibe ein spezifisches Beschleunigungsprofil gegeben wird; der Rauchabscheider muss klein und widerstandsfrei sein, um das im Saugkolben erzeugte Geschwindig-

keitsgefälle nicht zu puffern. Für routinemässige Untersuchungen, die hier allein zur Diskussion stehen, ist eine derartige Flexibilität der Rauchapparatur allerdings nicht zweckmässig.

G. Schlussfolgerungen

1. Die Bedingungen des künstlichen Rauchens sind gegeben durch die drei kontrollierbaren Kennzeichnungsgrössen Zugintervall, Zugvolumen und Zugdauer. Die Wahl dieser drei Grössen bedingt die Ausbeute an Rauchprodukten, wobei dem Zugintervall der grösste und der Zugdauer der kleinste Einfluss zukommt.
2. In bezug auf die genaue Einhaltung des Zugintervalls ergeben sich keine apparativen Probleme. Es wäre aber anderseits wünschenswert, dass in allen Laboratorien mit dem gleichen Zugintervall geraucht würde, um vergleichbare Resultate zu erhalten.
3. Die fehlerfreie Reproduzierung von Zugvolumen und Zugdauer ist mit den zurzeit gebräuchlichen Rauchapparaturen nicht gesichert. Der Fehler kann auf ein Minimum verkleinert werden, indem die Volumen- und Zeitfehler quantitativ erfasst und durch entsprechende Korrekturen an der Einstellung des Apparates kompensiert werden. Wie dabei vorgegangen werden kann, wurde in der vorliegenden Arbeit gezeigt.
4. Die Homogenität des Zigarettenmaterials in bezug auf den Zugwiderstand ist bei diesem Vorgehen eine notwendige Voraussetzung. Die Bestimmung des Zugwiderstandes sollte daher nach einer einheitlichen Methode erfolgen.
5. Es ist grundsätzlich möglich, eine Rauchapparatur zu konstruieren, die unabhängig vom Zugwiderstand der Zigarette zeit- und volumengenau arbeitet.

Zusammenfassung

Es werden Methoden beschrieben zur Bestimmung des Zugwiderstandes von Zigaretten und von folgenden, den Rauchvorgang kennzeichnenden Grössen: Luftzugvolumen, Zugdauer, Druckgefälle, Strömungsgeschwindigkeit und Rauchzugvolumen. Aus dem Zusammenspiel dieser Grössen mit apparativ bedingten Faktoren entsteht ein spezifisches Rauchzugprofil, das registriert und mit Rauchzugprofilen des natürlichen Rauchens verglichen wird. Nach dem Anbrennen der Zigarette erhöht sich deren Zugwiderstand; die sich daraus ergebenden Abweichungen im Rauchzugvolumen werden für eine gegebene Rauchapparatur angenähert bestimmt (je nach Apparatur beträgt das Volumendefizit 0,6 bis 4,6 Prozent des Sollvolumens). Der Einfluss von Abweichungen im Zugintervall, im Zugvolumen und in der Zugdauer auf die Ausbeute an Rauchprodukten wird besprochen. Diese erhöht sich stark infolge der Verkürzung des Zugintervalls und der Vergrösserung des Zugvolumens, und schwach durch die Verlängerung der Zugdauer. Nach einer kritischen Uebersicht über die zurzeit üblichen Rauch-

apparaturen werden die Massnahmen besprochen, die zur Innehaltung genauer Rauchbedingungen ergriffen werden können und die Bedingungen umrissen, denen eine fehlerfrei arbeitende Rauchmaschine gehorchen muss.

Résumé

Il s'agit de la description des méthodes permettant de déterminer la résistance à l'air et de quelques variables définissant le procédé de fumer. L'intéraction de ces variables et notamment le volume d'air aspiré, la durée de la bouffée, la chute de pression, le débit d'air et le volume de fumée ainsi que des facteurs conditionnés par les différents appareils donnent un diagramme spécifique du procédé de fumer. On y fait la comparaison entre le procédé naturel et artificiel.

Lorsqu'on allume une cigarette, la résistance à l'air augmente, d'où différence du volume de fumée. Cette différence est mesurée pour un appareil à fumer déterminé. (Suivant l'appareil la perte de volume varie entre 0,6 et 4,6 % du volume initial.) On y discute ensuite l'influence de la déviation du volume, de l'intervalle et de la durée de la bouffée sur le rendement de fumée. Le rendement augmente fortement lorsque l'intervalle entre les bouffées diminue et que le volume s'accroît et légèrement lorsque la durée de la bouffée est prolongée. Les appareils à fumer utilisés actuellement sont passés en revue, et les mesures à prendre pour déterminer les conditions exactes dans lesquelles il faut fumer sont discutées. Finalement, les conditions que doit remplir une machine à fumer irréprochable sont exposées.

Summary

Some methods to determinate the resistance to draw and several variables defining the smoking process are described in this paper. Those variables, namely the puff-volume of aspired air, the puff duration, the pressure drop, the air velocity and the smoke volume, interacting with factors due to a given apparatus produce a specific smoking diagram.

It is set forth for the smoking machine and individuals and a comparison between artificial and natural smoking is drawn.

It is known that after lighting a cigarette, the resistance increases. The influence of this increase upon the smoke volume is determinated for a given smoking apparatus. (The loss in volume varies from 0,6 to 4,6 % of the given volume.) Furthermore, the influence of the deviation in draw-volume, -intervals and -duration upon the yield of smoke solids is discussed. The solids increase strongly with abbreviation of draw interval and with larger volume and to a lesser degree with a longer puff-duration. A survey of the smoking machines presently used is given and the measures necessary to ensure exact smoking conditions discussed. Finally the conditions with which the faultless smoking machine has to comply are determinated.

Literatur

1) *J. P. Baumberger,* J. of Pharmacol. **21**, 47-57 (1923).
2) *B. Pfyl* und *O. Schmitt,* Z.U.L., **66**, 501-510 (1933).
3) *J. A. Bradford, W. R. Harlan* und *H. R. Hanmer,* Ind. Eng. chem., **28**, 836-839 (1936).
4) *A. Wenusch,* Der Tabakrauch, Bremen, 1939, S. 23.
5) *M. Staub* und *H. Furrer,* diese Mitt. **44**, 371-377 (1953).
6) *Wahl* und *O. Heil,* Tabakforschung, Sonderheft Juli 1953, S. 16-20.
7) *E. L. Wynder, E. A. Graham* und *A. B. Croninger,* Cancer Research, **13**, 855-864 (1953).
8) *M. Staub* und *H. Furrer,* diese Mitt. **45**, 473-476 (1954).
9) *Cigarette Components Ltd.,* Friendly House, 21-23, Chiswell Street, London E. C., I, Bulletin March 1955.
10) Ibid., Bulletin September 1955.
11) *C. Decker, A. Girardet, P. Golaz* und *R. Regamey,* diese Mitt. **46**, 178-182 (1955).
12) *M. O. Schur* und *J. C. Rickards,* Tobacco, **144** (No. 4), 18-25 (1957).
13) *M. Staub* und *H. Furrer,* diese Mitt. **48**, 94-116 (1957).
14) *C. H. Keith* und *J. R. Newsome,* Tobacco, **144** (No. 13), 26-32 (1957).
15) *A. E. O'Keeffe* und *R. C. Lieser,* Tobacco, **146** (No. 22), 20-23 (1958).
16) *Cigarette Components Ltd.,* London, Bulletin October 1957.
17) *W. B. Wartman, Jr.* und *E. S. Harlow,* Communication at the 133rd National Meeting of the American Chemical Society, San Francisco, April 13-18 (1958).
18) *J. Cuzin,* Communication No. 60 au Congrès scientifique international du Tabac, Bruxelles, 8-15 juin 1958.
19) *N. Carugno* und *G. Giovanozzi-Sermanni,* Il Tabacco, **62** (No. 688), 258-262 (1958).
20) *K. Eschle,* diese Mitt. **49**, 275-289 (1958).
21) *Cigarette Components Ltd.,* London, Bulletin June 1958.