

## **Eine neue Maschine zum gleichzeitigen Abrauchen mehrerer Cigaretten**

von P. Waltz, M. Häusermann, E. Nyári und G. Montandon

Vereinigte Tabakfabriken AG., Neuchâtel-Serrières (Schweiz).

### GRUNDSÄTZLICHES

#### *Zeitgenaue und volumengenaue Rauchmaschinen*

Eine Rauchmaschine hat die Aufgabe, in periodischen Zeitabständen ein definiertes Rauchvolumen während einer bestimmten Zugdauer aus einer Cigarette anzusaugen und den Rauch quantitativ niederzuschlagen. Das Zugintervall ist eine reine Maschinenkonstante, die ohne Schwierigkeit genau eingehalten werden kann. Sowohl Zugvolumen als auch Zugdauer sind jedoch abhängig von dem Zugwiderstand der Cigarette; das Ausmaß dieser Abhängigkeit wird durch die Widerstands- und Volumenverhältnisse im Rauchabscheider sowie durch die Art der Saugquelle bestimmt. Eine genau arbeitende Rauchmaschine muß daher so konstruiert werden, daß Änderungen im Zugwiderstand der Cigarette einen minimalen Fehler im Zugvolumen bzw. in der Zugdauer verursachen. Die Konstruktionsprinzipien einer solchen Maschine wurden von *Dobrowsky*<sup>6</sup> und *Waltz et al.*<sup>10</sup> beschrieben. In der Praxis unterscheidet man zwischen zeitgenauen und volumengenauen Maschinen. Bei jenen wird die Zugdauer durch ein automatisches Ventil auf den gewünschten Wert gebracht, während das Zugvolumen in Abhängigkeit vom Zugwiderstand der Cigarette vom Sollwert abweicht. Bei der zweiten Maschinenart wird das gewünschte Zugvolumen fehlerfrei eingehalten, während die Zugdauer mit größer werdendem Zugwiderstand der Cigarette zunimmt. Für zeitgenaue Maschinen wird als Saugquelle meist eine Vakuumpumpe (z. B. <sup>8</sup>), häufig in Verbindung mit einem Vakuumreservoir (z. B. <sup>3 5 10 11 13</sup>), oder auch eine Kolbenpumpe verwendet (z. B. <sup>14 15</sup>), Volumengenaue Maschinen arbeiten ausschließlich mit einer fallenden Flüssigkeitssäule (z. B. <sup>2 4</sup>) oder einer Kolbenpumpe<sup>9</sup>. Die Art des Rauchabscheiders hat auf den Maschinentyp keinen Einfluß; es ist aber festzuhalten, daß der Volumen- bzw. der Zeitfehler um so größer wird, je größer Leervolumen und Zugwiderstand des Rauchabscheiders sind.

Der Einfluß des Volumen- bzw. des Zeitfehlers auf die Ausbeute an Rauchprodukten ist für die Wahl zwischen den beiden Maschinentypen bestimmend. Wir haben festgestellt, daß die während des Rauchzuges in den Hauptstrom verbrennende Tabakmenge dem Zugvolumen angenähert proportional ist<sup>17</sup>; die gleiche Beobachtung wurde von *Keith* und *Newsome*<sup>10</sup>, *Eschle*<sup>7</sup> und *Golaz et al.*<sup>8</sup> für die Ausbeute an Rauchprodukten gemacht. (Diese Beziehung ist zwar nicht linear; es kann jedoch Proportionalität angenommen werden, wenn das Zugvolumen nur um wenige Millimeter vom Sollvolumen abweicht.) Abweichungen von  $\pm 1$  ml um das Sollvolumen sind bei den derzeit verwendeten Rauchmaschinen ohne weiteres möglich (siehe z. B.<sup>10</sup>); daraus ergibt sich eine Streuung in der Rauchausbeute von  $\pm 3\%$ .

Andererseits steht fest, daß Schwankungen in der Zugdauer (d. h. in der Sauggeschwindigkeit bei konstantem Zugvolumen) praktisch keinen Einfluß auf die Rauchausbeute haben. *Keith* und *Newsome*<sup>10</sup> erhielten bei der Verdreifachung der Zugdauer von 1 auf 3 Sekunden eine Erhöhung der Rauchausbeute von 4%; *Waltz et al.*<sup>18</sup> fanden eine Zunahme der Rauchprodukte von 2–3% für eine Verlängerung der Zugdauer von 1,6 auf 2,4 Sekunden. Solche Schwankungen in der Zugdauer kommen aber beim künstlichen Rauchen nicht vor; in der Praxis ist mit einem Fehler in der Rauchausbeute von höchstens  $\pm 1\%$  zu rechnen.

Da als eine der Grundvoraussetzungen für die zu bauende Rauchapparatur festgelegt war, daß mehrere Zigaretten gleichzeitig abgeraucht werden können, und damit eine Sofortkorrektur der Maschine entsprechend der von Zigarette zu Zigarette schwankenden Zugwiderstände ausgeschlossen ist, entschlossen wir uns auf Grund der obigen Überlegungen, eine *volumengenaue* Maschine zu konstruieren.

#### *Gleichzeitiges Abrauchen mehrerer Zigaretten*

Das Problem, mehrere Zigaretten gleichzeitig zu rauchen, wurde bisher folgendermaßen gelöst.

1. Der Rauchzug wirkt gleichzeitig auf mehrere Zigaretten (z. B. *Bonnet* und *Neukomm*<sup>1</sup>). Diese Methode ist grundsätzlich abzulehnen, da dabei die einzelnen Zigaretten, entsprechend den Schwankungen im Zugwiderstand, mit einem verschiedenen Zugvolumen geraucht werden.
2. Es werden gleichzeitig mehrere Abraucheinheiten parallel betrieben, wobei jede Zigarette ihren eigenen Rauchabscheider hat. Dieses Prinzip wurde u. a. von *Cigarette Components Ltd.*<sup>3</sup>, *O'Keeffe* und *Lieser*<sup>9</sup> und *Keith* und *Newsome*<sup>10</sup> befolgt. Ein solches Vorgehen ist aber umständlich, da zu viele Rauchkondensate gleichzeitig anfallen; deshalb werden in der Regel auch nicht mehr als vier Einheiten gleichzeitig betrieben.
3. *Schur* und *Rickards*<sup>14</sup> verwenden ebenso viele Rauchabscheider wie gleichzeitig zu rauchende Zigaretten, jedoch nur *einen* Saugmechanismus, der über ein Vielwegventil wechselweise mit den einzelnen Rauchabscheidern verbunden wird. Auch hier werden jedoch zu viele Rauchkondensate gleichzeitig erhalten.
4. Das eben erwähnte Vielwegventil wird *vor* den Rauchabscheider gesetzt, wodurch mehrere Zigaretten in den gleichen Rauchabscheider abgeraucht werden können. Um den Rauchweg von der Zigarette zum Abscheider kurz zu halten, werden die Zigaretten direkt auf das Vielwegventil gesteckt, das als Revolverkopf ausgebildet ist. Wir unterscheiden zwischen Maschinen, deren Revolverkopf gleichförmig dreht, wobei die Zugdauer durch die gegenseitige Verschiebung der Mündungen im Revolverkopf bestimmt wird (*Paulig*<sup>12</sup>) und Apparaturen mit ruckweiser Verschiebung der Zigaretten. Bei den letzteren wird die Zugdauer entweder durch die Drehung des Revolverkopfes selber (*Seehofer*<sup>13</sup> und *Miller*<sup>11</sup>) oder durch ein autonomes Magnetventil (*Golaz et al.*<sup>8</sup>) bestimmt. Bei der Anwendung dieses Prinzips stellt sich die Frage, ob eine bewegte Zigarette beim Rauchen sich gleich verhalte wie eine ruhende Zigarette. Abgesehen von diesem Vorbehalt ist der drehende Revolverkopf zweifellos die zweckmäßigste Lösung zum gleichzeitigen Abrauchen mehrerer Zigaretten.

Für unsere Maschine wählten wir das von *Golaz et al.*<sup>8</sup> beschriebene Prinzip in Verbindung mit einem automatischen Ventil. Letzteres war notwendig, weil wir im Hinblick auf das volumengenaue Prinzip als Saugquelle eine Kolbenpumpe vorsahen.

Eine Neukonstruktion einer Rauchmaschine wurde unternommen, weil keine der bisher bekannten Maschinen gleichzeitig den beiden folgenden Anforderungen genügt:

1. Zugvolumen unabhängig von Änderungen im Zugwiderstand der Cigarette. Es gibt wohl Maschinen, die Änderungen im Zugvolumen während des Rauchens anzeigen<sup>5</sup> 18; bei einer Mehrfach-Rauchmaschine ist es aber nicht möglich, die Korrekturen laufend vorzunehmen, da der Widerstand der jeweils nächstfolgenden Cigarette nicht vorausgesehen werden kann.
2. Gleichzeitiges Abrauchen mehrerer Cigaretten in einen einzigen Rauchabscheider.

Diese beiden Postulate verlangten die Verwendung folgender Bauelemente: Saugquelle: Kolbenpumpe (Rauchzugvolumen konstant). Rauchabscheider: Von möglichst kleinem Volumen und widerstandsfrei (Rauchzugvolumen konstant und Zugdauer nicht zu stark abhängig vom Zugwiderstand der Cigarette). Cigarettenhalter: Alternierend drehender Revolverkopf.

*Rauchbedingungen*

Die Maschine ermöglicht das künstliche Abrauchen unter den in Tab. 1 erwähnten Bedingungen.

TABELLE 1

Bedingung	Gleichzeitig abrauchende Cig.	Zugintervall sec	Zugvolumen ml	Zugdauer sec
A	10	60	35	2
B	5	60	35	2
C	5	30	35	2

**Arbeitsbedingungen der neuen Rauchmaschine**

Die Fälle A und B entsprechen den neuen C.O.R.E.S.T.A.-Rauchbedingungen<sup>5</sup>. A setzt voraus, daß der Rauchabscheider eine Kapazität von 10 Cigaretten habe, was für den elektrostatischen Rauchabscheider der Cigarette Components Ltd. zutrifft. Wird jedoch ein Glaswattefilter verwendet, der nur den Rauch von 5 Cigaretten aufnehmen kann<sup>5</sup> 18, so muß unter den Bedingungen B geraucht werden. Der Fall C wird angewendet, falls, wie zur Zeit noch in der Schweiz, das Zugintervall 30 Sekunden beträgt.

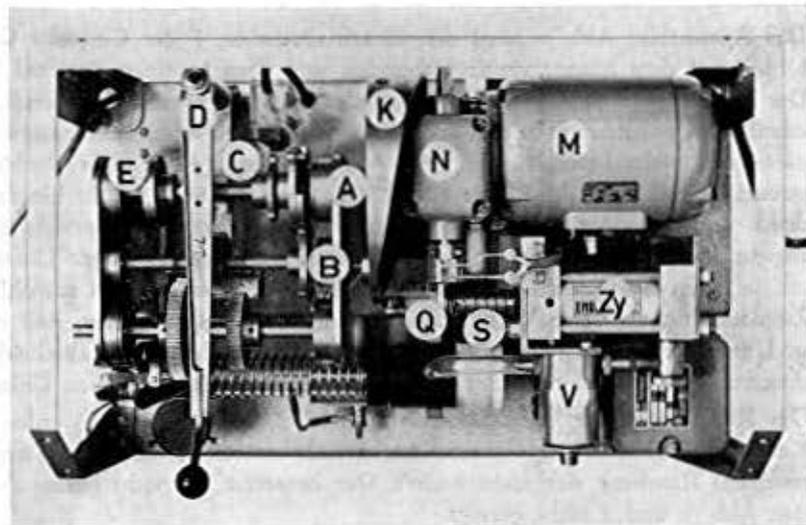
*Aufbau und Funktionsweise*

Der allgemeine Aufbau der Maschine ist aus dem Aufsichtsbild der Abb. 1 ersichtlich. Der Synchronmotor M (3000 U/min) mit dem zweistufigen Untersetzungsgetriebe N (Untersetzungen

ABBILDUNG 1

**Aufsicht der offenen Rauchmaschine**

- A Hauptwelle
- B Malteserkreuz
- C Ventilschalter
- D Schalthebel
- E Nockenrad
- K Kurvenscheibe
- M Synchronmotor
- N Untersetzungsgetriebe
- Q Kolbenanschlag
- S Spiralfeder
- V Magnetventil
- S Saugkolben



1:30 und 1:10) dreht die Hauptwelle A mit der Geschwindigkeit 10 U/min (d. h. mit einer Umdrehung in 6 Sekunden). Auf der Welle A drehen mit der gleichen Drehzahl die Sperrscheibe und der Antriebsstift für das Malteserkreuz B, die Nockenscheibe C für den Ventilschalter, die (verdeckte) Blockiervorrichtung für den Schalthebel D und das Nockenrad E, welches den Rauchabscheider von der Cigaretten-Drehscheibe abhebt. Das Malteserkreuz verleiht einer Zwischenwelle, welche zwei axial verschiebbare Zahnräder trägt, alle 6 Sekunden eine Vierteldrehung. Über die Zahnräder wird die Welle der Cigaretten-Drehscheibe (diese ist auf Abb. 2 sichtbar), je nach der Stellung des Schalthebels D, um eine Zehntel- oder Fünftelumdrehung weitergedreht. Während die Cigaretten-Drehscheibe sich in der Ruhestellung befindet, führt der Kolben der Pumpe Zy eine Saugbewegung aus, indem die Kolbenstange auf der Kurvenscheibe K unter der Kraft der Spiralfeder S zurückgleitet. Die Kurvenscheibe K ist mit der Hauptwelle A solidarisch und führt daher in 6 Sekunden eine Umdrehung aus; sie ist so geschnitten, daß die Ausstoß- und Saugbewegung des Kolbens je 1,8 Sekunden und die Stillstandszeiten 1 Sekunde (nach Ausstoß) und 1,4 Sekunden (nach dem Ansaugen) betragen. Der Kolbenweg ist durch einen Anschlag Q begrenzt und kann durch Einschieben von Distanzplättchen auf 0,1 mm genau eingestellt werden (0,1 mm Kolbenweg entspricht 0,114 ml Zugvolumen). Das elektromagnetische Zweiwegventil V verbindet die Pumpe Zy mit der Außenluft während der Ausstoßbewegung des Kolbens.

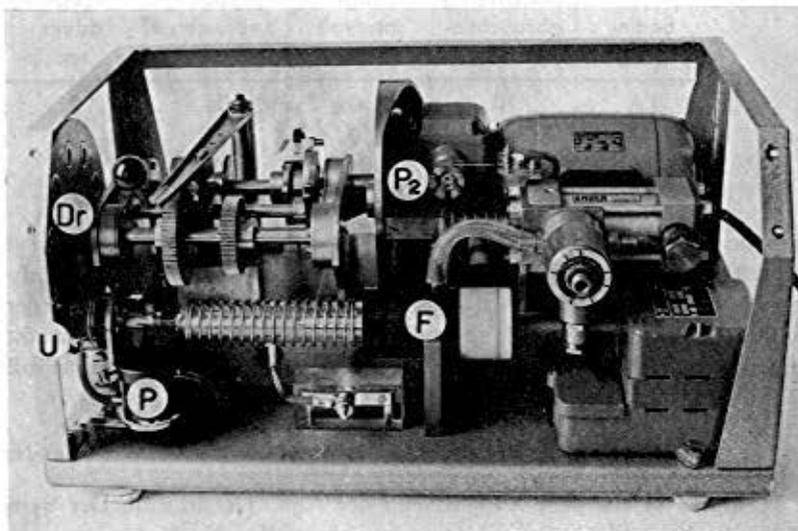


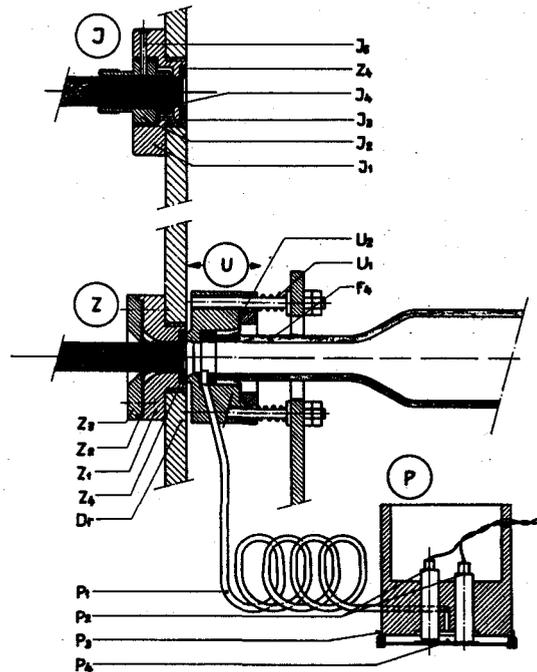
ABBILDUNG 2

**Ansicht  
der offenen Rauchmaschine**  
Dr Cigaretten-Drehscheibe  
F Rauchabscheider  
P Elektropneumatischer Kontakt  
P<sub>2</sub> Stromunterbrecher  
U Rauchabscheiderkopf

Das Ansichtbild Abb. 2 zeigt den Elektroabscheider F der Cigarette Components Ltd., der nach hinten mit dem Magnetventil verbunden und vorn in einen Kopfteil U luftdicht eingeführt ist. Der Abscheiderkopf U wird während des Rauchzuges mit Federkraft auf die Cigaretten-Drehscheibe Dr gedrückt, hebt sich aber um den Bruchteil eines Millimeters von der Scheibe ab, wenn diese sich weiterbewegt. Aus dem Abscheiderkopf führt eine Verbindung zu einem elektropneumatischen Kontakt P, der einen Stromkreis schließt, sobald hinter der Cigarette ein Unterdruck entsteht. Der Stromkreis betätigt ein Relais, das seinerseits zwei Stromkreise schließt, wovon der eine direkt, der andere über einen Unterbrecher P<sub>2</sub> (10 Unterbrechungen pro Sekunde) auf je einen elektrischen Impulszähler wirkt. Damit lassen sich sowohl die Zugzahl als auch die Zugdauer messen. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß nur dann ein Zug gezählt und gemessen wird, wenn sich eine Cigarette vor dem Rauchabscheider befindet. (Die elektropneumatische Zugzahlmessung wurde unseres Wissens zuerst von Golaz et al.<sup>8</sup> beschrieben.)

Der Rauchabscheider, das Magnetventil und die Kolbenpumpe werden mit Luft gekühlt, da die Konstanz des Rauchzugvolumens nur gewährleistet ist, wenn die Temperatur dieser Teile während des Rauchens sich nicht ändert. Der besseren Übersicht halber ist die Kühleinrichtung auf den Abb. 1 und 2 nicht gezeigt.

ABBILDUNG 3



**Cigarettenhalter, Rauchabscheiderkopf und elektropneumatischer Kontakt**

Cigarettenhalter J und Z für runde Cigaretten, Rauchabscheiderkopf U für Aufnahme eines Standard-Rohres der Cigarette Components Ltd.

Erklärung der Zeichen im Text

Die Zeichnung der Abb. 3 zeigt ein Teilstück der Drehscheibe Dr mit je einem eingeschraubten Cigarettenhalter J und Z. Der Halter J ist nach dem Prinzip der Vakuum=Aufhängung der Cigarette Components Ltd. in modifizierter Form gebaut:

- J<sub>1</sub> Grundstück zum Einschrauben in die Drehscheibe,
- J<sub>2</sub> Kernstück (Zylinder mit seitlicher Anbohrung) zum Einschrauben in J<sub>1</sub>,
- J<sub>3</sub> Dichtung zwischen J<sub>1</sub> und J<sub>2</sub>,
- J<sub>4</sub> Dünnwandiger Latexschlauch,
- J<sub>5</sub> Vakuumleitung,
- Z<sub>4</sub> Dichtung aus Neopren, gegen welche die Öffnung des Rauchabscheiderkopfes U gepreßt wird.

Dieser Cigarettenhalter kann gegen den Halter Z ausgetauscht werden:

- Dr Teilstück der Cigaretten=Drehscheibe,
- Z<sub>1</sub> Grundstück zum Einschrauben in die Drehscheibe,
- Z<sub>2</sub> Gelochte Latexmembran,
- Z<sub>3</sub> Deckel zum Festhalten der Membran,
- Z<sub>4</sub> Dichtung aus Neopren.

Beide Cigarettenhalter sind für runde Cigaretten konstruiert. Für ovale Cigaretten müßte ein entsprechend gearbeiteter Halter verwendet werden.

Der Rauchabscheiderkopf U ist im vorliegenden Beispiel für die Aufnahme eines Standard-Rohres der Cigarette Components Ltd. konstruiert worden. Die Dichtung gegenüber dem Glasrohr F<sub>4</sub> erfolgt mit einer gelochten Latexmembran U<sub>2</sub>. Der Kopf wird mit drei Spiralfedern U<sub>1</sub> auf die Cigarettenhalter=Dichtung Z<sub>4</sub> gepreßt.

Ein spiralförmig gebogener pneumatischer Fühler P<sub>1</sub> verbindet den Abscheiderkopf U mit dem elektropneumatischen Kontakt P. Dieser enthält zwei Kontaktstifte P<sub>2</sub>, die über ein vergoldetes Plättchen P<sub>4</sub>, das an die Innenseite der Latexhaut P<sub>3</sub> geklebt ist, kurz geschlossen werden, sobald hinter der Cigarette ein Unterdruck von 30 bis 40 mm WS herrscht. An den Fühler P<sub>1</sub> kann über ein T-Stück ein Manometer oder ein Zeit-Druck-Schreiber angeschlossen werden.

Die fertige Maschine in einer noch nicht endgültigen Verschalung ist in Abb. 4 dargestellt (Vorderwand entfernt). Die Einzelteile auf der Schalttafel bedeuten (von links nach rechts): Schalter für die Cigaretten=Drehscheibe (in Stellung ganz links: 1 Umdrehung pro Minute; in

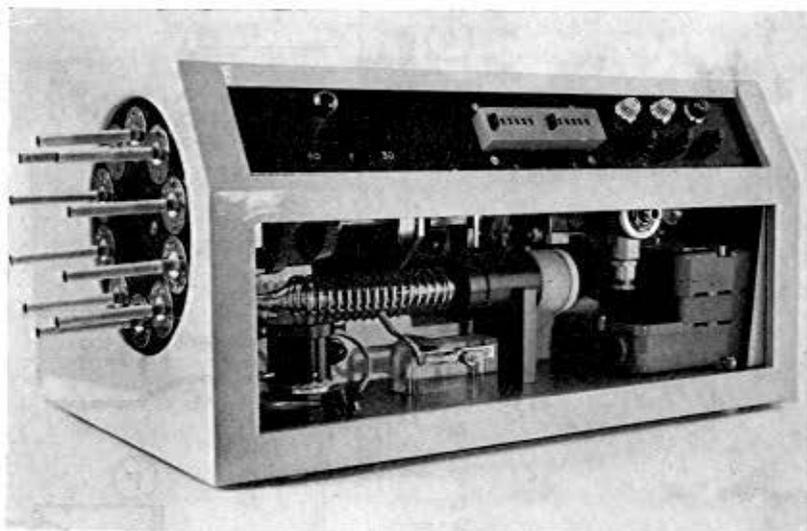


ABBILDUNG 4

Ansicht der verschalteten Maschine (provisorische Ausführung) Beschreibung der Schalttafel im Text

mittlerer Stellung: Scheibe dreht nicht; in Stellung rechts: 2 Umdrehungen pro Minute); Zugzahl- und Zugdaueremesser; Schaltknöpfe mit Kontrollampen für Zugzahl- und Zugdaueremesser; Hauptstromschalter mit Kontrollampe.

## BETRIEB DER MASCHINE

### Zugvolumen und Zugdauer in Abhängigkeit vom Cigarettenwiderstand

Für die Kontrolle der Volumengenauigkeit und zur Bestimmung der Zugdauer werden an Stelle der Cigaretten Eichwiderstände verwendet. Beispielsweise wurden vier solcher Widerstände von 50, 100, 150 und 200 mm WS (gemessen bei einer Luftströmung von 17,5 ml/sec) in die Rauchmaschine eingesetzt, wobei die in Abb. 5 dargestellten Zugprofile (d. h. die Druckgefälle-Zeit-Funktionen) erhalten wurden. Am Beispiel der Kurve B (Zugwiderstand 100, entsprechend etwa einer durchschnittlichen Filtercigarette) ist zu ersehen, daß der Kolbenhub, der genau 35 ml fördert, bei der Zeit 0 sec beginnt und bei 1,8 sec aufhört. Das Druckgefälle unmittelbar vor dem Rauchabscheider erreicht einen höchsten Wert von 112 mm WS, um nach 2,4 sec wieder Atmosphärendruck zu erreichen. Das Magnetventil unterbricht die Verbindung vom Rauchabscheider zur Kolbenpumpe erst nach 2,8 sec und nicht, wie bei der Mehrzahl der üblichen Rauchmaschinen, nach 2 sec. Das ermöglicht dem System Kolbenpumpe-Rauchabscheider, den Druckausgleich durch die Cigarette (im speziellen Fall durch den Eichwiderstand) herbeizuführen, wodurch das Zugvolumen den Sollwert von 35 ml erreicht. Die Zugdauer hinter der Cigarette wird dadurch länger als die eigentliche Kolbenhubdauer, und zwar wächst sie mit zunehmendem

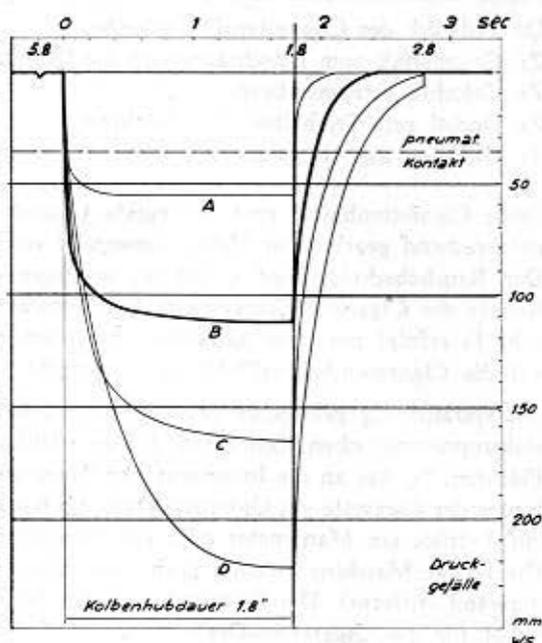


ABBILDUNG 5

#### Rauchzugprofile für verschiedene Zugwiderstände

- A Cigaretten-Zugwiderstand 50 mm WS
- B Zugwiderstand 100 mm WS; C Zugwiderstand 150 mm WS
- D Zugwiderstand 200 mm WS

Zugwiderstand der Cigarette (vgl. Zugprofile A, C und D). Die Zugdauer wird über den elektro-pneumatischen Kontakt gemessen, der auf ein Druckgefälle von 30 bis 40 mm WS anspricht. Wir haben diese Empfindlichkeit willkürlich so gewählt, weil wir so einen einfachen Zusammenhang zwischen dem Zugwiderstand der Cigarette und der Zugdauer erhielten (siehe dazu Tab. 2). Die Zugprofile der Abb. 5 wurden mit einem Elektrorauchabscheider von 82 ml Leervolumen erhalten. Offensichtlich hätte ein noch kleineres, ebenfalls widerstandloses Gerät, eine geringere Abhängigkeit der Zugdauer vom Cigarettenwiderstand verursacht; andererseits ist vorauszusehen, daß großvolumige oder einen Eigenwiderstand aufweisende Rauchabscheider eine längere Zugdauer und möglicherweise ein Volumendefizit bedingen. Tatsächlich erhalten wir schon mit der beschriebenen Apparatur ein geringes Volumendefizit, das mit größer werdendem Cigarettenwiderstand zunimmt, weil der Druckausgleich durch die Cigarette für kleine Unterschiede sehr langsam verläuft und vor dem Erreichen des völligen Ausgleichs durch das Ventil und das Weiterdrehen der Drehscheibe unterbrochen wird. Für die Mehrzahl aller Cigaretten mit Zugwiderständen bis zu 125 mm WS kann dieses Volumendefizit allerdings vernachlässigt werden. In Tab. 2 sind die Zusammenhänge zwischen dem Cigarettenwiderstand, dem Zugvolumen und der Zugdauer dargestellt; das Zugvolumen wurde dabei mit einem Eichwiderstand von 100 mm WS auf 35,0 ml eingestellt (alle Zugvolumina vor dem Eichwiderstand mit einem Seifenhaut-Spirometer gemessen).

TABELLE 2

	Zugwiderstand der Cigarette	Elektrorauchabscheider widerstandslos mit 82 ml Leervolumen		Cambridge-Glasfaser-Filter, beladen mit dem Rauch von 5 Cigaretten	
		Zugvolumen ml	Zugdauer sec	Zugvolumen ml	Zugdauer sec
	50	35,2	1,80	35,15	1,80
	75	35,1	1,90	35,08	1,90
	100	35,0	2,00	35,00	1,90
	125	34,9	2,10	34,92	2,00
	150	34,8	2,20	34,84	2,08
	175	34,7	2,30	34,75	2,10
	200	34,6	2,40	34,65	2,20

**Neue Rauchapparatur:**  
Abhängigkeit des Zugvolumens und der Zugdauer vom Zugwiderstand der Cigarette

Die überwiegende Mehrzahl aller zur Zeit üblichen Cigaretten haben Zugwiderstände von 75 bis 125 mm WS; durch das Anzünden erhöht sich der Widerstand um etwa 20 mm WS\*. Der Widerstandsbereich von 50 mm WS hat auf der Rauchmaschine einen Streubereich des Zugvolumens von etwa 0,2 ml und der Zugdauer von etwa 0,2 sec zur Folge, wobei der Cambridge-Glasfaser-Filter von *Wartman et al.*<sup>18</sup> dem Elektroabscheider leicht überlegen ist. Übertragen auf die Ausbeute an Rauchproduktion ergibt sich daraus ein Fehler von weniger als  $\pm 0,5\%$ . In der Praxis verdoppelt sich dieser Streubereich, da die Maschine das Zugvolumen nur auf  $\pm 0,1$  ml genau reproduziert.

#### Ausführungsbeispiele

Je nach Bedarf werden die Cigarettenhalter J oder Z in die Drehscheibe eingeschraubt. Der Rauchabscheider wird eingesetzt und mit dem Magnetventil verbunden. Nach der Betätigung des Hauptschalters und dem Öffnen des Kühlluftahnes wird die Drehscheibe auf Stillstand gestellt (Schalthebel D in Mittelstellung). Mit einem Eichwiderstand, dessen Zugwiderstand um 20 mm WS größer ist als der mittlere Zugwiderstand der zu verrauchenden Cigaretten, wird das Zugvolumen mittels eines Seifenhaut-Spirometers genau auf 35 ml eingestellt. Die Drehscheibe wird

\* Diesen Wert entnehmen wir einer früheren Arbeit<sup>18</sup>, der dort mit 25 mm WS eingesetzt ist, da wir den Zugwiderstand damals bei einer Luftströmung von 22 ml/sec bestimmt hatten

nun in Bewegung versetzt (Schalthebel nach links), worauf auf die gleiche Weise alle zehn Cigarettenhalter auf Volumengenauigkeit (d. h. auf Dichtigkeit) geprüft werden. Je nach den anzuwendenden Rauchbedingungen (Fälle A, B oder C der Tab. 1) wird nun verschieden weiter gefahren:

*Fall A:* 10 Cigaretten werden in die Halter eingesetzt. Schalthebel nach links schieben und Rauchabscheider an die Hochspannung anschließen. Unmittelbar vor dem Anzünden der ersten Cigarette werden der Zugzahl- und der Zugdaueremesser eingeschaltet. Damit nur die Züge an den brennenden Cigaretten gezählt werden, müssen alle Cigaretten beim ersten Vorbeigang vor dem Rauchabscheider angezündet werden. Sobald eine Cigarette auf die Stummelmarke abgeraucht ist, wird sie aus dem Halter entfernt.

*Fall B:* Der Schalthebel bleibt in der linken Stellung. Nur jeder zweite Cigarettenhalter wird besetzt, was bewirkt, daß alle 12 Sekunden eine Cigarette am Rauchabscheider vorbeigeführt wird. Das Magnetventil wird entsprechend geschaltet, daß es nur einmal je 12 Sekunden die Kolbenpumpe mit dem Rauchabscheider verbindet.

*Fall C:* Schalthebel nach rechts schieben. Nur fünf Cigaretten in die Drehscheibe einsetzen. In den gleichen Rauchabscheider wird gleich anschließend eine zweite Serie von fünf Cigaretten geraucht.

#### *Erfahrungen mit der neuen Maschine*

Die Maschine wird in unserem Laboratorium seit mehreren Monaten für die laufenden Rauchuntersuchungen eingesetzt. Sie hat die in sie gesetzten Hoffnungen erfüllt und arbeitet zuverlässig und reproduzierbar. Über die Resultate, die wir mit der Maschine im Vergleich zu anderen Methoden des künstlichen Abrauchens erhalten haben, werden wir später berichten.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Es wird eine Rauchmaschine beschrieben, die das gleichzeitige Abrauchen von 5 oder 10 Cigaretten mit einem Zugintervall von 60 Sekunden sowie von 5 Cigaretten mit einem Zugintervall von 30 Sekunden gestattet. Die Maschine arbeitet volumengenau mit einem Zugvolumen von  $35 \pm 0,2$  ml unabhängig von Streuungen im Zugwiderstand der Cigaretten bis zu 50 mm WS. Die Zugdauer unmittelbar hinter der Cigarette beträgt 2,0 Sekunden für einen Cigarettenwiderstand von 100 mm WS und erhöht sich um je 0,1 Sekunde für je 25 mm WS Zugwiderstandszunahme. Die Maschine ist für den Elektro-Rauchabscheider der Cigarette Components Ltd. gebaut worden, kann aber auch mit anderen kleinvolumigen und widerstandsarmen Rauchabscheidern betrieben werden. Gegenüber den bisher bekannten Maschinen weist die Maschine folgende Neuerungen auf: 1. Das Magnetventil unterbricht den Rauchzug erst, nachdem der Druckausgleich im Rauchabscheider durch die Cigarette erfolgt ist. 2. Die volumenbestimmenden Teile der Maschine werden durch Luftkühlung auf konstanter Temperatur gehalten. 3. Die Zugdauer wird unmittelbar hinter der Cigarette automatisch gemessen. 4. Die Dichtung zwischen der Cigaretten-Drehscheibe und dem Rauchabscheider wird durch eine Hin- und Herbewegung des Rauchabscheiderkopfes gewährleistet.

#### SUMMARY

An automatic smoking machine is described designed for smoking 5 to 10 cigarettes simultaneously with an interval between puffs of 60 sec or 5 cigarettes with an interval between puffs of 30 sec.

The puff volume of  $35 \pm 0.2$  ml is constant and independent of pressure drop variations up to 50 mm H<sub>2</sub>O. At a pressure drop of 100 mm H<sub>2</sub>O puff duration is 2 sec, it increases by 0.1 sec for every increase of 25 mm H<sub>2</sub>O.

The machine has been designed for the electric smoke trap of Cigarette Components Ltd, but can also be used for traps of smaller volume and resistance. It provides the following improvements:

1. Interruption of suction by a magnetic valve after pressure equalisation in the trap through the cigarette,

2. Maintenance of constant temperature by aid of air cooling, of all machine parts determining the volume,
3. Automatic measurement of puff duration immediately behind the cigarette,
4. Effective stuffing between cigarette holding discs and trap through to-and-fro motion of the trap head.

#### RÉSUMÉ

Nous décrivons un appareil automatique qui permet de fumer simultanément 5 ou 10 cigarettes à intervalles de l'aspiration de 60 secondes et 5 cigarettes à intervalles de l'aspiration de 30 secondes. L'appareil maintient un volume constant de  $35 \pm 0.2$  ml indépendamment des variations de la résistance des cigarettes de 50 mm colonne d'eau.

La durée de l'aspiration de 2.0 secondes, mesurée immédiatement à l'extrémité buccale de la cigarette, est conditionnée par une résistance de la cigarette de 100 mm colonne d'eau et augmente de 0.1 secondes pour chaque élévation de résistance de 25 mm colonne d'eau.

L'appareil décrit est conçu pour le séparateur de fumée électrique de Cigarette Components Ltd.; il peut être utilisé également pour d'autres séparateurs à volumes et résistances inférieurs. Il offre les avantages suivants:

1. Interruption du tirage de fumée par la soupape magnétique après rétablissement de la pression atmosphérique dans le séparateur à travers la cigarette,
2. Refroidissement à l'air de toutes parties de la machine exigeant une température invariable pour assurer des volumes constants,
3. Mesure de la durée de l'aspiration immédiatement à l'extrémité buccale de la cigarette,
4. Étanchéité parfaite entre les disques portant les cigarettes et le séparateur grâce au mouvement de va-et-vient de la tête du piège.

#### LITERATUR

1. J. Bonnet und S. Neukomm, *Helv. Chim. Acta* 39, 1724-33 (1956).
2. J. A. Bradford, W. R. Harlan und H. R. Hanmer, *Ind. Eng. Chem.* 28, 836-39 (1936).
3. Cigarette Components Ltd., London 1959. Bulletin „Ethel Mark VII automatic smoking machine“.
4. Cigarette Components Ltd., London 1959. Bulletin „The simple automatic smoking machine“.
5. C. O. R. E. S. T. A., protocole standard, juin 1960: „L'efficacité des filtres adaptables sur cigarettes. Définitions et principes de mesure“. Annexe: „Technique arbitrale de mesure de l'efficacité goudrons EG“.
6. A. Dobrowsky, *Tobacco (USA)*, 3. April 1959, S. 10-13.
7. K. Eschle, *Mitt. Lebensm. Hyg.* 49, 275-89 (1958).
8. P. Golaz, A. Girardet und R. Regamey, *Mitt. Lebensm. Hyg.* 50, 18-39 (1959).
9. A. E. O'Keeffe und R. C. Lieser, *Tobacco Science* 2, 73-76 (1958).
10. C. H. Keith und J. R. Newsome, *Tobacco Science* 1, 51-63 (1957).
11. J. E. Miller, *Mitteilung am C. O. R. E. S. T. A.-Symposium, Istanbul 1960*.
12. G. Paulig, *Dtsch. Lebensm.-Rdsch.* 56, 45-46 (1960).
13. F. Seehofer, *Tabak-Forschung* Nr. 26 (März 1959), S. 100.

14. M. O. Schur und J. C. Rickards, Tobacco Science 1, 13–20 (1957).
15. M. Staub und H. Furrer, Mitt. Lebensm. Hyg. 45, 473–76 (1954).
16. P. Waltz, M. Häusermann und E. Nyári, Mitt. Lebensm. Hyg. 50, 166–85 (1959).
17. Eigene, noch unveröffentlichte Arbeiten.
18. W. B. Wartman jr., E. C. Cogbill und E. S. Harlow, Anal. Chem. 31, 1705–09 (1959).

*Anschrift der Verfasser: Vereinigte Tabakfabriken A.G., Neuchâtel-Serrières (Schweiz)*