

Erfahrungen mit einer Maschine zum gleichzeitigen Abrauchen mehrerer Cigaretten

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

Vereinigte Tabakfabriken AG, Neuchâtel-Serrières (Schweiz)

Vor einiger Zeit haben wir über die Konstruktion einer neuen Rauchmaschine berichtet (10), ohne auf die Anwendung der Maschine in der Abrauchpraxis einzugehen. Da das Gerät nun seit einem Jahr im täglichen Betrieb eingesetzt wird, ist es angezeigt, über unsere Erfahrungen zu berichten. Gleichzeitig mit dem Einsatz der neuen Maschine führten wir schrittweise mehrere Änderungen in der Abrauchmethodik und im nachfolgenden Analysengang ein, um unser bisheriges Verfahren (8) der CORESTA-Methodik (5) möglichst anzugleichen.

Den Einfluß der apparativen und methodischen Änderungen auf die Analysenresultate verfolgten wir mit einer großen Zahl von Versuchen. Über die wesentlichsten der dabei gesammelten Erfahrungen soll im folgenden berichtet werden, wobei außer den apparativ bedingten auch einige rein methodische Fragen besprochen werden.

APPARATE UND METHODEN

Rauchmaschinen

Die geprüften Cigaretten wurden teils mit der RADAG-Rauchmaschine, welche nur eine Cigarette gleichzeitig aufnimmt, teils mit der neuen Rauchmaschine abgeraucht. Im letzteren Fall wurden wahlweise eine, fünf oder zehn Cigaretten gleichzeitig geraucht.

Konstruktive Verbesserungen an der neuen Maschine

An der kürzlich beschriebenen Maschine (10) wurde beobachtet, daß der pneumatische Kontakt P (10, Abb. 3) bald durch eine geringe Rauchablagerung verschmutzte und dann nicht mehr störungsfrei arbeitete. Er wurde daher durch einen grundsätzlich gleich gebauten Kontakt ersetzt, dessen elektrischer Teil jedoch auf die Außenseite der Latexmembran zu liegen kam, wodurch die erwähnten Schwierigkeiten behoben werden konnten. Die Stromversorgung des elektrostatischen Niederschlagsrohres wurde durch den Einbau eines variablen Transformators in die Speiseleitung und eines Hochspannungsmeßgerätes in die Ableitung des Gleichrichters kontrollierbar gestaltet. Da die Sprüh-elektrode des Niederschlagsrohres auch nach dem Abschalten der Stromversorgung noch einige Zeit unter Spannung steht, wurde sie mit einem Schalter verbunden, der die Hochspannung erdet, sobald die Stromversorgung abgeschaltet wird; der Hochspannungsgleichrichter ist dabei durch einen Widerstand gegen Stromstöße geschützt.*

* Die verbesserte Form der neuen Rauchmaschine wird forthin von der Firma Baumgartner Papiers S. A. in Renens, Vd. (Schweiz) hergestellt

Rauchabscheider

Für die Mehrzahl der Versuche wurde der elektrostatische Rauchabscheider der *Cigarette Components Ltd.* verwendet. Zu Vergleichszwecken verwendeten wir in einigen Fällen unseren bisherigen, größeren Rauchabscheider nach *Golaz et al.* (11) und *Eschle* (1) sowie den Cambridge-Glasfaserfilter nach *Wartman et al.* (3), beide in Verbindung mit der RADAG-Rauchmaschine.

Art und Vorbereitung der Cigaretten

Für die Versuche, deren Resultate in den Tabellen 1, 2 und 3 zusammengestellt sind, wurden die Cigaretten wie folgt vorbereitet: Es wurden maschinell etwa 5000 Cigaretten mit Filtern hergestellt, die nach Zugwiderstand selektioniert waren. Die Cigaretten wurden bei 60% Luftfeuchtigkeit konditioniert und dann im Bereich des Mittelgewichtes einzeln verwogen. Es wurden 10 Gewichtsklassen eines Bereiches von je 2 mg gebildet und aus jeder Klasse je eine Cigarette für einen Rauchversuch entnommen. Wir erhielten dadurch Serien zu 10 Cigaretten, die in bezug auf Mittelgewichte und Einzelgewichte der Cigaretten identisch waren. Die Cigaretten für die Versuche der Tabellen 1 und 2 entstammen der gleichen Serie von 100 × 10 Stück, während die Muster für die Versuche der Tabelle 3 einer anderen Serie entnommen wurden. Beide Serien bestanden aus Cigaretten vom Typ American Blend von 80 mm Länge und einer Filterlänge von 17 mm.

Die Werte der Tabellen 4 und 5 wurden hingegen aus Resultaten routinemäßiger Kontrollversuche berechnet und gelten für Cigaretten verschiedener Marken und Typen, die nach unserem Standardverfahren (8) zum Rauchen vorbereitet wurden.

Rauchbedingungen

Rauchzugintervall 30 oder 60 Sekunden, Zugdauer 1,9 bis 2,3 Sekunden (bei der neuen Rauchmaschine nimmt die Zugdauer mit dem Zugwiderstand der Cigarette zu), Zugvolumen $35 \pm 0,1$ ml, Stummellänge 25 mm (20 mm bei Cigaretten von weniger als 76 mm Länge).

Aufbereitung des Rauches

Trockener Gesamtrauchniederschlag: Wägen des Niederschlages im tarierten Abscheidungsrohr nach 16 bis 24 Stunden Trocknung über Silicagel. Ausnahme: Für die Werte der Tabelle 3 wurde das Wasser nach *Karl Fischer* bestimmt.

Chloroformlöslicher Rauchanteil: Lösen des Niederschlages in Chloroform und Ausschütteln des Nikotins und der wasserlöslichen Stoffe mit einem gleichen Volumen n/10 Schwefelsäure. (Genaue Beschreibung in [8].)

Rauchnikotin: Bestimmung photometrisch nach *Kuhn* (4).

Auswertung der Resultate

Je Versuch wurden 10 Cigaretten geraucht. Die Resultate beziehen sich stets auf 1 Cigarette und sind Mittelwerte aus 2 bis 10 Versuchen (Tabellen 1, 2 und 3). Die geringe Zahl der Versuche ließ eine statistische Auswertung der Resultate nicht zu. Für die Berechnung der Werte der Tabelle 4 verfügten wir über ein großes Versuchsmaterial und haben daher den Variationskoeffizienten (d. h. den prozentualen Anteil der mittleren quadratischen Abweichung am Mittelwert) berechnet und die Unterschiede zwischen den Gruppendurchschnitten auf ihre statistische Signifikanz mittels des t-Testes geprüft.

VERGLEICH VERSCHIEDENER ABRAUCHVORRICHTUNGEN

Vergleich verschiedener Rauchabscheider

In der Tabelle 1 sind die Resultate des Vergleichs verschiedener Rauchabscheider zusammengestellt. Zur Ergänzung sind dort auch Versuchsergebnisse von *Dietrich* (6) angeführt, der u. a. auch die nasse Rauchabsorption durchführt.

Es zeigt sich, daß der chloroformlösliche Rauchanteil pro Cigarette in der Waschflasche am größten ist und in der Reihenfolge Cambridge-Filter, großer und kleiner elektrostatischer Abscheider ab sinkt. Bezieht man die Ausbeute auf einen Rauchzug, so kommt der Cambridge-Filter an erster Stelle, gefolgt von der Waschflasche und den beiden Elektroabscheidern. Die Ausbeute an Rauchnikotin ist

hingegen am besten im großen Elektroabscheider, etwas geringer im kleinen Elektroabscheider und im Cambridge-Filter und am schlechtesten in der Waschflasche; die Reihenfolge bleibt sich gleich, wenn die Nikotinausbeute auf einen Rauchzug bezogen wird.

TABELLE 1

Vergleich verschiedener Rauchabscheider

Rauchmaschine RADAG; Cigaretten einzeln abgeraucht. Mittelwerte über n Versuche mit je 10 Cigaretten.

	Zugintervall 30 Sekunden			Zugintervall 60 Sek.	
	Waschflaschen mit Fritte	Elektrostatischer Rauchabscheider		El.-stat. Abscheid.	Cambridge-Glasfilter
		630 ml 12 kV	82 ml 18 kV	82 ml 18 kV	(3)
1. Eigene Versuche					
Anzahl Versuche n	—	2	4	2	2
Anzahl Rauchzüge/Cigarette	—	18,6	19,5	12,5	12,7
In den Hauptstrom verrauchter Tabak (mg/Cigarette)	—	375	352	229	217
Pro Rauchzug verrauchter Tabak (mg)	—	20,9	18,9	19,9	17,1
Chloroformlöslicher Rauchniederschlag:					
mg/Cigarette	—	21,1	19,2	14,7	16,5
mg/Rauchzug	—	1,13	0,99	1,17	1,30
Rauchnikotin:					
mg/Cigarette	—	2,91	2,58	2,10	2,01
mg/Rauchzug	—	0,16	0,13	0,17	0,16
2. Resultate von Dietrich (5) (andere Cigaretten)					
Strangcigarette:					
CHCl ₃ -R. (mg/Cigarette)	27,3	25,2	22,6	—	—
id. (mg/Zug)	2,05	1,90	1,74	—	—
R.-Nik. (mg/Cigarette)	2,30	2,92	2,90	—	—
id. (mg/Zug)	0,172	0,220	0,223	—	—
Gleiche Cigarette mit Acetatfilter:					
CHCl ₃ -R. (mg/Cigarette)	22,8	22,2	19,2	—	—
id. (mg/Zug)	1,73	1,67	1,48	—	—
R.-Nik. (mg/Cigarette)	2,10	2,48	2,39	—	—
id. (mg/Zug)	0,159	0,186	0,185	—	—
Gleiche Cigarette mit DICO-Filter:					
CHCl ₃ -R. (mg/Cigarette)	—	19,1	17,0	—	—
id. (mg/Zug)	—	1,45	1,24	—	—
R.-Nik. (mg/Cigarette)	—	2,19	2,14	—	—
id. (mg/Zug)	—	0,166	0,156	—	—

Ohne zu versuchen, auf die Ursachen der Unterschiede in der Wirksamkeit der verschiedenen Rauchabscheider einzugehen, stellen wir fest, daß das Resultat einer Rauchuntersuchung in sehr merklicher Weise vom Rauchabscheider abhängt, auch wenn dieser in jedem Fall die disperse Rauchphase quantitativ niederschlägt. Für den kleinen Elektroabscheider wurde die quantitative Rauchabscheidung durch Nachschalten eines zweiten gleichartigen Abscheiders bzw. eines Cambridge-Filters überprüft: die nachgeschalteten Elemente enthielten kein Rauchkondensat.

Einfluß des elektrischen Feldes

Soll der niedergeschlagene Rauch für biologische oder spezifische chemische Untersuchungen eingesetzt werden, ist die Verwendung des elektrostatischen Rauchabscheiders nicht zu empfehlen, da eine

Veränderung des Kondensates unmittelbar durch das elektrische Feld oder indirekt infolge der Bildung von Ozon zu befürchten ist. Wir haben die Ozonmenge bestimmt, die im kleinen Elektroabscheider bei einer Spannung von 18 kV entsteht: Zugintervall 30 Sekunden, Dauer 75 Minuten, Zugvolumen 35 ml, Anzahl Rauchzüge 150 (entsprechend etwa dem Abrauchen von 10 Cigaretten), Cigarette eingesetzt aber nicht entzündet, Abscheider sauber und trocken, Auffangen der durchgesaugten Luft in 30%iger neutraler Kaliumjodidlösung in zwei seriengeschalteten Waschflaschen mit Fritte, wobei in der zweiten Flasche kein Jod mehr ausgeschieden wurde. Es wurde insgesamt 0,12 mg Ozon bestimmt. Beim *gleichzeitigen* Rauchen von 10 Cigaretten ist das elektrische Feld nur $\frac{1}{10}$ der Dauer im Betrieb; es würde sich also nur etwa 0,012 mg Ozon bilden. Während dem Abrauchen einer Cigarette oder bei der Verwendung eines kondensathaltigen Niederschlagsrohrs wurde kein Ozon festgestellt. Offenbar reagiert das primär gebildete Ozon mit dem Rauch. Da die Ozonbildung sehr gering ist, scheint der Verwendung des elektrostatischen Rauchabscheiders für die Routinekontrolle der Rauch- und Nikotinausbeute und der Filterwirksamkeit nichts im Weg zu stehen. Dabei darf das elektrische Feld allerdings die Cigarette nicht durchdringen, was sich am Wegblasen der Anzündeflamme, am Wegspritzen von Ascheteilchen und gelegentlich sogar am Wegschießen von Stummeln äußert, denn unter solchen Bedingungen wird ein Teil des Rauches schon im Cigarettenstummel bzw. im Filter niedergeschlagen. Diese Schwierigkeit und die daraus sich ergebenden Folgen wurden kürzlich von *Kuhn und Marek* (12) sowie von *Bentley und Burgan* (14) ausführlich besprochen. Wir haben festgestellt, daß dieses unerwünschte Phänomen nur auftritt, wenn der Rauchabscheider getrennt aufgestellt wird und das (metallische) Mundstück nicht geerdet ist.

TABELLE 2

Versuche auf der neuen Rauchmaschine: Einfluß der Anzahl gleichzeitig gerauchter Cigaretten und der Drehbewegung der Revolverscheibe auf die Ausbeute an Rauchprodukten
(Die Werte der Kolonnen A und C sind der Tabelle 1 entnommen: Rauchmaschine RADAG mit kleinem Elektroabscheider.)

Versuchsreihe	Zugintervall 30 Sek.		Zugintervall 60 Sek.	
	A	B	C	D
Revolverscheibe	ruht	dreht	ruht	dreht
Anzahl Cigaretten gleichzeitig brennend	1	5	1	10
Anzahl Cigaretten pro Versuch	10	10	10	10
Anzahl Versuche	4	7	2	3
Anzahl Rauchzüge/Cigaretten	19,5	18,4	12,5	11,0
In den Hauptstrom verrauchter Tabak (mg/Cigarette)	352	364	229	247
Pro Rauchzug verrauchter Tabak (mg)	18,9	19,8	19,9	22,4
Chloroformlöslicher Rauchniederschlag:				
mg/Cigarette	19,2	18,4	14,7	12,8
mg/Rauchzug	0,99	1,00	1,17	1,16
Rauchnikotin:				
mg/Cigarette	2,58	2,72	2,10	1,99
mg/Rauchzug	0,13	0,15	0,17	0,18

Gleichzeitiges Abrauchen mehrerer Cigaretten

Aus der Publikation von *Seehofer* (2) geht hervor, daß einzeln verrauchte Cigaretten langsamer abbrönnen als eine Gruppe, die auf einer drehenden Scheibe angeordnet wird. Den gleichen Effekt stellten auch wir mit unserer Maschine fest und vermuteten zunächst, es handle sich dabei um eine Folge der Drehbewegungen der brennenden Cigaretten. Auf Grund eingehender Versuche, deren Resultate in den Tabellen 2 und 3 zusammengestellt sind, müssen wir aber schließen, daß die Wärmestrahlung der glimmenden Cigaretten vorwiegend für das raschere Abbrennen verantwortlich ist.

Versuche auf der neuen Rauchmaschine: Einfluß des Rauchzugintervalls, der Anzahl gleichzeitig geraucher Cigaretten und der Drehbewegung der Revolverscheibe auf die Anzahl Rauchzüge und die Ausbeute an Rauchprodukten.

Versuchsreihe	Zuginterv. 30 Sek.	Zugintervall 60 Sekunden			
	E	F	G	H	I
Revolverscheibe	dreht	dreht	dreht*	dreht	ruht
Anzahl gleichzeitig brennender Cigaretten	5	10	10	1	1
Anzahl Cigaretten pro Versuch	10	10	10	10	10
Anzahl Versuche	6	10	3	3	4
Anzahl Rauchzüge/Cigarette	16,4	9,8	10,1	10,9	10,9
In den Hauptstrom verrauchter Tabak (mg/Cigarette)	385	217	245	299	260
Pro Rauchzug verrauchter Tabak (mg)	23,5	22,3	24,3	27,5	23,5
Gesamtrauchniederschlag wasserfrei:					
mg/Cigarette	40,3	25,0	25,6	25,6	26,3
mg/Rauchzug	2,47	2,55	2,53	2,35	2,41
Rauchnikotin:					
mg/Cigarette	2,61	1,64	1,72	1,77	1,70
mg/Rauchzug	0,160	0,168	0,170	0,163	0,156

* Absaugen des Nebenstromrauches zur Vernichtung der Konvektionswärme

Vergleichen wir die Resultate der Versuchsreihen H und J (Tab. 3), so stellen wir fest, daß beim Abbrauchen einer einzelnen Cigarette die Drehbewegung der Revolverscheibe praktisch weder die Anzahl Rauchzüge pro Cigarette noch die Ausbeute an Rauchprodukten beeinflusst. Beim Einsetzen mehrerer Cigaretten auf die drehende Revolverscheibe (Versuchsreihen J und F) verringert sich jedoch die Anzahl der Rauchzüge (d. h. die Cigarette verbrennt rascher), und die Ausbeute an Rauchprodukten wird entsprechend geringer. Wir vermuteten, daß für den rascheren Abbrand der Cigaretten der von den Cigaretten aufsteigende Warmluftstrom an der vertikal drehenden Revolverscheibe verantwortlich sei, und saugten daher bei der Versuchsreihe G den Nebenstromrauch mit einer speziellen Einrichtung ab: Zwischen die Cigaretten wurde in Verlängerung der Revolverscheibenachse ein mit schmalen Schlitz versehener Zylinder eingeschoben, der mit dem Ansaugstutzen eines kleinen Ventilators verbunden wurde. Ohne an den Cigaretten einen merklichen Luftstrom zu erzeugen, wurden dabei der Nebenstromrauch und der Warmluftstrom abgesaugt. Aus den Resultaten der Versuchsreihe G (Tab. 3) ergibt sich aber, daß damit nur ein geringer Effekt erzielt werden konnte. Wir ziehen daraus den Schluß, daß nicht die Konvektions-, sondern die Strahlungswärme den rascheren Brand der Cigaretten verursacht. Das zeigt sich übrigens auch an den Versuchen von *Seehofer* (2), bei dessen Maschine die Drehscheibe horizontal angeordnet ist, so daß der Warmluftstrom frei entweichen kann. Dennoch ergibt sich ein bedeutend schnellerer Brand der Cigaretten.

Berechnet man die Rauchausbeute auf einen Rauchzug, so ist festzustellen, daß diese Größe praktisch konstant ist. Ein Analysenresultat kann demnach, falls dies als notwendig erachtet wird, auf eine bestimmte Anzahl Rauchzüge umgerechnet werden. Dadurch lassen sich zum Beispiel die Werte, die mit verschiedenen Rauchzugintervallen erhalten wurden (Versuchsreihen E und F), miteinander vergleichen, vorausgesetzt, daß die übrigen Rauchbedingungen (Zugvolumen, Zugdauer und Stummellänge) identisch sind.

**Prozentualer Anteil chloroformlöslicher Stoffe im wasserfreien Gesamtrauchniederschlag
in Abhängigkeit vom Cigarettentyp**
(Neue Rauchmaschine; Rauchzugintervall 30 Sekunden.)

Cigarettentyp	Orient	Maryland	Virginia	American Blend hergestellt in	
				USA*	Schweiz
Anzahl Cigaretten pro Versuch	10	10	10	10	10
Anzahl Versuche	51	40	16	38	24
Mittlerer Anteil der CHCl ₃ -lösl. Stoffe im Gesamtniederschlag	54,98 %	51,51 %	47,84 %	44,22 %	49,56 %
Variationskoeffizient	4,6 %	4,6 %	3,3 %	5,2 %	3,9 %
Statist. gesicherter Untersch. gegenüber	Allen anderen Typen +++	Orient +++ Blend USA +++ Virginia ++ Blend Schw. p	Orient +++ Blend USA ++ Maryland ++ Blend Schw. -	Orient +++ Blend Schw. +++ Maryland +++ Virginia ++	Orient +++ Blend USA +++ Maryland p Virginia -

+++ Statistisch an der 99,9%-Vertrauensgrenze gesichert

++ Statistisch an der 99%-Vertrauensgrenze gesichert

p An der 95%-Vertrauensgrenze gerade nicht mehr gesichert, aber wahrscheinlich

- Statistisch nicht gesichert

* Umfaßt auch die mit amerikanischer Lizenz in der Schweiz hergestellten Cigaretten.

Diskussion

Beim gleichzeitigen Abrauchen mehrerer Cigaretten mit der neuen Rauchmaschine ist zu erwarten, daß die Cigaretten etwas schneller abbrennen als beim Abrauchen einzelner Cigaretten auf der gleichen oder einer anderen Maschine, was sich in einer Erniedrigung der Anzahl Rauchzüge um etwa 10% auswirkt. Im übrigen unterscheidet sich die Maschine von den Geräten anderer Konstruktionen noch durch die nicht völlig konstante Zugdauer; diese Tatsache kann aber auf das Raucherresultat keinen Einfluß haben, denn wie neuerdings wieder aufgezeigt wurde (7), ist die Ausbeute an Rauchprodukten von Änderungen der Zugdauer im Bereich von 2 bis 4 Sekunden unabhängig.

BEMERKUNGEN ZUR METHODIK

Im Zusammenhang mit der Einführung der neuen Rauchmaschine wurden viele Versuche durchgeführt, aus denen nützliche Erkenntnisse zur eigentlichen Rauchmethodik gewonnen wurden.

Wasserbestimmung im Rauchniederschlag

Nach den „Einheitlichen Vorschriften“ der deutschen Cigarettenindustrie (9) wird der frische Rauchniederschlag über Silicagel getrocknet. Für die Versuche der Tabellen 1 und 2 haben wir nach diesem Verfahren gearbeitet. Wir versuchten, die Trocknung zu beschleunigen, indem wir die Niederschlagsrohre in einen Block einführten, der mit Silicagel gefüllte Siebkerzen enthielt, die fingerartig in das Rohr eindringen, wodurch der Abstand zwischen dem Rauchniederschlag und dem Trocknungsmittel auf etwa 3 mm verringert werden konnte. Wir mußten aber diese Methode wieder aufgeben, weil schon nach einer Stunde Trocknungsdauer bei Zimmertemperatur Nikotinverluste im Rauch auftraten. Später stellten wir fest, daß auch die Trocknung im Exsikkator zu Nikotinverlusten führt, wenn sehr aktives Silicagel verwendet wird. Der Schluß war naheliegend, daß das Silicagel nicht nur Wasser, sondern auch andere Stoffe aus dem Rauchniederschlag adsorbiert. Wir sind daher dazu übergegangen, gemäß der Empfehlung des CORESTA (5) das Wasser titrimetrisch nach Karl Fischer zu bestimmen. Diese Methode setzt voraus, daß der Rauch-

niederschlag mit Methanol statt mit Aceton extrahiert wird. Die Wasserbestimmung nach *Karl Fischer* bedeutet zwar eine zusätzliche Operation; die Mehrarbeit wird aber mehr als wettgemacht durch den Vorteil, daß das vollständige Untersuchungsergebnis schon 30–60 Minuten nach dem Rauchen vorliegt.

Eine neue Methode nach *Crowell et al.* (13), beruht auf der Lichtabsorption des Wassers im kurzwelligen Infrarot. Sie bietet die gleiche Präzision wie die *Karl-Fischer-Titration*, ist jedoch spezifischer und ergibt daher kleinere Wasserwerte.

Gesamtniederschlag und chloroformlöslicher Rauchanteil

Während wir bei unserer bisherigen Methode (8) den chloroformlöslichen, nikotinfreien Rauchanteil bestimmten, erfassen wir bei der neuen Methode den trockenen Gesamtrauch. Zu Vergleichszwecken haben wir in der Übergangszeit bei 80 Cigarettenmarken beide Bestimmungen durchgeführt. An Hand dieses Zahlenmaterials konnten wir dabei feststellen, daß der Anteil der chloroformlöslichen Stoffe im trockenen Gesamtrauch eine sortentypische Kennzahl darstellt. In der Tab. 4 ist das Resultat dieser Untersuchungen zusammengestellt, wobei auf die Cigarettentypen Schweizer Inland, französischer Typ und europäische Mischtypen bewußt verzichtet wurde, da davon zu wenig Muster untersucht wurden. Es sei aber betont, daß unter den in der Tab. 4 erwähnten Sorten alle Marken, die wir geraucht haben, erfaßt sind, daß also keine „störenden“ Werte eliminiert wurden.

Bei den geprüften Cigarettenmarken handelt es sich fast ausschließlich um Filtertypen, die gemäß unserer Methodik (8) in je 10 Filter- und Strangcigaretten von Originallänge zubereitet wurden. Für die Berechnung der Werte der Tab. 4 wurden die Resultate beider Typen eingesetzt, da die statistische Prüfung zeigte, daß das Verhältnis Chloroformteer : Gesamtrauch vom Filter unabhängig ist.

Der Variationskoeffizient ist bei allen Typen relativ sehr klein. Das zeigt einerseits die Möglichkeit auf, den Tabaktyp im Rauch einer Cigarette zu charakterisieren, und ist andererseits ein Beweis für die Zuverlässigkeit der analytischen Methodik.

Als praktische Schlußfolgerung ergibt sich, daß beim Übergang von der Bestimmung des chloroformlöslichen Rauchanteils auf den Gesamtniederschlag nicht ein konstanter Faktor verwendet werden darf, sondern daß für jeden Cigarettentyp das Verhältnis gesondert ermittelt werden muß.

Verlängerung des Rauchzugintervalls von 30 auf 60 Sekunden

Aus den Tabellen 1, 2 und 3 geht hervor, daß bei der Verdoppelung des Zugintervalls die Anzahl Rauchzüge pro Cigarette sowie die Ausbeute an Rauchprodukten auf etwa zwei Drittel des ursprünglichen Wertes sinkt. Auf Grund der Zahlenwerte von 16 Cigarettenmarken der verschiedenen Typen, die als Strang- und als Filtercigaretten bei beiden Zugintervallen abgeraucht wurden, haben wir diesen Befund überprüft und die Ergebnisse in der Tab. 5 zusammengestellt.

Wie erwartet betragen die Anzahl Rauchzüge und die Ausbeute an Rauchprodukten nur etwa zwei Drittel der Werte, die beim Zugintervall von 30 Sekunden gefunden wurden. Nicht vorauszusehen war aber, daß die mittlere Filterwirksamkeit (d. h. das Mittel aus Gesamtrauch-, Chloroformrauch-

TABELLE 5

	Rauchzugintervall	30 Sek.	60 Sek.
Abhängigkeit der Anzahl Rauchzüge und der Ausbeute an Rauchprodukten vom Zugintervall.	Anzahl Rauchzüge (%)	100	59
(Tabellenwerte aus Bestimmungen an Filter- und Strangcigaretten verschiedener Typen ermittelt).	A. Trockener Gesamtrauchniederschlag (%)	100	63
	B. Chloroformlöslicher Rauchniederschlag (%)	100	67
	Rauchnikotin (%)	100	68
	Mittlere Filterwirksamkeit (% Retention)	x	x + 4,3
	$100 \frac{B}{A}$ in Strangcigaretten	49,7	54,8
	$100 \frac{B}{A}$ in Filtercigaretten	50,2	52,7

und Nikotinretention) ansteigen würde. (Eschle (1) machte die gleiche Beobachtung für die Chloroformrauch-, nicht aber für die Nikotinretention.) Man kann daraus den Schluß ableiten, daß der Filter bei zunehmender Beladung mit Rauchkondensat weniger wirksam wird. Besonders interessant ist die Feststellung, daß das Verhältnis B/A (d. h. der Anteil des Chloroformrauches am Gesamtkondensat) mit größerem Zugintervall etwas zunimmt. Wenn dieser Befund an einer größeren Zahl von Versuchsergebnissen bestätigt werden kann, darf gefolgert werden, daß die chemische Zusammensetzung des Zigarettenrauches bei den Zugintervallen von 30 auf 60 Sekunden nicht die gleiche ist. Vermutlich spielt dabei die verschiedene Form der Glutkegel eine Rolle.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird über die praktischen Erfahrungen mit einer neuen Rauchmaschine zum gleichzeitigen Abrauchen mehrerer Zigaretten berichtet. In bezug auf die apparative Gestaltung der Rauchtchnik wurde dabei festgestellt, daß mehrere, auf einer drehenden Vorrichtung befindliche, gleichzeitig brennende Zigaretten in einer um etwa 10% kürzeren Zeit auf die Stummellänge abgeraucht werden als einzeln nacheinander gerauchte Zigaretten. Ein zur Niederschlagung des Rauches verwendetes elektrostatisches Gerät arbeitet quantitativ, produziert nur etwa 0,1 mg Ozon pro Stunde und verändert die Brenneigenschaften der Zigarette nicht, gibt aber eine etwas geringere Rauchausbeute als ein größeres elektrostatisches Gerät und als ein Cambridge-Glasfaserfilter. In bezug auf die Rauchmethodik wurde gefunden, daß beim Trocknen des Rauchniederschlages über Silicagel Nikotinverluste entstehen können, und daß die Wasserbestimmung im Rauch daher titrimetrisch nach *Karl Fischer* ausgeführt werden soll. Der chloroformlösliche Anteil des Gesamtrauchniederschlages ist vom Tabaktyp der verrauchten Zigarette und möglicherweise vom Rauchzugintervall abhängig. Beim Rauchzugintervall von 60 Sekunden ist die Filterwirksamkeit größer als beim Intervall von 30 Sekunden.

SUMMARY

A new automatic smoking machine has been tried out for a year, and some new facts concerning the smoking technique have been found. When several cigarettes are smoked simultaneously on a turning device, they burn down to the butt length in about 10 percent less time than cigarettes smoked consecutively one after the other. An electrostatic device precipitates the smoke quantitatively, does not produce more than 0.1 mg. of ozone per hour, and has no influence on the burning rate of the cigarette; on the other hand, it delivers slightly less smoke solids than a larger electrostatic unit and than the Cambridge glass-fiber filter. The precipitated smoke solids should not be dried over silica gel, because nicotine losses may occur, but the water content of the smoke should be determined by the method of *Karl Fischer*. The ratio between the smoke solids soluble in chloroform and the total solids, is significantly dependent on the type of tobacco and, possibly, on the time interval between the puffs. When a filter cigarette is smoked with an interval of 60 seconds, the retention of the filter is slightly more efficient than with an interval of 30 seconds.

RÉSUMÉ

Lors de l'utilisation, depuis une année, d'une nouvelle machine à fumer les cigarettes, des expériences concernant la technique du fumage en particulier et la méthode en général ont été acquises. Si plusieurs cigarettes sont fumées simultanément sur un dispositif rotatif, elles se consomment en environ 10% moins de temps que des cigarettes fumées successivement une à une. Un dispositif électrostatique ad hoc précipite la fumée quantitativement, ne produit que 0,1 mg environ d'ozone par heure et ne change pas les propriétés de combustion de la cigarette; or, il donne un rendement en produits de fumage légèrement inférieur à un dispositif électrostatique plus grand et au filtre Cambridge en fibres de verre. Le séchage de la fumée précipitée par le gel de silice peut entraîner des pertes de nicotine; la détermination de l'eau d'après *Karl Fischer* est préférable. Le taux de la fumée soluble dans le chloroforme, par rapport à la fumée précipitée totale, dépend du type de tabac présent dans la cigarette et, éventuellement, de la durée de l'intervalle entre deux bouffées. L'efficacité de rétention du bout filtre est plus grande pour un intervalle de 60 secondes que pour un intervalle de 30 secondes.

1. Eschle, K., Mitt. Lebensm. Hyg. 49, 285 (1958).
2. Seehofer, F., Tabak-Forschung Nr. 26 (März 1959), S. 100.
3. Wartman jr., W. B., Cogbill, E. C. und Harlow, E. S., Anal. Chemie. 31, 1705-1709 (1959).
4. Kuhn, H., Fachl. Mitt. Öst. Tabakregie 1959 (3) 1-4.
5. Bull. CORESTA 1960 (3) 7-12.
6. Dietrich, Ch., Mitt. Lebensm. Hyg. 51, 355-358 (1960).
7. Staberg, E.-M., Nord. Hyg. Tidskrift 41, 211, Fig. 8 (1960).
8. Waltz, P., und Häusermann, M., Mitt. Lebensm. Hyg. 51, 303-307 (1960).
9. Beitr. Tabakforschg. Heft 1, 34 (Jan. 1961).
10. Waltz, P., und Häusermann, M., Beitr. Tabakforschg. Heft 1, 1-10 (Jan. 1961).
11. Golaz, P., Girardet, A., und Regamey, R., Mitt. Lebensm. Hyg. 50, 18-39 (1959).
12. Kuhn, H., und Marek, J., Fachl. Mitt. Öst. Tabakregie 1961 (1), 1-6.
13. Crowell, E. P., Kuhn, W. F., Fesnik, F. E., und Varsel, C. J., Tobacco Science 5, 54-57 (1961).
Siehe dort ältere Literatur zur gleichen Frage.
14. Bentley, H. R., Burgan, J. R., Tobacco Manufacturers' Standing Committee, Research Paper No. 4, 2nd edition, London 1961.

Anschrift der Verfasser: Vereinigte Tabakfabriken AG, Neuchâtel-Serrières (Schweiz)

DISKUSSION

Dr. Kuhn: Die erwähnten Vergleichsuntersuchungen zeigten, daß bei Einsatz der Rauchmaschine Ethel Mark VII der Cigarette Components signifikant größere Mengen an Kondensat und Nikotin im Acetatfilter zurückgehalten werden als bei Rauchabscheidung mit dem Cambridge-Filter. Bei elektrostatischer Abscheidung lag die errechnete, absolute Filterwirksamkeit um 25-30% höher als bei Untersuchungen mit Cambridge-Filtern. Als Erklärung nehmen wir an, daß das Hochspannungsfeld z. T. auch die Cigarette einbezieht und im Filter eine verstärkte Kondensat- und Nikotinabscheidung bewirkt. Weiterhin erscheint es möglich, daß dieser Einfluß auch auf den Tabakstock übergreift und auch hier zu einer erhöhten Kondensatretention führt.

Prof. Cuzin, Dr. Barkemeyer und Dr. Lipp berichten übereinstimmend, daß die Hochspannung beim Cigarette Components Generator während des Abrauchens von etwa 20 auf etwa 12 kV absinkt. Prof. Cuzin teilt mit, daß dieser Abfall bei Gauloise-Cigaretten größer ist als bei Cigaretten der sauren Gruppe.

Dr. Heinze weist darauf hin, daß es möglich sein müsse, den Abfall der Elektrodenspannung bei der elektrostatischen Abscheidung zu vermeiden, wenn für die Spannungserzeugung ein elektronisch stabilisierter Hochfrequenzgenerator mit genügender Leistung benutzt wird. Die Regelung sollte dabei durch eine Regelspannung bewirkt werden, die über einen Widerstandsteiler direkt aus der Hochspannung gewonnen wird. Mit dieser Spannung kann die Anodenspannung des Oszillators oder die Gittervorspannung einer evtl. vorhandenen Treiberstufe geregelt werden.

Dr. Lipp: Die Beobachtung, daß die Kondensatausbeute geringer wird, wenn auf der rotierenden Scheibe mehrere Cigaretten gleichzeitig abgeraucht werden, sollte nachgeprüft werden. Beim Vergleich von Ergebnissen, denen einerseits ein Abrauchversuch mit der BAT-Maschine und andererseits eine Analyse mit der Maschine nach Wahl zugrunde liegt - vergl. *Seehofer* (2) - verdient ein weiterer Unterschied Beachtung. Bei einem solchen Vergleich unterscheidet sich nicht nur die Zahl der gleichzeitig abgerauchten Cigaretten (15 bzw. 1), sondern außerdem arbeitet die BAT-Maschine unter konstantem Unterdruck, während bei der Maschine nach Wahl der Unterdruck in den Rauchpausen zusammenbricht.

Dr. Häusermann weist darauf hin, daß bei dem mit der oben beschriebenen Rauchmaschine verwendete Hochspannungsumformer die Spannung bei Rauchbeginn gegenüber Leerspannung nicht absinkt.