Beiträge zur Tabakforschung · Band 6 · Heft 1 · Juli 1971 DOI: 10.2478/cttr-2013-0259

Einfluß verschiedener Zugvolumenprofile auf Ausbeute und Zusammensetzung des Rauches beim maschinellen Abrauchen von Cigaretten*

von F. Seehofer und D. Wennberg

B·A·T Cigaretten-Fabriken GmbH, Forschung und Entwicklung, Hamburg

1. EINLEITUNG

Um die Vergleichbarkeit von Rauchanalysenergebnissen zu gewährleisten, ist es erforderlich, die Auswirkungen der in Betracht kommenden Einflußgrößen zu kennen und diese gegebenenfalls konstant zu halten. Unter solchen Voraussetzungen können Ergebnisse auf Standardbedingungen umgerechnet werden.

Eine Größe, die möglicherweise Einfluß haben könnte, ist das Zugvolumenprofil. Das ist der Verlauf der Strömungsgeschwindigkeit des Rauches durch die Cigarette während eines Zuges. Bei einigen Rauchmaschinen ändert sich die Strömungsgeschwindigkeit während des Zuges, dabei kann das Maximum entweder nach der halben Zugzeit erreicht oder zum Zuganfang bzw. Zugende hin verschoben sein; bei anderen Rauchmaschinen bleibt die Strömungsgeschwindigkeit während der Zugzeit konstant.

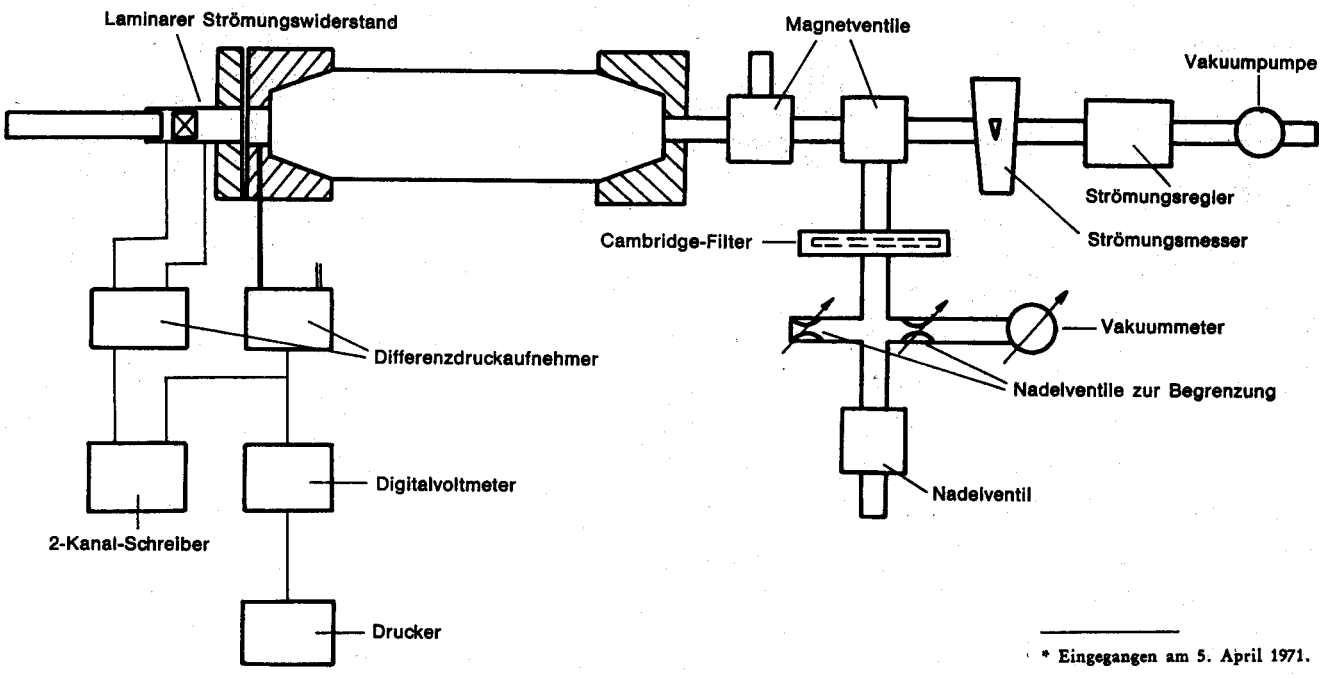
Im folgenden wird über Untersuchungen der Auswirkung des Zugvolumenprofiles auf die Analysenwerte des Hauptrauches (Feuchtkondensat, Trockenkondensat, Rauchnikotin und Phenole) beim offenen Abrauchen mit einer RM-20/68-Rauchmaschine berichtet. Bei den untersuchten Zugvolumenprofilen handelt es sich um ein Profil mit konstanter Strömungsgeschwindigkeit (Rechteckprofil) sowie um eines mit Strömungsgeschwindigkeitsmaximum etwa bei Zugbeginn (linksseitig verschobenes Profil) und um eines mit Strömungsgeschwindigkeitsmaximum etwa bei Zugende (rechtsseitig verschobenes Profil).

Ähnliche Versuche führten *Frisch* et al. (1) durch, bei denen Feuchtkondensat, Nikotin, Cyanide und Stickoxide im Hauptrauch beim Verrauchen von Cigaretten mit verschiedenen Zugprofilen bestimmt wurden. *Frisch* benutzte für diese Untersuchungen eine Einkanalrauchmaschine für offenes und geschlossenes Abrauchen. Die Rauchniederschlagung von je 5 Cigaretten erfolgte auf einem Cambridge-Filter. Das Zugvolumen betrug zwischen 27,3 und 28,2 ml/2 sec.

2. VERSUCHSANORDNUNG

Die RM 20/68 ist standardmäßig zur Einstellung rechteckiger Zugprofile eingerichtet (Abbildung 1). Zur Erzeugung der linksseitig und rechtsseitig verschobenen

Abbildung 1. Meßanordnung der pneumatischen Schaltung zur Erzeugung rechteckiger Zugvolumenprofile und Anordnung der Meßwertaufnehmer.



* Eingegangen am 5. April 1971.

Abbildung 2. Meßanordnung der pneumatischen Schaltung zur Erzeugung linksseitig verschobener Profile.

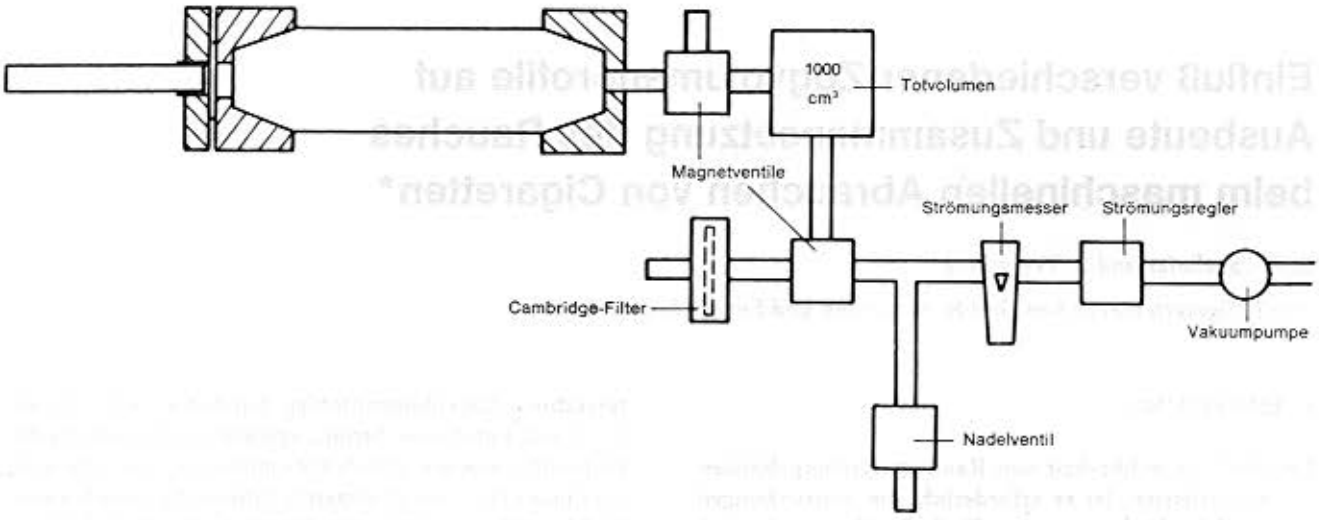


Abbildung 3. Meßanordnung der pneumatischen Schaltung zur Erzeugung rechtsseitig verschobener Profile.

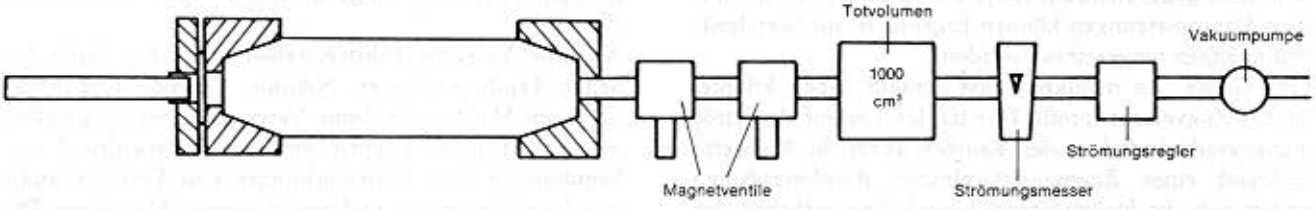
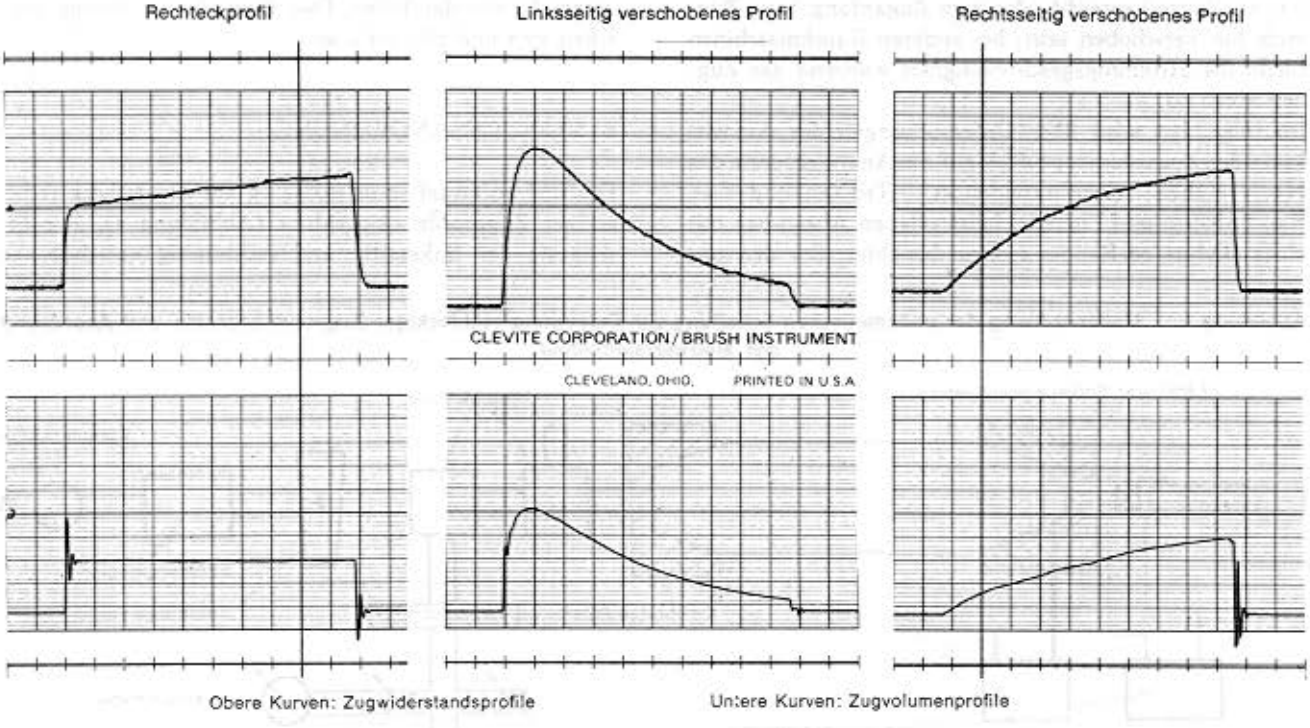


Abbildung 4. Zugwiderstands- und Zugvolumenprofile brennender Cigaretten.



Profile wurde die pneumatische und elektrische Schaltung entsprechend den Darstellungen in den Abbildungen 2 und 3 variiert.

Die Kontrolle der Zugvolumenprofile erfolgte mittels Differenzdruckaufnehmer und Schnellschreiber (Abbildung 4). Ebenso wurden die Zugwiderstände während des Abrauchens mit einem Differenzdruckaufnehmer gemessen und digital ausgedruckt (2).

3. UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Strangcigaretten (Straight-Virginia-Mischung).
Konditionierung: relative Luftfeuchte 58 %, Temperatur 22° C.

Gewicht	:	1115 ± 10 mg
Länge	:	70 mm
Durchmesser	:	8,17 mm
Zugwiderstand	:	60 mm WS
Feuchte	:	12,3 % (Mahlo)
Tabaknikotin	:	1,84 %

4. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG*

Mit jeder Zugprofileinstellung wurden 12 Abrauchgänge durchgeführt. Dabei wurden für das rechteckige Zugprofil je Abrauchgang 20 Cigaretten, für die linksseitig bzw. rechtsseitig verschobenen Profile aus technischen Gründen je Abrauchgang 10 Cigaretten eingesetzt. Bei jedem Rauchgang wurden von einer Cigarette die Zugprofile aller Züge aufgezeichnet. Die Abrauchbedingungen entsprechen den *Einheitlichen Vorschriften für die Analyse von Tabak und Tabakrauch* des Verbandes der Cigarettenindustrie (3).
Das Zugvolumen betrug bei allen Profilen 35 ml, die Zugzeit 2 Sekunden. Die Zugwiderstandserhöhung der Cigaretten beim Rauchen (durchschnittlich 50 mm WS) wurde bei der Einstellung des Zugvolumens berücksichtigt.
Die Rauchniederschlagung erfolgte elektrostatisch. Nach der gravimetrischen Bestimmung des Feuchtkondensates wurde jede zweite Röhre zur Bestimmung des Trockenkondensates 48 Stunden über Silikagel gelagert und das Trockenkondensat anschließend zur Nikotinbestimmung destilliert. Von den restlichen Feuchtkondensaten wurden Phenole und Nikotin bestimmt. Die Nikotinbestimmung erfolgte photometrisch (4), die Phenolbestimmung nach *Sawicki* (5).

5. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt. Einzelwerte außerhalb des Zufallsbereiches wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.
Die für je eine Versuchsanordnung aus den Feucht- und Trockenkondensaten bestimmten Nikotinwerte wiesen nur statistisch zufällige Differenzen auf und wurden daher für die weiteren Betrachtungen gemeinsam herangezogen.

Zugwiderstände

Die Zugwiderstandswerte wurden für das rechteckige und das rechtsseitig verschobene Profil nach 1,5 Sekunden, für das linksseitig verschobene Profil nach 0,5 Sekunden abgerufen. Die Messung der Zugwiderstandswerte diente hauptsächlich zur Kontrolle der Konstanz des pneumatischen Systems.

Die Streuung der Zugwiderstandsmittelwerte aus den einzelnen Abrauchgängen betrug für die drei Zugprofile 3,5 bis 4,2 %. Die aus den Zugwiderstandseinzelwerten eines Abrauchganges berechnete durchschnittliche Zugvolumenstreuung betrug minimal ± 0,5 ml (Rechteckprofil) und maximal + 1,1 ml (rechtsseitig verschobenes Profil).

Rauchanalysen

Die Unterschiede der Zugzahlen (maximal 2,1 %) und der Feuchtkondensatwerte (maximal 0,6 %) für die drei Zugprofile sind nicht signifikant (die Signifikanzgrenze wird hier und im folgenden bei 95 % Zufallswahrscheinlichkeit angesetzt).
Von den Hauptrauchtrockenkondensatwerten unterscheiden sich der höchste (Rechteckprofil) und der niedrigste (linksseitig verschobenes Profil) Wert signifikant voneinander (Unterschied 4,4 %).
Die für die Merkmale Nikotin (maximaler Unterschied 8,2 %) und Phenol (maximaler Unterschied 11,2 %) mit den drei verschiedenen Zugvolumenprofilen ermittelten Werte weichen signifikant voneinander ab.
Die Rangfolge der gefundenen Mengen wechselt mit dem Merkmal. Für alle drei Zugvolumenprofile wurde die gleiche Menge an Feuchtkondensat gefunden. Beim linksseitig verschobenen Profil war die Menge an Trokkenkondensat am geringsten, der Phenolgehalt am höchsten. Beim rechtsseitig verschobenen Profil fanden sich dagegen die geringsten Nikotin- und Phenolmengen.

6. DISKUSSION

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen die von *Frisch* (1) gefundenen Abhängigkeiten der Rauchanalysenergebnisse vom Zugvolumenprofil. Im Gegensatz zu unseren Befunden fand *Frisch* bei einem linksseitig verschobenen Profil niedrigere Werte für Feuchtkondensat und Nikotin als beim Rechteckprofil und beim rechtsseitig verschobenen Profil. Die Nikotinmenge, bezogen auf das Kondensat, war jedoch auch in dieser Untersuchung beim linksseitig verschobenen Profil höher als bei den anderen Zugprofilen.
Es scheint, daß sowohl die gebildeten Kondensatmengen als auch deren Zusammensetzung durch die Art des Zugvolumenprofils beeinflußt werden. Für weitergehende

Tabelle 1. Reproduzierbarkeit der Zugwiderstandsmessung während des Abrauchens mit verschiedenen Zugvolumenprofilen.

Zugvolumenprofil / Zugwiderstand						
	0. Zug	2. bis 9. Zug	0. Zug	2. bis 9. Zug	0. Zug	2. bis 9. Zug
$\bar{x}$ (mm WS)	60	111	93	146	175	222
V (%)	4,1	4,6	1,6	2,4	3,1	4,7
n	9	8	10	10	9	11
Δp (mm WS)	51		53		47	

* Für die Durchführung der Rauchanalysen danken wir Frau Regina Helbing

Tabelle 2. Einfluß verschiedener Zugvolumenprofile auf die Ausbeute und Zusammensetzung des Rauches beim maschinellen Abrauchen.

Zugvolumenprofil			
Zugzahl			
$\bar{x}$	9,3	9,4	9,5
V (%)	0,8	1,1	2,8
n	8	11	11
Hauptrauchkondensat, feucht (mg)			
$\bar{x}$	35,3	35,4	35,3
V (%)	1,9	2,3	3,3
n	9	11	11
Hauptrauchkondensat, trocken (mg)			
$\bar{x}$	32,5	31,8	31,1
V (%)	1,8	3,0	3,3
n	5	4	5
Rauchnikotin (mg)			
$\bar{x}$	2,77	2,55	2,69
V (%)	2,3	2,7	3,8
n	9	10	11
Phenole (µg)			
$\bar{x}$	286	271	300
V (%)	2,6	1,3	3,0
n	5	5	6
Rauchnikotin / Hauptrauchkondensat, trocken	0,0852	0,0802	0,0864
Phenole / Hauptrauchkondensat, trocken	0,00880	0,00858	0,00955

└──┘ = außerhalb des 95-%-Zufallsbereiches liegende Mittelwertdifferenzen.

Aussagen müßten die Untersuchungen mit verbesserten Kontroll- und Regelmöglichkeiten für das Zugvolumen unter Einbeziehung des glockenförmigen Zugvolumenprofiles (Strömungsmaximum nach der halben Zugzeit) wiederholt werden. Sollte sich dabei die Vermutung bestätigen, wäre für die Vergleichbarkeit von Rauchanalysenwerten eine Normung des Zugprofiles erforderlich. Am leichtesten kontrollierbar und am besten reproduzierbar scheint uns das rechteckige Zugvolumenprofil zu sein, da die Parameter Strömungsgeschwindigkeit und Zugdauer konstant sind.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Einfluß des Zugvolumenprofiles auf die Ausbeute und Zusammensetzung des Hauptstromrauches wurde beim maschinellen Verrauchen von Cigaretten mit drei verschiedenen Zugvolumenprofilen (Rechteckprofil, linksseitig bzw. rechtsseitig verschobenes Profil) auf einer RM 20/68 Rauchmaschine untersucht. Der Rauch wurde elektrostatisch niedergeschlagen. Es wurden die Merkmale Feucht- und Trockenkondensat, Nikotin und Phenol sowie Zugzahl und Zugwiderstand bestimmt. Signifikante Unterschiede wurden beim Trockenkondensat zwischen zwei Zugvolumenprofilen, bei Nikotin und Phenol zwischen allen drei Zugvolumenprofilen gefunden.

SUMMARY

A study was made of the effect of the puff profile on yield and composition of the mainstream smoke of

cigarettes smoked on a RM 20/68 smoking machine producing three different puff profiles (square-shaped profile, early peak and late peak profiles). The smoke was precipitated in an electrostatic trap. Crude condensate, dry condensate, smoke nicotine, phenols, puff number, and draw resistance were determined. Significant differences were found between the dry condensate yields of two puff profiles and between the nicotine and phenol yields of all the three puff profiles.

RESUME

Pour étudier l'influence du profil du volume de la bouffée sur le rendement et la composition du flux principal de fumée lors du fumage mécanique de cigarettes, nous avons procédé, sur une machine à fumer RM 20/68, à des analyses de fumée concernant 3 profils différents de volume de bouffée (le profil à angle droit, le profil dévié vers la gauche et celui vers la droite). La fumée a été précipitée de façon électrostatique. Nous avons relevé les condensats humides et secs, la nicotine et le phénol ainsi que l'indice de bouffée et la résistance au tirage. Nous avons décelé des différences significatives entre 2 profils du volume de la bouffée pour les condensats secs, et entre les 3 profils dans la nicotine et le phénol.

LITERATUR

1. Frisch, A. F., und Spirey, R.: 22nd Tobacco Chemists' Research Conference, Richmond, Va., 1968.
2. Lorenz, H.-W., und Seehofer, F.: Beitr. Tabakforsch. 6 (1971) 1.
3. Wissenschaftliche Forschungsstelle im Verband der Cigarettenindustrie, Einheitliche Vorschriften für die Analyse von Tabak und Tabakrauch: Beitr. Tabakforschung 1 (1962) 307.
4. Kuhn, H.: Fachl. Mitt. Österr. Tabakregie 3, 1 (1959).
5. Sawicki, E., et al.: 145th Meeting Am. Chem. Soc., New York, N. Y., 1963.

Anschrift der Verfasser:

B·A·T Cigaretten-Fabriken GmbH, Forschung und Entwicklung, 2 Hamburg 36, Esplanade 39.