

Einige Trendanalysen zum Problem des Cigarettenrauchens in der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 1961–1969*

von Jürgen Timm

Mathematisches Seminar der Universität Hamburg

I. EINLEITUNG

Zwischen 1961 und 1968 hat der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch an Cigaretten in der Bundesrepublik von 1389 Stück (1961) auf 1847 Stück (1969), also um ca. 33%, zugenommen. Andererseits war in der gleichen Zeit eine deutliche Verminderung der Ausbeute an feuchtem Rauchkondensat je Cigarette festzustellen. Bei der umsatzstärksten deutschen Cigarettenmarke lag diese Verminderung zwischen ca. 30 mg (1961) und ca. 20 mg (1969), sie betrug also ebenfalls rund ein Drittel.

Außerdem konnte in der rauchenden Bevölkerung eine Änderung der Rauchgewohnheit beobachtet werden: Die Cigaretten wurden im Mittel von Jahr zu Jahr auf längere Stummel abgeraucht. Die Raucher trugen damit also auch selbst zu einer Verminderung der Gesamtaufnahme an Cigarettenrauchkondensat bei.

Es erschien daher interessant, auf Grund eines möglichst umfangreichen Ausgangsmaterials zu untersuchen, in welchem Maße die drei geschilderten Einflußgrößen zusammen die Rauchkondensataufnahme pro Kopf der Bevölkerung (und je Raucher) beeinflusst haben.

Die Frage läßt sich naturgemäß nicht durch eine direkte Messung, wohl aber durch eine Reihe statistischer Berechnungen und Schätzungen beantworten, die in der vorliegenden Arbeit geschildert werden.

II. AUSGANGSPARAMETER UND GRUNDFORMELN

Der Pro-Kopf-Verbrauch an Rauchkondensat wird hier auf Grund folgender Parameter geschätzt:

1. Kondensatausbeute („Teergehalt“) $K_i(t)$ der einzelnen Cigarettenmarken $i = 1, \dots, N$ unter standardisierten Abrauchbedingungen im Labor.
2. Marktanteile $m_i(t)$ der einzelnen Marken.
3. Pro-Kopf-Verbrauch $V(t)$ an Cigaretten in der BRD.
4. Änderung der Kondensatausbeute bei Änderung der Abrauchlänge: $\frac{\partial K}{\partial l}$.
5. Änderung der Abrauchbedingungen im Labor, die durch Änderung der Filterformate erzwungen wird.
Mittlere Stummellänge für Filtercigaretten: $l_0^f(t)$.
6. Änderung der Rauchgewohnheiten der Bevölkerung: mittlere Stummellänge für Strangcigaretten: $l^s(t)$ und für Filtercigaretten: $l^f(t)$.

Die Kondensatausbeuten K_i beziehen sich stets auf „mg feuchtes Rauchkondensat je Cigarette“, t bedeutet in allen Fällen die Zeit. Für die Berechnung des jährlichen Pro-Kopf-Verbrauchs an Rauchkondensat war jeweils über ein Jahr zu mitteln, und aus diesen Mitteln für 1.

und 2. waren die gewogenen Mittel $K = \left(\sum_{i=1}^N K_i m_i \right) \left(\sum_{i=1}^N m_i \right)^{-1}$ der Kondensatausbeuten in den einzelnen

Jahren zu berechnen. Weiter mußte aus den jährlichen Mitteln von 4. bis 6. berechnet werden, um welchen Faktor f dieses Mittel K zu vergrößern bzw. zu verkleinern ist, weil die tatsächlichen Abrauchlängen l^s bzw. l^f in der Bevölkerung die standardisierten Abrauchlängen l_0^s bzw. l_0^f im Labor unter- bzw. übertreffen. Die Schätzung R des Pro-Kopf-Verbrauchs an Rauchkondensat ergibt sich dann als Produkt des gewogenen Mittels der Kondensatausbeuten, des Korrekturfaktors für die tatsächlichen Stummellängen (Rauchgewohnheit) und des Pro-Kopf-Verbrauchs an Cigaretten nach der Formel $R = K \cdot f \cdot V$. Diese Rechnung soll im folgenden ausführlich erläutert werden.

III. DIE ENTWICKLUNG DER KONDENSATAUSBEUTE DEUTSCHER CIGARETTEN

Grundlage der Berechnungen waren die Ergebnisse von Untersuchungen deutscher Cigarettenmarken in der Warentest-Zeitschrift „DM“. Eine Analyse dieser Testergebnisse zeigt ebenso wie ein Vergleich mit Paralleluntersuchungen anderer Institutionen große Schwankungen. Dies ist auch nicht verwunderlich, weil zahlreiche Faktoren den Ausfall eines solchen Tests beeinflussen. Es sei nur daran erinnert, daß der Tabak als Naturprodukt notwendig zeitlichen Schwankungen unterliegt und daß die Mischung der Sorten und die technische Herstellung der Cigaretten zahlreiche zusätzliche Parameter ins Spiel bringen. Der Ausfall des Tests hängt außerdem von der Methode und dem Zeitpunkt des Probeneinkaufs sowie von Selektion und Vorbehandlung der Cigaretten ab. Schließlich kommen noch Abweichungen durch die Abrauchbedingungen und weitere Einzelheiten der Untersuchungsmethode hinzu.

Die beobachteten Schwankungen zeigen, daß man den einzelnen Ergebnissen trotz aller Bemühungen um eine

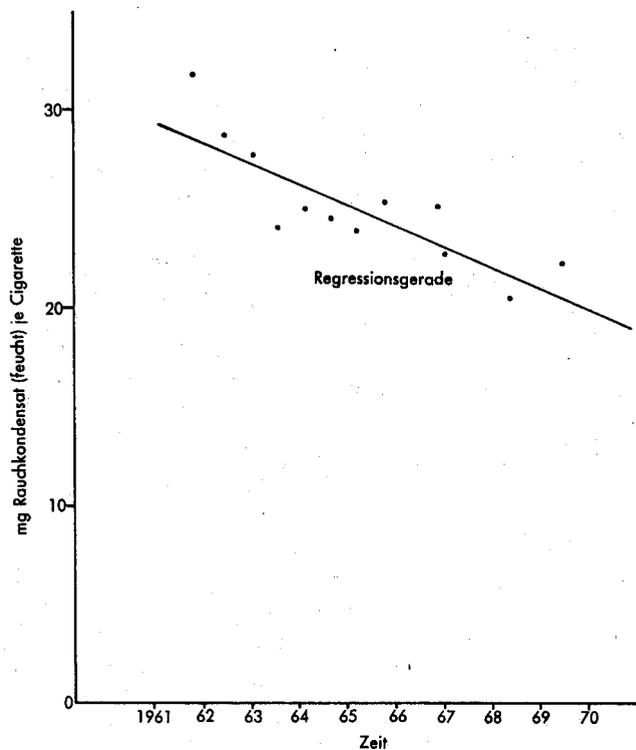
* Eingegangen am 5. Mai 1970.

Standardisierung des Untersuchungsverfahrens kein allzu großes Gewicht zumessen kann. Erst bei Betrachtung einer großen Zahl von Untersuchungsergebnissen, die sich über einen längeren Zeitraum verteilen, werden sich solche Schwankungen statistisch ausgleichen, und die zugrunde liegenden Trends müßten erkennbar werden.

Für die vorliegende Arbeit wurden deshalb die Ergebnisse der DM-Analysen für die Ausbeute an feuchtem Rauchkondensat einer (linearen) Regressionsanalyse unterzogen [mathematische Methode vergl. z. B. (5, 6, 8, 13)]. Für die Mittelwerte der Analysen ergab sich dabei das folgende Bild:

Abbildung 1 Reduktion der Ausbeute an feuchtem Rauchkondensat bei deutschen Cigaretten

Grundlage: DM-Analysen 1961–1969
Korrelationskoeffizient: $r = -0,83$ bei 11 Freiheitsgraden
(Grenze der Signifikanz: $r_{\text{grenz}} = -0,55$ bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$)

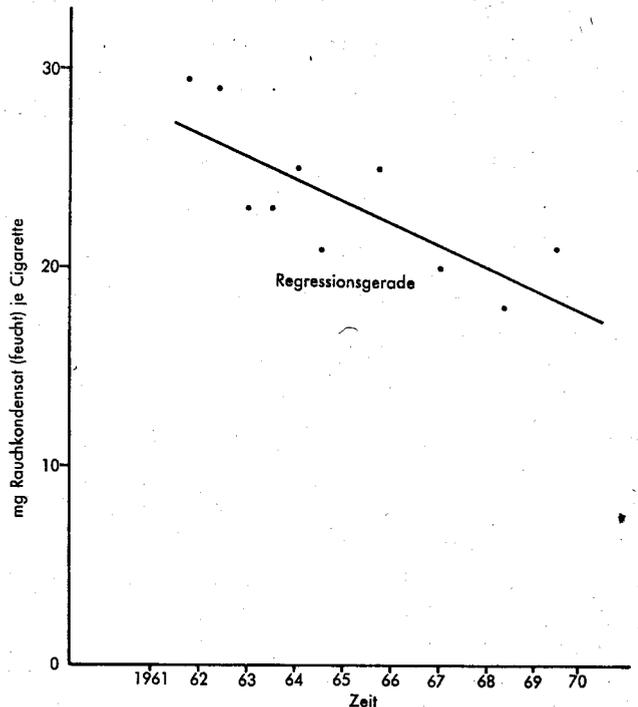


Die Regressionsanalyse ergab einen Korrelationskoeffizienten von $-0,83$. Nach *Pearson* und *Hartley* (7) ist dieser Wert als signifikant anzusehen, d. h. mit der üblichen Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% gilt eine Verminderung der mittleren Kondensatausbeute mit der Zeit als nachgewiesen. Diese Berechnung wurde anschließend nicht nur für die Mittelwerte aller Analysen, sondern auch für jede einzelne Cigarettenmarke durchgeführt. Als Beispiel sei hier die umsatzstärkste deutsche Cigarettenmarke aufgeführt, die in fast allen Tests untersucht wurde (Abb. 2).

Die Regressionsanalyse ergab auch hier einen signifikanten Korrelationskoeffizienten, also ist auch hier eine Verminderung der Kondensatausbeute mit der Zeit nachweisbar. Bei 31 Cigarettenmarken (die in mehr als drei Untersuchungen aufgeführt wurden) ergab sich 25mal eine negative Korrelation (Verminderung der Ausbeute)

Abbildung 2 DM-Analysen 1961–1969 für die größte deutsche Cigarettenmarke (Marktanteil ca. 20%)

Korrelationskoeffizient: $r = -0,76$ bei 9 Freiheitsgraden
(Grenze der Signifikanz: $r_{\text{grenz}} = -0,60$ bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$)



und 6mal eine positive Korrelation (Erhöhung der Ausbeute mit der Zeit). Keine der sechs Erhöhungen erwies sich als signifikant, d. h. man muß damit rechnen, daß es sich hier um zufällige Abweichungen handelt.

Auf das Gesamtergebnis der Regressionsanalyse wurde ein Vorzeichenstest (4) angewendet. Er führt zu dem Gesamturteil, daß die Kondensatausbeute bei den untersuchten deutschen Cigarettenmarken insgesamt signifikant abgenommen hat (Irrtumswahrscheinlichkeit: 5%).

Im weiteren wird die Hypothese zugrunde gelegt, daß die Regressionsgeraden, die ja für jede Marke die Gesamtinformation aller Untersuchungen enthalten, die tatsächliche Entwicklung an Kondensat je Cigarette bei dieser Marke genügend gut wiedergeben.

Die Jahresmittel für die Kondensatausbeute einer speziellen Cigarettenmarke ergibt sich dann einfach als der „ausgeglichene“ Wert auf der Regressionsgeraden zum Zeitpunkt 1. Juli des betreffenden Jahres.

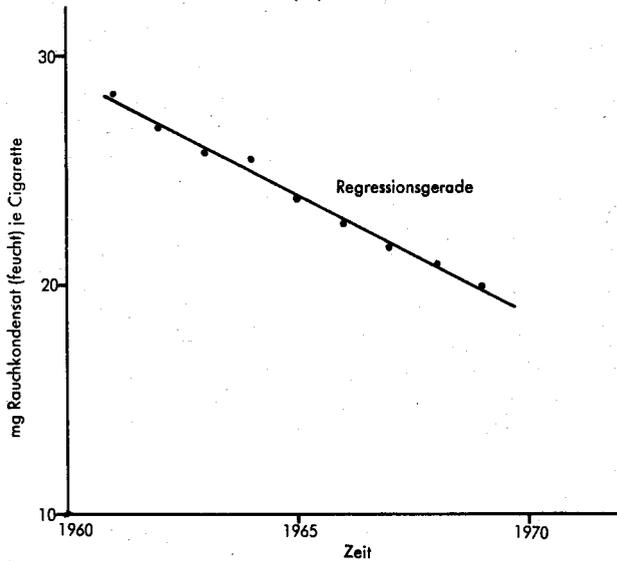
IV. GEWOGENE MITTELWERTE FÜR DIE KONDENSATAUSBEUTEN DEUTSCHER CIGARETTEN 1961–69

Der *Verband der Cigarettenindustrie* verfügt über eine Statistik [hier kurz VdC-Statistik genannt, vergl. (11)], die die Marktanteile der einzelnen deutschen Cigarettenmarken in den Jahren 1962 bis 1969 enthält. Aus diesen Werten läßt sich die Marktaufteilung für 1961 mit einer Trendanalyse schätzen. Die so gewonnenen Daten dienen zusammen mit den nach III. berechneten Jahresmitteln für die Kondensatausbeuten als Grundlage für die Berechnung der gewogenen Mittel. Die Formel wurde bereits in II. genannt. Die Ergebnisse werden in der folgenden Abbildung zusammengefaßt:

Abbildung 3 Gewogene Mittel der Kondensatausbeuten deutscher Cigaretten 1961-1969

Grundlage:

1. „Ausgeglichene“ Werte nach Regressionsanalyse von DM-Analysen 1961-1969
2. Marktanteile nach VdC-Statistik (11)



V. STUMMELLÄNGEN

Bis zu welchen Stummellängen die Raucher ihre Cigaretten abrauchen, wurde 1959 von M. v. Bethmann (2) und 1969 von Schulz (9) untersucht. Bei ca. 2000 Cigaretten, die in Bahnhofsgaststätten gesammelt wurden, fand v. Bethmann (1959) im Mittel folgende Stummellängen:

Filtercigaretten: 22,1 mm,
Strangcigaretten: 19,3 mm.

Schulz (1969) untersuchte die Stummellängen bei ca. 40000 Cigaretten und fand für:

Filtercigaretten: 30,6 mm,
Strangcigaretten: 25,6 mm.

Interpoliert man aus diesen Werten linear, so erhält man Schätzungen l^s und l^f für die in den einzelnen Jahren im Mittel tatsächlich übriggelassenen Stummellängen. Diese Werte müssen mit den standardisierten Abrauchbedingungen im Labor verglichen werden. Für die filterlosen Cigaretten betrug die Stummellänge im Test stets 23 mm (3). Bei den Filtercigaretten änderte sich die Abrauchlänge im Schnitt (wegen der unterschiedlichen Filterlängen) von 23 mm (1961) auf 26,7 mm (1969) Stummellänge. Aus diesen Werten lassen sich (ebenfalls durch lineare Interpolation) für jedes Jahr Differenzen $d^s = l^s - l_0^s$ der mittleren tatsächlichen Stummellänge und der Laborstummellänge für die filterlosen Cigaretten und ebenso $d^f = l^f - l_0^f$ für die Filtercigaretten berechnen.

Im Institut für Warenprüfung, das die Analysen für die Zeitschrift „DM“ durchführt, wurden anlässlich einer Fehleranalyse (1) die partiellen Differentialquotienten

$\frac{\partial K}{\partial l}$ bestimmt. Es ergab sich $\frac{\partial K}{\partial l} \approx 1,1 \text{ mg/mm}$

(vgl. Abb. 4). Damit lassen sich für Strang- und Filtercigaretten die Faktoren f^f und f^s bestimmen, die angeben, wie weit die Kondensatausbeute unter Labor-

bedingungen von derjenigen unter den mittleren tatsächlichen Abrauchbedingungen abweicht. Werden noch die unterschiedlichen Marktanteile (vergl. Abb. 5) für Filter- und Strangcigaretten in den einzelnen Jahren herangezogen, so läßt sich das gewogene Mittel $f = \frac{m_s f^s + m_f f^f}{m_s + m_f}$ als Korrekturfaktor für das unter IV. berechnete gewogene Mittel der Kondensatausbeuten berechnen.

Abbildung 4 Zur Berechnung von $\frac{\partial K}{\partial l}$

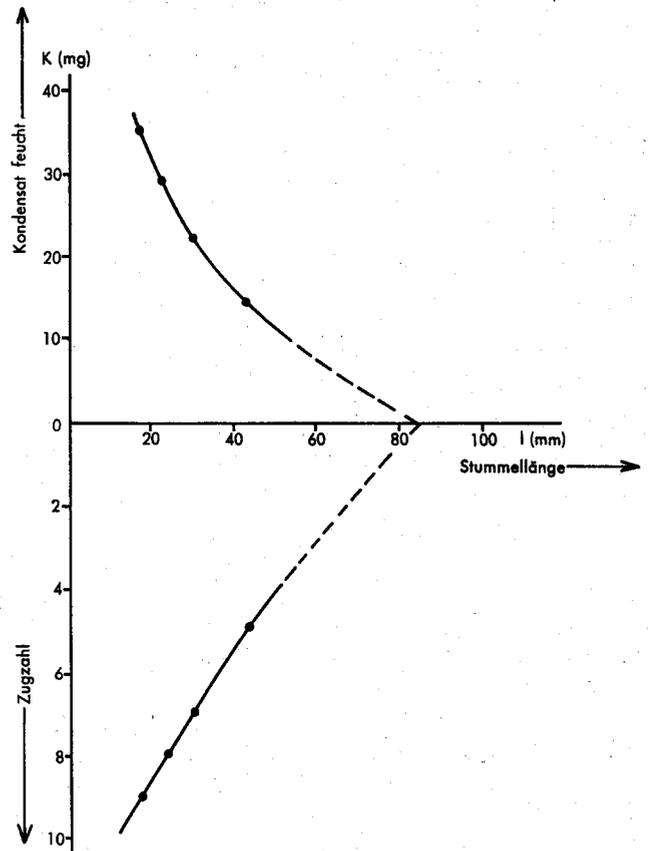
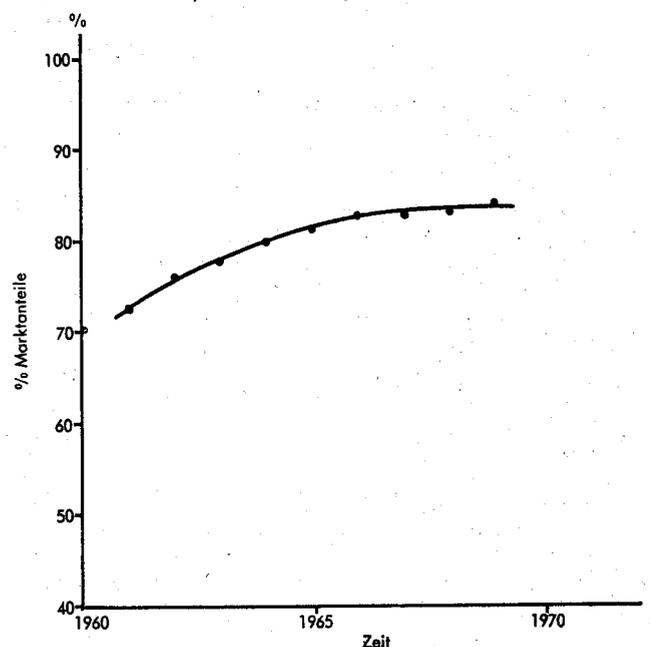


Abbildung 5 Marktanteile der Filtercigaretten (Bundesrepublik Deutschland 1961-1969)

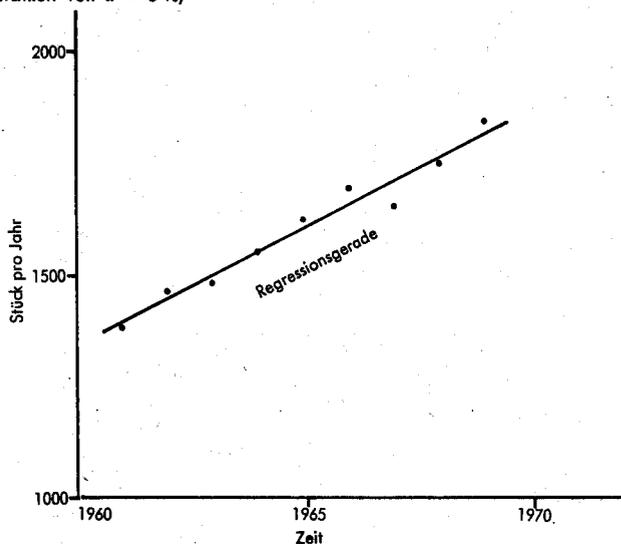


VI. ERGEBNISSE

In II. wurde gesagt, daß die Berechnung des Endergebnisses (Pro-Kopf-Verbrauch an feuchtem Rauchkondensat in den Jahren 1961–69) nach der Formel $R = K \cdot f \cdot V$ erfolgen soll. K und f wurden in IV. bzw. V. bestimmt. Der Pro-Kopf-Verbrauch an Cigaretten in der Bundesrepublik kann dem Statistischen Jahrbuch (10) oder der VdC-Statistik (11) entnommen werden. Man erhält den folgenden Verlauf:

Abbildung 6 Pro-Kopf-Verbrauch an Cigaretten in der BRD

Korrelationskoeffizient: $r = 0,98$ bei 8 Freiheitsgraden
(Grenze der Signifikanz: $r_{\text{Grenz}} = 0,63$ bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$)



Auch hier ergibt sich ein hoher Korrelationskoeffizient, so daß der Trend im statistischen Sinn als gesichert angesehen werden kann. Damit stehen alle drei Faktoren für die Berechnung von R zur Verfügung. Die Ergebnisse zeigen Tab. 1 und Abb. 7.

DISKUSSION

Die beschriebenen Berechnungen stellen wegen der vorkommenden linearen Interpolationen noch eine relativ grobe Approximation an die Wirklichkeit dar. Bei Vor-

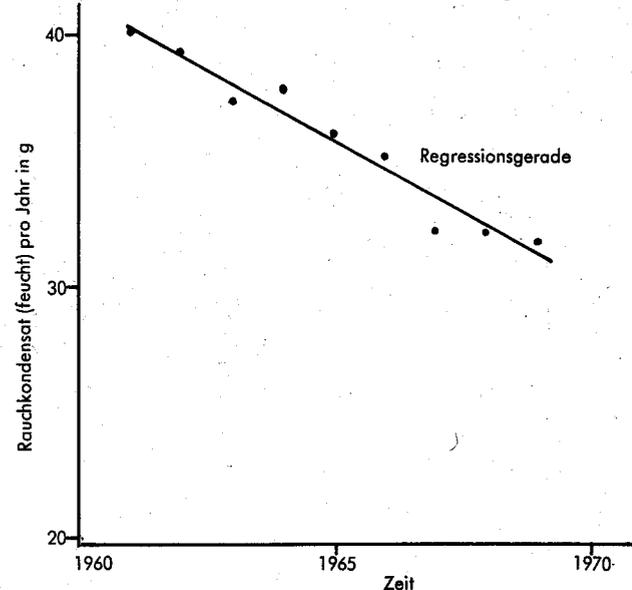
Tabelle 1 Berechnung des Pro-Kopf-Verbrauchs an Rauchkondensat

Jahr	K	f	V	R
	mg per Cig.	10^{-3}	Stück	g
1961	28,28	1023	1389	40,18
1962	26,83	1001	1464	39,32
1963	25,77	980	1482	37,43
1964	25,54	960	1551	38,03
1965	23,68	940	1627	36,22
1966	22,71	916	1699	35,34
1967	21,76	901	1652	32,39
1968	20,85	883	1751	32,24
1969	19,97	864	1847*	31,87

* vorläufige Zahl

K = gewogenes Mittel der Kondensatsausbeuten deutscher Cigaretten
f = Korrekturfaktor für die tatsächlichen Stummellängen
V = Pro-Kopf-Verbrauch an Cigaretten in der Bundesrepublik
R = Pro-Kopf-Verbrauch an Rauchkondensat in der Bundesrepublik

Abbildung 7 Rauchkondensat pro Kopf der Bevölkerung in der BRD



Grundlagen:

1. DM-Analysen 1961–1969 (Regressionsanalysen)
2. Marktanteile der einzelnen Cigarettenmarken (11)
3. Pro-Kopf-Verbrauch an Cigaretten (10, 11)
4. Messung der Änderung der Kondensatsausbeute mit Änderung der Stummellänge (1)
5. Vorschriften des Verbandes der Cigarettenindustrie und DIN (3)
6. Änderung der Rauchgewohnheit (längere Stummel) (2, 9)

liegen detaillierterer Untersuchungen, wie sie zur Zeit bereits geplant sind oder durchgeführt werden, lassen sich für die Zukunft wesentlich genauere Aussagen gewinnen.

Man beachte insbesondere, daß die Maßzahl R zwar die mittleren Stummellängen in den einzelnen Jahren berücksichtigt, die tatsächliche Aufnahme von Cigarettenrauch durch den Raucher hängt jedoch noch von einigen anderen Parametern ab, die hier nur durch die Einstellung der Rauchmaschinen nach DIN 10240 berücksichtigt werden. Insbesondere gehen in die Berechnungen nicht die Entwicklung der mittleren Rauchgewohnheiten wie Zugzahl, Zugdauer etc. in den Jahren 1961 bis 1969 ein. Der Wert R ist auch aus diesem Grunde als eine Schätzung für den Konsum an Cigarettenrauchkondensat anzusehen, die noch wesentlich verfeinert werden kann, wenn entsprechendes experimentelles Material vorliegt.

Die Schätzung der Entwicklung der drei wichtigen Parameter K, f und V auf Grund der hier aufgeführten Untersuchungsergebnisse und Auswertungshypothesen lassen jedoch erkennen, daß der Konsum an Cigarettenrauchkondensat in der Bundesrepublik in den letzten Jahren abgenommen hat.

Da der Anteil an Cigarettenrauchern in der Bevölkerung der Bundesrepublik in diesen Jahren nahezu konstant geblieben ist (nach einer persönlichen Mitteilung der Marktforschungsabteilung der Firma *Martin Brinkmann AG* betrug der Anteil der regelmäßigen Cigarettenraucher in der erwachsenen Bevölkerung 1961 ca. 33% und 1969 ca. 32%)*, hat also auch der Konsum an Cigarettenrauchkondensat, bezogen auf den einzelnen Raucher, abgenommen.

* Grundlage: Repräsentative Stichproben von je 2000 Personen.

Schließlich bliebe die Frage zu klären, ob dieses Ergebnis vielleicht dadurch kompensiert wird, daß die Raucher bei leichten Filtercigaretten den Rauch tiefer inhalieren. Dies kann nach einer Untersuchung von *Waltz* und *Häusermann* (12) ausgeschlossen werden. Man könnte im Gegenteil sogar vermuten, daß auf Grund der Zunahme des Marktanteils der „schwarzen“ Cigaretten und der Raucheraufklärung in den letzten Jahren im Mittel seltener und nicht so tief inhaliert wurde. Eine Berücksichtigung dieser Komponente könnte den Trend also sogar noch wesentlich verstärken.

Nach Drucklegung erreichten den Autor Meßwerte für Kondensatwerte verschiedener Cigaretten aus dem Jahr 1970. Diese neuesten Werte passen sich in den hier geschilderten Trend sehr gut ein.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf Grund zahlreicher Untersuchungsergebnisse und Daten über die Entwicklung des Kondensatgehalts deutscher Cigaretten, ihrer Marktanteile, der Abrauchlängen im Labor und beim durchschnittlichen Raucher, des Pro-Kopf-Verbrauchs an Cigaretten in der Bundesrepublik und der Entwicklung des Raucheranteils wurde eine Schätzung für den jährlichen Pro-Kopf-Verbrauch an Rauchkondensat in der Bundesrepublik für die Jahre 1961–1969 berechnet. Der Wert für 1961 beträgt 40,2 g, während man für 1969 31,9 g erhält. Dies bedeutet, daß der Verbrauch an Cigarettenrauchkondensat in der Bundesrepublik in den letzten Jahren abgenommen hat. Bei nahezu konstantem Anteil an Rauchern folgt, daß auch der Verbrauch an Rauchkondensat pro Raucher in den Jahren zwischen 1961 und 1969 trotz des gestiegenen Cigarettenkonsums um rund 20 % gesunken ist.

SUMMARY

On the basis of numerous research results and data on the development of condensate contents of German cigarettes, their share of the market, the smoked length of cigarettes in laboratory tests as opposed to the average smoker, the pro capita consumption of cigarettes in the Federal Republic of Germany and the trends of the smokers' share, an estimate has been prepared in the Federal Republic on the yearly pro capita consumption of smoke condensates covering the years 1961–1969. The value for 1961 amounts to 40.2 gr., whereas for the year 1969 31.9 gr. have been obtained. This means that the consumption of cigarette condensates in the Federal Republic has decreased during the last years. At a nearly constant share of smokers it can be seen that the consumption of smoke condensates per smoker has decreased by about 20 % during the years between 1961 and 1969 despite an increased cigarette consumption.

RÉSUMÉ

Sur la base de nombreux résultats de recherche et de données sur le développement de la teneur en condensat

des cigarettes allemandes, leur part dans le marché, la longueur fumée dans le laboratoire et celle du fumeur moyen, la consommation par fumeur de cigarettes dans la République fédérale de l'Allemagne et la tendance du pourcentage de fumeurs, une estimation a été calculée sur la consommation de condensat de fumée par fumeur par année couvrant les années 1961–1969. La valeur pour 1961 était de 40,2 g, la moyenne pour 1969, par contre, se montait à 31,9 g. Ceci indique que la consommation de condensat de cigarettes dans la République fédérale a diminué pendant les dernières années. Pour un pourcentage presque constant de fumeurs on constate que la consommation de condensat de fumée par fumeur a diminué à peu près de 20 % entre 1961 et 1969 en dépit d'une augmentation de la consommation de cigarettes.

LITERATUR

1. Bauer, M., und Kircher, G.: Untersuchung der Fehlergrenzen des Teer- und Nikotinbestimmungsverfahrens nach den Einheitlichen Vorschriften des Verbandes der Cigarettenindustrie, ifw-Bericht 27. 1. 1970.
2. Bethmann, M. von: Untersuchung von Stummellängen in Bahnhofsgaststätten, persönliche Mitteilung.
3. Einheitliche Vorschriften für die Analyse von Tabak und Tabakrauch: Beitr. Tabakforsch. 1 (1962) 307–310; DIN 10240: Tabak und Tabakerzeugnisse-Untersuchung, Maschinelles Abrauchen von Zigaretten, Bestimmung des feuchten und des trockenen Rauchkondensats, April 1969.
4. Dixon, W. J., und Mood, A. M.: J. Amer. Statist. Assoc. 41 (1946) 557.
5. Draper, N. R., und Smith, H.: Applied Regression Analysis, New York 1966.
6. Ezekiel, M., und Fox, K. A.: Methods of Correlation and Regression Analysis, 3rd ed., New York 1959.
7. Pearson, E. S., und Hartley, H. O.: Biometrika Tables for Statisticians I, Cambridge Univ. Press 1954, Tab. 13, S. 138.
8. Plackett, R. L.: Principles of Regression Analysis, Oxford 1960.
9. Schulz, W., und Seehofer, F.: Beitr. Tabakforsch. 5 (1970) 198.
10. Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland, Statistisches Bundesamt Wiesbaden 1964–69.
11. Statistiken des Verbandes der Cigarettenindustrie aus den Jahren 1961–1969: persönliche Mitteilungen.
12. Waltz, P., und Häusermann, M.: Z. Präventivmed. 8 (1963) 73.
13. Williams, E. J.: Regression Analysis, New York 1959.

Anschrift des Verfassers:

Mathematisches Seminar der Universität, 2 Hamburg 13, Rothenbaumchaussee 67–69.