

Neuzeitliche Filterzigaretten und ihre Auswirkungen auf die Rauchgewohnheiten und Rauchinhaltsstoffe

Von P. Waltz und M. Häusermann¹

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht: a) durch welche Methoden und in welchem Maße das Rauchkondensat reduziert werden kann; b) inwieweit einzelne, interessierende Verbindungen von der Reduktion miteingefasst werden, mit besonderer Berücksichtigung der Gasphase; c) inwieweit auf dem Markt in der Periode 1957 bis 1961 solche Veränderungen durchgeführt wurden; d) ob der Raucher auf irgendeine Weise dafür kompensiert (höherer Konsum usw.), daß er leichtere Zigaretten raucht, also, ob die von der Industrie durchgeführte Kondensatreduktion dem Raucher zugute kommt.

Auf Grund der Resultate – die in den Schlußfolgerungen zusammengefaßt sind – kann festgehalten werden: a) Das Rauchkondensat kann für bestimmte Zigaretten um 50% reduziert werden, was auch an handelsüblichen Marken bestätigt wird. Diese Reduktion umfaßt die untersuchten Einzelsubstanzen, teilweise sogar im positiv-selektiven Sinne und besonders auch die Gasphase als Totalität. b) Die Rauchkondensatreduktion eines untersuchten Marktes beträgt 48,5% für Filterzigarettenraucher 1961 gegenüber Rauchern von Strangzigaretten von 1957. c) Diese Reduktion wird durchschnittlich durch den Raucher – dem sie zunächst vollumfänglich zugute kommt – verstärkt, da er durch Änderung des durchschnittlichen individuellen Verhaltens die mittleren Kondensatmengen pro Kopf noch weiter herabsetzt.

1. Einleitung

Die Arbeiten von *Neukomm* und *Bonnet* [1], *Mouyon* et al. [2], [3], *Matthey* [4] und *Nicod* [5] versuchten zu beweisen, daß durch eine Präextraktion des Tabakes der Gehalt an polyzyklischen Kohlenwasserstoffen im Rauche von

Résumé

Le présent travail examine les points suivants: a) Les méthodes par lesquelles le condensat de fumée de cigarette peut être réduit et dans quelles proportions cette réduction peut être réalisée pratiquement. b) Le problème de la réduction de certaines substances d'intérêt avec emphase particulière sur la partie gazeuse de la fumée. c) Dans quelle mesure pendant la période 1957–1961 de telles modifications ont été enregistrées sur le marché. d) Le problème de la compensation éventuelle par le fumeur (consommation plus élevée, etc.) qui fumerait davantage de cigarettes légères que de cigarettes fortes.

Sur la base des résultats présentés dans les conclusions, on peut constater: a) Pour certaines cigarettes le condensat de fumée peut être réduit de 50%. Les cigarettes en vente sur le marché en témoignent. La réduction englobe les différentes substances particulières mises à l'étude, indiquant même parfois une sélectivité positive. Quant à la phase gazeuse, elle est réduite dans sa totalité. b) La réduction de condensats de fumée du marché de cigarettes filtre soumis à l'examen est de 48,5% en 1961 par rapport au marché sans filtre en 1957. c) Non seulement le fumeur moyen a-t-il bénéficié totalement de cette réduction, mais il l'a encore intensifiée en changeant en moyenne ses habitudes de fumer.

¹ Adresse des auteurs: Fabriques de tabacs réunies SA., Neuchâtel-Serrières.

Zigaretten vermindert werden könne. Obwohl unterdessen gezeigt werden konnte, daß diese Arbeiten nicht gesichert erscheinen, muß das Problem als solches, da diese Arbeiten in medizinischen und hygienischen Kreisen stark beachtet wurden, mit größter Umsicht behandelt werden.

Da das Präextraktionsverfahren nicht zu dem von den Autoren gewünschten Ziel zu führen scheint, wollen wir hier untersuchen, ob das gleiche Ziel nicht auch auf eine andere Art und Weise erreicht werden kann.

Wir sind der Ansicht, daß das Kriterium der polyzyklischen Kohlenwasserstoffe zu einseitig und zu wenig umfassend ist, um in diesem Fragenkomplex eine Aussage zu erlauben. Wir wollen demzufolge noch die folgenden Probleme untersuchen und diskutieren:

das Gesamtkondensat,
einzelne bekannte und interessante Verbindungen im Rauch,
schlecht oder nicht bekannte Einzelsubstanzen, die von Interesse sein könnten,

Fragen der physikalischen Beschaffenheit des Rauches, wie zum Beispiel Partikelgröße der Partikularphase im besonderen Hinblick auf ihre Beeinflussung durch die Kondensatreduktion,

Beurteilung des heutigen Angebotes an Tabakwaren im Verhältnis der letzten Jahre, also einerseits die Untersuchung inwieweit die diskutierten Kriterien in der Realität ihren Niederschlag gefunden haben und andererseits die Frage der Reaktion des Rauchers auf die Kondensatreduktion.

Wir werden im folgenden zeigen, daß das Rauchkondensat pro Zigarette wesentlich beeinflußt werden kann. Die Darlegung dieser Faktoren und das Ausmaß ihrer Einwirkung wird uns erlauben, zu zeigen, daß für die Geschmacksrichtung «American blend» zum Beispiel eine Reduktion von etwa 50% durchgeführt werden kann. Wir werden ferner darlegen können, daß drei besonders wesentliche Substanzen, wobei das 3,4-Benzpyren wohl die wichtigste ist, mitreduziert werden. Weiterhin werden wir zeigen, daß nicht nur die üblicherweise berücksichtigte Partikularphase des Rauches durch die geschilderten Maßnahmen reduziert wird, sondern daß sich dieser Einfluß auch auf die Gasphase des Rauches erstreckt. In einer Diskussion über die heute noch nicht oder nur andeutungsweise bekannten Einflußgrößen werden wir klarlegen, daß die Reduktion der Rauchkondensate kaum unerwünschte Nebenerscheinungen haben dürfte. Besonders wird aber unsere Untersuchung über das heutige Angebot an Zigaretten zeigen, daß diese Kriterien bei den modernen Zigaretten berücksichtigt wurden und daß die Reaktion der Raucher deutlich erkennen läßt, daß diese Maßnahmen zu einer Verminderung der durchschnittlichen individuellen Rauchexposition geführt haben.

Für diese letzteren Betrachtungen haben wir die Jahre 1957–1961 gewählt, da diese Periode auf die Publikationen der Arbeiten *Neukomms* [1] und anderer folgt.

Die Ausdrücke Totalrauch, Totalkondensat etc. werden im Sinne der (ORESTA-Definitionen 1962 verwendet.

2. Die Möglichkeiten der Kondensatreduktion

Unter Rauchkondensat versteht man üblicherweise den partikularen Anteil des gesamten dem Zigarettenende unter Standardrauchbedingungen entströmenden Rauches. Wir wollen uns zunächst mit den Methoden befassen, die erlauben, diese Kondensatmenge zu reduzieren. Anschließend wollen wir auf den gasförmigen Rauchanteil zurückkommen und untersuchen, inwieweit diese Maßnahmen auch den unter den Versuchsbedingungen gasförmig vorliegenden Rauchanteil betreffen. Die folgenden Einflußfaktoren und -möglichkeiten sind bekannt:

Produktabhängige Faktoren

Extraktionsmethoden der Tabake	}	durch Änderung im Tabak durch Änderung im Papier
Veränderungen der Verbrennung		
Filter		
Tabakauswahl		
Technologische Methoden		

Raucherabhängige Faktoren

Individuelle Rauchgewohnheiten sowie Stummellänge, Rauchzugvolumen, Inhalationsgrad usw.

Von den heute bekannten *Extraktionsmethoden* hat sich bis anhin [6, 7] keine bewährt. Wir wollen deshalb hier nicht näher darauf eingehen. Ebenso seien die sogenannten *technologischen* Methoden nicht besonders in Betracht gezogen. Jede Firma hat zwar Verfahren, um eine gewisse Reduktion der Kondensate zu erreichen. Die allgemein kleinen Effekte können jedoch durchaus auch mit entsprechenden Tabaken erzielt werden. Diese Methoden scheinen nur dann eine besondere Rolle zu spielen, wenn geeignete Tabake nicht in genügendem Ausmaß erhältlich sind.

Der Einfluß der *individuellen Rauchgewohnheiten* ist bereits an anderer Stelle behandelt worden [8]. Wir wollen uns also auf die Themen «Veränderung der Verbrennung», «Filter» und «Tabakauswahl» bei konstanter Geometrie der Zigarette beschränken.

2.1 Veränderung der Verbrennung

Sinngemäß kann diese Veränderung auf zwei Arten erreicht werden, nämlich durch die Veränderung der Verbrennung des umhüllenden Papieres oder der des Tabaks selbst.

2. 1. 1 *Veränderung der Verbrennung des Tabaks.* Bis anhin hat keine Methode zu wesentlichen Verbesserungen geführt. Eine einzige [9], [10] hat in Tierversuchen eine Abschwächung der biologischen Aktivität gezeigt. Diese Änderung wird von den Autoren auf eine bessere Verbrennung zurückgeführt. Die Versuche in dieser Richtung dürften jedoch noch nicht abgeschlossen sein.

2. 1. 2 *Das Zigarettenpapier.* Zwei Faktoren stehen zur Diskussion, nämlich einerseits eine Erhöhung der Porosität des Papiers und andererseits eine Veränderung und Beschleunigung der Verbrennung. Zunächst kann durch eine erhöhte Porosität des Papiers der Rauch stärker mit Luft verdünnt werden. Bei konstantem Zugvolumen wird dadurch die Rauchmenge reduziert. Diese Reduktion beträgt bis zu 30% der Kondensatmenge [11]. Praktisch ist eine derart hohe Porosität jedoch nicht erwünscht, da der Raucher einen zu stark verdünnten Rauch erhält. Bleibt man in den praktisch realisierbaren Grenzen der Porosität (Greinergrade 22–40), so wird eine effektive Kondensatreduktion um 10% pro Zigarette festgestellt. Diese 10% Reduktion können auf zwei Effekte zu gleichen Teilen aufgeteilt werden. Etwa 5% der Reduktion sind auf ein schnelleres Abglimmen der Zigarette zurückzuführen, das heißt, die Zigarette konsumiert sich selbst schneller zwischen den einzelnen Rauchzügen. Die Kondensatreduktion dieser 5% wird also dadurch erreicht, daß die Zahl der möglichen Rauchzüge reduziert wird. In unserer Betrachtung wollen wir diese 5% Reduktion vernachlässigen, da es immerhin möglich, wenn auch unbewiesen ist, daß der Raucher etwas schneller raucht, um diesen Verlust zu kompensieren. Die anderen 5% Reduktion werden auch bei Beibehaltung der gleichen Zugzahl (Kondensat pro Zugzahl) festgestellt und dürfen wohl auf eine Veränderung der Verbrennung oder eventuell der Redestillation zurückgeführt werden. Wir wollen nur diese 5% als effektive Reduktion betrachten.

Eine weitere Möglichkeit liegt in der Veränderung der zur Papierherstellung verwendeten Salze organischer Säuren.

	Typ A		Typ B		Typ C	
	Zugzahl	El. Kond.	Zugzahl	El. Kond.	Zugzahl	El. Kond.
Konv. Papier	10,1	24,5	9,7	22,0	9,3	28,9
Spezialpapier	10,0	22,0	9,2	19,3	9,3	26,4
Kond. Reduktion		10%		12%		9%

Tabelle 1 Vergleich eines konventionellen Papiers mit einem Spezialpapier gleicher Porosität bei Standard-Rauchbedingungen. (Elektrostatisches Kondensat in mg pro Zigarette)

In Tabelle 1 ist für drei Zigarettentypen der Vergleich an elektrostatischem Kondensat¹ für eine konventionelle und eine Spezialpapiersorte gegeben.

Für diese Modifikation des Papierses kann also eine Reduktion von 10% unabhängig von der Zugzahl festgestellt werden. Da ebenfalls das Nikotin mit 8%, 12% und 11% respektive im gleichen Maße reduziert wird, kann auf eine weitgehende Substanzunabhängigkeit der Reduktion geschlossen werden, welche auch von anderen Autoren [11] bestätigt wird.

Gesamthaft kann also im Rahmen des Möglichen, durch erhöhte Porosität und durch *Spezialpapier* eine Reduktion des Rauchkondensates von 15% erzielt werden.

2.2 Filter

Der Filter ist sicher das wirksamste und versatilste zur Kondensatreduktion zur Verfügung stehende Mittel. Es ist selbstverständlich, daß man Filter jeden Materials, jeder Machart und jeder Wirksamkeit verwenden kann. So ist der natürliche Tabakstummel bereits ein Filter, dessen Wirksamkeit mit zunehmender Länge ansteigt. Es sei aber eindeutig festgehalten, daß der Tabakstrang einer normalen Zigarette einen ausgesprochen schlechten Filter darstellt, was sich aus den Raumerfüllungsverhältnissen eines Tabakstranges gegenüber denen eines Filterstranges durchaus plausibel erklären läßt.

In Tabelle 2 sind die Filterwirksamkeiten einer Serie von bekannten europäischen Zigarettenmarken angegeben. Diese Werte sind nach *Staub* und *Furrer* [14] aufgezeichnet und geben dementsprechend in Prozenten an, um wieviel der genannte Filter besser ist als die entsprechende Länge eines Tabakstranges.

Für unsere Übersicht wollen wir den mittleren Wert von 33% Gesamtkondensatreduktion nehmen.

Marke	Typ	Filterwirksamkeit in %
A	Am. Blend	40-45
B	Maryland	30-35
C	Maryland	30
D	Orient	25-30

Tabelle 2 Filterwirksamkeiten einiger europäischen Zigaretten

¹Die Abrauchversuche der in der vorliegenden Arbeit gegebenen Zahlen sind durchwegs nach den Standardbedingungen der CORESTA [12] auf der von Waltz und al. [13] beschriebenen Rauchmaschine durchgeführt worden.

2.3 Tabakauswahl

Es ist selbstverständlich, daß nicht alle Tabake gleichviel Rauch abgeben. Diese Feststellung läßt sich dementsprechend dahin ausnützen, Tabake zu verwenden, die niedere Kondensatwerte ergeben.

In Tabelle 3 ist ein Vergleich zwischen zwei American-Blend-Zigaretten gegeben, wovon A den alten Typ darstellt, also wie er vor einigen Jahren auf dem Markt war, und B eine neue Version mit ausgewähltem Tabak. Beide Zigaretten sind zum Vergleich filterlos.

Für das elektrostatische Kondensat findet man also eine Reduktion von 18%. Die größere Verminderung des Nikotins kann nicht weiter erstaunen, da die ausgewählten Tabake einen wesentlich niedrigeren Nikotingehalt aufweisen.

Typ	Tab. Nik.	Elek. Kond. mg/Zig.	Nikotin Rauch mg/Zig.
A	2,18	35,2	2,71
B	1,47	28,9	1,74
Reduktion	32,5%	18%	36%

Tabelle 3 Reduktion des elektrostatischen Kondensates durch Tabakauswahl im Vergleich zweier filterloser Zigaretten

2.4 Zusammenfassung

Wir haben also gesehen, daß Reduktionen des Rauchkondensates durch eine Serie von Veränderungen des Produktes erreicht werden können. In Tabelle 4 sind diese Einzeleinflüsse als Beispiel zusammengestellt.

Kumuliert man die verschiedenen Reduktionen rechnerisch, so ergibt sich eine Gesamtreduktion von etwa 50%. Zur Interpretation dieser Werte muß man

Faktor	%Reduktion elek. Kond.	Nikotin allein
Poröses Papier	5%	5%
Spezialpapier	10%	10%
Filter	33%	33%
Tabakauswahl	18%	36%

Tabelle 4 Einzelreduktion an elektrostatischem Kondensat und Raumnikotin durch bestimmte Faktoren (Beispiele)

bedenken, daß es sich bei dem Filterfaktor um einen guten mittleren Wert handelt, bei der Tabakauswahl um ein praktisches Beispiel.

Ferner sei festgehalten, daß es sich bei den vorliegenden Betrachtungen um sogenannte American-Blend-Zigaretten handelt. Bei Zigaretten anderer Geschmacksrichtungen, die zum Teil schon niedere Werte ergeben, indem die entsprechende Tabakauswahl von alters her durch den Geschmack diktiert wurde, können die Kondensate natürlich nicht unbedingt im gleichen Ausmaße reduziert werden.

3. Einzelsubstanzen, Stoffgruppen und Einflußfaktoren

3.1 Die Reduktion der Einzelsubstanzen

In einzelnen Fällen sind bestimmte Substanzen oder Substanzengruppen als biologisch aktiv in das Zentrum wissenschaftlicher Arbeiten oder in das Rampenlicht der Publizität gerückt. Wir wollen uns hier mit drei Substanzen befassen, denen in der letzten Zeit besondere Bedeutung gegeben wurde, nämlich Arsen, 3,4-Benzpyren und Phenol.

3.1.1 Das Arsen. Arsenverbindungen sind zeitweise in großem Ausmaße zur Insektenvertilgung beim Tabakanbau verwendet worden. Die Kurve des Arsengehaltes (als As_2O_3) ist am besten von Guthrie et al. [15] dargestellt worden (Abb. 1).

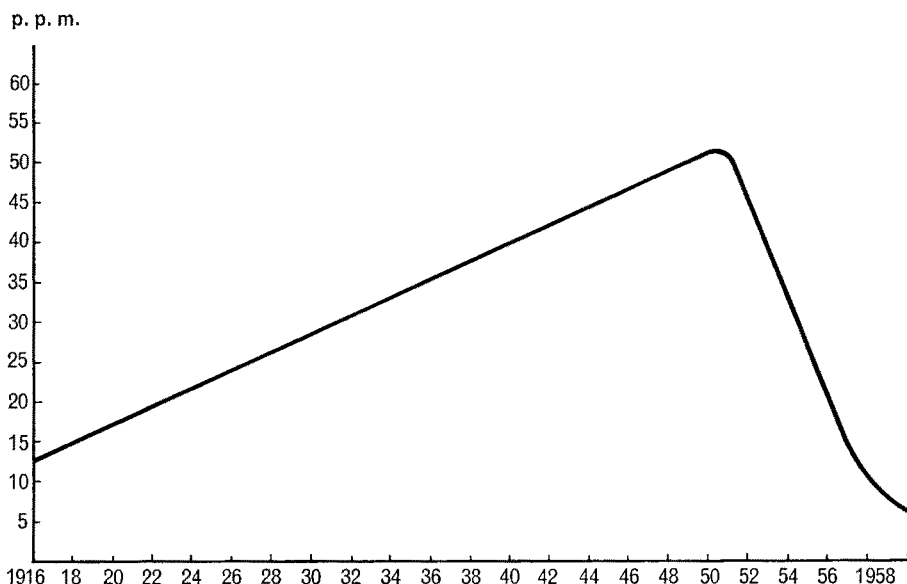


Abbildung 1 Zeitlicher Verlauf des Gehaltes an As_2O_3 im Tabak amerikanischer Zigaretten (Nach Guthrie et al.).

Aus dieser Arbeit geht hervor, daß die Menge As_2O_3 im Jahre 1958 zwischen 2,7 und 14,4 ppm oscilliert, nach einem Maximum von 56,5 ppm im Jahre 1951. *Weber* [16] und *Hjern* [17] bestätigen diese Werte.

Die Arsenmengen sind also durch die Verwendung anderer Insektizide auf sehr kleine Mengen vermindert worden. Besonders wichtig ist jedoch zusätzlich, daß *Cogbill* und *Hobbs* [18] einen Transfer des Tabakarsens in den Rauch von nur 3,5 bis 5,3% finden, so daß sich die im Tabak vorhandenen Mengen noch um einen Faktor von 20 vermindern.

3.1.2 Das Phenol. Das eigentliche Phenol sowie eine Reihe von anderen Phenolen, wie m-Cresol, o-Cresol usw., kommen in beachtlichen Mengen im Rauche vor. Diese Substanzen scheinen hauptsächlich in der Gasphase des Rauches vorzuliegen. Ihre Filtrierung ist eindeutig und sogar in stark ausgeprägtem Maße selektiv, das heißt besser als die entsprechende Filtrierung des gesamten Rauchkondensates.

Methode: Es werden je 60 Zigaretten maschinell in einer elektrostatischen oder Flüssigkeitsrauchfalle unter Standardbedingungen [12] abgeraucht. Das Rauchkondensat wird in Anlehnung an *Hoffmann* und *Wynder* [19] aufgearbeitet, nachdem es mit Äthanol-Hexan aus dem Niederschlagsrohr und dem Zigarettenfilter extrahiert wurde. Die durch Auswaschen mit Natronlauge gebildeten Phenolate werden durch Ansäuern in Äther aufgenommen. Nach Entfernen der organischen Säuren durch Waschen mit Hydrogencarbonatlösung wird in verdünnter Natronlauge aufgenommen, angesäuert und mit Wasserdampf in eine Vorlage verdünnter Natronlauge destilliert. Nach dem Konzentrieren und Ansäuern wird in Äther aufgenommen, getrocknet und nochmals konzentriert. Ein 0,5 bis 5 Zigaretten entsprechendes Aliquot wird im Perkin-Elmer 116 F Gaschromatograph bei einer Arbeitstemperatur von 200°C in einer Kolonne R mit Wasserstoff als Trägergas getrennt und nach den üblichen Methoden quantitativ bestimmt.

Resultate: Zunächst muß geprüft werden, ob die Phenole durch die elektrostatische Rauchfalle abgeschieden werden. Durch Nachschalten einer mit alkoholischer Natronlauge gefüllten Flüssigkeitsfalle kann nachgewiesen werden, daß nur etwa 1% des im Zigarettenfilter und in der elektrostatischen Rauchfalle festgestellten Phenols in der Flüssigkeitsfalle gefunden werden kann.

In Tabelle 5 sind die Phenolmengen, die im Zigarettenfilter und im Hauptstrom einiger Zigarettenmarken gefunden werden, angegeben.

Allgemein halten – bei gleichem Filtermaterial – bessere Filter mehr Phenol zurück als weniger gute. In allen Fällen liegt jedoch eine selektive Filtrierung vor, das heißt, es wird aus dem Rauch mehr Phenol herausfiltriert, als man auf Grund der Filterwirkung des Filters für Gesamtkondensat annehmen würde. Im Fall von guten Filtern (über 40% Filterwirksamkeit) liegt die prozentuale Retention des Phenols durch diesen Filter bei etwa 90%.

Marke	Phenol im Zigarettenfilter F	In der Rauchfalle E	% Retention im Filter $\frac{F}{F + E}$
A	111	10	92
B	130	21	86
C	118	77	61
D	176	115	60

Tabelle 5 Anteile Phenol im Zigarettenfilter und elektrostatischen Kondensat einiger Zigarettenmarken in μg pro Zigarette

Es ist damit die selektive Filtrierung einer Substanz gezeigt. Die Restmengen betragen etwa $20\mu\text{g}$ pro Zigarette.

3.1.3 *Das 3,4-Benzpyren:* Von einigen Autoren [20], [9] ist behauptet worden, daß Filter zwar wasserlösliche, nicht aber lipophile Bestandteile filtrieren und daß damit der Filter für solche Substanzen wie das 3,4-Benzpyren nicht wirksam sei. Wir wollen nun im Fall einer käuflichen Zigarette zeigen, in welchem Maße das 3,4-Benzpyren reduziert wird.

Methode: Verwendet wurden Zigaretten von 80 mm Länge und einem Filter von 17 mm, welche unter den üblichen Standardbedingungen CORESTA [12] auf der Maschine Waltz *et al.* [13] abgeraucht wurden.

Das 3,4-Benzpyren wurde nach der von der SEITA entwickelten Methode [21] säulenchromatographisch (Verteilungschromatographie) in verschiedenen Arbeitsgängen gereinigt und anschließend spektrophotometrisch bestimmt.

Die Reproduzierbarkeit der Methode ist sehr gut, wie aus Tabelle 6 hervorgeht.

Resultate: Im Falle der untersuchten Filterzigaretten, die eine Filterwirksamkeit von über 40% aufweisen, werden die folgenden Zahlen pro 100 Zigaretten gefunden:

3,4-Benzpyren im Filter: $F = 0,85 \mu\text{g}$

3,4-Benzpyren in der Rauchfalle: $E = 1,30 \mu\text{g}$

Retention im Filter %: $\frac{F}{F + E} = 40\%$

Es ergibt sich daraus, daß das 3,4-Benzpyren im gleichen Maße wie das Gesamtkondensat durch den Filter herabgesetzt wird.

Versuche	1	2	3	4	5	Mittel
Anzahl Zigaretten	150	160	150	150	150	—
mg-Kondensat pro Zigarette	29,3	29,5	28,1	28,2	— ¹	—
μg -3,4-Benzpyren pro 100 Zigaretten	1,69	1,64	1,68	1,69	1,64	1,67
ppm 3,4-Benzpyren im Kondensat	0,58	0,55	0,60	0,60	— ¹	—

¹ bei dieser Rauchfalle nicht bestimmbar

Tabelle 6 Mengen 3,4-Benzpyren einer Standardzigarette ohne Filter von 85 mm Länge. (Die Versuche 1–4 sind mit einer elektrostatischen Falle durchgeführt, der Versuch 5 mit einer Flüssigkeitsfalle nach Barkemeyer [34])

3.1.4 Zusammenfassung: Es kann gezeigt werden, daß im Falle des Arsens durch geeignete Behandlung der Tabakfelder der Gehalt einer Substanz in großem Ausmaße herabgesetzt werden kann und daß die Restmengen, welche noch in den Rauch gehen, minime Dosen darstellen.

Im Falle des Phenols kann gezeigt werden, daß ein Filter für gewisse Substanzen selektiv arbeiten kann und daß eine Substanz bei adäquaten Filterzigaretten nur noch in verschwindendem Maße im Rauch anzutreffen ist.

Das 3,4-Benzpyren, von dem einige Autoren annehmen, daß es durch die üblichen Filter nicht zurückgehalten werde, wird in gleichem Maße vermindert wie das gesamte Rauchkondensat.

3.2 Die Gasphase

Es könnte zunächst die Ansicht bestehen, daß die dargelegten Methoden der Kondensatreduktion keinen Einfluß auf die gasförmig vorliegenden Anteile des Rauches ausüben, da besonders im Falle der Filtrierung angenommen werden könnte, daß die hauptsächlich mechanisch wirkenden Filter gasförmige Substanzen nicht erfassen.

Für die Rauchkondensate, wie zum Beispiel die in dieser Arbeit angegebenen elektrostatischen Kondensate, werden nur die Anteile des Rauches berücksichtigt, welche in der elektrostatischen Falle niedergeschlagen werden können. Dieser Anteil liegt bereits am Zigarettenende partikular vor. In Tabelle 7 ist angegeben, welche Mengen Rauch in einer der elektrostatischen Anlage nachgeschalteten Kühlfalle noch aufgefangen werden können. Diese Kühlfalle (System SEITA), welche mit Glasspiralkörpern gefüllt ist, taucht in ein Trockeneis-Aceton-Gemisch ein (—78 °C) und wird der elektrostatischen Falle nachgeschaltet. Nach Abschluß des Versuches wird die noch gekühlte Falle hermetisch ver-

geschlossen, aufgetaut und gewogen. Es werden also alle Substanzen, die bei dieser Temperatur ausgefroren werden können, erfaßt. Nicht kondensiert werden alle permanenten Gase und die wenigen dampfförmigen Substanzen, die bei -78°C noch nicht kondensierbar sind. Nur teilweise werden die Stoffe in der Kühlfalle zurückgehalten, die bei -78°C noch einen hohen Dampfdruck aufweisen.

Man ersieht aus diesen Resultaten, daß etwa 22% des Gesamtrauches, nämlich gasförmige Anteile, von dieser Kühlfalle zusätzlich erfaßt werden. Interessant ist aber besonders, daß die Zigaretten mit weniger elektrostatischem Kondensat auch in der Kühlfalle weniger Kondensat ergeben, oder, in anderen Worten, die Kondensatreduktion erstreckt sich nicht nur auf die partikular vorliegende Phase, sondern ebenfalls auf die dampfförmigen Anteile, und zwar angenähert proportional der Reduktion der elektrostatischen Kondensate der Teilchenphase. Die Rauchkondensatreduktion ist also eine Erscheinung, die sich auf partikulare und nicht partikulare Teile des Rauches in gleichem Maße erstreckt, die aber – mangels Kriterien – nichts über Einzelsubstanzen aussagt.

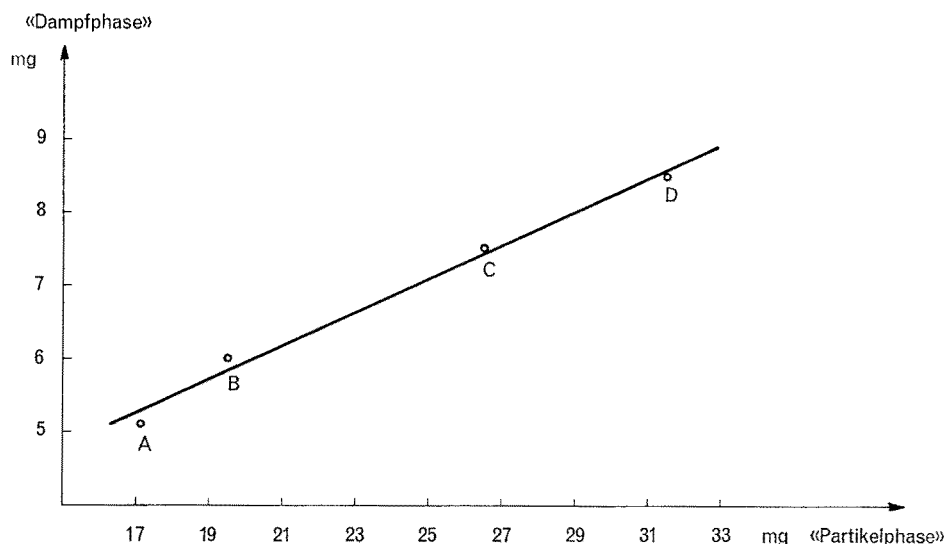


Abbildung 2 Das elektrostatische Kondensat in Abhängigkeit der gasförmigen Rauchphase (Kühlfalle) von 4 Zigaretten (vergleiche Tabelle 5 und 7).

3.3 Die physikalischen Faktoren und die unbekanntnen Verbindungen

Die Steuerung der Veränderung der Zigarette kann nach dem heutigen Stand der Wissenschaft nur nach dem Kriterium der Gesamtkondensatmenge, inklusive der Gasphase, und nach den vorhandenen Mengen einzelner, weniger Substanzen erfolgen. Was kann aber der Einfluß einer solchen Veränderung auf gewisse physikalische Eigenschaften, wie zum Beispiel Partikelgröße im Rauch-

strom, Anzahl der kurzlebigen Radikale usw. oder die Genese respektive Zerstörung einzelner noch nicht untersuchter Substanzen, sein? Betrachten wir zunächst einmal in großen Zügen die vorliegenden Vorgänge.

3.3.1 Pyrolytische Degradation und Pyrogenese ändern je nach ihrem Ablauf sowohl die Menge des Gesamtkondensates als auch die Konzentration einzelner Substanzen. Der schwer überblickbare Verlauf des Abbrandes der Zigarette unter teils oxydativen (Randzone), teils reduktiven (Glutkegel) Bedingungen, wodurch Abbauprodukte und neue hochmolekulare Substanzen entstehen, und wobei Destillationen, anschließende Kondensationen im Zigarettenstrang und eventuelle Redestillationen oder sekundäre Degradationen einzelner Substanzen vor sich gehen, wird grundlegend durch Änderung von Tabak oder Papier beeinflusst. Als einziges heute verfügbares Kriterium, nach welchem Falle diese Vorgänge beurteilt werden können, ist nach obigen Darlegungen die Menge des Rauchkondensates, da bis heute keine Substanz bekannt ist, deren Reduktion auf Grund gesicherter Befunde angestrebt werden könnte.

3.3.2 Wenn durch die *Vorgänge beim Abbrand der Zigarette* die chemische Zusammensetzung des Rauches definiert ist, so können die respektiven Verhältnisse der Einzelsubstanzen bereits durch den Filter wieder verändert werden. Filter wirken nach den neuesten Erkenntnissen selektiv, was auch aus Tabelle 7 hervorgeht. In diesem Falle kann gezeigt werden, daß Nikotin in einer elektrostatischen Rauchfalle quantitativ niedergeschlagen wird, obwohl diese für andere Substanzen nur zu etwa 77% wirkt. Also auch hier ist die Frage nach der eventuellen kritischen Substanz wesentlich.

3.3.3 Nativer Rauch, wie er der Zigarette entströmt, weist einige schwer meßbare Eigenschaften auf, die von größter Bedeutung sein können. So weiß man, daß kurzlebige Radikale in meßbaren Mengen vorliegen, daß sich die Rauchpartikel in kurzer Zeit agglomerieren und daß in diesen Agglomeraten Alterungserscheinungen auftreten, die zum Beispiel durch eine fortschreitende Polymerisierung gekennzeichnet sind. Der Einfluß dieser Faktoren Radikale, Partikelgröße und Alterungsgrad ist unbekannt. Innerhalb der Zigarette, des Filters und der Rauchfalle besteht ein Desequilibrium laufender Übergänge zwischen partikular und dampfförmig vorliegenden Stoffen. Diese Vorgänge dürften gerade bei der Filtrierung wesentliche Bedeutung haben. Inwieweit Änderungen, welche das Gesamtkondensat mengenmäßig beeinflussen, sich auch auf diese verschiedenen Faktoren auswirken, ist meist unbekannt. Wir kennen heute nur ganz wenige Einflüsse, wie zum Beispiel die Veränderung der Partikelgrößenverteilung des Rauches nach dem Durchgang durch den Filter,

	A	B	C	D
mg abgerauchter Tabak pro Zigarette	760	735	680	925
Zahl Züge	10,0	9,3	8,7	11,1
Rauchnikotin in mg/Zigarette				
elekt. Falle	1,30	1,20	1,60	2,27
Kältefalle	0	0	0	0
Trockenes Kondensat in mg/Zig.				
elekt. Falle	17,1	19,5	26,5	31,5
Kältefalle	5,1	6,0	7,5	8,7
Gesamtkondensat	22,2	22,5	34,0	40,2
Anteil elekt. Kondensat vom Gesamtkondensat	77,0	76,5	78,0	78,5
Anteil Nikotin im elekt. Kondensat	100	100	100	100

Tabelle 7 Vergleich von vier Zigarettenmarken mit sehr verschiedenen Filterwirksamkeiten (gleiche Zigaretten wie Tabelle 5) in bezug auf elektrostatisches Kondensat und Gesamtkondensat (Kältefalle)

oder die Schaffung stärker oxydativer Verhältnisse durch die Verwendung poröser Papiere.

Die Bedeutung dieser Einflüsse ist aber im besten Falle spekulativ zu erfassen.

Ebenso ist es eine reine Spekulation anzunehmen, daß durch eine Veränderung des Produktes Einzelsubstanzen plötzlich in stark vermehrtem Maße produziert würden. Selbst wenn dies der Fall wäre, so müßte bei einer Zigarette mit 50 prozentiger Kondensatreduktion diese fragliche Substanz sich verdoppeln, um den mengenmäßigen Status quo zu erhalten. Eine solche spektakuläre Konzentrationszunahme ist kaum als real zu betrachten.

Wenn also durch Änderungen, die eine Kondensatreduktion ergeben, eine Konzentrationserhöhung einzelner Substanzen erfolgt, so ist es höchst unwahrscheinlich, daß diese zu einer Realerhöhung der fraglichen Substanz führt. Was die physikalischen Eigenschaften betrifft, so müssen ihre Einflüsse erst bekannt sein, bevor ein Urteil über ihre eventuellen Veränderungen durch irgendwelche Maßnahmen abgegeben werden kann.

3. 4 Das Ergebnis

Die Reduktion bestimmter Einzelsubstanzen ist eine Realität. Im Falle der von *Neukomm* aufgegriffenen polyzyklischen Kohlenwasserstoffe kann gezeigt

werden, daß durch Filter das 3,4-Benzpyren im gleichen Maße reduziert wird wie das Gesamtkondensat und dementsprechend in der gleichen Größenordnung, wie das von diesem Autor angestrebt wurde.

4. Änderungen in Angebot und Konsum

4.1 Die Kondensatreduktion als Realität

Betrachtet man ein praktisches Problem, wie das hier diskutierte, auf der internationalen Ebene, so ist es notwendig, nationale und regionale Unterschiede sowie Faktoren der unterschiedlichen zeitlichen Entwicklung in diesen einzelnen Regionen zu erkennen und zu erfassen. Es unterscheiden sich nicht nur die augenfälligen Rauchgewohnheiten, wie zum Beispiel die orientalische Wasserpfeife gegenüber unseren westlichen Zigaretten, sondern es bestehen auch andere, weniger klarliegende Unterschiede. Die Stummellängen variieren von 30,6 mm in den USA zu 18,7 mm in England und 24,6 mm in der Schweiz. Die Längen und Durchmesser der Zigaretten sind von Land zu Land verschieden. Während die USA Zigaretten vom Durchmesser 8,0 mm bevorzugt, kennt Belgien praktisch nur solche von 8,4 mm. Pro Zigarette ergibt sich daraus ein Mehrgewicht an Tabak von mehr als 10% (Volumen und Gewicht sind nicht genau proportional) und damit auch eine entsprechend größere Kondensatausbeute. Stopfungsgrade, also Tabak pro Volumeneinheit, schwanken von Land zu Land.

Betrachtet man die Umsatzzahlen der Zigaretten verschiedener Länder, so kann man feststellen, daß seit 1950, in einem Land nach dem anderen, die prozentualen Anteile der Filterzigaretten stetig ansteigen. In Tabelle 8 sind diese Zahlen für einige europäische Länder und die USA angegeben. Man darf

Jahr	Schweiz	Deutschl.	Holland	Frankreich	Großbrit.	USA
1942	5,3					
1950	23,8					
1951	30,4					
1952	34,6					1,3
1953	39,6					-
1954	44,5	4,6				-
1955	49,9	7,2				-
1956	57,2	16,7		2,9		29,6
1957	63,9	36,8		5,2		39,9
1958	68,8	43,0		7,0		46,0
1959	71,1	55,4	11,5	7,9		50,3
1960	74,6	63,5	12,1	11,5	12,1	52,4
1961	77,4	72,0	20,0	12,0	15,8	53,8

Tabelle 8 Filteranteil in % des Gesamtkonsums verschiedener Länder

daraus schließen, daß in einer absehbaren Zukunft die Filterzigarette zumindest in den Industrieländern den größten Marktanteil erobert haben wird.

Aber auch die Tabaksorten, die verwendet werden, ändern sich von Land zu Land, ja häufig von einem Zigarettentyp zu einem anderen, was dann wesentliche Auswirkungen hat, wenn, wie zum Beispiel in der Schweiz, mehrere Typen nebeneinander konsumiert werden. Daß diese Unterschiede nicht nur im Geschmack oder im Gehalt an einzelnen Substanzen ihren Niederschlag finden, sondern daß damit auch Verbrennungsart und Zusammensetzung des Rauches beeinflußt werden, sei nur an einem Beispiel, dem Nikotinübergang, erläutert, das heißt dem Prozentsatz des im verrauchten Tabak vorhandenen Nikotins, welcher im Rauchkondensat wiedergefunden werden kann. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 9 gegeben.

	Nikotin im verrauchten Tabak (mg)	Nikotin im Rauch einer Zigarette (mg)	Nikotin im Rauch in % des im Tabak vorhandenen Nikotins
Tabak Typ A	6,7	1,8	27
Tabak Typ B	8,2	1,8	22
Tabak Typ C	9,4	1,6	17

Tabelle 9 Nikotinübergang bei verschiedenen Tabaktypen in filterlosen Zigaretten

Zahlenwerte dürfen also nur innerhalb eines Landes betrachtet werden, das möglichst geschlossene Verhältnisse aufweist und wo nur möglichst wenige verschiedenartige Zigaretten geraucht werden.

Aus diesem Grunde wollen wir uns bei unseren folgenden Betrachtungen auf die USA beschränken, wo nur Zigaretten einer Geschmacksrichtung, des American-Blend-Typus, geraucht werden, wo nur 17 Marken 95 % des Umsatzes ausmachen und wo die Umsatzzahlen pro Marke – im Gegensatz zur Schweiz – genau bekannt sind. Wir wollen untersuchen, wie die Verhältnisse sich in den Vereinigten Staaten seit 1957 verändert haben. In Tabelle 10 sind die mittleren Kondensatmengen pro Zigarette gegeben. Die gewogenen Mittelwerte wurden aus den Umsatzzahlen pro Marke [22] und den Kondensatmengen pro Marke [23] errechnet.

Sofern King-Size- und Long-Size-Zigaretten in der Verkaufstatistik nicht unterteilt waren (Längenunterschied 5 mm), wurde angenommen, daß sich beide Typen gleich stark verkaufen.

Für das Jahr 1961 wurden außerdem die mittleren Kondensatmengen für Filterzigaretten berechnet, also als ob der gleiche Gesamtkonsum sich anteilmäßig nur auf die einzelnen Filterzigaretten verteile, und im weiteren als ver-

Jahr	Berechnungsgrundlage	Verkaufte Zigaretten Milliarden	Kond./Zig. gewogene Mittel in mg	Redukt. gegenüber Strangzig. 1957 in %	Redukt. gegenüber dem Gesamtkonsum 1957 in %
1957	Nur Strangzigaretten	245,6	34,2	—	—
1957	Totale Verkäufe	409,0	32,5	5,0	—
1961	Totale Verkäufe	495,3	23,0	32,7	29,2
1961	Nur Filterzig.	266,7	17,6	48,5	45,8
1961	Nur leichtere Zig. der Konsumkategorie	67,7	13,8	59,6	57,5

Das gewogene Mittel der Kondensate wird erhalten nach der allgemeinen Formel

$$\frac{K_1V_1 + K_2V_2 + K_3V_3 \dots K_nV_n}{VT}$$

wobei:

K_{1-n} = Kondensatmenge der einzelnen Zigarettenarten des betreffenden Jahrgangs und der betreffenden Art

V_{1-n} = Verkaufszahlen der einzelnen Zigarettenarten des betreffenden Jahrgangs und der betreffenden Art

VT = Totalverkauf aller Zigarettenarten des betreffenden Jahrgangs und der betreffenden Art

Tabelle 10 Rauchkondensatmengen und deren Reduktion bei der Gesamtheit und einigen Untergruppen amerikanischer Zigaretten (nach Umsätzen gewogene Mittelwerte in mg/Zig.) (Reader's Digest und Wooten Report)

teile sich der Gesamtkonsum anteilmäßig auf die drei größeren, leichteren Filterzigarettenmarken. Für das Jahr 1957 wurde eine analoge Berechnung angestellt, als ob nur filterlose Zigaretten konsumiert würden.

Wir ersehen aus Tabelle 10, daß die Reduktion der Kondensatmenge in der Gegenüberstellung von Filterzigaretten 1961 und filterlosen Zigaretten 1957 48,5% erreicht.

Daraus ergibt sich zunächst, daß die im Einzelversuch gefundene Reduktion von ungefähr 50% in der Realität durchgeführt wurde.

Der Vergleich zwischen den Kondensatmengen der filterlosen und Filterzigaretten ist durchaus erlaubt, da es dem Raucher sicherlich freisteht, die eine oder die andere zu rauchen, und er damit effektiv die Möglichkeit hat, seine Kondensatmenge pro Zigarette im errechneten Ausmaß von etwa 48% zu erniedrigen.

Es sei hier noch in Tabelle 11 ein Vergleich zwischen einer alten American-Blend-Zigarette und einer neuen Filterzigarette des gleichen Types auf dem Schweizermarkt gegeben.

	Kondensat/Zig.	Nikotin/Zig.
American Blend alter Typ	35,2	2,71
American Blend neuer Typ	17,0	1,2
Reduktion	51,8	55,7

Tabelle 11 Rauchkondensatmengen in mg/Zig. und Nikotinmengen in mg/Zig. zweier American-Blend-Zigaretten.

Aus diesem Vergleich ist auch für den Fall der Schweiz bewiesen, daß die neuen, leichten Zigaretten auf dem Markte erhältlich sind, wenn auch der Mangel an Umsatzzahlen für die einzelnen Marken einen genauen Vergleich verunmöglicht.

In Tabelle 12 sind die Rauchkondensatmengen und die Filterwirksamkeiten einiger der bekanntesten Schweizer Marken gegeben. Ausländische Marken verhalten sich in großen Linien ähnlich.

Typ	mg elektrost. Kondensat pro Zigarette	% Filterwirksamkeit
Maryland A	19	42
B	18	22
C	28	7
Am. Blend A	16	41
B	23	27
C	34	19
Orient A	22	32
B	26	21
C	27	10
Virginia A	31	21
B	30	21
C	28	10

Tabelle 12 Rauchkondensate und Filterwirksamkeiten einiger Zigaretten

4. 2 Die Kompensation

In der Diskussion über die Bedeutung der Kondensatreduktion wird immer wieder die Behauptung aufgestellt, der Raucher rauche mehr Zigaretten, falls diese leichter seien, um auf diese Weise sein Nikotinbedürfnis zu befriedigen. *Borbély* [24] nimmt an, daß der Raucher, der plötzlich nikotinärmere Zigaretten raucht, tiefer inhaliert, um so die Nikotinaufnahme durch den Körper zu verstärken und auf diese Weise seinen Bedarf zu decken. Beide Ansichten sind rein spekulativ. Erst das Experiment der kontrollierten Inhalationstiefenmessungen auf statistisch einwandfreier Basis kann über die Ansicht von *Borbély* entscheiden. Betreffend der Frage der numerischen Kompensation kann jedoch auf Grund der effektiv vom Raucher aufgenommenen Kondensatmenge pro Jahr im Vergleich mehrerer Jahre festgestellt werden, ob und inwieweit eine solche Kompensation stattfindet. Es ist hier wiederum maßgebend, die effektiven Verhältnisse genau zu berücksichtigen. Vergleicht man zum Beispiel die Zigarettenumsätze in der Schweiz, so kommt man zu einer völlig unrealistischen Per-capita-Zunahme der letzten Jahre [25]. In einem Land wie der Schweiz mit über 7 Mio. Touristen (26 Mio. Übernachtungen), also 140% der Gesamtbevölkerung, mit einem sehr regen Grenzverkehr, der den sogenannten kleinen Export der billigen und qualitativ hochstehenden Schweizer Marken fördert, sowie mit einem sehr regen unausgewiesenen Export über die Landesgrenzen ist ein reeller Kopfkonsum überhaupt nicht zu erfassen. Im weiteren sind die Konsumverhältnisse durch einen prozentual hohen Anteil an Fremdarbeitern – über 10% der Gesamtbevölkerung – und auch durch einen noch unstabilen Anteil der weiblichen Raucher kaum übersehbar.

Demgegenüber ist in den USA ein weitgehend stabiler Markt gegeben, der wegen seiner Größe durch Randeinflüsse nur wenig beeinflusst wird. Auch ist die Zahl der rauchenden Frauen seit vielen Jahren zumindest konstanter als in der Schweiz [26]. Im weiteren kennen wir durch Veröffentlichungen die genauen Umsatzzahlen pro Marke und deren Kondensatmengen in den Jahren 1957 und 1961.

Wir wollen auf Grund dieses Materials untersuchen, ob eine Kompensation des Rauchers stattgefunden hat, und von der pro Kopf und Jahr dem Raucher zur Verfügung stehenden Kondensatmenge ausgehen. Wir müssen dabei die gewogene, mittlere Kondensatmenge, die Bevölkerung der Jahre 1957 bzw. 1961, den Anteil von Rauchern an der Gesamtbevölkerung der beiden Jahre kennen und schließlich berücksichtigen, daß sich die Rauchergewohnheiten in dieser Zeitspanne geändert haben könnten.

Zu dieser letzten Frage sei festgehalten, daß die Raucher von Filterzigaretten möglicherweise häufiger inhalieren könnten als Raucher filterloser Zigaretten, daß möglicherweise Unterschiede in der Stummellänge bestehen könnten oder sogar, daß sich innerhalb der Raucherpopulation in den vier Beobachtungsjahren die Rauchergewohnheiten derart verschoben haben könnten,

daß zwar die Zahl der Raucher konstant geblieben wäre, jedoch der Anteil schwacher Raucher sich vermindert hätte und ein kleiner Anteil starker Raucher ihren individuellen Konsum wesentlich erhöht hätte. Auf die Diskussion dieses letzten Punktes müssen wir wegen fehlender Unterlagen verzichten, alle anderen Faktoren sollen im folgenden untersucht werden.

In Tabelle 13 ist zunächst der Vergleich der pro Kopf der Bevölkerung pro Jahr zur Verfügung stehenden Kondensatmenge gegeben. Die Kondensatmengen sind die mittleren gewogenen Werte der realen Verkäufe pro Marke; bei der Bevölkerung handelt es sich zunächst um die Gesamtbevölkerung.

Jahr	Bevölkerung Mio.	Verkaufte Zigaretten	Mittl. Kondensatmenge, gewogen nach Anz. verkaufter Zig.	g Kondensat pro Kopf und Jahr	% Reduktion gegenüber 1957
1957	171	409	32,5	77,74	
1961	184	495,3	23,0	61,96	20,3

Tabelle 13 Reduktion der der Bevölkerung pro Kopf und Jahr zur Verfügung stehenden Kondensatmenge in den USA in den Jahren 1957 und 1961

Vergleicht man die Reduktion von 20,3% der pro Kopf anfallenden Kondensatmenge mit der Kondensatreduktion von 29,2% pro Zigarette (Tab. 10), so zeigt sich, daß effektiv eine Kompensation in der Größenordnung von etwa 9% vorzuliegen scheint.

Betrachten wir nun die Zahlen der amtlichen amerikanischen Schätzungen in bezug auf die Anteile der Raucher an der Gesamtbevölkerung [27], [28], [29], so zeigt sich eine prozentuale Zunahme der Raucher von einem Prozent. Daraus geht klar hervor, daß sich der Anteil der Raucher nicht vermindert hat, sondern durch ihre prozentuale Zunahme den errechneten Wert von 61,96 g Kondensat pro Kopf und Jahr der Gesamtbevölkerung noch etwas herunterdrücken.

Diese Berechnung der Kondensatmengen der einzelnen Marken, die durch

Jahr	Anteil der Gesamtbevölkerung	Personen in Mio.			Konsum an Zig.
		Männl.	Weibl.	insges.	
1958	47%	35	23	58	436
1960	48%	36	24	60	475

Tabelle 14 Zigarettenraucher (Alter 15 Jahre und darüber) der USA

Abrauchen bei Standardbedingungen erreicht wurden, erfassen jedoch die individuellen Rauchgewohnheiten nicht. In einer anderen Arbeit [8] wurde gezeigt, in welchem Maße individuelle Gewohnheiten die Kondensatausbeute beeinflussen können. Einzig ein Faktor, der gerade in den USA bedeutend ist und in Fragen der Kompensation eine Rolle spielt, sei hier näher betrachtet.

Die Stummellänge der Zigarette ist für die Rauchausbeute bedeutsam. So zeigen Cigarette Components [30], daß die ersten 4 Züge je 5,92%, die folgenden 4 je 8,9%, der 9. und 10. je 13,57% und der 11. 13,15% des Gesamtkondensates ausmachen. Durch Weglassen des letzten Zuges kann der Raucher die Kondensatmenge um 13,15% vermindern. Es kann also eine zusätzliche Reduktion von 13% als reell gelten, falls gezeigt werden kann, daß der Raucher in der Tat in der gleichen Zeit seine Zugzahl um mindestens 1 reduziert bzw. einen entsprechend längeren Stummel gelassen hat. In Amerika werden von amerikanischen Forschern die folgenden Stummellängen angegeben:

<i>Bradford et al.</i> [31]	1937	23 mm
<i>Haag and Larson</i> [31]	1948	23 mm
<i>Fishel and Haskins</i> [31]	1949	19 mm
Consumer Reports [31]	1953	23 mm
<i>Wynder et al.</i> [31]	1953	20–25 mm
<i>Welman</i> [31]	1955	23 mm
<i>Wynder</i> [35]	1962	30,9 mm

Aus den übereinstimmenden Werten um 23 mm aus den Jahren 1937 bis 1955 und dem neuen Wert von 30,9 darf wohl geschlossen werden, daß in der Zeit zwischen 1955 und 1961 der Raucher in den USA einen um 8 mm längeren Stummel läßt.

In der Schweiz liegen übrigens die Verhältnisse sehr ähnlich. Die Angaben lauten:

<i>Waser and Stähli</i> [31]	1932	15 mm
<i>Staub und Furrer</i> [31]	1953	20 mm
<i>Waltz und Häusermann</i> [32]	1961	24,6 mm

Die letzteren Autoren konnten auch zeigen, daß die Stummellänge mit jüngerem Raucheralter zunimmt.

15–20 Jahre alt	25,3 mm Stummel
21–30 » »	25,0 mm »
31–30 » »	22,6 mm »
41–50 » »	22,6 mm »
über 50 » »	20,5 mm »

Wir entnehmen der Arbeit von *Waltz* und *Häusermann* [33], der original-amerikanische Zigaretten einer Großmarke zu Grunde lagen, die folgenden Angaben:

Glimmgeschwindigkeit Tabakabrauch pro Zug (Standardbedingungen)	0,82 mg pro Sek. 22,5 mg
---	-----------------------------

Daraus ergibt sich, daß pro Zug, inklusive Intervall, 70 mg Tabak konsumiert werden.

Die vorliegende Filterzigarette hat ein Tabakgewicht (ohne Papier und Filter) von 916 mg. Daraus ergibt sich bei 23 mm Stummellänge eine in Haupt- und Nebenstrom verrauchbare Tabakmenge von 828 mg und bei 30,9 mm Stummellänge eine solche von 715 mg. Es können bei 23 mm Stummellänge 11,8 Züge gezogen werden, bei 30,9 mm Stummellänge 10,2 Züge.

Daraus ergibt sich eine Zugzahlreduktion von 1,6 Zügen pro Zigarette. Da es sich hier nun um den halben zwölften und den elften Zug handelt, der eliminiert wird, so ist eine tatsächliche zusätzliche Reduktion von 1,6 Zügen, also von etwa 19% Gesamtkondensat, bewiesen.

Auch konnten *Waltz* und *Häusermann* [32] zeigen, daß sich die Stummellänge bei Strang- und Filterzigaretten nicht signifikant unterscheiden.

Es könnte eingewendet werden, daß der Raucher intern kompensiert, das heißt, daß er durch vermehrte Inhalation eine höhere Nikotinretention zu erreichen sucht.

Bei einer Raucherbeobachtung [32] haben wir die folgenden Kriterien aufgenommen:

Rauchausstoß: sofort – wartet zu

Rauchwolke: groß – mittel – klein

Art des Saugens: tief und lang – mittel – genippt

Rauchweg: Mund – Nase – beides

Rauchertyp: Mundraucher – Lungenraucher – beides

Über die Befunde geben die Tabellen auf Seite 94 Auskunft.

Die Kriterien Rauchausstoß, Rauchwolke, Art des Saugens und Rauchweg dienten lediglich zur Überprüfung der Beurteilungsgenauigkeit für Lungen- bzw. Mundraucher durch die geschulten Beobachter. Es kann füglich angenommen werden, daß bei einer großen Rauchwolke, einem genippten Zug und bei sofortigem Ausblasen kein Lungenrauchen vorliegt. Das Kriterium Mund-Nase ist in diesem Zusammenhang weniger wichtig, sogenannte «Nasenraucher» sind selten.

Es ergibt sich daraus, daß das Kriterium Mundraucher-Lungenraucher durchaus mit den Kontrollkriterien parallel geht und deshalb dieses Inhalationskriterium als brauchbarer Wert bezeichnet werden kann.

	Total	Mund- raucher	Lungen- raucher	Beides
sofort wartet zu	98	58	8	32
	386	3	321	62
	484 DA*			

Tabelle 15
Beziehung
zwischen
Rauchausstoß
und
Rauchertyp
(Basis 470
Beobachtungen)

	Total	Mund- raucher	Lungen- raucher	Beides
groß mittel klein	79	52	4	23
	112	7	46	59
	293	2	280	11
	484 DA*			

Tabelle 16
Beziehung
zwischen
Größe der
Rauchwolke und
Rauchertyp
(Basis 470
Beobachtungen)

	Total	sofort	wartet zu
tief und lang mittel genippt	320	11	315
	131	67	76
	28	25	6
	479 DA*		

Tabelle 17
Beziehung
zwischen Art
des Saugens und
Rauchausstoß
(Basis 470
Beobachtungen)

	Total	Mund- raucher	Lungen- raucher	Beides
tief und lang mittel genippt	320	2	297	21
	131	38	29	64
	28	18	2	8
	479 DA*			

Tabelle 18
Beziehung
zwischen Art
des Saugens
und Rauchertyp
(Basis 470
Beobachtungen)

DA* = Doppelantworten möglich, da innerhalb der Rauchzeit einer Zigarette ungleiches Verhalten registriert wurde.

Stellt man nun in Tabelle 19 die Filterraucher den Rauchern filterloser Zigaretten für dieses Kriterium gegenüber, so zeigt sich, daß zwischen den Rauchern von Filterzigaretten und Strangzigaretten kein Unterschied in bezug auf die Inhalation besteht.

	Mundraucher		Lungenraucher		Beides		
Mann	21	6,6%	252	79,0%	46	14,4%	319
Frau	40	26,5%	77	51,0%	34	22,5%	151
Filter	53	12,9%	288	70,1%	70	17,0%	411
ohne Filter	8	13,5%	41	69,5%	10	16,9%	59
Total	61	13,0%	329	70,0%	80	17,0%	470

Tabelle 19 Inhalationsgewohnheiten von männlichen und weiblichen Rauchern, Vergleich der Raucher von Filterzigaretten mit Strangzigaretten (Basis 470 Beobachtungen)

Die Ergebnisse bringen deutlich zum Ausdruck, daß sich unter den Rauchern von Filterzigaretten kein größerer Anteil von Lungenrauchern findet als unter den Rauchern filterloser Zigaretten. Der Konsum von Filterzigaretten geht also offenbar nicht mit einer Kompensation durch vermehrte Inhalation einher.

Auf Grund der Untersuchung der Totalkondensatmengen pro Kopf der Bevölkerung und aus der Feststellung der zunehmenden Stummellänge der Raucher und der konstanten Inhalationsgewohnheiten kann gezeigt werden, daß in der Tat keine Kompensation vorliegt, da die effektive Reduktion pro Kopf 20,3 und die individuelle durch die größere Stummellänge erreichte Reduktion etwa 19% beträgt, also eine Totalreduktion von etwa 40% vorliegt.

Da der Anteil der Raucher in der Zeit zwischen 1958 und 1960 im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung zugenommen hat (Tab. 14), ist die durchschnittliche Kondensatreduktion pro Raucher, welche zu etwa 40% berechnet wurde, wahrscheinlich noch höher anzusetzen. Wie gezeigt werden konnte, ist durchschnittlich nicht mit einer Kompensation durch vermehrte Inhalation zu rechnen. Die Verminderung des Kondensatangebotes von etwa 40% ist also für den Raucher in vollem Umfang als Realität zu werten.

Das marktgängige Angebot zeichnet sich durch eine Reduktion der Kondensate pro Zigarette aus – oder anders ausgedrückt, die Summe der allen Rauchern zur Verfügung stehenden Kondensatmenge hat in der Vergleichsperiode um 29,2% abgenommen. So ist es eindeutig, daß der amerikanische Raucher den Genuß leichterer Zigaretten im Durchschnitt nicht kompensiert. Er hat also im Jahre 1961 um etwa 40% weniger Zigarettenrauch konsumiert als 1957.

Da nun aber der Raucher nicht kompensiert und wir keinerlei Anzeichen dafür haben, daß sich der Raucher von Strangzigaretten diametral anders verhält als der Raucher von Filterzigaretten, geht aus diesen Darlegungen auch hervor, daß bei dem reinen Rauchen von Filterzigaretten diese Reduktion 45,8% beträgt (Tab. 10).

5. Schlußfolgerungen

Ausgehend von den Überlegungen einzelner Autoren, die versucht haben, die polyzyklischen Kohlenwasserstoffe im Rauch von Zigaretten zu reduzieren, haben wir untersucht, inwieweit eine solche Reduktion mit den modernen, heute bekannten Mitteln erreicht werden kann. Wir haben uns aber dabei nicht nur auf dieses eine Kriterium beschränkt, sondern haben versucht, das Problem in einem weiteren Rahmen zu behandeln. Die folgenden Punkte wurden dargelegt.

1. Vergleiche, Untersuchungen von Produkten, Aussagen über Filter, Kondensatmengen usw. sind nur bei genauer Kenntnis der Produkte, der Vergleichbarkeit der Produkte und der Gewohnheiten einer bestimmten Raucherpopulation möglich. Messungen der Kondensatmengen sind nur dann als wesentliche Anhaltspunkte zu betrachten, wenn sie mit Beobachtungen der untersuchten Raucherpopulation und Kenntnis von anderen, den Rauch beschreibenden Parametern, verbunden sind.

2. Durch die Einflüsse von Tabakauswahl, Verwendung geeigneter Zigarettenpapiere und besonders der Filtrierung durch geeignete Filter kann im Falle der American-Blend-Zigaretten eine Kondensatreduktion von etwa 50% erzielt werden.

3. Es wurde dargelegt, daß die Arsenmengen von 56,5 ppm im Jahre 1951 bei den USA-Tabaken durch Anwendung arsenfreier Insektizide auf 2,7–19,9 ppm (As_2O_3) reduziert werden konnten. Bei europäischen Zigaretten mit höherem Anteil an griechischen, türkischen und anderen nicht amerikanischen Tabaken fanden sich immer wesentlich geringere Werte. Von dieser Menge gelangen nur 3,5 bis 5,3% in den Rauch.

4. Es konnte gezeigt werden, daß die Reduktion von 3,4-Benzpyren der Gesamtreduktion des Kondensates durch Filtrierung parallel geht.

5. Phenole werden im Filter selektiv filtriert. Ein Zelluloseacetatfilter von 40% Wirksamkeit nimmt 80 bis 90% des vorhandenen Phenols aus dem Rauchstrom.

6. Die Maßnahmen, die zu einer Kondensatreduktion führen, vermindern nicht nur, wie häufig angenommen wird, die Partikelphase des Rauches, sondern in gleichem Ausmaße auch die Gasphase, das heißt die Summe aller bei -78°C nicht mehr flüchtigen Substanzen.

7. Änderungen, die Reduktionen des Gesamtkondensates ergeben, könnten die physikalische Beschaffenheit des Rauches beeinflussen. Eine Aussage kann

jedoch erst dann erfolgen, wenn über deren Bedeutung und Eigenschaften genauere Angaben vorliegen.

8. Bei der Verminderung des Gesamtkondensates pro Zigarette wäre es möglich, daß einzelne, unbekannte Substanzen nicht mitreduziert würden. Diese Annahme ist jedoch auf Grund der Befunde einer Serie verschiedenartiger Substanzen unwahrscheinlich. Eine Vergrößerung der effektiv pro Zigarette vorliegenden Mengen dieser unbekannt Substanzen kann ausgeschlossen werden.

9. Als Beispiel wird gezeigt, daß eine moderne Filterzigarette 51,8% weniger Rauchkondensat liefert als die alten Strangzigaretten der Geschmacksrichtung «American Blend».

10. Gegenüber den Rauchern filterloser Zigaretten des Jahres 1957 ergibt sich für die Raucher von Filterzigaretten des Jahres 1961 durchschnittlich eine Kondensatverminderung um 48,5%. Für die Raucher von Zigaretten dreier großer leichter Marken ist diese Reduktion noch ausgeprägter (59,6%).

11. Aus den gewogenen Mittelwerten der effektiv verkauften Zigaretten der Jahre 1957 und 1961 wurden die Kondensatmengen je Kopf der Bevölkerung errechnet. Es ergab sich eine Verminderung von 20,3%.

12. Aus der Tatsache, daß die Stummellänge in der Vergleichsperiode von 23 auf 30,6 mm zugenommen hat – die Schweiz zeigt ein analoges Verhalten –, ergibt sich, daß der Raucher 1,65 Züge je Zigarette weniger raucht. Diese Änderung der Rauchgewohnheit bewirkt einen Kondensatrückgang um etwa 19%.

13. Nach amtlichen Schätzungen hat der Anteil der Raucher an der Gesamtbevölkerung zwischen 1958 und 1960 um 1% zugenommen. In das geringere Angebot teilt sich also nicht etwa eine geringere, sondern vielmehr eine größere Anzahl Raucher.

14. Beobachtungen von Rauchern ergeben, daß sich unter den Rauchern von Filterzigaretten kein größerer Anteil von inhalierenden Rauchern findet als unter den Konsumenten von Strangzigaretten. Wenn der Raucher kondensatärmere Zigaretten raucht, kompensiert er also nicht durch vermehrte Inhalation.

15. Die Stummellängen sind bei Rauchern von Strang- und Filterzigaretten nicht signifikant verschieden.

16. Der Rückgang der Kondensatinhalation der amerikanischen Gesamtbevölkerung beläuft sich damit auf etwa 40%. Da in der gleichen Zeit (1957 bis 1961) die Kondensatreduktion der real verkauften Zigaretten 29,2% beträgt, kann festgehalten werden, daß eine Kompensation nicht vorliegt.

Auf Grund der obigen Feststellungen dürfen die folgenden Schlüsse gezogen werden:

Die von *Neukomm et al.* angestrebte Reduktion des 3,4-Benzpyrens kann auf eine andere als die von den Autoren vorgeschlagene Weise erreicht werden.

Im gleichen Maße, wie das Gesamtkondensat reduziert wurde, vermindern sich auch die darin enthaltenen, hier untersuchten Einzelsubstanzen und die Gasphase des Rauches.

Durch adäquate Änderungen der Zigaretten kann aber auch das Gesamtkondensat bis zu über 50% reduziert werden.

Die große, effektive Reduktion, welche in der Praxis im Zeitraum 1957 bis 1961 durchgeführt wurde, kommt dem Raucher in vollem Maße zugute und wird durch ihn noch verstärkt, weil er einerseits für die fehlende Kondensatmenge nicht durch Mehrkonsum kompensiert und andererseits durch Variationen des individuellen Verhaltens (Stummellänge) die zugeführte Kondensatmenge selbst noch herabsetzt.

Literaturverzeichnis

- [1] *Neukomm S. et Bonnet J.*, Brevet belge 566664 (1958); brevet français 1219880 (1959); Deutsche Auslegungsschrift 1082541 (1960)
- [2] *Mouron J.-C., Bonnet J. et Neukomm S.*, *Oncologia* 13, 271-278 (1960)
- [3] *Mouron J.-C., Bonnet J. et Neukomm S.*, *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.* 67, 447-453 (1961)
- [4] *Matthey E.*, *Z. Präventivmed.* 6, 428-443 (1961)
- [5] *Nicod J. L.*, *Z. Präventivmed.* 6, 444-454 (1961)
- [6] *Cuzin J. L.*, *Z. Präventivmed.* 8, NB (1963)
- [7] *Waltz P. und Häusermann M.*, *Z. Präventivmed.*, «Sur un traitement du tabac en vue de diminuer la teneur en hydrocarbures polycycliques dans la fumée de cigarettes» 8 (1963)
- [8] *Waltz P., und Häusermann M.*, *Z. Präventivmed.*, «Das individuelle Rauchverhalten als wesentlicher Parameter des Rauchvorganges» 8 (1963)
- [9] *Schmäl D., Consbruch U. und Druckrey H.*, *Arzneim.-Forsch.* 4, 71-75 (1954)
- [10] *Schmäl D.*, *Fortschritte der biologischen Arzneim.-Forsch.*, 198 (1962)
- [11] *Schur M. O. und Rickards J. G.*, *Tobacco Sci.*, 4, 69-77 (1960)
- [12] *Bulletin d'information CORESTA, 1960* (3), 7
Bulletin d'information CORESTA, 1962 (2), 13
- [13] *Waltz P., Häusermann M., Nyari E., Montandon G.*, *Beiträge Tabakf.*, 1961 (1), 1-10
- [14] *Staub M. und Furrer H.*, *Mitt. Lebensmitt. Hyg.* 48, 94-116 (1957)
- [15] *Guthrie F. E., McCants C. B. and Small H. G. Jr.*, *Tob. Sci.* 3, 63-64 (1959)
- [16] *Weber J. H.*, *J. Sci. Food Agric.* 8, 490-491 (1957)
- [17] *Hjern L.*, *Nordisk Hyg. Tidskrift* 42, 212-276 (1961)
- [18] *Cogbill E. C. and Hobbs M.*, *Tob. Sci.* 1, 68-73 (1957)
- [19] *Hoffman D. und Wynder E. L.*, *Beiträge Tabakf.*, 1961 (3), 101-106
- [20] *Druckrey H., Schmäl D., Beuthner H. und Muth F.*, *Naturwissenschaften* 47, 605-606 (1960)
- [21] *S. E. I. T. A.*, *Service des laboratoires: Dosage de l'anthracène, du pyrène et du benzo-a-pyrène dans les condensats de fumée de cigarettes* (janvier 1960 et mars 1961)
- [22] *Wooten Report, Printers Ink, 1957*
Wooten Report, Printers Ink, 1961
- [23] *Reader's Digest, 1957, July, 1-7*
Reader's Digest, 1961, July, 71-78
- [24] *Borbély F.*, *Z. Präventivmed.* 7, 118-134 (1962)
- [25] *Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1961, 69*, Basel, Birkhäuser Verlag
- [26] *Haenszel W., Shimkin M. B. und Müller H. P.*, *Tobacco Smoking Patterns in the United States*, U. S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Public Health Monograph No. 45, 1956, Washington D. C., 111 p.
- [27] *Wall Street Journal IX* (1959)
- [28] *Wooten Report, Printers Ink XII* (1960)
- [29] *U. S. Dept. Agric. Market Research Rep. 189*, U. S. Printing Office, Washington 1957
- [30] *Cigarette Components, "Reducing the Dry Weight of Smoke Reaching the Smoker by Use of a Longer Filter"*, London, July (1958)
- [31] *Schur M. O. and Rickards J. C.*, *Tob. Sci.*, 1, 13-20 (1957)
- [32] *Waltz P. und Häusermann M.*, *Mitt. Lebensmitt. Hyg.* 52, 245-282 (1961)
- [33] *Waltz P. und Häusermann M.*, *Mitt. aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene* 51, 325-338 (1960)
- [34] *Barkemeyer H. und Seehofer F.*, *Beiträge Tabakf.*, 1961 (3) 93-96
- [35] *Wynder E. L. und Hammond E. C.*, *Cancer* 15, 79-91 (1962)