

# Luftverunreinigung und Belästigung durch Zigarettenrauch

Annetta Weber-Tschopp, C. Jermini, E. Grandjean  
 Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
 Direktor: Prof. Dr. med. E. Grandjean

## 1. Einleitung

Im Vordergrund der Beeinträchtigungen durch Zigarettenrauch stehen Reizerscheinungen in den Augen und Atemwegen, die sich bei empfindlichen Personen bis zu Niessen, Husten und asthmoiden Anfällen steigern können. Gelegentlich beklagen sich Nichtraucher auch über schlechte Luft und unangenehme Gerüche. Diese ganze Problematik der Wirkungen der Luftverunreinigung durch das Abrauchen von Zigaretten, Zigarren und Pfeifen auf den Nichtraucher wird heute unter dem Begriff «Passivrauchen» zusammengefasst. Es sollen hier einige Teilaspekte dieses Problems dargestellt werden, insbesondere die tatsächlich chemisch messbare Luftverunreinigung durch Zigarettenrauch und die Belästigung durch Zigarettenrauch.

## 2. Tabakrauchbestandteile in der Luft und deren Aufnahme beim Passivrauchen

Die Tabakrauchbestandteile in der Luft stammen aus zwei Quellen: aus dem Hauptstromrauch und aus dem Nebenstromrauch. Der Hauptstromrauch kommt aus dem Mundstücksende der Zigarette während des Ziehens des Rauchers; der Nebenstromrauch ist der in der Glühzone der Zigarette entstehende Rauch. Der Tabakrauch, der in die Atmosphäre abgegeben wird, besteht also aus dem gesamten Nebenstromrauch und aus dem Teil des Hauptstromrauches, welcher vom Raucher wieder ausgeatmet wird. Die Konzentration der Tabakrauchbestandteile in der Luft hängt ab von

- der Menge des produzierten Rauches pro Raumvolumen
- dem Luftwechsel des Raumes
- dem individuellen Rauchverhalten (Tiefe der Inhalation, Anzahl Züge pro Zigarette usw.)
- der Retention von Rauchbestandteilen im Organismus des Rauchers
- und der Sedimentation von Rauchbestandteilen

Wie von Dalhamn und Mitarbeiter [1, 2] gezeigt werden konnte, hält der inhalierende Raucher erheblich grössere Mengen an Schadstoffen im Organismus zurück als der nicht inhalierende Raucher, bei welchem die Retention lediglich in der Mundhöhle erfolgt.

Tabelle 1  
Retention von Rauchkomponenten nach Dalhamn et al. [1], [2]

Komponenten	Retention ohne Inhalation	Retention mit Inhalation
Wasserlösliche flüchtige Komponenten (z. B. NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , Aldehyde, Kohlenwasserstoffe)	60 %	86-99 %
Kondensat	16 %	86-99 %
Kohlenmonoxid	3 %	54 %

**Zigarettenrauch beeinträchtigt das Wohlbefinden des Nichtrauchers. Die durch das Passivrauchen verursachten Irritationen und Belästigungen wurden in Abhängigkeit der Anzahl gerauchter Zigaretten und der Konzentration einiger Schadstoffe in der Raumluft untersucht.**

Beim Inhalieren werden bis zu 99% der flüchtigen Substanzen und des Kondensates sowie etwa die Hälfte des Kohlenmonoxids (CO) im Körper zurückbehalten. Ohne Inhalation dagegen ist die Retention zum Teil erheblich geringer (Tab. 1). Der inhalierende Raucher «filtriert den Hauptstromrauch also sehr wirkungsvoll, bevor er ihn an die Umgebungsluft abgibt.

Im Tabakrauch unterscheidet man zwischen einer Gasphase, welche die Gase und Dämpfe umfasst, und einer Partikelphase, auch Kondensat oder Rauchteer genannt, welche vorwiegend aus feinsten Tröpfchen besteht. Entsprechend ihrem Dampfdruck befinden sich die einzelnen Verbindungen in einer der beiden Phasen. In Tabellen 2 und 3 sind einige der wichtigsten Fremdstoffe angegeben, welche von toxikologischer Bedeutung sind.

In verrauchten Räumen sind bisher vor allem CO und Nikotin und in einigen Fällen Akrolein, Acetaldehyd und Ammoniak gemessen worden. In Tabelle 4 werden einige der wichtigsten Ergebnisse der Arbeitsgruppe Harke [4, 5] unter verschiedenen Versuchsbedingungen wiedergegeben. Die unter realistischen Bedingungen gemessenen CO-Konzentrationen, welche

Tabelle 2  
Gasphase des Zigarettenrauchs

Schadstoffe	Toxikologische Bedeutung
Kohlenmonoxid	Störung des Zentralnervensystems Sauerstoffmangel Erstickung
Stickoxide Formaldehyd Akrolein Ammoniak Blausäure	Reizstoffe für Augen und Atmungsorgane

Tabelle 3  
Partikelphase des Zigarettenrauchs KW = Kohlenwasserstoffe

Schadstoffe	Toxikologische Bedeutung
Aliphatische KW, Aldehyde, Säuren, Phenole	Reizstoffe für Augen und Atmungsorgane
Aromatische KW	davon einige karzinogen (z. B. 3,4-Benzpyren)
Alkaloide (z. B. Nikotin)	hohe Affinität zu Nervenzellen (Anregung, vegetative und vasomotorische Reizungen)

Tabelle 4  
Luftverunreinigung durch Zigarettenrauch, nach Harke [4, 5]

Raum	Zigaretten/m <sup>3</sup>	Lüftung m <sup>3</sup> /h	Nikotin mg/m <sup>3</sup>	CO ppm	Akrolein ppm	Acetaldehyd ppm
Klimakammer	30/38*	0	0,51	64	0,14	3,53
Klimakammer	5/38*	0	0,06	12	0,03	0,71
Auto 30 km/h	2/-	-	-	14-24	-	-
Büroraum	108/170	0	0,11	25	0,06	0,92

\* Zigaretten maschinell abgeraucht

zwischen 12 und 25 ppm schwanken, entsprechen ungefähr der Luftverunreinigung einer stark befahrenen Strasse.

Über die Aufnahme von Tabakrauchbestandteilen im Organismus beim Passivrauchen liegen wenig Arbeiten vor. Harke [3] hat die Nikotin- und CO-Aufnahme eines Nichtraucherers mit der eines Rauchers unter extremen Bedingungen (98 Zigaretten/170 m<sup>3</sup> innerhalb 2 Stunden, ohne Lüftung) verglichen. Es zeigte sich, dass der Nichtraucher bis zu 100mal weniger Nikotin aufnahm als der inhalierende Raucher und dass der COHb-Spiegel beim Nichtraucher auf 1-2% anstieg, während er beim Raucher bis 10% erreichen konnte. Russel und Feyerabend [8] konnten jedoch zeigen, dass der Anstieg des Nikotingehalts im Urin eines Nichtrauchers nach 78 min Exposition bei 80 Zigaretten/43 m<sup>3</sup> Raumvolumen von 10 auf 80 ng/ml Urin signifikant anstieg.

1974 hat ein Symposium über die Wirkungen des Tabakrauches auf den Nichtraucher stattgefunden. In seiner Zusammenfassung kommt Rylander [9] zum Schluss, dass im allgemeinen kein Risiko von chronischen Lungenerkrankungen durch Passivrauchen besteht. Er beurteilt die aufgenommenen Nikotin- und CO-Mengen als gering und kann ihnen keine schädlichen Wirkungen zuschreiben. Dagegen zeigte das Symposium, dass unsere Kenntnisse über Reizwirkungen und Belästigungen durch Passivrauchen noch ungenügend sind.

### 3. Einige Versuche

#### 3.1 Das Ausmass der Luftverunreinigung durch den Nebenstromrauch von Zigaretten

In einer 30 m<sup>3</sup> grossen Klimakammer wurde bei einer variablen Anzahl abgeraucherter Zigaretten die Konzentration einiger Komponenten der Gasphase gemessen. Die Klimakammer war nahezu luftdicht abgeschlossen (Luftwechsel 0,3x/h).

In einem ersten Teil der Untersuchung wurden Formaldehyd (CH<sub>2</sub>O), Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und CO mit substanzspezifischen Monitoren quantitativ erfasst. Die Zigaretten (Ameri-

can-Blend-Filterzigaretten) wurden gleichzeitig innerhalb von 10 min mit einer Maschine nach standardisierten Bedingungen abgeraucht (10 Züge/Zigarette, Zugdauer 2 sec, 0,35 ml/Zug). Der Hauptstromrauch wurde aus der Klimakammer geleitet, so dass lediglich die Luftverunreinigung durch den Nebenstromrauch untersucht wurde.

#### Resultate und Kommentar

**Kohlenmonoxid:** In Abbildung 1 sind die Mittelwerte der gemessenen CO-Konzentrationen in Abhängigkeit der pro Versuch abgerauchten Zigaretten eingetragen. Es zeigt sich, dass in einem homogenen und luftdichten System ein linearer Zusammenhang zwischen der CO-Konzentration und der Anzahl gleichzeitig abgerauchter Zigaretten besteht.

Um die gefundenen Schadstoffkonzentrationen bewerten zu können, vergleichen wir sie im folgenden mit den MAK-Werten (Maximale Arbeitsplatzkonzentration [6]) und mit den MIK-Werten (Maximale Immissionskonzentration in der Aussenluft [10]). Die in dieser Arbeit gezogenen Vergleiche zwischen den gemessenen Fremdstoffkonzentrationen und den entsprechenden MAK- und MIK-Werten sollen allerdings lediglich dazu dienen, eine Beziehung zu einer toxikologischen Grösse herzustellen. Damit ist aber keineswegs gemeint, dass die zumutbaren Konzentrationen in einem verrauhten Raum diesen Werten gleichzusetzen sind.

Der MAK-Wert für CO beträgt 50 ppm und der MIK-Wert 9 ppm. Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, erreicht das CO relativ hohe Werte, da der MAK-Wert bei 20 Zigaretten/30 m<sup>3</sup> überschritten und der MIK-Wert nach Abrauchen von 4 Zigaretten/30 m<sup>3</sup> erreicht ist.

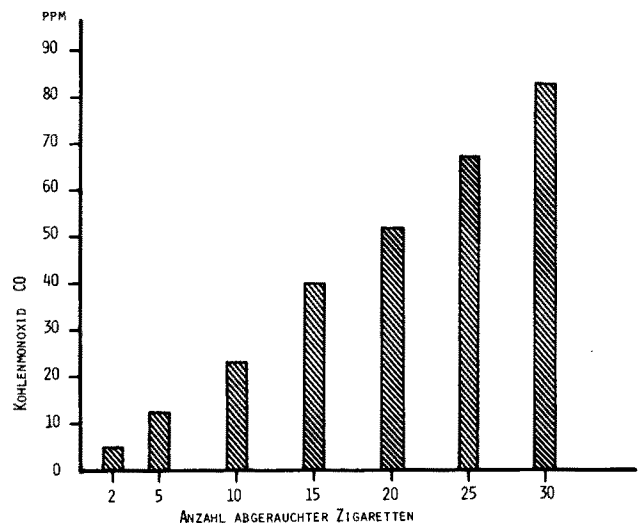


Abbildung 1  
Die Konzentration von Kohlenmonoxid in der Luft der Klimakammer (30 m<sup>3</sup>) in 7 Versuchen mit jeweils verschiedener Zahl abgerauchter Zigaretten.

Tabelle 5  
Mittelwert der Formaldehyd- und NO-Konzentrationen in der 20 m<sup>3</sup> Klimakammer in Abhängigkeit der Anzahl abgeraucherter Zigaretten

Anzahl Zigaretten	CH <sub>2</sub> O ppm	NO ppm
1	0,05	0,067
3	0,13	0,194
5	0,24	0,350
10	0,45	0,678
15	0,62	0,996

**Formaldehyd:** Tabelle 5 gibt die Mittelwerte der Formaldehyd-Konzentration in Abhängigkeit der Anzahl abgeraucherter Zigaretten pro Versuch an. Analog zum CO zeigt sich auch hier, dass die Formaldehyd-Konzentration proportional zur Zigarettenmenge ansteigt. Der MAK-Wert für diesen Schadstoff (1 ppm) wird mit etwa 23 Zigaretten/30 m<sup>3</sup> erreicht. Der MIK-Wert für Formaldehyd beträgt 0,02 ppm; dieser Wert wird bereits vor Beginn des Abrauchens überschritten. Nach Th. Müller [7] betrug der Formaldehyd-Gehalt in der Strassenluft von Zürich 1964–1966 im Durchschnitt 0,02 ppm im Winter und 0,03 ppm im Sommer. Dies erklärt den relativ hohen Nullluftwert in unserer Klimakammer.

**Stickstoffmonoxid:** Die erhobenen NO-Werte sind ebenfalls in Tabelle 5 zusammengestellt. Auch hier besteht eine Linearität zwischen Zigarettenmenge und Fremdstoffkonzentration. Der MAK-Wert für NO (25 ppm) wird in unserer Versuchsanordnung bei weitem nicht erreicht. Der MIK-Wert für 24 h beträgt 0,4 ppm; dieser Wert wird bei 5 Zigaretten/m<sup>3</sup> überschritten.

**Stickstoffdioxid:** Keinerlei NO<sub>2</sub> konnte in dieser Versuchsserie nachgewiesen werden.

**Kohlenwasserstoffe, Ketone, Nitrile, Furane, Limonen:** In einem zweiten Teil dieser Untersuchung wurden weitere 20 Stoffe (Kohlenwasserstoffe, Ketone, Nitrile, Furane und Limonen) gaschromatographisch quantitativ bestimmt. Diese Messungen erfolgten bei 30 abgerauchten Zigaretten/30 m<sup>3</sup>. Mit Ausnahme des Akroleins waren alle gefundenen Konzentrationen äusserst niedrig und werden aus diesem Grund hier nicht weiter diskutiert. Nach Abrauchen von 30 Zigaretten/m<sup>3</sup> beträgt die Akrolein-Konzentration 0,37 ppm. Der MAK-Wert für Akrolein beträgt 0,1 ppm; er wird somit in diesem Abrauchexperiment um ein Mehrfaches überschritten. Der MAK-Wert wird ungefähr bei 9 Zigaretten/30 m<sup>3</sup> erreicht. Dieser Befund ist insofern wichtig, als das Akrolein ein sehr starker Reizstoff der Augen und Atemwege ist.

### 3.2 Belästigung von Personen durch den Nebenstromrauch von Zigaretten

In derselben 30-m<sup>3</sup>-Klimakammer wurde die Belästigung von Personen durch den Nebenstromrauch in Abhängigkeit der Konzentration einiger Schadstoffe

erfasst. Die Versuchspersonen wurden einer 26 min dauernden akuten Rauchexposition ausgesetzt. Innerhalb der ersten 21 min wurden insgesamt 30 Zigaretten (jeweils 10 Zig. gleichzeitig) unter standardisierten Bedingungen maschinell abgeraucht (8 Züge/Zigarette, Zugsdauer 2 sec, 0,35 ml/Zug); in den letzten 5 min, in welchen keine Zigaretten mehr abgeraucht wurden, blieb die Rauchkonzentration nahezu konstant. Die verwendeten Zigaretten waren Research-Zigaretten (Typ ASFC-1).

Vor der Exposition, 10, 20, und 26 min nach Beginn des Abrauchens wurden die Konzentrationen von CO, NO, NO<sub>2</sub>, Formaldehyd und Akrolein bestimmt.

60 Personen (33 Raucher und 27 Nichtraucher) im Alter von 19 bis 68 Jahren nahmen am Versuch teil. Alle 2 min mussten die Probanden einen Fragebogen ausfüllen, der eine Reihe von Fragen über Irritationen der Augen, der Nase, des Mundes und Rachens, über Atmungsbeschwerden und über allgemeine Beschwerden enthielt. Jeder Frage war eine 5stufige Skala zugeordnet, wie sie auf der Ordinate der Abbildung 2 angegeben ist. Hinzugefügt wurden 4 Fragen mit einer 3stufigen Skala (s. Abb. 4) über die Luftqualität sowie den Wunsch, die Fenster zu öffnen oder den Raum zu verlassen.

### Resultate und Kommentar

**Irritationen:** Wie schon erwähnt, sind für jedes Organ verschiedene Fragen über die verspürten Irritationen gestellt worden. Für jedes Organ haben wir nun den Mittelwert des Irritationsgrades aus den dazugehörigen Fragen berechnet. Wir bezeichnen diese Mittelwerte als Irritationsindices. Der Verlauf dieser Indices ist in Abbildung 2 in Abhängigkeit der Expositionszeit, der Konzentration der gemessenen Schadstoffe und der Anzahl abgeraucherter Zigaretten/30 m<sup>3</sup> eingetragen.

Daraus geht deutlich hervor, dass das Auge das empfindlichste Organ auf Zigarettenrauch ist; Mund und Rachen, Atmung und die allgemeinen Beschwerden sind dagegen recht unempfindliche Kriterien. Weiterhin ist zu bemerken, dass in diesem Versuch – im Gegensatz zum ersten Versuch – NO<sub>2</sub> nachgewiesen wurde. Tatsächlich zeigte sich, dass bei diesem Tabak NO<sub>2</sub> auftrat. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass der Gehalt von NO<sub>2</sub> im Nebenstromrauch von der Tabaksorte abhängig ist.

Der Vergleich der Irritationen der 27 Nichtraucher mit denjenigen der 33 Raucher hat ergeben, dass zwischen beiden Gruppen kein relevanter Unterschied besteht (erstaunlicherweise zeigten die Raucher eher eine etwas höhere Augenirritation).

Abbildung 3 zeigt den Prozentsatz der Vpn mit einem bestimmten Augenirritationsgrad in Abhängigkeit der Expositionszeit. Die Gruppen mit einem «mittleren», «starken» oder «sehr starken» Augenirritationsindex erscheinen im Bereich zwischen 7 und 15

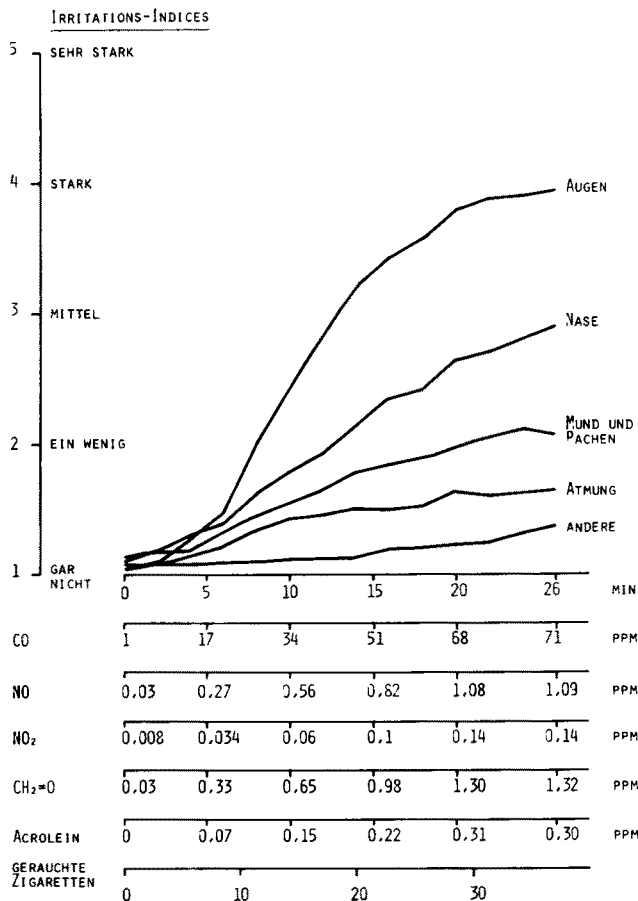


Abbildung 2  
Der Grad der Irritation verschiedener Organe in Abhängigkeit der Luftverunreinigung durch abgerauchte Zigaretten.  
Irritationsindices: Mittelwerte der Einstufungen verschiedener Fragen bezüglich der Reizung eines Organes.

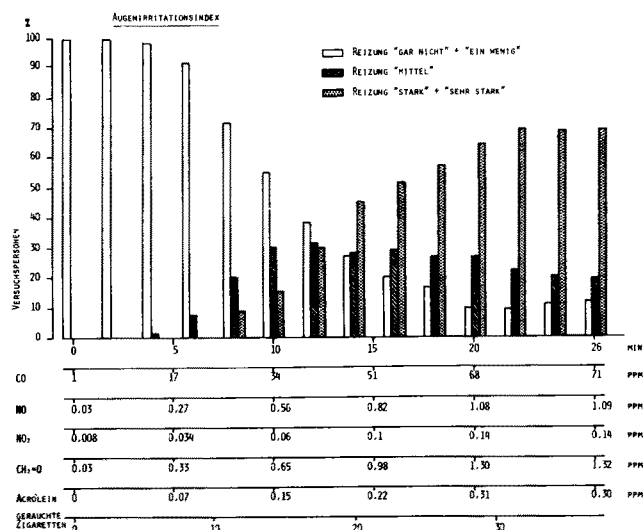


Abbildung 3  
Die Häufigkeitsverteilung des Augenirritationsindex in Abhängigkeit der Luftverunreinigung durch abgerauchte Zigaretten.

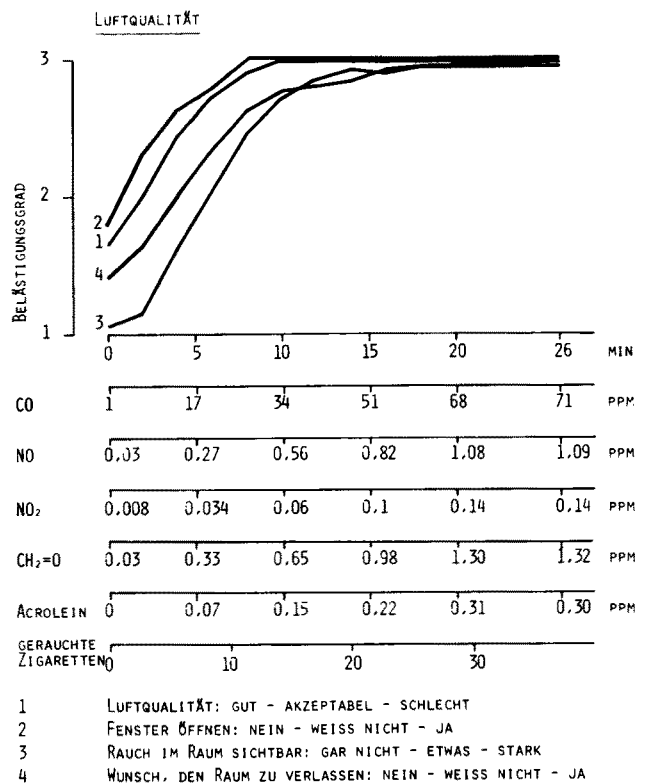


Abbildung 4  
Der Belästigungsgrad in Abhängigkeit der Luftverunreinigung durch abgerauchte Zigaretten.

Zigaretten/30 m<sup>3</sup> und nehmen sofort stark zu. Wenn 15 Zigaretten/30 m<sup>3</sup> abgeraucht sind, wird die Augenirritation bereits von beinahe 50% der Versuchspersonen als «mittel», «stark» oder «sehr stark» bezeichnet. In Abbildung 4 sind die Antworten auf die Fragen betreffend Luftqualität, Sichtbarkeit und den «Wunsch, die Fenster zu öffnen» oder «den Raum zu verlassen», graphisch dargestellt. Obwohl die Luftqualität (Frage 1) bereits zu Beginn des Versuches im Mittel nicht als absolut gut bezeichnet wurde, nimmt der Grad der negativen Qualifikation rasch zu und erreicht sein Maximum bereits nach Abrauchen von ca. 12 Zigaretten/30 m<sup>3</sup>. Ähnlich verhalten sich die anderen drei Kriterien (Fragen 2, 3 und 4). Es ist deutlich ersichtlich, dass die Fragen über Luftqualität und den Wunsch, zu reagieren, erheblich sensiblere Kriterien sind als diejenigen über Augenirritationen.

### 3.3. Diskussion zu den 2 Versuchen

Die Ergebnisse unserer zwei Versuche lassen sich nicht ohne Einschränkungen auf Alltagsbedingungen übertragen, denn unsere experimentellen Bedingungen waren in zweierlei Hinsicht nicht ganz realistisch: einmal wurde nur der Nebenstromrauch berücksichtigt und zum anderen war der Luftwechsel in der Kammer äusserst gering.

Tabelle 6

Beziehung zwischen den Konzentrationen von 5 Komponenten des Zigarettenrauches und einigen Auswirkungen bei 60 Personen. Der Prozentsatz der Augenirritation entspricht den Vpn, welche eine «starke» oder «sehr starke» Augenirritation angegeben haben.

Zig. pro 30 m <sup>3</sup>	Komp. in der Luft in ppm					Wirkungen in % der 60 Vpn		
	CO	NO	NO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	Akrolein	«Augenirritation»	«Raum verlassen»	«schlechte Luft»
5	12	0,19	0,02	0,23	0,05	0	43	51
10	24	0,36	0,04	0,46	0,11	9	78	92

Wir können annehmen, dass die von uns erhobenen Werte in bezug auf die von Rauchern verursachte Luftverunreinigung 10–20% zu niedrig und in bezug auf einen normal ventilierten Raum 20–50% zu hoch sind. Dagegen bleibt die gefundene Relation zwischen der Konzentration der Schadstoffe und deren Auswirkungen auf die Vpn gültig. In Tabelle 6 sind die Beziehungen für realistische Situationen (5 und 10 Zigaretten/30 m<sup>3</sup>) zwischen Schadstoffkonzentrationen und deren Hauptauswirkungen zusammengefasst.

Das Akrolein überschreitet den MAK-Wert (0,1 ppm) bereits bei 10 Zigaretten/30 m<sup>3</sup>. Mit 5 Zigaretten werden zusätzlich die MIK-Werte von CO (9 ppm) und Formaldehyd (0,02 ppm) überschritten. Diese Erhebungen zeigen also, dass das Akrolein im Zigarettenrauch einer der wichtigsten Reizstoffe ist, da seine Konzentration in bezug auf seine Toxizität am höchsten ist.

Im Hinblick auf festzulegende Grenzwerte können wir folgendes festhalten: Vom Standpunkt der Belästigung aus sollte die Grenze der Zumutbarkeit auf weniger als 5 Zigaretten/30 m<sup>3</sup>, bzw. die entsprechenden CO-, NO-, NO<sub>2</sub>-, Formaldehyd- und Akrolein-Konzentrationen, gesetzt werden, da sich beinahe die Hälfte der Vpn bei 5 Zigaretten/30 m<sup>3</sup> bereits über eine schlechte Luftqualität beklagen. Vom Standpunkt der Irritationen aus dürfte die Grenze etwas höher liegen, da bei 5 Zigaretten/30 m<sup>3</sup> noch keine «starken» oder «sehr starken» Augenirritationen auftreten. Aus diesen Bemerkungen geht also hervor, dass bei der Festlegung von Grenzwerten 2 verschiedene Kriterien der «Belastbarkeit» berücksichtigt werden können: Die Belästigung, welche in einer ersten Stufe erscheint, und die Irritation, welche in einer zweiten Stufe bei bereits höheren Schadstoffkonzentrationen auftritt.

Unsere Versuche erfolgten an gesunden Versuchspersonen. Es ist bekannt [7], dass gewisse Gruppen mit vorbestehenden Erkrankungen der Atmungsorgane (chronische Bronchitis, asthmoide Bronchitis u. a. m.) auf Rauchluft besonders empfindlich sind. Im Hinblick auf die Festlegung von Grenzwerten wäre es vorteilhaft, wenn unsere Versuche auch an einem solchen Patientenkollektiv ausgeführt werden könnten. Es wäre ferner wünschenswert, ein objektivierbares physiologisches Korrelat zur Irritation und Belästigung zu finden (z. B. Atmungsteste, Lidschlusshäufigkeit).

Mit solchen Versuchen könnte man einen besseren Einblick in die Wirkungsmechanismen des Passivrauchens gewähren.

In dieser Arbeit wurden die Irritationswirkungen auf die Konzentrationen der einzelnen Schadstoffe bezogen. Es ist klar, dass es sich dabei teilweise um Summationswirkungen handeln muss. Diese Annahme drängt sich besonders bei den Reizstoffen NO, NO<sub>2</sub>, CH<sub>2</sub>O und Akrolein auf, da diese 4 Stoffe gleichartige Wirkungen und Angriffspunkte haben. Aus diesem Grunde können aus unseren Versuchen keine Rückschlüsse der Irritationswirkungen eines einzelnen Stoffes gezogen werden.

**Zusammenfassung**

In einer 30 m<sup>3</sup> grossen, nahezu luftdichten Klimakammer wurden die Luftverunreinigung durch den Nebenstromrauch von Zigaretten sowie die daraus resultierenden Irritationen und Belästigungen untersucht. Nach Abrauchen von 9 Zig/30 m<sup>3</sup> werden die MIK-Werte von Akrolein, CO und Formaldehyd überschritten.

Die Augen sind das empfindlichste Organ auf den Zigarettenrauch, gefolgt von der Nase. Die Belästigung bezüglich der Luftqualität und der Wunsch, die Fenster zu öffnen oder den Raum zu verlassen, erweisen sich als weitere sehr empfindliche Kriterien.

Bei 10 Zig/30 m<sup>3</sup> geben 9% der Versuchspersonen eine «starke» oder «sehr starke» Augenirritation an, und 78% wünschen «den Raum zu verlassen». Der wichtigste der gemessenen Reizstoffe scheint das Akrolein zu sein.

**Résumé**

*Pollution de l'air et irritations dues à la fumée de cigarettes*

Nous avons étudié dans une chambre climatique presque hermétique de 30 m<sup>3</sup> la pollution de l'air due à la fumée de cigarettes ainsi que les irritations et la gêne qui en résultent. Lorsque 9 cig/30 m<sup>3</sup> ont été fumées, l'acroléine atteint la valeur MAK; lorsque 5 cig/30 m<sup>3</sup> ont été fumées, les valeurs MIK de l'acroléine, du CO et de la formaldéhyde sont dépassées.

Les yeux sont l'organe le plus sensible à la fumée de cigarettes, suivis par le nez. La gêne en rapport avec la qualité de l'air et le désir d'ouvrir la fenêtre ou de quitter la pièce se révèlent être d'autres critères très sensibles.

Lorsque 10 cig/30 m<sup>3</sup> ont été fumées, 9% des sujets indiquent une «forte» ou «très forte» irritation des yeux, et 78% désirent «quitter la pièce». Le plus important des irritants mesurés semble être l'acroléine.

**Summary**

*Air pollution and irritations due to cigarette smoke*

In a nearly airtight climatic chamber of 30 m<sup>3</sup> we studied the air pollution due to cigarette smoke as well as resulting irritations and annoyance. When 9 cig/30 m<sup>3</sup> have been smoked, acrolein reaches the threshold limit value for industries; when 5 cig/30 m<sup>3</sup> have been smoked, the clean air standards for outdoor air are exceeded by acrolein, carbon monoxide, and formaldehyde.

The eyes are the most sensitive organ to cigarette smoke, followed by the nose. Annoyance about air quality and the wish to open the door or to leave the room proved to be other susceptible criteria.

With 10 cig/30 m<sup>3</sup>, 9% of the subjects show a "strong" or "very strong" eye irritation, while 78% "wish to leave the room". The most important of the measured irritants seems to be acrolein.

**Literaturverzeichnis**

- [1] *Dalhamn T., Edfors M.-L., Rylander R.*: Mouth absorption of various compounds in cigarette smoke. *Arch. environm. Hlth.* 16, 831-835 (1968).
- [2] *Dalhamn T., Edfors M.-L., Rylander R.*: Retention of cigarette smoke components in human lungs. *Arch. environm. Hlth.* 17, 746-748 (1968).
- [3] *Harke H.P.*: Zum Problem des Passivrauchens. *Münchener Medizinische Wochenschrift* 51, 2328-2334 (1970).
- [4] *Harke H.P., Baars A., Frahm B., Peters H., Schultz Ch.*: Zum Problem des Passivrauchens. Abhängigkeit der Konzentration von Rauchinhaltsstoffen in der Luft verschieden grosser Räume von der Zahl der verrauchten Zigaretten und der Zeit. *Int. Arch. Arbeitsmed.* 29, 323-339 (1972).
- [5] *Harke H.P., Peters H.*: Zum Problem des Passivrauchens. III. Über den Einfluss des Rauchens auf die CO-Konzentration im Kraftfahrzeug bei Fahrten im Stadtgebiet. *Int. Arch. Arbeitsmed.* 33, 221-229 (1974).
- [6] MAK-Werte 1973, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund.
- [7] *Müller Th.*: Lufthygienische Untersuchungen in Siedlungsgebieten der Region Zürich. Dissertation ETH Zürich 1969.
- [8] *Russell M. A. H., Feyerabend C.*: Blood and urinary nicotine in non-smokers. *The Lancet*, January 25, 1975.
- [9] *Rylander R.*: Environmental Tobacco Smoke Effects on the Non-Smoker. Report from a workshop. Bermuda 1974. University of Geneva 1974.
- [10] VDI-Richtlinien für Maximale Immissions-Werte, No. 2310, September 1974.

**Adresse der Autorin**

*Dr. Annetta Weber*, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Eidg. Technische Hochschule, Clausiusstrasse 25, CH-8006 Zürich.