

Zur Prüfung der Feuergefährlichkeit von Aerosolen

Autor(en): **Roth, W. / Ferrati, U.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène**

Band (Jahr): **52 (1961)**

Heft 5

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-981767>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zur Prüfung der Feuergefährlichkeit von Aerosolen*

Von *W. Roth* und *U. Ferrati*

(Wissenschaftliche Laboratorien der J. R. Geigy AG, Basel, und der Geigy S.A., Milano)

1. Einleitung und Problemstellung

Von der Verwendung brennbarer Stoffe in Druckpackungen zur automatischen Versprühung, kurz «Aerosole» genannt, kann in vielen Fällen bei der Lösung von Formulierungsproblemen nicht Abstand genommen werden. Es ist Aufgabe der auf dem Aerosolgebiet tätigen Fachkräfte, sich mit den dadurch aufgeworfenen Fragenkomplexen in wissenschaftlicher Hinsicht zu befassen.

Unsere vorliegende Arbeit soll zur Abklärung der Frage beitragen, wie sich die Anwendung von brennbaren Stoffen auf die Feuergefährlichkeit der Aerosole beim praktischen Verbrauch durch den Konsumenten auswirkt und wie auf Grund des festgestellten Verhaltens das Problem einer eventuellen Reglementierung des Einsatzes brennbarer Stoffe in Aerosolen zum Schutze des Konsumenten angefaßt werden kann.

In der Absicht, die Probleme der Feuergefährlichkeit vom Standpunkt des Verbrauchers aus zu betrachten, zogen wir logischerweise solche Prüfmethode in Betracht, die den praktischen Gegebenheiten am ehesten Rechnung tragen können. Es sind dies unseres Erachtens der Flame Projection Test und der Closed Drum Test, wie sie im Aerosol Guide¹ der Aerosol Division der amerikanischen Chemical Specialties Manufacturers Association (CSMA) beschrieben sind.

Unter brennbaren Stoffen sind alle chemischen Verbindungen zu verstehen, die in Gegenwart von Sauerstoff entzündbar sind und die auf dem Aerosolgebiet oft in zwei Kategorien eingeteilt werden, nämlich in

Lösungsmittel, die meist aus bei Normaltemperatur und Normaldruck flüssigen organischen Verbindungen bestehen, und in

Treibgase, bei denen es sich in der Regel um unter Druck verflüssigbare, reine oder halogenierte Kohlenwasserstoffe handelt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit gelangten einige typische Vertreter der in die gegebene Definition fallenden Stoffe zur Prüfung, wobei sie in wechselnden Anteilen in zwei im Sprühbild verschiedenen zweiphasischen Aerosolformulierungen eingebaut wurden: in Trockennebler und in Naßnebler.

Wo nichts anderes vermerkt ist, wurde bei den Versuchen stets ein bekanntes Normalventil eingesetzt und die Dosen vorgängig der Prüfung bei 20° C konditioniert. Die angegebenen Zahlenwerte sind die arithmetischen Mittel aus drei voneinander unabhängig durchgeführten Einzelversuchen.

* Nach einem Vortrag, gehalten durch den erstgenannten Autor anlässlich des 3. Internationalen Aerosolkongresses in Luzern (6. 10. 61).

2. Beschreibung der Testmethoden

Wie bereits eingangs erwähnt, handelt es sich um die im Aerosol Guide der CSMA (Ausgabe Juni 1957, S. 11–13) angeführten Methoden, welche schon seit 1952 zur Testung von Aerosolen angewendet werden und die aus einer Zusammenarbeit mit dem Bureau of Explosives entstanden sind. Die gleichen oder ähnlichen Methoden werden von der amerikanischen ICC (Interstate Commerce Commission) dazu benützt, um den Transport von Aerosolen zu reglementieren², eine Frage, die ebenfalls im Blickpunkt des allgemeinen Interesses steht, die jedoch im Rahmen unserer Problemstellung nicht behandelt werden kann.

Nachstehende Vorschriften sind aus der zitierten amerikanischen Originalliteratur von uns frei und in gekürzter Form übersetzt worden. In diesem Zusammenhang muß der englische Sprachgebrauch berücksichtigt werden, der offenbar unter «combustible» eine harmlosere, unter «flammable» eine gefährlichere Art der Brennbarkeit versteht. Es ist anzunehmen, daß die Beurteilung «combustible» eine noch zulässige Feuergefährlichkeit darstellt, jedoch fehlt eine genaue Definition.

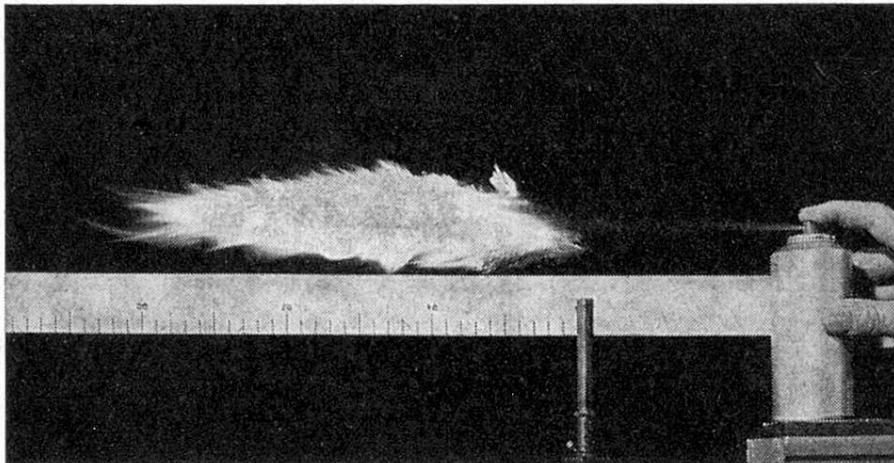


Abbildung 1

a) Flame Projection Test

Der Flame Projection Test gibt die Länge der Flamme an, die entsteht, wenn das Aerosol gegen einen Brenner gesprüht wird. Die Aerosoldose wird dabei in einem Abstand von 15 cm vom Brenner so aufgestellt, daß der austretende Sprühnebel im rechten Winkel auf das obere Drittel der ungefähr 5 cm hohen Brennerflamme auftritt (vgl. Abb. 1). Die hinter dem Brenner entstehende Ausbreitung der Flamme wird gemessen, und die Resultate werden wie folgt interpretiert:

- Aerosole, die bei vollständig geöffnetem Ventil eine Flammenlänge von über 20 cm erzeugen, sind als brennbar (combustible) zu bezeichnen.

- Aerosole, die bei vollständig geöffnetem Ventil eine Flammenlänge von über 45 cm erzeugen, sind als entzündbar (flammable) zu bezeichnen.
- Aerosole, die bei jeder Ventilstellung zurückflammen, sind als entzündlich (flammable) zu bezeichnen.

(Bei richtig verstandener Auslegung des Ausdruckes «combustible» wäre eine 45 cm nicht übersteigende Flammenlänge als zulässig zu werten.)



Abbildung 2

b) Closed Drum Test

Dieser Test zeigt allfällige Risiken an, die sich ergeben könnten, wenn *übermäßige* Mengen eines Aerosols in einen begrenzten Raum gesprüht werden, in welchem eine Flamme brennt.

Das zu prüfende Aerosol wird durch eine kleine Oeffnung in ein ungefähr 200 Liter fassendes, liegendes, geschlossenes Blechfaß eingesprüht, in dem sich eine brennende Kerze befindet. Auf der einen Seite des Fasses ist ein beweglicher Deckel angebracht, der sich leicht öffnen läßt (vgl. Abb. 2).

Falls vor Ablauf einer Minute konstanten Einsprühens eine Explosion oder ein rasches Brennen der Dampf/Luft-Mischung im Faß erfolgt, die eine Bewegung des hängenden Deckels zur Folge hat, so genügt diese Tatsache, um den geprüften Aerosol-Automaten als entzündbar (flammable) zu bezeichnen.

3. Prüfungen mit dem Flame Projection Test

a) Einfluß der chemischen Zusammensetzung auf die Ausbildung der Flammenlänge

Der ersten Versuchsserie wurde als Modell eine Aerosolformulierung zugrunde gelegt, wie sie bei Insektizid-Aerosolen zur Raumbehandlung meist anzutreffen ist:

	Trockennebler
Lösungsmittel	20 0/0
Treibgas	80 0/0

(Dieser Modelltyp wird in der Folge als 20/80 bezeichnet.)

Vorstehend genannter Modelltyp 20/80 wurde wie folgt abgewandelt:

Lösungsmittel

Brennbar: Oktanfraktion, Siedegrenzen 127–130° C, $d = 0,74/20^{\circ}$ C

Unbrennbar: Methylenchlorid

Treibgase

Brennbar: Butan, geruchlos

Unbrennbar: Trichlorfluormethan, Dichlordifluormethan

Die Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung der durch diese Abwandlung erhaltenen Versuchsaerosole und die damit im Flame Projection Test ermittelten Resultate:

Tabelle 1

Formel Nr.	Zusammensetzung (Gew.0/0)				Flammenlänge (cm)
	Oktan	Methylenchlorid	Trichlorfluormethan/Dichlordifluormethan 1:1	Butan	
1	20	—	80	—	35
2	20	—	—	80	60
3	20	—	55	25	37,5
4	20	—	30	50	50
5	—	20	80	—	0
6	—	20	—	80	55
7	—	20	55	25	35
8	—	20	30	50	50
9	10	10	80	—	22
10	10	10	—	80	47,5
11	10	10	55	25	35
12	10	10	30	50	45

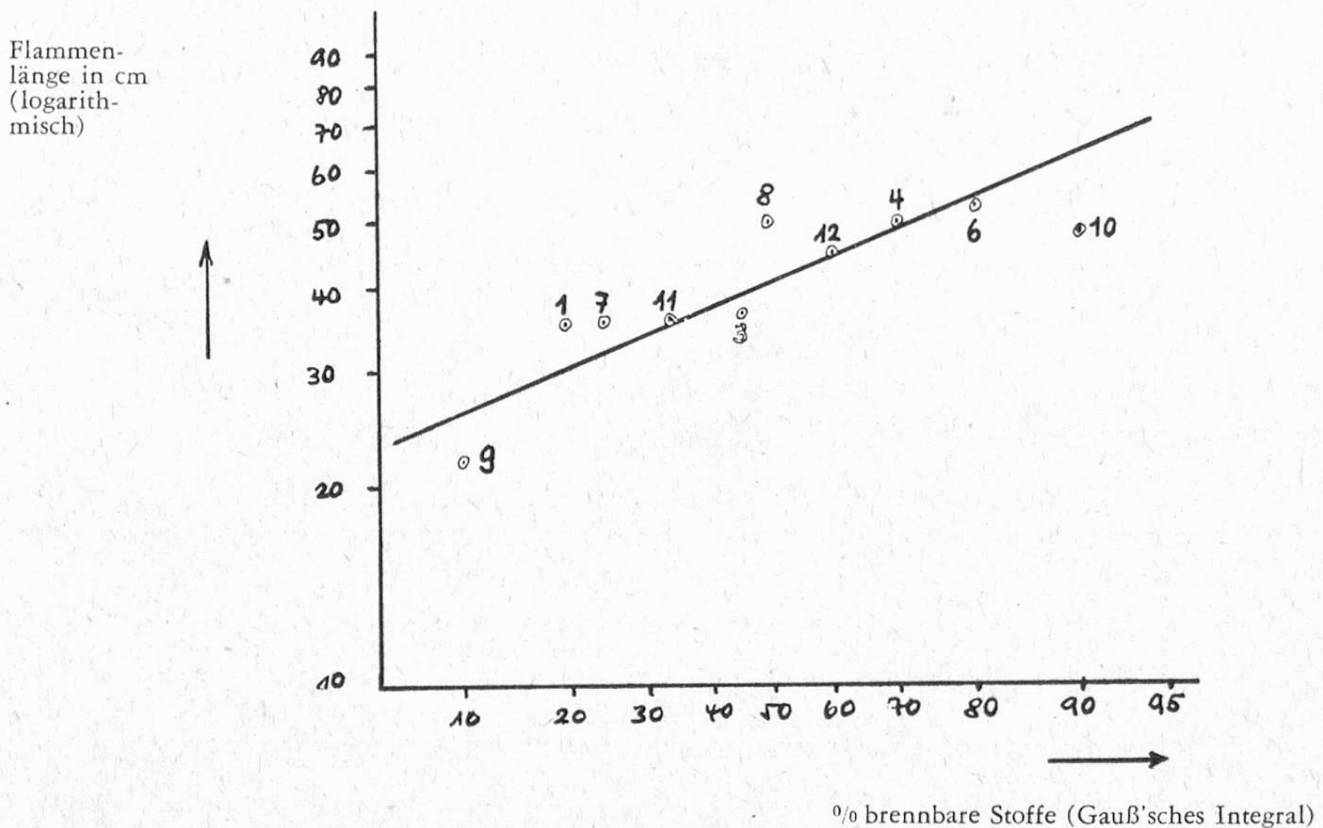
Aus der Tabelle 1 kann entnommen werden, daß nur das ausschließlich mit unbrennbaren Stoffen laborierte Aerosol (Formel 5) im Flame Projection Test ein negatives Resultat ergibt, währenddem das nur mit brennbaren Komponenten versehene Aerosol (Formel 2) die größte Flammenausbreitung bewirkt.

Werden die in Tabelle 1 angeführten Resultate auf das Wahrscheinlichkeitsnetz eingetragen, so ergibt sich das in der Graphik 1 ersichtliche Bild.

Graphik 1

Abhängigkeit der Flammenlänge vom prozentualen Anteil an brennbaren Stoffen

(Die Zahl bei den Punkten bedeutet die Formelnummer, siehe Tabelle 1)



Die Auswertung auf dem Wahrscheinlichkeitsnetz zeigt eindeutig, daß die Flammenlänge vom prozentualen Anteil an brennbarem Material abhängig ist, und zwar spielt es in der Modellformel 20/80 keine Rolle, ob der brennbare Stoff in Form von Lösungsmittel oder Treibgas vorliegt.

In einer zweiten Versuchsreihe gelangte als Modell eine Aerosolformulierung vom Typ eines Insektizides zur Flächenbehandlung zur Anwendung:

	Naßnebler
Lösungsmittel	60 %
Treibgas	40 %

(Dieser Modelltyp wird in der Folge als 60/40 bezeichnet.)

Die Abwandlung des Modelltyps 60/40 wurde wie folgt vorgenommen:

Lösungsmittel Brennbar: Oktanfraktion
 Unbrennbar: Methylenchlorid
Treibgas Unbrennbar: Dichlordifluormethan

Bei der Prüfung im Flame Projection Test ergaben die nachstehend angeführten Formulierungen folgende Resultate:

Tabelle 2

Formel Nr.	Zusammensetzung (Gew.%)			Flammenlänge (cm)
	Methylenchlorid	Oktan	Dichlordifluormethan	
13	60	—	40	0
14	30	30	40	45
15	—	60	40	50 (R)

R = Rückschlag auf das Ventil

Ein Vergleich dieser Resultate mit denjenigen, die aus dem Modell 20/80 erhalten wurden, gibt die folgende Tabelle:

Tabelle 3

Formel Nr.	Modelltyp	Gesamtgehalt an brennbaren Stoffen (Gew.%)	Zusammensetzung (Gew.%)					Flammenlänge (cm)
			Oktan	CH ₂ Cl ₂	CCl ₃ F CF ₂ Cl ₂ 1:1	CF ₂ Cl ₂	Butan	
11	20/80	35	10	10	55	—	25	35
14	60/40	30	30	30	—	40	—	45
12	20/80	60	10	10	30	—	50	45
15	60/40	60	60	—	—	40	—	50 R

Aus dieser Tabelle geht deutlich hervor, daß der Modelltyp 60/40 bei gleichem Gesamtgehalt an brennbaren Stoffen im Flame Projection Test gegenüber dem Modelltyp 20/80 als feuergefährlicher beurteilt werden muß. Brennbare Lösungsmittel in Naßnebel erzeugenden Aerosolpackungen vermögen demzufolge unter Umständen die Flammenausbreitung im Flame Projection Test in positivem Sinne stärker zu beeinflussen als praktisch gleich hohe Anteile brennbarer Treibgase in Trockennebel erzeugenden Druckpackungen.

Es darf auf Grund der erhaltenen Resultate ohne weiteres gefolgert werden, daß im Flame Projection Test jeder Anteil an brennbaren Stoffen erfaßt wird, gleichgültig ob Lösungsmittel oder Treibgas, und daß die beiden genannten Arten brennbarer Stoffe zur Feuergefährlichkeit eines Aerosols im praktischen Gebrauch in gleicher Weise beitragen.

b) Einfluß von physikalischen Faktoren auf die Beurteilung der Feuergefährlichkeit im Flame Projection Test

Nachdem die bisherigen Versuche gezeigt haben, daß die chemische Zusammensetzung eines Aerosols für die Flammenausbreitung maßgebend sein kann, wurde auch die Abhängigkeit des Flame Projection Tests von den physikalischen Faktoren eines Aerosols studiert, wobei vor allem die Spraycharakteristik in Betracht gezogen wurde; diese kann einerseits durch die Wahl der Formulierung und andererseits durch die Wahl des Ventils abgewandelt werden. Als Modell-Aerosole wurden zur Durchführung der Versuche folgende Formulierungen gewählt:

	Trockennebler (Formel 4)	Naßnebler (Formel 16)
Oktan	20 %	40 %
Butan	50 %	20 %
CFCl ₃	15 %	20 %
CF ₂ Cl ₂	15 %	20 %

Zum Einsatz kam ein Ventil, das einerseits mit einem Normalsprühkopf, andererseits mit einem Wirbelsprühkopf ausgerüstet werden konnte. Die nachstehende Tabelle 4 zeigt die erhaltenen Resultate:

Tabelle 4

Aerosoltyp	Druck (atü/20° C)	Sprühkopf- typ	Sprühleistung g/sec (20° C)	Flammenlänge (cm)
Trockennebler (Formel 4)	1,5	normal	0,8	40
		Wirbel	0,6	35
Naßnebler (Formel 16)	1,25	normal	0,8	40
		Wirbel	0,6	25 R

Der Tabelle können folgende Tatsachen entnommen werden:

- Bei Trockennebel-Aerosolen wirkt sich der Einsatz eines Wirbelsprühkopfes eher depressiv auf die Flammenausbreitung aus, was vermutlich u.a. auf die vom Sprühkopf hervorgerufene Verminderung der Teilchengeschwindigkeit und der Reichweite des Sprühnebels zurückzuführen ist. Die Einwirbelung von Luft in den Sprühstrahl begünstigt dazu noch eine Verarmung des brennbaren

Gemisches auf dem Weg Düse/Flamme. Der Einsatz von Wirbelsprühköpfen bei Trockennebler-Aerosolen ist natürlich hier nur von akademischem Wert, denn es handelt sich um Formulierungen, bei denen die Feinstverteilung zur Hauptsache aus dem hohen Gehalt an Treibgasen resultiert.

- Bei Naßnebel-Aerosolen kann sich der Einsatz von Wirbelsprühköpfen auf die Flammenausbreitung sehr ungünstig auswirken, wie das durchgeprüfte Beispiel zeigt. Der Wirbelsprühkopf vermindert hier die Teilchengeschwindigkeit so, daß die Flamme auf das Ventil zurückschlägt, was u.E. einen der höchsten Grade der Feuergefährlichkeit beim praktischen Gebrauch von Aerosolen darstellt.

Aus dem Dargelegten erhellt sofort die Abhängigkeit des Flame Projection Tests von den physikalischen Faktoren eines Aerosols, insbesondere von der Spraycharakteristik, die bedingt wird durch die Zusammensetzung des Aerosolinhaltes und die Eigenschaften des Ventils.

Darüber hinaus vermögen auch diese Versuche wiederum eindeutig zu bestätigen, daß die Flammenlänge im Flame Projection Test durch jede Art brennbarer Stoffe positiv beeinflusst wird und daß brennbare Lösungsmittel stärker zur Feuergefährlichkeit beitragen können als verflüssigte brennbare Treibgase.

Erachtet man den Rückschlag der Flamme auf den Ventilkopf als einen der höchsten Grade der Feuergefährlichkeit eines Aerosols im praktischen Gebrauch, so läßt sich aus dieser Ueberlegung heraus eine Möglichkeit zur Modifikation des Flame Projection Tests im Sinne einer praxisnaheren Durchführung ableiten. Vorschlagsweise könnte die Feuergefährlichkeit durch die Distanz Brennerflamme/Sprühkopf ausgedrückt werden, bei welcher noch ein Rückschlag auf den Sprühkopf stattfindet. Versuche in dieser Richtung sind durch uns nicht ausgeführt worden.

4. Prüfungen mit dem Closed Drum Test

Im Closed Drum Test gelangten die in den Tabellen 1 und 2 bereits für den Flame Projection Test vorbereiteten Aerosole zur Prüfung.

Eine erste Versuchsserie umfaßte die in Tabelle 1 zusammengestellten Aerosolformulierungen vom Typ der Trockennebler, wobei Butan zusätzlich noch allein als Vergleich verwendet wurde. Die Resultate des Closed Drum Tests sind in der nachstehenden Tabelle 5 zusammengestellt, und zwar erfolgen die Angaben sowohl in g Aerosol/m³ wie in g brennbare Stoffe/m³ (berechnet aus der erstgenannten Konzentration), welche im Zeitpunkt der Explosion vorhanden waren.

Tabelle 5

Formel Nr.	Zusammensetzung (Gew.%)				Explosion		
	Oktan	CH ₂ Cl ₂	CFCl ₃ / CF ₂ Cl ₂ (1:1)	Butan	Zeit (sec.)	Aerosol (g/m ³)	Brenn- bare Stoffe (g/m ³)
1	20	—	80	—	30	382	76,4
2	20	—	—	80	8	49,3	49,3
3	20	—	55	25	16	96,2	43,3
4	20	—	30	50	9	68,7	48,1
5	—	20	80	—	—	keine Ex.	—
6	—	20	—	80	10	56,7	45,3
7	—	20	55	25	30	162	40,5
8	—	20	30	50	16	88	44
9	10	10	80	—	—	keine Ex.	—
10	10	10	—	80	8	48,7	43,8
11	10	10	55	25	20	164	57,4
12	10	10	30	50	11	70,5	42,3
Kontrolle				100	10	45,2	45,2

Aus der vorstehenden Tabelle geht am Beispiel des Butans hervor, daß der Closed Drum Test in Wirklichkeit die Bestimmung der untern Explosionsgrenze darstellt. In der Literatur³ findet sich der Wert für Butan zu 46,7 g/m³; wir fanden im Drum Test 45,2 g/m³.

Den Anforderungen des Closed Drum Tests, wonach sich nach einer Einsprühdauer von 1 Minute keine positive Reaktion zeigen sollte, entsprechen nur die Formel 5, die ausschließlich aus halogenierten Stoffen besteht, und die Formel 9, die nur 10 % brennbare Anteile besitzt.

Unsere Auswertungsweise gibt darüber hinaus ein sehr interessantes Resultat, indem es sich nämlich zeigt, daß die Explosion dann erfolgt, wenn der brennbare Anteil der Aerosole in der Regel einen Wert zwischen 40 und 70 g/m³ erreicht. Diese Werte entsprechen ungefähr den untern Explosionsgrenzen, wie sie für bei Normaltemperatur und Normaldruck flüssige Kohlenwasserstoffe bekannt sind; sie liegen in der gleichen Größenordnung wie jene der unter Druck verflüssigbaren Kohlenwasserstoffe, wie am Beispiel des Butans gezeigt wird. Interessanterweise gelangt man im Closed Drum Test zum gleichen Ergebnis wie im Flame Projection Test: zum positiven Drum Test steuern brennbare Lösungsmittel und brennbare Treibgase gleichermaßen bei.

Die Prüfung der Naßnebler, wie sie in Tabelle 2 angegeben sind, ergibt folgendes Resultat:

Tabelle 6

Formel Nr.	Zusammensetzung (Gew.%)			Explosion		
	Oktan	CH ₂ Cl ₂	CF ₂ Cl ₂	Zeit (sec.)	Aerosol (g/m ³)	Brennbare Stoffe (g/m ³)
13	—	60	40	—	keine Ex.	—
14	30	30	40	35	238	71,4
15	60	—	40	17	105	63,0

Bei den typischen Naßnebel-Aerosolen liegen die Verhältnisse ganz ähnlich wie bei den Trockenneblern. Auch hier führt die ausschließliche Anwendung von halogenierten Komponenten zu keinem positiven Testresultat, hingegen entspricht keines der Aerosole, das brennbare Lösungsmittel enthält, den Anforderungen des Drum Testes. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß hier allein schon die ausschließliche Verwendung eines brennbaren Lösungsmittels zu einem positiven Testresultat führt. Man darf daraus schließen, daß entweder relativ fein versprühte Lösungsmittel rasch in Dampfform übergehen oder dann in feindispersierter Form ähnlich reagieren, wie wenn sie in Dampfform vorhanden wären (Verbrennungsmotor).

Der Vollständigkeit halber möchten wir noch bemerken, daß der Ersatz des relativ niedrigsiedenden Oktans durch ein hochsiedendes Petrol mit den Siedegrenzen 200–260° C bei beiden im Closed Drum Test geprüften Aerosoltypen zu keinen signifikanten Resultatsveränderungen geführt hat.

Den in den Tabellen 5 und 6 stehenden Resultaten kann noch entnommen werden, daß den in den Formeln zum Einsatz gelangten unbrennbaren Stoffen offenbar nur eine limitierte explosionsinhibierende Wirkung zukommt, welche Tatsache durch eine kürzlich erschienene Publikation ⁴ bestätigt wird.

Wie die CSMA hervorhebt, imitiert der Closed Drum Test eine Situation, die hervorgerufen wird, wenn *übermäßige* Mengen eines Aerosols in einen begrenzten Raum gesprüht werden. Am Beispiel eines Insektizid-Aerosols zur Raumbehandlung können über das Ausmaß der Ueberdosierung im Closed Drum Test folgende Ueberlegungen angestellt werden:

– *Dosierung in der Praxis*

10 Sekunden Sprühdauer für einen Raum von 50 m³ Inhalt, entsprechend einer Aerosolkonzentration von 0,2 g/m³.

– *Anforderung des Closed Drum Tests*

60 Sekunden Sprühdauer für einen Raum von 200 Liter Inhalt, entsprechend einer Aerosolkonzentration von 300 g/m^3 bei einer angenommenen Sprühleistung des Ventils von 1 g/sec .

– *Uebersdosierung im Closed Drum Test gegenüber der praktischen Dosierung*

Die Berechnung anhand der vorstehend genannten Aerosolkonzentrationen ergibt eine 1500fache Uebersdosierung.

Die Anforderungen des Closed Drum Tests entsprechen am Beispiel des Insektizid-Aerosols zur Raumbehandlung in keiner Weise den praktischen Gegebenheiten. Wir erachten einen Sicherheitsfaktor von 200 als für eine Limitierung der Zulassung eines Aerosols zum gefahrlosen praktischen Gebrauch entsprechend den in der Technik üblichen Usanzen als durchaus genügend. In diesem vorgeschlagenen Fall dürfte ein Aerosol bei einer Dosierung von 40 g/m^3 keine Explosion hervorrufen, was heißen will, daß im Closed Drum Test bei einer Ventilleistung von 1 g/sec nach einer Sprühdauer von 8 Sekunden keine Reaktion erfolgen sollte.

5. Diskussion

Die Prüfung verschiedenartiger, mit brennbaren Stoffen versehener Aerosolformulierungen in den Tests der CSMA hat zusammenfassend folgende Ergebnisse gezeitigt:

– *Der Flame Projection Test,*

d.h. die Ausbildung der Flammenlänge, ist abhängig von der Konzentration der im Aerosol vorhandenen Anteile an brennbaren Stoffen, und zwar im Prinzip gleichgültig, ob es sich bei den brennbaren Stoffen um bei Normaldruck und Normaltemperatur flüssige oder um unter Druck verflüssigbare Kohlenwasserstoffe handelt. Neben der genannten Abhängigkeit der Brennbarkeit eines Aerosols von der chemischen Zusammensetzung kann die Flammenlänge auch von physikalischen Eigenschaften des Sprühnebels beeinflusst werden; diese wiederum sind von der Zusammensetzung des Aerosols und vom verwendeten Ventiltypus abhängig.

– *Der Closed Drum Test*

ergibt bei Aerosolen mit brennbaren Stoffen dann ein positives Resultat, d.h. eine Explosion, wenn die Konzentration des brennbaren Stoffes den Bereich der untern Explosionsgrenze erreicht hat. Wie im Flame Projection Test ist es auch hier gleichgültig, ob der brennbare Stoff bei Normalverhältnissen flüssig oder unter Druck verflüssigbar ist.

Aus diesen Erkenntnissen geht eindeutig hervor, daß zur Beurteilung der Brennbarkeit und Feuergefährlichkeit von Aerosolen nicht nur jeder brennbare

Stoff zu berücksichtigen ist, sondern auch die physikalischen Eigenschaften des Sprühnebels aus mit brennbaren Stoffen formulierten Aerosolpackungen. Diese Tatsachen lassen die Schwierigkeiten erkennen, die einer Reglementierung des Gebrauches brennbarer Verbindungen in Aerosolen entgegenstehen. Auf jeden Fall wäre es hier ratsam, die Feuergefährlichkeit des fertigen Aerosols anhand von Testmethoden, die den praktischen Anforderungen Rechnung tragen, zu kontrollieren und bei der Beurteilung nicht auf einzelne brennbare Komponenten der Aerosolformulierung abzustellen. Ein unserem Vorschlag entsprechendes Vorgehen würde einerseits dem Hersteller von Aerosolprodukten die aus technischen und wirtschaftlichen Gründen notwendige Freiheit des verantwortungsbewußten Formulierens gewährleisten und andererseits den Behörden die Mittel in die Hand geben, die Ausbietung allzu feuergefährlicher Produkte wirksam zu verhindern.

Es besteht kein Zweifel, daß die Vorschriften der CSMA grundsätzlich den in der Praxis auftretenden Gefahrenmomenten bei der Anwendung feuergefährlicher Aerosole Rechnung tragen, jedoch bedürfen sie einer weiteren Bearbeitung, die zum Ziele hat, praxisingerechte Toleranzen zur Zulassung zu finden. Bekanntlich begnügt sich die CSMA nur mit einer Beurteilung des Brennbarkeitsgrades, bei der offenbar unter «combustible» eine harmlosere und unter «flammable» eine gefährlichere Form der Brennbarkeit verstanden wird, und sie limitiert mit dieser Einstufung in keiner Weise die praktische Zulässigkeit eines mit ihren Testen klassierten Aerosols.

Zusammenfassung

Anhand der Prüfung von verschiedenen mit brennbaren Stoffen formulierten Aerosolen im Flame Projection Test und im Closed Drum Test konnte nachgewiesen werden, daß die Feuergefährlichkeit von Aerosolen sowohl von der chemischen Zusammensetzung wie von den physikalischen Eigenschaften abhängt: einerseits wird die Feuergefährlichkeit von jeglicher Art brennbarer Stoffe positiv beeinflußt, und andererseits spielt die Sprühnebelcharakteristik bei der Flammenausbreitung eine wichtige Rolle. Unter diesen Umständen scheint eine Reglementierung des Gebrauches brennbarer Verbindungen in Aerosolen, die ausschließlich auf einzelne Vertreter brennbarer Stoffe ausgerichtet ist, kaum durchführbar. Es wird vorgeschlagen, eine Limitierung durch geeignete Testmethoden anzustreben, wobei die Toleranzen noch festzulegen sind.

Résumé

Les résultats suivants ont été obtenus avec des formulations aérosol à deux phases comprenant des proportions variables de matières combustibles, selon le test de projection (Flame Projection Test) et le test en vase clos (Closed Drum Test) de la CSMA (Chemical Specialties Manufacturers Association).

– *Test de projection* (Flame Projection Test)

Dans ce test, la longueur de la flamme dépend de la concentration en matières combustibles contenues dans l'aérosol. Il est indifférent qu'il s'agisse de matières combustibles liquides à pression et à température normales ou hydrocarbures liquéfiables

sous pression. La combustibilité d'un aérosol dépend non seulement de sa composition chimique, mais aussi de ses propriétés physiques lors de sa projection, lesquelles peuvent influencer sur la longueur de la flamme. Les propriétés physiques sont elles-mêmes conditionées par la composition du mélange de la bombe et par le type de valve.

– *Test en vase clos* (Closed Drum Test)

Ce test donne un résultat positif, c'est-à-dire une explosion, lorsque la matière combustible de l'aérosol atteint le seuil explosif. Comme pour le test de projection, peu importe que la matière combustible soit liquide à pression et température normales ou liquéfiable sous pression.

Ces faits montrent clairement que, pour estimer la combustibilité et l'inflammabilité que constituent les aérosols, il ne suffit pas de considérer chacun des constituants combustibles du mélange, mais qu'il faut encore tenir compte des propriétés physiques de l'aérosol au moment de sa projection hors de la bombe.

Nous proposons par conséquent l'institution d'un contrôle de l'inflammabilité des formulations aérosol par des tests tenant compte des conditions de la pratique, contrôle qui se limiterait pas à l'examen des seuls composants combustibles. Avec un tel contrôle, le fabricant de produits aérosol, conscient de ses responsabilités, aurait la liberté de manœuvre nécessaire pour résoudre ses problèmes techniques et économiques, et les autorités auraient en mains un moyen d'empêcher la vente de produits aérosol trop dangereux.

Literatur

- 1 *CSMA (Chemical Specialties Manufacturers Association):* Aerosol Guide, Ausgabe Juni 1957, Seiten 11–13; Aerosol Division Chemical Specialties Manufacturers Association, Inc., 50 East 41st Street, New York 17, N.Y.
- 2 *ICC (Interstate Commerce Commission):* H. A. Campbell's Tariff No. 10 (19. Juni 1957), Bureau of Explosives, 63 Vesey Street, New York 7, zitiert in Herzka A.: Aerosol Regulations and their anomalies; *Aerosol Age*, **5**, 30 (1960), und in Shepherd H. R.: *Aerosol Sciences and Technology*, S. 531; Interscience Publishers, Inc., New York (1961).
- 3 *SUUA (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt):* Eigenschaften der gebräuchlichsten Lösungsmittel, Betriebsstoffe und Gase, nach Angaben der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, Zürich; Form. Nr. 1469, Luzern 1958.
- 4 *Meuresch H.:* Entzündungspunkt, Explosionsgrenzen und Explosionsverhinderung; *Chemiker-Zeitung. Chemische Apparatur*, **85**, 735–740 (1961).