

## **Tierexperimentelle Untersuchungen zum Nachweis einer Anwendung der „chemischen Keule“\***

G. Döring, M. Zorec-Karlovssek und S. Berg

Institut für Rechtsmedizin der Universität Göttingen, Windausweg 2, D-3400 Göttingen,  
Bundesrepublik Deutschland

### **Animal Experiments on the Detection of an Exposure to “Chemical Mace”**

**Summary.** To answer the question whether a negative result of gas chromatographic blood analysis for components of chemical mace proves that no or at most only slight tear gas exposure can have occurred, animal experiments were carried out. In the blood of 10 guinea pigs, which were exposed to the contents of chemical mace for 1—6 h, the solvents 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane (freon 113) and 1,1,1-trichloroethane could easily be detected—even 23 h after the end of exposure or after a storage of the blood samples for 18 weeks—whereas the lacrimator chloracetophenone (CN) could not be found at all. In vitro experiments showed that CN relatively quickly reacts with components of blood. Therefore, blood samples should be analyzed for CN after withdrawal as soon as possible. In case of inhalation of the contents of chemical mace, i.e., after the comparatively mildest form of CN application, most probably no traces of the lacrimator at all can pass into the blood due to the quick reaction of CN with proteins of the respiratory surface of the lung.

**Key words:** Tear gas, detection – Chemical mace – Chloracetophenone – 1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane – 1,1,1-Trichloroethane

**Zusammenfassung.** Zur Klärung der Frage, ob ein negativer Befund der gaschromatographischen Blutuntersuchung auf Bestandteile der „chemischen Keule“ beweist, daß keine oder allenfalls nur leichte Tränengasexposition vorgelegen hat, wurden Tierversuche durchgeführt. Im Blut von 10 Meerschweinchen, die den Komponenten der chemischen Keule 1—6 Std ausgesetzt worden waren, konnten die Trägergase 1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluoräthan (Frigen 113) und 1,1,1-Trichloräthan — auch noch 23 Std nach Expositionsende sowie nach 18wöchiger Lagerung der Blutproben — deutlich, der Wirkstoff Chloracetophenon (CN) dagegen überhaupt nicht nachgewiesen werden. In vitro-Versuche zeigten, daß das sehr reaktionsfähige CN

\* Auszugsweise vorgetragen auf der 57. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin; Düsseldorf, 14.—17. Sept. 1978

relativ rasch mit Blutbestandteilen reagiert. Blutuntersuchungen auf CN müssen daher möglichst sofort nach der Entnahme durchgeführt werden. Bei Einatmung von Bestandteilen der chemischen Keule, d. h. bei der vergleichsweise leichtesten Einwirkungsart des Chloracetophenon, dürfte der Wirkstoff infolge schneller Reaktion mit Proteinen der respiratorischen Oberfläche der Lungen gar nicht erst in das Blut gelangen.

**Schlüsselwörter:** Tränengas, Nachweis – chemische Keule – Chloracetophenon – 1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluoräthan – 1,1,1-Trichloräthan

Bei der forensisch-toxikologischen Gutachtertätigkeit sind in letzter Zeit zunehmend Fragen zu beurteilen, die sich aus dem Einsatz der chemischen Keule ergeben. Während zu den klinischen und pathologischen Aspekten der Tränengasanwendung im allgemeinen bereits eine ziemlich umfangreiche Literatur vorliegt — einen Überblick geben z. B. Petry und Schrempf —, sind die chemisch-analytischen Angaben nur sehr spärlich. Die Bestandteile der chemischen Keule (chemical mace oder CM) sind in Tabelle 1 aufgeführt. Der Wirkstoff Chloracetophenon (CN) ist in dem Sprühgemisch zu rund 1,2% enthalten. Als Trägergas und Lösungsmittel dient 1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluoräthan (Handelsname Frigen 113; im folgenden abgekürzt als F<sub>113</sub> bezeichnet), dem kleine Mengen Trichloräthan und kerosinähnliche Kohlenwasserstoffe zugesetzt sind.

Der Nachweis des CN in Substanz (Sreenivasan und Boese), in flüssigen Tränengaspräparaten oder in Aerosolen (z. B. Sass et al., Jane and Wheals, Zerba und Ruveda) wird von verschiedenen Autoren beschrieben. Stahl et al. berichten von einem CN-Nachweis im Blut, in der Haut und im Herzgewebe eines Hundes nach einer penetrierenden Schußverletzung des Brustkorbs durch ein kleines Tränengasgeschöß. Über CN-Nachweise im Blut *nach Inhalation* von Tränengas aus der *chemischen Keule* konnten wir in der uns zugänglichen Literatur keine Angaben finden.

Wir untersuchten Blutproben in sieben Fällen fraglicher CM-Exposition, über die noch an anderer Stelle berichtet wird (Berg et al.), in Anlehnung an Sass et al. mit der besonders empfindlichen Gaschromatographie mit Elektroneneinfangdetektor (ECD). In keinem dieser Fälle (ein unklarer Todesfall, 5 Fälle behaupteter Unzurechnungsfähigkeit und eine fragliche Gesichtsverletzung) war CN nachweisbar, und nur in einer einzigen Probe wurden Trägergasspuren gefunden. Es ergab sich damit die Frage, ob aus den negativen Befunden auf fehlende oder allenfalls geringfügige CM-Exposition geschlossen werden konnte. Zur Orientierung hierüber ließen wir Inhalt aus der chemischen Keule unter verschiedenen

**Tabelle 1.** Zusammensetzung der Tränengaslösung aus der „chemischen Keule“ (CM) (nach Rose)

|  |      |        |
|--|------|--------|
| Chloracetophenon (CN)                                  |      | 1,2%   |
| 1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluoräthan (F <sub>113</sub> ) |      | 70—80% |
| 1,1,1-Trichloräthan                                    | etwa | 5%     |
| Kerosinähnliches Kohlenwasserstoffgemisch              | etwa | 4%     |

Bedingungen auf 10 Meerschweinchen einwirken und bestimmten die Konzentrationen der CM-Bestandteile  $F_{113}$ , Trichloräthan und CN im Blut zum Teil sofort, zum Teil nach 18wöchiger Lagerung. Ferner führten wir Modellversuche zum Einfluß der Lagerung auf die CN-Konzentrationen im Blut durch.

## Experimente

Die Meerschweinchen (Gewichte zwischen 570—785 g) wurden teils in einem kleinen (201), teils in einem großen Gefäß (851) Sprühstößen (Dauer 1—2s) der chemischen Keule ausgesetzt. In einigen Versuchen wurde die gesamte CM-Dosis gleich zu Versuchsbeginn gegeben; meist wurde im Laufe des Versuchs in regelmäßigen Abständen nachgesprüht. Die meisten Tiere blieben während des gesamten Versuchs in der CM-haltigen Atmosphäre; viermal wurde die Exposition nach 1 Std abgebrochen, um die Auswirkungen der Abatmung zu überprüfen. Die auf die einzelnen Tiere einwirkende CM-Menge sowie die Versuchs- und Expositions-dauer ergeben sich aus der Tabelle 2. Bei Versuchsende wurden die Meerschweinchen durch Nackenschlag getötet. Um eine Verunreinigung der Blutproben durch im Fell haftendes Tränengas zu vermeiden, wurde vor der Blutentnahme das Fell im Brustbereich abrasiert. Dann wurde der Brustkorb eröffnet und das Blut mit einer Spritze aus dem uneröffneten Herzen entnommen. Das Blut wurde sofort zentrifugiert und 0,2 ml Serum mit 0,5 ml Benzol extrahiert. Die Benzolphase wurde mit Natriumsulfat getrocknet. Der Zeitbedarf vom Tod der Tiere bis zum Vorliegen des injektionsfertigen Benzol-extraktes betrug etwa eine Stunde. Für ein Chromatogramm wurde jeweils 1 µl Extrakt injiziert.

Die gaschromatographischen Bestimmungen wurden an einem Gaschromatographen, Modell 5750 der Firma Hewlett-Packard, mit einer 20% PEG-Säule 400 S auf Anachrome ABS (80/100 mesh) und einem Elektroneneinfangdetektor ( $Ni^{63}$ ) durchgeführt. Wegen der großen Unterschiede in der Flüchtigkeit wurden die Trägergase der CM und das CN gesondert bei 30° bzw. 135° Säulentemperatur isotherm chromatographiert. Als Trägergas wurde Stickstoff (30 ml/min) benutzt; für den Detektor wurde ein Argon-Methan-Gemisch (95:5) verwendet. Die Nachweisempfindlichkeit betrug beim CN etwa 10 µg/l Serum, beim  $F_{113}$  etwa 30 µg/l Serum und beim 1,1,1-Trichloräthan etwa 5 µg/l Serum. Bei den quantitativen CN-Bestimmungen wurde Aldrin als innerer Standard verwendet. Je nach Konzentrationsbereich lag der Analysenfehler zwischen 3—5%. Bei den Trägergasbestimmungen wurde auf einen inneren Standard verzichtet. Bei 3facher Einspritzung lag der Analysenfehler selbst im ungünstigen unteren Konzentrationsbereich unter 10%. Die Konzentration der unbekannt Substanz (s. u.) wurde mit Hilfe der CN-Eichkurve abgeschätzt. Für die Modellversuche über den Einfluß der Lagerungszeit auf die CN-Konzentration wurde frisches Rinderserum verwendet.

Den Meerschweinchen wurden nach der Blutentnahme ferner die Lungen entnommen und in Formalin bzw. Bleiacetat fixiert. Die Gewebsschnitte wurden mit Haematoxylin-Eosin bzw. Toluidinblau gefärbt.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Meerschweinchenversuche sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Obwohl die histologischen Befunde eine starke Reizwirkung an Atemwegen und Parenchym erkennen ließen (s. u.), konnte im Blut CN in keinem Fall gefunden werden. Dagegen waren  $F_{113}$  und Trichloräthan nach allen Versuchen leicht nachzuweisen. Außerdem fand sich in sämtlichen Chromatogrammen ein zusätzlicher Peak mit niedrigerer Retentionszeit als CN, der weder in den Vergleichschromatogrammen der Tränengasflüssigkeit aus der chemischen Keule noch in denen von Serumproben nichtexponierter Meerschweinchen auftrat.

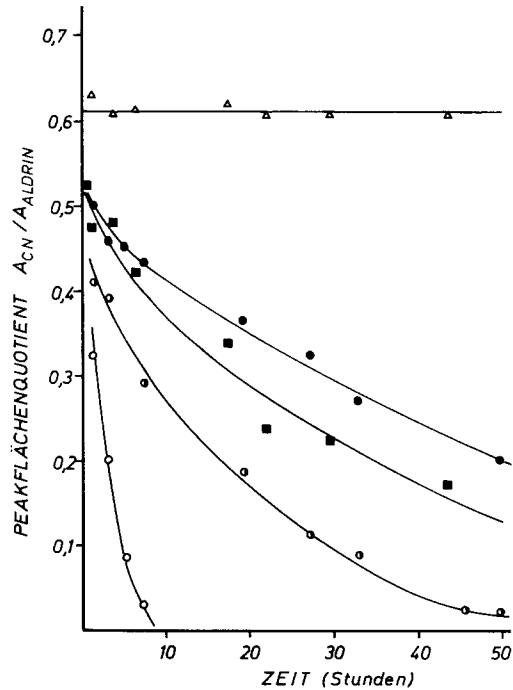
Tabelle 2. Konzentration der Bestandteile der chemischen Keule im Meerschweinenserum nach verschiedener CM-Dosis und unterschiedlicher Versuchs- und Expositionsdauer

| Tier | Zahl der Sprühstöße | Gefäßvolumen (l) | Versuchsdauer (Std) | Expositionsdauer (Std) | Zeitpunkt der Untersuchung | Konzentrationen im Serum (mg/l) |                  |               |                     |
|------|---------------------|------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------|---------------|---------------------|
|      |                     |                  |                     |                        |                            | CN                              | F <sub>113</sub> | Trichloräthan | unbekannte Substanz |
| M1   | 5 <sup>a</sup>      | 20               | 6                   | 1                      | Sofort                     | —                               | 0,60             | 0,34          | ca. 0,2             |
| M2   | 5 <sup>a</sup>      | 20               | 6                   | 6                      | Sofort                     | —                               | 13,0             | 8,00          | ca. 0,3             |
| M3   | 10 <sup>b</sup>     | 85               | 6                   | 6                      | Sofort                     | —                               | 3,50             | 2,90          | ca. 0,1             |
| M4   | 15 <sup>a</sup>     | 85               | 1                   | 1                      | Sofort                     | —                               | 4,10             | 2,85          | ca. 0,3             |
| M5   | 15 <sup>a</sup>     | 85               | 6                   | 1                      | Sofort                     | —                               | 0,50             | 0,14          | ca. 0,2             |
| M6   | 15 <sup>a</sup>     | 85               | 12                  | 1                      | Sofort                     | —                               | 0,25             | 0,04          | ca. 0,1             |
| M7   | 15 <sup>a</sup>     | 85               | 24                  | 1                      | Sofort                     | —                               | 0,13             | 0,03          | ca. 0,1             |
| M8   | 5 <sup>a</sup>      | 20               | 6                   | 6                      | Nach 18 Wochen             | —                               | 4,40             | 0,80          | ca. 0,3             |
| M9   | 7 <sup>b</sup>      | 20               | 2 $\frac{3}{4}$     | 2 $\frac{3}{4}$        | Nach 18 Wochen             | —                               | 16,6             | 3,80          | ca. 0,3             |
| M10  | 10 <sup>a</sup>     | 20               | 1                   | 1                      | Nach 18 Wochen             | —                               | 4,00             | 1,20          | ca. 0,4             |

<sup>a</sup> Alle zu Versuchsbeginn

<sup>b</sup> Sukzessiv im Versuchsverlauf

**Abb. 1.** Abfall der CN-Konzentration (ermittelt als Quotient der Peakflächen des CN und des inneren Standards Aldrin) in Rinderserum und Cysteinlösung mit der Zeit (Versuchstemperatur: 25°C).  $\Delta$  48 mg CN/l Wasser;  $\blacksquare$  48 mg CN/l 0,01 m Cysteinlösung;  $\circ$  32 mg CN/l Rinderserum;  $\bullet$  48 mg CN/l Rinderserum;  $\bullet$  64 mg CN/l Rinderserum



**Abb. 2.** Anstieg der nachweisbaren CN-Konzentration (ermittelt als Quotient der Peakflächen des CN und des inneren Standards Aldrin) in Abhängigkeit von der zugesetzten CN-Menge im Wasser und im Serum (Gaschromatographische Bestimmungen 30 Std nach Ansetzen der Lösungen).  $\Delta$  Wasser;  $\circ$  Serum

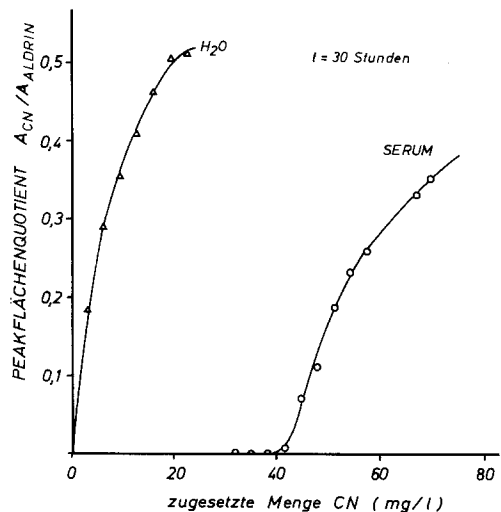


Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Wiedergewinnungsversuche von CN aus Wasser, Cysteinlösung und Serumlösungen. In Wasser bleibt die nachweisbare CN-Konzentration über lange Zeit (50 Std) praktisch konstant. Im Serum und in Cysteinlösung sinkt die Konzentration des extrahierten CN dagegen je nach Ausgangskonzentration mit der Zeit mehr oder weniger schnell ab.

In Abbildung 2 ist die Abhängigkeit der gefundenen von der zugesetzten CN-Menge in Wasser und Serum dargestellt. Während bei wässrigen CN-Lösungen,

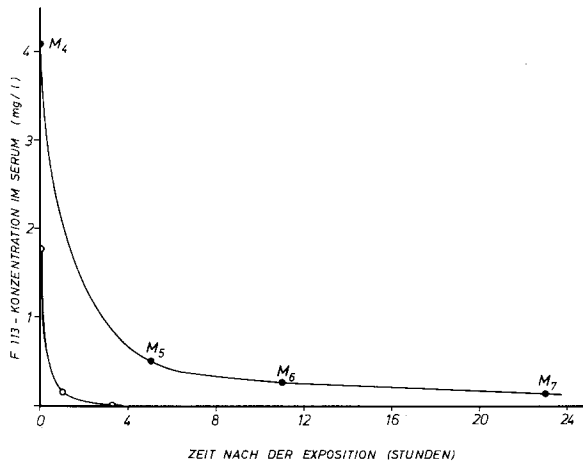
die 30 Std nach dem Ansetzen analysiert wurden, die nachgewiesene CN-Konzentration sofort proportional zur vorgegebenen Menge anstieg, wurde im Serum bis zu einer zugesetzten Menge von 40 mg CN/l nach 30 Std kein CN mehr gefunden. Erst nach Überschreiten dieser Konzentration war ein Anstieg der CN-Werte proportional zur zugesetzten Menge zu beobachten.

## Diskussion

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß der Nachweis einer längeren Einatmung des Inhalts der chemischen Keule beim Meerschweinchen selbst längere Zeit nach Exposition (M 7) oder nach langer Lagerzeit (M 8) über eine gaschromatographische Bestimmung der Trägergase  $F_{113}$  und Trichloräthan leicht zu führen ist. Die Empfindlichkeit des Nachweisverfahrens ist so groß, daß in allen Fällen selbst ein Bruchteil der gefundenen Konzentrationen noch für den Nachweis ausgereicht hätte. Wie ein Vergleich mit einem Versuch zum  $F_{113}$ -Nachweis beim Menschen zeigt, dürften hier die Nachweismöglichkeiten ähnlich gut sein, da der Nachweis noch 3 Std nach Einatmung einiger Haarspray-Vernebelungs-Anteile gelang (Abb. 3). Bei der Beurteilung der Abatmungskurven ist zu berücksichtigen, daß der Frigengehalt des Blutes bei der Versuchsperson durch nur 20 s dauernde Exposition gegenüber in die freie Atmosphäre versprühtem  $F_{113}$  entstanden war (Näheres siehe Berg et al.), während die Meerschweinchen das Frigen aus der chemischen Keule im verschlossenen, engen Raum einatmeten und gleichzeitig unter CN-Einwirkung standen. Die Tatsache, daß das Frigen von der Versuchsperson auch bei Berücksichtigung der niedrigeren Ausgangskonzentration relativ schneller als von den Tieren abgeatmet wurde, könnte also auch darauf zurückzuführen sein, daß bei den Meerschweinchen die Atmung durch das gleichzeitig einwirkende CN schon erkennbar beeinträchtigt war, während Atembehinderungen bei dem Versuch mit Haarspray natürlich nicht vorlagen. Danach wäre nach CM-Einwirkung vermutlich auch beim Menschen eine etwas langsamere und unvollständigere  $F_{113}$ -Abatmung als bei der gezeigten Kurve zu erwarten.

Im Gegensatz zu den Trägergasbestandteilen ließ sich der Tränengaswirkstoff in den Blutproben der Meerschweinchen selbst nach stärkster Exposition nicht nachweisen. Die günstigsten Voraussetzungen für einen CN-Nachweis lagen bei Versuch Nr. 10 vor, bei dem die Blutentnahme die kürzest mögliche Zeit nach der Exposition erfolgte und bei dem die einwirkende CN-Dosis relativ am höchsten war (5 Sprühstöße auf ein Volumen von 20 l). Pro Sprühstoß werden aus der chemischen Keule etwa 25 mg CN freigesetzt, so daß theoretisch mit einem Sprühstoß die beim Menschen als tödlich geltende CN-Konzentration erreicht sein sollte (nach Stein und Kirwan beträgt die geschätzte tödliche Konzentration beim Menschen 0,85 mg CN/l bei einer Einwirkungszeit von 10 min). Die von uns gefundenen  $F_{113}$ -Konzentrationen liegen zum Teil in der gleichen Größenordnung wie die von Urich und Mitarbeitern bei Schnüffler-Todesfällen mit der Elektronenstoß-Massenspektroskopie festgestellten Werte (Blutspiegel bis 1,7 mg/l), z. T. darüber, aber unter den von Triebig et al. mit Hilfe der Infrarotspektroskopie nach einer akuten Intoxikation ermittelten Ergebnissen (78,5 bis 188,4 mg  $F_{113}$ /l Blut). Offensichtlich schlug sich die Tränengasflüssigkeit aber

Abb. 3. Abatmungskurven von  $F_{113}$  beim Menschen (○) nach Einatmung von frigenhaltigem Haarspray (Berg et al.) sowie bei Meerschweinchen (●) nach Einwirkung der chemischen Keule



teilweise an der Gefäßwand nieder. Daß immer noch erhebliche CN-Konzentrationen in der Atemluft vorlagen, zeigte sich am Vergiftungsbild: das Tier bekam schnell Atembeschwerden und wurde bald somnolent. Histologisch waren bei allen Tieren starke Reizwirkungen mit Hyperaemie, Hypersekretion, Mastzell-Entspeicherung, submukösem und Gefäßwandödem nachweisbar; bei längerer Überlebenszeit auch Proliferation des Bronchialepithels mit Entwicklung mehrkerniger Zellen, später hydropische Zelldegeneration und Epithelverlust im Bronchial- und Membranbildungen im Alveolarbereich (Näheres siehe Berg et al.). Für eine starke Exposition bei Tier 10 spricht auch der relativ hohe  $F_{113}$ - und Trichloräthanwert im Blut.

Die negativen CN-Befunde trotz sehr starker CM-Belastung überraschen nicht, da die CN-Vergiftung ja als nichtresorptive Vergiftung gilt (Flury und Zernik). Aufgrund des Wirkungsmechanismus des CN sowie der Vergiftungssymptomatik ist anzunehmen, daß bei Inhalation der Inhaltstoffe der chemischen Keule keine nennenswerten CN-Mengen in das Blut übergehen. Beim CN handelt es sich um eine sehr reaktionsfähige Verbindung, die vor allem mit SH-Gruppen von Proteinen reagieren soll (Dixon und Needham; Dixon, Mackworth). Für eine Reaktion mit SH-Gruppen spricht auch der vorne dargestellte zeitliche Abfall der CN-Konzentration in Cysteinlösung, der etwa mit der gleichen Geschwindigkeit wie in den Serumlösungen erfolgte (Abb. 1). Offenbar ist die Reaktionsfähigkeit des CN so groß, daß es schon praktisch vollständig an der äußeren und inneren Körperoberfläche umgesetzt wird, so daß ein Übergang in das Blut gar nicht erst stattfindet. Diese Annahme würde auch erklären, warum das Bild der CN-Vergiftung in so hohem Maße vom Einwirkungsort abhängt. Vor allem die vergleichenden Untersuchungen von Ballantyne und Swanston zeigen diesen Einfluß sehr deutlich: bei oraler CN-Aufnahme hat die Vergiftung ganz den Charakter einer Magenerkrankung, bei Inhalation den einer Lungenerkrankung. Nach intraperitonealer Applikation tritt das Bild eines peritonealen Schocks auf. Nur bei intravenöser Injektion, d. h. unter Umgehung der offenbar als Resorptionsschranken wirkenden Oberflächen, bilden sich zentralnervöse Intoxikations-symptome als Zeichen der resorptiven Vergiftung aus.

Die Annahme, daß es bei CN-Inhalation zu keinem meßbaren CN-Spiegel im Blut kommt, wollen wir ausdrücklich auf die Fälle einer Exposition durch die chemische Keule beschränken. Der Einsatz von CN in Form der chemischen Keule stellt die vergleichsweise leichteste Einwirkungsart dieses Stoffes dar. Wir möchten nicht ausschließen, daß nach ganz massiver Exposition, wie z. B. in dem von Naeve geschilderten Fall (2 Tränengaswurfkörper mit je 2,7 g CN in einem geschlossenen Kellerraum), die Resorptionsbarrieren durchbrochen werden und ein nachweisbarer CN-Spiegel im Blut entsteht. Für die Annahme einer resorptiven CN-Wirkung sprach in Naeves Fall auch der schnelle Eintritt der Bewußtlosigkeit.

Selbst in Blutproben, in die wirklich CN hineingelangt ist — wie z. B. bei Stahl et al. auf mechanischem Wege in das Brusthöhlenblut nach Verletzung mit einem Tränengasgeschloß —, ist aber nach unseren Versuchsergebnissen damit zu rechnen, daß die CN-Nachweisbarkeit nach einiger Zeit verloren geht. Die genannten Autoren erzielten ihre positiven Ergebnisse mit einem speziellen Extraktionsverfahren (Wasserdampfdestillation aus saurer Lösung, Extraktion des Destillates mit einem organischen Lösungsmittel). Es lag daher der Gedanke nahe, daß hier vielleicht eine effektivere Aufarbeitungsmethode benutzt wurde, bei der möglicherweise reversibel an Eiweiß gebundenes CN wieder freigesetzt wird. Wir untersuchten daher Serumproben aus unseren Modellversuchen, denen wir CN in Mengen zugesetzt hatten, die mit unserem Verfahren nicht wieder extrahierbar waren, nach der Vorschrift von Stahl et al., ohne jedoch andere Ergebnisse zu erzielen. Die genannten Autoren verdanken ihre positiven Befunde demnach offenbar dem Umstand, daß dem untersuchten Blut relativ große CN-Mengen beigemischt waren und daß die Blutprobe sofort eingefroren und bald untersucht wurde.

## Literatur

- Ballantyne, B., Swanston, D. W.: The comparative acute mammalian toxicity of 1-Chloroacetophenone (CN) and 2-Chlorobenzylidene malononitrile (CS). *Arch. Toxicol.* **40**, 75—95 (1978)
- Berg, S., Zorec-Karlovsek, M., Döring, G.: Begutachtungsfragen nach Anwendung der „chemischen Keule“. *Arch. Kriminol.* (1979) (im Druck)
- Dixon, M.: Reactions of lachrymators with enzymes and proteins. *Biochem. J.* **42**, 26—27 (1948)
- Dixon, M., Needham, D. M.: Biochemical research on chemical warfare agents. *Nature* **158**, 432—438 (1946)
- Flury, F., Zernik, F.: Schädliche Gase, Dämpfe, Nebel, Rauch- und Staubarten. Berlin: Springer 1931
- Jane, I., Wheals, B. B.: Chromatographic characterization of lachrymatory agents in tear gas aerosols. *J. Chromatogr.* **70**, 151—153 (1972)
- Mackworth, J. F.: The inhibition of thiol enzymes by lachrymators. *Biochem. J.* **42**, 82—90 (1948)
- Naeve, W.: Eine tödliche Chloracetophenon-Vergiftung („Tränengas-Vergiftung“). *Arch. Toxikol.* **18**, 165—169 (1960)
- Petry, J., Schrempf, A.: Dokumentation zum Einsatz chemischer Kampfstoffe bei der Polizei, 2. Aufl. Eschborn: Direkt-Verlag 1977
- Rose, L.: Mace, a dangerous police weapon. *Ophthalmologica. Add. ad Vol.* **158**, 448—454 (1969)
- Sass, S., Fischer, T. L., Jascot, M. J., Herban, J.: Gas-liquid chromatography of some irritants at various concentrations. *Anal. Chem.* **43**, 462—464 (1971)



- Sreenivasan, V. R., Boese, R. A.: Identification of lachrymators. *J. Forens. Sci.* **15**, 433—442 (1970)
- Stahl, C. J., Young, B. C., Brown, R. J., Ainsworth, C. A.: Forensic aspects of tear-gas pen guns. *J. Forens. Sci.* **13**, 442—469 (1968)
- Stein, A. A., Kirwan, W. E.: Chloracetophenone (tear gas) poisoning: A clinico-pathologic report. *J. Forens. Sci.* **9**, 374—382 (1964)
- Triebig, G., Schaller, K. H., Goßler, K., Burkhardt, K.: Quantitative Bestimmung industriell bedeutsamer Halogenkohlenwasserstoffe im biologischen Material mit Hilfe der Infrarotspektroskopie. *Arbeitsmed. Sozialmed. Präv.-Med.* **12**, 247—250 (1977)
- Urich, P. H., Wittenberg, D. L., Bowermann, D. L., Levisky, J. A., Pflug, J. L.: Electron impact mass spectrometric detection of Freon in biological specimens. *J. Forens. Sci.* **22**, 34—39 (1977)
- Zerba, E. N., Ruveda, M. A.: Gas chromatographic determination of riot-control agents. *J. Chromatogr.* **68**, 245—247 (1972)

Eingegangen am 7. Dezember 1979