

Originalarbeiten — Original Papers

Neue Aspekte in der Schußentfernungsbestimmung durch Anwendung der flammenlosen Atom-Absorptions-Spektrophotometrie

Harald Kijewski und Joachim Lange

Institut für Rechtsmedizin und Institut für Geochemie der Universität Göttingen (BRD)

Eingegangen am 10. September 1973

New Aspects for the Determination of Gunshot Range
by the Use of Flameless Atomic-Absorption Spectrophotometry

Summary. By using flameless atomic-absorption spectrophotometry it was possible to extend the limit of determination of gunshot firing distances up to 7 meters. Samples of cotton cloth with predetermined, little concentration of antimony were shot at from various distances (1—7 m) with a luger-gun (ammunition 9 mm "Parabellum"). Concentric pieces of the target material were taken out of the surroundings of the bullet holes. Half of the smudge circles at 1—5 cm from the entrance hole were ashed by a low temperature ashing assembly. The solutions of the inorganic residues were analysed with the graphite tube HGA 70 at 2500°C. The limits of the method and possibilities to reduce certain disturbing influences are discussed and the own results are compared with those of other authors.

Zusammenfassung. Die Anwendung der flammenlosen Atom-Absorptions-Spektrophotometrie ist geeignet, den Bereich, in dem Schußentfernungsbestimmungen möglich sind, auf 7 m zu erweitern. Stoffproben mit einem bekannten, geringen Sb-Gehalt wurden aus Entfernungen zwischen 1 und 7 m mit einer Pistole 08 (Munition 9 mm „Parabellum“) beschossen, der halbe Schmauchhof im Abstand von 1 bis 5 cm von der Einschußmitte entnommen und mit angeregtem Sauerstoff bei niedrigen Temperaturen verascht. Die Untersuchung des gelösten Rückstandes erfolgte in der Graphitrohrküvette HGA-70 bei 2500°C. Die Grenzen des Verfahrens und die Möglichkeiten der Eliminierung von Störeinflüssen werden erörtert und die eigenen Ergebnisse mit denen anderer Autoren verglichen.

Key words: Schuß — Atom-Absorptions-Spektrophotometrie, Schußentfernungsbestimmung.

Für die Schußentfernungsbestimmung steht inzwischen, entsprechend ihrer Bedeutung für die Aufklärung von Schußwaffendelikten, eine Vielzahl von Arbeitsmethoden zur Verfügung. Einen nahezu vollständigen Überblick über den Problembereich der Schußentfernungsbestimmung gibt Sellier (1967, 1969) in den Monographien „Schußentfernungsbestimmung“ und „Schußwaffen und Schußwirkungen“. Hier soll nur das Prinzip, das den meisten Verfahren der Schußentfernungsbestimmung zugrunde liegt, noch einmal angedeutet werden.

Feuert man mit einer Handfeuerwaffe auf ein Ziel, so lagern sich die aus dem Zünder bzw. aus dem Geschossmantel stammenden sogenannten Schmauchelemente (Sb, Pb, Ba, Cu, Ni) in der Umgebung des Einschusses ab. Es ist naheliegend, daß die Schmauchelementkonzentration auf gleichgroßen, in konstanter

Lage zum Einschußmittelpunkt entnommenen Flächenstücken des Zielmaterials eine Funktion der Schußentfernung sein sollte. Die Schmauchelementverteilung der Umgebung des Einschusses (im sogenannten Schmauchhof) wurde für kurze Schußentfernungen von Sellier (1965) gemessen. Demnach geht die Schmauchelementkonzentration im Abstand von etwa 1 cm von der Einschußmitte durch ein Maximum und fällt dann, etwa im Sinne einer Maxwellverteilung, nach außen hin ab. Eine im Nahschußbereich zur Schußentfernungsbestimmung anwendbare Methode hatte Schöntag (1956) ausgearbeitet, wobei Stoffstücke von 0,25 cm² Größe ohne weitere Veränderung zur Spektralanalyse in Graphitelektroden eingebracht wurden. Will man zur Bestimmung größerer Schußentfernungen vordringen, so kann man zum einen die entnommene Fläche vergrößern, zum anderen die Empfindlichkeit des Nachweises erhöhen. Sellier (1968) hat den ersten Weg beschritten. Ein halber Kreisring in einem Abstand von 1,5 bis 5 cm von der Einschußmitte wurde entnommen, in einem erhitzten Quarzrohr im Sauerstoffstrom verascht und der Rückstand spektralanalytisch untersucht. Dadurch konnte die der Analyse zugeführte Schmauchelementmenge auf das 10²fache erhöht und der für die Schußentfernungsbestimmung zugängliche Bereich unter günstigen Bedingungen auf etwa 1,70 m erweitert werden. Die im oberen Entfernungsbereich beobachtete große Varianz bei Wiederholungsmessungen wurde von Sellier auf die statistische Streuung der Schmauchelementpartikel zurückgeführt. Weil die Streuung der Schmauchelementteilchen bei Erhöhung der Analysenempfindlichkeit mitverstärkt würde, sei bei etwa 2 m eine prinzipielle obere Grenze für eine Schußentfernungsbestimmung zu ziehen.

Baumgärtner u. Schöntag (1962), Baumgärtner *et al.* (1963), Schöntag u. Baumgärtner (1963) und Krishnan (1967) benutzten die Neutronenaktivierungsanalyse (NAA) als wesentlich empfindlicheres Analysenverfahren zur Schußentfernungsbestimmung, wobei gleichzeitig eine größere Entnahmefläche zur Untersuchung kam als bei dem nichtmodifizierten spektrographischen Verfahren. Bei einer Schußentfernung von 3 m fanden Baumgärtner *et al.* einen mittleren Sb-Gehalt von $2,0 \times 10^{-10}$ g/cm². Damit war die Nachweisgrenze der Neutronenaktivierungsanalyse noch nicht erreicht, denn es kam eine Fläche von ca. 40 cm² zur Untersuchung, und die Nachweisgrenze der NAA liegt nach Baumgärtner u. Schöntag bei 10⁻¹⁰ g Sb.

Für eine routinemäßige Anwendung in der forensischen Medizin ist der experimentelle Aufwand der Neutronenaktivierungsanalyse oft zu hoch. Es fehlte bisher eine Methode mit einer der NAA vergleichbaren Nachweisempfindlichkeit, die für gerichtsmedizinische Untersuchungen praktikabel ist. Durch die Entwicklung der Graphitrohrküvette (Massmann, 1968) konnte die Empfindlichkeit der Atom-Absorptions-Spektrophotometrie (AAS) erheblich gesteigert werden. So konnte die AAS hinsichtlich der Nachweisgrenze die NAA (als bisher empfindlichster Methode) bei einer Anzahl von Elementen teils erreichen, teils um einige Zehnerpotenzen übertreffen. Eine Gegenüberstellung der Nachweisgrenzen bezüglich der Schmauchelemente gibt Tabelle 1.

Da die AAS mit Graphitrohrküvette demnach der NAA hinsichtlich der Empfindlichkeit des Sb-Nachweises nicht nachsteht und der meßtechnische Aufwand sehr viel geringer ist, lag es nahe, die AAS zur Schußentfernungsbestimmung einzusetzen. Es sei darauf hingewiesen, daß die in Tabelle 1 angegebenen Nachweis-

Tabelle 1. Nachweisgrenzen einiger Elemente mit Neutronenaktivierungsanalysen und Graphitrohrküvetten; Angaben in $g \times 10^{-6}$ (aus Instrument News 21, 4 (1970))

Element	Neutronen- aktivierungs- analyse	AAS mit Graphitrohr- Küvette
Al	0,004	0,0002
As	0,007	0,0005
Cu	0,002	0,00005
Pb	0,5	0,00002
Sb	0,007	0,0005
Sn	0,03	0,006

grenzen für beide Verfahren in Abhängigkeit von der instrumentellen Ausrüstung etwas variieren können.

Nach Sellier (1968) sollte bereits bei einer Entfernung von etwa 2 m die Reproduzierbarkeit wegen der statistischen Streuung der Schmauchelementpartikel erheblich gestört sein. Demnach wären bei Schußentfernungen über 3 m Zuordnungen von Schußentfernung und Schmauchelementkonzentrationen nur sehr schwer möglich. Zur Klärung dieser Frage wurde Material mit möglichst geringer Sb-Konzentration aus Entfernungen von 1 bis 7 m beschossen und die Sb-Konzentration im Schmauchhof mit der Graphitrohrküvette analysiert.

Methodik

Baumwollstoff mit einem mittleren Sb-Gehalt von $4,7 \times 10^{-11} g/cm^2$ wurden mit einer Pistole 08 (Munition 9 mm Parabellum Geco) aus Entfernungen von 1 bis 7 m beschossen (s. Tabelle 2). Aus dem Schmauchhof wurden halbe Kreisringe im Bereich von 1 bis 5 cm von der Einschußmitte entnommen und in einem Veraschungsgerät der Firma Tracerlab mit angeregtem Sauerstoff bei niedrigen Temperaturen verascht. Der Rückstand wurde mit 200 μl 2 n HCl aufgenommen und 20 μl dieser Lösung in das Graphitrohr eingespritzt. Die Messung erfolgte mit dem Atom-Absorptions-Spektralphotometer 303 und der Graphitrohrküvette HGA-70 der Firma Perkin-Elmer, die Registrierung mit einem Kompensationsliniensreiber der Firma Hitachi (Modell 165). Die eingespritzte Lösung wurde 40 sec bei 100°C getrocknet, anschließend 60 sec bei 750°C thermisch zersetzt und schließlich 30 sec bei 2500°C atomisiert. Als Schutzgas für das Graphitrohr wurde Argon verwendet. Die Atomisierung und Registrierung erfolgte mit abgenommenem Probeingabetubus. Die Einstellungen am AAS-Gerät waren wie folgt: Wellenlänge Sb 233 nm, Slit 4, Lampenstrom 20 mA.

Zur Prüfung auf Sb-Verluste in der Veraschungsanlage wurden 5 Stoffstückchen mit Sb-Lösung, die jeweils 100 ng Sb enthielt, getränkt, kalt verascht, der Rückstand mit 2 n HCl aufgenommen und wie oben beschrieben analysiert. Die Abweichung der Einzelwerte von der unverändert analysierten Standardlösung mit 100 ng Sb war geringer als $\pm 5\%$. Offenbar geht durch die Behandlung mit angeregtem Sauerstoff in der Veraschungsanlage keine relevante Menge an Sb für die Analyse verloren. Dieser Versuch bestätigt außerdem, daß ein starker Einfluß der Oxidationsstufe des Sb auf die Nachweisempfindlichkeit nicht besteht.

Ergebnisse

Eine Zusammenstellung der mit der Graphitrohrküvette gewonnenen Meßergebnisse gibt Tabelle 2.

Es ist zu beachten, daß nur der letzte Schritt der Bestimmung wiederholt wurde. Da für jede Analyse nur 10% der gelösten Substanz benötigt werden, steht der Rest für andere Bestimmungen zur Verfügung.

Tabelle 2
Abhängigkeit der Sb-Konzentration im Schmauchhof bei verschiedenen Schußentfernungen

	Schußentfernung (m)						
	1	2	2	4	5	6	7
Mittlere Sb-Konzentration im Schmauchhof im Abstand von 1—5 cm von der Einschubmitte (in ng/cm ²)	3,90	1,23	0,497	0,282	0,194	0,150	0,120
Einzelwerte (in ng/cm ²)	4,00	1,23	0,495	0,290	0,198	0,155	0,125
	3,80	1,26	0,500	0,282	0,188	1,148	0,117
	3,90	1,20	0,495	0,277	0,194	0,147	0,118

Tabelle nach Abzug des Blindwertes von $4,7 \times 10^{-11}$ g Sb.

Weiterhin wurde die Sb-Konzentration in Kreisringen und Kreissektoren um die Einschubstelle bei 4 m Schußentfernung gemessen. Die Werte stimmten gut mit der von Baumgärtner *et al.* gemessenen Verteilung überein. Die Sb-Konzentration der Kreissektoren (ein Schmauchhof wurde in 8 Sektoren geteilt) unterschieden sich um nicht mehr als 15% absolut. In der Abb. 1 wird ein Vergleich zwischen dem von Schöntag (1956, 1963) veröffentlichten Ergebnissen und unseren Messungen gegeben.

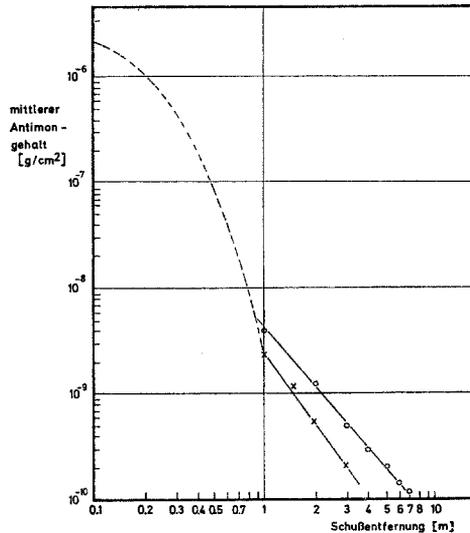


Abb. 1. Vergleich der Antimon-Konzentration bei verschiedenen Schußentfernungen.
 ——— Spektralanalytische Bestimmung (Schöntag, 1956), × × × aktivierungsanalytische Bestimmung (Schöntag, 1963), ○ ○ ○ Messungen mit dem Graphitrohr

Diskussion der Ergebnisse

Die durch unsere Messungen bestimmte Gerade liegt in etwa parallel zu den Werten von Schöntag (1963). Der etwas flachere Verlauf unserer Geraden ließe sich möglicherweise dadurch erklären, daß der Sb-Gehalt in der Blindprobe etwas

zu niedrig gefunden wurde und deshalb stets ein zu geringer Blindwert bei den einzelnen Messungen abgezogen wurde. Jedenfalls muß ein Sb-Blindwert in der Größenordnung des zu messenden Sb im Schmauchhof eine Schußentfernungsbestimmung nicht verfälschen, sofern der Sb-Blindwert in allen untersuchten Proben gleich hoch ist.

Offensichtlich liegen unsere Meßpunkte etwa um den Faktor 2 höher als die von Schöntag. Dies könnte seine Ursache in der Verschiedenheit von Waffe und Munition haben.

Die gute Linearität unserer Messungen bei der gewählten logarithmischen Auftragung im Bereich von 1 bis 7 m spricht gegen die Annahme von Sellier, daß die Streuung der spektralanalytisch gemessenen Sb-Werte auf eine Längsstreuung der Sb-Partikel zurückzuführen ist. Gemäß dem von Baumgärtner u. Schöntag (1962) diskutierten Transportmechanismus sollten spätestens ab 2 m Schußentfernung praktisch alle Sb-Partikel im „Unterdruckkanal“ hinter dem Geschöß transportiert werden. Bei dieser Art des Transportes sollte aber eine Begünstigung von zufällig größeren Partikeln nicht gegeben sein. Demnach wäre auch eine Störung der Schußentfernungsbestimmung durch „statistische Effekte“ der Längsstreuung nicht zu erwarten. Messungen der Größenverteilung von Sb-Teilchen bei extrem hohen Schußentfernungen mit der Elektroenstrahl-Mikrosonde sind in Vorbereitung.

Um Störungen der Sb-Bestimmung möglichst auszuschalten, wurde sehr reiner Baumwollstoff verwendet, wie er in praktischen Fällen selten vorkommt. Weiterhin ist zu erwähnen, daß in modernen Kunststoffasern gelegentlich größere Mengen von Sb vorkommen. In solchen Fällen könnte z. B. auf die Pb-Bestimmung ausgewichen werden, die von uns ebenfalls erprobt wurde. Bei der Pb-Bestimmung sollte jedoch statt HCl Salpetersäure als Lösungsmittel verwendet werden, weil es sonst zu einer Depression des Pb-peaks um etwa 5% kommt. Diese Erscheinung tritt bei Sb nicht auf.

Auch die Ba-Bestimmung könnte zur Schußentfernungsbestimmung herangezogen werden, wurde jedoch von uns nicht erprobt. Nützlich wäre bei der Bearbeitung praktischer Fälle die Analyse mehrerer Schmauchelemente und der Vergleich mit der tatsächlichen Relation der Schmauchelementkonzentrationen.

Diskussion der Methode

Die flammenlose AAS übertrifft die NAA hinsichtlich der Empfindlichkeit für eine Reihe von Elementen um einige Zehnerpotenzen. Der experimentelle Aufwand ist gering. So wäre die flammenlose AAS eine ideale Methode zur Spurenbestimmung im Nano- und Subnanogramm-Bereich, wenn Spezifität und Zuverlässigkeit nicht hinter der Empfindlichkeit zurückständen. Ein Überblick über die Störungsmöglichkeiten wird z. B. von Ramirez-Munoz (1968), Witschel (1971) und Welz (1972) gegeben. Zwei der Hauptfehlerquellen seien hier angeführt:

1. Lichtschwächung durch Streuung an festen Teilchen,
2. unspezifische Lichtabsorption durch Ionen, Moleküle und Radikale.

Die Störungen zu 1. lassen sich bis zu einem bestimmten Grad durch Verwendung eines Deuterium-Kompensators vermeiden, der industriell lieferbar ist.

Weil der D_2 -Kompensator bereits zum Zubehör der meisten AAS-Geräte gehört, soll hier nicht mehr auf die Funktionsweise eingegangen werden.

Schwieriger scheint die Beseitigung unspezifischer Absorption zu sein. Messungen in Stoßwellen (Luther, 1969; Luther *et al.*, 1969; Nettleton, 1966) und Messungen in statischen Apparaturen (Davidovits u. Brodhead, 1967) haben gezeigt, daß z. B. Alkalihalogenide bei Temperaturen zwischen 1000 K und 2000 K praktisch gar nicht und bei Temperaturen über 2000 K nicht vollständig in Atome zerfallen. Wie Berry *et al.* (1968) am Beispiel des CsBr zeigten, sind die primären Zerfallsprodukte von Alkalihalogeniden bei Temperaturen von 3000 K bis 4000 K Alkalikationen und Halogenidionen. Unter Gleichgewichtsbedingungen liegen Ionen, Atome, Moleküle und Elektronen vor.

Bei den in der Graphitrohrküvette herrschenden Temperaturen verdampft der Salzrauch, der das Licht des D_2 -Kompensators wie auch das der Hohlkathodenlampe in gleicher Weise schwächt, und es bilden sich Moleküle, die Absorptionskontinua haben. Offenbar wird nun die Resonanzlinie der Hohlkathodenlampe und das Licht des D_2 -Kompensators mit einem Wellenlängenbereich $\Delta\lambda$ unterschiedlich geschwächt. Deshalb kann es durch die Molekülabsorption zur Vortäuschung oder auch zur Unterdrückung einer Atomabsorption kommen.

Weiterhin kommt es beim thermischen Zerfall einiger Alkalihalogenide zur Bildung eines großen Anteils von Ionen, die ebenfalls Kontinua aufweisen. Eine Übersicht über die Wellenlängenabhängigkeit der Absorptionsquerschnitte (ϵ/N_L) einiger Alkalisalzmoleküle gibt die Abb. 2.

Die Absorptionsquerschnitte der Halogenidionen haben etwa die gleiche Größenordnung wie die Alkalihalogenide. Zum Beispiel fanden Berry *et al.* (1968) für Br^\ominus für ϵ/N_L bei 3600 Å einen Wert von $3,7 \times 10^{-17}$ (cm²). Doch schwanken die Angaben dazu etwa um einen Faktor 2. Die Temperaturabhängigkeit der Absorptionsquerschnitte ist relativ schwach und soll hier nicht weiter berücksichtigt werden.

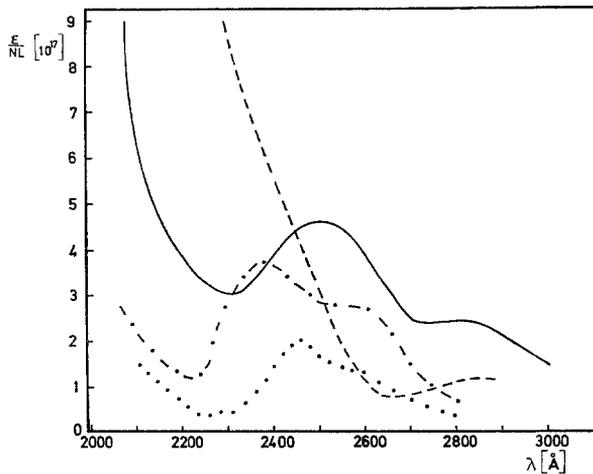


Abb. 2. Absorptionsquerschnitte einiger Alkalisalze (nach Davidovits u. Brodhead, 1967).
 — NaBr, - - - LiJ, - · - · NaCl, · · · · KCl, ϵ Absorptionskoeffizient, N_L Loschmidtsche Zahl, ϵ/N_L Absorptionsquerschnitt, λ Wellenlänge (Å)

Bei Berücksichtigung der Größenordnung des Absorptionskoeffizienten ϵ , der Resonanzwellenlänge und der Analysenbedingungen sollte man abschätzen können, welcher Überschuß an Alkalisalzen die Messung noch nicht stört. Für unsere Sb-Bestimmung schätzen wir ab, daß ein 10^3 facher Überschuß von NaCl noch keine relevante Störung verursachen kann. Tatsächlich haben wir festgestellt, daß durch Zusatz von $100 \mu\text{g}$ NaCl trotz Verwendung eines D_2 -Kompensators eine Extinktion hervorgerufen wird, die die Anwesenheit von 1 ng Sb vortäuscht. Bei Messungen im Nanogramm-Bereich ist ein 10^4 facher Überschuß an Alkalisalzen sehr leicht erreicht, besonders wenn Hautproben untersucht werden.

In vielen Fällen ist deshalb eine Beseitigung der unter 2. beschriebenen Störungen erforderlich. Dies trifft nicht nur für die Schußentfernungsbestimmung zu, sondern ganz allgemein für Spurenbestimmungen in Gesteins-, Boden- und Wasserproben. Eine sichere Anwendung der AAS setzt die Beseitigung dieser Störungen voraus. Das kann durch zwei Verfahren geschehen;

1. Anreicherung des zu untersuchenden Elementes,
2. Anwendung eines anderen Kompensationsverfahrens.

Die Anreicherung kann durch Fällung, Extraktion oder Verdampfung des zu bestimmenden Elementes bzw. durch Beseitigung des störenden Elementes erfolgen. Da es vorwiegend auf eine Abtrennung der Alkalien und Erdalkalien ankommt, kann eine Gruppenfällung Anwendung finden. Wir leiteten H_2S in eine Lösung von 20 ng Sb in $200 \mu\text{l}$ 1 n HCl und gaben die Lösung durch eine Filterspritze der Firma Sartorius. Das Filter wurde verascht und analysiert. Dabei wurden mindestens 85% Sb wiedergefunden. Es ist anzunehmen, daß die Fällung erst an der Faser des Filters erfolgte. Das Filter war ebenfalls mit H_2S getränkt worden.

Die AAS ist hervorragend zur Ausbeutekontrolle von Extraktionen geeignet. Versuche zur selektiven, quantitativen Extraktion von Sb mit organischen Komplexbildnern sind in Vorbereitung. Als eine Möglichkeit bietet sich das von Renshaw *et al.* (1973) ausgearbeitete Verfahren, bei dem Methylisobutylketon als Extraktionsmittel verwendet wurde. Zur Abtrennung von leicht flüchtigen Metallen in Gesteinen und Bodenproben hat sich die Verdampfungsanalyse bewährt (Heinrichs u. Lange, 1973).

Nach der Arbeit von Belcher *et al.* (1972) sollte eine destillative Abtrennung der Erdalkalien durch Überführung in Chelate (z. B. fluorierte Alkanoylpivalylmethane) möglich sein. Vorteilhaft erscheint uns die Eliminierung von Störungen durch Anwendung eines anderen Kompensationsverfahrens. Mißt man z. B. eine Probe auf der Resonanzlinie, danach auf einer Linie direkt neben der Resonanzlinie, so sollte sich die unspezifische Absorption durch Vergleich der beiden Absorptionen eliminieren lassen. Allerdings wird die Messung sehr ungenau, wenn die Resonanzabsorption kleiner ist als die Störung bzw. wenn die unspezifische Absorption eine gewisse Höhe überschritten hat. Wir haben an Stelle des D_2 -Kompensators eine Linie einer zweiten Hohlkathodenlampe in den Strahlengang gespiegelt und eine Kompensation erzielt. Diese Anordnung ist jedoch, da behelfsmäßig, sehr anfällig gegen mechanische Störungen. Es wäre wünschenswert, eine Hohlkathodenlampe mit einer Reihe von Resonanzlinien zu entwickeln, die an Stelle des D_2 -Kompensators eingebaut werden kann.

Dann sollte es möglich sein, Störungen durch unspezifische Absorption weitgehend zu beseitigen. Dadurch würden zeitraubende Analysengänge zur Abtrennung entfallen und der Anwendungsbereich der AAS wesentlich erweitert werden können.

Literatur

- Baumgärtner, F., Schöntag, A.: Aktivierungsanalyse in der Kriminaltechnik. 4. Jg., **H. 2**, 51—53 (1962)
- Baumgärtner, F., Stärk, H., Schöntag, A.: Aktivierungsanalytische Antimonbestimmung im Nanogrammbereich zur Ermittlung von Schußentfernungen. *Z. anal. Chem.* **197**, 424—430 (1963)
- Belcher, R., Cranley, C. R., Majer, J. R., Stephen, W. I., Uden, T. C.: Volatile alkaline chelates of fluorinated alkanoylpivalylmethanes. *Anal. Chim. Acta* **66**, 109—116 (1972)
- Berry, R. S., Cernoch, T., Coplan, M., Ewing, J. J.: Inverted population in dissociation of CsBr molecules. *J. Chem. Phys.* **49**, 127—134 (1968)
- Davidovits, P., Brodhead, D. C.: Ultraviolet absorption of alkali halide vapors. *J. Chem. Phys.* **46**, 2968—2973 (1967)
- Heinrichs, H., Lange, J.: Trace element and microanalysis of silicate and carbonate rocks by flameless atomic absorption spectrophotometry. *Z. anal. Chem.* **265**, 256—260 (1973)
- Krishnan, S. S.: Determination of gunshot firing distances and identification of fullet holes by NAA. *J. forens. Sci.* **12**, 112—122 (1967)
- Luther, K.: Untersuchungen zur Ionenbildung beim Zerfall gasförmiger Alkalihalogenide. Diplomarbeit, Göttingen 1969
- Luther, K., Troe, J., Wagner, H. G.: Thermischer Zerfall gasförmiger Alkalihalogenide II. *Ber. Bunsenges. phys. Chem.* **76**, 53—61 (1972)
- Massmann, H.: Vergleich von Atomabsorption und Atomfluoreszenz in der Graphitküvette. *Spectrochim. Acta* **23-B**, 215—226 (1968)
- Nettleton, M. A.: Heat transfer to particles in shock-heated gases. *AIAA Journal* **4**, 939—940 (1966)
- Ramirez-Munoz, J.: Difficult working areas in atomic absorption flame photometry. *Develop. Appl. Spectroscop.* **7-A**, 169—188 (1968)
- Renshaw, G. D., Pounds, C. A., Pearson, E. .F.: The quantitative estimation of lead, antimony and barium in gunshot residues by non-flame atomic absorption spectrophotometry. *Atom. Abs. Newsletter* **12**, 55—56 (1973)
- Schöntag, A., Baumgärtner, F.: Erweiterung des Meßbereiches auf 3 m bei der Bestimmung der Schußentfernung durch Anwendung der Neutronenaktivierungsanalyse. *Arch. Kriminol.* **131/132**, 1—7 (1963)
- Schöntag, A., Heindl, R.: Entwicklung der Methoden zur Bestimmung der Schußentfernung. *Arch. Kriminol.* **118**, 19—29 (1956)
- Sellier, K.: Verteilung der Elemente Pb und Sb im Schmauch und Schußentfernungsbestimmung. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **56**, 39—43 (1965)
- Sellier, K.: Schußentfernungsbestimmung. Lübeck: Schmidt-Römhild 1967
- Sellier, K.: Erweiterung der Schußentfernungsbestimmung durch Anreicherung der Schmauchelemente. *Arch. Kriminol.* **141**, 34—39 (1968)
- Sellier, K.: Schußwaffen und Schußwirkungen. Lübeck: Schmidt-Römhild 1969
- Welz, B.: Grundlagen und Leistungsfähigkeit der Atom-Absorptions-Spektroskopie. *CZ-Chemie-Technik* **1**, 373—380 (1972)
- Witschel, H.: Die Atom-Absorptions-Spektroskopie in der toxikologischen Analytik. *Beitr. gerichtl. Med.* **28**, 294—303 (1971)

Dr. H. Kijewski
 Institut für Rechtsmedizin
 D-3400 Göttingen, Geiststraße 7
 Bundesrepublik Deutschland