

(Aus dem Chemischen Untersuchungsamt der Stadt Stuttgart.)

Arsengehalt in Leichenaschen.

Von

H. Jesser und Dr. A. Schrempf.

Über den Arsengehalt in Leichenaschen hat der eine von uns (*Jesser*) schon früher in der Dtsch. Z. gerichtl. Med. 8, H. 3, 275 (1926) berichtet und damals in Aussicht gestellt, weitere Mitteilungen folgen zu lassen, insbesondere bezüglich der quantitativen Bestimmung des Arsens. Wir sind wegen Arbeitsüberhäufung leider nicht eher dazu gekommen, das von uns gesammelte Material zu veröffentlichen. In der Zwischenzeit sind auch 2 wertvolle Beiträge in dieser bzw. einer ähnlichen Frage erschienen, und zwar ebenfalls in der Dtsch. Z. gerichtl. Med. 13, H. 1, 33 (1929) von *M. H. Remund*, Zürich und 13, H. 2, 111 (1929) von *S. Schönberg*, Basel.

Remund brachte zum Ausdruck, „daß beim Arsennachweis in Leichenasche nur *quantitative* Bestimmungen einen Schluß zulassen“. Er beschreibt einen Fall in dem nach 5 Jahren wegen Verdachts der Vergiftung eine Exhumierung erfolgte. In der Leichenasche konnten, auf den ganzen Urneninhalt berechnet, noch 74,2 mg Arsen gefunden werden, eine Menge, die unter Berücksichtigung aller Verhältnisse (siehe Originalarbeit) den Schluß zuließ, daß ursprünglich eine viel größere Arsenmenge vorhanden gewesen sein müsse, eine Menge, die den normalen Arsengehalt des menschlichen Körpers (Arsenmedikation lag nicht vor!) bei weitem überschreitet.

Schönberg hat systematische experimentelle Untersuchungen über die Verteilung des Arsens in verschiedenen Körperorganen an Kaninchen vorgenommen, um feststellen zu können, ob eine Arsenvergiftung auf einmal oder auf Grund mehrerer Giftdosen erfolgt sei. Verfasser rät, bei der Beurteilung äußerste Vorsicht walten zu lassen und stellt weitere Versuche über die Verhältnisse an Knochen in Aussicht.

Wir selbst haben nun folgende Versuche angestellt, die uns dadurch sehr erleichtert wurden, daß im hiesigen Krematorium die Leiche eines Mannes (K.) zur Verbrennung kam, der als Selbstmörder durch Arsenvergiftung endete. Durch die Untersuchung von 1130 g der unverbrannten *Leichenteile* (425 g Leber, 430 g Magen samt Inhalt, 200 g Hirn und 25 g Nieren) des Selbstmörders K. wurden 1,915 g arsenige Säure (As_2O_3) festgestellt, wodurch der Leiche vor ihrer Verbrennung wohl der größte Teil des zur Vergiftung verwendeten Arsens entzogen worden war.

An Leichenaschen standen uns zur Verfügung einmal, wie gesagt, die Leichenasche des Selbstmörders K., ferner die Aschen der zwei *nach* dieser Leiche verbrannten Leichen. Weiter hatten wir zur Verfügung die Leichenasche einer zu Lebzeiten mit Salvarsan behandelten Person, welche schon früher verbrannt worden war und deren Arsengehalt aus den in der früheren Arbeit angeführten Gründen (l. c.) von Interesse war. Jeweils wurde uns von der hiesigen Krematoriumsverwaltung eine Urne voll (etwa 1 kg) Leichenasche zu den Versuchen übergeben.

Die Arsenbestimmung wurde wie folgt ausgeführt: Die Leichenaschen wurden zuerst auf einen etwaigen Gehalt an Nägeln durchgemustert und solche herausgelesen. Alsdann wurden die größeren Teile der Knochen in einer Reibschale zerstoßen und die gesamte Asche, die nun in Form eines gleichmäßigen, mittelfeinen Pulvers vorlag, gut durchgemischt, je 100 g der auf diese Weise vorbereiteten Leichenasche wurden in einer geräumigen Porzellanschale mit 100 g *arsenfreier*, konzentrierter Schwefelsäure übergossen und gut durchgemischt. Nach einiger Zeit wurden 100 ccm destilliertes Wasser zugefügt und die Masse wiederum gut durchgerührt. Diese Mischung ließ man über Nacht stehen und verdünnte sie alsdann mit weiteren 200 ccm Wasser. Nach mehrstündigem Stehen filtrierte man die überstehende Flüssigkeit ab. Das Filter samt Inhalt brachte man wieder in die Porzellanschale zurück und rührte die Masse nochmals mit 200 ccm Wasser an. Nachdem man die Mischung wiederum etwa 2 Stunden hatte stehen lassen, wurde abfiltriert und diese ganze Manipulation wiederholt. Die 3 gesammelten Filtrate wurden eingeeengt, in einen 250 ccm-Meßkolben filtriert und auf die Marke aufgefüllt. Mit dieser Lösung wurde nun die *Marshsche* Probe angestellt. Nach verschiedenen Vorversuchen ergab sich hierbei folgende Arbeitsweise:

In den Wasserstoffentwicklungskolben brachte man etwa 10—15 g arsenfreies Zink und 50 ccm arsenfreie Schwefelsäure 1:4. Nachdem die Wasserstoffentwicklung $\frac{1}{2}$ Stunde im Gange war und festgestellt wurde, daß die Chemikalien absolut arsenfrei waren, setzte man die zu untersuchende fragliche Arsenlösung zu und ließ die Wasserstoff- bzw. Arsenwasserstoffentwicklung $\frac{1}{2}$ Stunde in Gang. Hierauf setzte man nochmals 50 ccm arsenfreie, verdünnte Schwefelsäure zu. Bei dieser Manipulation beachtete man folgende besondere Vorsicht, indem man *nach* der Glühstelle des Arsenröhrchens einen nassen Wollfaden anbrachte, der dauernd feucht gehalten wurde, damit die Kühlung besonders intensiv war, um sicher eine quantitative Abscheidung des Arsens zu bewirken [siehe *Baumert*, Lehrbuch der gerichtlichen Chemie. I, 83 (1907)].

Die auf diese Weise erhaltenen Arsenspiegel haben wir mit selbst hergestellten Arsenspiegeln bekannter Größenordnung verglichen.

Die Schätzung ergab jeweils folgende Arsenmengen in 100 g Leichenasche:

I. Leichenasche des Selbstmörders K.

- a) Aus 10 ccm 0,09 mg As = 2,25 mg As in 100 g Asche.
- b) „ 10 „ 0,08 „ „ = 2,0 „ „ „ 100 g „
- c) „ 5 „ 0,02 „ „ = 1,0 „ „ „ 100 g „

II. Leichenasche der *ersten* daraufhin verbrannten Leiche.

- a) Aus 10 ccm 0,03 mg As = 0,75 mg As in 100 g Asche.
- b) „ 25 „ 0,07 „ „ = 0,7 „ „ „ 100 g „
- c) „ 50 „ 0,12 „ „ = 0,6 „ „ „ 100 g „

III. Leichenasche der zweiten daraufhin verbrannten Leiche.

- a) Aus 10 ccm 0,012 mg As = 0,3 mg As in 100 g Asche.
 b) „ 25 „ 0,03 „ „ = 0,3 „ „ „ 100 g „
 c) „ 50 „ 0,06 „ „ = 0,3 „ „ „ 100 g „

IV. Leichenasche der mit Salvarsan behandelten Person.

Aus 10 ccm 0,05 mg As = 1,25 mg As in 100 g Asche.

Um nun die Bestimmung der mittels der Arsenspiegel gefundenen Arsenmengen möglichst genau zu gestalten, haben wir das Arsen auch noch nach der Methode von *Ramberg* [s. Z. Unters. Lebensmitt. **52**, 448 (1926)] bestimmt. Die Methode sei, da sie nicht allgemein bekannt sein dürfte und uns als sehr vorteilhaft erschien, nachstehend angeben.

Ramberg hat kleinste Mengen Arsen in menschlichen Organteilen und in Pflanzenstoffen so bestimmt, daß er die in bekannter Weise unter Anwendung von angegebenen Kautelen hergestellten Arsenspiegel in geeignete 3 ccm fassende zylindrische Stöpselgläser verbrachte, mit 2 ccm 0,0005 Normal-Jodlösung und soviel Wasser versetzte, daß die Gläser fast gefüllt waren. Die Gläser werden, vor Licht geschützt, so lange geschüttelt, bis das Arsen in Lösung gegangen ist. Der Inhalt der Gläser wird hierauf mit wenig Wasser in einen kleinen Kolben gespült, mit 3 Tropfen kalt gesättigter Natriumbicarbonatlösung und alsdann mit 2 ccm 0,0005 Normal-Arsentrioxidlösung und 3 Tropfen Stärkelösung versetzt. Der Überschuß an Arsentrioxyd wird alsbald mit 0,0005 Normal-Jodlösung zurücktitriert. In gleicher Weise muß ein blinder Versuch nebenhergehen, um den jedesmal eintretenden anderweitigen Verbrauch an Jod festzustellen. Nach diesem Verfahren konnte *Ramberg*, wie durch eine größere Zahl Beleganalysen nachgewiesen worden ist, noch 0,0001 mg Arsen fast genau wiederfinden.

Wie gesagt, auch wir haben mit dieser *Ramberg*schen Methode gute Erfahrungen gemacht und haben nun die erhaltenen Arsenspiegel, nachdem wir den Gehalt an Arsen geschätzt hatten, nach dieser Methode weiter untersucht und nun folgende Zahlen festgestellt:

I. Leichenasche des Selbstmörders K.

- a) Aus 10 ccm 1,052 mg As in 100 g Asche.
 b) „ 10 „ 1,14 „ „ „ 100 g „
 c) „ 5 „ 1,13 „ „ „ 100 g „

II. Leichenasche der ersten daraufhin verbrannten Leiche.

- a) Aus 10 ccm 0,697 mg As in 100 g Asche.
 c) „ 50 „ 0,6575 „ „ „ 100 g „

III. Leichenasche der zweiten daraufhin verbrannten Leiche.

- a) Aus 10 ccm 0,34 mg As in 100 g Asche.
 b) „ 25 „ 0,267 „ „ „ 100 g „
 c) „ 50 „ 0,286 „ „ „ 100 g „

IV. Leichenasche der mit Salvarsan behandelten Person.

Aus 10 ccm 1,08 mg As in 100 g Asche.

Wir lassen eine Gegenüberstellung der geschätzten und der titrimetrisch ermittelten Werte folgen:

<i>Durch Schätzung ermittelt:</i>		<i>Durch Titration ermittelt:</i>	
<i>I. Leichenasche des Selbstmörders K.</i>			
a) Aus 10 ccm . . .	2,25 mg As	1,052 mg As in 100 g Asche.	
b) „ 10 „ . . .	2,0 „ „	1,14 „ „ „ 100 g „	
c) „ 5 „ . . .	1,0 „ „	1,13 „ „ „ 100 g „	
<i>II. Leichenasche der ersten daraufhin verbrannten Leiche.</i>			
a) Aus 10 ccm . . .	0,75 mg As	0,697 mg As in 100 g Asche.	
b) „ 25 „ . . .	0,7 „ „	—	
c) „ 50 „ . . .	0,6 „ „	0,657 mg As in 100 g Asche.	
<i>III. Leichenasche der zweiten daraufhin verbrannten Leiche.</i>			
a) Aus 10 ccm . . .	0,3 mg As	0,340 mg As in 100 g Asche.	
b) „ 25 „ . . .	0,3 „ „	0,267 „ „ „ 100 g „	
c) „ 50 „ . . .	0,3 „ „	0,286 „ „ „ 100 g „	
<i>IV. Leichenasche der mit Salvarsan behandelten Person.</i>			
Aus 10 ccm . . .	1,25 mg As	1,08 mg As in 100 g Asche.	

Wenn man nun die geschätzten und die durch Titration erhaltenen Werte vergleicht, so erhellt aus Ia, b und c, daß die Zuverlässigkeit der Schätzungsmethode unter Umständen sehr viel zu wünschen übrig läßt. Als richtigen Wert wird man den nach der *Ramberg*schen Methode gewonnenen Mittelwert von 1,1 mg Arsen in 100 g Asche annehmen müssen und man sieht, daß man durch die Schätzung ganz erheblichen Fehlern unterworfen sein kann (s. geschätzte Werte Ia und b). Verursacht werden diese Fehlschätzungen offenbar dadurch, daß das Arsen, sobald die Spiegel eine gewisse Arsenmenge übersteigen, dichtere Schichten bildet, welche eine genaue Schätzung unmöglich machen.

Die Grenze der noch einwandfrei schätzbaren Arsenspiegel scheint nach dem Ergebnis von Ic) bei 0,02 mg zu liegen. Man wird aber auf alle Fälle stets gut daran tun, die Schätzung durch die analytische Methode nachzuprüfen. Der Mehraufwand an Arbeit wird — abgesehen von der größeren Genauigkeit — in den meisten Fällen dadurch aufgewogen, daß man in Unkenntnis der zu erwartenden Arsenmengen aus den geschilderten Gründen stets mehrere Spiegel anfertigen muß, um den für die Schätzung geeignetsten Arsenspiegel von etwa 0,02 mg zu erhalten. Bei der Titrationsmethode wird man dagegen mit der üblichen Doppelbestimmung auskommen.

Jedenfalls scheint uns die eigentliche Kernfrage dieser Untersuchung durch die Anwendung der *Ramberg*schen Methode auf wesentlich siche-

rere Grundlagen gestützt zu sein. Diese Kernfrage war gleich wie in der ersten Arbeit die, ob das bei der Verbrennung flüchtige Arsen nicht in nachfolgend verbrannten Leichenaschen wiederzufinden sei. Wie schon seinerzeit durch einfachen, qualitativen Vergleich der Arsenspiegel aus 9 nach einer Arsenleiche gewonnenen Leichenaschen erkannt wurde, bestätigt auch die vorliegende quantitative Untersuchung, daß das Arsen sich in ganz erheblichen Mengen in die nachfolgenden Verbrennungen verschleppt. Man sieht aus I, II und III, wie die Arsenwerte in der Reihenfolge der Verbrennungen allmählich abklingen und man erkennt, daß die zweite nach K. verbrannte Leiche in 100 g Asche noch 15mal mehr Arsen enthält, als die gesamte Asche solcher Personen, die weder an Arsenvergiftung gestorben sind, noch zu Lebzeiten mit arsenhaltigen Arzneimitteln behandelt worden waren (l. c.).

Zur Klärung der Frage, ob und inwieweit eine zu Lebzeiten vorgenommene Arsenmedikation die Arsenmenge in Leichenaschen erhöht, wurde — wie schon eingangs erwähnt — die Asche einer Person untersucht (IV), welche früher mit Salvarsan behandelt worden war. Das Ergebnis zeigt, daß das Arsen einer derartigen Kur sich in solchem Maße im menschlichen Körper speichern kann, daß in der Leichenasche ebenso große Arsenmengen gefunden werden, wie in den Aschen von arsenvergifteten Personen. Man wird also bei positiven Befunden vor der Bejahung einer Arsenvergiftung stets aufklären müssen, ob nicht die Möglichkeit einer Verabreichung von Arsen in Form von Arzneimitteln vorgelegen haben kann. Selbstverständlich kann die durch unsere letzte und die vorliegende Untersuchung festgestellte Verunreinigung des Ofens mit Arsen auch von solchen mit Arzneimitteln behandelten Personen herrühren. Das kann unter Umständen für die Aufklärung eines Arsengiftmordverdachtcs sehr erschwerend sein. Nach unseren bisherigen Ermittlungen (l. c.) kann das Arsen einer Arsenleiche in die 9 nachfolgenden Verbrennungen verschleppt werden und es erscheint doch sehr fraglich, ob man im Falle eines Arsengiftmordverdachts stets in der Lage sein wird, die Möglichkeit einer Arsenmedikation aller 9 vorher verbrannten Personen einwandfrei auszuschließen.

Wir werden alle diese Fragen in jedem aus der Untersuchungstätigkeit sich bietenden Falle weiter nachprüfen. Insbesondere aber scheint es uns erforderlich, die Grenzen der normal im menschlichen Körper vorkommenden Arsenmengen durch möglichst umfassendes Material weiterhin festzulegen.

Zusammenstellung.

1. Zur quantitativen Bestimmung von Arsen in Leichenaschen wurde neben der Schätzung der durch die *Marshs*che Methode erhaltenen

Arsenspiegel die quantitative Bestimmung nach *Ramberg* vorgenommen, welche einwandfreiere Ergebnisse zeitigt.

2. Auch die Leichenasche von mit arsenhaltigen Heilmitteln behandelten Personen enthält erheblich mehr Arsen als die Asche von Personen, die zu Lebzeiten keine Arsenmedikation durchgemacht haben.

3. Die Frage, ob ein positiver Arsenbefund in Leichenaschen auf Giftmord zurückzuführen ist, kann nicht ohne weiteres bejaht werden, da Arsen längere Zeit noch im Verbrennungsofen und in den Leichenaschen nachgewiesen werden kann, wenn zuvor entweder eine andere durch Giftmord verstorbene Person oder eine zu Lebzeiten mit Arsen behandelte Person verbrannt worden ist.
