

Übersichtsreferat — Review Article

Probleme des Thalliumnachweises an Leichenmaterial

Otto Pribilla

Institut für Rechtsmedizin der Medizinischen Akademie Lübeck (BRD)

Eingegangen am 24. April 1973

Problems of Thallium Detection in Autopsy Material

Summary. The first part of the paper deals with methods for the determination of thallium, their sensitivities and detection limits. In the second part problems of thallium determinations in exhumed bodies are discussed, e.g.: periods between absorption and death, conditions influencing the decomposition during interment, etc. The metabolism of thallium in humans is compared with that in animals. A survey of the few published data (positive and negative) of thallium concentrations in cases of long inhumation is given and critically reviewed and the essentials for an evaluation of a positive thallium analysis in exhumed materials are discussed. It is suggested that each case of an exhumed thallotoxicosis should be published with exact data about the dosis, the duration of illness, the length of burial, the specimen analyzed and the analytical procedures involved. Accumulation of such data could close wide gaps in our knowledge about thallium poisonings with exist to this day.

Zusammenfassung. In vorliegender Arbeit wird zunächst im ersten Abschnitt über die Methoden zur Thalliumbestimmung und ihre Empfindlichkeit und Erfassungsgrenze berichtet. Dabei werden neuere physikalisch-chemische Methoden herausgestellt, die die früher üblichen qualitativ-chemischen Methoden weitgehend abgelöst haben.

Im zweiten Teil wird zum Problem des Thalliumnachweises an exhumiertem Leichenmaterial Stellung genommen. Dabei werden die Parameter erörtert, die von Einfluß auf einen möglichen Thalliumnachweis im exhumierten Material sind. Hierzu gehören in erster Linie die Dauer zwischen Giftaufnahme und dem Tod und zum zweiten die äußeren Bedingungen der nach dem Tod im Erdgrab eingetretenen Dekompositionsprozesse. Hierzu wird eine Übersicht über den Thalliumstoffwechsel, soweit er sich aus Tierversuchen auf den Menschen übertragen läßt, und die Ergebnisse der Literatur, soweit sie nach längerer Grabliegezeit positive und negative Thalliumbefunde mitteilt, gegeben. Die hier zu findenden Angaben sind unter Berücksichtigung der obengenannten Kriterien lückenhaft. Deswegen werden abschließend die notwendigen Voraussetzungen, die zur kritischen Würdigung eines im exhumierten Material nachgewiesenen Thalliumbefundes erforderlich sind, diskutiert. Es wird angeregt, daß jeder Fall einer exhumierten Thalliumvergiftung unter genauer Angabe der möglicherweise aufgenommenen Thalliumdosis, der Krankheitsdauer, der Grabliegezeit, der Angabe des untersuchten Materials und der eingesetzten Methode mit den quantitativen Ergebnissen veröffentlicht werden sollte, um unsere bisher im Gegensatz zum Arsen und Blei auf diesem Gebiet sehr lückenhaften Kenntnisse zu ergänzen.

Key words: Thalliumvergiftung — Vergiftungen, Thallium — Thalliumnachweis, im Leichenmaterial.

In den letzten Jahren haben einige in der Presse meist tendenziös und unsachlich dargestellte Vergiftungsfälle mit Thallium zu einer erneuten Beschäftigung mit der Thalliumtoxikologie, insbesondere aber auch der chemisch-analytischen Nachweismethodik geführt. Dabei wird man streng zu unterscheiden haben zwischen dem heute durch die Methoden der modernen Spurenanalyse möglichen Erfassungsgrenzen, insbesondere auch der physikalisch-chemischen Methoden bei der Untersuchung von anorganischem Material, und der speziellen Anwendung dieser Methoden auf die von vielen Faktoren beeinflusste forensisch-toxikologische Analyse von Leichenmaterial. Es erschien daher lohnend, eine Übersicht über die Entwicklung der chemisch-analytischen Methodik zur Bestimmung des Thalliums mit einer kritischen Würdigung der Literatur über den Thalliumnachweis an exhumiertem Leichenmaterial zu versuchen. Selbstverständlich kann hierbei nicht die gesamte in- und ausländische analytisch-chemische Literatur im einzelnen referiert werden. Es soll vielmehr versucht werden, unter Eingrenzung auf das spezielle Thema zur Frage, welche Erfahrungen bei der Untersuchung von Leichenmaterial nach längerer Grabliegezeit zum Nachweis einer evtl. Thalliumvergiftung vorliegen, auf die hier speziell vorliegenden Arbeiten und Trends einzugehen.

Im ersten Teil sollen daher die Methoden zur Thalliumbestimmung, ihre Spezifität und Empfindlichkeit bzw. Erfassungsgrenzen dargestellt werden, wie sie sich insbesondere aus den nach dem sog. Rohrbach-Prozeß erschienenen Arbeiten ergeben. Im weiteren Teil soll auf die Probleme der Untersuchung exhumierten Leichenmaterials auf Thallium unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse der Literatur eingegangen werden.

Dabei ist es jedoch erforderlich, die primäre Literatur, insbesondere unter Berücksichtigung der Krankheitsdauer der betreffenden Personen, der Grabliegezeit und des Zustandes des Materials auszuwerten. Schließlich soll die Frage erörtert werden, was zur Abklärung eines Vergiftungsfalles nach dem heutigen Stand der forensisch-toxikologischen Wissenschaft erforderlich, möglich und notwendig erscheint.

Methoden zur Thalliumbestimmung und ihre Empfindlichkeit

Es kann nicht Gegenstand dieser Ausführungen sein, alle überhaupt bekannten Methoden zur Analyse des Thalliums auf chemischem und zum anderen auf physikalischem bzw. physikalisch-chemischem Wege darzustellen. In den einschlägigen Handbüchern, wie z. B. in dem Buch von Koch u. Koch-Dedic, sind die einzelnen Methoden mit ihren Erfassungsgrenzen, der Empfindlichkeit und der Fehlerbreite im einzelnen dargestellt.

Während in früheren Jahren, etwa noch zur Zeit der ersten Thalliumvergiftungen (ab Ende der 20er Jahre) Künkele u. a. die chemische Abtrennung des Thalliums nach den Regeln der anorganischen Analyse mit entsprechender Aufarbeitung des biologischen Materials anwandten, fanden insbesondere nach dem sog. Rohrbach-Prozeß sehr viel empfindlichere Methoden zur Thalliumbestimmung Eingang in die forensisch-toxikologische Praxis. Diese Methoden wurden insbesondere von Geilmann u. Mitarb. entwickelt, um die bis dahin noch nicht geklärte Frage, ob Thallium ein normales Spurenelement des menschlichen Organismus ist, zu klären.

Insgesamt galt die Reaktion mit Kaliumjodid zur Fällung des Thalliumjodids, das sehr schwer löslich ist und in Form gelber, gelegentlich auch zunächst orangeroter Kristalle ausfällt, als empfindlichster chemischer Nachweis für das Thallium. Nach der Literatur gilt hier als Erfassungsgrenze eine Absolutmenge von 13 µg. Die Reaktion soll noch in einer Verdünnung von 1:770000 positiv sein. Beim Vorliegen reiner Thalliumsalzlösungen sind in 10 ml Gesamtvolumen mit einstündiger Wartezeit nach Kaliumjodidzusatz noch 36 µg, nach 24 Std

noch 13 μg Thallium nachweisbar. Diese Erfassungsgrenzen beziehen sich jedoch ausschließlich auf reine Thalliumsalzlösungen und dürfen nicht kritiklos auf die Analyse von komplex zusammengesetztem, biologischem Material übertragen werden.

Unter den rein chemischen Methoden wurden u. a. in neuerer Zeit solche entwickelt, bei denen nach Isolierung des Thalliums im Analysengang organische Komplexbildner verwendet werden, um das Thallium nachzuweisen. So erfaßt z. B. die Thionalid-Methode noch 0,1 μg pro Milliliter bei einer Grenzkonzentration von 1:10000000.

Auch die Rhodamin-B-Methode ist bei Anwendung reiner Thalliumlösungen hochempfindlich. Sie soll eine Erfassungsgrenze von 1,5 μg absolut haben (Schreiber).

Demgegenüber stehen die auch schon früher angewendeten, heute in der Technik jedoch wesentlich verfeinerten physikalisch-chemischen Methoden, so z. B. der spektralanalytische Nachweis einmal in Form der Emissionsanalyse mit Anregung des Thalliumions in der Bunsenflamme und durch Emissionsfunkspektralanalyse. Nach den einschlägigen Handbüchern gilt die einfache Bunsenflammenemission als ebenfalls recht empfindlich. Dabei sind photographisch noch 100 μg absolut an den entsprechenden Linien, nämlich 5350,5 und besonders 3775,7 Å erkennbar.

Die funkenemissionsspektrographische Methode, bei der man in einem Lichtbogen zwischen Kohleelektroden das Material abfunkt, ist empfindlicher. Dabei liegt die Thalliumlinie 3775,7 Å im Bereich der starken Cyanbande. Sie ist daher im Spektrogramm nur bis zu 2 μg absolut erkennbar.

Die polarographische Bestimmung des Thalliums wurde schon vor langen Jahren in die forensische Toxikologie eingeführt (Weinig, 1941/44). Eine wesentliche Verbesserung der Selektivität und der Empfindlichkeit konnte durch eine Vielzahl methodischer Varianten, so auch der Pulse-Polarographie, erreicht werden (s. hierzu: Reinhardt u. Zink).

Demgegenüber stehen heute wesentlich empfindlichere Methoden zur Erfassung des Thalliums auch im biologischen Material zur Verfügung. Es handelt sich hier einmal um das Verfahren der Atomabsorption, das eine Empfindlichkeit von 0,03 ppm aufweist. In jüngster Zeit ist dieses Verfahren durch Anwendung einer Gasküvette noch wesentlich verfeinert worden, so daß man etwa um 2 Zehnerpotenzen empfindlicher arbeiten kann.

Hier sei auch besonders auf die nach dem Rohrbach-Prozeß entwickelten Verfahren von Geilmann u. Neeb (1958) und auf die Arbeit von Geilmann u. Mitarb. (1960) hingewiesen. Bei den von diesen Autoren entwickelten Verfahren werden die organischen Stoffe in üblicher Weise mit Schwefelsäure und konzentrierter Salpetersäure verascht und die Reste organischer Substanz durch Zugabe von Perchlorsäure zerstört. Das Thallium wird dann über seine Bromide durch Ausschütteln mit Äther abgetrennt und am Ätherrückstand die Thalliumbestimmung voltametrisch, colorimetrisch oder spektralanalytisch durchgeführt.

Auch das Abtrennungsverfahren des Thalliums mittels Verdampfungsanalyse wäre im Falle von Knochen besonders gut verwertbar und würde zu einer Erfassung des Thalliums auch noch im Nanogrammbereich, also in einem Bereich bis herab zu 1×10^{-9} g, führen.

Nach entsprechender Aufarbeitung beschreiben die Autoren, daß dann die spektrographische Bestimmung im Gebiet von 1–200 ng mit einem Fehler von ± 10 –20% möglich sei.

Andererseits läßt sich das so abgetrennte Thallium voltametrisch nach elektrolytischer Abscheidung auf einem amalgamierten Platindraht bestimmen. Dabei sollen noch $0,5 \times 10^{-9}$ g mit einem Fehler von 5% absolut erfaßbar sein.

Schließlich nennen die gleichen Autoren noch eine colorimetrische Mikrobestimmung, die ebenfalls eine Erfassungsgrenze von 3–300 ng Thallium aufweist mit einem Bestimmungsfehler innerhalb von ± 3 ng.

Die durch Ätherextraktion erhaltene Br-haltige Thalliumlösung wird hierbei eingedampft und nach dem Zusatz von Fuchsinlösung mit 0,2 ml Amylacetat extrahiert und mikrocolorimetrisch die Farbintensität gemessen.

Gerade die zuletzt dargestellten Verfahren haben in der Zeit nach 1958 die Grundlage geschaffen für die Ermittlung des Thalliums als ubiquitär vorkommendes Spurenelement unter anderem auch im menschlichen Organismus.

Durch die Anwendung der quantitativen Massenspektrometrie konnten Weinig u. Zink nachweisen, daß die als Normalwerte in menschlichen Leichen (0,15 ng/g bis 29,5 ng/g) ermittelten Konzentrationen um Zehnerpotenzen unter den Werten lagen, die bei Vergiftungen angetroffen wurden.

Schließlich wäre als letztes, sehr empfindliches und spezifisches Verfahren hier die Neutronenaktivierungsanalyse zur Bestimmung des Thalliums insbesondere auch in Organaschen zu nennen. Hierzu hat Heyndrickx (1957) unter Anwendung der genannten Methode bei experimentellen Untersuchungen zur Behandlung von Thalliumvergiftungen bei Mäusen eine Empfindlichkeit von $1\text{ }\mu\text{g}$ bei einer Genauigkeit von $\pm 10\%$ angegeben.

Die genannten neutronenaktivierungsanalytischen Verfahren sind inzwischen ebenfalls wesentlich verfeinert worden, so daß von Pretorius u. Wainerdi auf dem Internationalen Symposium über die chemische Kontrolle der menschlichen Umwelt in Johannesburg (14. bis 18. 7. 1969) eine Empfindlichkeitsgrenze für die Bestimmung des Thalliums von $8 \times 10^{-6}\text{ g}$ angegeben wurde. Gerade aber auch die Neutronenaktivierungsanalyse verlangt einen ungewöhnlich hohen materiellen und personellen Aufwand, so daß sie in Deutschland nur selten bisher auf forensisch-toxikologische Probleme angewendet worden ist.

Nach diesen Darlegungen läßt sich sagen, daß nach dem heutigen Stand der Wissenschaft eine Anzahl sehr empfindlicher Methoden zur qualitativen und quantitativen Thalliumbestimmung auch in biologischem Material zur Verfügung steht.

Problematik der Untersuchung exhumierten Leichenmaterials auf Thallium

Nach Weinig gehört die Feststellung der Todesursache einer exhumierten Leiche zu den schwierigsten Aufgaben des Gerichtsmediziners. Er hat in seinem Übersichtsreferat, Juni 1957, Heidelberg, über die Nachweisbarkeit von Giften in exhumierten Leichen und in vielen späteren Veröffentlichungen darauf hingewiesen, daß es eine Reihe von chemischen und physikalischen Vorgängen gibt, die sich im lebenden und toten Organismus des Vergifteten abspielen bis zu dem Augenblick, an dem ein bestimmtes Gift im exhumierten Leichnam nachgewiesen werden kann. Weinig teilt daher das zeitliche Geschehen in mehrere Phasen ein, in denen äußere oder innere Bedingungen beim Lebenden oder bei der Leiche eine grundsätzliche Änderung erfahren. Es sind dies:

1. Die Zeit von der Giftaufnahme bis zum Tod,
2. Tod bis Beerdigung,
3. Beerdigung bis Exhumierung,
4. Exhumierung bis Untersuchung.

Für die erste Phase weist er darauf hin, daß nicht die aufgenommene Menge allein entscheidend für das spätere Gelingen eines Giftnachweises ist, sondern diejenige, die nach Ausscheidung, Durchfällen, Erbrechen usw. noch im Körper verbleibt. Auch der Aufnahmeweg, die Aufnahmeform, die Häufigkeit und Dauer der Giftaufnahme seien selbstverständlich von Bedeutung.

Über die Verteilung des Thalliums im Organismus bei tödlichen Dosen haben insbesondere Weinig und Schmidt Arbeiten vorgelegt und darin auch aus der Literatur bei Exhumierungen in den Leichenteilen gefundene Thalliumwerte zusammengetragen. Nach Rauschke und anderen Autoren verteilt sich das Thallium nach seiner peroralen Aufnahme sehr schnell im Organismus; wie spätere spezielle Untersuchungen zeigten, erfolgt dabei auch eine Einlagerung des Thalliums in das Skelet. In Übereinstimmung mit den Tierversuchsergebnissen fanden Schmidt u. Weinig bei 2 akut vergifteten Patienten, deren Leichen systematisch in allen Organen und im Skelet durchuntersucht wurden, in der Muskulatur, Leber, Niere, Lunge und Knochen hohe Werte des Thalliums, niedrige Werte in Gehirn, Fett- und Bindegewebe. Da die Muskulatur insgesamt etwa 30—45% des Körpergewichtes darstellt und die Knochen etwa 10% ausmachen, kann daraus eine

Abschätzung der im Körper zum Todeszeitpunkt enthaltenen Menge mit einiger Sicherheit erfolgen.

Andererseits ist aus Harnuntersuchungen bei überlebten Vergiftungen bekannt, daß die Thalliumausscheidung über Niere und Darm relativ lange anhält. Auch den eigenen Erfahrungen entspricht es, daß man gelegentlich über lange Wochen noch eine Thalliumausscheidung in Stuhl und Harn nachweisen kann, wobei auffällt, daß in der Phase der Spätausscheidung gelegentlich über mehrere Tage kein Thallium ausgeschieden wird, während man dann wieder im 24 Std.-Harn Thallium nachweisen kann. Nach Weinig u. Schmidt (1962) beträgt die Halbwertszeit des Konzentrationsabfalles des Thalliums im Harn 9—11 Tage. Das bedeutet, daß in dieser Zeit bei akuten Vergiftungen von dem ursprünglich im Harn ausgeschiedenen Wert die Hälfte bereits verschwunden ist. Auch mit dem Kot verlassen unterschiedliche Mengen den Körper, je nachdem, ob eine Diarrhoe oder Obstipation vorherrscht. Auch Arnold u. Mitarb. fanden bei einer Längsschnittuntersuchung bei einem Patienten 4 Wochen bis 5 Monate nach Aufnahme von Celio-Paste 55% der Gesamtausscheidung des Thalliums im Harn und 45% im Kot. Infolgedessen sind Weinig u. Schmidt der Auffassung, daß damit gerechnet werden müsse, daß in den Organen und Geweben mit den größten Giftkonzentrationen bei akuter Thalliumvergiftung mehr als 3 Monate lang Thallium nachweisbar sei und diese gegenüber dem ubiquitären Thallium deutlich vermehrte Mengen enthalten. Die nach Obduktionen bei tödlichen Thalliumvergiftungen im Körper gefundenen Mengen sind dabei nur der Ausdruck der Gesamtkonzentration des Thalliums zum Todeszeitpunkt. Die ursprünglich aufgenommene Giftmenge muß natürlich größer gewesen sein. Genaue Angaben sind kaum zu machen, wenn man die Vergiftungsdauer nicht berücksichtigt. Nach Weinig u. Schmidt kann man annehmen, daß in den ersten 10 Tagen bei schweren Thalliumvergiftungen etwa 100 mg Thallium den Körper wieder verlassen haben, wobei die Ausscheidungskurve einer Exponentialfunktion folgt. Die nachfolgenden Ausscheidungsmengen sind dann sehr viel kleiner, wenn sie nicht durch diuretische oder laxierende Maßnahmen gesteigert werden. Aus dem eigenen Untersuchungsgut ist ein Fall bekannt, bei dem 9 Monate nach klinisch und chemisch gesicherter Thalliumvergiftung der Tod an Tuberkulose eintrat. In den toxikologisch untersuchten Leichenorganen war Thallium chemisch nicht mehr aufzufinden.

Nach diesen heute bekannten Ergebnissen muß man also auch für die Erörterung der Frage der Nachweisbarkeit des Thalliums in exhumiertem Material die vor dem Tod abgelaufene Krankheitsdauer berücksichtigen, da selbst bei einer tödlichen Dosis große Mengen des Thalliums bis zum Todeszeitpunkt ausgeschieden sein können.

Da lange Jahre die Frage der Einlagerung des Thalliums in das Skelet und die hierbei erzielten Konzentrationen nicht abgeklärt waren, wurde insbesondere nach dem Rohrbach-Prozeß mit Hilfe des radioaktiven Thalliums versucht, hierzu nähere Einzelheiten zu ermitteln. So konnten Billek u. Machata 1964 an Kaninchen, die 10 mg pro Kilogramm radioaktives Thallium peroral erhielten, nachweisen, daß das Thallium relativ schnell auch in Oberschenkelknochen und Wirbelknochen einwandert. Aus der von diesen Autoren mitgeteilten Tabelle geht aber hervor, daß in Abhängigkeit von der Zeit nach der Giftaufnahme der Gehalt des Thalliums aus den Knochen ebenfalls sehr stark abfällt. So ergibt sich aus dem Dia-

gramm, daß der Wert für den Oberschenkelknochen des Kaninchens von zwischen 10^2 und 10^3 μg Thallium pro 100 g über 29 Tage auf fast die Hälfte und über 57 Tage auf einen Wert von etwa 10^1 $\mu\text{g}/100$ g abgesunken war. Dabei war der Abfall des radioaktiven Thalliums in Leber und Niere jedoch sehr viel schneller vor sich gegangen. In dieser Arbeit wurde bewiesen, daß mit den normalen Analysenmethoden das „natürliche“ Thallium nicht erfaßt wurde.

1968 haben dann Weinig u. Sailer sich besonders dem Problem der zeitlichen Änderung der Thalliumkonzentrationen in den verschiedenen Knochen innerhalb der ersten 24 Std nach einmaliger Thalliumgabe zugewandt. Sie weisen darauf hin, daß schon nach einer älteren Arbeit von André u. Mitarb. (1960), die eine autoradiographische Methode benutzten, bekannt sei, daß bei Mäusen eine starke Anhäufung des Thalliums in Röhrenknochen, besonders in der subperiostalen Zone und im Endost zu beobachten seien. Im Knochenmark dagegen sei die Aktivität des radioaktiven Thalliums sehr niedrig gewesen. Schon nach 1 Std hätten diese Autoren Thallium im Schenkelknochen festgestellt. Nach 10tägiger Überlebenszeit war die Radioaktivität aus den Knochen rascher verschwunden als aus der Muskulatur. Wie schon oben erwähnt, hat auch Rauschke an Ratten mit Thallium²⁰⁴ zeigen können, daß in den ersten 12 Std beim Knochen die Impulsrate von Stunde zu Stunde zunimmt und dann im Laufe von 2 Tagen unregelmäßig abnahm. Dabei lagen die Werte in den Nieren um das 8fache und in der Leber um das 4fache über denen des Röhrenknochens. Auch aus der Arbeit von Billek u. Machata läßt sich entnehmen, daß das Thallium aus dem Oberschenkelknochen in einem Zeitraum bis zu 57 Tagen von 0,684 mg% auf 0,010 abgefallen war.

Weinig u. Sailer wandten sich nun besonders der Methodik der Analyse des Thalliums im Knochen zu und konnten unter anderem nachweisen, daß bei menschlichem Knochen, der bei 500° im Muffelofen geglüht wurde, in den ersten 3 Std keine nennenswerten Thalliumverluste eintraten, wohl aber bei den platten Knochen und bei den sehr viel kleineren Knochen der Meerschweinchen. Sie zeigten mit ihrer Versuchsreihe, daß die Thalliumwerte im Oberschenkelknochen in den ersten Stunden ansteigen und bereits nach einem halben Tag eine langsam abfallende Tendenz zeigen. Dabei war, wie zu erwarten, der Gehalt in den stoffwechselaktiven platten Knochen wesentlich höher als in den langen Röhrenknochen. Am Ende des ersten Tages sanken die Werte des Thalliums sämtlicher Knochen bereits langsam ab, und nach ca. 2 Tagen lagen die Thalliumwerte aller Knochen nahe beieinander, so daß man unter Umständen bei akuten Vergiftungen aus der Relation des Thalliumwertes in den platten und den Röhrenknochen unter Umständen darauf schließen kann, wie lange die Thalliumgabe zurückliegt.

Aus diesen relativ wenigen Versuchen läßt sich entnehmen, daß das Problem der Thalliumeinlagerung in den Knochen und die Wiederausscheidung des Thalliums aus dem Knochen keineswegs abschließend gelöst ist. Vergleiche mit den Erfahrungen beim Blei sind nicht zulässig. Beim Blei handelt es sich um ein Schwermetall, über das schon lange und sehr viel mehr auch wissenschaftlich hinsichtlich der Einlagerung im Knochen gearbeitet worden ist.

So ist von Blei bekannt, daß es unter anderem in das Kristallgitter der anorganischen Substanz des Knochens, nämlich in den Hydroxylapatit, anstelle eines Calciumatoms eingebaut werden kann und dort eine sehr lange Verweildauer hat.

Grundsätzlich muß man bei Einlagerung von Substanzen in den Knochen unterscheiden, ob diese in den stoffwechselaktiven Zonen des Knochens oder in das Kristallgitter der Gerüstsubstanz erfolgt. Zum dritten gibt es auch eine rein adsorptive Bindung innerhalb der Knochenlamellen sowie schließlich eine Einschwemmung rein auf dem Wege des Blutstromes, so daß die Verhältnisse außerordentlich kompliziert sind. Für das Blei ist bekannt, daß infolge der Einlagerung in das Kristallgitter des Hydroxylapatits selbst eine sehr lange Verweildauer im Knochen resultiert. So kann man unter anderem durch Komplexsalzbildner das Bleidepot in der anorganischen Matrix des Knochens noch nach Jahren wieder ausschwemmen.

Alle diese Dinge sind für das Thallium dagegen noch vollständig unbekannt. Es ist sogar unwahrscheinlich, daß sich das Thallium analog dem Blei verhält, wie alleine schon der Vergleich des Ionenradius des Thalliums und des Bleis zeigt. Der Ionenradius, der entscheidend für die Einlagerung eines Ions in ein Kristallgitter ist, beträgt nämlich beim Thallium 1,05 (0,95) Å, während der entsprechende Wert für das Blei 0,84 Å beträgt. Das heißt, daß der sterische Raumbedarf für ein evtl. einzulagerndes Thalliumion wesentlich größer ist als der des Bleis. Diese Eigenschaft des Thalliums macht man sich unter anderem technisch zunutze, wenn man sog. gestörte Kristallgitter aufbauen will.

Daß auch die übrigen chemischen Eigenschaften des Thalliums, die vom Blei deutlich verschieden sind, eine Rolle in der forensischen Toxikologie spielen, konnten Weinig *u. Mitarb.* unter anderem auch dadurch zeigen, daß sie Lebern von blei- bzw. thalliumvergifteten Kaninchen faulen ließen. Es wurde dabei festgestellt, daß der ursprüngliche Bleigehalt der Leber etwa gleichblieb, die sich bildende Fäulnisflüssigkeit aber entsprechende Bleimengen aufwies. Wurde jedoch das gleiche Experiment mit Lebern thalliumvergifteter Kaninchen durchgeführt, so ergab sich ein Absinken des Thalliumgehaltes mit dem Flüssigkeitsverlust und eine Anreicherung des Thalliums in der Fäulnisflüssigkeit am Boden des Gefäßes. Schmidt weist mit Recht darauf hin, daß dies auf die unterschiedliche Gewebseinsparung und Wasserlöslichkeit der Thallium- bzw. Bleisalze zurückzuführen sei.

Auch für die Phase zwischen Beerdigung und Exhumierung ist es von großer Bedeutung, welche äußeren Einflüsse, also insbesondere welche Bodeneinflüsse auf die Leiche einwirken. Dabei ist zu betonen, daß selbstverständlich auch bei intaktem, verschlossenem Sarg Sickerwasser und teilweise auch feinere Bodenbestandteile in den Sarg eindringen können. Das Entscheidende hierbei ist für die Art der Abbauprozesse, denen die Leiche unterliegt, ob die Beerdigung in schweren, lehmhaltigen, feuchten oder aber trockenen, porösen, luftdurchlässigen Böden erfolgt. In den porösen, luftdurchlässigen Böden sind der Sarg und damit auf die Dauer auch der Sarginhalt selbstverständlich auch dem Sickerwasser ausgesetzt. Daneben spielt auch der pH-Wert, d. h. der Säuregrad des Bodens, eine gewisse Rolle. Ebenso hängt es von den einzelnen chemischen Bodenbestandteilen ab, ob im Verlaufe der Fäulnis- bzw. Verwesungsvorgänge die dann skeletierten Knochen weiteren Demineralisationsprozessen unterworfen sind oder nicht. Bei diesen Demineralisationsprozessen kann es durchaus zu einem Umbau auch anorganischer Mineralbestandteile und Salze, so z. B. zu einer Carbonatbildung und damit unter Umständen einer Löslichmachung ursprünglich in unlöslich oder wenig löslicher Form vorliegender Metallsalze kommen.

Schon 1957 wies Weinig in seinem oben zitierten Referat über die Nachweisbarkeit von Giften in exhumierten Leichen darauf hin, daß auch die Witterungsverhältnisse vor der Beerdigung von entscheidender Bedeutung für die Geschwindigkeit der Leichenzersetzung später im Erdgrab seien. Die Einflüsse des Erdgrabes nähmen einen wesentlich größeren Umfang an. Dabei spielte es natürlich eine Rolle, ob Feuchtigkeit und Erde in den Sarg eindringen könnten oder nicht. Die Vorgänge in der Graberde selbst seien abhängig von der Bodenart, der Bodentätigkeit, der Bodentemperatur und der Bodenfeuchte. Es ist seit langem bekannt, daß selbstverständlich der Säuregrad des Bodens, der Humingehalt oder aber auch die Porosität der Böden, in denen Luft und Wasser leicht durchdringen, von entscheidendem Einfluß auf die Leichenzersetzung sind. Der Einfluß des Bodens auf die Art der Leichenzersetzung im Erdgrab auch innerhalb des Sarges ist ferner vom Klima des Friedhofes und von dem sogenannten Mikroklima des Bodens selbst abhängig. Darüber hinaus sind auch Bodenflora und Bodenfauna, also die Möglichkeit der Schimmelsiedlung, der Bakterientätigkeit usw. von wesentlichem Einfluß auf die Art und die Schnelligkeit der Leichenzersetzung. Dabei ist es eine Erfahrungstatsache, daß Leichen in sandigen, trockenen Böden schneller zersetzt werden. Auch der Sauerstoffgehalt, der bei trockenen Böden höher ist als bei feuchten, beschleunigt die Verwesung. Dabei liegt die Leiche im Erdgrab stets im Bereich der Durchgangszonen des Sickerwassers, was insbesondere bei trockenen, wasserdurchlässigen Böden dazu führt, daß selbstverständlich auch der Sarg von Feuchtigkeit durchsetzt werden kann. Weinig weist mit Recht darauf hin, daß in den ersten Wochen und Monaten der sog. „blühenden Fäulnis“ reichliche Mengen von Fäulnisflüssigkeit und damit auch Gifte in die Sargfüllmasse eindringen und schließlich durch die Sargbretter in die Erde versickern. Bei Einsetzen von Flüssigkeitsverschiebungen können dabei mitunter erhebliche Unterschiede in den Giftkonzentrationen auftreten. Er sagte: „Angesichts der tiefgreifenden Vorgänge, die sich im beerdigten Leichnam abspielen, und der Vielfältigkeit der Einflüsse, die zum großen Teil nicht voraussehbar sind, ist eine sichere Voraussage über den zu erwartenden Zustand der Leiche und über die Erfolgsaussicht des Giftnachweises nicht immer möglich. Bei Metallgiften ist bis zu 6 Jahren mit guten Nachweismöglichkeiten zu rechnen. Wenn dann die Skeletierung einsetzt, sind die Aussichten nicht mehr ganz so gut, doch sind nach vielen Jahren in fast skeletierten Leichen noch Metallgifte nachgewiesen worden.“ Er weist dann darauf hin, daß man, wenn überhaupt noch mit der Möglichkeit des Vorhandenseins von Knochenresten zu rechnen ist, bis zu 20 Jahren einen Nachweis versuchen könne.

In der gleichen Arbeit stellt dann Weinig die aus der Literatur zu entnehmenden, positiv gelungenen Nachweise bei Thalliumvergiftungen bei exhumiertem Material in ihrer zeitlichen Reihenfolge zusammen, die weiter unten ausführlich in bezug auf den Erhaltungsgrad der Leichen, die gefundenen Mengen und die Krankheitsdauer zusammengetragen werden sollen. Dies ist unbedingt erforderlich, da hierbei eine kritische Abschätzung der Wertigkeit der einzelnen gelungenen Nachweise nach längerer Grabliegezeit möglich ist, wie aufzuzeigen sein wird.

Andererseits kommt es im Einzelfall auf die jeweils abgelaufenen Verwesungsprozesse entscheidend an. Schmidt wies darauf hin, daß die Fäulnis mit vorwiegend anaeroben Prozessen nach einiger Zeit in die Verwesung mit vorwiegend oxidativen

Prozessen überginge. Die Bedingungen, nämlich der Einfluß der Temperatur, der Möglichkeit des Luftzutritts, der Feuchtigkeit der Umgebung, bewirkten stark unterschiedliche Abläufe der Leichenzersetzung. Durch die Fäulnis können daher Leichen nach wenigen Wochen bereits stark entwässert sein, was selbstverständlich durch entsprechende Tätigkeit der Leichenfauna und -flora beschleunigt werden kann. Bei der Verwesung werde die Leiche im Verlaufe von Monaten teilweise skelettiert, Weichteilreste von schmutzig-grauweißer bis dunkelbräunlicher Farbe blieben oft sehr lange erhalten. Im Erdgrab werden gelegentlich auch 10 Jahre nach der Beerdigung vielfach noch Weichteilreste zu finden sein. Dabei führt aber die Verwesung insbesondere in trockenen luftdurchlässigen und wasserdurchlässigen Böden auch innerhalb des Grabes oft sehr schnell zu einer weitgehenden Entmineralisierung und gelegentlich auch Mumifikation.

Bei der Verwesung kommt es selbstverständlich auch unter den genannten äußeren Einflüssen zu einer Veränderung des Knochens. Diese geht aber im allgemeinen sehr viel langsamer vor sich als der vollständige Schwund der Organe und der Körperdecke. Ein Maß für den Abbau bzw. die Umwandlungsprozesse des Knochens ist dabei ihre Entfettung und Austrocknung. Sie beansprucht in aller Regel nach Mueller durchschnittlich 10 Jahre. Mueller weist aber ebenfalls darauf hin, daß es hier auf die Art des Bodens ankomme. Bei trockenen Böden ginge dies schneller als in feuchten. Nach einer Liegezeit, die 10 Jahre überschreitet, sind die Knochen im allgemeinen morsch und brüchig, können aber in weitgehend entmineralisierter Form über Hunderte von Jahren erhalten bleiben. Bei dieser geschilderten trockenen Verwesung mit oxidativen Einflüssen kann es also auch zu einem Schwund der Mineralbestandteile des Knochens kommen, d. h., der Knochen wird porös und nimmt in seinem Gewicht ab. Andererseits kann es, worauf insbesondere Berg hingewiesen hat, auch zu einer Veränderung in der chemischen Zusammensetzung des Hydroxylapatits kommen, d. h., die Calciumphosphate können unter Umständen in Carbonate, d. h. in löslichere Verbindungen umgewandelt werden.

Wenden wir uns nun den vorliegenden qualitativen und quantitativen Ergebnissen von Thalliumbestimmungen an exhumiertem Leichenmaterial zu, so ergibt sich folgende Übersicht:

Künkele beschrieb 1938 einen Doppelmord (Fall Brodesser-Johannesberg aus Pützchen bei Bonn), bei dem die Leichen nach einem Jahr exhumiert wurden. Bei der Frau fanden sich — Organe waren nicht mehr vorhanden — im Muskelfleisch 25 mg Thallium pro 100 g. Bei dem Manne werden 0,8 g Thallium, umgerechnet auf das Körpergewicht, nicht aber eine Konzentration oder das Untersuchungsmaterial angegeben.

Ein unveröffentlichter Fall von Künkele, der in der Arbeit von Steidle zitiert ist, wurde nach 8 Jahren Grabliegezeit exhumiert. Es heißt in der Originalarbeit von Steidle: „Laut brieflicher Mitteilung von Dr. Künkele: In der 8 Jahre nach dem Tode exhumierten Leiche eines unter den Zeichen einer Thalliumvergiftung verstorbenen Mannes wurde Thallium gefunden.“ Dieser Fall enthält keinerlei Angaben darüber, ob der Betreffende akut verstorben ist, keine Angaben über die Dosis, keine Angaben über den Erhaltungszustand der Leiche.

Kommen wir nun zum Fall Böhmer 1, so handelt es sich hier um einen Patienten, der vom 17. 2. 1933 bis zum 19. 3. 1933 klinisch stationär behandelt

wurde. Das klinische Bild entsprach dem einer Thalliumvergiftung. Angaben über die aufgenommene Dosis finden sich nicht. Die Leiche wurde nach 5 Jahren Grabliegezeit, nämlich am 2. 3. 1938, exhumiert. „Sie lag in einem trockenen Erdgrab, fast an der höchsten Stelle eines auf einer Anhöhe befindlichen Friedhofes. Die Leiche war wohl stark vertrocknet und verwest, aber an den wesentlichen Teilen noch gut erhalten. Die Obduktion ergab als wesentliches: Brust und Bauch mit weißem und gelbem Pilzrasen bedeckt. Der Gesichtsschädel mit dem Oberkiefer nach rückwärts in das Holzwollkissen gesunken. Das Schädeldach liegt frei, nur im Nacken ein paar Hautfetzen stehengeblieben. Die Zähne fast alle vorhanden. In der Schädelkapsel liegt das Gehirn als gut apfelgroßes Gebilde. Auf dem Schnitt sind Hirnrinde und weiße Substanz noch erkennbar. Die linke Lunge als faustgroßes, mit Pilzrasen bedecktes Gebilde zu erkennen. Rechts ein kleineres Gebilde, wie das vorherige auf dem Schnitt als Lunge zu erkennen. In der Gegend des Herzens ein faustgroßes Gebilde mit Gewebsblättern, welche Hohlräume umgaben. Auf dem Schnitt anscheinend Muskelzeichnung. Der Lage der Speiseröhre entsprechend ein lederartiges, zusammengefaltetes Gebilde. Ebensolche entsprechend der Lage der linken Niere, der Milz und der rechten Niere. Der aufsteigende Dickdarm verhältnismäßig gut erhalten mit lederartiger, trockener Wandung. 4 Kotknollen enthaltend, ebenso der Enddarm und mehrere Dünndarmschlingen. Die Blase noch vorhanden. Bei der mikroskopischen Untersuchung ließen sich in den beschriebenen Organen noch Muskelfasern, an den Blutgefäßen noch Reste der Wandungen, an den Lungen noch ein Rest des elastischen Gewebes und an den Nieren vereinzelt Spuren von Gefäßschlingen und deren Kapseln erkennen. Zur chemischen Untersuchung kamen Herz und Gehirn, aber nur 50 g. Es wurde ein positiver Arsenbefund erhoben. Es heißt dann weiter: „Thallium ließ sich chemisch in dem geringen und verschmutzten Material nicht mehr mit Sicherheit nachweisen. Es fand sich spektroskopisch eindeutig und sicher in Lungen, Leber und Knochen, zweifelhaft in Herz und Gehirn und fand sich nicht in Speiseröhre, Dünndarm, Dickdarm, Niere und Zähne, Sarginhalt und Erde aus dem Grab.“

In der gleichen Arbeit betont Böhmer: „Der Nachweis von Thallium gelang 5 Jahre nachher an der exhumierten Leiche. Er mag begünstigt gewesen sein durch die Tatsache, daß die Leiche sich in einem trockenen Erdgrab verhältnismäßig gut gehalten hatte. Die Organe waren weitgehend geschrumpft. Die zur Untersuchung zur Verfügung stehenden Gewichtsmengen waren nur gering. Der chemische Nachweis führte nicht zum Ziel. Der spektroskopische Nachweis war von Erfolg begleitet, vor allem in den Organen, welche auch sonst Thallium zu speichern pflegen.“

Auch der 2. von Böhmer mitgeteilte Fall betrifft eine sehr gut erhaltene Leiche. Die Vergiftung betraf einen 52jährigen Mann, der nach 6 Wochen Haarausfall bekam, nach 4 Monaten Krankenzustand ging er zum Arzt, nach weiteren 4 Wochen höhergradiger Kachexie trat der Tod ein. Die Exhumierung erfolgte nach 6 Monaten. Der Thalliumnachweis war positiv. Bei diesem Fall ist weder die verwendete Methode des Nachweises noch sind die untersuchten Organe angegeben.

Auch die Fälle von Jansch bzw. Jansch u. Meyer sind in ihren Angaben zur Auswertung teilweise lückenhaft. So hat er in seinem Fall aus dem 4. Juli 1933 keinerlei Angaben über die Grabliegezeit gemacht. Es heißt hier nur „exhumierte Leichenteile, und zwar der 1. und 2. Giftwege, das heißt Magen und Darm, Leber

und Nieren, verschiedene Sarggegenstände und Erdproben“. Die Untersuchung auf Thallium verlief positiv. In den ersten Wegen errechneten sich 50,8 mg Thalliumsulfat = 3,8 mg% (gleiche Verteilung vorausgesetzt). Für die Leber 3 mg%, für die Nieren 3 mg%. In allen anderen eingeschickten Untersuchungsobjekten, nämlich Sarggegenständen, Erde u. a. konnte Thallium nicht nachgewiesen werden.

In seinem 5. Fall findet sich eine nähere Angabe. Die Leichenteile stammten aus einer Leiche nach 6 Monaten und 3 Wochen Grabliegezeit. Keine Angabe über Krankheitsdauer und Dosis. Die nachgewiesenen Thalliummengen waren sehr hoch. Es wurde kein Knochen untersucht.

Nur in seinem 7. Fall vom Mai 1937, in dem Jansch keine Angaben über die Krankheitsdauer, die Dosis und die Grabliegezeit macht, wurde auch der Röhrenknochen mituntersucht. Während hier in den ersten und zweiten Giftwegen Thallium nachgewiesen wurde, konnte in der Haut, den Haaren und im Knochen sowie in den Fingernägeln Thallium nicht nachgewiesen werden.

Der nächste Fall Janschs betraf ein exhumiertes Kind. Die Grabliegezeit ist ebensowenig angegeben wie die Krankheitsdauer. Es waren eingeschickt worden: Schädeldach, Knochen, Haare, hauptsächlich weiße, trockene, leicht wachsartige Massen, oberflächlich mit bräunlichen, humusartigen Schichten überzogen in einer Menge von 605 g. Es heißt hier nur, daß in dem untersuchten Inhalt des Glases reichliche Mengen Thallium aufgefunden wurden, und zwar in einer Konzentration von 7,8 mg%. Eine Differenzierung, ob hier auch im Knochen Thallium gefunden wurde, erfolgte nicht.

In seinem 9. Fall, bei dem es sich ebenfalls um exhumierte Leichenteile handelt, ohne daß Angaben über Krankheitsdauer, Dosis oder Grabliegezeit gemacht werden, wurde zwar in den asservierten, wachsartig, bräunlich gefärbten Massen, nicht aber im Knochen, den mitgeschickten Sarggegenständen und Erdproben Thallium gefunden.

Schließlich erscheint aus der zitierten Arbeit von Jansch noch sein letzter (10.) Fall bemerkenswert, in dem die Leichenteile nach 14 Jahren Grabliegezeit entnommen wurden. Auch hier fehlt jedoch die Angabe über die Krankheitsdauer zu Lebzeiten und eine möglicherweise aufgenommene Giftdosis. Es wurden hier Knochen, Haare, Sargholz, Sarggegenstände etc. und Erdproben zur Untersuchung in erster Linie auf Thallium eingeschickt. „Thallium konnte in allen Untersuchungsobjekten nicht nachgewiesen werden. In 100 g Leichenteilen fanden sich 10 Gamma Arsen, sehr geringe Mengen Kupfer und ziemlich reichliche Mengen Zink. In den Knochen war Arsen in einer Menge von 5—6 Gamma für 100 g und Kupfer und in geringer Menge Zink aufzufinden. Diese Spuren rührten offensichtlich vom Zinkblech des Sarges und von Sarggegenständen her.“ Leider ergibt sich hier nichts über eine möglicherweise zu Lebzeiten bestehende Thalliumvergiftung. Da aber dieser Fall in der zitierten Arbeit im Kontext mit der ausdrücklichen Thematik „quantitative Thalliumbestimmung in Leichenteilen“ steht, wäre es besonders interessant, wenn es sich hier tatsächlich um eine klinisch beobachtete Thalliumvergiftung gehandelt hätte. Dies läßt sich aber aus der Veröffentlichung nicht entnehmen.

An eigenem Material wurde die Leiche einer 35jährigen Frau nach 14 Jahren und 5 Monaten Grabliegezeit exhumiert. Klinisch war eine Thalliumvergiftung 1947/48 sehr wahrscheinlich. Die Krankheitsdauer unter den charakteristischen Symptomen betrug 4 Monate. Die chemische Untersuchung des porösen Knochens

verlief ebenso wie die Röntgenfluoreszenzanalyse auf Thallium nicht eindeutig, so daß der Befund als „nicht nachzuweisen“ herausgegeben wurde.

Schon diese Übersicht aus der Originalliteratur läßt in Übereinstimmung mit der eigenen Erfahrung erkennen, daß unsere Erkenntnisse über die Möglichkeit des chemisch-toxikologischen Nachweises des Thalliums an exhumiertem Knochenmaterial außerordentlich lückenhaft sind. Es ist daher meines Erachtens wenig zuzustimmen, der schon 1957 ausgeführt hat, „daß man über die Nachweisbarkeit von Giften an exhumierten Leichen folgendes sagen kann: Bei den Metallgiften ist bis zu 6 Jahren mit guten Nachweismöglichkeiten zu rechnen. Bei den übrigen anorganischen Giften hängt dies von der chemischen Natur des Giftes ab. Der Metallgiftnachweis kann bis zu 20 Jahre nach dem Tode versucht werden, wenn auch die Begutachtung, ob eine Vergiftung vorgelegen hat, mit der Länge der Zeit auf immer größere Schwierigkeiten stößt.“

Aus der Übersicht der in Tabelle 1 aufgeführten Fälle läßt sich entnehmen, daß in der Literatur zum Thalliumnachweis aus exhumiertem Leichenmaterial sehr wesentliche Angaben fehlen. Hierbei ist bedauerlich vor allem das vollständige Fehlen der jeweiligen Krankheitsdauer zwischen Giftaufnahme bis zum Tod. Gerade diese Angabe ist ja von besonderer Bedeutung, wenn man die oben niedergelegten Erkenntnisse über die Thalliumausscheidung berücksichtigt. Man wird es sicherlich nicht von der Hand weisen können, wie sich auch aus dem eigenen, unveröffentlichten Fall ergibt, daß bei monatelangem Krankheitsverlauf große Mengen des ursprünglich zur Vergiftung führenden Thalliums bereits ausgeschieden sind. Kommt dann eine lange Grabliegezeit und möglicherweise eine durch die oben geschilderten Umwelteinflüsse entstandene Entmineralisierung des Knochens dazu, so dürfte der Thalliumnachweis hohe Anforderungen an die moderne forensisch-toxikologische Untersuchungsmethodik stellen.

Nach diesen grundsätzlichen Darlegungen über die Problematik und die Schwierigkeiten eines evtl. Giftnachweises, auch eines Thalliumsnachweises an exhumiertem Leichenmaterial, insbesondere Knochen, wird man jedoch feststellen können, daß es zwar heute eine ganze Reihe von außerordentlich empfindlichen chemischen und physikalisch-chemischen Methoden zum Thalliumnachweis gibt. Ihre Anwendung, insbesondere auf exhumiertes Leichenmaterial, bedarf aber großer Kritik und Sorgfalt. Nur die Berücksichtigung der oben niedergelegten einzelnen Faktoren, die von Einfluß auf die Nachweismöglichkeit des Thalliums in derartigem Untersuchungsgut sind, läßt den Schluß zu, daß es durchaus möglich, nicht aber sicher erscheint, daß auch nach einer langen Grabliegezeit bei weitgehender Verwesung mit den dadurch bedingten Veränderungen der Weichteile, insbesondere aber auch des Knochens, ein Thalliumnachweis zu führen ist. Die heutigen Erkenntnisse reichen wohl nicht aus, eine Gesetzmäßigkeit aufzustellen, wie lange Thallium in inhumiertem Material erhalten bleibt. Anders als beim Arsen und Blei fehlen uns hier, worauf schon hingewiesen wurde, systematische Untersuchungen über lange Zeiträume. Beweiskräftige Aussagen, ob zu Lebzeiten bei einer nach längerem Kranklager verstorbenen Person und Vorliegen einer sehr langen Grabliegezeit eine Thalliumvergiftung bestanden hat, sind nur unter Berücksichtigung der oben geschilderten, sehr komplexen Parameter möglich. Es wird also in jedem Falle erforderlich sein, etwa anzustellende Ermittlungen insbesondere auch auf die genannten Parameter abzustellen.

Tabelle 1

Autor und Jahr	Alter	Krankheitsdauer	Grabliegezeit	Untersuchungsmaterial	Methode	Tl.-Konzentration
Künkele 1 + 2	?	Tage 2½ Mo.	1 Ja. 1 Ja.	Muskel ?	chem.	25 mg%
Künkele zit. nach Steidle (1939)	?	?	8 Ja.	?	?	?
Böhmer 1 (1938)	?	25 Tage	5 Ja.	Herz, Gehirn, Lunge, Knochen, Speiseröhre D. Darm, Dickdarm, Niere, Zähne, Erde, Sarginhalt	chem. spektroskop. spektroskop. spektroskop. spektroskop. spektroskop. spektroskop. spektroskop. spektroskop.	∅ (+) + ∅ ∅ ∅ ∅ ∅ ∅ ∅
Böhmer 2	52 Ja. ♂	9,5 Mo.	6 Mo.	?	?	+
Jansch, Jansch u. Meyer (1962) Fall 4 (1952)	?	?	?	1. Giftwege Leber u. Niere		3,8 mg% 3,0 mg%
Fall 5	?	?	6 Mo., 3 Wo.			+
Fall 7	?	?	?	1. u. 2. Giftwege Haut, Haare, Fingernägel, Knochen	?	+
						∅
Jansch (1962) Fall 8	Kind	?	?	Knochen, Haare Leichenwachs	?	7,8 mg%
Jansch (1962) Fall 9	?	?	?	Braunes, indif. Material Knochen, Sargfüllung u. Erde	? ?	+ ∅
Jansch (1962) Fall 10	?	?	14 Ja.	Knochen, Haare, Sargf., Erde	?	∅
Pribilla (unveröffentl.) (1962)	35 ♀	4 Mo.	14 Ja., 5 Mo.	Knochen, Sargt. Erde	chem. Rö. fl.	∅

Literatur

- André, T., Ullberg, S., Winqvist, G.: The accumulation and retention of thallium in tissues. *Acta pharmacol. (Kbh.)* **16**, 229 (1960)
- Arnold, W., Herzberg, J. J., Ludwig, E., Strüde, H.: Die Dynamik des Haarausfalles bei Thallium-Vergiftung. *Arch. klin. exp. Derm.* **218**, 396 (1964)
- Berg, St.: The determination of bone age. *Meth. forens. Sci.* **II**, 231—252 (1963)
- Billek, G., Machata, G.: Über die Thalliumverteilung bei subakuten Vergiftungen. *Arch. Kriminol.* **134**, H. 1 u. 2 (1964)
- Böhmer, K.: Neuere Beobachtungen bei Thalliumvergiftung. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **30**, 270—279 (1938)
- Geilmann, W., Beyermann, R., Neeb, K. H., Neeb, R.: Thallium ein regelmäßig vorhandenes Spurenelement im tierischen und pflanzlichen Organismus. *Biochem. Z.* **333**, 62—67 (1960)
- Geilmann, W., Neeb, K. H.: Die Verwendung der Verdampfungsanalyse zur Erfassung geringster Stoffmengen, II. Der Nachweis und die Bestimmung kleinster Thalliumgehalte. *Z. anal. Chem.* **165**, 251—268 (1959)
- Heyndrickx, A.: Treatment of thallium poisoning in mice. Toxicological analysis by radioactivation. *Acta pharmacol. (Kbh.)* **14**, 20—26 (1957)
- Jansch, H.: Quantitative Thalliumbestimmungen in Leichenteilen. *Beitr. gerichtl. Med.* **XXII**, 162—168 (1962)
- Jansch, H., Meyer, F. X.: Zum Nachweis und zur Bestimmung von Thallium in Leichenteilen auf chem. und spektralanalyt. Wege. *Mikrochem.* **35**, 310 (1952)
- Koch, O. G., Koch-Dedic, G. A.: Handbuch der Spurenanalyse. Berlin-Göttingen-Heidelberg-New York: Springer 1964
- Künkele, F.: Über Thalliumvergiftungen. *Chem. Z.* **62**, 49—56 (1938)
- Mueller, B.: Gerichtliche Medizin. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953
- Pretorius, R., Wainerdi, R. E.: Veröffentlicht in: O. Pribilla, Vortrag Bern: Radioaktive Isotope in den forens. Wissenschaften. *Beitr. gerichtl. Med.* **XXVIII** (1971)
- Rauschke, J.: Studien über Thalliumvergiftung. *Habil.-Schrift, Heidelberg* 1961
- Reinhardt, G., Zink, P.: Analytische Probleme bei der polarographischen Thalliumbestimmung in kleinen Organproben. *Beitr. gerichtl. Med.* **XXX**, 371—375 (1973)
- Schmidt, G.: *Gadamer's Lehrbuch der chem. Toxikologie*, Bd. I/1, S. 189—242. Göttingen: Vandenhoeck u. Ruprecht 1969
- Steidle, H.: Thallium, das neue Mord- und Selbstmordgift. *Med. Welt (Berl.)* **13**, 1557—1560 (1939)
- Weinig, E.: Die Bedeutung der Polarographie für die gerichtliche Medizin und Kriminalistik. *Habil.-Schrift, Leipzig* 1941
- Weinig, E.: Die polarographische Bestimmung des Thalliums in Leichenteilen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **38**, 199 (1944)
- Weinig, E.: Die Nachweisbarkeit von Giften in exhumierten Leichen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **47**, 397—416 (1958)
- Weinig, E., Hauth, E., Kunzmann, G.: Über die postmortale Veränderung der Verteilung von Thallium und Blei in der Leber. *Beitr. gerichtl. Med.* **XXIII**, 280 (1965)
- Weinig, E., Sailer, H. E.: Über die zeitliche Veränderung der Verteilung des Thalliums im Skelet. *Arch. Kriminol.* **142**, 52—62 (1968)
- Weinig, E., Schmidt, G.: Über den Konzentrationsabfall des Thalliums im Harn bei subletalen Vergiftungen an Menschen. *Beitr. gerichtl. Med.* **XXII**, 331—343 (1962)
- Weinig, E., Schmidt, G.: Zur Verteilung des Thalliums im Organismus bei tödlichen Thalliumvergiftungen. *Arch. Toxikol.* **21**, 199 (1966)
- Weinig, E., Zink, P.: Über die quantitative massenspektrometrische Bestimmung des normalen Thallium-Gehalts im menschlichen Organismus. *Arch. Toxikol.* **22**, 255—274 (1967)

Prof. Dr. med. Dipl.-Chem. O. Pribilla
 Direktor des Instituts für Rechtsmedizin
 der Medizinischen Akademie
 D-2400 Lübeck 1, Ratzeburger Allee 160
 Bundesrepublik Deutschland