

(Aus der gerichtsarztlichen Unterrichtsanstalt der Universität Göttingen.)

Über die Verwertung der chemischen Analyse des Herzmuskels für die Diagnose des Todes durch Ertrinken und durch Verschütten.

Von

Med.-Rat Prof. Dr. Th. Lochte, Göttingen.

Die physikalischen Untersuchungsmethoden, die zur Erkennung des Ertrinkungstodes mit mehr oder minder großem Erfolge verwendet worden sind, haben sich in die Praxis nicht einzubürgern vermocht. Es erhebt sich daher die Frage, ob durch chemische Methoden der Nachweis des Ertrinkungstodes gefördert werden kann.

Frühere Untersuchungen u. a. von *Lochte* und *Danziger*¹⁾ hatten ergeben, daß beim Ertrinkungstode während der Agone die aspirierte Flüssigkeit durch die zerrissenen Lungencapillaren in das linke Herz abfließt und von hier aus mit dem Blutstrom teils in den großen Körperkreislauf, teils durch die Coronararterien und Venen in das rechte Herz gelangt. Hierdurch erklärt sich die Tatsache, daß das Blut des rechten und linken Herzvorhofes bzw. der Herzventrikel erheblich mehr Ertränkungsflüssigkeit enthält als das periphere Blut und ebenso die Herzmuskulatur mehr als die Skelettmuskulatur.

Es lag der Gedanke nahe, diese experimentell gewonnenen Erkenntnisse für den praktischen Nachweis des Ertrinkungstodes zu verwerten.

In den früheren Untersuchungen waren als Ertränkungsflüssigkeiten teils Jodlösungen, teils Arsenlösungen bekannter Konzentration verwendet worden.

Wenn nun in natürlichen Wässern chemisch differente Stoffe vorhanden sind, die eine quantitative Analyse gestatten, so liegt der Schluß nahe, daß es bei Ertränkungsversuchen mit einem solchen Wasser relativ leicht gelingen müßte, den Nachweis des Ertrinkungstodes auf chemischem Wege zu erbringen.

Zwecks Klärung dieser Frage wurden einige Versuche mit dem Wasser der Reinsquelle in Göttingen vorgenommen, das sich durch einen besonders hohen Ca-Gehalt auszeichnet. In 1000 ccm Wasser der Reinsquelle finden sich nämlich 0,1997 g Ca (0,2795 g CaO).

¹⁾ *Lochte* und *Danziger*, Studien über den Ertrinkungstod. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. 3. Folge, 49, 2.

Am 6. III. 1923 wurde ein 5 kg schwerer junger Hund in tiefer Narkose nach vorheriger Einspritzung von 30 cem einer 3 proz. Peptonlösung und nach vorherigem Einbinden einer Kanüle in die Trachea von der letzteren aus mit Wasser der Reinsquelle ertränkt.

Vor dem Ertränken fanden sich in einer aus der Schenkelarterie entnommenen Blutprobe auf 100 g Blut berechnet 0,0096 g CaO. Nach dem Tode durch Ertrinken im Blute des linken Herzens 0,0265 g CaO. Im Blute des rechten Herzens 0,016 g CaO (untere Hohlvene 0,011 g CaO). Diese Verhältnisse bestätigen demnach die früher mit Arsen und Jodlösungen gewonnenen Erfahrungen.

Im Herzmuskelfleisch des linken Ventrikels¹⁾ wurden 0,0059 g CaO (auf 100 g Muskel berechnet) gefunden; bei einer zweiten Analyse desselben Herzens 0,0050 g CaO; während in der Skelettmuskulatur nur Spuren von Ca (schätzungsweise 0,00016 g Ca) nachweisbar waren.

Bei der Würdigung dieses Befundes fällt die Tatsache ins Gewicht, daß schon normalerweise der Herzmuskel des Hundes einen relativ hohen Ca-Gehalt aufweist.

Der Herzmuskel eines durch Verbluten getöteten Hundes ergab uns nämlich einen Ca-Gehalt von 0,0046 g CaO (das Blut wieder 0,0099 CaO).

Es darf in dem ersten Versuche also nicht die Gesamtkalkmenge des Herzens auf den Ertrinkungstod bezogen werden, sondern nur die geringe Menge von 0,0050 bzw. 0,059—0,0046, d. h. von 0,0004 bis 0,00013 CaO; worauf die so geringe Zunahme des Ca-Gehaltes des Herzens bei dem ertränkten Tiere beruht, mag hier unerörtert bleiben; vielleicht beruht sie auf der in den untersuchten Muskelteilen befindlichen geringen Blutmenge, vielleicht auf anderen Ursachen.

In einem weiteren Versuche wurde ein Hund in dem Wasser der Reinsquelle ertränkt und der Kadaver dann bei sommerlicher Wärme 16 Tage lang an der Luft der Fäulnis überlassen. Danach wurde der Herzmuskel, dessen Höhlen blutleer waren, auf seinen Ca-Gehalt untersucht. In 100 g Herzmuskel fand sich 0,0244 g CaO. Der letztere Ver-

¹⁾ Die chemischen Analysen verdanke ich den Herren cand. chem. *Diekmann* und *Schwartz*. Die Analysen wurden mit Genehmigung von Herrn Prof. *Windaus* im chemischen Laboratorium der Universität Göttingen ausgeführt. — Die mit destilliertem Wasser sauber abgespülten Herzmuskelteile wurden feucht gewogen, im Trockenschrank vorsichtig in einer Petrischale getrocknet bis zur lederartigen Konsistenz, sodann weiter erhitzt bis 200°, verkohlt und schließlich verascht, bis nur ein geringer Rückstand blieb, der mit Salzsäure aufgenommen wurde; vom Unlöslichen wurde abfiltriert und Eisen + Aluminium in der Siedehitze mit Ammoniak gefällt. Das ausgeschiedene Fe + Al wurde abfiltriert, das Filtrat zum Sieden erhitzt und mit heißer Ammonoxalatlösung versetzt. Aus der Lösung schied sich nach 2tägigem Stehen Calciumoxalat aus, das abfiltriert und zu CaO verglüht und gewogen wurde.

such macht es wahrscheinlich, daß während der Fäulnis eine erhebliche Durchfeuchtung der Muskulatur mit dem Ca-haltigen Blute erfolgt ist.

Schließlich war festzustellen, ob postmortal durch Liegen der Leiche im kalkhaltigen Wasser eine Anreicherung des Ca-Gehaltes des Herzmuskels erfolgen kann. Das scheint in der Tat der Fall zu sein, denn als der Kadaver eines erschlagenen Hundes vom 13. bis 26. VI. 1923 in ein Gefäß gelegt und mit dem Wasser der Reinsquelle so übergossen wurde, daß der Wasserspiegel einige Zentimeter über dem Tiere stand, fand sich nach Beendigung des Versuches in 100 g Herzmuskel 0,0109 g CaO; also doppelt soviel als in dem Herzen eines normalen, nichtertränkten Hundes.

Die Ergebnisse dieser Versuche bedürfen selbstverständlich der Nachprüfung und Ergänzung. Im besonderen bin ich mir bewußt, daß das Ca ein relativ ungünstiges Element zum Nachweise des Ertrinkungstodes darstellt. Nach *Heubner* kann nämlich das Ca in einer gewissermaßen toten Form als Reservematerial in allen Geweben des Körpers aufgespeichert werden (*Handb. d. Balneologie* 2); damit mag zusammenhängen, daß andere Autoren wesentlich höhere Calciumwerte im normalen Hundeherzmuskel fanden.

Vielleicht bieten andere chemische Elemente bessere Aussichten für gerichtliche chemische Feststellungen. Der Gerichtsarzt müßte dann über die chemische Zusammensetzung des Wassers, in dem das Ertrinken erfolgte, genau unterrichtet sein, damit er dem Chemiker angeben könnte, nach welcher Richtung hin die chemische Untersuchung des Herzmuskels erfolgen soll.

Die chemische Untersuchung könnte sich auch auf fein verteilte Schwemmstoffe, z. B. Tonerde und Silicatverbindungen, erstrecken; denn es darf als wahrscheinlich angenommen werden, daß dieses staubförmig verteilte Material das Lungenfilter passieren, in den Blutstrom und damit in den Herzmuskel durch die Coronararterien gelangen kann.

Aus unseren oben mitgeteilten Versuchen geht m. E. so viel hervor; daß durch die chemische Analyse des Herzmuskels der Nachweis des Ertrinkungstodes wahrscheinlich gemacht werden kann. Voraussetzung ist, daß sich in der Ertränkungsflüssigkeit eine chemisch wohl charakterisierte Substanz in hinreichender Menge vorfindet, die tunlichst nicht von vornherein im Herzmuskel vorhanden ist und die auch nicht postmortal in den Körper hineingelangt sein kann.

Unsere früheren Untersuchungen hatten weiter ergeben, daß die Aufnahme von Gasen durch die Atmungswege in die Lungen und in das Herz in derselben Weise vor sich geht wie die Aufnahme der Ertränkungsflüssigkeit beim Ertrinkungstode. Mit der Atmungsluft können bei der Atmung kleinste corpusculäre Elemente (Staub) in die

Lungen gelangen. Es fragt sich nun, ob solche Staubpartikel das Lungengewebe passieren und bis in das Herz vordringen können.

Über Staubinhalation liegen zahlreiche Arbeiten auf dem Gebiete der pathologischen Anatomie vor. Aus diesen sind folgende Beobachtungen hier von Interesse:

*Rosenthal*¹⁾ beschreibt einen Versuch bei einem Kaninchen, das der Inhalation von durchgebeutelter Lindenkohle unterzogen wurde. In diesem Falle waren von Querschnitten der mit Essigsäure gekochten Leber einzelne, hin und wieder 2 bis 4, nebeneinanderliegende scharfzackige Kohlensplitterchen deutlich unter dem Mikroskop zu konstatieren. Im Fleisch des rechten Ventrikels fanden sich gleichfalls einzelne Kohlepartikelchen, während im linken Herzfleische nirgends die Gegenwart von Kohle zu konstatieren war (S. 99). *Rosenthal* glaubt annehmen zu müssen, daß die Kohleteilchen zum größten Teile in den höheren Luftwegen angehalten werden, daß nur wenige davon in die Lungenzellen gelangen und daß bloß ein ganz geringer Teil derselben in das Pfortadergebiet und die Vena cava inf. fortgeführt werde (S. 100—101).

Eingehende Untersuchungen über Staubinhalation hat bekanntlich *Julius Arnold* 1885 mitgeteilt. Die Versuche wurden an Kaninchen und Hunden mit Ruß, Ultramarin und Schmirgel vorgenommen. Sie dauerten mehrere Stunden bis viele Tage.

Arnold schreibt (S. 173): „Bei zahlreichen Untersuchungen des Blutes, welches den lebenden Tieren an verschiedenen Körperstellen entnommen war, habe ich niemals Farbstoffpartikelchen in einer Anordnung gefunden, welche zu der Annahme berechtigen, daß sie im kreisenden Blute suspendiert waren, ebensowenig in dem den verschiedenen Herzabteilungen und verschiedenen Organen nach dem Tode entnommenen Blute.“

Revenstorf erwähnt in der gerichtlich-medizinischen Literatur 1907 einen von *Schröder* mitgeteilten Fall von Erstickung in Mehl, bei dem sich der Mehlbrei bis in die mittleren Luftröhrenseite verfolgen ließ. Mikroskopisch fanden sich in dem dicht unter dem Lungenüberzuge entnommenen Gewebssafte reichlich Gerstenmehlstärkekörner²⁾.

Später gibt *Stockis*³⁾ an, daß er bei Untersuchung der Leiche eines Individuums, das in einer Grube mit loser Erde verschüttet war (enfoui dans une fosse remplie de terre meuble), die Sandkörner im linken Herzblute auffinden und dadurch den Nachweis erbringen konnte, daß die Verschüttung vor dem Tode erfolgt war (que l'enfouissement avait eu lieu avant la mort).

Schließlich hat *Ed. Neves* in seiner Dissertation: Sobre a importancia do Plancton mineral intracardíaco no diagnostico da morte por submersão (Lissabon, Mai 1920), Versuche an weißen Mäusen vorgenommen, die er in einem offenen Gefäße dem Einflusse von Staub aussetzte und die er dann durch Chloroform-Asphyxie und durch Schädeltrauma tötete. Aus seinen Untersuchungen schließt *Neves*, daß das minerale Plankton im linken Herzen bei verschiedenen Todesarten vorkommt. (Que o plancton mineral intracardíaco existe em varios generos de morte.)

Bei dieser Sachlage war es von gerichtsärztlichem Standpunkte aus notwendig, zu prüfen, ob beim Tode durch Verschütten, sobald reich-

¹⁾ Untersuchungen und Beobachtungen über Einwirkungen pulverförmiger Substanzen auf den menschlichen Organismus. Med. Jahrb., II. Band. Wien 1866.

²⁾ Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen 33, Suppl. S. 50. 1907.

³⁾ Ann. d'hyg. publ. et de méd. lég. 1909, S. 332.

lich staubförmige Substanzen in den Bronchialraum hineingelangen, ein Übergang dieser Staubteilchen in das Blut stattfindet. Zu diesem Zweck wurde am 30. VII. 1923 ein 10 kg schwerer Hund durch Erstickten mittels pulverisierter Lindenkohle getötet, die durch eine mit einem Trichter armierte Trachealkanüle in die Luftröhre in tiefer Narkose eingeschüttet wurde. Man konnte dabei ähnlich wie beim Ertrinkungstode beobachten, daß durch heftige Inspirationsbewegungen der Kohlenstaub bis in die feinsten Bronchien aspiriert wurde; danach ist die Atmung wieder frei. Der Tod erfolgt erst dann, wenn die Hauptbronchien mit Kohlenstaub völlig angefüllt sind. Vor dem Versuche war dem Tiere in die linke Jugularvene 3proz. Peptonlösung eingespritzt worden, um das Blut flüssig zu erhalten. Nach dem Tode wurde das Herz zusammen mit dem Herzbeutel abgebunden entnommen. Die weitere Untersuchung erfolgte, um jede Verunreinigung mit Kohlenstaub zu vermeiden, in einem anderen Raume. Mit sauberer Schere und Pinzette wurde der Herzbeutel eröffnet, mit einem sauberen Messer das Epikard erst des linken, dann des rechten Ventrikels durchschnitten; darauf wurde eine saubere Pipette in den Ventrikel eingestoßen und das Blut entnommen. Es gelang unschwer, in dem flüssigen Blute des linken Ventrikels unter dem Mikroskop die Kohlentelchen aufzufinden. Im rechten Ventrikel wurden auch einzelne Kohlentelchen gefunden. Im ganzen aber weniger als links.

Das gleiche Ergebnis hatte ein zweiter Versuch, der mit einem 9¹/₂ kg schweren Hunde am 24. VIII. 1923 ausgeführt wurde.

Damit ist der Nachweis erbracht, daß beim Erstickungstode in staubförmigem Material tatsächlich corpusculäre Elemente in das Herzblut des linken Ventrikels übergehen können. Ein anderes Ergebnis war auch nicht zu erwarten, nachdem früher *Leers*¹⁾ gefunden hatte, daß es bei allen Arten der Erstickung zur Alveolarzerreißung in der Lunge kommt. Durch die zerrissenen Alveolarlumina wird der Transport der Kohlentelchen in das linke Herz ermöglicht. Der Befund von Kohlenstaub im Herzblute ist in unseren Versuchen das Ergebnis einer zum Tode führenden Erstickung in diesem Materiale. Wenn *Arnold* in seinen Versuchen den Staub nicht nachzuweisen vermochte, so dürfte das auf der anderen Versuchsanordnung beruhen. Seine Versuchstiere blieben nach der Staubeinatmung längere Zeit am Leben. Es werden dann die in das kreisende Blut gelangten Partikel fortgeschwemmt, sie bleiben im Capillarkreislauf stecken; ihr Auffinden würde nur dem Zufall zu verdanken sein.

Es war nun von Interesse, festzustellen, ob auch im Herzmuskel selbst der Nachweis der Kohle gelang. Von dem frischen Herzmuskel dieser mit Kohle erstickten Tiere wurden kleine Stücke in Kalilauge

¹⁾ Ärztl. Sachverst.-Zeit. 1906.

gelegt, aufgeköcht, zur Auflösung gebracht und die Flüssigkeit nach 24stünd. Stehen, wobei die Gläser verdeckt gehalten wurden, abzentrifugiert. Der schwärzliche Bodensatz zeigte in diesen Fällen, daß mehr oder minder reichlich Kohlenstaubteilchen im Herzmuskel vorhanden waren. Da es mir indessen begegnete, daß ich auf diese Weise auch schwärzlich amorphes Pigment, das von Kohlenstaub nicht immer sicher zu unterscheiden war, auch im Herzmuskel anderer nicht mit Kohlenstaub erstickter oder erkrankter Tiere nachweisen konnte und sich schließlich herausstellte, daß beim Kochen von Blut mit Kalilauge schwärzliche, gelegentlich bräunlichschwarze amorphe Massen entstehen, die die Anwesenheit von Kohlenstaub vortäuschen können, so habe ich diese Versuche nicht für absolut beweisend gehalten. Ich habe daher am 8. X. 1923 einen Hund nach vorheriger Tracheotomie von der Luftröhre aus in tiefer Narkose in Marmorstaub erstickt. Die chemische Analyse des Herzmuskels ergab in 48 g Herzmuskel 0,011 g CaO bzw. auf 100 g Herzmuskel berechnet 0,0229 g CaO, also fast ebensoviel wie im linken Herzblut bei dem ersten Ertränkungsversuche eines Tieres im Wasser der Reinsquelle.

Dadurch glaube ich den Nachweis erbracht zu haben, *daß beim Erstickungstode in staubförmigem Material dieses die Lungen passiert und im Herzmuskel wieder aufgefunden werden kann.*

Diese Untersuchungen führen zu dem Schlusse, daß der chemische Nachweis eines Elementes im Herzmuskel für den Nachweis des Ertrinkungstodes keinesfalls genügt. Er kann nur dann in diesem Sinne verwertet werden, wenn der Nachweis erbracht wird, daß die gefundene chemische Substanz nicht durch Lufteinatmung in das Herz gelangt ist. Mit Recht macht *Ed. Neves* in der oben erwähnten Dissertation darauf aufmerksam, daß das intrakardiale Plankton zwar ein interessantes Hilfsmittel für die Diagnose des Ertrinkungstodes, aber kein konkludentes Beweismittel bildet (*Que no diagnostico da morte por asfixia devida a submersão o plancton mineral intracardiaco constitue um adjuvante interessante mas não concludente*) und daß das intracardiale Plankton offenbar beeinflußt wird durch den Beruf und das Milieu der beobachteten Person (*influenciada pela profissão e pelo meio de vida de observado*).

Schließlich läßt sich auch denken, daß auf therapeutischem Wege, z. B. durch subcutane oder intramuskuläre Injektion, die chemische Substanz (z. B. Kieselsäure) in den Körper gelangt sein kann.

Nach alledem darf man sich nicht etwa vorstellen, daß die chemische Untersuchung des Herzmuskels ohne weiteres für die Diagnose des Ertrinkungstodes genügen könnte.

Ganz ähnlich wie bei dem gerichtlichen Nachweise einer Vergiftung müßte unter Berücksichtigung des anatomischen Befundes und der

Begleitumstände des Falles den Wegen nachgeforscht werden, auf denen der chemische Körper in das Herz eingedrungen sein kann. Erst nach Ausschaltung aller Fehlerquellen (postmortales Eindringen, Staubinhalation, therapeutische Verwendung des Stoffes) würde sich übersehen lassen, welche Bedeutung dem chemischen Befunde für die Diagnose des Ertrinkungstodes im Einzelfalle zukommt.

Berücksichtigt man, daß nicht alle Wässer chemische Charakteristica aufweisen und daß nicht in allen Fällen von Ertrinken die Verdünnung des linken Herzblutes eintritt, so erhellt, daß der chemischen Analyse des Herzmuskels nur eine beschränkte Bedeutung für den Nachweis des Ertrinkungstodes zukommen dürfte.

Um so bemerkenswerter ist das Ergebnis der Untersuchung bei Erstickung in staubförmigen Substanzen. Der Nachweis, daß diese Substanzen in tödlichen Fällen in das Blut und damit in den Herzmuskel übergehen können, bildet eine interessante Ergänzung unserer Kenntnisse von den bei der Verschüttung im Innern des Körpers sich abspielenden Vorgängen.

Die gerichtlich-medizinische Würdigung dieses Befundes muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Literatur.

Arnold, Julius, Untersuchungen über Staubinhalation und Staubmetastasen. F. C. W. Vogel. Leipzig 1885. — *Heubner, Wolfgang*, Der Mineralstoffwechsel. Handbuch der Balneologie, med. Klimatologie und Balneographie. Bd. 2. Verlag G. Thieme, Leipzig. — *Neves, Ed.*, Sobre a importancia do Plancton mineral intracardiaco no diagnostico da morte por submeräso. Inaug.-Diss. Lissabon 1920. — *Rosenthal, Mor.* (Wien), Untersuchungen und Beobachtungen über Einwirkungen pulverförmiger Substanzen auf den menschlichen Organismus. Med. Jahrbücher. Bd. II. Wien 1866. — *Stockis, Eug.*, Le diagnostic de l'asphyxie par submersion. Ann. d'hyg. publ. et de méd. lég. 1909, S. 324.
