

Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Heidelberg
(Vorstand: Prof. Dr. BERTHOLD MUELLER).

Studien über das Eindringen von corpusculären Wasserbestandteilen aus den Lungenalveolen in den Kreislauf während des Ertrinkungsvorganges.

Von

BERTHOLD MUELLER und DIETRICH GORGS.

Mit 3 Textabbildungen.

(Eingegangen am 28. März 1949.)

Als der eine von den Verfassern in dem von W. GIESE geleiteten Pathologischen Institut der Städtischen Krankenanstalten in Bremen tätig war (B. MUELLER), wurden in den Sommern 1947 und 1948 die Lungen der anfallenden Wasserleichen grundsätzlich nach dem von KASPAREK und von BUHTZ und BURKHARDT ausgearbeiteten Aufschlußverfahren, das etwas modifiziert worden war, auf Diatomeen untersucht. Soweit einschlägiges Material vorhanden war, wurden diese Untersuchungen ab Dezember 1948 auch in Heidelberg fortgesetzt. Die Untersuchungen hatten, soweit es sich überhaupt um Ertrunkene handelte, in der knappen Mehrzahl ein positives Resultat. Über Einzelheiten wird später an anderer Stelle zu berichten sein. Bei dieser Gelegenheit wurde auch das Blut des linken Herzens nach dem gleichen Verfahren mituntersucht. Das Resultat war stets negativ bis auf 2 Fälle, die hier näher beschrieben werden mögen:

1. Ein junger Mann hatte mit Gleichaltrigen in einer Lehmkuhle eines Dorfes in der Nähe von Bremen Wasserball gespielt. Beim Umherschwimmen war das Wasser aufgewühlt und trübe geworden. Beim eifrigen Spiel, das sich längere Zeit hingezogen hatte, erlitt der Schwimmer einen „Badetod“. Er sank plötzlich ohne äußeren Anlaß unter. An der Oberfläche der Kuhle zeigten sich keine Luftblasen. Er kam nicht mehr zum Vorschein. Als er schließlich herausgeholt worden war, wurden intensive Wiederbelebungsversuche vorgenommen. Die Leichenöffnung ergab keine Anhaltspunkte für einen plötzlichen Tod aus natürlicher Ursache. Ertrinkungslungen hatten sich trotz der Wiederbelebungsversuche nicht ausgebildet (A. SCHÜTZL). Wohl aber fanden sich im Aufschlußverfahren in den Alveolen außerordentlich reichliche Tonbestandteile, die nach ihrer morphologischen Struktur dem Ton der Lehmkuhle zum mindesten nicht widersprachen. Es mußte also angenommen werden, daß der Verstorbene, der offenbar infolge des anstrengenden Spieles im Wasser einen Kreislaufkollaps erlitten hatte, nach seinem Untersinken zum mindesten terminale Atemzüge ausgeführt hatte. Zur Überraschung des Untersuchers fanden sich aber auch im Blut des linken Herzens soviel fremdartige Bestandteile, die morphologisch den fremden Bestandteilen in den Lungen entsprachen, daß sie unmöglich auf zufällige Verunreinigungen zurückgeführt werden konnten.

2. Eine Geisteskranke aus der Psychiatrischen Klinik in Heidelberg, die schon vorher Selbstmordabsichten geäußert hatte, hatte sich heimlich aus der Klinik entfernt. Sie wurde einige Zeit später einige Kilometer unterhalb im Neckar als Leiche an Land gezogen, und zwar unterhalb eines Wehres. Die Verstorbene wies eine größere Anzahl von Verletzungen mit ausgedehnten Blutunterlaufungen auf. Nach den ganzen Umständen war anzunehmen, daß diese Verletzungen beim Passieren des Wehres zustande gekommen waren. Die Verstorbene war offenbar nicht schnell ertrunken, sondern hatte noch eine ganze Weile im Wasser gelebt. Die Leichenöffnung ergab das Vorhandensein von deutlichen Ertrinkungslungen im Sinne eines trockenen Ödems. Nach Aufschluß von peripherischen Lungenpartien durch Zerstörung der organischen Substanz wurden eine Anzahl einwandfreier Diatomeen festgestellt. Nach längerem Suchen — etwa insgesamt $\frac{1}{2}$ Std — wurden vereinzelt Diatomeen der gleichen Art (*Cyclotella*) auch im Blut des linken Herzens, das in gleicher Weise vorbehandelt worden war, vorgefunden.

Nach diesen Beobachtungen wurde erneut die Frage aufgeworfen, ob nicht doch corpusculäre Elemente der Ertrinkungsflüssigkeit, auch dann, wenn sie größer sind als ein Erythrocyt, durch die Alveolarwand in den kleinen Kreislauf übergehen und durch die Lungenwege in das Herz und womöglich noch weiter in den großen Kreislauf gelangen.

Das Schrifttum gab hierüber einige Auskunft:

Daß Ertrinkungsflüssigkeit von den Alveolen in den kleinen Kreislauf in nicht unbeträchtlicher Menge übergeht, ist eindeutig sichergestellt. Hierauf beruhen ja zahlreiche Verfahren für die Diagnose des Ertrinkungstodes, z. B. die Feststellung der Gefrierpunktniedrigung, vergleichende Messungen des osmotischen Druckes, vergleichende Messungen der elektrischen Widerstandsfähigkeit des Blutes beider Herzhälften, vergleichende Bestimmungen des Reststickstoffes, vergleichende Bestimmungen des Kochsalzgehaltes, wie sie insbesondere bei Personen am Platze sind, die im Meerwasser ertrunken sein sollen, und schließlich neuerdings Untersuchungen über den Plasmagehalt beider Herzhälften nach der Hämatokritmethode von PONSOLD. (Literatur im einzelnen s. bei BÖHMER.)

Die praktische Verwertbarkeit dieser Methoden ist allerdings in nicht unerheblichem Grade durch das Eintreten der Leichenzersetzung eingeschränkt. Tatsächlich kommen ja Wasserleichen meist in nicht sehr frischem Zustand zur Leichenöffnung. Unter diesen Umständen ist mit besonderem Interesse darauf geachtet worden, ob nicht auch corpusculäre Elemente der Ertrinkungsflüssigkeit durch die Alveolarwand in den kleinen Kreislauf übergehen, wie dies zunächst von CORIN und STOCKIS nachgewiesen wurde. Nun ist es aber außerordentlich schwierig, ja praktisch unmöglich, die Glassachen und Flüssigkeiten so sauber zu halten, daß man es verantworten könnte, jedes auftauchende Fremdkörperchen im mikroskopischen Präparat als sog. STOCKISSCHE Fremdkörperchen zu erklären. FRÄNCKEL und STRASSMANN haben mit Recht darauf hingewiesen, daß die Schwierigkeiten hier so groß sind, daß man das Verfahren praktisch kaum anwenden kann. Um so wichtiger wird es aber, ob nicht auch größere Fremdkörper während des Ertrinkungsaktes die Alveolarwand passieren

können. Auch hierüber gibt es im Schrifttum ganz vereinzelte Hinweise. So haben z. B. ROSANOFF, K. REUTER und O. SCHMIDT dartun können, daß Bestandteile von erbrochenen Massen, die während des Ertrinkungsaktes aspiriert wurden, im kleinen Kreislauf nachzuweisen waren. Doch waren derartige Hinweise außerordentlich vereinzelt und betrafen nur kleinste corpusculäre Elemente, vielleicht bis zur Größe eines Erythrocyten. Ihre diagnostische Bedeutung wird auch von S. SCHÖNBERG in der zusammenfassenden Darstellung in ABDERHALDENS Handbuch nicht anerkannt. BÖHMER glaubte daher in seinem vielfach gelesenen, eingehenden Referat über den Ertrinkungstod im Handwörterbuch der Gerichtlichen Medizin aus dem Jahre 1940 feststellen zu können, „daß der eindeutige Nachweis von Planktonorganismen in Blut und Lymphbahnen noch nicht erbracht sei, es scheine daher, als werde Plankton in den Lungenalveolen abfiltriert“.

Nun trat aber im Jahre 1942 INCZE in einem Vortrag in der Sitzung der Gesellschaft Ungarischer Pathologen mit der Mitteilung hervor, daß bei Tierversuchen (Kaninchen) im linken Herzen und in den parenchymatösen Organen viele Diatomeen nachzuweisen gewesen seien. Auch die Untersuchung von 8 Leichen von ertrunkenen Personen hatte zum gleichen Ergebnis geführt. Der Vortragende berichtete außerdem, daß es ihm bei Tierversuchen gelungen sei, in den Alveolen von Lungen bei Kaninchen, die man nach dem Tode in eine Diatomeensuspension gelegt hatte, Diatomeen nachzuweisen. Die Untersuchungen sind in extenso anscheinend nicht mehr veröffentlicht worden. Uns war lediglich ein Referat des Vortrages zugänglich.

Wir stellten uns nunmehr die Aufgabe, an Tierversuchen festzustellen, *ob und gegebenenfalls in welcher Menge und in welchem Stadium des Ertrinkungstodes Diatomeen aus den Alveolen in den Kreislauf übertreten können.*

Als Ertrinkungsmedium benutzten wir eine *Kieselgur*aufschwemmung. Die Suspension wurde so angesetzt, daß die Flüssigkeit milchig-trüb wurde. Um die in der Aufschwemmung schwebenden Bestandteile kennenzulernen, untersuchten wir zunächst systematisch die Suspensionen im frischen mikroskopischen Präparat. Die hier auftretenden Formen sind abgebildet worden. Sie wurden nach den Angaben von EYFFERT, KOLKWITZ, KASPAREK, BUETZ und BURKHARDT und LÖBER identifiziert (Abb. 1). Am häufigsten vertreten, und zwar in etwa gleicher Menge, waren Cyclotella, Melosira und Synedra. Ziemlich selten, dafür aber besonders auffällig, war die durch sechseckige Muster auffallende Polycystis. Die Größe bzw. Länge dieser Diatomeen betrug 10—100 μ (Synedra), 6—16 μ (Melosira), 12—36 μ (Cyclotella) und bis zu 80 μ (Polycystis, die allerdings von KASPAREK als Grünalge bezeichnet wird). Die Polycystis war in der Aufschwemmung meist zerbrochen, ebenso die sehr lange Nitschia. Außerdem enthielt die Aufschwemmung eine Unmenge von zerbrochenen, nicht mehr zu definierenden Diatomeenteilen und weiterhin auch sonstige Fremdkörper (Abb. 2). Das Ertrinkungsmedium hatte Zimmertemperatur.

Als Versuchstiere benutzten wir zum Teil weiße, zum Teil auch eingefangene wilde *Ratten* mit einem Gewicht von 200–300 g. Die Tiere kamen in einen kleinen Drahtkäfig und wurden mit dem Käfig in der Flüssigkeit versenkt. Zum Teil wurden sie vorher mit Äther annarkotisiert. Hierbei war eine gewisse Vorsicht notwendig. Die Narkose wurde so tief gewählt, daß die Tiere keine Abwehrbewegungen machten. Da aber die Spanne zwischen dieser tiefen Narkose und dem Eintritt des Todes gering war, kam es vor, daß einige Tiere verstarben,

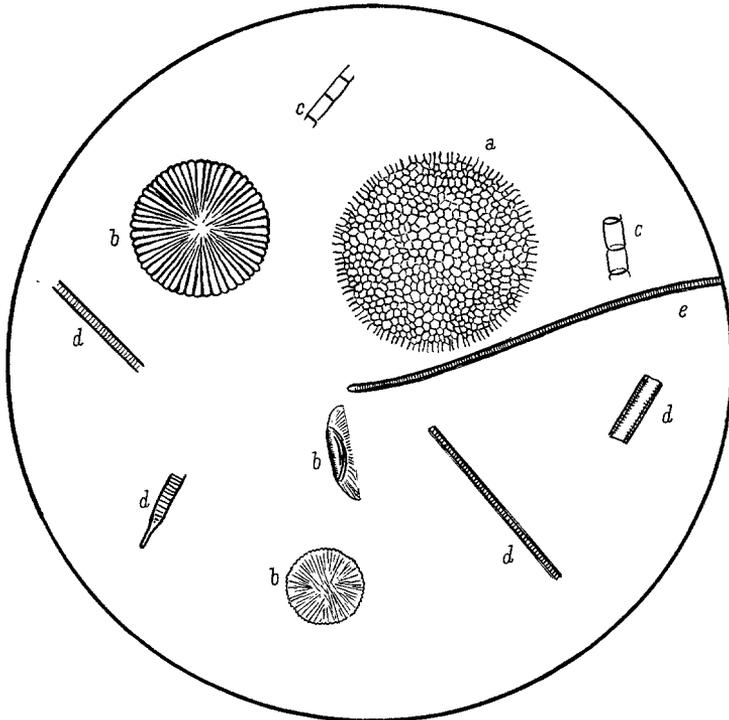


Abb. 1. Häufigste Formen in der benutzten Diatomeensuspension: a Polycystis 50 bis 80 μ ; b Cyclotella 12–36 μ ; c Melosira 6–16 μ ; d Synedra, meist zerbrochen, 10 bis 100 μ ; e Nitschea bis 250 μ .

bevor sie ins Wasser versenkt werden konnten. Der Vorgang des Ertrinkungstodes wurde beobachtet und nach Zeitabschnitten notiert. Diese Beobachtung wurde allerdings durch die trübe Beschaffenheit der Suspension erschwert. Eine genaue Stadieneinteilung war mitunter nicht möglich. Das Krampfstadium war manchmal nicht deutlich abgesetzt. Das Stadium der Apnoe trat mitunter von gewöhnlichen Atembewegungen unterbrochen wiederholt auf. Immer jedoch kam es zu deutlichen terminalen Atembewegungen. Die Gesamtdauer des Ertrinkungsvorganges betrug ungefähr 1–3 min. Das Herz schlug noch bis zu 20 min nach den terminalen Atembewegungen, meist hörte es schon 5 min danach zu schlagen auf. Zwei Versuche wurden auch mit *Katzen* vorgenommen.

Nach Eintritt des Todes wurde das Tier aus der Ertrinkungsflüssigkeit herausgenommen und sorgfältig unter der Wasserleitung abgespült. Es wurde aufgespannt, das Fell über Brust und Bauch wurde abpräpariert. Danach wurde

die frei liegende Muskulatur nochmals im fließenden Wasser gesäubert. Anschließend wurde gewartet, bis sie angetrocknet war in dem Gedanken, daß etwaige Diatomeen, die sich doch noch an der Muskulatur befinden, eintrocknen. Anschließend wurde das Tier mit neuen Instrumenten geöffnet, und zwar Thorax und Abdomen getrennt. Die großen Herzgefäße wurden gleich nach Eröffnung des Thorax unterbunden. Das Herz kam uneröffnet in die Zerstörungsflüssigkeit. Dann wurden von den Lungen die peripherischen Partien herausgeschnitten. Sie kamen zerkleinert in die Zerstörungsflüssigkeit.

Die *Zerstörung* der organischen Substanz wurde wie folgt vorgenommen: Die zu zerstörenden Organe bzw. Organteile kamen in konzentrierte Schwefelsäure (chemisch rein). Dann wurde im Kjeldahl-Kolben erhitzt, bis die Substanz zerfallen war. Anschließend wurde zunächst tropfenweise konzentrierte rauchende Salpetersäure zugegeben. Die tropfenweise Zugabe war erforderlich, weil andernfalls die Flüssigkeit zu sehr schäumt. Es entwickelten sich gelbe Dämpfe. Wenn sie nicht mehr auftraten, wurde erneut Salpetersäure in steigenden Dosen zugegeben. Die Art des Zusetzens der Salpetersäure muß bis zu einem gewissen Grade geübt werden. Andernfalls schäumt die Flüssigkeit über. Es wurde im Abzug gearbeitet. Diese Prozedur wurde unter fortwährendem Erhitzen fortgesetzt, bis eine klare, schwach gelbe, manchmal auch etwas rötliche Flüssigkeit entstanden war. Es erwies sich als notwendig, dafür zu sorgen, daß das Flüssigkeitgemisch immer noch etwas wasserhaltig war und daß ein kleiner Überschuß von Salpetersäure übrigblieb. Andernfalls entstanden Krystallbildungen (wahrscheinlich Calciumsulfat), die die Untersuchung störten, zum Teil sogar unmöglich machten. Dieses Zerstören der organischen Substanz mußte zunächst in Leerversuchen geübt werden. Die Vermeidung von Krystallen erforderte ein gewisses Fingerspitzengefühl. Sie traten besonders dann auf, wenn probeweise Lungen von älteren Personen zerstört wurden. Waren einmal die Krystalle entstanden, so konnte versucht werden, sie späterhin durch reichliche Zugabe von destilliertem Wasser aufzulösen, doch gelang dies nicht immer vollständig. Bei der Untersuchung von Tierlungen ist die Gefahr der Krystallbildung nicht so groß, wohl aber, wie schon erwähnt, bei der Untersuchung der Lungen älterer Personen, die reichlich Kalk enthalten können. Sie treten um so leichter auf, je mehr Substanz man zerstört.

Die so entstandene Flüssigkeit wurde in Spitzgläschen überführt und 3 min bei etwa 3500 Umdrehungen zentrifugiert. Nach längerem Probieren haben wir es als die beste Methode empfunden, mit einer zunächst oben zugehaltenen Capillare das Sediment zu entfernen, ohne die überstehende Flüssigkeit vorher abzugießen. Dieses Sediment wurde unmittelbar auf einen Objektträger gebracht, mit einem Deckglas zugedeckt und mikroskopiert. Selbstverständlich wurde dafür gesorgt, daß die Glassachen so sauber waren, wie es sich eben machen ließ. Führt die Untersuchung des Präparates zu einem negativen Ergebnis,

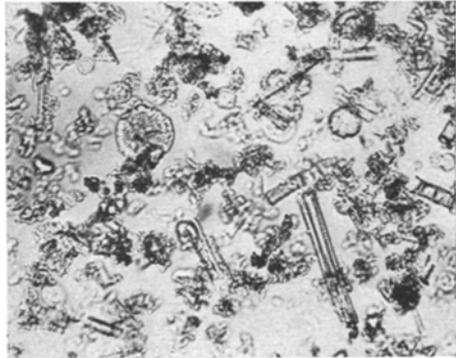


Abb. 2. Mikrophotogramm der benutzten Kieselgursuspension, enthaltend *Cyclotella*, *Melosira* und *Synedra*.

so wurde nochmals zentrifugiert und auf die gleiche Weise das Sediment abgehoben. Dieses Verfahren wurde 2—3mal wiederholt.

Beim Mikroskopieren stellte sich heraus, daß in jedem Präparat trotz vorangegangener gründlicher Reinigung der Glassachen *Verunreinigungen* vorhanden waren. Es fanden sich Quarzkrystalle und mitunter ziemlich reichliche, nicht mehr zu definierende Fremdkörper. Unter diesen Fremdkörpern ließen sich jedoch die abgebildeten Diatomeen, soweit sie nicht völlig zerbrochen waren, einwandfrei morphologisch identifizieren. Die Synedra und die Nitschea waren am Zentral-

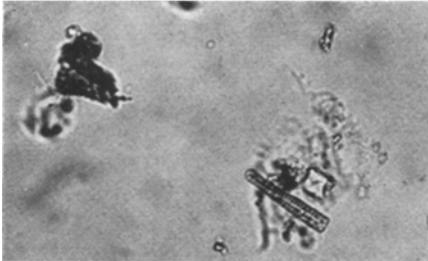


Abb. 3. Zentrifugat des Leberaufschlusses: unter Verunreinigungen unbestimmter Art eine Diatomee (Synedra).

kanal und an der Querstreifung zu erkennen (Abb. 2), die Melosira daran, daß die Glieder paarweise aneinanderlagen, mitunter auch an dem Zentralkanal, die Cyclotella an der feinen radiären Streifung. Die Polycystis, die ja einen Durchmesser von 50 bis 80 μ hatte, wurde nur einmal zerbrochen in der Lunge gesehen, niemals im Herzen oder in anderen Organen. In den Lungen wurden

die Diatomeen meist „auf Anhieb“ festgestellt. Im Herzen waren sie aber so selten, daß man mitunter 10—30 min mikroskopieren mußte, ehe man sie fand. Trotz der ziemlich konzentrierten Aufschwemmung waren immer nur vereinzelte Exemplare zu finden.

Um zu prüfen, wie schnell und wie weit etwa in den großen Kreislauf gelangte Diatomeen verschleppt werden, untersuchten wir bei einigen Versuchstieren auch Leber, Milz und Nieren im ganzen (Zerstörung in einem Gefäß). Es fanden sich auch hier vereinzelte Diatomeen. Bei weiteren Versuchen untersuchten wir Leber, Milz und Nieren und auch das Gehirn getrennt. Wir fanden zunächst nur in der Leber Diatomeen (Abb. 3), späterhin aber auch vereinzelt in den Nieren, etwas häufiger im Gehirn, niemals — soweit dieses Organ untersucht wurde — in der Milz. Zerstört wurde jeweils das ganze Organ, niemals Teile.

Im Magen der Versuchstiere fand sich mitunter Ertränkungsflüssigkeit in sehr geringer, quantitativ nicht feststellbarer Menge.

Das Blut in den großen Gefäßen war teils flüssig, teils aber auch locker geronnen.

Ertrinkungslungen hatten sich immer deutlich ausgebildet.

Einzelheiten des Diatomeenbefundes gibt nachfolgende Tabelle in *Beispielen* wieder.

Tabelle 1. *Diatomeenbefunde nach Ertränkungsversuchen in Kieselgursuspension.*

Versuchs-Nr.	Tierart	Narkose	Dauer des Ertrinkungsvorganges Min	Diatomeenbefund nach Aufschlußverfahren in					
				Lunge	Herz	Leber	Milz	Nieren	Gehirn
3	weiße Ratte	mit	1½	Zentri- fugen- röhrchen zerbr.	+	n. u. ¹	n. u.	n. u.	n. u.
4	weiße Ratte	ohne	1¾	++++	+	n. u.	n. u.	n. u.	n. u.
6	weiße Ratte	ohne	5½	++++	+	+	n. u.	—	n. u.
13	wilde Ratte	schwach	1½	++++	+	+	n. u.	n. u.	n. u.
14	wilde Ratte	ohne	2½	++++	+	+	n. u.	n. u.	n. u.
9	Katze	mit	3¼	++++	+	+	—	n. u.	n. u.
19	Katze	mit	3	++++	+	+	—	+	+
18	wilde Ratte	mit	protra- hiert 1½ Std	+++++	(+)+	+	—	+	++

¹ n. u. = Nicht untersucht.

Aus der Tabelle ergibt sich, daß bei den von uns vorgenommenen Tierversuchen Diatomeen, und zwar bis zu einem Durchmesser von etwa 30 μ beim Ertrinkungsakt aus den Alveolen in den kleinen Kreislauf übergehen und sich im Herzen nachweisen lassen. Doch sind es, wie schon erwähnt, immer nur vereinzelt Diatomeen. Darüber hinaus kann gesagt werden, daß die Diatomeen auch in die Organe des großen Kreislaufes verschleppt werden; sie waren regelmäßig in der Leber, soweit untersucht auch im Gehirn, vereinzelt in den Nieren, nicht jedoch in der Milz nachweisbar. Bei einem Versuch (wilde Ratte) war der Ertrinkungsvorgang sehr lange protrahiert worden, wie es praktisch nicht vorkommen dürfte. Die Anzahl der Diatomeen in den Lungen war vermehrt, ebenso anscheinend in der Leber und im Gehirn, dagegen nicht im Herzen.

Um zu prüfen, in welchem Stadium des Ertrinkungsvorganges der Übertritt der Diatomeen in den kleinen Kreislauf erfolgt, variierten wir die Versuche in folgender Art:

Die Versuchstiere wurden analog dem Vorgehen von B. MUELLER bei seinen Ertränkungsversuchen mit Mäusen aus dem Ertrinkungsmedium schon im Stadium der Apnoe entfernt, bevor es zur Ausbildung der terminalen Atemzüge kam. Die Versuchstiere kamen dann sofort in eine CO₂-Atmosphäre und vollführten hier die terminalen Atemzüge. Umgekehrt wurden andere Versuchstiere zunächst in eine CO₂-Atmosphäre gesetzt und verblieben hier über das Krampfstadium hinaus bis zum Stadium der Apnoe. Dann kamen sie in das Ertrinkungsmedium, wo sie die terminalen Atemzüge vollführten. Wahrscheinlich

infolge der vorangegangenen CO₂-Reizung des Atemzentrums waren diese terminalen Atemzüge ganz besonders intensiv und wurden häufig mehrere Minuten lang durchgeführt. Diatomeen wurden bei beiden Versuchsanordnungen (zu je 2 Tieren) sowohl in den Lungen in großer Anzahl, als auch vereinzelt in Herz und Leber festgestellt. Mengenmäßige Unterschiede waren nicht erkennbar.

Schließlich wurden die Versuche noch so variiert, daß die Versuchstiere nur 30 sec in der Ertränkungsflüssigkeit blieben und in die CO₂-Atmosphäre kamen, bevor das Krampfstadium eingetreten war. Hier wurden in den Lungen bedeutend weniger Diatomeen gefunden (2 Versuchstiere), in Herz und Leber gar keine. Bei einem weiteren Versuch mit gleicher Versuchsanordnung gelang der Nachweis von Diatomeen nur in den Lungen und in der Leber, aber nicht im Herzen.

Zwischen diesen Versuchen wurden, um die Sauberkeit der Instrumente zu prüfen, hier und da Kontrollversuche eingestreut. Ratten, die bei anderen Versuchen gestorben waren, kamen postmortal 12 Std in die Ertränkungsflüssigkeit, die öfter umgerührt wurde. Alsdann wurden unter den gleichen Kautelen die oben geschilderten Untersuchungen in gleicher Art vorgenommen. In Herz und Leber fanden sich niemals Diatomeen. In den Lungen wurde bei einem Versuch (von 4 Versuchen) eine Diatomee vorgefunden. Doch war hier die *ganze* Lunge, einschließlich der Hilusbronchien, untersucht worden, nicht etwa lediglich die Peripherie des Organs. Dieses Ergebnis deckt sich mit den zuletzt von B. MUELLER erzielten Resultaten bei ähnlichen Versuchen mit menschlichen Leichen, die postmortal in Mennigesuspensionen gebracht wurden, widerspricht aber zum Teil den von INCZE durch entsprechende Versuche an Tierleichen gewonnenen Ergebnissen.

Man wird aus der Gesamtheit der bei den Versuchen erhobenen Befunden ableiten können, daß beim Ertrinkungsvorgang Diatomeen in nicht unbeträchtlicher Größe (bis zu 30 μ) durch die Alveolarwand in den Lungenkreislauf durchtreten, wenn auch nicht in allzu großer Anzahl. Daß der Durchtritt nur durch die vorhandenen Stomata erfolgt, ist angesichts der Größe der Diatomeen unwahrscheinlich. Man wird annehmen müssen, daß er durch feine Zerreißen der Alveolarwände zustande kommt, die ja von verschiedenen Untersuchern beobachtet wurden. B. MUELLER gelang bei einer früheren Arbeit über den Ertrinkungstod der mikroskopische Nachweis einer Diatomee im Schnittpräparat, die in einer Alveolarwand stecken geblieben war. Der Übertritt von Diatomeen in den Kreislauf erfolgt nach dem Ergebnis der hier vorgenommenen Versuche auch noch, wenn die Tiere erst im Stadium der terminalen Atembewegungen in die Ertränkungsflüssigkeit gelangen. Er kann aber, wenn auch nur ganz vereinzelt, schon dann

erfolgen, wenn das Versuchstier nach kurzer Zeit vor Eintritt der Bewußtlosigkeit aus dem Ertrinkungsmedium herausgenommen wird. Wahrscheinlich entsteht durch die heftigen Atemexkursionen sowohl zu Beginn des Ertrinkungsvorganges als auch am Schluß bei der sog. Terminalatmung ein erheblicher negativer Druck in die Lungenvenen, so daß die Fremdkörper schnell angesogen werden. Ein bei der Entstehung der Hyperämie verursachter erhöhter Alveolardruck mag den Durchtritt und den Abtransport der corpusculären Elemente noch beschleunigen.

Wie die Untersuchungen zeigten, gelangen die Diatomeen vom linken Ventrikel aus auch in den *großen Kreislauf*. Es ist durchaus möglich, daß ein Teil der im Aufschluß der Herzen der Versuchstiere festgestellten Fremdkörper nicht aus dem Blut, sondern aus der von den Coronararterien versorgten Muskulatur stammen; haben doch LOCHTE und LOCHTE und DANZIGER experimentell dargetan, daß bei Erstickungen im Marmorstaub oder beim Ertrinken in chemisch differenten Flüssigkeiten auch die Herzmuskulatur einen erhöhten Ca-Gehalt aufweist bzw. einen erhöhten Gehalt der jeweiligen chemischen Substanz.

Im weiteren Verlauf des großen Kreislaufes scheinen die Fremdkörper reichlicher als in andere Organe in die *Leber* zu gelangen. Wenigstens konnten wir sie, soweit untersucht wurde, in der Milz nicht nachweisen. Vereinzelt kamen sie bei einigen Versuchen auch in den *Nieren* und im *Gehirn* vor. Daß die Milz nicht gerade bevorzugt wird, erklärt sich am einfachsten aus der vielfach beim Erstickungs- und auch beim Ertrinkungstod auftretenden Ischämie dieses Organs (F. REUTER, W. GIESE, PONSOLD, G. SCHRADER). Die Leber wird dagegen hyperämisch. Diese Hyperämie ist wohl auf Stauung im rechten Herzen zurückzuführen. Wenn auch die größte Blutmenge in diesem Organ aus dem Pfortaderkreislauf stammen dürfte, so läßt sich doch denken, daß auch die A. hepatica infolge des bei der Erstickung erhöhten Blutdruckes vermehrt arterielles Blut des großen Kreislaufes in die Leber pumpt, dessen Abfluß verlangsamt wird. Maßgeblich ist aber wohl noch zu berücksichtigen, daß es sich bei der Leber um das voluminöseste Organ des Körpers handelt. Bei unseren Rattenversuchen war es nicht schwer, das ganze Organ aufzuschließen und auf diese Weise annähernd die Gesamtheit der in ihm befindlichen Diatomeen zu erfassen.

Wird der Ertrinkungsvorgang in die Länge gezogen, so vermehrt sich die Anzahl der Diatomeen in den Lungen und anscheinend auch im großen Kreislauf.

Für die *gerichtsmedizinische Praxis* kann nach dem Ergebnis dieser experimentellen Untersuchungen empfohlen werden, dadurch Erfahrungen zu gewinnen, daß man bei Ertrinkungstoten außer den Lungen

auch das Blut des linken Herzens und Teile der Herzmuskulatur, nach Ablaufenlassen des Pfortaderblutes auch Teile der Leber, am besten auch Teile des Gehirns im Aufschlußverfahren auf Diatomeen untersucht, sofern die Ertrinkungsflüssigkeit Diatomeen in größerer Menge enthält.

Zusammenfassung.

1. Durch Ertrinkungsversuche in einer Kieselguraufschwemmung, die hauptsächlich mit Ratten, zum Teil aber auch mit Katzen durchgeführt wurden, wurde geprüft, inwiefern corpusculäre Elemente beim Ertrinkungsvorgang durch die Alveolarwand in den Kreislauf übergehen können.

2. Es stellte sich heraus, daß Diatomeen bis zur Größe von etwa 30μ während des Ertrinkungsvorganges in das Herz übergehen (wenn auch in verhältnismäßig geringer Anzahl), und daß man sie darüber hinaus auch noch im großen Kreislauf, und zwar hauptsächlich in der Leber, feststellen kann, vereinzelt auch im Gehirn und in den Nieren.

3. Der Übertritt erfolgt auch, wenn die Versuchstiere nur kurze Zeit im Ertrinkungsmedium bleiben und noch vor Eintritt des Krampfstadiums in einer CO_2 -Atmosphäre zu Ende erstickt werden. Allerdings ist der Übertritt der Diatomeen dann sehr spärlich. Bringt man die Versuchstiere, nachdem man sie vorher in einer CO_2 -Atmosphäre „anerstickt“ hat, erst im Stadium der terminalen Atembewegungen in das Ertrinkungsmedium, so treten auch jetzt noch Diatomeen in den Kreislauf über und waren in Herz und Leber nachweisbar. Es kann allerdings sein, daß die Ausbildung von besonders zahlreichen und tiefen terminalen Atembewegungen (wahrscheinlich veranlaßt durch Reizung des Atemzentrums durch die CO_2 -Atmosphäre) hierzu erheblich beigetragen hat.

4. Es wird angeregt, in praktischen Fällen grundsätzlich außer den Lungen auch das Blut des linken Herzens mit Einschluß von Herzmuskulatur, das Blut der Aorta und nach Ablaufenlassen des Pfortaderblutes auch Teile der Leber, am besten auch Teile des Gehirns, auf Diatomeen zu untersuchen. Dies wird natürlich nur dann Zweck haben, wenn man sich überzeugt hat, daß die Ertrinkungsflüssigkeit auch Diatomeen enthält.

Literatur.

BÖHMER: Stichwort: Tod durch Ertrinken: Handwörterbuch der gerichtlichen Medizin, herausgeg. von v. NEUREITER, PIETRUSKY und SCHÜTT, S. 751 (hier weiteres Schrifttum). Berlin 1940. — BUHTZ u. BURKHARDT: Dtsch. Z. gerichtl. Med 29, 469 (1938). — CORIN et STOCKIS: Bull. Acad. Med. Belg., Brux. 4 (1909). Zit. nach SCHÖNBERG. — EYFFERT: Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches, bearbeitet von SCHÖNICHEN und KALBERLAH. Braunschweig 1900. — FRÄNCKEL, P., u. G. STRASSMANN: Vjschr. gerichtl.

u. öff. Med., (III. F.) **47**, 334 (1914). — GIESE, W.: Verh. dtsh. path. Ges. **1935**, 268. — INCZE: Zbl. Path. **79**, 176 (1942). — KASPAREK: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **27**, 132 (1936). — KOLKWITZ: Pflanzenphysiologie einschl. Hydrobiologie und Planktonkunde. Jena 1922. — LOCHTE: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **3**, 550 (1924). — LOCHTE u. DANZIGER: Vjschr. gerichtl. u. öff. Med. **49**, 221 (1915). — LÖBER: Über den Nachweis von Kieselalgen (Diatomeen) in den Lungen Erwachsener. Diss. Düsseldorf 1941. — MIJNLIEFF: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **33**, 10 (1940). — MUELLER, B.: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **19**, 488 (1932); **37**, 218 (1943). — PONSOLD: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **28** 154 (1937). — REUTER, F.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Berlin u. Wien 1933. — REUTER, K.: Naturwissenschaftlich-kriminalistische Untersuchungen menschlicher Ausscheidungen. In ABDERHALDENS Handbuch der biologischen Untersuchungsmethoden, Abt. IV, Teil 12, 2. Hälfte, S. 342, Berlin u. Wien 1934. — ROSANOFF: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **13**, 473 (1929). — SCHMIDT, O.: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **26**, 311 (1936). — SCHÖNBERG, S.: Physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden zum Nachweis des Ertrinkungstodes. In ABDERHALDENS Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. IV, Teil 12, 2. Hälfte, S. 618. Berlin u. Wien 1934. — SCHRADER, G.: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **28**, 134 (1937). — SCHULZ, A.: Vjschr. gerichtl. u. öff. Med. **35**, III. F. 92 (1908).

Professor Dr. BERTHOLD MUELLER, (17a) Heidelberg,
Voss-Straße 2, Institut für Gerichtliche Medizin.