

Versuche über die Desinfektion des Kiel- oder Bilgeraums von Schiffen.¹⁾

Von

Dr. R. Koch,²⁾

Geh. Med.-Rat.

Die unter dem 11. Juli 1883 erlassene königlich preußische „Instruktion zur Desinfektion von Seeschiffen, welche gemäß der §§ 8, 9 und 10 der Verordnung vom 5. Juli 1883, betreffend die gesundheitspolizeiliche Kontrolle der einen preußischen Hafen anlaufenden Seeschiffe, zu desinfizieren sind“, schreibt in § 6 vor, daß die Desinfektion des Kielraumes mit seinem Inhalte durch Sublimat zu geschehen hat, und enthält zugleich eine ausführliche Anweisung über die Art und Weise, wie die Desinfektion zu bewirken ist.

Die Grundlage für diese in dem § 6 gegebenen Instruktionen haben umfassende Vorarbeiten gegeben, welche unter Beteiligung des vortragenden Rates im Königlich Preußischen Ministerium für Medizinal-Angelegenheiten, Herrn Geh. Ober-Reg.-Rat Dr. E u l e n b e r g, sowie des Generalarztes der Kaiserlichen Marine, Herrn Dr. W e n z e l, vom Gesundheitsamte ausgeführt worden sind, und welche ihren Abschluß in den nachstehend mitgeteilten, an zwei Schiffen der Kaiserlichen Marine angestellten Versuchen gefunden haben. — Die ausführliche Beschreibung dieser bereits im November 1881 ausgeführten Versuche, deren Publikation durch äußere Umstände bisher verhindert war, dürfte auch heute noch für die beteiligten Kreise von Interesse sein.

Die im Anfange dieses Jahrzehnts mit Hilfe exakterer Methoden im Gesundheitsamte gewonnenen Erfahrungen über die Wirksamkeit von Desinfektionsmitteln hatten keinen Zweifel darüber gelassen, daß die bis dahin zur Desinfektion des Kielraumes von Schiffen bzw. des Bilgewassers benutzten Desinfektionsmittel den an sie zu stellenden Anforderungen nicht zu genügen vermögen, daß insbesondere Eisenvitriol und Zinkchlorid nur sehr geringe desinfizierende Wirkung äußern, daß die schwefelige Säure sehr unsicher wirkt und außerdem den Verhältnissen der Schiffsdesinfektion nicht angepaßt werden kann, und daß schließlich die Karbolsäure erst in einer Konzentration sicher desinfiziert, welche ihre Anwendung viel zu kostspielig machen würde.

Es war daher notwendig, sich nach einem Ersatz für die als unzureichend erkannten bisher benutzten Desinfektionsmittel umzusehen. Von den wenigen Mitteln, welche sich bei der Prüfung einer großen Reihe von Substanzen auf ihre desinfizierenden Eigenschaften als wirksam erwiesen hatten, konnte für den vorliegenden Zweck überhaupt nur das Sublimat in Frage kommen. Gasförmige Desinfektionsmittel erschienen von vorn-

¹⁾ Aus Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, 1886, Bd. I, Berlin.

²⁾ Zusammen mit Reg.-Rat Dr. Gaffky.

herein nicht verwendbar, da es sich ja nicht nur um Desinfektion des Bilgeraums, sondern auch des Bilgewassers handelte.

Was zunächst die Desinfektionswirkung betraf, so war durch zahlreiche Versuche erwiesen, daß das Sublimat in dieser Beziehung den anderen Desinfektionsmitteln weit überlegen ist. Andererseits konnten die giftigen Eigenschaften des Mittels, welche unter manchen anderen Umständen seine Verwendung bedenklich erscheinen lassen, für den vorliegenden Fall nicht von Bedeutung sein, weil stets hinreichende Wassermengen zur Entfernung des Desinfektionsmittels nach geschieder Desinfektion zu Gebote stehen und die unschädliche Beseitigung der quecksilberhaltigen Flüssigkeiten, Niederschläge usw. keine wesentlichen Schwierigkeiten verursachen kann. Außerdem bot das Sublimat noch folgende beiden wesentlichen Vorzüge: zunächst beansprucht die Ausrüstung eines Schiffes mit dem erforderlichen Vorrat des Mittels keinen erheblichen Raum, da selbst unter ungünstigen Verhältnissen sehr kleine Mengen von Sublimat zur Desinfektion eines Schiffes genügen. Sodann konnte ein sehr einfaches Prüfungsverfahren für die genügende Wirkung der Sublimatdesinfektion angegeben werden, welches selbst in der Hand eines Laien sichere Resultate ergibt.

Für die praktische Verwendung des Sublimats zur Desinfektion ist nämlich wohl zu beachten, daß die experimentell gefundenen Zahlen, welche die untere Grenze der desinfizierenden Wirkung angeben, sich auf solche Verhältnisse beziehen, in welchen die in der Lösung befindliche Menge des Desinfektionsmittels unverkürzt zur Geltung kommen muß. Andere Verhältnisse werden auch andere Konzentrationen des Desinfektionsmittels erfordern. Namentlich wird das der Fall sein, wenn Flüssigkeiten mit Sublimat desinfiziert werden sollen, welche reich an Eiweißkörpern oder an Schwefelwasserstoff und anderen, mit Quecksilbersalzen unlösliche Verbindungen eingehenden Stoffen sind. Als Maßstab, um auch für diese komplizierteren Verhältnisse ein Urteil über die perfekt gewordene Desinfektion zu gewinnen, kann nun gelten, daß der zu desinfizierenden Flüssigkeit soviel Sublimat zuzusetzen ist, daß sie mindestens 1:5000 freies Sublimat in Lösung enthält, weil nach zahlreichen Versuchsergebnissen bei diesem Sublimatgehalt die Vernichtung aller Mikroorganismen und ihrer Keime in wenigen Stunden gesichert ist. Ob die mit Sublimat versetzte Flüssigkeit in Wirklichkeit einen Gehalt von 1:5000 Sublimat in Lösung besitzt, läßt sich sehr leicht durch das Eintauchen eines mit Schmirgelpapier blank geputzten Streifchens Kupferblech feststellen. Aus mehreren nach dieser Richtung angestellten Versuchsweisen ergab sich nämlich, daß ein in der angegebenen Weise präparierter Kupferstreifen in einer sublimathaltigen Flüssigkeit innerhalb einer halben Stunde bei einer Konzentration von 1:5000 noch eine sehr deutliche blaugraue Färbung durch den an der Oberfläche sich bildenden Quecksilberniederschlag zeigt. Bei 1:10 000 wurde diese Reaktion undeutlich. Jedenfalls geht man ziemlich sicher in der Annahme, daß, wenn die Reaktion innerhalb einer halben Stunde deutlich eintritt, mindestens 1:5000 Sublimat sich in Lösung befindet.

Ein Beispiel möge zur Illustration dieser Verhältnisse dienen:

Drei Flüssigkeiten, nämlich Wasser aus der Panke (in seiner Beschaffenheit einem ziemlich stark verunreinigten Rinnsteinwasser vergleichbar), Kielwasser aus einem Schiffe und faulendes Blut wurden so lange mit Sublimatlösung versetzt, bis die Reaktion am Kupferblech eintraf. Das Pankewasser erforderte hierzu 1:2000, das Kielwasser 1:1000, das faulende Blut 1:400 Sublimat.

In allen drei Flüssigkeiten war, sobald die erwähnte Reaktion eintrat, jeder Geruch nach Schwefelwasserstoff und Ammoniak vollständig geschwunden; es bildete sich ein mehr oder weniger reichlicher Niederschlag, über welchem eine schwach getrübe Flüssigkeit stand. Innerhalb der nächsten acht Tage (so lange wurde die Beobachtung

fortgesetzt) blieben die Flüssigkeiten unverändert. Von Zeit zu Zeit aus denselben entnommene Proben vom Niederschlag oder von der Flüssigkeit enthielten, wie die Aussaat auf Nährgelatine bewies, keine entwicklungsfähigen Organismen.

Da zu erwarten war, daß das Bilgewater eine wechselnde Beschaffenheit haben würde, so wurden zunächst noch mehrere Desinfektionsversuche mit Sublimat an verschiedenen Bilgewaterproben, welche von der Marinestation Kiel zur Verfügung gestellt waren, im Laboratorium ausgeführt. Das Resultat dieser Versuche war, daß in allen Fällen ein Zusatz von einem Teile Sublimat auf 1000 Teile Bilgewater zur vollständigen Desinfektion genügte.

Die im Vorstehenden kurz wiedergegebenen Erwägungen und Laboratoriumsversuche konnten keinen Zweifel darüber lassen, daß die Sublimatdesinfektion für den Kielraum von Schiffen und dessen Inhalt die einzige von allen zurzeit zu Gebote stehenden Arten der Desinfektion sei, welche ihrem Zwecke entspricht. Auch mußte sie unter den gegebenen Verhältnissen als durchführbar erscheinen. Bevor jedoch das genannte Desinfektionsverfahren zur Anwendung in der Praxis vorgeschlagen werden konnte, erschien es unerlässlich, seine Ausführbarkeit und Zuverlässigkeit auch noch durch Versuche im großen, d. h. an dazu geeigneten Schiffen zu prüfen. Über den Verlauf dieser Versuche, welche in der Zeit vom 13. bis 20. November 1881 in Wilhelmshaven angestellt worden sind, soll nunmehr berichtet werden.

Von der Kaiserlichen Admiralität waren zwei Schiffe der Kriegsmarine, die Glattecks Korvette Freya, ein Holzschiff von 1663 Tonnen Gehalt, und das Kanonenboot I. Klasse Hyäne, ein Eisenschiff von 428 Tonnen Gehalt, zu den Desinfektionsversuchen bestimmt. Beide Schiffe, welche kurz vorher von einer langen Seereise zurückgekehrt waren, lagen abgerüstet im Bauhafen der kaiserlichen Werft zu Wilhelmshaven.

Auf den Gang der Versuche, welche sich der gestellten Aufgabe gemäß nur auf die Desinfektion des Kielraums beschränkten, mußten folgende Erwägungen von wesentlichem Einflusse sein.

Zunächst handelte es sich darum, ob die Versuche in der Weise angestellt werden sollten, daß der vorhandene flüssige und schlammige Inhalt des Bilgeraums im Schiffe zu desinfizieren und dann, nachdem derselbe unschädlich gemacht, aus dem Schiffe zu entfernen sei; oder in der Weise, daß das Kielwasser zuerst auszupumpen und danach der leere Kielraum zu desinfizieren sei. In den meisten Fällen wird es ohne Zweifel zulässig sein, vor der eigentlichen Desinfektion eines Schiffes den Inhalt des Kielraumes so viel als möglich zu beseitigen. Andererseits sind aber auch Verhältnisse denkbar, unter denen das Einlassen des Kielwassers aus einem infizierten Schiff in das Wasser eines Hafens oder dessen Nachbarschaft von den bedenklichsten Folgen sein könnte. Außerdem ist es für die Desinfektion die schwierigere Aufgabe, das Kielwasser im Schiffe zu desinfizieren und es schließt diese Aufgabe zugleich diejenige der Desinfektion des Kielraumes ein. Deswegen müssen Versuche über die Wirksamkeit eines Mittels zur Schiffdesinfektion so angestellt werden, daß der gesamte Inhalt des Kielraumes zu desinfizieren ist.

Eine der wichtigsten Fragen bei der Desinfektion des Kielraumes ist die, in welcher Weise das Desinfektionsmittel mit dem Bilgewater gleichmäßig vermischt und in alle Teile und Winkel des Kielraumes gebracht werden soll. Wenn das Schiff sich auf hoher See befindet oder auch vor Anker, aber in bewegtem Wasser liegt, dann wird die Mischung des Desinfektionsmittels mit dem Bilgewater sehr viel weniger Schwierigkeiten machen, als in einem vollkommen ruhig liegenden Schiffe. Die Bewegungen des Schiffes werden es mit sich bringen, daß das hin und herströmende Bilgewater sich allmählich immer

gleichmäßiger mit der Desinfektionsflüssigkeit, welche an verschiedenen Stellen in den Bilgeraum gegossen und einigermaßen durch Umrühren darin verteilt wurde, mischt und schließlich auch in alle Abteilungen des Kielraumes gelangt. Ganz anders verhält es sich, wenn die Eigenbewegungen des Schiffes dem Mischen der Flüssigkeiten nicht zu Hilfe kommen; dann läßt sich von vornherein wohl annehmen, daß ein einfaches Eingießen der Desinfektionsflüssigkeit in das Bilgewater und Umrühren des letzteren zur hinreichenden Mischung und Verteilung im Kielraum nicht genügen wird.

Die beiden Versuchsschiffe lagen in einem fast vollkommen ruhigen Wasser und hatten nicht die geringste Bewegung. Es war daher notwendig, besondere Vorkehrungen zur Vermischung des Desinfektionsmittels mit dem Kielwasser zu treffen, und zwar schien es zweckmäßig, verschiedene Arten der Mischung zu versuchen, um zu erfahren, welche die beste sei. Mit Rücksicht hierauf wurde in zwei Versuchen die Mischung in der Weise bewerkstelligt, daß vom tiefsten Standpunkte des Kielwassers, also vom Hinterteil des Schiffes mittels eines kleinen Pumpwerkes das Kielwasser in einem Schlauch über das Deck hinweg nach dem Vorderteil des Schiffes geschafft wurde, wo der Kielraum eben aufhört vom Kielwasser bespült zu werden. Es war dafür Sorge getragen, daß die Schleusen, durch welche die einzelnen wasserdicht abgeschlossenen Abteilungen des Schiffes miteinander kommunizieren, so weit als möglich geöffnet waren. Auf diese Weise mußte das nach vorn gepumpte Kielwasser im Kielraum zurückströmen und denselben in allen seinen Teilen bespülen. Wenn nun das Desinfektionsmittel in den Kielraum allmählich, und zwar in das aus dem Pumpenschlauch mit einiger Gewalt ausströmende Kielwasser eingegossen wurde, so konnte es sich hier sofort mit demselben vermischen und es ließ sich wohl annehmen, daß, nachdem das Pumpen eine nicht zu kurze Zeit fortgesetzt und das Kielwasser dadurch in einer gleichmäßigen Zirkulation erhalten war, auch die Mischung in möglichst ausgiebiger Weise bewirkt und das Desinfektionsmittel in alle Teile des Kielraums gedrungen sein mußte.

Eine zweite Methode der Einführung des Desinfektionsmittels in den Kielraum ließ sich allerdings nur nach Entleerung des letzteren in der Weise bewirken, daß man frisches Wasser solange einströmen ließ, bis es den früheren Stand des Kielwassers erreichte oder diesen noch um ein geringes übertraf, und an der Eintrittsstelle dem strömenden Wasser die Desinfektionsflüssigkeit allmählich zusetzte.

Die ersterwähnte Methode wurde in den beiden ersten, die zweite im letzten Versuche angewendet.

Die Zeit, während welcher das Desinfektionsmittel im Schiffsraum bleiben sollte, hätte nach Maßgabe der im kleinen angestellten Vorversuche ziemlich kurz bemessen werden können, etwa eine Stunde oder noch weniger. Da es aber vor allen Dingen darauf ankam, erst einmal festzustellen, ob überhaupt eine Desinfektion des Bilgeraums und seines Inhalts mit Sublimat zu erzielen ist, so wurde, um möglichst sicher zu gehen, das Desinfektionsmittel eine längere Zeit im Schiffsraum gelassen. In dem einen Versuch blieb es absichtlich solange darin, bis die Überzeugung von der gelungenen Desinfektion gewonnen war, damit im Falle des Mißlingens nach dem einmaligen Zusatz des Sublimats eventuell die Dosis hätte gesteigert werden können.

Da Sublimat leicht von heißem Wasser gelöst wird, so schien es am einfachsten, dasselbe in wäßriger Lösung, welche ungefähr 6 bis 7% des Mittels enthielt, anzuwenden.

Zur Bestimmung der dem Kielwasser beizumengenden, zur Desinfektion erforderlichen Sublimatmenge sollte die oben beschriebene Probe mittels eines Streifens Kupferblech benutzt werden. Selbstverständlich mußte auch hier durch einen Vorversuch mit einem abgemessenen Quantum des Kielwassers die Menge des Sublimats festgestellt werden, welche erforderlich war, damit die Reaktion am Kupferblech eintrat.

Um die desinfizierende Wirkung des Sublimats auf den Kielraum zu kontrollieren, wäre es nicht ausreichend gewesen, sich auf den Nachweis von entwicklungsfähigen Mikroorganismen im Bilgewasser und die durch den Zusatz des Desinfektionsmittels gelungene Tötung derselben zu beschränken, weil es sehr wohl möglich war, daß das fragliche Bilgewasser nur solche Mikroorganismen enthielt, welche an und für sich schon sehr leicht zu töten waren, und dann die gelungene Desinfektion dieses Wassers noch keine Gewähr dafür leisten konnte, daß unter denselben Verhältnissen auch alle übrigen Mikroorganismen vernichtet sein würden. Es war deswegen notwendig, solche Keime, welche als besonders resistent bekannt sind, in den Kielraum zu legen und an diesen die Wirkung des Desinfektionsmittels zu prüfen. Am widerstandsfähigsten gegen die verschiedensten physikalisch und chemisch wirkenden Desinfektionsmittel hatten sich bis dahin die in gewöhnlicher Gartenerde in großer Zahl vorhandenen Bazillensporen erwiesen und es wurden diese daher als Desinfektionsproben benutzt. Eine für mehrere Versuche zur Prüfung auf die Entwicklungsfähigkeit dieser Sporen hinreichende Menge Erde, ungefähr ein halbes Gramm, wurde in eine aus Filtrierpapier gefertigte kleine Kapsel gefüllt, letztere mit einem Faden umwickelt, damit sie vom Wasser nicht aufgeweicht werden konnte, und so an einem Stückchen Holz durch einen zweiten Faden befestigt. Nach geschehener Desinfektion sollte die in den Kapseln enthaltene Erde, um zu erkennen, ob die in ihr enthaltenen Bazillensporen noch entwicklungsfähig geblieben oder getötet waren, auf Nährgelatine ausgestreut werden. Hierbei war jedoch zu bedenken, daß der Erde eine nicht geringe Menge von sublimathaltigem Bilgewasser anhaftete, welches, auch wenn die Sporen noch entwicklungsfähig waren, letztere vermöge des Sublimatgehaltes in ihrem Wachstum behindern und so den Anschein erwecken konnte, als seien sie vernichtet. Aus diesem Grunde war es erforderlich, bevor die Erde auf die Nährgelatine gebracht wurde, sie von dem für das Erkennen der Entwicklungsfähigkeit der Sporen störenden Sublimatgehalt zu befreien. Durch Vorversuche, welche im Laboratorium des Gesundheitsamtes ausgeführt waren, hatte sich ergeben, daß zu diesem Zwecke am besten absoluter Alkohol zu verwenden ist. Derselbe entfernt, wenn die Erdprobe mehrere Stunden lang damit behandelt wird, das Sublimat vollständig, bewirkt außerdem, daß die Erde wieder ganz trocken wird und sich leicht auf die Nährgelatine ausstreuen läßt, und hat auf die Entwicklungsfähigkeit der Bazillensporen nicht den geringsten nachteiligen Einfluß.

Als Nährboden wurde die bekannte Fleischwasser-Pepton-Gelatine benutzt. In der angedeuteten Weise wurde mit sämtlichen bei den Desinfektionsversuchen benutzten Erdproben verfahren. Selbstverständlich gingen neben dem eigentlichen Desinfektionsversuch Kontrollversuche mit Proben her, welche teils eine ziemlich lange Zeit im Becherglas in sublimatfreiem oder sublimathaltigem Bilgewasser gelegen hatten, teils ohne jede anderweitige Einwirkung geblieben waren. Das Kielwasser selbst wurde ebenfalls mit Hilfe von Nährgelatine in bezug auf das Vorhandensein resp. die Vernichtung entwicklungsfähiger Organismen geprüft.

Die Veränderungen, welche das dem Kielwasser zugesetzte Sublimat an Holz- und Metallteilen des Schiffes und an der Pumpe bewirkte, ließen sich, da namentlich auch durch die chemische Untersuchung die nach der Desinfektion und Spülung des Kielraums in dem Schiffsmaterial zurückbleibenden Quecksilbermengen zu bestimmen waren, nicht wohl in einer anderen Weise untersuchen, als daß Stücke von Holz, Metallen, Leder, Kautschuk in den Kielraum gelegt wurden, während der Desinfektion darin blieben, um schließlich die daran stattgefundenen Veränderungen festzustellen. Weil in dem Kielraum wohl nur solche metallene Gegenstände vorhanden sind, welche oxydierte Oberflächen besitzen, und Holz, Leder usw. sich in feuchtem Zustande

befinden, so waren auch die Proben so auszuwählen, daß sie eine dementsprechende Beschaffenheit hatten.

Außer diesen Proben sollten auch noch solche vom Schlamm des Kielraums nach Beendigung der Desinfektion und Spülung, sowie Wasser, welches einige Zeit nach der letzten Spülung im Kielraum gestanden, und solches, welches die Pumpe nach Beendigung der Versuche passiert hatte, gesammelt und der chemischen Untersuchung auf etwa vorhandenen Quecksilbergehalt unterworfen werden.

Jeder einzelne Desinfektionsversuch sollte demnach folgenden Verlauf haben:

Vorversuch zur Bestimmung der zum Kielwasser zu gebenden Sublimatmenge bis zum Eintritt der Reaktion am Kupferblech.

Auflösen einer entsprechenden Menge von Sublimat in heißem Wasser.

Zirkulierende Bewegung des Kielwassers durch Pumpen (eventuell Einströmen frischen Wassers in den leer gepumpten Kielraum), allmähliches Eingießen der Sublimatlösung in das fließende Kielwasser und fortgesetztes Pumpen bis zum Eintritt der Kupferblechreaktion in den von verschiedenen Stellen des Kielraums entnommenen Wasserproben.

Einlegen der Erdproben an verschiedenen Stellen des Kielraums, der Proben von verschiedenen Metallen, Kautschuk, feuchtem Leder und Holz an der tiefsten Stelle des Kielwassers.

Am folgenden Tage nochmalige Untersuchung des Kielwassers auf Quecksilbergehalt mit Kupferblech, dann Entnahme je einer Erdprobe aus den verschiedenen Abteilungen des Kielraums.

Mehrstündiges Behandeln der Erdproben mit absolutem Alkohol; Untersuchung der Erde und von Tropfen des desinfizierten Kielwassers mit Hilfe von Nährgelatine. Anfertigung von Kontrollpräparaten mit nicht desinfiziertem Kielwasser und Erde.

Am dritten Tage mikroskopische Untersuchung der Desinfektionsproben (Erde, Kielwasser) und der zugehörigen Kontrollpräparate; Entnahme einer zweiten Reihe von Erdproben aus dem Kielraum und Behandlung derselben in der angegebenen Weise.

Am vierten Tage nochmalige Untersuchung der mikroskopischen Präparate. Nach gelungener Desinfektion, Auspumpen des Kielwassers und Einlassen von reinem Wasser in den Kielraum; mit mehrstündigen Pausen viermalige in derselben Weise ausgeführte Spülung des Kielraums.

Am fünften Tage Entnahme von Wasser und Schlamm aus dem Kielraum zur chemischen Untersuchung und der Proben von Holz, Metall, Leder, Kautschuk. Berücksichtigung der letzteren und Überweisung zur chemischen Untersuchung.

Nach Beendigung sämtlicher Desinfektionsversuche Durchleitung von reinem Wasser durch die dabei benutzte Pumpe und Entnahme einer Probe des Wassers zur chemischen Untersuchung; endlich Auseinandernehmen der Pumpe und Prüfung derselben auf etwa eingetretene Veränderungen.

Es erschien zweckmäßig, beide Schiffe nicht gleichzeitig zu desinfizieren, sondern zuerst einen Versuch auf dem Holzschiff Freya auszuführen, dessen Kielraum leichter zugänglich war, um die bei diesem ersten Versuche gewonnenen Erfahrungen bei dem folgenden verwerten zu können. Dieser Entschluß bewährte sich in der Folge auch als sehr vorteilhaft, da der erste Versuch auf der Freya aus später zu erwähnenden Gründen nicht vollkommen nach Vorschrift des aufgestellten Programms verlief, dagegen der zweite auf der Hyäne angestellte Versuch unter Vermeidung der nunmehr erkannten Fehler in der Versuchsanordnung ganz korrekt nach dem Programm ausgeführt werden konnte. Von den beiden Hauptversuchen ist deswegen auch nur der zweite als maßgebend zu erachten und soll in der nachfolgenden Darstellung, um von vornherein ein

richtiges Bild eines vorschriftsmäßig verlaufenden Desinfektionsversuches zu geben, zuerst beschrieben werden. Der dritte Versuch auf der Freya bezweckte hauptsächlich, den ersten nicht ganz gelungenen Versuch zu ergänzen, daneben aber ein anderes Mischungsverfahren als das in den beiden ersten Versuchen befolgte, zu erproben. Da sich nun dieses Mischungsverfahren als unzureichend erwies, so läßt sich auch dieser Versuch nur teilweise verwerten.

Versuch auf dem Kanonenboot Hyäne. — Die Menge des Kielwassers, welche ursprünglich auf 250 l angegeben war, wurde durch nachträgliche Berechnung auf ungefähr 2000 l bestimmt.

Das an der tiefsten Stelle des Kielraums geschöpfte Kielwasser war trübe, von heller gelbbrauner Farbe, roch schwach nach ranzigem Fett und war von neutraler Reaktion. Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigten sich in demselben verhältnismäßig wenige Mikroorganismen. Auf Nährgelatine gebracht, ließ es zahlreiche Bakterienkolonien in Form von blassen, mattglänzenden, runden Tröpfchen zur Entwicklung kommen, die sich bei starker Vergrößerung vorwiegend als aus kurzen schmalen Stäbchen bestehend erwiesen.

In einem Becherglas wurde zu 200 ccm dieses Kielwassers so lange von einer 10% Sublimatlösung hinzugefügt, bis die Quecksilberreaktion am blanken Kupferstreifen eintrat. Es war hierzu 1 ccm der Lösung, also 0,5 ‰ Sublimat, erforderlich. Auf die Gesamtmenge des Kielwassers berechnet, mußte demnach ungefähr 1 kg Sublimat zur Desinfektion verwendet werden.

Damit die Proben von Holz und Leder in einem hinreichend feuchten Zustande sich befanden, bevor die sublimathaltige Flüssigkeit mit ihnen in Berührung kam, waren dieselben zugleich mit einem Stück Kupferblech und einem Stück rostigen Eisens am Tage vor Beginn der Desinfektion in das Kielwasser gelegt.

Nachdem noch sämtliche Schleusen zwischen den einzelnen Kompartments geöffnet und damit eine ausreichende Kommunikation der verschiedenen Abteilungen des Kielraums hergestellt war, wurde am 15. November vermittle einer Pumpe das Kielwasser aus der Abteilung hinter dem Maschinenraum, wo dasselbe am tiefsten (25 cm) stand, über das Deck und drei Kompartments hinweg unter den Granatenraum geleitet. An der Stelle, wo das Kielwasser aus dem Pumpenschlauch ausströmte, hatte es nur noch 1 bis 2 cm Höhe. In den dazwischenliegenden Kompartments war an mehreren Punkten, wenn die Flurplatten entfernt wurden, der Kielraum ebenfalls zugänglich, und es konnte das Zurückfließen des Wassers vom Vorder- nach dem Hinterteile des Schiffes beobachtet und durch die Bewegung von hineingeworfenen Papierstückchen sichtbar gemacht werden. Bald nachdem die Zirkulation des Kielwassers begonnen hatte, wurde nach und nach 1 kg im Wasser gelöstes Sublimat unter dem Granatenraum eingegossen. Ungefähr 2 Stunden lang blieb das Pumpwerk in Gang. Einige Proben Kielwasser, welche an verschiedenen Stellen des Kielraumes geschöpft waren, zeigten schließlich am Kupferblech deutliche Quecksilberreaktion. Es ließ sich also annehmen, daß das Bilgewater einen zur Desinfektion ausreichenden Sublimatgehalt besaß und auch gleichmäßig mit dem Desinfektionsmittel gemischt war. Am Nachmittag des 15. November gegen 5 Uhr wurden alsdann in vier verschiedenen Kompartments Proben von sporenhaltiger Gartenerde in das Kielwasser gelegt, und zwar an jeder der vier Stellen drei Proben.

Am folgenden Morgen (16. November) geschöpftes Kielwasser zeigte die Quecksilberreaktion fast noch ebenso stark wie am vorhergehenden Tage. Gegen 11 Uhr vormittags (also nach ca. 18 stündigem Liegen in dem sublimathaltigen Kielwasser) wurde

aus jedem der vier Kompartments je eine Probe der Erde genommen, mit Alkohol behandelt und auf Nährgelatine gestreut. Ebenso wurde auch das an diesem Morgen geschöpfte Kielwasser auf das Vorhandensein entwicklungsfähiger Mikroorganismen durch einen Kulturversuch auf Nährgelatine geprüft.

Bis zum folgenden Morgen (17. November) hatten sich in den Kontrolpräparaten sowohl aus der Gartenerde als auch aus dem Kielwasser (vor dem Desinfektionsversuch am 15. November geschöpft) zahlreiche Bakterienkolonien entwickelt; die aus dem Kielraum der Hyäne entnommenen Erdproben und das am 16. November geschöpfte Kielwasser dagegen hatten auf der Nährgelatine nicht das geringste Bakterienwachstum hervorgebracht. Auch am 18. November, also 48 Stunden nach der Aussaat, zeigten die letzteren Präparate keine einzige Bakterienkolonie, während die Kontrollpräparate von Bakterien wimmelten. Eine zweite Reihe von Erdproben, welche am 17. November (nach 42 stündigem Liegen im Kielwasser) aus dem Schiff genommen und auf die Entwicklungsfähigkeit der Bazillensporen geprüft wurde, verhielt sich ebenso. Sämtliche Sporen waren getötet und es konnte danach keinem Zweifel unterliegen, daß die Desinfektion des Kielraums gelungen war.

Am 18. November nachmittags wurde der Kielraum mit reinem Wasser zweimal und am 19. November in gleicher Weise zweimal gespült. Vom letzten Spülwasser wurden, nachdem es vier Stunden im Schiffe gestanden hatte, zwei Liter in reine Flaschen gefüllt und zur chemischen Untersuchung auf Quecksilbergehalt bestimmt. Zu demselben Zwecke wurde Schlamm aus dem Kielraume der Hyäne entnommen.

Die am 14. November in das Kielwasser gelegten Stücke von Holz, Metall und Kautschuk hatten sich ungefähr 72 Stunden lang in der sublimathaltigen Flüssigkeit und 24 Stunden im Spülwasser befunden. Sie zeigten sich bei der nunmehr vorgenommenen Besichtigung teilweise mit fettigem Schlamm überzogen. Das Kupferblech hatte einen grauen Anflug, der sich mit dem Finger leicht abreiben ließ. Darunter kam das Metall mit roter metallischer Fläche zum Vorschein. An den Holz- und Kautschukproben ließ sich keine Veränderung wahrnehmen. Ebenso wenig schien ein Stück rostiges Eisen sich verändert zu haben. Alle diese Proben wurden ebenfalls zur chemischen Untersuchung aufbewahrt.

Neben diesem Hauptversuche kamen noch folgende Nebenversuche mit Kielwasser der Hyäne zur Ausführung.

I. In zwei Bechergläser, von denen das eine Kielwasser mit einem Zusatz von 0,5%₀₀ Sublimat, das andere vor dem Desinfektionsversuche geschöpftes Kielwasser enthielt, wurden eine Nacht hindurch Proben von sporenhaltiger Erde gelegt. Das Resultat entsprach demjenigen des Hauptversuches; denn in der im sublimathaltigen Kielwasser gewesenen Probe waren sämtliche Sporen getötet, in derjenigen Erde dagegen, welche im sublimatfreien Kielwasser gelegen hatte, war ihre Entwicklungsfähigkeit ganz unverändert geblieben. Dieser letzte Versuch beweist außerdem, daß der länger dauernde Aufenthalt im Kielwasser und die Behandlung mit Alkohol, welche diese Proben in derselben Weise wie alle übrigen erfahren hatten, auf die Sporen keinen nachteiligen Einfluß ausübt.

II. Bei einer Besichtigung der Maschinenpumpe auf der Hyäne fand sich im unteren Teile derselben noch ein mehrere Liter betragender Rest, von dem wahrscheinlich gegen Ende der Reise des Schiffes ausgepumpten Kielwasser. Dasselbe hatte einen intensiven Schwefelwasserstoffgeruch, färbte Bleipapier braun, war von trüber Beschaffenheit, grauer Farbe und reagierte neutral. Mit dem Mikroskop waren nur sehr wenige Mikroorganismen darin nachzuweisen. Auch entwickelten sich auf Nährgelatine

nur wenige Bakterienkolonien. Zur deutlichen Quecksilberreaktion auf Kupferblech bedurfte es eines Zusatzes von 2‰ Sublimat. Sowohl in die mit 2‰ Sublimat versetzte als in die unveränderte Flüssigkeit wurden Erdproben eine Nacht hindurch gelegt, und zwar mit demselben Erfolge wie im vorhergehenden Versuche. In der sublimathaltigen Flüssigkeit hatten die Sporen ihre Entwicklungsfähigkeit verloren; in dem sublimatfreien Kielwasser waren sie unverändert geblieben, sie wuchsen ebenso schnell und zahlreich zu Bazillenkolonien aus wie in den Kontrollpräparaten.

Erster Versuch auf der Korvette Freya. Am 13. November wurde eine Probe des Kielwassers geschöpft und untersucht. Dasselbe war von schwärzlicher Farbe, hatte schwachen Sumpferuch, roch außerdem nach ranzigem Fett und reagierte schwach sauer. Mikroskopisch waren ziemlich viele Bakterien darin zu erkennen und bei einem Kulturversuch mit Nährgelatine entwickelten sich zahlreiche, aus dünnen kurzen Stäbchen bestehende Kolonien.

Die Quecksilberreaktion mit dem Kupferblech erschien nach Zusatz von 2 ccm einer 10% Sublimatlösung zu 200 ccm des Kielwassers, also bei 1‰ Sublimatgehalt. Da die Gesamtmenge des Kielwassers auf 250 bis 300 l angegeben war, so ließ sich annehmen, daß mit 250 bis 300 g Sublimat die Desinfektion zu erreichen sei.

Nachmittags begann die Desinfektion. Die Pumpe nahm das Kielwasser aus dem hinteren Teile des Schiffes (Tunnelbilge) und führte es durch den Maschinenraum über zwei Kompartments hinweg in die vordere Abteilung des Kesselraums, wo der Schiffsboden schon trocken war; von hier floß es ziemlich schnell durch die Öffnungen in den wasserdichten Schotts nach der Tunnelbilge zurück. Die Pumpe blieb anderthalb Stunden in Gang und es wurden allmählich 375 g Sublimat, welches im Wasser gelöst war, dem Kielwasser zugesetzt. Es war inzwischen dunkel geworden und die Reaktion des Kielwassers auf Quecksilber mußte beim trüben Licht einer Laterne beobachtet werden. Sie schien zuletzt einzutreten, und da außerdem schon etwas mehr Sublimat zugegeben war, als nach der angeblichen Menge des Kielwassers und dem Resultat des Vorversuches berechnet war, so wurde mit dem Zusatz des Desinfektionsmittels aufgehört und die Desinfektionsproben, welche aus mehreren Proben von sporenhaltiger Erde und Stücken Zinkblech, Messingblech, rostigem Eisenblech, Leder, Kautschuk, feuchtem Teakholz, trockenem Eichen- und trockenem Fichtenholz bestanden, in das Kielwasser, und zwar in die Tunnelbilge gelegt.

Am folgenden Vormittag (am 14. November) wurden die Erdproben, welche bis dahin 16 Stunden im Kielwasser gelegen hatten, aus dem Kielraum genommen, mit Alkohol behandelt und auf Nährgelatine ausgestreut. Auch mit zu gleicher Zeit geschöpftem Kielwasser wurde ein Kulturversuch auf Nährgelatine angestellt.

Bei dem alsdann erfolgenden Auspumpen des Kielwassers fiel es auf, daß dasselbe nicht mehr so dunkel und schwärzlich aussah als vor der Desinfektion, sondern eine hellere, mehr graubraune Farbe angenommen hatte. Zugleich stellte sich aber auch an der Menge des abfließenden Wassers heraus, daß die ursprünglich mit 200 l und bei Beginn der Desinfektion mit 250 bis 300 l angenommene Menge des Kielwassers unmöglich so gering sein konnte, sondern sich erheblich höher beziffern mußte. Infolgedessen wurde eine nochmalige genaue Berechnung des Kielraumes mit Hilfe der Schiffsrisse vorgenommen und gefunden, daß derselbe bis zur Höhe des Kielwasserstandes ungefähr 4000 l enthielt; davon ging indessen wieder ein nicht genau zu berechnender, durch Holzteile und verschiedene im Kielraum lagernde Gegenstände eingenommener Raum ab, der im äußersten Fall mit 2000 l in Rechnung zu setzen war, so daß mindestens 2000 l Kiel-

wasser blieben. Hiermit stimmte auch die Angabe des Obermaschinisten auf der Freya, welcher die Kielwassermenge auf 2000 bis 3000 l schätzte.

Eine während des Auspumpens geschöpfte Probe des Kielwassers gab an einem längere Zeit darin befindlichen Kupferstreifen keine deutliche Quecksilberreaktion; erst am folgenden Tage, nach ungefähr 20 Stunden, erschien auf dem Kupfer ein eben deutlich wahrnehmbarer grauer Anflug.

In der beim Desinfektionsversuch auf der Hyäne beschriebenen Weise wurde auch der Kielraum der Freya nach dem Auspumpen des Kielwassers an demselben Tage zweimal und am folgenden Tage ebenfalls zweimal gespült.

Am 15. November vormittags, ungefähr 24 Stunden nachdem die aus dem Kielraum der Freya entnommenen Erdproben auf Nährgelatine gestreut waren, machte sich noch in keinem Präparate Wachstum von Bazillen bemerklich, während in den Kontrollpräparaten schon sehr zahlreiche, in der Entwicklung weit vorgeschrittene Bazillenkolonien mittels des Mikroskops zu sehen waren. Das gleiche Verhalten fand mit den Kielwasserproben statt; das vor der Desinfektion am 13. geschöpfte Wasser hatte zahlreiche Bakterienkolonien, das nach der Desinfektion am 14. November geschöpfte noch keine einzige gegeben.

Aber schon am Nachmittage desselben Tages zeigten sich ganz vereinzelte und in der Entwicklung weit zurückgebliebene Bazillenkolonien in den aus dem Kielraum stammenden Erdproben.

Am 16. November, nach 48 stündiger Dauer, hatten in den Kontrollpräparaten der Erde die Bazillen schon den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreicht. Aus denjenigen Proben, welche im Kielwasser gelegen hatten, waren sehr viel weniger Bazillenkolonien als in den Kontrollpräparaten entstanden, auch waren sie im Wachstum weit hinter diesen zurück. Es ging hieraus hervor, daß zwar die Mehrzahl der Bazillensporen in der Erde getötet und die übriggebliebenen in ihrer Entwicklung gehemmt waren, dennoch eine vollständige Desinfektion der Proben nicht bewirkt war.

Das am 14. November geschöpfte Kielwasser selbst verhielt sich dagegen anders, Es war bis dahin noch nicht eine einzige Bakterienkolonie in den betreffenden Präparaten entstanden, während in den Kontrollpräparaten die Entwicklung der schon am Tage vorher bemerkten zahlreichen Bakterienkolonien immer weiter fortgeschritten war, und es konnte daraus geschlossen werden, daß alles Lebende darin vernichtet und die Desinfektion desselben also gelungen war.

In dem Vorversuch war die zur Desinfektion erforderliche Sublimatmenge auf 1 $\frac{1}{100}$ bestimmt und es hätte auf die schließlich mit 2000 l angenommene Gesamtmenge des Kielwassers 2 kg Sublimat verwendet werden müssen. Statt dessen sind nur 375 g, also noch nicht ganz der fünfte Teil der verlangten Menge, dem Kielwasser in diesem Versuche beigemischt und damit zwar noch eine vollständige Desinfektion des Kielwassers, welches vermutlich nur Mikroorganismen von geringerer Widerstandsfähigkeit enthielt, aber nicht die vollständige Vernichtung der als besonders resistent bekannten Sporen in der Erde erreicht.

Es entstand die Frage, ob bei einem ausreichenden Zusatz von Sublimat ebenso wie auf der Hyäne auch auf der Freya die Desinfektion gelungen wäre, oder ob die Bazillensporen, wenn sie noch einen oder zwei Tage länger in dem sublimathaltigen Wasser gelegen hätten, nicht doch schließlich getötet sein würden. Beide Fragen waren, da das Kielwasser schon ausgepumpt und der Kielraum gespült war, nicht mehr unmittelbar zu beantworten. Da indessen das im Vorversuche mit 1 $\frac{1}{100}$ Sublimat versetzte und ebenso das am 14. November geschöpfte Kielwasser der Freya noch zur Verfügung stand, so

wurden Proben von Erde in diese beiden Flüssigkeiten gelegt und 18 Stunden lang darin gelassen. Hierauf mit Alkohol behandelt und auf Nährgelatine gestreut, zeigten sich beide Proben als vollständig frei von entwicklungsfähigen Bazillensporen, letztere waren sämtlich abgestorben und die Desinfektion mithin vollständig. Es könnte auffallen, daß in dem wenig sublimathaltigen Kielwasser der Freya in diesem Versuch die Bazillensporen nach 18 Stunden getötet, während dieselben im Hauptversuch nach 16 Stunden noch teilweise entwicklungsfähig geblieben waren, und der Unterschied von 2 Stunden zur Erklärung dieser Erscheinung nicht ausreicht. Aber höchstwahrscheinlich ist diese Differenz dadurch begründet, daß in dem Nebenversuche das die Erde einschließende Filtrierpapier nur einfach durch einen Faden umschlungen, während die für den Hauptversuch bestimmten Erdproben, um sie möglichst fest zu machen und vor Beschädigungen zu sichern, mit mehrfachen Lagen von starkem Zwirn umwickelt und dann noch auf ein Holzstückchen gebunden waren. Das Desinfektionsmittel konnte also in erstere Proben sehr viel schneller eindringen und mußte deswegen auch verhältnismäßig eher seine Wirkung äußern.

Aus den letzterwähnten Nebenversuchen läßt sich schließen, daß die volle Dosis des Desinfektionsmittels, d. h. ein Zusatz von $10\frac{0}{100}$ Sublimat oder eine länger dauernde Einwirkung desselben genügt hätten, um den Kielraum der Freya ebenfalls vollständig zu desinfizieren.

Da noch ein zweiter Versuch auf der Freya in Aussicht genommen wurde, so blieben die Proben von Holz, Metall usw. noch im Kielraum, um sie möglichst lange der Einwirkung des Desinfektionsmittels auszusetzen. Am 17. November wurden noch zwei reine Flaschen mit dem letzten Spülwasser, welches sich bis dahin 2 Tage lang im Kielraum befunden hatte, zum Zwecke der Untersuchung auf Quecksilbergehalt gefüllt.

Zweiter Versuch auf der Korvette Freya. Eine vollständige Entleerung des Kielwassers ließ sich auf der Freya nicht bewerkstelligen. Es blieb immer noch ein durch Pumpen nicht mehr wegzuschaffender Rest von ungefähr 120 l. Aber schon beim Auspumpen des zweiten Spülwassers kam dieses dem Anscheine nach unverändert wieder zum Vorschein, und es ließ sich voraussetzen, daß nach viermaligem Spülen von dem ursprünglichen Kielwasser nur noch ein verschwindend kleiner Teil dem letzten Spülwasser beigemischt sein konnte (nach einer Berechnung würde nach viermaligem Spülen noch 0,0015 l vom ursprünglichen sublimathaltigen Kielwasser im Schiffe vorhanden sein).

Dieses letzte Spülwasser, welches schon als frei von Sublimat angesehen werden konnte, wurde bis auf den von der Pumpe nicht zu bewältigenden Rest ausgepumpt, und am 17. November nachmittags durch die Stopfbüchse frisches Seewasser bis zum früheren Stande des Kielwassers eingelassen. Während dieses Wasser in lebhaftem Strome in den Kielraum sich ergoß, wurde in der Nähe der Einflußöffnung 1 kg Sublimat, welches, wie früher, in Wasser gelöst war, zugesetzt und gleichzeitig durch Umrühren des Kielwassers in der Tunnelbilge mit einem Besen eine möglichst gleichmäßige Mischung zu bewirken versucht. Nachdem das Kielwasser seine frühere Höhe wieder erreicht hatte, wurde das Ventil in der Stopfbüchse geschlossen. Eine aus dem Vorderteil sowie eine aus der Tunnelbilge geschöpfte Kielwasserprobe gaben deutliche Quecksilberreaktion. Es wurden dann mehrere Erdproben in die Tunnelbilge gelegt.

Am folgenden Morgen, am 18. November, zeigte bei einer Wiederholung der Kupferprobe das Kielwasser im Vorderteil des Schiffes noch deutliche Quecksilberreaktion,

während aus dem Tunnelbilgeraum geschöpftes Wasser innerhalb einer Dauer von 20 Minuten an dem Kupferstreifen noch keine graue Färbung erzeugte.

Zwei Erdproben wurden an demselben Morgen und zwei weitere am folgenden Morgen auf die Entwicklungsfähigkeit der Sporen untersucht. In den beiden ersten kamen schon sehr viel weniger Bazillenkolonien und weit später zur Entwicklung als in den Kontrollpräparaten; aus den beiden letzten Proben wuchsen auf einem Objektträger keine und auf einem zweiten im ganzen nur zwei Bazillenkolonien, während in den Kontrollversuchen auf einem Objektträger weit über hundert solcher Kolonien entstanden. Die Desinfektion dieser Erdproben war also nach ungefähr 18 Stunden unvollständig, nach weiteren 24 Stunden aber nahezu vollendet.

Der Sublimatzusatz hatte in diesem Versuch einem Gehalte des Kielwassers von 0,5 pro mille Sublimat entsprochen, und wenn eine gleichmäßige Verteilung desselben stattgefunden hätte, dann mußten erfahrungsgemäß unter allen Umständen die Erdproben vollständig desinfiziert sein. Da dies aber nicht der Fall war, so läßt sich umgekehrt schließen, daß die Mischung keine vollständige war und daß einzelne Abteilungen des Kielwassers einen höheren, andere einen geringeren Gehalt an Sublimat als 0,5‰ besaßen. Möglicherweise hatte auch das nach dem letzten Zusatze von Sublimatlösung noch nachströmende Wasser die sublimatreicheren Wassermengen vor sich her nach dem Vorderteil des Schiffes zu gedrängt, und die Erdproben, welche in der Tunnelbilge möglichst weit nach rückwärts gelegt waren, hatten infolgedessen in einem verhältnismäßig sublimatarmen Wasser gelegen. Es spricht für diese Annahme, daß bei der am 18. November vorgenommenen Kupferprobe das vorn im Schiff geschöpfte Kielwasser noch deutliche, das hinten geschöpfte keine Quecksilberreaktion mehr gab. Auf jeden Fall zeigt dieser Versuch, daß die bei demselben zur Ausführung gekommene Art der Beimischung des Desinfektionsmittels zum Kielwasser hinter der durch die Pumpe bewirkten erheblich zurücksteht.

Am 19. und 20. November wurde der Kielraum der Freya wieder viermal gespült, vom letzten Spülwasser nach mehrstündigem Stehen im Schiffe zwei Flaschen zur chemischen Untersuchung gefüllt, eine Probe vom Schlamm aus dem Kielraum zu demselben Zwecke entnommen, und schließlich die Holz-, Leder- und Metallstücke, welche vom 13. bis 20. November im Kielwasser gelegen hatten, besichtigt. Dieselben waren zum großen Teile von zähem, fettigem Schlamm überzogen. In den Holz-, Leder- und Kautschukstücken konnten keine Veränderungen wahrgenommen werden. Die Metallproben hatten dagegen sämtlich ihr Aussehen verändert. Das Messingblech hatte einen hellgrauen, sehr dünnen Überzug bekommen, der mit dem Finger abgerieben werden konnte. Auch hier zeigte sich, wie bei dem Versuche auf der Hyäne, nach der Entfernung dieses Überzuges die Metalloberfläche in ihrer ursprünglichen Farbe und anscheinend nicht verändert. An dem Massingblech haftete stellenweise ein Anstrich von Ölfarbe, welcher ganz unverändert geblieben und auch nicht mit dem grauen Quecksilberüberzug versehen war. Auf dem Zinkbleche hatte sich der stärkste Quecksilberniederschlag gebildet und an einzelnen Stellen konnten in dem grauen Überzug eben mit dem bloßen Auge erkennbare Quecksilberkügelchen wahrgenommen werden. Ein Stück stark verrosteten Eisens hatte seine ursprüngliche gelbbraune Farbe verloren und sah grau aus, unzweifelhaft infolge des darauf niedergeschlagenen Quecksilbers.

Alle diese Proben wurden zur Vornahme einer chemischen Untersuchung auf Quecksilbergehalt aufbewahrt.

Es war nun noch die Untersuchung der bei sämtlichen Versuchen benutzten Pumpe vorzunehmen. Zunächst wurde einige Minuten lang reines Wasser durch dieselbe

geleitet, dann eine Probe von diesem Wasser zur chemischen Untersuchung auf Quecksilbergehalt in Flaschen gefüllt und zuletzt die Pumpe auseinandergenommen und genau untersucht. Am Schlauche konnte keine Veränderung gefunden werden. Ein Stück desselben wurde, um einen etwaigen Quecksilbergehalt nachweisen zu können, abgeschnitten und den übrigen zur chemischen Untersuchung bestimmten Proben beigelegt. Auch die aus Leder und Kautschuk bestehenden inneren Teile der Pumpe erwiesen sich dem Anscheine nach unverändert. Dagegen hatten die freiliegenden Metallteile einen grauen Überzug bekommen, und das Schmierfett an der Innenwand des Pumpenstiefels sah ebenfalls auffallend dunkelgrau aus. Dieses Fett wurde mit Twist sorgfältig abgewischt, um es für die chemische Untersuchung zu gewinnen. Nach seiner Entfernung zeigte sich dann die Innenwand des Pumpenstiefels ebenso wie die Führung des Kolbens, und zwar überall da, wo die Metallflächen einer starken Reibung ausgesetzt sind, streifenförmig weiß und metallisch glänzend, also vollständig amalgamiert.

Chemische Untersuchung.

Die verschiedenen Proben von Wasser, welche bald nach der Ausspülung des Kielraumes geschöpft waren, das nach längerer Zeit wieder angesammelte Kielwasser, Bilgeschlamm, eine Anzahl von Metall-, Holz-, Gummi- und Lederproben, welche während der Desinfektionsversuche im Kielraume der Schiffe gelegen hatten, sowie ein Stück vom Pumpenschlauche, ferner Twist, mit welchem das Innere des Pumpenstiefels ausgewischt wurde, und Wasser, welches die Pumpe passiert hatte, waren auf Gehalt an Quecksilber zu untersuchen.

Die Untersuchung wurde im Laboratorium des Gesundheitsamtes von Herrn Dr. Proskauer in folgender Weise ausgeführt:

Die Gegenstände wurden mit chlorsaurem Kalium und Salzsäure bis zur Vertreibung des Chlors und der freien Säure auf dem Wasserbade erwärmt, die Rückstände mit heißem Wasser erschöpft und die Lösungen nach dem Filtrieren mit blankem Kupferstreifen mitunter bis zu 20 Stunden lang in Berührung gelassen. Nach dieser Zeit wurde das Kupfer sorgfältig getrocknet und in Reagenzzyindern mit Jod erhitzt.

Das auf dem Metall niedergeschlagene Quecksilber setzte sich bei dieser Behandlung als roter Quecksilberjodidbeschlag auf der Wand des Zylinders ab.

Für die Untersuchung der Messing- und Kupferplatten erschien es zweckmäßig, dieselben in einer aus Kaliumchlorat und Salzsäure hergestellten Chlorklösung vollkommen aufzulösen, die Lösung zur Vertreibung des Chlors und der überschüssigen Säure einzudampfen und nach dem Wiederaufnehmen des Rückstandes durch Wasser mit Kupfer und Eisen oder Zink in Berührung zu lassen.

Von den Wasserproben wurde ein größeres Quantum abgedampft und der Rückstand in derselben Weise, wie vorher angegeben ist, behandelt. Da die Analyse in allen Proben nur unwägbare Mengen von Quecksilber ergab, so wurde versucht, durch vergleichende Bestimmungen nach derselben Methode und mit Flüssigkeiten von bekanntem Quecksilbergehalt mit Hilfe der mehr oder weniger starken Färbung des roten Quecksilberjodidbeschlages wenigstens annähernd die in den Desinfektionsproben gefundene Quecksilbermenge abzuschätzen. Es wurden zu diesem Zwecke eine Reihe von Quecksilberjodidbeschlägen in Reagenzzyindern aus Lösungen von 0,0001 g Quecksilberchlorid und 100 ccm Wasser, welche einen noch eben deutlich erkennbaren Beschlag liefert, bis zu 0,01 g auf 100 ccm Wasser hergestellt und die von den Desinfektionsproben erhaltenen Beschläge mit diesen verglichen.

I. Untersuchung der zum Desinfektionsversuch auf der Hyäne gehörigen Proben.

1. Am 19. November, vier Stunden nach der letzten Spülung aus dem Kielraume der Hyäne entnommenes Wasser.

Untersucht wurden 695 ccm (der Inhalt einer Flasche). Es ergab sich ein geringer Jodquecksilberbeschlag, welcher nach Schätzung mit den oben erwähnten Vergleichsbeschlägen einer Menge von 0,00025 g Sublimat entsprach. Ein Liter des Wassers enthielt demnach ca. 0,00035 g.

2. Bilgeschlamm, am 19. November nach Beendigung der Desinfektion entnommen.

Derselbe enthielt 65,85% Fett. Quecksilber konnte darin nicht nachgewiesen werden.

3. Die am 19. November aus dem Kielraum der Hyäne entnommenen Proben von Metall, Holz und Kautschuk, welche sich ungefähr 72 Stunden lang im sublimathaltigen Kielwasser befunden hatten.

a) Kupferplatte (Gesamtoberfläche 191 qcm), von welcher ein 31,5 qcm großes Stück aufgelöst wurde; der daraus erhaltene Jodquecksilberbeschlag entsprach ca. 0,0002 g Sublimat. Ein qm würde mithin ca. 0,06 g Sublimat oder 0,046 g metallisches Quecksilber enthalten.

b) Ein Stück rostiges Eisen (Bruchstück von einer großen Schraube). Es ließ sich kein Quecksilber darin nachweisen.

c) Kautschukplatte. (Gesamtoberfläche 161 qcm). Es wurden 85 qcm in Arbeit genommen und ca. 0,0004 g Sublimat gefunden. Ein qm enthielt demnach ca. 0,047 g.

d) Feuchtes Eichenholz. Gesamtoberfläche 385 qcm. In Arbeit genommen 40 qcm in einer mehrere mm dicken Schicht. Gefunden 0,00015 g Sublimat. Ein qm enthielt demnach ca. 0,0375 g.

e) Feuchtes Fichtenholz (sehr leicht und weich). Gesamtoberfläche 307 qcm. In Arbeit genommen 50 qcm. Gefunden 0,002 g Sublimat. Ein qm enthielt demnach ca. 0,4 g. Von diesem Holze wurden außer den oberflächlichen Schichten auch die tieferen untersucht und Quecksilber noch bis zu 6 mm Tiefe deutlich nachgewiesen.

4. Kielwasser, welches am 30. November, also 10 Tage nach der Desinfektion, geschöpft war. 665 ccm gaben einen sehr schwachen Jodquecksilberbeschlag, entsprechend 0,00015 g Sublimat. Ein Liter enthielt demnach ca. 0,00023 g.

II. Untersuchung der zu den beiden Desinfektionsversuchen auf der Freya gehörigen Proben.

1. Wasser aus dem Kielraum der Freya, am 17. November geschöpft, zwei Tage nach Beendigung des ersten Desinfektionsversuches. 785 ccm ergaben einen Beschlag, welcher ungefähr 0,00025 g Sublimat entsprach. Ein Liter enthielt demnach ca. 0,00031 g.

2. Wasser, am 20. November, nach Beendigung des zweiten Versuches geschöpft, enthielten Spuren von Quecksilber (in annähernd gleicher Menge wie Nr. 1).

3. Die am 20. November aus dem Kielraum der Freya entnommenen Proben von Metall, Holz, Kautschuk und Leder, welche vom 13. November ab, also 7 Tage lang in dem mehr oder weniger sublimathaltigen Kielwasser gelegen hatten:

a) Messingblech. Oberfläche 882,4 qcm. Aufgelöst wurde ein Stück davon mit einer Fläche von 88,4 qcm. Schwacher Jodquecksilberbeschlag, ungefähr 0,0002 g Quecksilberchlorid entsprechend. Ein qm enthielt demnach ca. 0,022 g Sublimat oder 0,016 g metallisches Quecksilber.

b) Zinkblech. Oberfläche 190 qcm. Das aufgelöste Stück hatte eine Oberfläche von 40 qcm. Der schwache Beschlag entsprach 0,0001 g Sublimat. Ein qm enthielt demnach ca. 0,025 g Sublimat oder 0,018 g metallisches Quecksilber.

c) Eisenplatte, 1,3 cm dick, 12 cm breit, 19 cm lang; Gesamtoberfläche 536,6 qcm. Durch Hineinhängen eines Teiles dieser Platte in eine aus Kaliumchlorat und Salzsäure hergestellte Chlorklösung wurde die oberste Schicht aufgelöst. Die angeätzte Oberfläche betrug 174,2 qcm; der von derselben erhaltene Quecksilberjodidbeschlag entsprach 0,0002 g Sublimat. Ein qm hätte demnach ca. 0,0114 g Sublimat, resp. 0,0083 g metallisches Quecksilber aufgenommen.

d) Zwei Lederscheiben. Gesamtoberfläche 617 qcm; davon kamen zur Untersuchung 300 qcm und ergaben einen Beschlag, welcher 0,002 g Sublimat entsprach. Ein qm enthielt demnach ca. 0,066 g.

e) Kautschukplatte. Gesamtoberfläche 760 qcm; davon wurden 250 qcm untersucht und lieferten einen Beschlag entsprechend 0,006 g Sublimat. Ein qm enthielt demnach ca. 0,24 g.

f) Ein Stück Teakholz, feucht eingelegt. Oberfläche 498 qcm. Untersucht wurden 90 qcm und ergaben ca. 0,0004 g Sublimat. Ein qm enthielt demnach ca. 0,044 g.

g) Ein Stück Eichenholz, trocken eingelegt. Oberfläche 1611 qcm. Zur Untersuchung genommen 200 qcm, welche einen Beschlag entsprechend 0,0015 g Sublimat lieferten. Ein qm enthielt demnach ca. 0,075 g.

h) Ein Stück ziemlich festes Fichtenholz, trocken eingelegt. Oberfläche 735 qcm. Es wurden 45 qcm untersucht und ca. 0,0008 g Sublimat gefunden. Ein qm entsprach demnach 0,18 g. Auch von dieser Holzprobe wurden tiefere Schichten untersucht und bis zu 6 mm Tiefe noch eben erkennbare Spuren von Quecksilber nachgewiesen.

4. Wasser aus dem Kielraum der Freya, am 30. November, 10 Tage nach Beendigung der Desinfektionsversuche geschöpft. 660 ccm desselben ergaben einen Beschlag, welcher 0,0009 g Sublimat entsprach. Ein Liter enthielt also 0,001 g.

5. Wasser aus dem Kielraume der Freya, am 3. Januar 1882 (6 Wochen nach den Desinfektionsversuchen) geschöpft. Aus 715 ccm desselben wurde ein sehr geringer Beschlag erhalten, welcher 0,0002 g Sublimat entsprach. Ein Liter enthielt demnach ca. 0,00028 g.

III. Untersuchung der auf die Beschaffenheit der Pumpe bezüglichen Proben.

1. Twist, mit welchem das Innere des Pumpenstiefels ausgewischt wurde. 15 g desselben gaben einen Beschlag, welcher 0,01 g Sublimat entsprach. Die Gesamtmenge des Twistes betrug 32 g und es erhielt also derselbe, unter der Voraussetzung, daß die Quecksilberverteilung darin eine gleichmäßige war, 0,0187 g Sublimat.

2. Ein Stück Pumpenschlauch. Derselbe bestand aus Kautschuk, mit Hanfgewebe überzogen, war 16 cm lang und hatte 2,6 cm im Durchmesser. Die Oberfläche des untersuchten Stückes betrug 128 qcm und ergab ca. 0,002 g Sublimat. Ein qm Fläche würde demnach 0,15 g, und auf die Länge des Schlauches berechnet 1 m ca. 0,0125 g Sublimat enthalten.

3. Wasser, welches nach Beendigung der Versuche die Pumpe und den Schlauch passiert hatte. Aus 450 ccm desselben wurde ein sehr schwacher, 0,00015 g Sublimat entsprechender Beschlag erhalten. Ein Liter enthielt mithin 0,00033 g.

Zu bemerken ist noch, daß sämtliche Wasserproben, welche frisch geschöpft und noch nach mehrtägiger Aufbewahrung in verschlossenen Flaschen geruchlos waren,

nach einigen Wochen einen deutlichen Geruch nach Schwefelwasserstoff angenommen hatten. Das am 30. November aus dem Bilgeraum der Hyäne geschöpfte Wasser entwickelte, nachdem es einige Wochen in verkorkten Flaschen gestanden hatte, sogar einen sehr intensiven Geruch nach Schwefelwasserstoff.

Der leichteren Übersicht wegen ist das Resultat der chemischen Untersuchung hierunter tabellarisch zusammengestellt.

Wasserproben		Sublimatgehalt per Liter g	
1. Wasser von der Hyäne (20. November)		0,00035	
2. " " " " (30. November)		0,00023	
3. " " " Freya (17. November)		0,00031	
4. " " " " (30. November)		0,001	
5. " " " " (3. Januar 1882)		0,00028	
6. Wasser, welches die Pumpe passierte		0,00033	
Metallproben		Sublimat per qm g	Metallisches Quecksilber per qm g
7. Kupfer (Hyäne)		0,06	0,046
8. Zink (Freya)		0,025	0,018
9. Messing (Freya)		0,022	0,016
10. Eisen (Freya)		0,0114	0,0083
Holzproben		Sublimat per qm g	
11. Feuchtes Eichenholz (Hyäne)		0,0375	
12. Trockenes Eichenholz (Freya)		0,075	
13. Feuchtes Teakholz (Freya)		0,044	
14. Feuchtes weiches Fichtenholz (Hyäne)		0,4	
15. Trockenes festes Fichtenholz (Freya)		0,18	
Lederprobe		Sublimat per qm g	
16. Lederplatte (Freya)		0,066	
Kautschukproben		Sublimat per qm g	
17. Kautschukplatte (Hyäne)		0,047	
18. Kautschukplatte (Freya)		0,24	
19. Pumpenschlauch		0,15	

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß der Quecksilbergehalt der Wasserproben ein außerordentlich geringer war. Auf die Gesamtmenge des Kielwassers der Hyäne berechnet, würde dasselbe nach Beendigung der Desinfektion und stattgefundenen 4 maliger Spülung 0,7 g und 10 Tage später nur 0,46, also noch nicht einmal ein halbes Gramm betragen.

Das Kielwasser der Freya wurde am 10. Tage nach der Desinfektion etwas reicher an Quecksilber als dasjenige der Hyäne gefunden; was höchstwahrscheinlich auf die wiederholte Desinfektion und dadurch veranlaßtes Einbringen größerer Sublimatmengen in den Kielraum dieses Schiffes zurückzuführen ist. Nach 6 Wochen war der Gesamtquecksilbergehalt im Kielwasser der Freya ebenfalls auf 0,5 g herabgegangen.

Von den Metallen hatte das Kupfer, trotzdem es die kürzeste Zeit im sublimathaltigen Kielwasser gelegen hatte, die größte Menge Quecksilber reduziert, allerdings auch nur 0,046 g auf 1 qm. Eisen hatte noch nicht ein hundertstel Gramm Quecksilber auf einen Quadratmeter Fläche aufgenommen.

Sehr bemerkenswert ist das Verhalten der Holzproben zu den sublimathaltigen Flüssigkeiten. Das in trockenem Zustand ins Kielwasser der Freya gelegte Eichenholz erhielt ungefähr noch einmal soviel Quecksilber als das in feuchtem Zustande im Kielraum der Hyäne mit Sublimatlösung in Berührung gebrachte Eichenholz; doch kommt hierbei in Betracht, daß letzteres sich viel länger im Kielwasser befand und auch vermutlich aus diesem Grunde mehr Quecksilber aufgenommen hatte. Es scheint demnach ohne Belang zu sein, ob das Holz in feuchtem oder trockenem Zustande von der sublimathaltigen Flüssigkeit bespült wird. Dagegen ist es unzweifelhaft, daß die Struktur des Holzes von größtem Einfluß ist. Das weiche lockere Fichtenholz, welches im Kielraum der Hyäne während nur eines Versuches gelegen hatte, enthielt fast dreimal soviel Quecksilber als dasjenige Fichtenholz, welches auf der Freya zwei Versuche durchgemacht hatte. Letzteres war aber von erheblich derberer Struktur. Auch der Gegensatz zwischen den weichen Holzproben und den drei harten ist sofort in die Augen fallend. Der Quecksilbergehalt der harten Hölzer ist übrigens ein über alles Erwarten geringer.

Auch die Lederplatte und die auf der Hyäne benutzte Kautschukplatte enthielten verhältnismäßig sehr wenig Quecksilber. Wenn dagegen in der Kautschukplatte von der Freya und in der Kautschukmasse des Pumpenschlauches eine drei- resp. sechsfach größere Quecksilbermenge gefunden wurde, so ist hierbei zu berücksichtigen, daß die beiden zuletzt erwähnten Kautschukproben eine erheblich längere Zeit mit Sublimatlösungen in Kontakt waren. Wäre dies jedoch der einzige maßgebende Faktor für den Quecksilbergehalt im Kautschuk, so hätte im Schlauch der Pumpe, die während der sämtlichen Versuche unausgesetzt zur Bewegung des sublimathaltigen Kielwassers gebraucht war, die größte Quecksilbermenge gefunden werden müssen. Da dies nicht der Fall war, so ist anzunehmen, daß noch andere Verhältnisse in Betracht kommen, vielleicht ein ungleich großer Gehalt an Schwefel in verschiedenen Kautschuksorten.

Ergebnis der Desinfektionsversuche.

Dasjenige Resultat, auf welches das Hauptgewicht gelegt werden muß, ist aus dem Versuche auf der Hyäne zu entnehmen. Derselbe lehrt, daß der Kielraum und sein Inhalt mit Hilfe von Sublimat ohne besondere Schwierigkeit in Wirklichkeit desinfiziert werden kann. Es waren als Desinfektionsproben solche Organismen benutzt, die sich bei früheren Desinfektionsversuchen als die widerstandsfähigsten erwiesen und beispielsweise in trockenem Zustande eine Erhitzung auf 140° C während einer Stunde lang überstanden hatten. Auch war die Verpackung dieser Proben eine derartige, daß das Desinfektionsmittel nicht unmittelbar mit der Probe in Berührung kam, sondern eine ziemlich dicke Schicht von Papier und Fadenumhüllung zu durchdringen hatte, ehe es seine Wirkung ausüben konnte. Dennoch waren vom Nachmittag des einen bis zum Morgen des anderen Tages, also nach ungefähr 18 Stunden, in sämtlichen Abteilungen des Kielraums die Proben vollständig desinfiziert und es ließ sich hiernach wohl annehmen, daß die Desinfektion auch in schwerer zugänglichen Winkeln und Spalten des Kielraums oder der darin befindlichen Gegenstände, wohin das Desinfektionsmittel ebenso wie in die Proben nur langsam einzudringen vermochte, die Desinfektion in genügender Weise stattgefunden hatte.

Wie notwendig es gewesen war, besonders geeignete Desinfektionsproben zu verwenden, zeigte der erste Versuch auf der Freya, bei welchem der verhältnismäßig zu geringe Zusatz von Sublimat zum Kielwasser immerhin noch genügt hatte, die dem Kielwasser selbst angehörigen Mikroorganismen zu töten, während die als Proben verwendeten Bazillensporen entwicklungsfähig geblieben waren. Ohne diese letzteren würde ein richtiges Urteil über das Gelingen oder Mißlingen des Versuches nicht zu erhalten gewesen sein. Daß übrigens auch auf der Freya im ersten Versuche bei einem ausreichenden Zusatz von Sublimat die Desinfektion unzweifelhaft gelungen wäre, geht aus dem nachträglich angestellten Nebenversuche mit dem am 14. November geschöpften Kielwasser der Freya hervor und ist auch schon im ersten Teile dieses Berichtes bei der Schilderung der betreffenden Versuche hervorgehoben worden.

Nachdem sich die praktische Ausführbarkeit der Desinfektion des Kielraums durch Sublimat ergeben hatte, waren die Fragen zu beantworten, ob dieses Desinfektionsverfahren nicht mit Unzuträglichkeiten für die Gesundheit der Schiffsmannschaft oder mit einer derartigen Beschädigung des Schiffsmaterials verbunden ist, daß es deswegen verworfen werden mußte.

Was die erste dieser beiden Fragen betrifft, so schien bei der Besichtigung der Metallproben, welche in dem Kielraum der Schiffe während der Desinfektionsversuche gelegen hatten und einen unverkennbaren Überzug von reduziertem Quecksilber aufwiesen, allerdings das im Schiffe zurückbleibende Quantum von Quecksilber bedenklich groß zu sein. Aber die chemische Analyse dieser Objekte hat ergeben, daß das Quecksilber ebenso, wie es bekanntlich auch bei anderen Metallen der Fall ist, einen stark in die Augen fallenden und dennoch der Menge nach nur sehr geringfügigen Überzug auf der Oberfläche der Metalle gebildet hatte. Dasjenige Metall, welches am meisten und im Kielraum wohl fast ausschließlich mit der Sublimatlösung in Berührung kommt, das Eisen, zeigte den geringsten Quecksilbergehalt, nämlich auf einen Quadratmeter berechnet ungefähr 0,0083 g metallisches Quecksilber. Auf 1000 Quadratmeter würden also noch nicht einmal 10 g Quecksilber kommen. Dabei ist aber wohl zu berücksichtigen, daß dieser Befund nur unter ganz exzessiven Verhältnissen zustande gekommen ist. Die Eisenprobe, welche den erwähnten Quecksilbergehalt ergeben hatte, war während zweier Versuche nebst den anderen Proben sieben Tage lang mit sublimathaltigen Flüssigkeiten in Berührung gewesen. Eine höchstens 18 stündige Dauer der Desinfektion ist aber vollständig ausreichend und es läßt sich erwarten, daß während dieser kürzeren Zeit auch der Quecksilberniederschlag auf eisernen Gegenständen ein entsprechend geringerer und für 1000 Quadratmeter kaum höher als 2 bis 3 g zu bemessen sein wird.

In den Holzproben wurden mit Ausnahme des weichen Fichtenholzes annähernd gleich große Mengen Quecksilber nachgewiesen wie in den Metallproben; da sich bei ersteren indessen der Quecksilbergehalt nicht wie bei den Metallen auf die Oberfläche beschränkt, sondern mehrere Millimeter tief eindringt und wahrscheinlich das Quecksilber zum großen Teil von der Holzfaser in unlöslichen Verbindungen festgehalten wird, so stellt sich diejenige Menge des Quecksilbers, welche nach abgeschlossener Desinfektion aus den Holzteilen des Schiffes wieder an den Inhalt des Kielraums oder andere Bestandteile des Schiffes abgegeben werden könnte, als weit geringer heraus, als es von seiten der Metallgegenstände zu erwarten ist. Auch der Gehalt des Kielwassers selbst an Quecksilber war ein minimaler. Wenn der höchste Betrag, welcher gefunden wurde, derjenige von Wasser Nr. 4 mit 0,001 g Sublimat auf 1 l als Beispiel gewählt wird, so würde die gesamte 2000 bis 3000 l betragende Kielwassermenge 2 bis 3 g Sublimat enthalten. Es sind diese Quantitäten im Verhältnis zu den Dimensionen des Kielraums

und des Schiffes selbst, sowie zur Verdünnung, in welcher sie sich befinden, so überaus gering, daß von einer etwa dadurch veranlaßten Gesundheitsbeschädigung gar keine Rede sein kann. Diejenigen Quecksilbermengen, welche im Belag von Spiegeln mit der Luft unserer Wohnräume sich in Kommunikation befinden, sind verhältnismäßig ganz erheblich größer. Überdies kommt hier noch ein Umstand zur Geltung, welcher zeigt, daß die giftigen Eigenschaften der im Schiffe noch verbleibenden Quecksilberreste binnen kurzer Zeit überhaupt verschwinden müssen. Schon nach wenigen Wochen zeigte, wie am Schlusse des chemischen Berichtes erwähnt ist, die in Flaschen gefüllte Kielwasserprobe deutliche Schwefelwasserstoffentwicklung, und auch im Kielraume des Schiffes wird es nicht ausbleiben, daß sich sehr bald nach der Desinfektion von neuem Schwefelwasserstoff bildet und letzterer das noch vorhandene Quecksilber oder dessen lösliche Verbindungen in unlösliche und unschädliche Schwefelquecksilberverbindungen überführt.

Aus dem Resultat der chemischen Untersuchung läßt sich ferner entnehmen, daß die Beschädigung, welche durch die sublimathaltigen Flüssigkeiten an den im Kielraum befindlichen Metallteilen entstehen, bei weitem nicht solche Dimensionen erreichen können, als es bei der ersten Besichtigung der Metallproben in Berücksichtigung des scheinbar dichten und massenhaften Überzuges von reduziertem Quecksilber der Fall zu sein schien. Das von der Oberfläche eines metallenen Gegenstandes durch die Reduktion von Quecksilber verloren gehende Quantum seiner Substanz muß immer der reduzierten Quecksilbermenge entsprechend sein, und da letztere so überaus gering ist, so kann auch der Verlust an Kupfer, Eisen usw. nur ein minimaler sein. Derselbe konzentriert sich nicht auf bestimmte Punkte, sondern verteilt sich ganz gleichmäßig über die gesamte Metalloberfläche und es dürfte deswegen schwer fallen, die Dicke der Schicht, welche in Wirklichkeit verloren geht, überhaupt in Zahlen auszudrücken. Eine feste Vereinigung, d. h. eine Amalgamierung des Quecksilbers mit den Metalloberflächen findet nur an den Punkten statt, wo, wie z. B. im Pumpenstiefel, eine fortgesetzte Reibung geschieht, an allen übrigen Flächen bildet sich ein staubförmiger Anflug von Quecksilber, welcher nicht fest haftet und sehr bald entweder durch die Bewegungen des Kielwassers wieder fortgespült oder durch den Schwefelwasserstoffgehalt des letzteren in Schwefelverbindungen verwandelt wird, so daß auch in späterer Zeit kein nachteiliger Einfluß aus dem Kontakt zwischen Metalloberfläche und Quecksilberniederschlag entstehen kann.

Im allgemeinen genommen werden die durch die Sublimatdesinfektion gesetzten Veränderungen der Metallflächen gewiß nicht größer, eher geringer sein, als die von anderen zur Schiffsdesinfektion benutzten Substanzen, wie Eisenvitriol und Chlorzink, bewirkt werden.

Die geringen Quecksilbermengen, welche in die Holzwandungen des Schiffes eindringen, werden auf diese ebenso wie andere Metallverbindungen eher einen konservierenden als einen zerstörenden Einfluß ausüben.

Der einzige, wenn auch geringe nachteilige Einfluß, welcher sich herausgestellt hat und welcher bei der Sublimatdesinfektion zu berücksichtigen sein würde, betrifft die zur Mischung des Desinfektionsmittels mit dem Kielwasser benutzte Pumpe. An der Innenwand des Stiefels derselben wurde, wie im ersten Teile dieses Berichtes mitgeteilt ist, eine Amalgamierung der Metallflächen beobachtet. Es kann unter diesen Umständen eine Entfernung des reduzierten Quecksilbers durch Abspülen oder einfaches Abreiben nicht bewerkstelligt werden und es besteht deswegen die Gefahr, daß bei dem weiteren Gebrauche der Pumpe sich Quecksilberteile dem Wasser beimischen oder daß an den Stellen, wo sich das Amalgam gebildet hat, wegen der weichen Beschaffenheit desselben eine schnellere Abnutzung der Pumpenteile eintritt. Es würde allerdings noch festzustellen sein, ob die Amalgamierung, welche auch nur auf eine äußerst dünne Metall-

schicht sich erstrecken kann, nicht durch Abschmirgeln oder einen anderweitigen Reinigungsprozeß zu beseitigen ist, und zwar in einer Weise, daß die Brauchbarkeit der Pumpe dadurch nicht beeinträchtigt wird. Auch die aus Kautschuk bestehenden Teile der Pumpe, vor allem die Einlagen des Schlauches, nehmen einen nicht zu vernachlässigenden Quecksilbergehalt an. Obwohl es sehr wahrscheinlich ist, daß in diesem Falle das Quecksilber sich wegen des Schwefelgehaltes der Kautschukmasse in einer unlöslichen Schwefelverbindung befindet, so würde doch eine Benutzung der Pumpe zur Förderung von Trinkwasser nicht statthaft sein, zu welchem letzteren Zwecke allerdings die für das Kielwasser bestimmten Pumpen nur ausnahmsweise in Frage kommen dürften. Gegen eine Verwendung zum Herbeischaffen von Spülwasser dagegen ist bei dem überaus geringen Quecksilbergehalt des Wassers, welches die Pumpe gleich nach Beendigung der Versuche passiert hatte, kaum ein Bedenken zu tragen. Da im Laufe von wenigen Tagen sich außerdem dieser Quecksilbergehalt noch weiter verringern und schließlich verschwinden muß, so würde es, um ganz sicher zu gehen, genügen, die Pumpe zu dem gedachten Zwecke ein bis zwei Wochen lang nicht verwenden zu lassen. Eine Beschädigung der aus Kautschuk und Leder bestehenden Teile der Pumpe scheint die Sublimatdesinfektion nicht zur Folge zu haben. Dem Augenschein und dem Gefühle nach zu urteilen, hatten sich dieselben gar nicht verändert und namentlich war ihre Elastizität vollkommen erhalten.

Außer diesen über die Sublimatdesinfektion gewonnenen Tatsachen haben die Versuche noch einige Ergebnisse geliefert, welche für die Desinfektion des Kielraums überhaupt von Wichtigkeit sind, auch abgesehen von dem Fall, daß dieselbe mit Hilfe von Sublimat bewirkt werden soll.

Eine der ersten Bedingungen für das Gelingen der Desinfektion des Kielraums ist die gleichmäßige Vermischung des Desinfektionsmittels mit dem Kielwasser. Nur wenn diese bewirkt ist, läßt sich erwarten, daß das Desinfektionsmittel auch in alle Abteilungen und Winkel des Kielraums gelangt. Bisher scheint diesem Punkte wenig Aufmerksamkeit geschenkt zu sein. Man goß die Desinfektionsflüssigkeit an irgendeiner oder auch an verschiedenen Stellen in das Kielwasser und rechnete darauf, daß durch die Schwankungen des Schiffes und die daraus resultierenden Bewegungen des Kielwassers eine ausreichende Verteilung des Desinfektionsmittels im Kielraume geschehen würde. Wenn ein Schiff sich auf hoher See befindet, ist diese Voraussetzung unzweifelhaft richtig. Aber wenn die Desinfektion eines im Hafen oder auf der Reede bei wenig bewegter See liegenden Schiffes bewerkstelligt werden soll, wird ohne besondere Maßregeln eine gleichmäßige Vermischung des Desinfektionsmittels mit dem Kielwasser nicht zu erreichen sein. Auch die zu den Versuchen in Wilhelmshaven benutzten Schiffe lagen vollkommen bewegungslos, und es war schon aus diesem Grunde erforderlich, durch irgendeine passende Vorrichtung die Sublimatlösung im Kielwasser gleichmäßig zu verteilen. Zu diesem Zwecke wurden zwei im Prinzip ganz verschiedene Verfahren versucht, von denen das eine solchen Verhältnissen entsprechen sollte, bei denen das Kielwasser zugleich mit dem Kielraum der Desinfektion unterzogen werden soll, und das andere für diejenigen Fälle berechnet war, in welchen der Kielraum allein nach Entfernung des Kielwassers zu desinfizieren ist. Für den ersten dieser beiden Fälle schien den meisten Erfolg eine durch die Pumpe bewirkte Bewegung des Kielwasser zu versprechen, für den zweiten der Zusatz des Desinfektionsmittels zu dem Seewasser, welches in den leergepumpten Kielraum einströmte. Wie diese beiden Methoden in den betreffenden Versuchen ausgeführt sind, ist eingehend geschildert. Es genügt an dieser Stelle der Hinweis darauf, daß nur das Mischungsverfahren mit der Pumpe einen vollständigen Erfolg erzielte und deswegen, wenn es auch etwas umständlich ist, dem anderen vorge-

zogen werden muß und überhaupt für die Schiffsdesinfektion, wenn sie unter ähnlichen Verhältnissen stattfindet, unentbehrlich ist.

Außer der vollständigen Verteilung des Desinfektionsmittels ist selbstverständlich noch notwendig, daß dasselbe in der zur Desinfektion hinreichenden Menge dem Kielwasser zugesetzt wird, daß also beispielsweise der Gehalt des Kielwassers an Karbolsäure auf mindestens 5%, an Sublimat auf mindestens $0,20/_{00}$ zu bringen ist. Von vornherein scheint die Erfüllung dieser Bedingung außerordentlich einfach und doch stößt sie in der Praxis, wie die Versuche in Wilhelmshaven und ganz besonders der erste Versuch auf der Freya lehrt, auf recht erhebliche Schwierigkeiten, welche sich daraus ergeben, daß die Menge des Kielwassers nicht mit Sicherheit zu bestimmen ist. Ursprünglich war letztere auf 200 l für die Freya und auf 250 l für die Hyäne angegeben. An Ort und Stelle wurde dann infolge der beim ersten Versuch gemachten Beobachtungen festgestellt, daß die Schiffe ungefähr eine zehnfach größere Kielwassermenge hatten und jener Angabe vermutlich nur ein Mißverständnis zugrunde lag. Aber auch dann konnte trotz sorgfältiger Berechnung nach den Schiffsrissen nur eine annähernde Schätzung erhalten werden, nach welcher die Menge zwischen 2000 und 3000 l, also innerhalb recht weiter Grenzen schwankte. Unter solchen Umständen ist es durchaus notwendig, irgendein einfaches Kennzeichen dafür zu besitzen, daß das Kielwasser auch in der Tat einen hinreichenden Zusatz des Desinfektionsmittels erhalten hat. Für die Sublimatdesinfektion ist in der Reaktion auf blankes Kupferblech ein solches einfaches und untrügliches Kennzeichen gegeben und hat sich auch im Versuch auf der Hyäne vollkommen bewährt. Aus diesen Erfahrungen geht aber hervor, daß ohne einen derartigen Maßstab die Desinfektion des Kielraums eine ganz unsichere sein wird und daß also zur Schiffsdesinfektion sich nur solche Mittel eignen, welche eine ähnliche einfache Reaktion wie das Sublimat gestatten.

Welches Verfahren auch immer zur Schiffsdesinfektion angenommen werden mag, so wird außer der zuverlässigen Wirksamkeit des Desinfektionsmittels, welche natürlich in erster Linie zu berücksichtigen ist, stets der größte Wert auf die beiden zuletzt besprochenen Punkte, nämlich auf die gleichmäßige Verteilung des Desinfektionsmittels im Kielraum und auf die richtige Abmessung der zur Desinfektion hinreichenden Menge des Mittels zu legen sein. Wegen der Wichtigkeit gerade dieser Bedingungen möge hier noch eine Bemerkung darüber Platz finden, wie man sich die Ausführung der Sublimatdesinfektion in der Praxis auf Grund der bei den Versuchen in Wilhelmshaven genommenen Erfahrungen vorstellen kann.

Die Verhältnisse, unter denen die Desinfektion eines Schiffes geschieht, müssen wesentlich verschieden sein, je nachdem dieselbe im eigenen unmittelbaren Interesse des Schiffes und aus eigenem Antriebe oder im Interesse der öffentlichen Gesundheitspflege auf Anordnung der Hafenpolizei erfolgt. Im ersteren Fall, für welchen als Beispiel der Ausbruch einer heftigen Ruhrepidemie an Bord gelten kann, würde die Desinfektion auf hoher See stattfinden, das Kielwasser könnte vorher ausgepumpt, der Kielraum vielleicht wiederholt ausgespült und dann erst mit soviel Sublimat desinfiziert werden, daß eben die Kupferreaktion eintritt. Da durch die Spülung des Kielraums das schwefelwasserstoffhaltige Kielwasser und eine Menge organischer Bestandteile entfernt sind, würde voraussichtlich schon eine geringe Menge Sublimat genügen. Die Mischung würde unter der Voraussetzung, daß die wasserdichten Abteilungen des Schiffes untereinander kommunizieren oder jede einzelne Abteilung für sich desinfiziert wird, allein durch die Bewegungen des Schiffes bewirkt werden und die Benutzung der Pumpe nur zur Entfernung des sublimathaltigen Wassers erforderlich sein. Letzteres kommt dann nur so kurze Zeit mit der Pumpe in Berührung, daß eine Beschädigung derselben

kaum möglich ist und irgendwelche Einschränkungen in ihrem weiteren Gebrauche unnötig sind. Die Sublimatdesinfektion erscheint also unter diesen Verhältnissen ziemlich einfach und durchaus zweckentsprechend.

Der zweite Fall, der wohl am häufigsten Veranlassung zur Ausführung der Schiffsdesinfektion geben wird und als der eigentlich maßgebende anzusehen ist, wird dann eintreten, wenn die Verschleppung von epidemischen Krankheiten, z. B. von gelbem Fieber, Cholera, Pest, aus einem Hafenort nach einem anderen verhütet werden soll. In diesem Falle liegt die exakte Ausführung der Desinfektion nicht, wie beim vorhergehenden, im Interesse der Schiffsbesatzung, welche dieselbe möglicherweise für eine sehr überflüssige und lästige Maßregel hält. Da nun aber, wie früher gezeigt wurde, die Ausführung der Desinfektion nicht so einfach und nicht etwa mit dem Hineingießen des Desinfektionsmittels in unbestimmter Menge und an einem beliebigen Punkte des Kielraumes geschehen ist, sondern eine richtige Dosierung und gleichmäßige Verteilung erfordert, und da es sich außerdem nachträglich nicht mehr feststellen läßt, ob die Desinfektion auch vorschriftsmäßig ausgeführt wurde, so wird eine Gewähr für die sichere Desinfektion des Schiffes nur dann gegeben sein, wenn die Hafenpolizei selbst die Ausführung übernimmt resp. überwacht. Die Desinfektion wird alsdann im Hafen oder auf der Reede stattfinden. Das Kielwasser, welches möglicherweise Infektionsstoffe in sich schließt, muß deswegen vor der Entfernung aus dem Schiffe desinfiziert werden, und der Verlauf der Desinfektion wird ein ähnlicher sein wie bei dem Versuche auf der Hyäne, nur mit dem Unterschiede, daß dieselbe schon nach ungefähr 18 Stunden als beendet angesehen und der Kielraum dann schon gespült werden kann. Die Dosierung der zur Desinfektion erforderlichen Menge des Sublimats wird vermittle der Kupferreaktion sehr einfach und sicher sein, ein Vorteil, den bislang kein anderes hier anwendbares Desinfektionsmittel besitzt, und der in Anbetracht der früher erwähnten Unsicherheit in der Bestimmung der Kielwassermenge nicht gering anzuschlagen ist. Die Vermischung des Desinfektionsmittels wird mit Hilfe einer Pumpe zu geschehen haben, und es dürfte zweckmäßig sein, da in diesem Falle die Pumpe erheblich mehr von der Sublimatlösung beeinflußt wird als in dem ersterwähnten, wenn eine nur für diesen Zweck dienende, von der Hafenpolizei zu stellende Pumpe benutzt wird, namentlich wenn in demselben Hafen öfters Schiffsdesinfektionen notwendig sein sollten¹⁾. Bei einer derartigen Einrichtung kann ohne irgendwelche nennenswerte Beschädigung des Schiffsmaterials und ohne Gefährdung der Gesundheit der Mannschaft eine zuverlässige Desinfektion bewerkstelligt werden, während sich dies von keinem der jetzt üblichen Verfahren von Desinfektion des Kielraums auch nur im entferntesten behaupten läßt.

Das Gesamtergebnis der Desinfektionsversuche läßt sich kurz folgendermaßen zusammenstellen:

1. Durch Sublimat können im Kielraum und dessen Inhalt die am meisten widerstandsfähigen Keime von Mikroorganismen getötet werden, und es läßt sich nach allen bis jetzt vorliegenden Erfahrungen hieraus schließen, daß mit diesem Mittel auch eine sichere Vernichtung aller Infektionsstoffe, also eine sichere Desinfektion bewirkt werden kann.

¹⁾ Dieser Empfehlung ist in der Kgl. Preuß. „Instruktion zur Desinfektion der Seeschiffe“ vom 11. Juli 1883 Rechnung getragen worden. Der § 6 dieser Instruktion bestimmt nämlich, daß an jedem Hafenorte seitens der Hafenbehörde ein für die Zwecke der Desinfektion ein für allemal bestimmtes Pumpwerk bereitzuhalten ist, welches den Schiffen zur Vornahme der Desinfektion zur Verfügung zu stellen ist.

2. Um diesen Zweck zu erreichen, ist eine gleichmäßige Verteilung der Sublimatlösung im Kielraum erforderlich, und es ist von der Sublimatlösung so viel dem Kielwasser zuzusetzen, daß in einer Probe desselben die Kupferreaktion eintritt.

3. Wenn sich das zu desinfizierende Schiff in Ruhe befindet, muß die Sublimatlösung mit dem Kielwasser gleichmäßig gemischt werden, was am zweckmäßigsten mit Hilfe einer Pumpe geschieht.

4. Innerhalb von 18 Stunden kann die Desinfektion als beendet angesehen werden. Vermutlich ist dieselbe aber schon in einer kürzeren Zeit vollendet.

5. Nach einer viermaligen Spülung des Kielraums bleiben in demselben so geringe Spuren von Quecksilber zurück, daß eine Gefahr für die Gesundheit der auf dem Schiffe befindlichen Mannschaft nicht eintreten kann.

6. Das Schiffsmaterial wird durch die Sublimatsdesinfektion anscheinend nicht beschädigt.

7. Die zu den Versuchen benutzte Pumpe hat soviel Quecksilber zurückgehalten, daß ihre Verwendung zur Förderung von Trink- oder Spülwasser nicht ohne weiteres zulässig erachtet wurde; auch schien es fraglich, ob dieselbe nicht mit der Zeit an ihrer Gebrauchsfähigkeit Einbuße erleiden würde.

Die sub 6 und 7 erwähnten Punkte konnten begreiflicherweise nur auf Grund von Untersuchungen entschieden werden, welche nach einem längeren Zeitraum über den Zustand der zu den Versuchen verwandten Schiffe und der Pumpe anzustellen waren. Derartige Untersuchungen haben denn auch etwa ein halbes Jahr nach Ausführung der Desinfektionsversuche stattgefunden und haben ergeben, daß an beiden Schiffen keine Beschädigungen vorgefunden worden sind, welche der Wirkung des Desinfektionsmittels hätten zugeschrieben werden können. Insbesondere hat das bei den Versuchen benutzte Druckwerk sowie die zum Entleeren der Bilge gebrauchte Pumpe irgendwelche von der Sublimatlösung herrührende Beschädigungen nicht gezeigt. Die inneren Teile waren mit einem schwarzen Schleim überzogen, an welchem nichts Ungewöhnliches zu bemerken war und welcher durch Reinigung entfernt werden konnte.